FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITINAS Y PORTUARIAS

INGENIERIA DE RIOS Y COSTAS

ING. GUILLERMO MACDONEL MARTINEZ

OCTUBRE - 1992

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

PROLOGO

La Ingeniería de Costas es una especialidad de la Ingeniería Civil, de mucha amplitud en cuanto a los temas que la componen, por lo que es difícil que en un curso de corta duración, se pueda cubrir con detalle todos ellos.

Hemos recopilado en estas notas, información que se ha publicado en libros y artículos técnicos, principalmente extranjeros, que en ocasiones son difíciles de conseguir en nuestro país, por lo que hemos incluído las gráficas y dibujos originales de la fuente consultada, en nuchos de los casos.

Agradezco a la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería, la oportunidad de participar en este curso, esperando que el tema desarrollado cumpla con las expectativas del lector.

Ing. Guillermo Macdonel Martínez.

Ingeniero Consultor.

Octubre 1992.

INGENIERIA DE COSTAS

CONTENIDO

CONTENIDO 1
1. INTRODUCCION 3
1.1. PARTICIPACION DE LA INGENIERIA EN LA ACTIVIDAD MARITIMA-PORTUARIA 5
1.2 PARTES DE UN PROYECTO 7
2. GENERALIDADES SOBRE OLEAJE 10
3. ONDAS DE LARGO PERIODO 22
3.1 GENERALIDADES. 22
3.2 MAREA DE TORMENTA. 23
3.2.1 Método de Keulegan 24
3.2.2 Método del Nomograma. 29
3.3 MAREA DE TORMENTA PRODUCIDA SOBRE VASOS CERRADOS. 32
3.4 TSUNAMIS 37
3.5 MAREA ASTRONOMICA. 37
4. REFRACCION, DIFRACCION Y REFLEXION DE OLEAJE 43
4.1 REFRACCION DEL OLEAJE. 43
4.1.1.Método de los Planos de Oleaje. 44
4.1.2.Método Grafico de Refracción por Batimetría (Método de las Ortogonales) 49
4.1.3.Campo de validez de los Métodos Gráficos de Refraccion. 56
4.2. DIFRACCION DE LAS ONDAS. 58
4.2.1. Método Gráfico de Difracción. "Expansión lateral" 59
4.2.2. Alturas de la Ola en la Zona de Expansión Lateral. 62
4.2.3. Expansión Lateral Incompleta. 62
4.2.4. Doble Expansión o Expansión Bilateral 63
4.3. REFLEXION. 66
4.3.1. Reflexiones en Muros Verticales. 68
4.3.2. Reflexiones en Playas. 69

5. PROCESOS DE MEZCLADO 71
5.1 MEZCLADO DE UN CHORRO TURBULENTO 71
5.2 MEZCLADO DE UN CHORRO QUE DESCARGA EN UN FLUIDO MAS DENSO 75
5.3 MEZCLADO DE UN CHORRO QUE DESCARGA HORIZONTALMENTE DENTRO DE UN FLUIDO CON MAS DENSIDAD. 77
5.4 EMISORES SUBMARINOS 77
6. ACARREO LITORAL 86
6.1 GENERALIDADES. 86
6.2. LAS ECUACIONES DEL TRANSPORTE LITORAL 86
6.3 ANALISIS CRITICO. 89
6.4 LOS PERFILES DE EQUILIBRIO DE LAS PLAYAS. 91
6.5 APLICACIONES. 94
7. OBRAS EXTERIORES 97
7.1. CLASIFICACION DE LAS OBRAS PORTUARIAS. 97
7.2. OBRAS DE ACCESO Y MANIOBRA 98
7.2.1 Profundidad del canal de acceso. 100
7.2.2 Ancho del Canal de Acceso. 100
7.3. OBRAS DE ABRIGO Y FONDEO. 102
7.4. ESTABILIDAD DE DIQUES A TALUD 106
7.4.1. Oleaje de Diseño. 107
7.4.2. Diseño de un enrocamiento a talud. 108
7.4.3. Altura de la corona. 111
7.4.4. Ancho de la corona. 130
7.4.5 Espesor de las capas. 131
7.5. DISEÑO DE DIQUES VERTICALES. 132
BIBLIOGRAFIA 136

1. INTRODUCCION

Empezaremos en estas notas por indicar que anque el nombre del curso se refiere a la Ingeniería de Ríos y Costas, nos concretaremos a la segunda parte, ya que por la amplitud de los temas, no podríamos cubrir a ambos.

La actividad marítima-portuaria en México ha existido desde hace muchos años, sin embargo, su desarrollo tecnológico contemporáneo comienza a partir de la década de los 40's, cuando se agruparon en el seno de la Secretaría de Marina, los servicios de Guerra, Mercante, Faros, Pesca y demás Conexos.

Hasta el año de 1910, los puertos existentes eran los siguientes:

PUERTO	No. ATRAQUES
Santa Rosalía, B.C.S	3
Salina Cruz, Oax.	6
Tampico, Tamps.	10
Veracruz, Ver	6
Coatzacoalcos, Ver	8

En la actualidad, y de acuerdo con el Catastro Portuario, publicado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en el año de 1989, se presentan de una manera resumida los datos generales sobre la infraestructura portuaria, la cual se ha dividido por Litoral del Pacífico y Litoral del Golfo; y en las partes que a continuación se indican:

OBRAS DE PROTECCION

- Rompeolas
- Escolleras
- Espigones
- Protecciones Marginales

SEÑALAMIENTO MARITIMO

- Faros
- Balizas
- Boyas
- Radio faros
- Enfilaciones
- Canales

MUELLES

Carga General
Pesquero
Fluídos
Turísticos
Petroquímicos
Graneles Sólidos
Militares
Otros

AREAS DE ALMACENAMIENTO

Patios
Bodegas
Silos
Cobertizos
Tanques

Los datos resumidos de dicha infraestructura se muestran en la tabla siguiente, aclarando que no están considerados las nuevas instalaciones de Progreso, Yuc., Pichilingue, B.C.S. y Topolobampo, Sin; éstos últimos inaugurados en el año de 1991.

SITIO	OBRAS DE PROTEC-CION (ML)	SEÑALA-MIENTO MARITIMO (UNI)	OBRAS DE ATRAQUE (ML)	OBRAS DE ALMACENA-MIENTO (M^2)
OCEANO PACIFICO 48 PUERTOS O INSTALA CIONES	50,109	348	17,656	808,920
GOLFO DE MEXICO 56 PUERTOS O INSTALA CIONES	59,268	327	15,709	799,886

Los datos anteriores hablan por sí mismos, de la importancia que ha adquirido ésta actividad en nuestro país, por lo que es importante y necesario tener profesionistas con conocimientos generales y específicos dentro de ella.

Aúnado a lo anterior, y de acuerdo con la política que sigue el Gobierno Federal, en el sentido de modernizar a México en todos aspectos, y apoyar mucho más a la participación de la Iniciativa Privada en todas las actividades en las que tenía predominancia el Sector Público, se vuelve imperiosa una buena preparación de los técnicos mexicanos en ésta rama de la ingeniería.

Se debe por otra parte considerar que, la apertura que se está logrando con otros países desde el punto de vista comercial, tendrá que realizarse a través del transporte marítimo y que con el posible Tratado de Libre Comercio, deberemos estar en posibilidades de competir en calidad, eficiencia y precio.

1.1. PARTICIPACION DE LA INGENIERIA EN LA ACTIVIDAD MARITIMA-PORTUARIA

El profesionista mexicano en éste campo de la ingeniería puede participar en diversas áreas, las cuales se inician desde los estudios de prefactibilidad hasta la operación y mantenimiento de las obras.

La infraestructura marítima descrita en el capítulo anterior, es muy completa para el desarrollo inmediato, aunque será necesario en los puertos industriales, como es el caso de Altamira, Tamps., Lazaro Cárdenas, Mich., Salina Cruz, Oax; y otros de reciente creación, en los que se dispone de areas para desarrollo industrial, seguir incrementando la concepción, proyecto, construcción y operación de terminales especializadas, obras de dragados, etc.

Otro aspecto que ha tomado mucha importancia en los últimos años, es la actividad náutica-turística, que también requiere de los sevicios de profesionistas con conocimientos adecuados de éste campo.

Para orientar al lector en lo que consideramos como "Ingeniería Marítima y Portuaria" diremos que es *el conjunto de ciencia y técnica que interrelaciona la dinámica marítima en sus tres vertientes: física, química y biológica, con las obras o estructuras y el medio terrestre, los métodos de cálculo y construcción de obras portuarias, de protección de costas, mar afuera, ecología marina, etc.*

Según Lumb (1975), un proyecto marítimo consiste esencialmente en la toma de decisiones que se aceptan como si la dinámica marítima fuera totalmente conocida.

Es importante por otra parte, reconocer que las condiciones de operación de cualquier sistema de ingeniería civil que esté sujeto a fuerzas inducidas por la naturaleza son de tipo complejo.

La tendencia en la ingeniería civil, hoy en día, es el de realizar diseños económicos con grados de seguridad específicos. Muy a menudo el objetivo anterior requiere de la predicción del comportamiento de un sistema para el cual existe poca experiencia ó ninguna.

Los procedimientos de diseño normales, generalmente se han establecido después de muchas iteraciones de prueba y error; más aún, la información ó datos disponibles, en los que basamos la solución a un problema, tienen una gran variabilidad.

El tema central para el diseño en la ingeniería civil, es el del análisis. Este es la idealización de un sistema que admite una solución matemática simple pero lógica.

Las cargas inducidas por la naturaleza a los sistemas de ingeniería civil nunca se conocen con exactitud, tal es el caso, por ejemplo de la intensidad de los sismos, el escurrimiento que una corriente puede llevar durante una avenida, la acción y variabilidad del viento y oleaje, etc.; casi todas ellas son aleatorias y todos los sistemas generalmente quedan sujetos a sobrecargas.

Si hablamos ahora de los materiales, todos los que se usan en la ingeniería contienen imperfecciones microcristalinas llamadas "dislocaciones" (Radovich, 1980) las cuales originan la iniciación de grietas y permiten su propagación.

Si ahora nos referimos al suelo en donde la mayor parte de los sistemas ingenieriles se desplantarán, sabemos que estos están compuestos de un conglomerado complejo de partículas discretas, en arreglos de diversas formas, tamaños y orientaciones

Estos comentarios nos conducen a reflexionar que el desarrollo de un proyecto debe analizar con detenimiento los diversos elementos que en el intervienen y desde luego la participación interdisciplinaria para un mejor desenvolvimiento.

En los proyectos marítimos, siguiendo el desarrollo convencional, todas las variables que determinan las propiedades de la dinámica del mar se consideran *perfectamente conocidas*, lo que introduce una incertidumbre de tipo estadístico; pero aunque se aceptara la validez de los valores de las variables utilizadas, la poca estabilidad de tales variables produciría una inexactitud de tipo probabilístico.

Es por lo anterior que debemos de considerar conceptos de diseño en términos probabilísticos. Las probabilidades son medidas objetivas de la *posibilidad de ocurrencia* de eventos aleatorios, y como tales proveen estimaciones cuantitativas del comportamiento adecuado de los proyectos.

El propósito de los métodos de diseño basados en la confiabilidad, implican que el proyecto tenga una probabilidad muy baja de falla.

1.2 PARTES DE UN PROYECTO

Desde un punto de vista metodológico y práctico, podríamos mencionar que las fases que debemos seguir para la elaboración de cualquier proyecto son las mostradas en la fig (1.1) y se mencionan a continuación:

Una primera fase correspondiente a lo que denominamos INGENIERIA BASICA, que fundamentalmente se refiere a la comprensión de la problemática por resolver, al conocimiento completo de los fenómenos involucrados y los efectos que ellos causen en el medio en donde queremos desarrollar una obra de ingeniería.

De una manera general, en la INGENIERIA BASICA aplicada al campo de la actividad marítimo portuaria consideramos los siguientes aspectos:

1.- La recopilación de la información existente de tipo general para la zona de nuestro proyecto.
2.- La ejecución de los trabajos de campo de tipo fisico, como podrían ser los topohidrográficos, que nos permitirán conocer la ubicación precisa del proyecto.
3.- La ejecución de los trabajos geotécnicos, los cuales nos indicarán las características de los suelos en los que desplantaremos el proyecto, estudiando y analizando con todo detalle los efectos que la estructura por proyectar pueda inducir sobre el.
4.- La medición y/o análisis de la información climatológica y meteorológica, que incluye a los fenómenos tales como: temperatura, precipitación, y fenómenos especiales. En particular, debemos estudiar los vientos y determinar su régimen anual y estacional; así como también los "Nortes", Ciclones o vientos extremales para la zona de estudio.
5.- La medición y/o análisis de la información oceanográfica, en la que tenemos que distinguir:
   - Al oleaje, con su régimen anual normal y ciclónico.
   - A las corrientes oceánicas, costeras o de marea.
   - A las mareas astronómicas y de tormenta.
   - A la dinámica litoral y procesos morfológicos de la costa.
6.- El conocimiento de la hidráulica de estuarios, lagunas litorales o desembocadura de ríos.
7.- Y finalmente las condiciones sísmicas de la zona en donde ubicaremos al proyecto, pués este fenómeno impondrá condiciones especiales de diseño.

Se debe observar que es necesaria la participación de diversos especialistas en la ejecución de la INGENIERIA BASICA.

El manejo de todos y cada uno de los parámetros y fenómenos descritos, junto con un documento denominado BASES PARA EL DISEÑO, nos permitirá tener un conocimiento más completo de las condiciones en las que debemos proyectar y construir nuestra obra marítima.

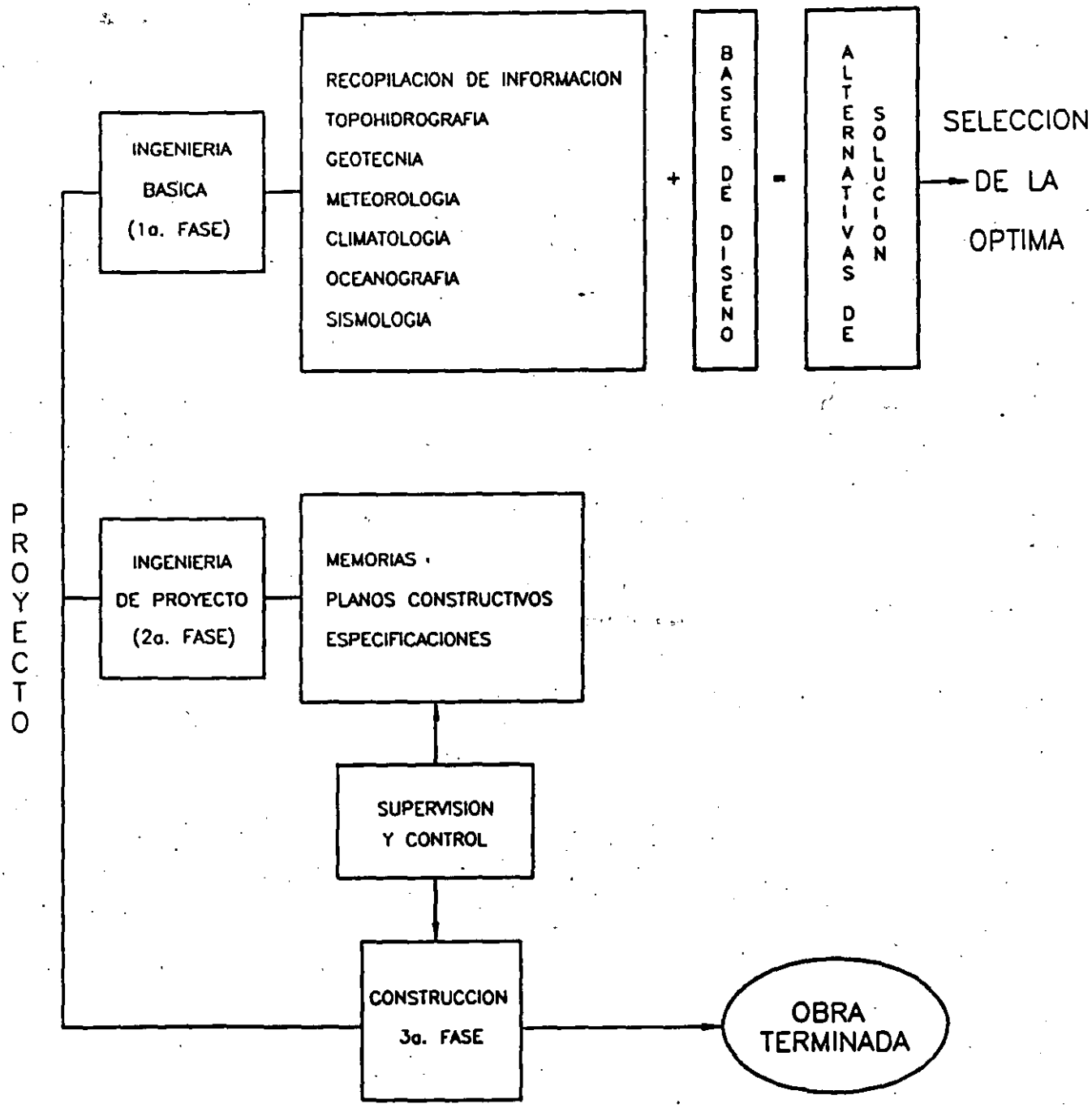


FIGURA 1.1 FASES DE UN PROYECTO.

Las BASES PARA EL DISEÑO son elementos fundamentales para ordenar y orientar nuestro trabajo, ellas son las reglas del juego establecidas de común acuerdo entre el Ingeniero y Cliente para el desarrollo del proyecto.

La culminación de la INGENIERIA BASICA, que hemos descrito hasta ahora, debe ser la elaboración de ALTERNATIVAS DE PROYECTO.

Las alternativas son necesarias, ya que sin ellas sólo queda un camino que seguir y no hay posibilidad de escoger o decidir.

Las alternativas planteadas deberán contener un mínimo de elementos que permitan la evaluación de cada una de manera objetiva y precisa, siendo algunos de estos los que a continuación se mencionan.

1.- Las dimensiones generales de la estructura en cada alternativa.
2.- Los tipos de cimentación más adecuados, considerando con detalle los procedimientos y equipos de construcción disponibles.
3.- Las estimaciones de los volúmenes de obra involucrados en cada alternativa.
4.- El planteo de dificultades constructivas en base a las condiciones climatológicas y oceanográficas existentes.
5.- Las estimaciones de costo de las alternativas planteadas.

En general podemos establecer que la alternativa decidida es una función del conjunto de alternativas, del beneficio de ellas y de la dificultad de implementación que presenten

Con los elementos anteriores se podrá elaborar una matriz de selección, asignando pesos relativos a los factores involucrados y las calificaciones correspondientes.

La mejor alternativa será aquella que reúna condiciones de máxima eficiencia para cumplir con el objetivo planteado.

De esta manera, concluímos la INGENIERIA BASICA y estamos en condición de iniciar la segunda fase, que denominamos INGENIERIA DE DETALLE, la cual nos permitirá generar los planos y documentos que harán una realidad el proyecto de que se trate.

En esta fase debemos entrelazar nuevamente los datos de las diferentes disciplinas involucradas con el mayor cuidado, para lograr que la alternativa seleccionada pueda construírse adecuadamente y no presente durante su ejecución problemas de realización.

La tercera fase en nuestro proceso, corresponde a la CONSTRUCCION DE LA OBRA, en la que un Contratista, ejecuta el proyecto bajo la Supervisión y Control del Cliente, para garantizar la calidad y funcionalidad de la misma.

Posteriormente, y una vez que la obra ha sido terminada, se requiere OPERARLA y MANTENERLA en condiciones de trabajo adecuadas.

2. GENERALIDADES SOBRE OLEAJE

El fenómeno de oleaje, es de capital importancia en la ingeniería de costas, ya que éste es el factor más importante para la determinación de la geometría y composición de playas, y juega un papel decisivo en la planeación y proyecto de cualquier obra marítima.

El oleaje es un fenómeno generado por el viento el que al soplar sobre la superficie del mar, hace que dicha superficie se deforme produciéndose ondas que se mueven en la dirección de él.

Las características de su sistema de oleaje generado por viento queda determinado por la distancia o área sobre la cual sopla (fetch) y su intensidad.

Despues de que las olas se forman, se mueven hacia el exterior de la zona de generación y pueden viajar cientos de millas, en las que gradualmente disminuyen sus alturas y a su vez son superpuestos otros sistemas que, procediendo de otras direcciones crean un patrón muy complejo de oleaje.

El oleaje que se encuentra dentro de la zona de generación se le llama "Local" (SEA).

El oleaje que sale se le denomina "Distante" (SWELL) como se podrá comprender, el fenómeno es muy complejo y, debido a las tormentas y ciclones, las características de altura y período se incrementan notablemente.

Para un instante dado y para una localización dada, el oleaje que llega no es uniforme, sino por el contrario, existen una gran variedad de alturas y períodos.

Definimos como "ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE" a la altura promedio del tercio superior de las olas más altas y corresponde aproximadamente a:

$$\mathbf{H_{sig} = 1.6\ H\ media\ de\ todas\ las\ olas.}$$

Por otra parte, la altura máxima será

$$\mathbf{H_{max} = 1.8\ H_{sig}.}$$

Para dar una idea del orden de magnitud del oleaje que se presenta en el Golfo de México podemos decir que en 20 - 30 m. de profundidad, la altura de ola máxima medida sobre el Nivel de Bajamar Media, para una tormenta con período de retorno de 25 años, fué de 9.75 m. y para una tormenta con período de retorno de 100 años alcanzó 12.8 m.

En el caso del ciclón Gilberto, que azotó la costa del Caribe y Golfo de México en el año de 1988, se alcanzaron oleajes (calculados) por ejemplo para la zona del estado de

Veracruz y aguas profundas, valores comprendidos entre 15 y 20m; con periodos significantes de 16 y 18 seg.

Las olas conforme se aproximan hacia la costa sufren el efecto del fondo. El fenómeno se llama "REFRACCION" y sucede algo muy parecido a lo que sucede con los rayos de luz al pasar por dos medios de diferente densidad.

Existe una condición de profundidad para la cual la ola ya no es estable y ocurre una precipitación de la masa del agua hacia adelante, provocandose así la ROMPIENTE de la ola.

Como más adelante se analizará, la fuerza ejercida sobre una estructura por el oleaje esta intimamente ligada con el movimiento orbital de las particulas de agua.

Las presiones que ejercen los oleajes rompientes representan los mayores valores a los que puede someterse a las estructuras, y esto es consecuencia de que las velocidades orbitales son máximas para esta condición.

Para predecir el oleaje, en función de los parámetros que lo provocan, se han desarrollado diversas técnicas, de las cuales, una de ellas involucran el análisis de un tren de oleaje a través de su altura de ola caracteristica que se denomina "altura significante"; el cual fué desarrollado por Suerdrup, Munk y Bretschneider.

La segunda técnica desarrollada es el análisis espectral del oleaje, la cual ha sido desarrollada por Pierson, Neuman y James.

El método de más fácil aplicación cuando no se tiene información registrada para algún sitio, es el primero, sin embargo, el segundo representa de una manera más efectiva los sistemas complejos de oleaje que se presentan durante la tormenta.

Otro fenómeno asociado a los ciclones es el llamado "MAREA DE TORMENTA", que no es otra cosa que la sobreelevación del nivel del mar provocada por los fuertes vientos que apilan a la masa oceánica sobre la playa y un efecto de succión provocado por la presencia de centros de baja presión durante el ciclón.

Debemos comentar nuevamente que durante el paso del ciclón Gilberto, la marea de tormenta provocada, fué del orden de 2 m.

Estos niveles extraordinarios, tienen una gran influencia sobre los niveles de operación de las obras marítimas, especialmente porque sobre ellos se adicionará la marea astronómica y los oleajes de tormenta.

Ampliando un poco más los conceptos de predicción de oleaje, debemos decir que fue a partir de la Segunda Guerra Mundial, que en virtud de que muchas operaciones anfibias

dependian de éste, fué entonces necesario aplicar métodos que permitieran predecir el fenómeno.

Como ya se mencionó, el método de Sverdrup y Munk (1947) se llama método de la altura de ola significante.

Siendo el fenómeno complejo, se acostumbra a utilizar parámetros estadísticos para representarlo. Las alturas "más probable", "media" y "significante" pueden quedar representadas en la fig. 2.1.

El método consiste en relacionar las características del viento, con las del oleaje, a través de parámetros adimensionales de ecuaciones que utilizaron datos empíricos.

Las relaciones existentes entre los parámetros adimensionales para altura de ola, celeridad, fetch y duración del viento fueron revisados por Bretschneider con información adicional de tipo empírico.

Para utilizar estas relaciones se tiene que adoptar cualquiera de los dos criterios siguientes:

- Fetch Limitado
- Duración Limitada

Los dos criterios anteriores se refieren al desarrollo de una condición de "estado permanente" (Steady State) para un fetch dado. Por otra parte, para cada fetch existe una duración mínima para desarrollar el "estado permanente", o "estado de generación de máxima altura de ola para dicho fetch.

Una vez que el oleaje sale de su zona de generación, ocurre un decaimiento del mismo, el cual nuevamente es un proceso complicado y depende de factores como.

- Dispersión en virtud de las diferentes celeridades de las ondas producidas.
- Expansiones angulares producidas en virtud de las trayectorias radiales exteriores a la zona de generación.
- Encuentros con otros trenes de onda.
- Encuentros con corrientes marinas.

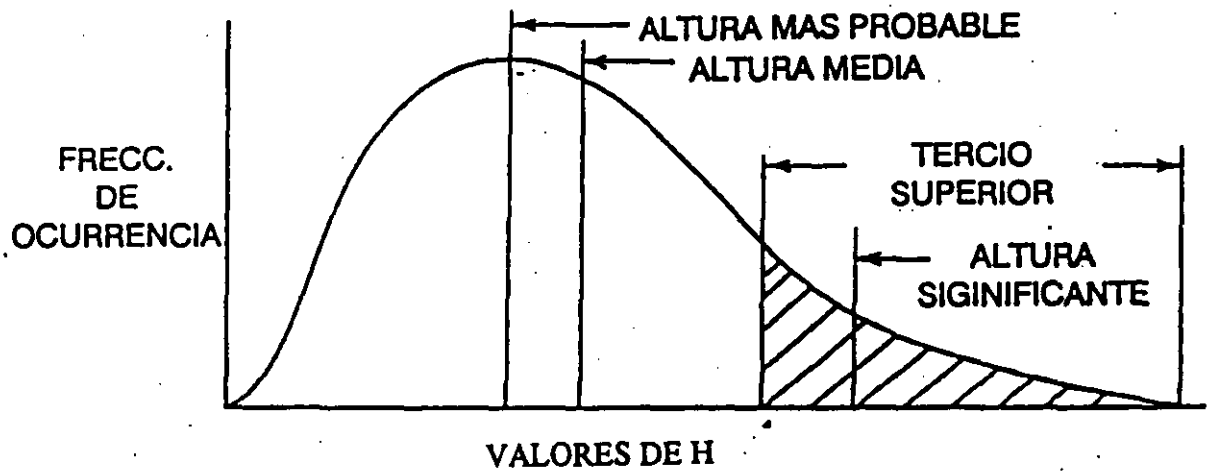


Figura 2.1 Valores estadisticos de la altura de ola

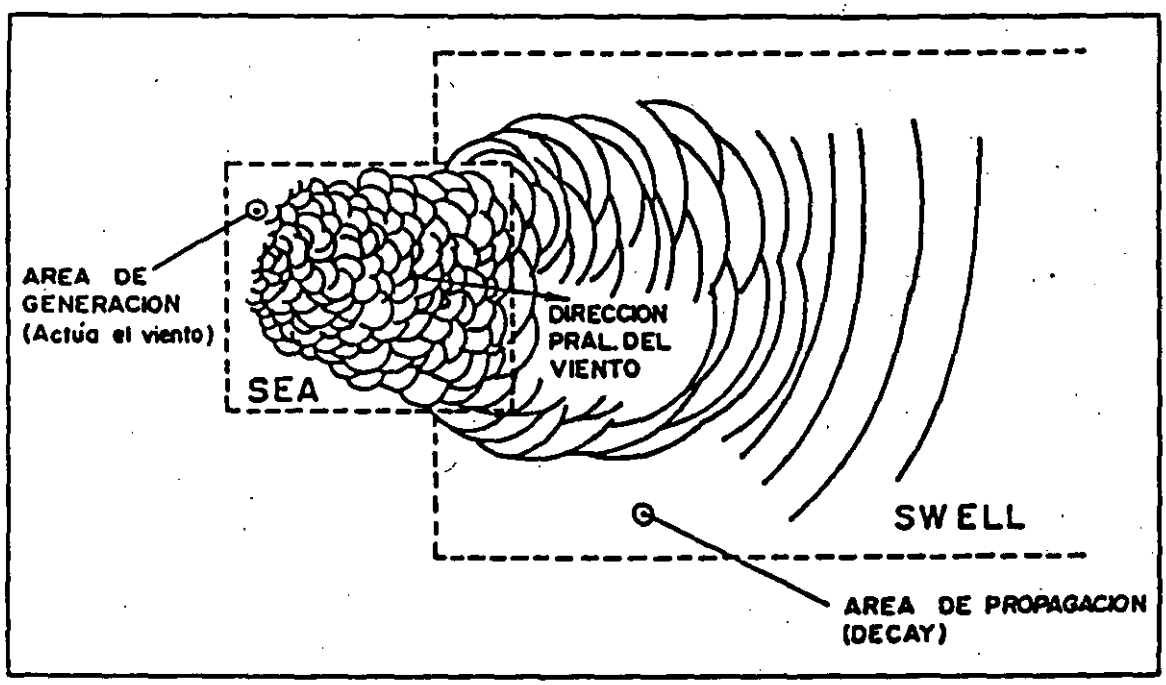


Figura 2.2 Zonas de generacion y propagación de oleaje.

El método "Espectral", se basa en la energía del espectro de oleaje. Pierson, Neumann y James (1955) describen a la superficie del mar como el resultado de la combinación de un número infinito de ondas senoidales de varias amplitudes, frecuencia y direcciones. Las características resultantes son el resultado de sumar estas ondas y quedan representadas por una función Gaussiana.

La energía E, de cada frecuencia espectral es igual al cuadrado de la amplitud A, del Tren particular de oleaje. La banda de frecuencia de máxima energía depende de la velocidad del viento en la condición de "mar plenamente desarrollado".

El proceso de crecimiento de la ola en el área de generación se relaciona con el ESPECTRO CO-ACUMULATIVO, el cual es la integral de la curva de energía espectral que empieza del extremo de máximos valores. En la Figura 2.3 y 2.3(bis) se representa este fenómeno.

Las limitaciones de la formación de oleaje expuesta por el fetch o la duración, quedan representadas por restricciones en el rango de baja frecuencia del espectro, esto quiere decir, que la ola empieza a crecer con las componentes de frecuencia alta.

La energía total, que se calcula del espectro co-acumulativo, es la cantidad de estadística básica que se utiliza en la predicción y se correlaciona con otros parámetros de la siguiente manera:

Altura de ola significante	$H_s = 2.83 \sqrt{E_f}$
Altura media de oleaje	$H_s = 1.77 \sqrt{E_f}$
Altura $_{1/10}$ de la ola	$H_{1/10} = 3.60 \sqrt{E_f}$

En donde la altura está en (pie) y la E_f en (pies^2)

La verdadera ventaja que ofrece el método espectral es en la propagación del oleaje de la zona de generación hacia la zona de estudio.

Sin embargo, estos métodos son recomendables cuando se tienen mediciones de oleaje que nos permitan conocer la forma del espectro del oleaje real, ya que entonces conocidas (f) conocemos **E (f)** y H_s.

Por otra parte, se debe mencionar que la forma matemática de representar al oleaje ha sido muy diversa y de acuerdo con la profundidad a la que necesitamos esa representación.

En la tabla No. 2.1, se muestra el resumen de ecuaciones que nos permiten conocer las características de una ola de acuerdo a la teoría lineal de Airy.

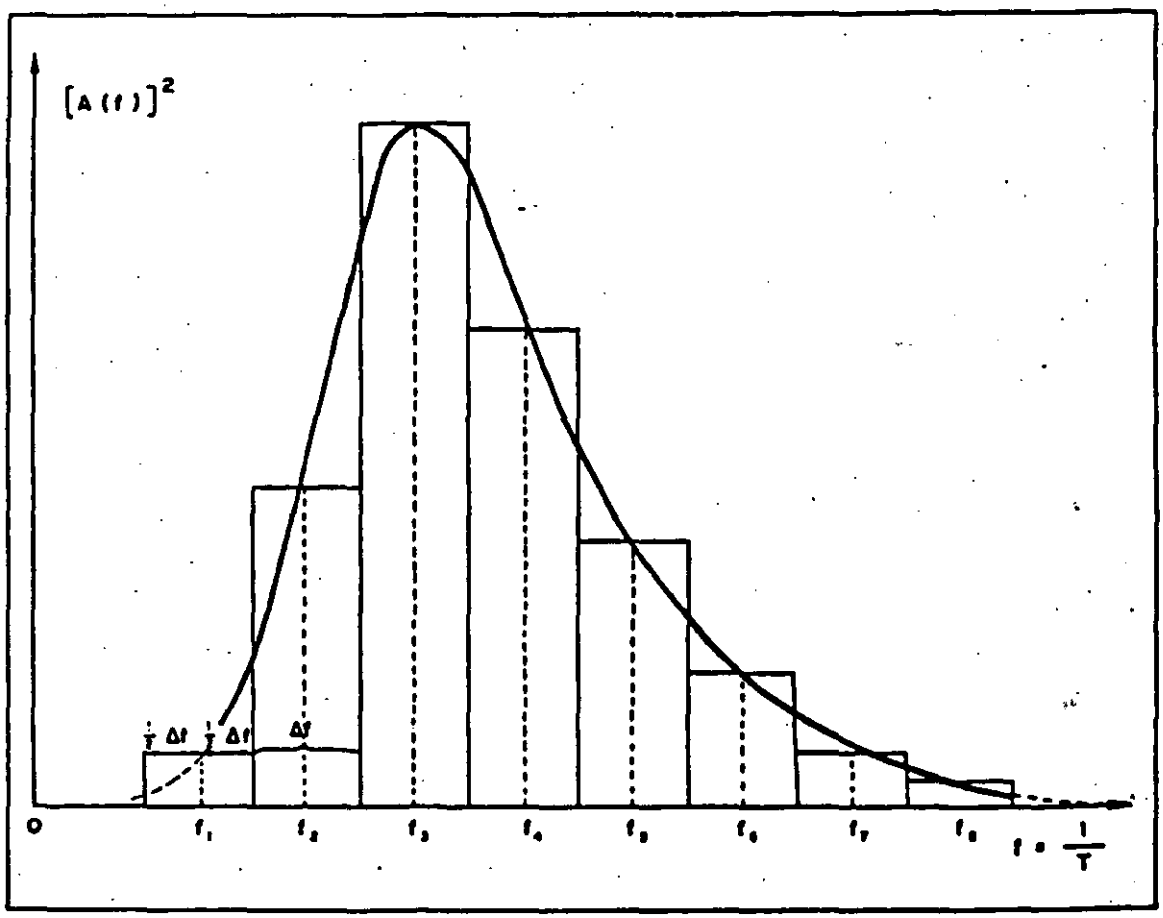


Figura 2.3 Espectro acumulativo de oleaje

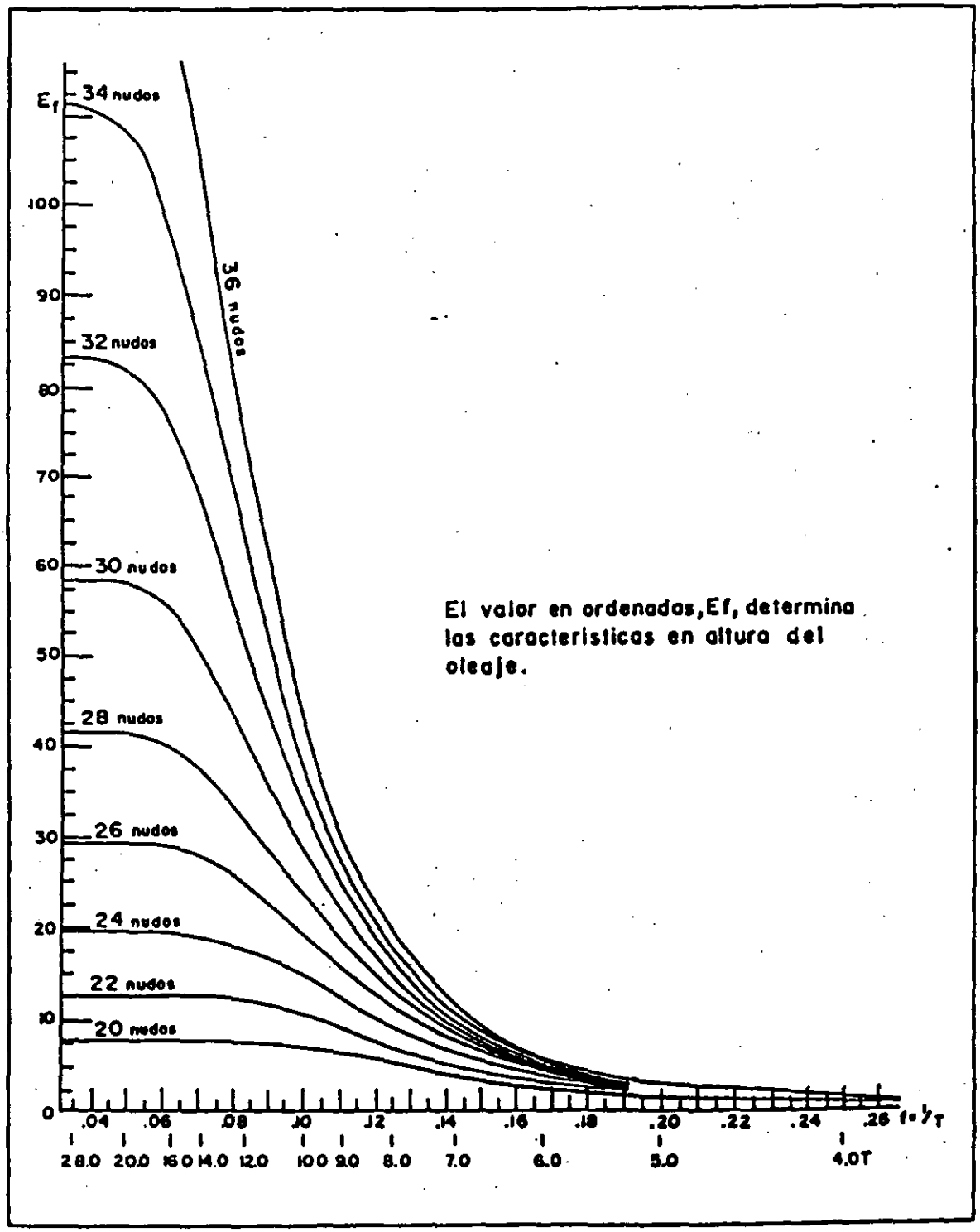


Figura 2.3(Bis) Espectro Co-Acumulativo del oleaje

	PROFUNDIDAD REDUCIDA $\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$	ZONA DE TRANSICION $\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	PROFUNDIDAD INDEFINIDA $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
1. Perfil de onda	Idem ———	$\eta = \frac{H}{2}\cos\left[\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right] = \frac{H}{2}\cos\theta$	——— Idem
2. Celeridad de onda	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C = C_o = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
3. Longitud de onda	$L = T\sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$L = L_o = \frac{gT^2}{2\pi} = C_oT$
4. Celeridad de grupo	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2}\left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)}\right]\cdot C$	$C_g = \frac{1}{2}C = \frac{gT}{4\pi}$
5. Velocidad de partícula a) Horizontal	$u = \frac{H}{2}\sqrt{\frac{g}{d}}\cos\theta$	$u = \frac{H}{2}\frac{gT}{L}\frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)}\cos\theta$	$u = \frac{\pi H}{T}\frac{e^{\frac{2\pi z}{L}}}{e^{\frac{2\pi d}{L}}}\cos\theta$
b) Vertical	$w = \frac{H\pi}{T}\left(1 + \frac{z}{d}\right)\operatorname{sen}\theta$	$w = \frac{H}{2}\frac{gT}{L}\frac{\operatorname{sh}[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)}\operatorname{sen}\theta$	$w = \frac{\pi H}{T}\frac{e^{\frac{2\pi z}{L}}}{e^{\frac{2\pi d}{L}}}\operatorname{sen}\theta$
6. Aceleración de partícula a) Horizontal	$a_x = \frac{H\pi}{T}\sqrt{\frac{g}{d}}\operatorname{sen}\theta$	$a_x = \frac{g\pi H}{L}\frac{\operatorname{sh}[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)}\operatorname{sen}\theta$	$a_x = 2H\left(\frac{\pi}{T}\right)^2\frac{e^{\frac{2\pi z}{L}}}{e^{\frac{2\pi d}{L}}}\operatorname{sen}\theta$
b) Vertical	$a_z = -2H\left(\frac{\pi}{T}\right)^2\left(1 + \frac{z}{d}\right)\cos\theta$	$a_z = -\frac{g\pi H}{L}\frac{\operatorname{sh}[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)}\operatorname{sen}\theta$	$a_z = -2H\left(\frac{\pi}{T}\right)^2\frac{e^{\frac{2\pi z}{L}}}{e^{\frac{2\pi d}{L}}}\cos\theta$
7. Desplazamiento de partícula a) Horizontal	$\xi = -\frac{HT}{4\pi}\sqrt{\frac{g}{d}}\operatorname{sen}\theta$	$\xi = -\frac{H}{2}\frac{\operatorname{sh}[2\pi(z+d)/L]}{\operatorname{senh}(2\pi d/L)}\operatorname{sen}\theta$	$\xi = -\frac{H}{2}\frac{e^{\frac{2\pi z}{L}}}{e^{\frac{2\pi d}{L}}}\operatorname{sen}\theta$
b) Vertical	$\zeta = \frac{H}{2}\left(1 + \frac{z}{d}\right)\cos\theta$	$\zeta = \frac{H}{2}\frac{\operatorname{sh}[2\pi(z+d)/L]}{\operatorname{sh}(2\pi d/L)}\cos\theta$	$\zeta = \frac{H}{2}\frac{e^{\frac{2\pi z}{L}}}{e^{\frac{2\pi d}{L}}}\cos\theta$
8. Presiones en el interior	$p = \rho g(\eta - z)$	$p = \rho g\eta\frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} - \rho gz$	$p = \rho g\eta e^{\frac{2\pi z}{L}} - \rho gz$

Tabla 2.1 Resumen de Ecuaciones de Airy.

WAVE PARAMETERS
For Ten Areas in United States Waters

	Wave Height						
	Reference Level		Guideline		Wave Steepness	Reference Level Depth Clearance*	
	ft	m	ft	m		ft	m
Offshore Gulf of Mexico	70	21.3	(see Fig. 2.2.4-2)		1/12	48	14.6
Offshore Alaska							
1. Lower Cook Inlet	60	18.3	50-70	15-21	1/13	56	17.1
2. Icy-Bay Gulf of Alaska	100	30.5	90-120	27-37	1/15	80	24.4
3. Kodiak Shelf-Gulf of Alaska	90	27.4	80-110	24-34	1/15	72	21.9
4. Bering Sea/Bristol Bay	85	25.9	75-95	23-29	1/13	63	19.2
Offshore California							
1. Santa Barbara Channel	45	13.7	40-50	12-15	1/16	38	11.6
2. Outer Banks	60	18.3	55-70	17-21	1/15	44	13.4
Offshore Atlantic Coast							
1. Georges Bank	85	25.9	75-95	23-29	1/12	59	18.0
2. Baltimore Canyon	90	27.4	80-100	24-30	1/12	62	18.9
3. Georgia Embayment	75	22.9	65-85	20-26	1/12	53	16.2

*Above MLW in Atlantic; above MLLW in Pacific.

Tabla 2.2

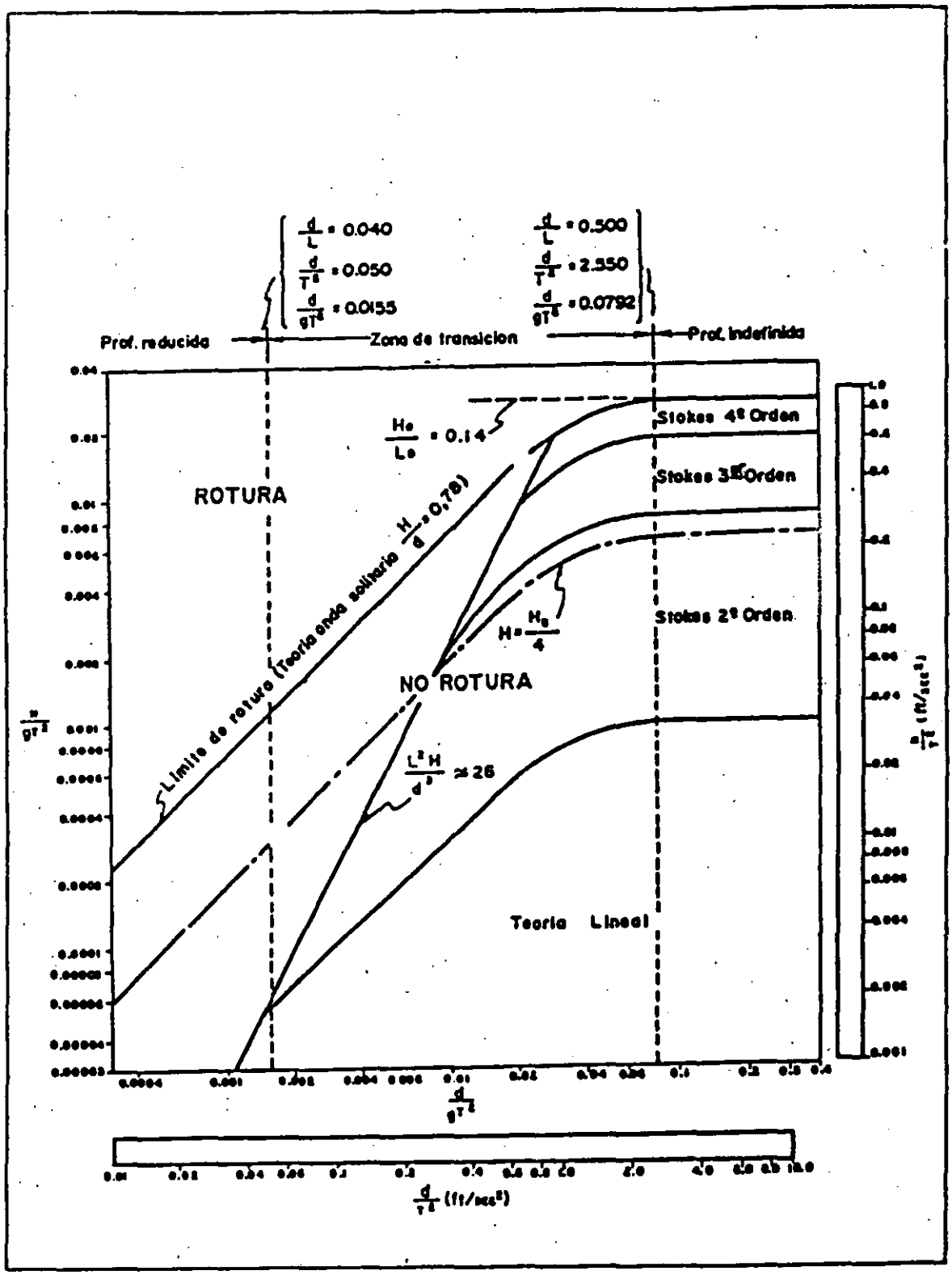


Figura 2.4 Campo de validez de las diferentes teorias de oleaje.

En la figura 2.4 se muestra las regiones de validez de las varias teorías de oleaje existentes y simplemente podemos referir que las diversas ecuaciones para su resolución se encuentran en el Shore Protection Manual (Vol. I) Coastal Enginering Reseach Center. Dept. Of The Army. Us Army Corps of Engineering Washington D.C.

Finalmente se presentan a continuación una gráfica (fig. 2.5) que nos da una guía para la definición de altura de ola de diseño en el Golfo de México y la tabla No.2.2, que proporciona valores de parámetros de oleaje para diez diferentes áreas de la costa de los E.U.A.

Las recomendaciones anteriores estan dadas en la publicación API Recommended Practice For Planning, Designing, And Constructing Fixed Offshore Platforms. API RP2A, 15th. Ed. 1984.

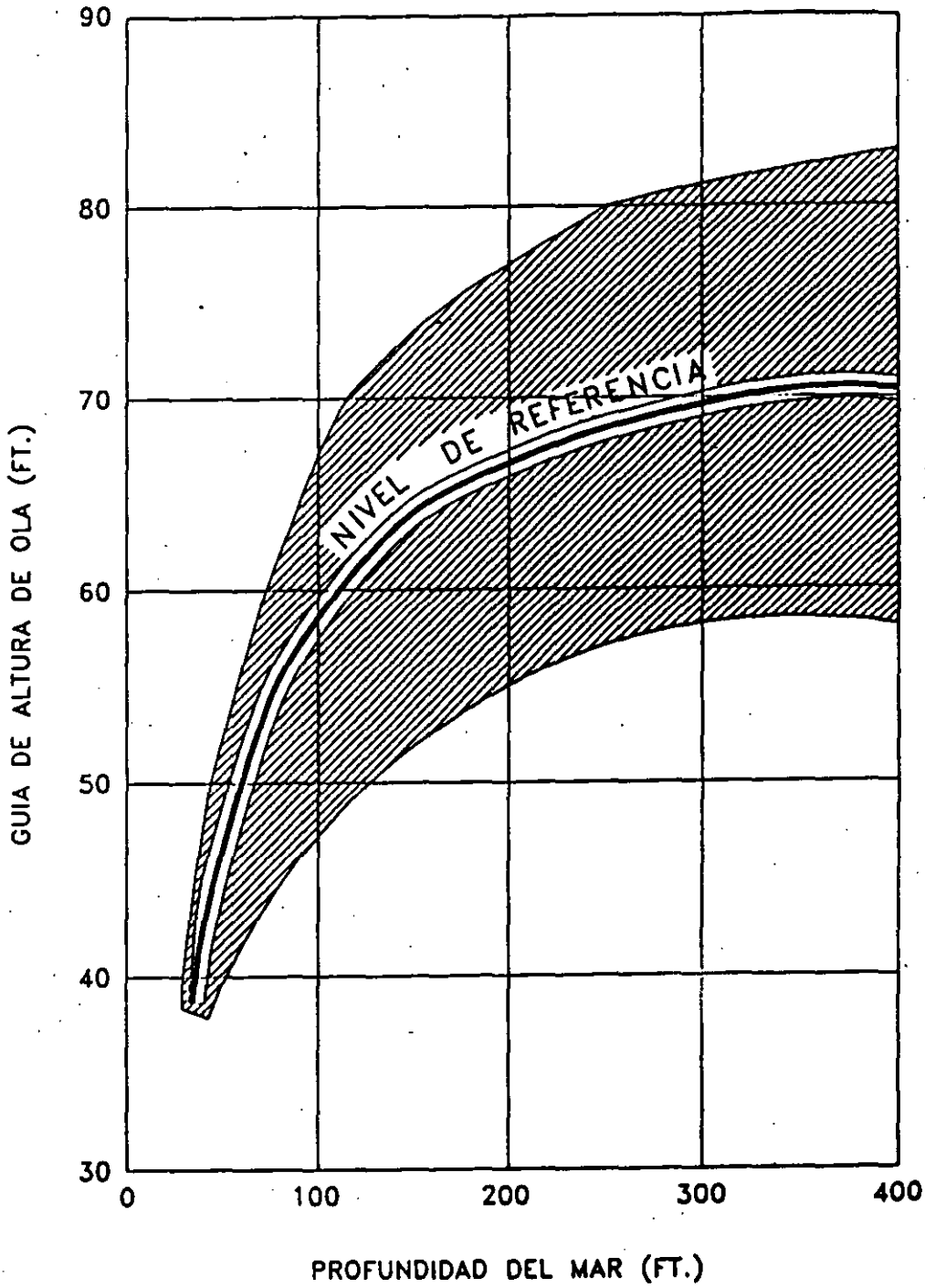


Figura 2.5. Guia de alturas de ola para el Golfo de México.

3. ONDAS DE LARGO PERIODO

3.1 GENERALIDADES.

El ingeniero que tiene que tratar con problemas de Ingeniería de Costas, se enfrenta a que existen otros tipos de ondas no generadas por el viento. Este tipo de ondas producidas por sismos, atracciones de la luna, sol y ciclones, etc., constituyen las denominadas de "Largo Periodo".

Para fines prácticos se puede considerar la siguiente clasificación:

Onda	Período
Oleaje (viento)	4-20 seg.
Vagas de mar y yacentes	50-300 seg.
Marea de tormenta	1000-2000 seg.
Tsanumis	1000-2000 seg.
Marea astronómica	4500-9000 seg.

Las vagas de mar y yacentes son causadas por la interacción de dos trenes de oleaje distante de casi el mismo período. Conforme estos trenes se aproximan a la costa, se forman zonas en donde las crestas son acumulativas, mientras que entre el valle de una cancela la cresta de la otra. Así se obtiene entonces periodos de calma, intercalados con secuencias cortas de olas altas. De esta manera, el nivel del mar en la playa se incrementa, el cual es trasmitido posteriormente hacia el mar en forma de una onda de largo período.

Este tipo de ondas pueden producir oscilaciones resonantes dentro de los puertos.

La marea de Tormenta se crea por la succión existente dentro de un área de baja presión en el océano y por el esfuerzo ejercido por el viento sobre la superficie del agua. Este tipo de ondas son significantes cuando son generadas dentro de ciclones tropicales.

Otro aspecto importante en su generación es el hecho de que la plataforma continental es ancha y de poca profundidad.

Este tipo de ondas también se presentan dentro de lagos y esteros en los que la profundidad es baja.

El Tsunami es una palabra japonesa que expresa el término onda o una serie de ondas producidas por movimientos repentinos de la corteza terrestre, tal como es el caso de terremotos. Conforme un Tsunami viaja por la plataforma continental, y puesto que su celeridad es función de la profundidad ($c = \sqrt{gd}$), al disminuir ésta, su energía cinética se

transforma en energía potencial. Por lo que, este incremento en altura, produce problemas serios en las instalaciones costeras de los litorales.

Las Mareas Astronómicas se producen en las aguas de los océanos debido a la atracción de la luna y sol, así como de otros planetas.

Debido a la periodicidad de los movimientos de los astros, es posible predecir este tipo de ondas por 2 ó 3 años hacia el futuro.

El rigor, para conocer el ciclo completo de mareas de un lugar, es necesario haber medido estas ondas durante 19 años; de hecho no es posible en forma práctica para un nuevo proyecto, pero nuestros puertos cuentan ya con varios años de medición y por tanto, siempre es posible correlacionar sitios cercanos, realizando un mínimo de mediciones.

Como en las otras ondas de largo período que han sido descritas anteriormente, el ancho y profundidad de la plataforma continental son de mucha importancia en la altura y tiempo de llegada de la cresta al sitio de observación.

A continuación describimos las teorías y métodos de cálculo más comunes para tomar en cuenta los efectos de las ondas de largo período, incluyendo las vagas y yacentes, ya que se comentará algo sobre las oscilaciones dentro de un vaso portuario, que es el efecto que nos debe preocupar.

3.2 MAREA DE TORMENTA.

Debemos establecer algunas definiciones antes de entrar de lleno al fenómeno de la Marea de Tormenta:

Denominamos "tormenta" a un disturbio atmosférico que se caracteriza por vientos fuertes que pueden ser acompañados o no por lluvia.

A una tormenta que se haya originado en el trópico se llama "tormenta tropical"; mientras que aquella que es el resultado del choque de un frente frío y uno caliente se llama "tormenta extratropical". Ambos tipos de tormenta pueden producir sobre elevaciones anormales del nivel del agua en las partes poco profundas y cercanas al perímetro de los cuerpos de agua (mar, lago, estuarios, etc.)

A una tormenta tropical severa se le denomina "huracán" cuando se tienen velocidades máximas sostenidas de 65 nudos. Los vientos huracanados pueden llegas a velocidades sostenidas de 130 nudos y aún mayores.

Las ecuaciones hidrodinámicas que describen el fenómeno de la Marea de Tormenta, son la ecuación de continuidad de que expresa la conservación de la masa y la ecuación de movimiento que expresa la segunda ley de Newton. Estas ecuaciones son complicadas y han sido resueltas para el caso de costa abierta o vasos cerrados o semicerrados.

Las ecuaciones establecidas por la teoria y que se describen en el SHORE PROTECTION MANUAL. Edición 1984, son las siguientes:

$$\underbrace{\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial M_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y}}_{\text{Advection of Momentum}} = \underbrace{fV}_{\text{Coriolis}} \underbrace{- gD\frac{\partial S}{\partial x}}_{\text{Surface Slope}} \underbrace{+ gD\frac{\partial \xi}{\partial x}}_{\text{Inverse Barometer}} \underbrace{+ gD\frac{\partial \zeta}{\partial x}}_{\text{Astro. Tide Potential}} \underbrace{+ \frac{\tau_{sx}}{\rho}}_{\text{Wind Stress}} \underbrace{- \frac{\tau_{bx}}{\rho}}_{\text{Bottom Stress}} \underbrace{+ W_x P}_{\text{Rainfall Rate}}$$

$$\underbrace{\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial M_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x}}_{\text{Advection of Momentum}} = \underbrace{- fU}_{\text{Coriolis}} \underbrace{- gD\frac{\partial S}{\partial y}}_{\text{Surface Slope}} \underbrace{+ gD\frac{\partial \xi}{\partial y}}_{\text{Inverse Barometer}} \underbrace{+ gD\frac{\partial \zeta}{\partial y}}_{\text{Astro. Tide Potential}} \underbrace{+ \frac{\tau_{sy}}{\rho}}_{\text{Wind Stress}} \underbrace{- \frac{\tau_{by}}{\rho}}_{\text{Bottom Stress}} \underbrace{+ W_y P}_{\text{Rainfall Rate}}$$

Para los fines de nuestro curso, mencionaremos algunos métodos simplificados.

Para calcular la sobreelevación producida por éstas perturbaciones atmosféricas, se aplicarán dos criterios que toman en cuenta, tanto el gradiente de presiones como las velocidades de viento de los huracanes.

La sobrelevación por efecto de tormenta queda dado por la suma de diferentes efectos, los cuales se muestran en la figura 3.2.1.

3.2.1 Método de Keulegan

En el caso de plataformas continentales, la fórmula desarrollada por Keulegan para el cálculo de la sobreelevación es la siguiente:

$$S = -\frac{KV^2 x}{g(H_1 - H - S)} \ln \frac{H_1}{H + S}$$

donde:

S = Sobreelevación del nivel del mar
H_1 = Profundidad en el borde de la plataforma
H = Profundidad en la costa
V = Velocidad del viento huracanado
X = Distancia desde el borde continental hasta la costa
g = Aceleración de la gravedad
K = Coeficiente de esfuerzo del viento = 3×10^{-6}

En la tabla 3.2.1, se hace una aplicación de éste método, con las unidades en el sistema métrico decimal, los valores resultan desde 7 cm. para el huracán Eloise hasta 1.02 mts. para el huracán Allen.

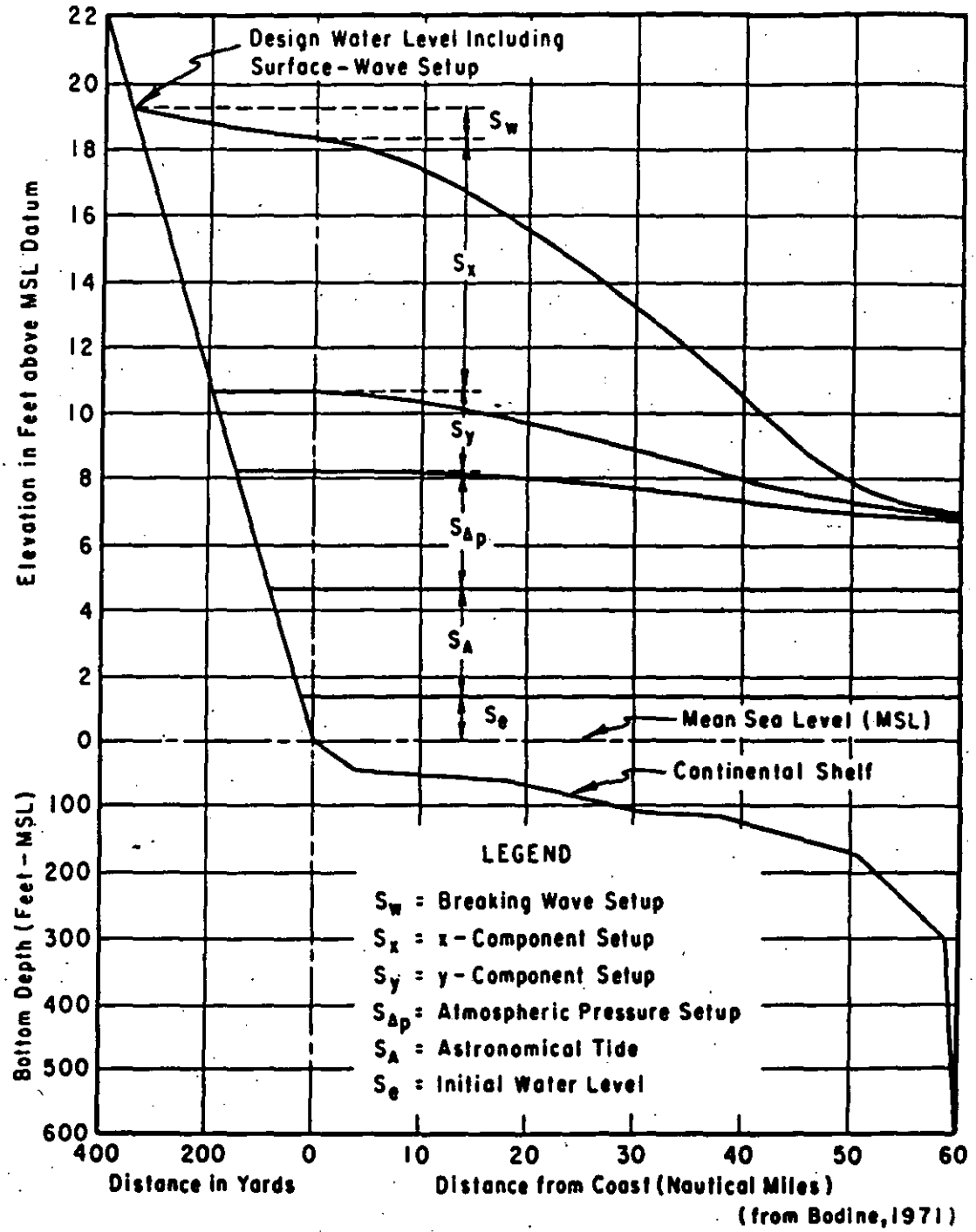


Figura. 3.2.1 Diferentes elementos que componen la marea de tormenta

TABLA 3.2.1. SOBREELEVACION DEL NIVEL DEL MAR POR VIENTO MAS PRESION ATMOSFERICA
KEULEGAN - PER BRUNN

S = SOBRELEVACION (m)

H1 = PROFUNDIDAD A LA ORILLA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

H = PROFUNDIDAD EN EL SITIO DE ESTUDIO

L = DISTANCIA HORIZONTAL

K = COEFICIENTE DE ESFUERZO DEL VIENTO

V = VELOCIDAD DEL VIENTO

g = ACELERACION DE LA GRAVEDAD (9.81m/s2)

FORMULA EMPLEADA

$$S = \frac{K V^2 X}{g (H1-H-S)} \ln\left(\frac{H1}{H+S}\right)$$

HURACAN	H1 (m)	H (m)	X (m)	K	V (m/s)	S	A	Ln	S (m)	S DEP * (m)	S tot (m)
CARLA	200	10	27,800	3.00E-06	55.62	0.410	0.1387	2.9556	0.410	0.406	0.816
	200	5	28,400	3.00E-06	55.62	0.496	0.1381	3.5943	0.496	0.406	0.905
	200	3	28,650	3.00E-06	55.62	0.556	0.1380	4.0297	0.556	0.406	0.964
HILDA	200	10	27,800	3.00E-06	34.69	0.161	0.0539	2.9798	0.161	0.280	0.441
	200	5	28,400	3.00E-06	34.69	0.196	0.0537	3.6504	0.196	0.280	0.476
	200	3	28,650	3.00E-06	34.69	0.221	0.0536	4.1286	0.221	0.280	0.501
DEBBIE	200	10	27,800	3.00E-06	36.11	0.174	0.0584	2.9785	0.174	0.350	0.524
	200	5	28,400	3.00E-06	36.11	0.212	0.0581	3.6474	0.212	0.350	0.562
	200	3	28,650	3.00E-06	36.11	0.239	0.0581	4.1231	0.239	0.350	0.589
INEZ	200	10	27,800	3.00E-06	55.52	0.409	0.1382	2.9556	0.409	0.840	1.249
	200	5	28,400	3.00E-06	55.52	0.496	0.1376	3.5945	0.496	0.840	1.336
	200	3	28,650	3.00E-06	55.52	0.554	0.1375	4.0302	0.554	0.840	1.394
BEULAH	200	10	27,800	3.00E-06	50.00	0.332	0.1121	2.9631	0.332	0.720	1.052
	200	5	28,400	3.00E-06	50.00	0.403	0.1116	3.6114	0.403	0.720	1.123
	200	3	28,650	3.00E-06	50.00	0.452	0.1114	4.0694	0.452	0.720	1.172
CAMILLE	200	10	27,800	3.00E-06	59.43	0.467	0.1584	2.9501	0.467	0.330	0.797
	200	5	28,400	3.00E-06	59.43	0.565	0.1578	3.5818	0.565	0.330	0.895
	200	3	28,650	3.00E-06	59.43	0.632	0.1576	4.0085	0.632	0.330	0.962

HURACAN	H1 (m)	H (m)	X (m)	K	V (m/s)	S	A	Ln	S (m)	S DEP * (m)	S tot (m)
	200	10	27,800	3.00E-06	33.32	0.148	0.0497	2.9610	0.148	0.290	0.438
ELLA	200	5	28,400	3.00E-06	33.32	0.181	0.0495	3.6533	0.181	0.290	0.471
	200	3	28,650	3.00E-06	33.32	0.204	0.0494	4.1339	0.204	0.290	0.494
	200	10	27,800	3.00E-06	36.10	0.174	0.0584	2.9785	0.174	0.200	0.374
AGNES	200	5	28,400	3.00E-06	36.10	0.212	0.0581	3.6474	0.212	0.200	0.412
	200	3	28,650	3.00E-06	36.10	0.239	0.0580	4.1231	0.239	0.200	0.439
	200	10	27,800	3.00E-06	36.08	0.174	0.0583	2.9785	0.174	0.570	0.744
BRENDA	200	5	28,400	3.00E-06	36.08	0.212	0.0580	3.6474	0.212	0.570	0.782
	200	3	28,650	3.00E-06	36.08	0.239	0.0580	4.1231	0.239	0.570	0.809
	200	10	27,800	3.00E-06	29.14	0.113	0.0380	2.9845	0.113	0.430	0.543
CARMEN	200	5	28,400	3.00E-06	29.14	0.139	0.0378	3.6615	0.139	0.430	0.569
	200	3	28,650	3.00E-06	29.14	0.157	0.0378	4.1487	0.157	0.430	0.587
	200	10	27,800	3.00E-06	41.72	0.232	0.0780	2.9728	0.232	0.764	0.996
CAROLINE	200	5	28,400	3.00E-06	41.72	0.282	0.0776	3.6340	0.282	0.764	1.046
	200	3	28,650	3.00E-06	41.72	0.318	0.0775	4.0990	0.318	0.764	1.082
	200	10	27,800	3.00E-06	23.09	0.071	0.0239	2.9887	0.071	0.163	0.234
ELOISE	200	5	28,400	3.00E-06	23.09	0.087	0.0238	3.6716	0.087	0.163	0.250
	200	3	28,650	3.00E-06	23.09	0.099	0.0237	4.1672	0.099	0.163	0.261
	200	10	27,800	3.00E-06	46.47	0.287	0.0968	2.9674	0.287	0.450	0.737
ANITA	200	5	28,400	3.00E-06	46.67	0.352	0.0972	3.6208	0.352	0.450	0.802
	200	3	28,650	3.00E-06	46.67	0.396	0.0971	4.0757	0.396	0.450	0.846
	200*	10	27,800	3.00E-06	76.46	0.767	0.2626	2.9218	0.767	0.450	1.217
ALLEN	200	5	28,400	3.00E-06	76.46	0.921	0.2616	3.5198	0.921	0.450	1.371
	200	3	28,650	3.00E-06	76.46	1.021	0.2614	3.9068	1.021	0.450	1.471
	200	10	27,800	3.00E-06	41.66	0.231	0.0778	2.9729	0.231	0.330	0.561
ALICIA	200	5	28,400	3.00E-06	41.66	0.281	0.0774	3.6342	0.281	0.330	0.611
	200	3	28,650	3.00E-06	41.66	0.317	0.0773	4.0993	0.317	0.330	0.647
	200	10	27,800	3.00E-06	33.33	0.148	0.0497	2.9610	0.148	0.250	0.398
DANY	200	5	28,400	3.00E-06	33.33	0.181	0.0496	3.6533	0.181	0.250	0.431
	200	3	28,650	3.00E-06	33.33	0.204	0.0496	4.1339	0.204	0.250	0.454
	200	10	27,800	3.00E-06	53.90	0.385	0.1303	2.9580	0.385	0.964	1.340
GILBERTO	200	5	28,400	3.00E-06	53.90	0.467	0.1297	3.5996	0.467	0.964	1.421
	200	3	28,650	3.00E-06	53.90	0.523	0.1296	4.0390	0.523	0.964	1.478

TABLA 3.2.2 SOBREELEVACION DEL NIVEL DEL MAR PRODUCIDA POR DEPRESION ATMOSFERICA. PER BRUNN

Po = PRESION EN EL CENTRO DEL HURACAN

Pn = PRESION NORMAL

R = RADIO DEL VIENTO MAX.

r = DIST.RADIAL DESDE EL CENTRO DE LA TORMENTA AL PUNTO DE CALCULO SOBRE UNA LINEA TRANSV.

Sp = SOBRELEVACION

FORMULA EMPLEADA

$$Sp = 0.13\,(Pn - Po)\,(1 - e^{-R/r})$$

HURACAN	Po (mb)	Pn (mb)	AP (mb)	R (M.N)	r (M.N)	R/r	Sp (m)
CARLA	936.00	1013.00	77.00	20.31	487.85	0.04	0.41
HILDA	981.00	1013.00	32.00	34.21	489.00	0.07	0.28
DEBBIE	979.00	1013.00	34.00	33.27	400.00	0.08	0.35
INEZ	936.00	1013.00	77.00	20.40	233.00	0.09	0.84
BEULAH	951.00	1013.00	62.00	23.94	256.00	0.09	0.72
CAMILLE	926.00	1013.00	87.00	17.94	600.00	0.03	0.33
ELLA	984.00	1013.00	29.00	35.23	433.00	0.08	0.29
AGNES	979.00	1013.00	34.00	33.19	722.00	0.05	0.20
BRENDA	979.00	1013.00	34.00	33.54	244.00	0.14	0.57
CARMEN	990.00	1013.00	23.00	38.01	245.00	0.16	0.43
CAROLINE	968.00	1013.00	45.00	29.52	210.92	0.14	0.76
ELOISE	997.00	1013.00	16.00	41.08	504.70	0.08	0.16
ANITA	958.00	1013.00	55.00	26.02	400.00	0.07	0.45
ALLEN	872.00	1013.00	141.00	9.55	384.16	0.02	0.45
ALICIA	968.00	1013.00	45.00	29.35	500.00	0.06	0.33
DANY	983.00	1013.00	30.00	35.03	522.00	0.07	0.25
GILBERTO	941.00	1013.00	72.00	21.40	199.00	0.11	0.95

Para tomar en cuenta la influencia que tiene el gradiente de presión asociado, se aplicó el método de Per Brunn.

Este método considera la siguiente expresión:

$$Sp = 0.13\ (Pn - Po)\ (1 - e)^{-R/r}$$

donde:

Po = Presión en el centro del huracán
Pn = Presión Normal
R = Radio el viento máximo
r = Distancia radial desde el centro de la tormenta al punto de cálculo sobre una línea transversal
Sp = Sobreelevación

Los resultados de su aplicación se muetran en la tabla 3.2.2

La suma total de efectos se ha incluído en la tabla 3.2.1 anterior, con sobreelevación total hasta de 1.47 mts causadas por el huracán Allen y el Gilberto, para el caso particular que se analiza (Veracruz, Ver.)

3.2.2 Método del Nomograma.

Un método simplificado para obtener una primera aproximación de la marea de tormenta provocada por un huracán, se puede obtener de un análisis empírico de registros pasados.

Jelesniansky combinó los datos empíricos con cálculos técnicos y definió nomogramas que permiten estimar en forma rápida del máximo pico para cualquier latitud geográfica cuando se conocen algunos parámetros de la tormenta.

La figura 3.2.2 nos permite obtener la sobreelevación pico S_I, generada por un huracán idealizado que se mueve perpendicularmente hacia la costa con una velocidad de 15 mph.

Este monograma indica que existe un tamaño de tormenta crítico, resultado de los radios de los máximos vientos R. Para una caida de presión mayor que cero, el máximo pico de la sobreelevación se produce para un valor crítico de R = 30 mi y cualquier otro valor de R mayor o menor que éste, da como resultado valores menores de la sobreelevación.

Un segundo factor F_S que se da en la figura 3.2.3 , que toma en cuenta los efectos batimétricos a lo largo del Golfo (Jelesnianshi estudió solo Golfo y Costa Atlántica de los Estados Unidos).

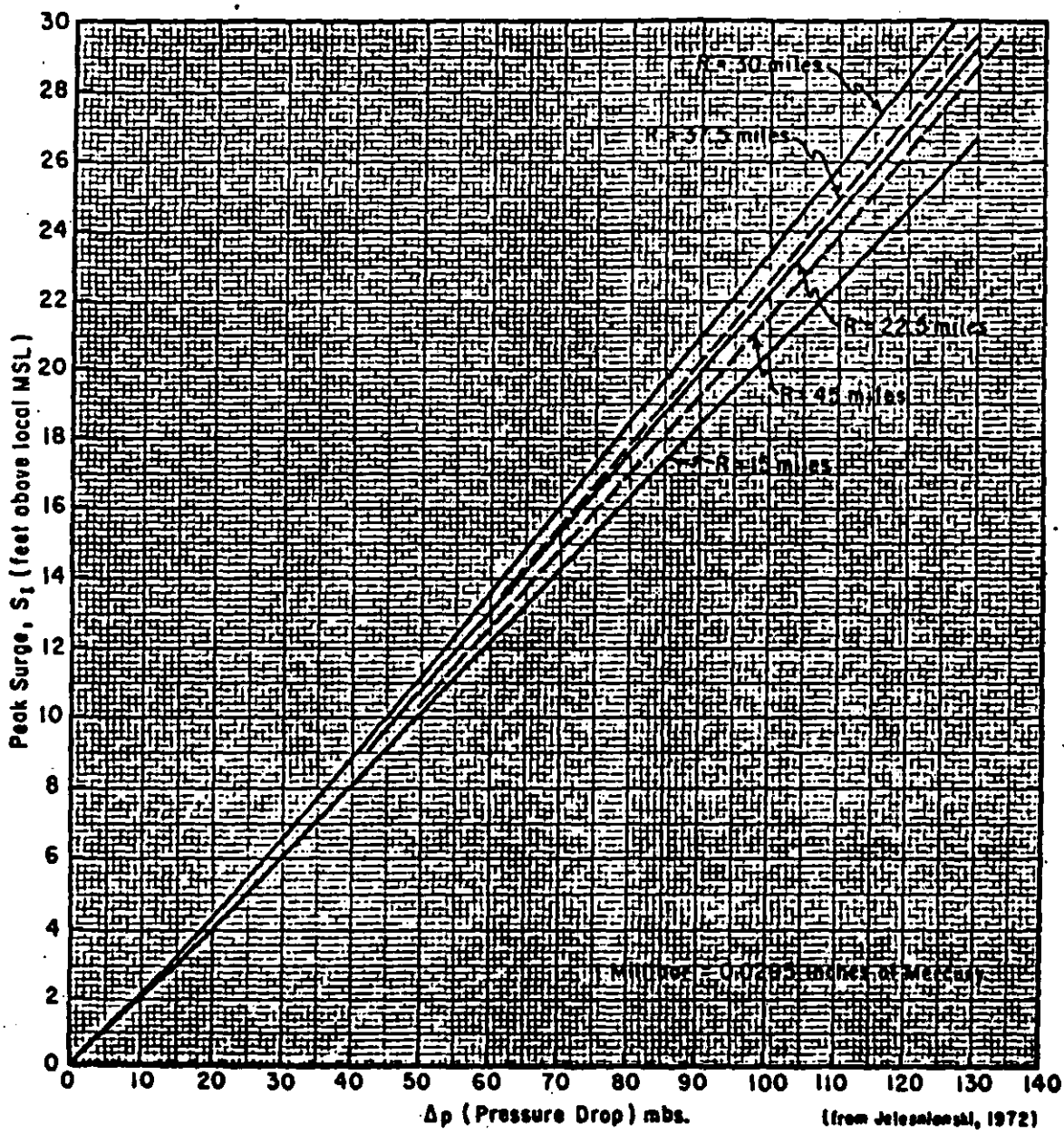


Figura 3.2.2 Estimación preliminar de la marea de tormenta

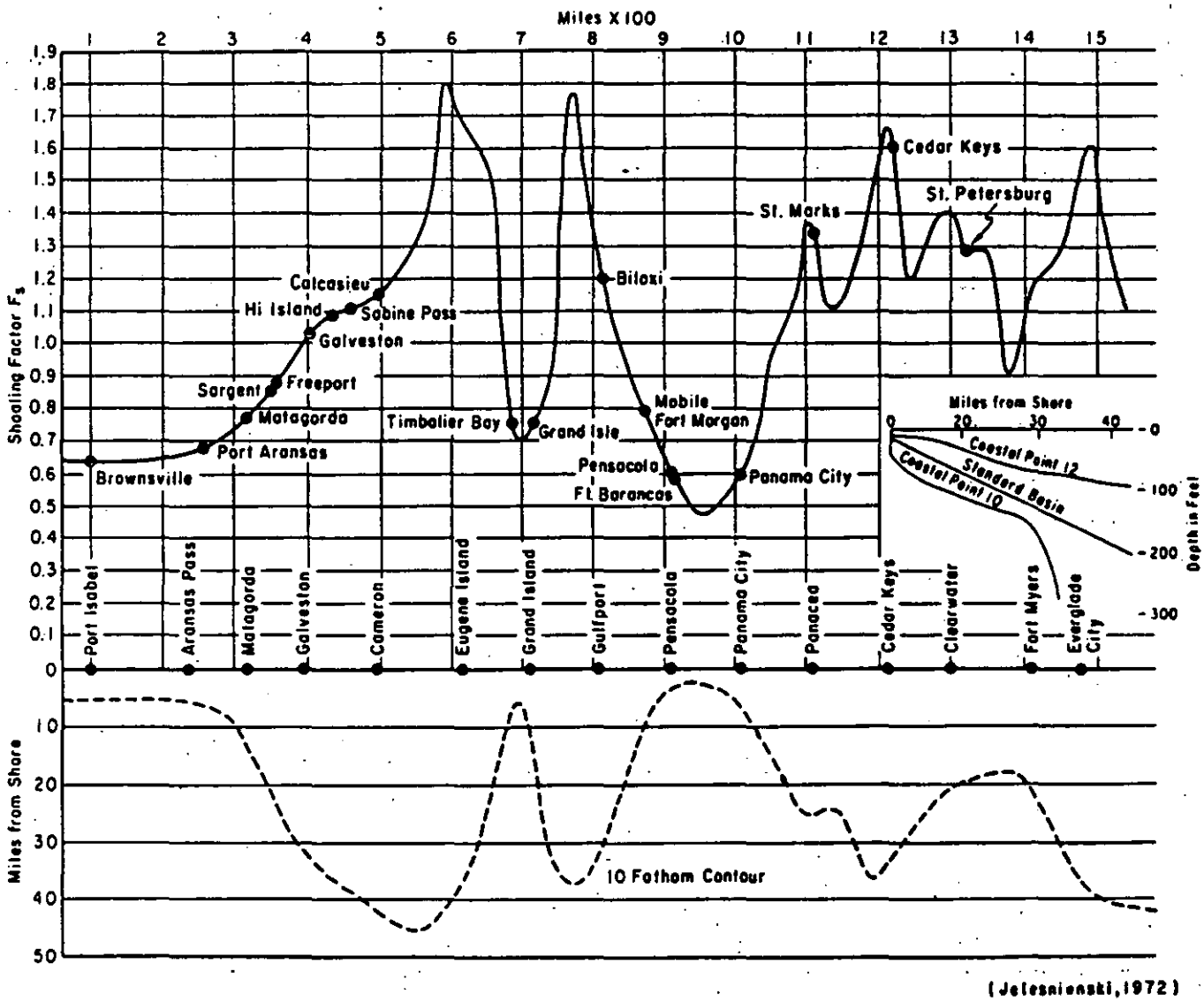


Figura 3.2.3 Factores de corrección por profundidad en la costa del Golfo de México

Otro factor, que denominaremos F_m se da en la figura 3.2.4, el cual toma en cuenta el efecto de la velocidad de la tormenta y el ángulo con el cual la trayectoria de ella intercepta a la costa.

Entonces, el máximo pico de la sobreelevación de la tormenta está dado por:

$$Sp = S_I F_s F_m$$

3.3 MAREA DE TORMENTA PRODUCIDA SOBRE VASOS CERRADOS.

En este caso, si consideramos un vaso rectangular y una profundidad constante, el viento soplando sobre la superficie, se presentan los casos mostrados en la fig. 3.2.5.

En caso "a" indica que el abatimiento del lado de barlovento es meror; el caso "b", el abatimiento llega al fondo del vaso y "c", una porción del fondo queda expuesta.

La ecuación de la superficie libre del agua, dada por Hellstrom (1951), es:

$$y^2_s = \frac{2\lambda\,\tau o}{\rho\omega\, g}(x + C_1)$$

donde C_1, debe obtenerse de condiciones de continuidad, y la ecuación podemos expresarla:

$$y^2_s = \frac{2\lambda\,\tau o}{\rho\omega\, g}\xi$$

Por otra parte, la sobreelevación del lado de sotavento "h":

$$h = \frac{2\lambda\,\tau o}{\rho\omega\, g}(x+C_1) - d$$

donde h y d se definen en la figura 3.2.5 utilizando un coeficiente adimensional:

$$k = \frac{\lambda\,\tau o}{\rho\omega\, U^2_0}$$

donde: U_O es la velocidad del viento en ft/seg., la solución puede ponerse en forma tabular, según se muestra en las tablas 3.2.3 y 3.2.4, en términos de los factores:

$$\frac{kU^2_0\, F}{gd^2} \quad y \quad \frac{x}{F}$$

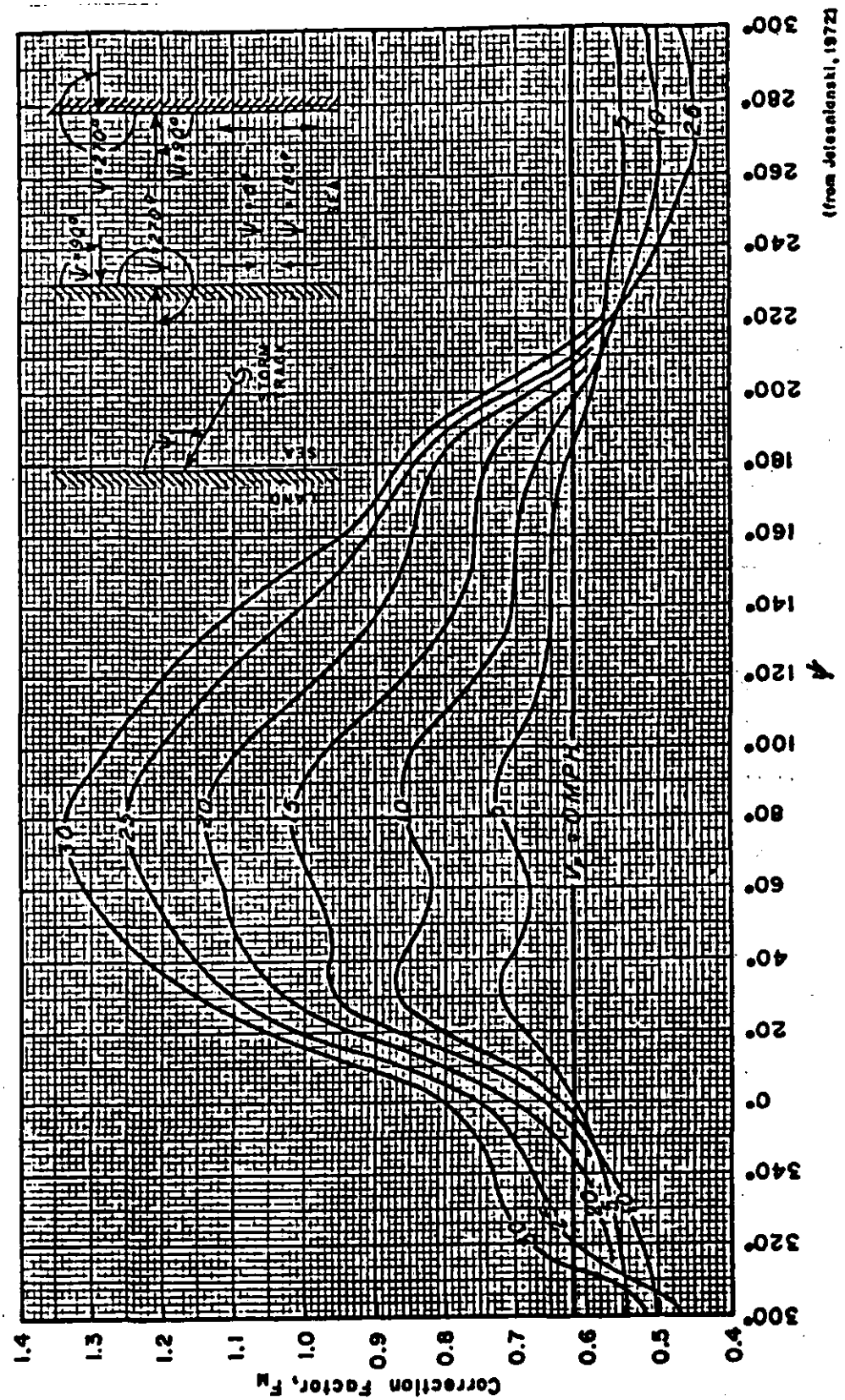


Figura 3.2.4 Factor de correccion por el movimiento de la tormenta

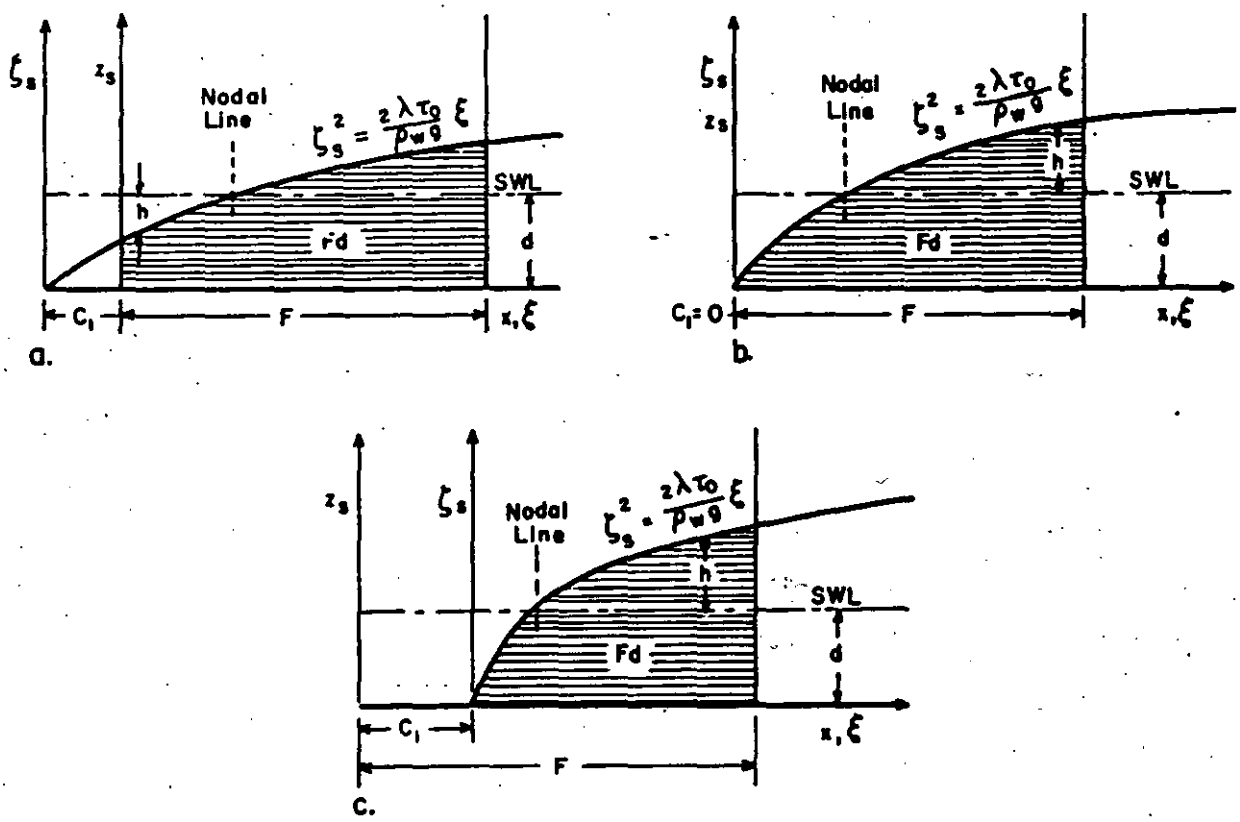


Figura 3.2.5 Nomenclatura para el cálculo

TABLA 3.2.3 PARAMETROS PARA FONDO NO EXPUESTO

Table 12.3. Parameter Relations for Wind Setup in Rectangular Channel of Constant Depth for Nonexposed Bottom (from Bretschneider, 1958)

$\frac{kU_*^2F}{gd^2}$	$\frac{x_n}{F}$	x/F 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
		Values of h/d corresponding to x/F and kU_*^2F/gd^2										
0.201	0.492	−0.104	−0.082	−0.060	−0.039	−0.018	0.002	0.021	0.041	0.060	0.079	0.097
0.209	0.492	−0.109	−0.086	−0.063	−0.041	−0.019	0.002	0.022	0.043	0.063	0.082	0.101
0.218	0.491	−0.114	−0.089	−0.066	−0.043	−0.020	0.002	0.024	0.045	0.065	0.086	0.106
0.228	0.491	−0.119	−0.094	−0.069	−0.045	−0.021	0.002	0.025	0.047	0.068	0.089	0.110
0.239	0.490	−0.125	−0.098	−0.072	−0.047	−0.022	0.002	0.026	0.049	0.072	0.094	0.115
0.251	0.489	−0.132	−0.103	−0.076	−0.049	−0.023	0.003	0.027	0.052	0.075	0.098	0.121
0.265	0.488	−0.139	−0.109	−0.080	−0.051	−0.024	0.003	0.029	0.054	0.079	0.104	0.127
0.280	0.488	−0.147	−0.115	−0.084	−0.054	−0.025	0.003	0.031	0.058	0.084	0.109	0.134
0.296	0.488	−0.157	−0.122	−0.089	−0.057	−0.026	0.004	0.033	0.061	0.089	0.116	0.142
0.315	0.487	−0.167	−0.130	−0.095	−0.061	−0.028	0.004	0.035	0.065	0.094	0.123	0.150
0.337	0.486	−0.180	−0.140	−0.101	−0.065	−0.029	0.005	0.038	0.070	0.101	0.131	0.160
0.361	0.485	−0.194	−0.150	−0.109	−0.069	−0.031	0.006	0.041	0.075	0.108	0.140	0.171
0.390	0.484	−0.211	−0.163	−0.117	−0.074	−0.033	0.006	0.044	0.081	0.117	0.151	0.184
0.423	0.482	−0.230	−0.177	−0.127	−0.080	−0.035	0.008	0.049	0.088	0.126	0.163	0.199
0.463	0.480	−0.255	−0.195	−0.140	−0.087	−0.038	0.009	0.054	0.097	0.138	0.178	0.217
0.511	0.478	−0.286	−0.217	−0.154	−0.096	−0.041	0.011	0.060	0.108	0.153	0.196	0.238
0.571	0.476	−0.324	−0.244	−0.172	−0.106	−0.044	0.014	0.069	0.121	0.171	0.219	0.265
0.648	0.472	−0.377	−0.280	−0.195	−0.118	−0.048	0.018	0.080	0.138	0.194	0.247	0.298
0.750	0.467	−0.452	−0.329	−0.226	−0.134	−0.052	0.024	0.095	0.162	0.224	0.284	0.341
0.894	0.464	−0.587	−0.409	−0.274	−0.160	−0.059	0.032	0.115	0.192	0.265	0.334	0.399
0.930	0.458	−0.614	−0.421	−0.278	−0.159	−0.055	0.039	0.125	0.205	0.280	0.350	0.418
0.971	0.455	−0.659	−0.443	−0.290	−0.164	−0.055	0.043	0.132	0.215	0.292	0.365	0.434
1.015	0.452	−0.715	−0.467	−0.302	−0.169	−0.055	0.047	0.140	0.226	0.306	0.382	0.453
1.066	0.440	−0.794	−0.494	−0.315	−0.174	−0.054	0.053	0.150	0.239	0.322	0.401	0.475
1.125	0.444	−1.000	−0.526	−0.329	−0.178	−0.051	0.061	0.162	0.255	0.342	0.423	0.500

TABLA 3.2.4 PARAMETROS PARA FONDO EXPUESTO

Table 12.4. Parameter Relations for Wind Setup in Rectangular Channel of Constant Depth for Exposed Bottom (from Bretschneider, 1958)

$\frac{kU_*^2F}{gd^2}$	$\frac{x_0}{F}$	$\frac{x_n}{F}$	x/F 0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
			Values of h/d corresponding to x/F and kU_*^2F/gd^2										
1.125	0	0.444	−1.0	−0.526	−0.329	−0.178	−0.051	0.061	0.162	0.255	0.342	0.423	0.500
1.20	0.021	0.438	−1.0	−0.565	−0.345	−0.182	−0.047	0.072	0.179	0.276	0.367	0.452	0.533
1.40	0.070	0.428	−1.0	−0.712	−0.397	−0.198	−0.039	0.097	0.218	0.328	0.429	0.524	0.613
1.60	0.112	0.423	−1.0	−1.000	−0.466	−0.222	−0.038	0.116	0.251	0.373	0.485	0.589	0.687
1.80	0.145	0.423	−1.0	−1.0	−0.556	−0.253	−0.042	0.130	0.280	0.413	0.536	0.649	0.754
2.00	0.175	0.425	−1.0	−1.0	−0.681	−0.292	−0.050	0.141	0.305	0.450	0.582	0.704	0.817
2.20	0.200	0.428	−1.0	−1.0	−1.00	−0.338	−0.063	0.148	0.326	0.483	0.624	0.755	0.876
2.40	0.223	0.432	−1.0	−1.0	−1.0	−0.393	−0.079	0.153	0.345	0.513	0.664	0.802	0.931
2.60	0.244	0.436	−1.0	−1.0	−1.0	−0.459	−0.099	0.155	0.361	0.540	0.701	0.847	0.983
2.80	0.262	0.441	−1.0	−1.0	−1.0	−0.539	−0.121	0.155	0.376	0.566	0.736	0.890	1.033
3.00	0.279	0.446	−1.0	−1.0	−1.0	−0.643	−0.147	0.152	0.388	0.590	0.768	0.931	1.080
3.20	0.294	0.450	−1.0	−1.0	−1.0	−0.806	−0.177	0.148	0.399	0.612	0.799	0.969	1.126
3.40	0.308	0.455	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.210	0.142	0.408	0.632	0.829	1.006	1.169
3.60	0.321	0.460	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.248	0.134	0.416	0.651	0.856	1.041	1.210
3.80	0.333	0.465	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.289	0.125	0.423	0.669	0.883	1.075	1.251
4.00	0.345	0.470	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.336	0.114	0.429	0.686	0.908	1.108	1.290
4.20	0.355	0.475	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.388	0.102	0.433	0.701	0.933	1.139	1.327
4.60	0.375	0.483	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.517	0.074	0.440	0.730	0.978	1.299	1.399
5.00	0.392	0.492	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.712	0.041	0.443	0.756	1.021	1.255	1.466
5.40	0.407	0.505	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	0.0011	0.433	0.778	1.060	1.307	1.520
6.00	0.428	0.511	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.068	0.438	0.808	1.114	1.381	1.621
7.00	0.456	0.528	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.218	0.418	0.847	1.194	1.492	1.759
8.00	0.480	0.542	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−0.433	0.386	0.877	1.263	1.593	1.885
9.00	0.500	0.555	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	−1.0	0.342	0.897	1.323	1.683	2.000

El valor de k, obtenido para un caso de prototipo (el lago Okeechobee, Fla), se puede tomar como 3.3×10^{-6}.

3.4 TSUNAMIS

El tsunami es una onda que puede generarse por varios mecanismos, por ejemplo se sabe que la explosión de una isla como la de Krakatoa en 1888, o de un volcán submaniro puede producirlos. No siempre los disturbios sísmicos submarinos producirán estos tsunamis, y así por ejemplo Leet en (1948) menciona que en un catálogo reportan solo 124 de estas ondas en un interval en el que se detectaron 15,000 sismos a lo largo de las costas.

Los Tsunamis asociados a grandes terremotos con profundidades de focos mayores de 80 km. no son muy perceptibles. Se ha observado que los tsunamis notables ocurren cuando la magnitud del terremoto M.

$$M > 6.3 + 0.01\ H$$

donde H es la profundidad focal en km. Se ha observado también que los tsunamis son desastrosos cuando:

$$M > 7.75 + 0.008\ H$$

En la tabla 3.2.5 se muestra la magnitud, energía y sobreelevación de los tsunamis en el Japón.

La celeridad de una onda de este tipo está dado por $C = \sqrt{gd}$, como ya se mencionó y se ha podido verificar que las celeridades promedio de los tsunamis varían entre .375 y 490 m.p.h.

En la fig.3.2.6 se muestra los tiempos de viaje de los tsunamis, teniendo como origen a Honolulu, Hawaii; y en la 3.2.7 un diagrama de refracción para el tsunami chileno de 1960.

3.5 MAREA ASTRONOMICA.

Como ya se mencionó, la marea astronómica es el cambio periodico del nivel del mar producido por la atracción gravitacional de la luna, sol y otros cuerpos astronómicos.

Podemos clasificar a las mareas de la siguiente manera:

Diurnas.- Cuando se presentan una pleamar y una bajamar en un día lunar.
Semidiurnas.- Cuando se presentan dos pleamares y dos bajamares en un día lunar.

TABLA 3.2.5 MAGNITUD, ENERGIA Y ELEVACION DE LAMIDO DE TSUNAMIS EN JAPON.

Table 5.4. Magnitude, Energy, and Run-up Elevation of Tsunamis in Japan (after Iida, 1963b)

Tsunami magnitude classification	Tsunami energy		Maximum run-up elevation	
(m)	ergs	(ft-lb)	(meters)	(ft)
5	25.6×10^{23}	18.9×10^{16}	>32	>105
4.5	12.8	9.4	24–32	79–105
4	6.4	4.7	16–24	52.5–79
3.5	3.2	2.4	12–16	39.2–52.5
3	1.6	1.2	8–12	26.2–39.2
2.5	0.8	0.59	6–8	19.7–26.2
2	0.4	0.29	4–6	13.1–19.7
1.5	0.2	0.15	3–4	9.9–13.1
1	0.1	0.074	2–3	6.6–9.9
0.5	0.05	0.037	1.5–2	4.9–6.6
0	0.025	0.018	1–1.5	3.2–4.9
−0.5	0.0125	0.0092	0.75–1	2.5–3.2
−1	0.006	0.0044	0.50–0.75	1.6–2.5
−1.5	0.003	0.0022	0.30–0.50	1.0–1.6
−2	0.0015	0.0011	<0.30	<1.0

Fig. 5.2. Travel times of tsunamis to Honolulu, Hawaii (U. S. Coast and Geodetic Survey)
(from Zetler, 1947)

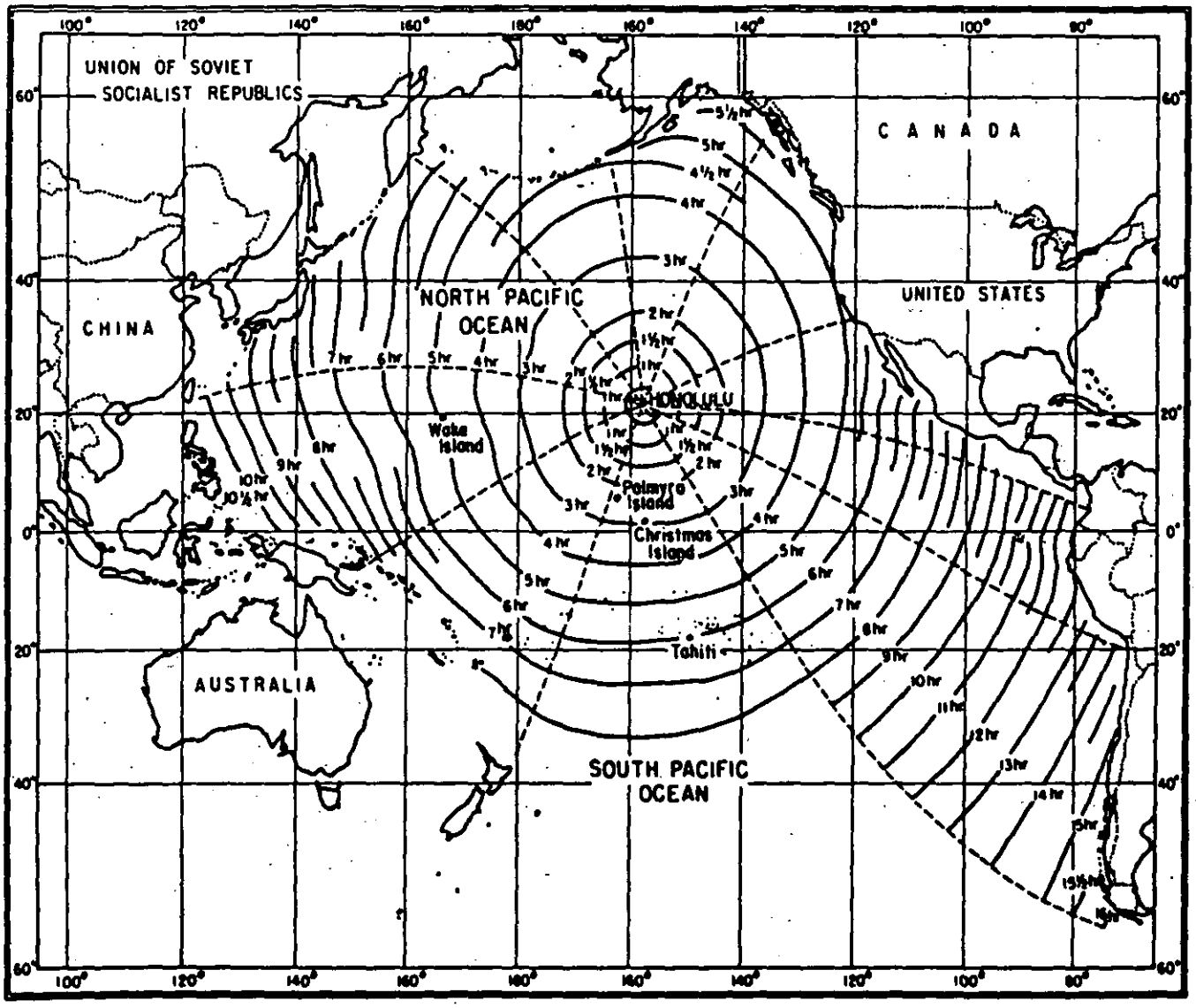


Figura 3.2.6 Tiempos de desplazamiento de tsunamis

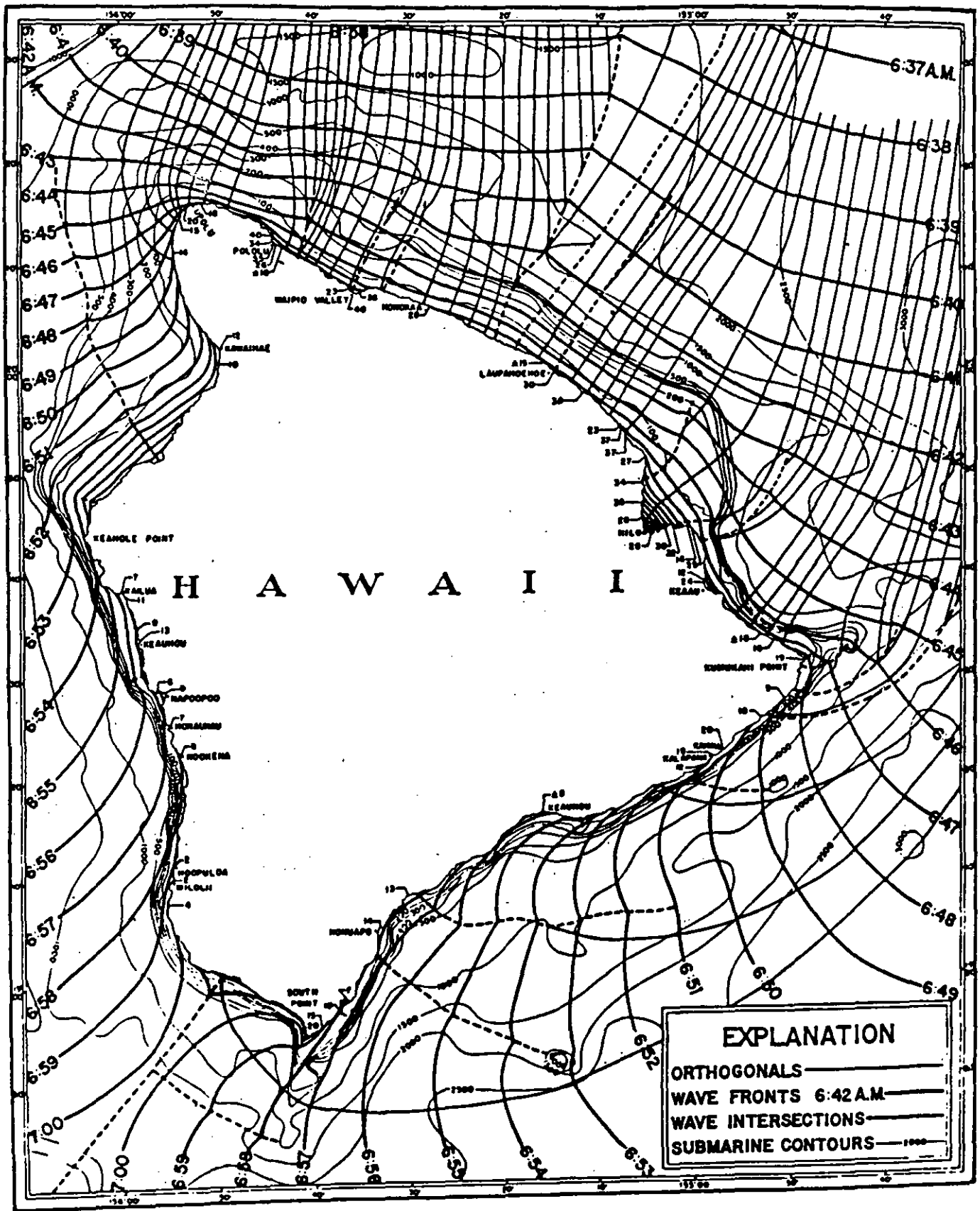


Fig. 5.4. Map of the island of Hawaii, showing heights (in feet above lower low water) reached by the water during the tsunami, wave fronts, orthogonals, and submarine contours (in fathoms). Times refer to computed time of arrival of first wave (from Shepard, MacDonald and Cox, 1950).

Mixtas.- Cuando a veces presentan las características de la diurna y otras veces, las de la semidiurna.

En México, el Departamento de Oceanografía dependiente del Instituto de Geofísica de la UNAM, estudia y registra las mareas y, para los principales puertos ha establecido los correspondientes planos de mareas que a continuación se describen.

Altura Máxima Registrada.

Nivel más alto registrado en la estación por efecto de algún tsunami o ciclón.

Pleamar Máxima Registrada.

Nivel más alto registrado debido a las fuerzas de marea periodica, o también a que tengan influencia sobre las mismas los efectos de condiciones metereológicas.

Nivel de Pleamar Media Superior.

(MHHW): promedio de la más alta de las dos pleamares diaria, durante el período considerado en cada estación.

Nivel de Pleamar Media.

(MHW): promedio de todas las pleamares durante el período considerado en cada estación. Cuando el tipo de marea es diurna, este plano se calcula tomando el promedio de la pleamar más alta diaria, lo que equivale a que la pleamar media en este caso es lo mismo que la pleamar media superior.

Nivel Medio del Mar.

Promedio de las alturas horarias durante el período considerado en cada estación.

Bajamar Mínima Registrada.

Nivel más bajo registrado debido a la fuerza de marea periodica, o también que tengan influencia sobre las mismas los efectos de condiciones meteorológicas.

Nivel de Bajamar Media Inferior.

(MLLW). Promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el período considerado en cada estación. Este plano es el que se utiliza como plano de referencia para el pronóstico de mareas en la Costa del Pacífico y Golfo de California, mismo que utiliza el Coast and Geodetic Survey.

Nivel de Bajamar Media.

(MLW). Promedio de todas las bajamares, durante el periodo considerado en cada estación. Cuando el tipo de marea es diurno, este plano se calcula tomando el promedio de la bajamar más baja diaria.

Nivel de Marea Media.

(MTL). Plano equidistante entre la pleamar media y bajamar media.

El mismo organismo publica también las tablas de predicción de mareas, tanto para el Golfo de México como para el Océano Pacífico, en los puertos en los que cuentan con estación mareográfica.

4. REFRACCION, DIFRACCION Y REFLEXION DE OLEAJE

El oleaje al propagarse sobre la superficie del mar, va sufriendo deformaciones, por efecto del fondo o por el encuentro con obstáculos, los que originan en el primer caso el fenómeno de refracción y en el segundo el de difracción y reflexión. (Se ha transcrito casi integramente, en la parte correspondiente, la publicación de Rafael del Moral y José Ma. Berenguer denominada Planificación y Explotación de Puertos, para el desarrollo de este tema)

4.1 REFRACCION DEL OLEAJE.

De la expresión de la celeridad de la onda que se obtiene por la teoría lineal del oleaje:

$$C = \frac{gL}{2\pi} \operatorname{tgh} \frac{2\pi d}{L}$$

se comprueba que la celeridad varía con la profundidad de la zona en donde se propaga, consecuentemente se producirá una variación en la longitud de onda.

Para comprender el fenómeno de refracción que experimenta la onda se puede recurrir a su paralelismo con la refracción óptica, es decir la experimentada por un rayo de luz al atravesar dos o más medios diferentes.

De la misma forma, suponiendo dos escalones de profundidad de agua, la dirección de avance del oleaje experimenta una variación debida a las distintas velocidades de la ola en uno y otro escalón.

En general, y a partir del punto donde el efecto se hace notable, aproximadamente cuando la profundidad es igual a la semilongitud de onda, los frentes de onda sufrirán cambios en su alineación que tienden a hacerlos paralelos con los distintos escalones de profundidad representados por las líneas batimétricas.

El estudio del fenómeno de refracción del oleaje es de gran importancia para el proyecto de una obra marítima, ya que entra a formar parte en la determinación de las características del oleaje y de sus acciones, por ejemplo:

- Es necesario para conocer el cambio de los valores de altura de onda en mar profundo a profundidades finitas.

- El ángulo de incidencia de los frentes de ola en obras o zonas costeras.

- Alteración de las condiciones existentes en la topografía del fondo en caso de estar éste constituido por materiales sueltos.

El cálculo de la refracción del oleaje se puede realizar, en la actualidad, mediante métodos numéricos y gáficos.

En el primer caso, existen modelos matemáticos que resuelven el problema y que permiten establecer de manera más o menos precisa, las características del oleaje en el sitio que se desee.
El segundo método, el gráfico, ofrece en cambio una interpretación más fácil de los resultados con posibilidad de corrección intuitiva de los posibles errores. A continuación se exponen los métodos gráficos de utilización común: el de los planos de oleaje y el de los diagramas de refracción o de las ortogonales.

4.1.1.Método de los Planos de Oleaje.

Se va a exponer a continuación el método ideado por el Profersor Español Iribarren, para conocer la propagación de las ondas al pasar éstas de profundidades indefinidas a reducidas.

La hipótesis fundamental con que Iribarren opera, es la conservación del período, ya que se admite, al estudiar el modelo de onda, que el número de ellas que pasa por dos puntos cualesquiera de la plataforma costera, en un determinado intervalo de tiempo, es el mismo.

Este método consiste en determinar la forma de propagación del oleaje, de características y orientación conocidas en alta mar, al avanzar hacia una costa determinada, en la que se conocen sus curvas batimétricas, así como la forma y orientación de la costa natural y de sus obras de abrigo ejecutadas o por ejecutar.

La notación empleada en su desarrollo es la misma que el profesor Iribarren usó en su elaboración.

4.1.1.1. Planta del plano de oleaje en grandes profundidades.

Fijada la o las orientaciones de las ondas a considerar así como su período, o bien su longitud de onda, el dibujo en planta, en profundidades indefinidas, serán líneas paralelas, que representan las crestas y los senos, perpendiculares a la dirección de avance de la onda considerada. Teóricamente habría que dibujar todas las líneas de crestas y senos, o sea una línea por cada semilongitud de onda (L_o). Como esto generalmento no es posible, por ser la distancia L_o a la escala del plano muy pequeña, se toma un múltiplo, nL_o, siendo "n" generalmente par para que todas las líneas representadas correspondan a crestas o senos. La distancia en milímetros a escala, será:

$$nL_o \text{ (en mm)} = n\,L_o\,\frac{1000}{E} \text{ llamada "avance", siendo E la escala del plano.}$$

El dibujo en alta mar constará de las citadas "líneas de onda" a la distancia nL, paralelas entre sí, y de las "normales", perpendiculares a las anteriores y a igual distancia, formando

una cuadrícula, hasta que se llega a una profundidad H, siempre correspondiendo a pleamar, que sea igual o menor que L_O.

4.1.1.2. Planta del plano de oleaje en profundidades reducidas.

Hay que determinar la L que corresponde a cada profundidad reducida H. Para ello empezaremos por recordar que $T = T_O$, es decir:

$$\sqrt{\frac{\pi L_o}{g}} = \sqrt{\frac{\pi LK}{g}}$$

Así obtenemos la ecuación: $LK = L_O$ que junto con $K = \text{ctgh}\,\frac{\pi h}{L}$ nos permite determinar los valores de L y K puesto que L_O y H son conocidos.

Para mayor facilidad se ha calculado un ábaco, que se adjunta, en el que se determinan las características L, H, K, C y T, correspondientes a profundidades reducidas, en función de la relación H/L y de la semilongitud ordinaria L_O.

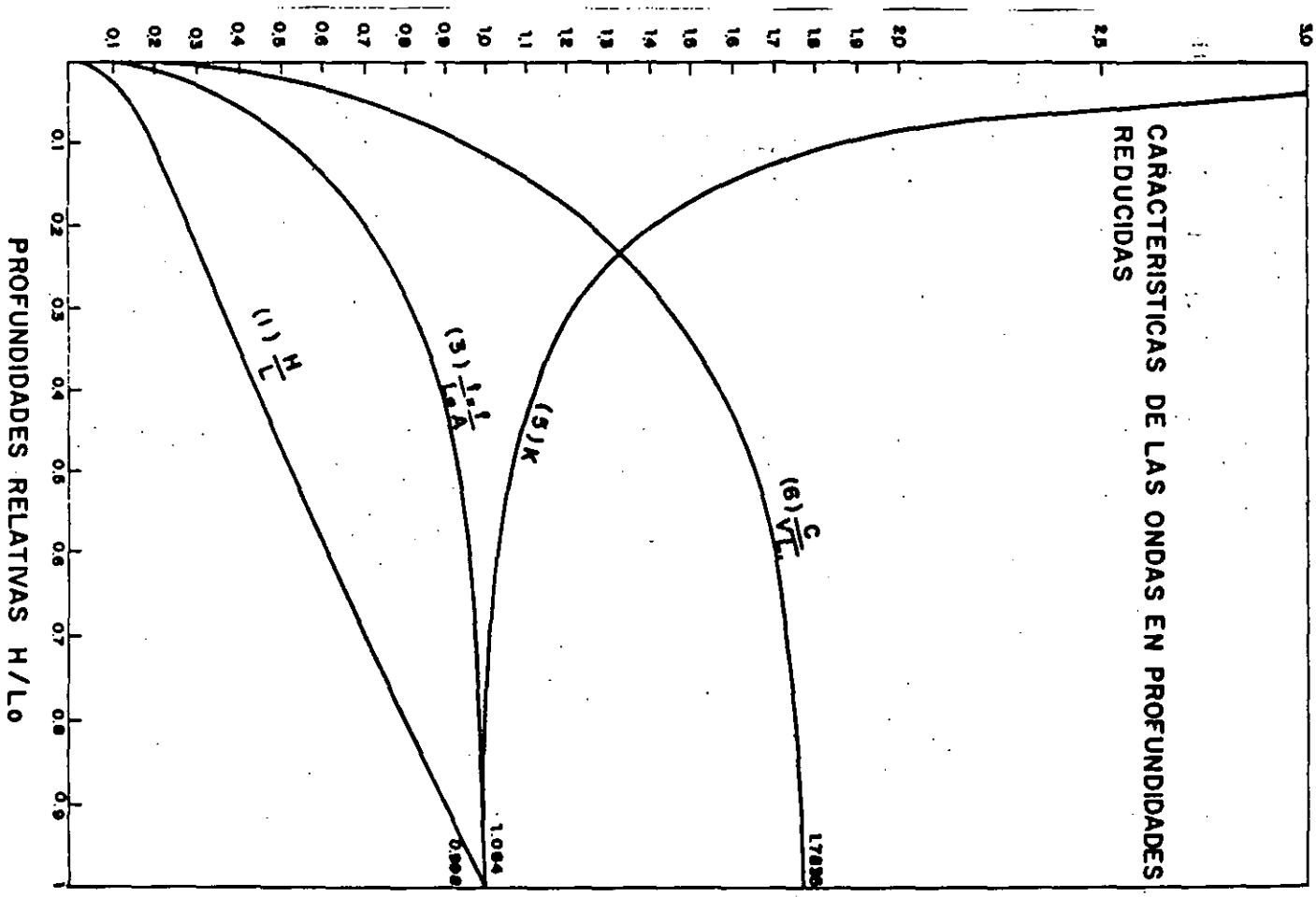


Fig. 4.1.1 Características de las ondas en profundidades reducidas

La fórmula del avance, o sea el valor de nL en milímetros, se deduce teniendo en cuenta que: $L = L_o/K$ y es:

$$n\,L\,(mm) = n\,L_o\,\frac{1}{K}\,\frac{1000}{E}$$

Se ordenan los cálculos de la forma que indica el cuadro siguiente, dibujando a continuación la curva que relaciona las profundidades con los semiavances con el fin de no tener que interpolar valores en el cuadro anterior:

CUADRO DE AVANCES

H	H/Lo	1/K	Avances	Semiavances
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Se ponen las profundidades en NPMS (M)	Columna (1) dividida por Lo	De las tablas de Iribarren	Fórmula anterior: nL (mm)	La mitad de la columna (4)

Hay que tener en cuenta que si los planos de oleaje se dibujan para las profundidades en pleamar máxima viva equinocial, como las cartas marinas normalmente reflejan las profundidades en bajamar máxima viva equinocial, habrá que sumar a dichas profundidades la amplitud de marea.

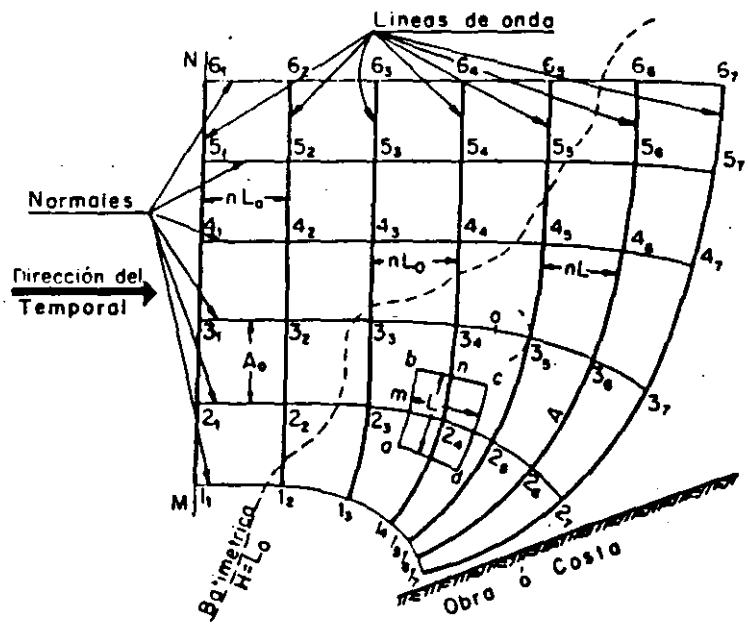


Fig. 4.1.2. Construcción gráfica del plano de oleaje.

Las nuevas líneas de onda se determinan partiendo de la última línea de onda dibujada, hallando los avances que corresponden a cada uno de los puntos de intersección de normales con líneas de onda.

Los avances se hallan tomando como profundidad la del último punto. (Profundidad de 4_5 para hallar el avance $4_5 4_6$).

En ocasiones conviene corregir el avance obtenido inicialmente sustituyendo el valor de H del punto de partida, por la medida de las profundidades de salida y llegada.

Cuando el fondo es discontinuo, la ola presenta cierta rigidez que le impide adaptarse inmediatamente a la profundidad que encuentra, por lo que se amolda a una profundidad de media de una zona de cierta extensión que comprende al punto y limitada en las tres dimensiones que se llama "prisma de avance". La proyección horizontal de este prisma constituye el "cuadrilátero de avance". (Para el punto 2_4 el cuadrilátero de avance será el abcd formado tomando la distancia L/2 sobre la línea de onda y la normal que pasa por 2_4, en las cuatro direcciones.

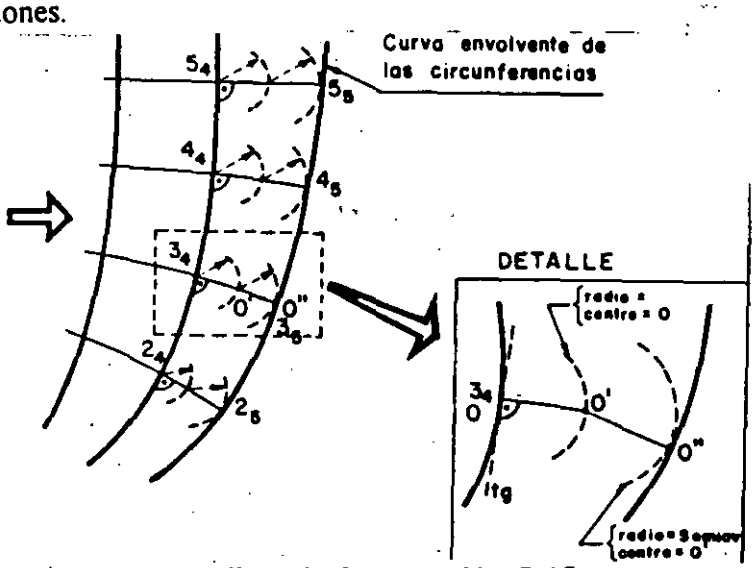


Fig. 4.1.3. Detalle de la Construcción Gráfica.

El dibujo se hace llevando el semiavance, sobre la normal al último punto. Con centro en el extremo y radio el semiavance, se traza un arco de circunferencia. La envolvente de todos éstos arcos de circunferencia, es la nueva línea de onda. Por ejemplo: si la última línea de onda dibujada es la $1_4 2_4 3_4 4_5 4_6 4_4$, para dibujar la siguiente se procederá como sigue: Por estar los puntos 6_4, 5_4 y 4_4, todavía en profundidades indefinidas, su avance será el mismo que el correspondiente a esa zona. Respecto al punto 3_4, se hallará el semiavance que corresponde a su profundidad, se lleva éste sobre la normal que pasa por 3_4, y con centro en ese punto, 0, y radio otro semiavance, se traza un arco de círculo. Análogamente, se procede con los puntos 2_4 y 1_4 y la nueva línea será la recta $6_5 5_5 4_5$ prolongada con la curva $3_5 2_5 1_5$ tangente a todos los arcos de círculo trazados.

Conviene hacer resaltar que el dibujo del plano de oleaje sólo depende del período y dirección de la onda originaria y de las profundidades sobre las que se propaga, pues conocido dicho período, $2T = 2T_0$, o lo que es lo mismo, la longitud originaria: $2L_0 = 2g\,T^2/\pi$ y las profundidades, H, quedan deterinadas todas las características de la onda, menos su altura.

4.1.1.3.Alzado del plano de oleaje.

La expresión de la energía en alta mar para una zona de ancho A_0 será:

$$E_0 = A_0 \varphi g L_0 h^2_0$$

y la energía de la onda expansionada de ancho A, será:

$$E = A \varphi g L h^2$$

La longitud de onda va disminuyendo, por tanto al conservarse la energía, debería aumentar h. Se ha observado que h no sólo no aumenta sino disminuye, por tanto hay una pérdida de energía por razonamiento que se compensa con la disminución de L, y se puede escribir:

$$A_0 h^2_0 = A h^2 \qquad \text{Luego: } h = h_0 \sqrt{\frac{A_0}{A}}$$

Los cálculos para hallar las alturas de ola a lo largo de las distintas líneas de onda, pueden ordenarse de la siguiente manera:

Línea de onda	Tramo	Ancho en origen (mm)	Ancho en el tramo (mm)	Altura de la ola En origen (m)	Altura de la ola En el tramo (m)
6	$2_6 3_6$	A_0	A	$2h_0$	$2h_{23}$

Por este procedimiento se pueden obtener, aproximadamente, todas y cada una de las alturas medias correspondientes a los tramos en que las líneas de onda son divididas por sus normales, representando en la forma escalonada indicada en la figura las semialturas correspondientes a cada tramo.

De la forma escalonada se pasa a la forma continua, como se indica en la figura siguiente.

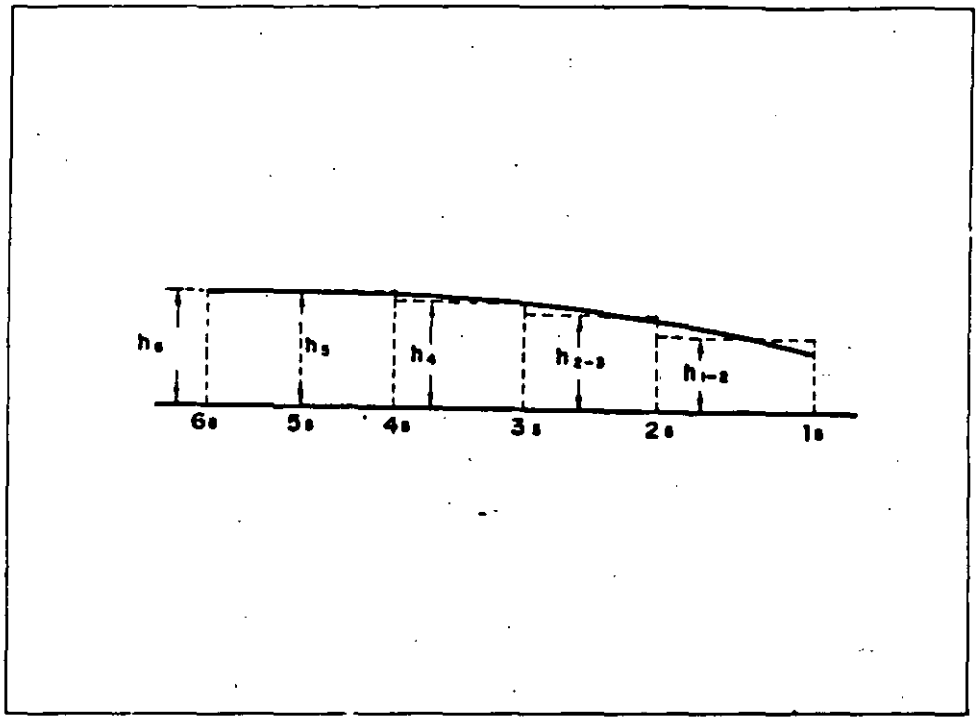


Fig. 4.1.4. Alzado del Frente de Onda.

4.1.2.Método Grafico de Refracción por Batimetría (Método de las Ortogonales)

Este método se basa en la ley de Snell ya que como es sabido la celeridad de una ola depende de la profundidad de agua en la zona donde se propaga. Así, si la profundidad decrece, también decrece la celeridad de la onda y por consiguiente su longitud, mientras que el periodo se mantiene constante en todo momento. Por tanto, puede observarse que en una onda cuya cresta avanza oblicuamente a las líneas batimétricas (isobatas), la parte de cresta que se mueve en profundidad mayor lo hace más rápidamente que la que lo hace en profundidades más reducidas. Esta diferencia de celeridad causa una deformación de la línea de cresta de la onda en su sentido tal que tiende a convertir en paralelas las isobatas y la cresta.

El método gráfico de representación del fenómeno de refracción llamado "de las ortogonales", trata de reproducir el camino de una partícula de la cresta de una onda en su avance a lo largo de zonas de profundidad variable.

Las hipótesis de partida son las siguientes:

1. La energía entre dos ortogonales se mantiene constante.

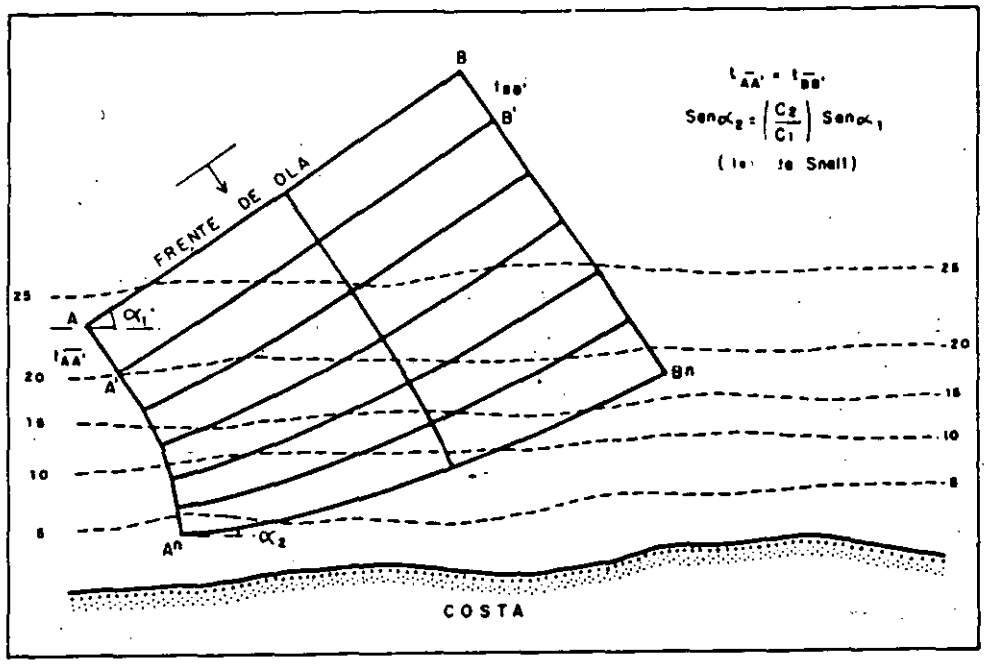


Fig. 4.1.5. Esquema de la Refracción del Oleaje.

2. La dirección de avance de la onda es la perpendicular a su cresta en cada momento.

3. La celeridad de una onda de periodo determinado solamente depende de la profundidad.

4. Los cambios de la topografía del fondo son graduales.

5. Las ondas son de cresta indefinida, periodo constante y monocromáticas.

6. Se desprecian los efectos de corrientes, vientos y reflexiones del oleaje incidente en la costa.

La realización de un diagrama de refracción por ortogonales requiere una base batimétrica sobre la cual será posible trabajar con precisión. Es, por tanto, necesario disponer de una o dos cartas náuticas de diferentes escalas, sobre las cuales dibujar las isobatas, ya que, normalmente, si se trata de aproximar el oleaje a la costa, la utilización de una carta a escala elevada hace que las profundidades menores estén muy confusas y el trabajo carecerá de exactitud. Es recomendable el empleo, al menos, de una carta náutica de escala comprendida entre 1/15,000 y 1/50,000 para el dibujo del plano de ortogonales de aproximación mientras que para el plano de detalle pueden estar comprendidas entre 1/10,000 y 1/1,000. En cualquier caso la idoneidad de la escala vendrá dada por la separación de las diferentes isobatas.

- El primer paso es el dibujo de las isobatas o líneas batimétricas correspondientes a varias profundidades. En principio es conveniente tener en cuenta que la máxima profundidad necesaria es aquella donde:

$$\frac{d}{L_o} = 0,5$$

d = profundidad
L_o = longitud de onda

Los intervalos de profundidad a los que se dibujan las líneas isobatas pueden ser variables. A mayor número de líneas dibujadas, mayor precisión tiene el trazado de las ortogonales. Sin embarbo, hay que evitar un plano excesivamente cargado de líneas que lo haga confuso. Como orientación para un caso general se puede tomar el siguiente criterio:

Profundidad (M)	Intervalo entre isobatas (m)
0 - 10	1
10 - 20	2,5
20 - 50	5
50 - 100	10
100 en adelante	25

El dibujo de las líneas batimétricas conviene redondear las irregularidades bruscas para hacer más cómodo y preciso en trazo de la ortogonal, en la confianza de que la irregularidad cometida no afecta sustancialmente la geometría de la onda.

- Una vez preparado el plano base y dibujadas las líneas isobatas apropiadas es necesario estudiar las características del oleaje teniendo en cuenta que para cada dirección del mismo en mar profundo, α_o, para la que se quiera trazar sus ortogonales es necesario un plano. A su vez, para cada intervalo de períodos, dentro de cada dirección, se necesita un diagrama de ortogonales o plano separado.

- El cuadro de confección del diagrama relaciona la profundidad en la que se mueve el frente de onda y la variación de la celeridad en su avance.

Tal como se ha indicado, cada cuadro es válido, únicamente para un período determinado de onda.

PERIODO T= 8 seg.

(1) d(m)	(2) $\frac{d}{L_o}$	(3) $tgh\frac{2\pi d}{L}$	(4) $\frac{C_1}{C_2}$	(5) $\frac{C_2}{C_1}$
2	0.020	0.3470	1.38	0.72
4	0.040	0.4802	1.20	0.83
6	0.060	0.5753	1.13	0.88
8	0.080	0.6493	1.09	0.92
10	0.100	0.7093	1.15	0.87
15	0.150	0.8183		

La columna (1) corresponde a los valores de la profundidad de las líneas batimétricas dibujadas en la carta desde 2 metros hasta $L_o/2$.

La columna (2) es la (1) dividida por el valor fijo de L_o correspondiente al período T escogido; en este caso T = 8 seg.

La columna (4) se obtiene dividiendo los sucesivos términos de la columna (3).

La columna (5) es la recíproca de la columna (4).

- Sobre papel poliester o maylar, se construirá un "transparente", con la graduación y escala de la figura, que será el instrumento principal para la confección.

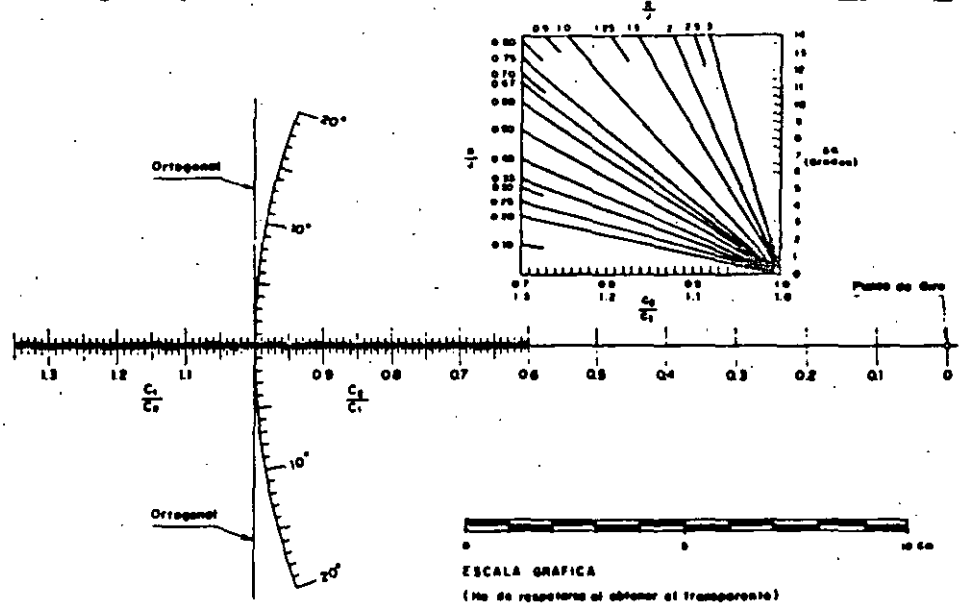


Fig. 4.1.6. Plantilla Transparente para la Construcción del Gráfico de Refracción y Abaco para el Cálculo con ablicuidad 80°.

4.1.2.1. Procedimiento a Seguir Cuando el Angulo de Corte α entre el Frente de Onda y las Líneas Batimétricas es Menor de 80°.

El primer paso es dibujar el frente de onda recto con la dirección deseada en una zona donde todavía no se haya visto afectado por el fondo y donde se estime conveniente para que una vez refractadas las ortogonales alcancen el tramo de costa que interese estudiar. De este frente se pueden sacar rayos ortogonales como se desee, si bien se recomienda que se haga a intervalos iguales.

Para trazar la ortogonal en su camino hasta la costa se han de efectuar los siguientes pasos:

1. Sacar la ortogonal de forma perpendicular, claro está, desde el frente de onda inicial hasta que intersecte la isobata más profunda.

2. Dibujar suavemente la isobata que discurre por la zona media entre las dos primeras isobatas encontradas en el camino de la ortogonal. Prolongar la ortogonal hasta dicha línea media y dibujar la tangente a esa línea por el punto de intersección.

3. Superponer el transparente de refracción de tal forma que la línea llamada normal esté sobre la ortogonal entrante con el punto 1.0 en la intersección de la dicho ortogonal con la línea media entre isobatas. De esta forma queda determinado el *punto de giro* (fig. 4.1.7).

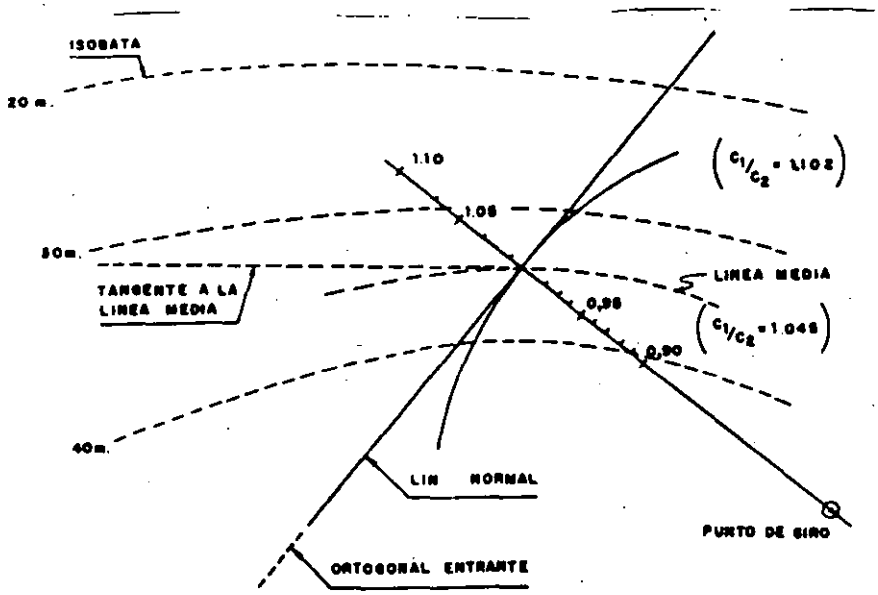


Fig. 4.1.7. Construcción del Gráfico de Refracción.

4. Girar el transparente alrededor del punto de giro hasta que el valor de C_1/C_2 correspondiente al intervalo -que figura en el eje del transparente y que se ha obtenido, previamente, en el cuadro-- intersecte a la tangente a la línea media. La *línea normal* se ha colocado, tras el giro, en la dirección de la ortogonal saliente.

5. Construir una paralela a la dirección en que se ha quedado la *línea normal* que pase por un punto B de la ortogonal entrante tal que sea equidistante a las dos líneas de nivel. Este punto, así definido, no tiene por qué estar situado en la línea media. La recta trazada es la ortogonal saliente (fig. 4.1.8).

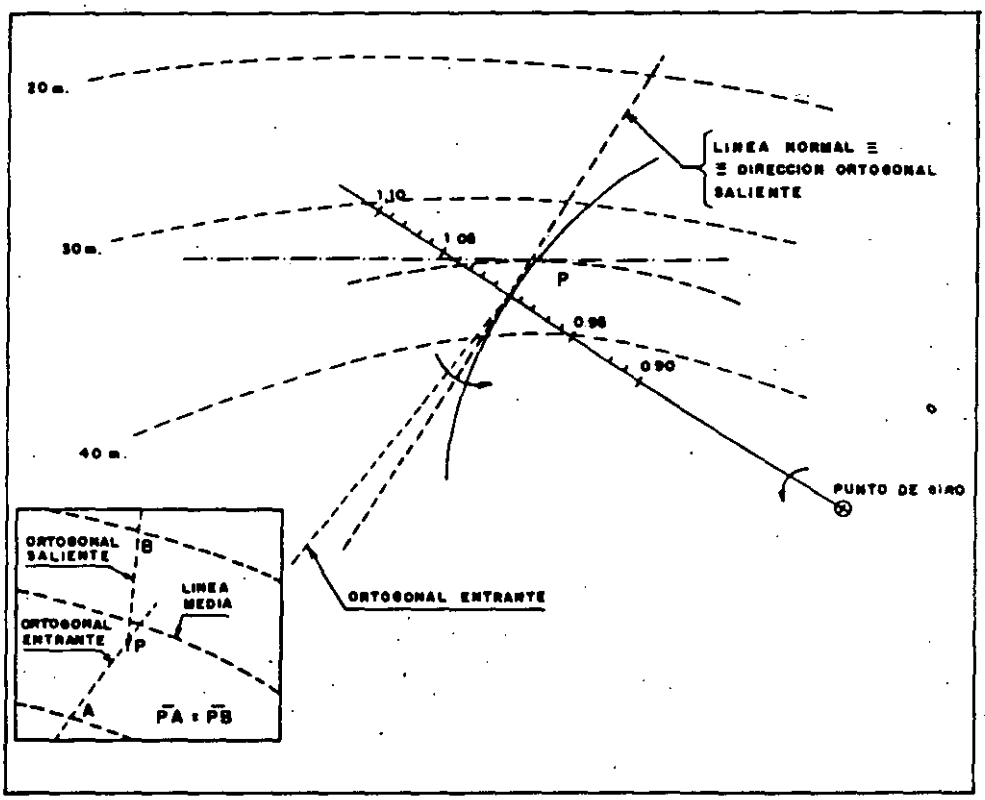


Fig. 4.1.8. Construcción del Gráfico de Refracción.

6. Repitiendo los anteriores pasos para los siguientes intervalos entre líneas batimétricas se puede prolongar la ortogonal hasta su encuentro con la línea de costa.

En el proceso anterior se ha supuesto que las profundidades hasta llegar a la línea de costa son permanentemente decrecientes. Puede haber casos como: hoyas, cabos, bajos, etc.; en los que la ortogonal avanza, en su camino a la orilla, por zonas de profundidad creciente. En este supuesto se emplea el mismo sistema de construcción con la única variante de utilizar la relación C_2/C_1, en lugar de C_1/C_2.

4.1.2.2. Procedimiento a Seguir Cuando el Angulo de Corte α entre el Frente de Onda y las Líneas Batimétricas es mayor de 80°.

a) Se va dividiendo el espacio a cruzar entre las dos isobatas en segmentos de longitud R, relacionados con la separación J de las dos batimétricas en esa zona. De esta forma puede resultar $R1 = J_1$ ó $R_1 = 1{,}5J_1$ ó $R_1 = 3\ J_1$ como máximo.

Si la separación entre las líneas no es constante dentro del segmento de longitud R escogido conviene tomar un segmento de longitud menor para ganar precisión. Una vez fijado $R_1 = KJ_1$ $(0.1 < K < 3.0)$ se acude al cuadro 1, entrando en él con el valor C_2/C_1 (¡ atención, no C_1/C_2 !) y el de $K = R1/J1$, obteniendo un $\Delta\alpha$ que es la variación angular que sufre la ortogonal entrante en el medio del segmento R_1 (fig. 4.1.9).

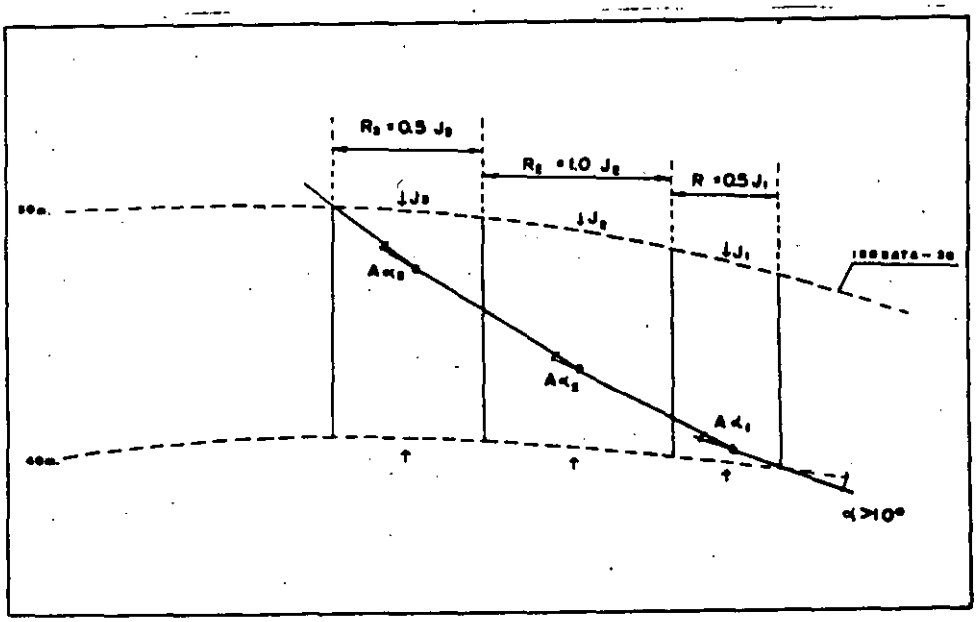


Fig. 4.1.9. Construcción Gráfica en el caso de Incidencia Superior a 80°.

b) Se traza entonces la ortogonal saliente del segmento y se vuelve a escoger un sector de longitud R_2, operando análogamente al caso anterior.

De esta forma, con un número variable de sectores R_i se cruza el espacio entre las dos isobatas.

c) Se comprueba con la ortogonal saliente, si con la siguiente isobata forma un ángulo mayor de 80°. Si es así, se opera otra vez mediante la división en segmentos. Si por el contrario, el ángulo es menor de 80°, se vuelve al método normal de trazado de las ortogonales.

4.1.3.Campo de validez de los Métodos Gráficos de Refraccion.

Los métodos gráficos de refracción tratan de reproducir los cambios que experimenta el oleaje en su aproximación a la costa. Para su concepción se han supuesto simplificaciones importantes. Así, por ejemplo, se ha considerado que el oleaje es monocromático, es decir que las características de todas las olas son idénticas. Basta una ligera visión del oleaje real que se produce en las costas para comprobar que una ola respecto a la siguiente puede diferir sustancialmente. Igual ocurre con la suposición de que la cresta de la ola tiene longitud indefinida. En la realidad, solamente el oleaje de fondo, tipo SWELL, presenta unas crestas de alguna longitud. El de tipo SEA, por el contrario, tiene crestas cortas, desiguales y sometidas a la acción directa del viento. Su reproducción mediante los distintos métodos de refracción será muy poco efectiva.

Otra limitación de estos métodos proviene de suponer que la energía entre canales de energía u ortogonales se mantiene constante. De esta forma se puede llegar al punto conflictivo de los **cáusticos.** Un cáustico es un punto del diagrama donde las lineas normales al frente o las ortogonales se cruzan. En pura teoría, siguiendo la hipótesis adaptada, en un punto de este tipo la altura de onda es infinita, ya que no existe separación.

$$H = H_0\sqrt{\frac{b_0}{b}}$$

$$\text{Si } b_{\text{cáustico}} = 0 \rightarrow H = \infty$$

Es obvio, que esto en la realidad no sucede. La explicación reside en el hecho de que entre los canales de energía existe una cesión de ella que se incrementa con la deferencia de altura de onda entre ellos. Algunos investigadores han estimado que, como máximo, la altura de ola en una zona puede ser dos veces mayor que de la que se parte en mar profundo.

Análogamente las zonas con batimetria muy irregular no se prestan a estos métodos gráficos, dada la rigidez que impone las dimensiones del cuadrilátero de avance.

La utilización del método de los planos de oleaje o del método de las ortogonales viene aconsejada en cada caso por lo que de ellos se requiere obtener. El primero de ellos, desarrollado por Iribarren, presenta, comparativamente las siguientes ventajas:

- Ofrece una mejor idea de las condiciones de refracción al representarse el frente de onda en sucesivas posiciones.

- Permite la reproducción del fenómeno de difracción mediante la expansión lateral o bilateral y por tanto es apto para problemas de agitación en dársenas o zonas abrigadas.

- Permite el trazado de normales a partir de un frente cualquiera con objeto de conseguir mayor precisión en una zona determinada.

- El apoyo en normales adjuntas disminuye los errores en el dibujo de una normal.

Como inconvenientes relativos, por el contrario, se pueden citar:

- Ejecución más lenta y complicada, ya que precisa el empleo de útiles y plantillas para el dibujo de los frentes de onda.

- Poca aptitud para su dibujo sistematizado mediante computadora. Existen numerosos programas que adaptan el método de las ortogonales al cálculo mecanizado y posterior dibujo mediante plotter.

- Imposibilidad de ejecución desde profundidades reducidas hacia mar adentro.

4.2. DIFRACCION DE LAS ONDAS.

La difracción es en esencia un fenómeno de transferencia de la energía de unas zonas a otras. Se produce cuando la onda encuentra en su camino un obstáculo que impide su paso a la zona posterior del mismo. Es el caso de los diques, islas naturales o artificiales, etc. En efecto, si se supone un dique que impide el paso de la onda, se pueden distinguir varias zonas con características de agitación diferentes.

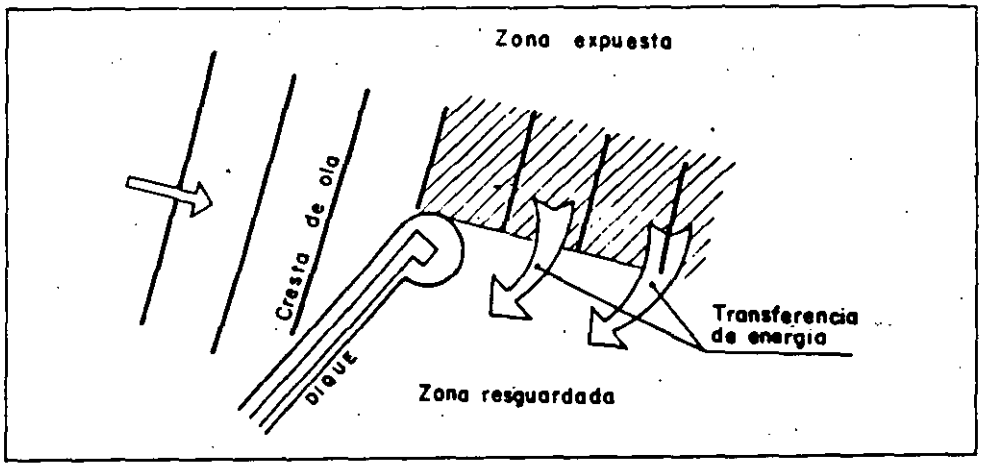


Fig. 4.2.1. Fenómeno de la difracción del oleaje.

De una a otra por diferencia en los niveles de agitación existe un intercambio de energía que generará en la zona resguardada una agitación de características particulares.

Es fácilmente comprensible el interés que tiene el estudio de este fenómeno para el diseño y explotación de un gran número de obras e instalaciones marítimas. La resonancia en las dársenas, las condiciones de entrada a un puerto, los azolvamientos y las variaciones de las playas próximas a una obra son algunos de los casos comunes en los que la difraccion del oleaje juega un papel principal.

Continuando con la teoria de modificación del oleaje de Iribarren, se exponen a continuación el estudio práctico sobre la que el propio autor llamó "expansión lateral" y que no es más que una precisa denominación intuitiva del fenómeno de la difracción. El valor práctico de este método gráfico de difacción es enorme, siendo una excelente ayuda al técnico portuario en el diseño en planta de las obras exteriores. Aún hoy en día se puede considerar superior a cualquier otro método teórico de difracción.

Esto, sin embargo, no quiere decir que para que el estudio definitivo de una obra, en la que intervengan notablemente los fenómenos de refracción-difracción, sea siempre recomendable la realización de un ensayo experimental en modelo reducido que no precisa de las hipótesis previas simplificativas que todos los métodos teóricos necesitan para su

aplicación, sobre todo cuando existan problemas de batimetría irregular o posible formación de cáusticos.

4.2.1. Método Gráfico de Difracción. "Expansión lateral"

Al igual que en el caso de la refracción las hipótesis de partida suponen una onda monocromática de periodo fijo y de cresta indefinida, cuya celeridad depende únicamente de la profundidad de la zona por la cual avanza manteniéndose, además, la energía entre perpendiculares a los frentes.

Supóngase la existencia de un obstáculo al paso del oleaje incidente (fig. 4.2.2)

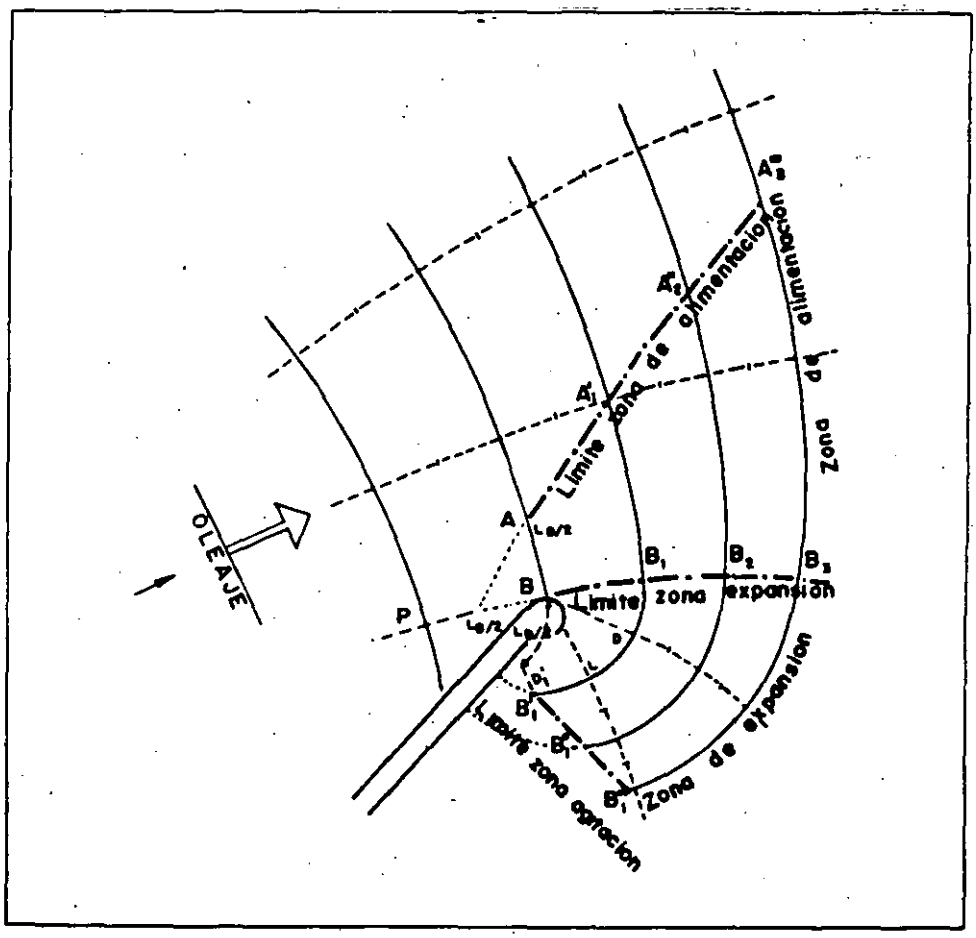


Fig. 4.2.2. Construcción del plano de oleaje difractado.

Si en la dirección BB_3, existiese una pantalla vertical, la onda continuará su avance normalmente. La no existencia de esa pantalla es causa de expansión lateral de la onda,

que agita en parte la zona BB_2B_1" llamada zona de expansión. Las condiciones de esta expansión, según Iribarren, son:

1. El paso de la onda origina en B una oscilación armónica que se propaga radialmente.

2. Hay una cesión lateral de energía que da lugar a modificaciones en la altura de la onda, que se produce según estas líneas de onda, y con celeridad igual a la celeridad de propagación (fig. 4.2.3)

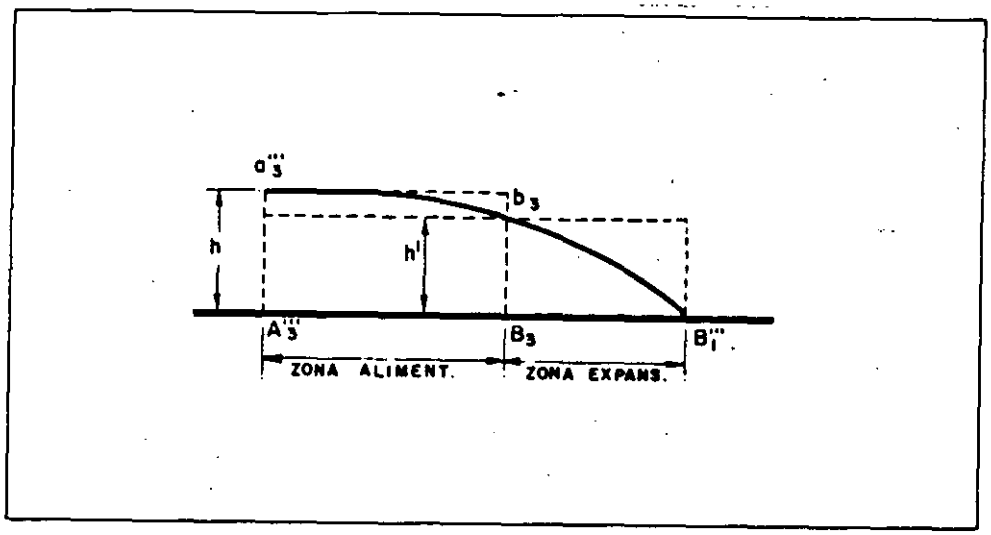


Fig. 4.2.3 Cesión lateral de energía.

3. El fenómeno empieza a producirse cuando a la cresta de la onda le falta un cuarto de su longitud para llegar al extremo del obstáculo, es decir cuando está a $L_{B/2}$ de B, siendo L_B la longitud de onda corresponde a la profundidad de B.

El límite de las zonas de alimentación y de expansión es la dirección BB_3, que coincide con la normal que pasa por B y que se llama "línea límite de expansión".

Admitida la igualdad de la celeridad transversal con la celeridad de avance y empezando el fenómeno de la expansión lateral a una distancia $L_{B/2}$ de B, un punto de la "línea de alimentación" será A, a una distancia $LB/_2$ de B. Para hallar otros puntos de esta línea límite en las sucesivas líneas de onda, se aplicará la condición general:

$$B_2A_2" = B_1A_1' + \text{avance correspondiente a A'},$$

o sea: "ancho anterior más avance del último punto considerado".
En la zona de expansión, la primera línea expansionada es el arco de circunferencia de centro en B y radio el avance correspondiente a su profundidad, lo cual es perfectamente

admisible puesto que para la misma profundidad, la de B, el avance es el mismo en cualquier dirección radial que parta de ese punto.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que ya en la línea de onda que pasa por B, el límite de la zona agitada ha alcanzado, aunque sólo sea hipotéticamente, un punto que dista de B la distancia $L_{B/2}$. Por tanto, el punto correspondiente a la línea límite de agitación, en la línea de onda siguiente, seguirá la norma general:

$$B_1B_1' = L_{B/2} + \text{avance correspondiente a B}$$

o sea: "ancho anterior + avance correspondiente al último punto determinado;

y en general:

$$B_3B_1''' = B_2B_1'' + \text{avance correspondiente a } B_1''$$

Para dibujar las líneas de onda sucesivas de la B_1B_1' en la zona de expansión, se trazan radios BD, ... que se consideran como nuevas normales, operando para partir de ellas como con las demás.

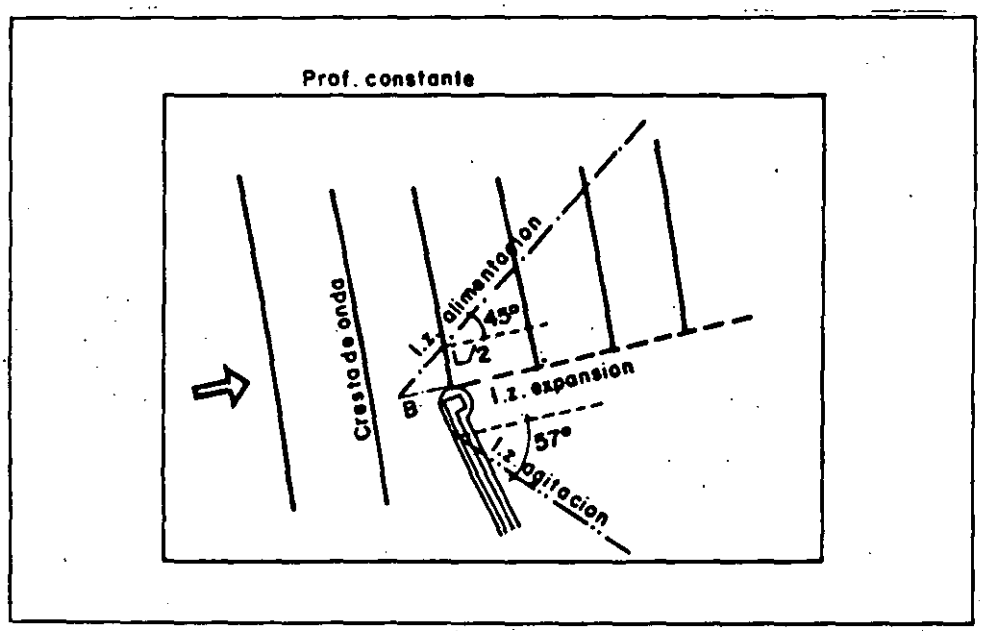


Fig. 4.2.4. Caso de Profundidad Constante

En el caso de profundidades iguales (fig. 4.2.4) la línea límite de expansión será la normal que pasa por el extremo del obstáculo y será una recta; la línea límite de alimentación será la recta que partiendo de una distancia $L_{B/2}$ del extremo del obtáculo, forme un ángulo de 45° con el límite de expansión; y la línea límite de agitación será una espiral cuya asíntota es la recta paralela a la que pasando por B, a una distancia $L_{B/2}$, forma un ángulo de un radián con la línea límite de expansión.

4.2.2. Alturas de la Ola en la Zona de Expansión Lateral.

La semialtura h que tendría la onda en la zona de alimentación, si no hubiere expansión lateral, se puede hallar por el procedimiento general descrito en la expansión frontal. Ahora bien, la energía almacenada en el trozo de cestra comprendido en la zona de alimentación se derrama, extendiéndose entre este trozo y el de expansión, pudiendo calcular la semialtura media correspondiente al punto donde empieza la expansión lateral -punto de línea límite de expansión- por la fórmula.

$$h' = h\sqrt{\frac{A_3''' B_3}{A_3''' B_1'''}}$$

siendo h la semialtura media que tendría la onda en la zona de alimentación.

Para pasar de la presentación escalonada a la continua, sólo hay que tener en cuenta que la onda es un cuarto de sinusoide que pasa por los puntos a_3''' b_3 B_1'''.

En el caso de profundidades constantes, la longitud de las líneas de onda en la zona de expansión es igual a su longitud en la zona de alimentación y entonces

$$h' = h\sqrt{1/2} = 0.71\ h.$$

Las alturas de la onda en la cuarta parte de la sinusoide en sus 3/4 serían: 0.92 h y 0.38 h, respectivamente.

4.2.3. Expansión Lateral Incompleta.

Si la expansión lateral no es total por que no lo permite el dique, se puede suponer la expansión total y determinar gráficamente las nuevas alturas de onda. Para ello se dibuja la onda que atraviesa el dique. (CD se abate sobre CD'). La acumulación de energía nos da las nuevas alturas de onda, estableciéndose la relación:

$$h^2_t = h^2_1 + h^2_2$$

representada gráficamente en la figura por el triángulo CEE':

$$EE''^2 \text{ (nueva altura de ola)} = EC^2 + CE'^2$$

y para un punto intermedio por el triángulo FGH':

$$GH''^2 \text{ (nueva altura de ola)} = FG^2 + FH'^2$$

El punto donde se inicia la sobreelevación de la ola es el punto B, distante del dique D'E = ED.

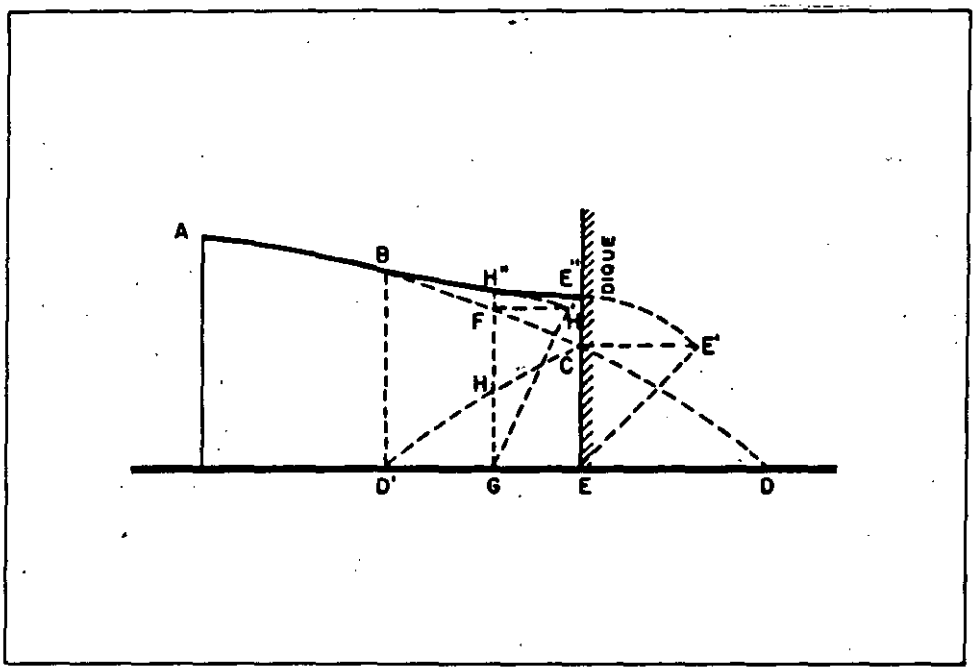


Fig. 4.2.5 Alzado del Frente de Onda en el Caso de Expansión Lateral Incompleta.

4.2.4. Doble Expansión o Expansión Bilateral.

Cuando en un puerto existen dique y contradique, se suelen producir dos expansiones laterales, completas o incompletas, que es lo que se llama doble expansión.

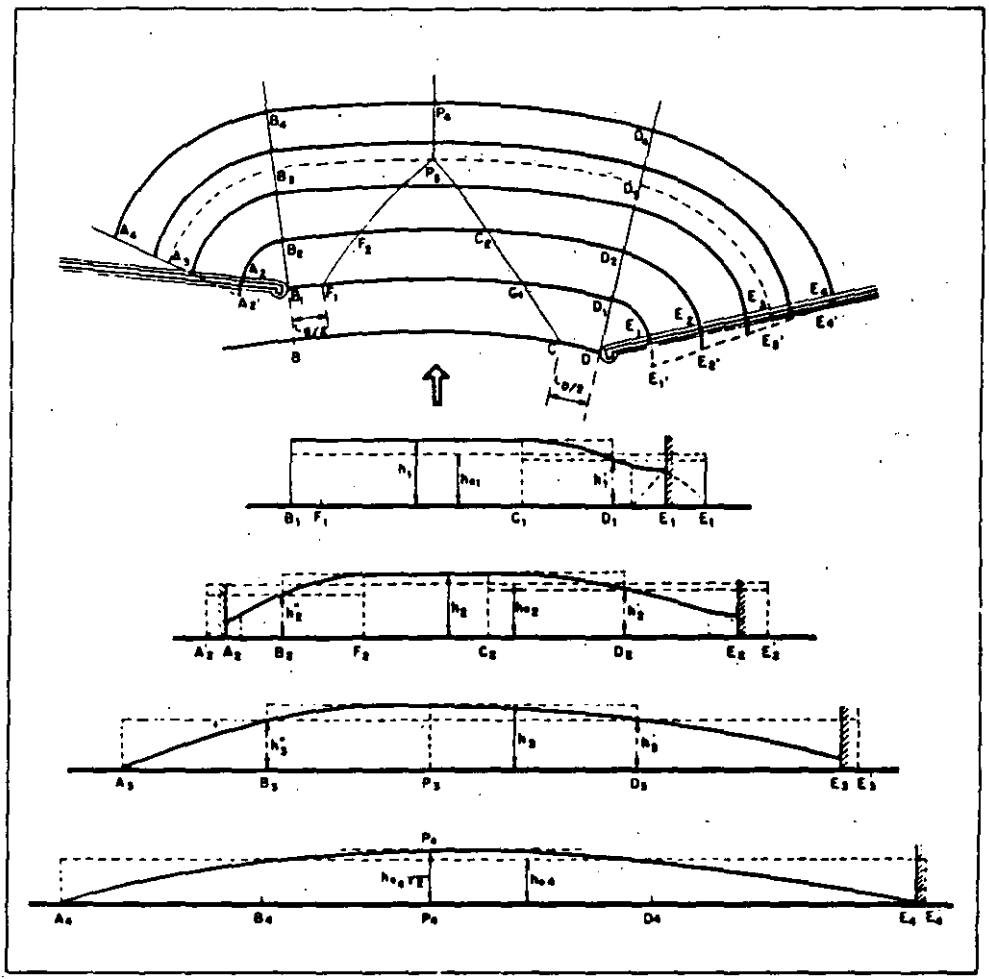


Fig. 4.2.6. Doble Expansión Lateral (Planta y Alzados de los Diversos Frentes).

La energía que entra en el puerto está representada por:

$$B_1D_1 \times h_1^2$$

siendo h_1 la semialtura media de la onda en el tramo B_1D_1 de no existir la expansión lateral.

Por tanto la altura media o altura eficaz de la onda en el tramo expansionado B_1E_1' será:

$$h'_{e1} = \sqrt{\frac{B_1D_1}{B_1E_1}}$$

independiente de la altura en el punto D_1 del tramo de expansión simple C_1E_1' que es:

$$h_1' = h_1 \sqrt{\frac{C_1D_1}{C_1E_1}}$$

En la línea de onda A_2' E_2', en la que todavía no se cortan las dos líneas límites de alimentación, se procede como si fueran dos expansiones laterales independientes, manteniéndose la altura de onda en el tramo F_2C_2 como si no hubiese expansión y descendiendo según sinusoides a ambos lados.

En esta línea de onda se verifica que:

$$\text{Energía que entra} = B_1D_1 \times h_1^2 = B_2D_2 \times h_2^2,$$

$$h_2 = h_1 \sqrt{\frac{B_1D_1}{B_2D_2}}$$

La altura eficaz de la ola en el tramo $A'_2E'_2$ será:

$$h_{e2} = h_2 \sqrt{\frac{B_2D_2}{A'_2E'_2}}$$

y la altura en la línea límite de expansión en cada tramo de expansión simple, será:

Tramo $C_2E'_2$ (Punto D_2) $\qquad h'_2 = h_2 \sqrt{\frac{C2D2}{C2E2}}$

Tramo $F_2A'_2$ (Punto B_2) $\qquad h''_2 = H_2 \sqrt{\frac{F_2B_2}{F_2A'_2}}$

Al llegar la onda en su avance el punto P_3, común a los dos límites de alimentación, las dos senoides son tangentes en P'_3. La altura media del tramo B_3D_3 de no existir expansión sería:

$$h_3 = h_1 \sqrt{\frac{B_1D_1}{B_3D_3}}$$

que es la altura de onda en el punto P_3.

La altura eficaz del tramo $A_3E'_3$ será:

$$he_3 = H_3 \sqrt{\frac{B_3D_3}{A_3E_3}}$$

y las alturas en cada uno de los dos tramos laterales de expansión simple serán:

$$\text{Tramo } P_3E'_3 \text{ (Punto } D_3\text{): } h'_3 = h_3 \sqrt{\frac{P_3D_3}{P_3\,E'_3}}$$

$$\text{Tramo } P_3A_3 \text{ (Punto } B_3\text{): } = h''_3 = h_3 \sqrt{\frac{P_3B_3}{P_3A_3}}$$

En las posiciones siguientes, el máximo de altura de onda corresponde a puntos como el P_4 situados en la normal de avance del punto P_3. La altura eficaz del tramo $A_4E'_4$ será igual a:

$$h_{e4} = h_e \sqrt{\frac{B_1E'_1}{A_4E'_4}}$$

y el máximo de altura de la onda, teniéndose en cuenta que las dos sinusoides han de ser tangentes en P_4 y anularse en A_4 y E'_4, será:

$$P_4P'_4 = h_{e4}\sqrt{2}$$

4.3. REFLEXION.

El comportamiento de las ondas tras encontrar un obstáculo en su trayecotria, ya sea una isla, un dique o la propia playa o costa, puede ser muy variado. Su energía puede sufrir las modificaciones siguientes:

a) Disiparse, como lo hace, por ejemplo, ante un fondo rugoso o una estructura porosa.

b) Transmitirse parcialmente tras el obstáculo, tal y como sucede en el caso de diques de escollera o diques flotantes.

d) Reflejarse en dirección distinta a la de incidencia en el obstáculo.

Si bien, en teoria es posible, que la energía que incide en un obtáculo, se transforme exclusivamente según una de las tres formas, en la práctica el fenómeno suele ser mixto

entrando en juego dos o tres formas de modificación al tiempo. En algunos casos de incidencia del oleaje con un dique o muro vertical el fenómeno de reflexión puede darse en forma pura, sin embargo, además de que las condiciones han de ser muy propicias siempre hay una cierta pérdida de energía por turbulencia o razonamiento. De este caso al de una playa tendida en la que la reflexión es casi nula, existe una variada gama de situaciones que hace que el estudio de la reflexión sea de gran interés dentro de las técnicas de puertos y costas.

En tres dimensiones, el caso más general puede representarlo la incidencia de una onda monocromática frente a una pared vertical recta (fig. 4.2.7).

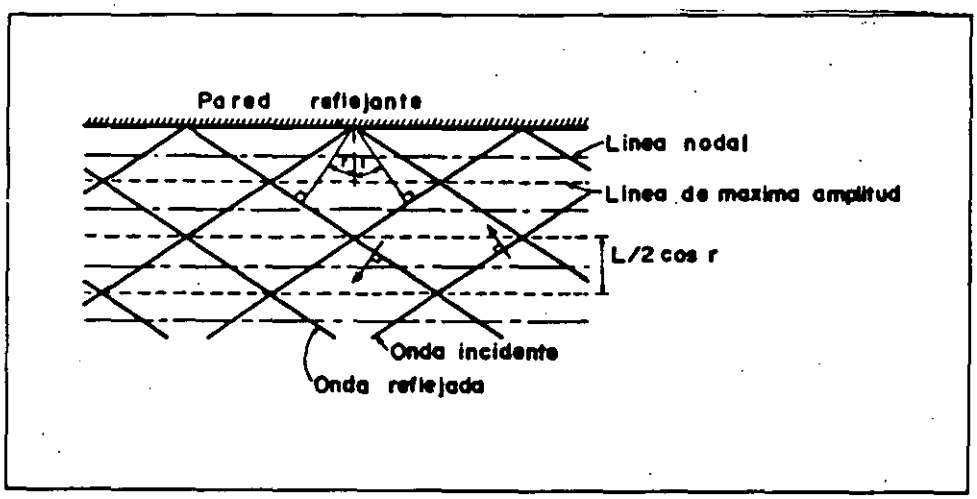


Fig. 4.2.7. Reflexión del oleaje frente a una pared vertical y rectilínea.

Aproximándose la onda incidente con un ángulo "α_i" se produce una onda reflejada con ángulo α_r, que, segun la teoría lineal, resulta ser igual al de incidencia. La conjunción de las sucesivas crestas y senos ofrecen un aspecto de agitación en rombos cuyas diagonales son las líneas de máxima amplitud.

Si el ángulo de incidencia α_i es mayor de 45°, se procede la llamada reflexión mach, formándose en las proximidades de la pared una onda que se traslada paralelamente a ella (fig 4.2.8).

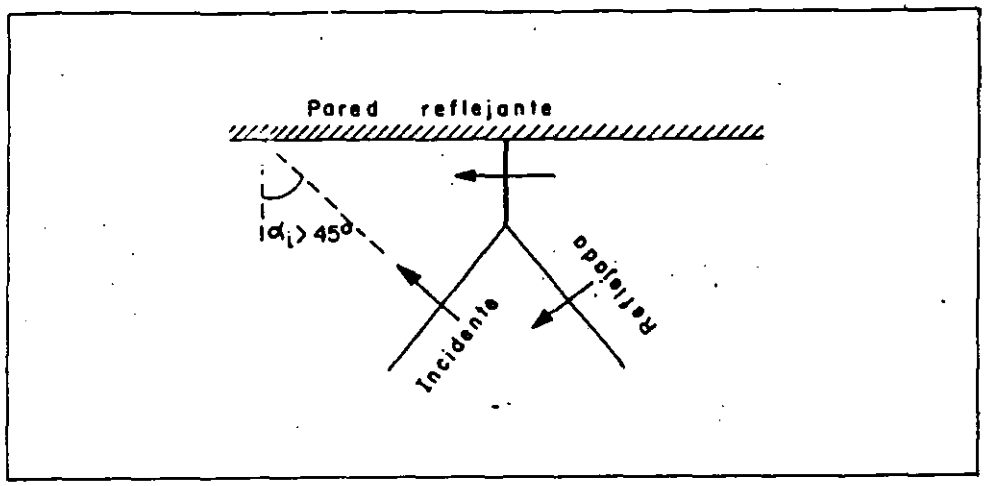


Fig. 4.2.8 Reflexión mach.

Desde el punto de vista cuantitativo, se va a circunscribir el estudio de la reflexión a los casos de diques o muros verticales y al de playas. Este último caso, así como los estados intermedios, como es el de diques en talud de escollera, no admite estudios teóricos y un análisis se basa en resultados experimentales tanto en la naturaleza como en el modelo reducido. Esto se debe al gran número de variables que intervienen en el fenómeno de reflexión en estos casos.

Para el estudio cuantitativo de la reflexión se emplea, como indicador fundamental, el índice de reflexión χ, que no es más que el cociente o relación entre la ola incidente y la reflejada.

4.3.1. Reflexiones en Muros Verticales.

Se supone que en todo caso el muro tiene superficie lisa e impermeable. Con ello se obvian las pérdidas de energía por rugosidad y percolación.

El coeficiente de reflexión es prácticamente la unidad, con lo cual la altura de la ola reflejada e incidente es la misma. Experimentalmente se ha comprobado que χ disminuye según aumenta el peralte de la onda. Asimismo, según se va tendiendo el talud del muro, dicho coeficiente tiende a disminuir.

De la teoría lineal de las ondas se puede deducir la ecuación de la superficie del agua frente a la pared vertical.

En efecto, siendo:

$$\eta i = \frac{Hi}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L} + \frac{2\pi t}{T}\right)$$

la ecuación del perfil de onda incidente y:

$$\eta r = \frac{Hr}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L} + \frac{2\pi t}{T}\right)$$

El de la onda reflejada, por yuxtaposición de ambos y haciendo Hi = Hr, resulta:

$$\eta = Hi \cos\frac{2\pi x}{L} \cos\frac{2\pi t}{T}$$

4.3.2. Reflexiones en Playas.

En general, se puede decir que la reflexión en una playa depende de la rugosidad, de su permeabilidad y de su pendiente, además de la dirección y peralte el oleaje incidente.

Son escasos los resultados obtenidos para fijar valorres de la reflexión en playas. Miche (1951) para el caso de incidencia normal propone afrontar el cálculo mediante dos coeficientes χ_1 y χ_2 que dependen de la rugosidad-permeabilidad y de la pendiente-peralte de oleaje, respectivamente.

$$\chi = \chi_1 \chi_2$$

Los valores más ajustados son:

χ 1 { 0.8 para playas inpermeables y
0,3-0,6 playas rugosas y fuerte pendiente.

Para χ_2 se adjunta un ábaco (fig.4.2.9) en el que se presentan los valores más significativos para distintos valores del peralte y la pendiente de la playa.

Por último es de subrayar que el intentar resolver un problema de agitación, en donde se mezclen los fenómenos vistos anteriormente con éste de la reflexión, mediante planos de oleaje, supone una pérdida de tiempo ya que la complejidad es tan grande que sólo el modelo reducido es capaz de darnos aproximaciones aceptables.

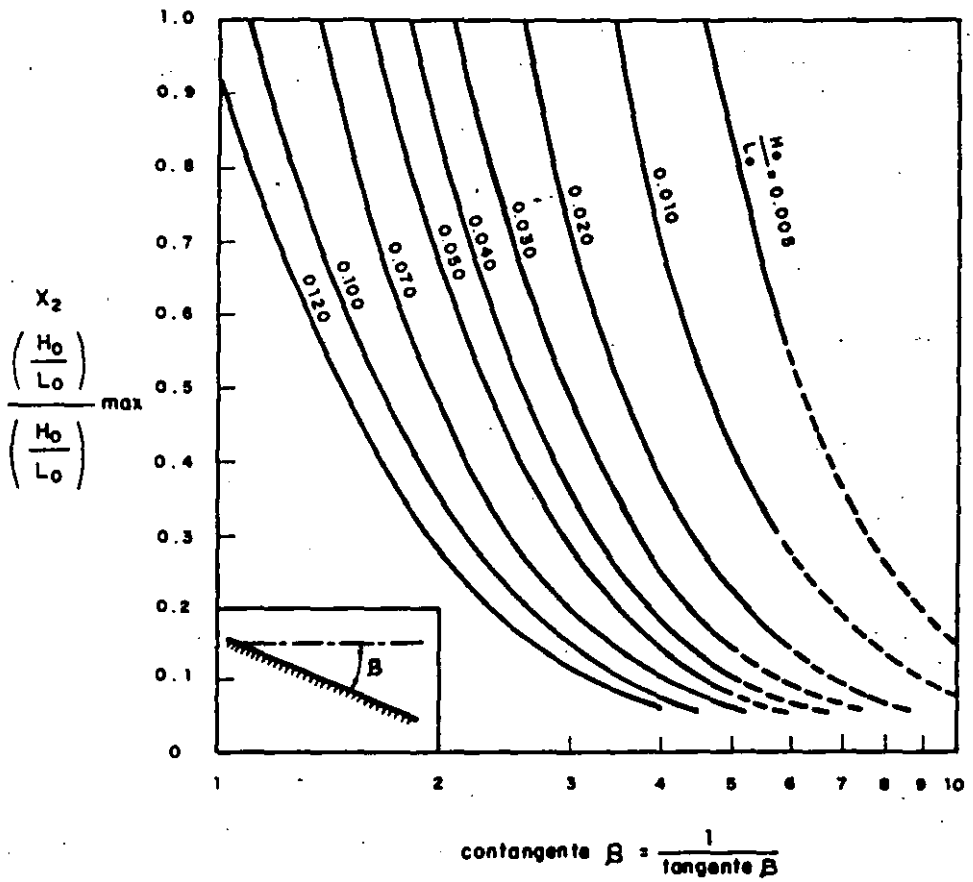


Fig. 4.2.9. Valores del Coeficiente $\chi 2$ de Reflexión en Playas.

5. PROCESOS DE MEZCLADO

Los procesos de mezclado son de mucha importancia dentro de la ingeniería de costas. La transferencia de calor a través de capas superficiales del oceáno se debe principalmente al mezclado por difusión y por la agitación, en gran escala, inducida por la rotura del oleaje en el mar. Otro ejemplo en donde los procesos de mezclado tienen gran importancia es el desecho de efluentes por medio de emisores en donde las corrientes, oleaje, etc., nos ayudan a diluirlos en el oceáno.

5.1 MEZCLADO DE UN CHORRO TURBULENTO

Consideramos primeramente el mezclado de un chorro que descarga en un fluído de la misma densidad. En este caso, el chorro que sale se mezclará en parte con el fluído que lo rodea, de tal manera que el volumen del flujo se incrementará con la distancia, y la velocidad disminuirá.

En la figura 5.1 se muestra un chorro saliendo de un orificio de ancho "L_o" en la forma de un flujo uniforme.

La frontera entre el chorro y el fluído circundante es inestable y existen esfuerzos de corte altos, y el mezclado ocurrirá con la transferencia del momentum, temperatura y material del chorro al fluído receptor. Se consideran dos zonas de flujo en este modelo:

La zona de establecimiento de flujo que consiste en un núcleo de velocidad uniforme "u_o", y de una capa limite de fluído que rodea con velocidad "u" En la zona de flujo establecido, el mezclado existe en todo el chorro.

Albertson (1948), al desarrollar la teoría del chorro turbulento, supuso que la distribución de presiones era hidrostática en toda la zona de movimiento, que el flujo de momentum era constante, y que el flujo era dinámicamente similar en cada sección de la región de mezclado.

También se supuso que los perfiles de velocidad en la zona de mezclado podrían ser dados por una función de probabilidad normal de Gauss. (ver fig.5.2).

donde:

$$\frac{u}{u_m} = e^{\frac{-y^2}{2\sigma^2}}$$

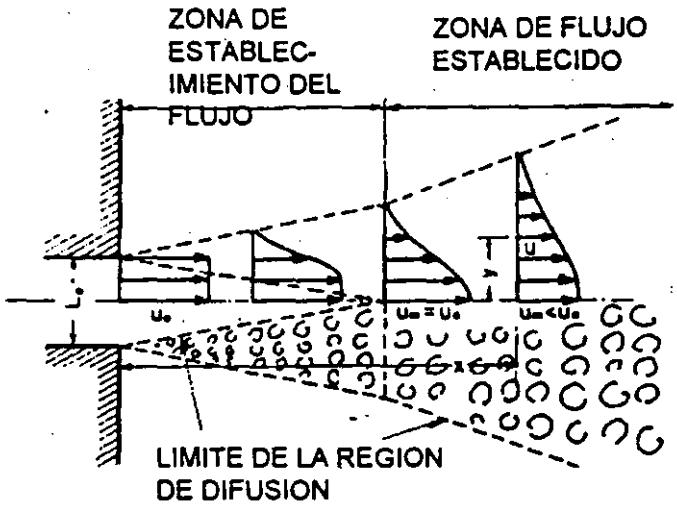


FIG. 5.1 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN CHORRO DE MEZCLADO

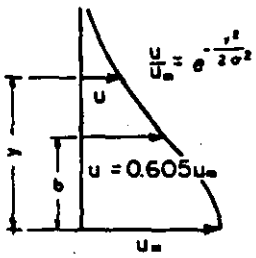


FIG. 5.2 DISTRIBUCION DE VELOCIDADES DE ACUERDO A UNA DISTRIBUCION NORMAL

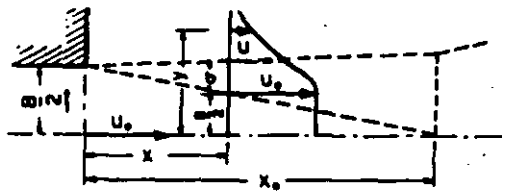


FIG. 5.3

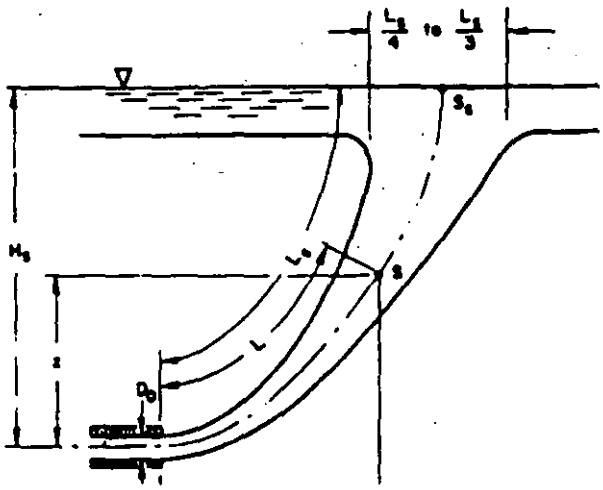


FIG. 5.4 ESQUEMA DE UNA COLUMNA ASCENDENTE

o también,

$$\frac{u}{u_m} = \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma^2}\right)$$

u	=	Componente de volocidad en la dirección del eje del chorro.
u_m	=	Velocidad axial a lo largo del eje del chorro a una distancia "x" del orificio de salida.
y	=	Ordenada normal a x
σ	=	Desviación standard (matemáticamente hablando) y fisicamente, la distancia del eje del chorro al punto de máximo gradiente de velocidad.

La expresión anterior es una suposición muy pobre del fenómeno, excepto en la parte central del chorro.

En la zona de establecimiento de flujo, se supuso que "u_m" correspondería a "u_o" hasta el punto en que los remolinos generados por el chorro de mezclado con el fluído receptor penetraran al centro del mismo; lo que se muestra en la figura 5.3, para el caso de una ranura.

El valor de "σ" se debe obtener experimentalmente y no se usa directamente, sino más bien otro coeficiente C, cuyo valor:

$$C = \frac{\sigma}{x}$$

Para el caso de un oficio circular:

$$C_2 = \frac{\sigma}{x}$$

Usando además la consideración del momentum del flujo.

$$\frac{M}{M_o} = \frac{\int_0^{\varpi} u^2 dA}{u_o^2 A_o} = 1$$

$$\frac{x_o}{D_o} = \frac{1}{2C_2} \qquad D_o = \text{diámetro}$$

$$\frac{x_o}{B_o} = \frac{1}{C_1\sqrt{\pi}} \qquad B_o = \text{ancho ranura}$$

Experimentalmente se han obtenido los valores de C_1 y C_2 para chorros de aire de la misma densidad, y las ecuaciones para la distancia de velocidades en la zona de flujo establecido.

$$\log_{10} \frac{u}{u_o} \sqrt{\frac{x}{B_o}} = 0.36 - 18.4 \frac{y^2}{x^2} \qquad \text{(ranura)}$$

$$\log_{10} \frac{u}{u_o} \frac{x}{D_o} = 0.79 - 33 \frac{r^2}{x^2} \qquad \text{(orificio)}$$

r = coordenada radial.

Las ecuaciones para la velocidad "u_m" a lo largo del eje del centro en la zona de flujo establecido.

$$\frac{u_m}{u_o} \sqrt{\frac{x}{B_o}} = 2.28 \qquad \text{(ranura)}$$

$$\frac{u_m}{u_o} \frac{x}{D_o} = 6.2 \qquad \text{(orificio)}$$

Si ahora consideramos el caso de las descargas, es decir, gastos de un flujo:

En la zona de establecimiento del flujo:

$$\frac{Q}{Q_o} = 1 + 0.080 \frac{x}{B_o} \qquad \text{(ranura)}$$

$$\frac{Q}{Q_o} \; 1 + 0.083 \frac{x}{D_o} + 0.018 \frac{x^2}{D_o^2} \qquad \text{(orificio)}$$

En la zona del flujo establecido:

$$\frac{Q}{Q_o} = 0.62 \sqrt{\frac{x}{B_o}} \qquad \text{(ranura)}$$

$$\frac{Q}{Q_o} = 0.32 \frac{x}{D_o} \qquad \text{(orificio)}$$

Un razonamiento análogo se puede realizar para el caso del análisis de concentraciones del fluído (inicial y en cualquier punto).

Para el caso de la zona de establecimiento del flujo y en el caso de un orificio.

$$\frac{C}{C_o} = \exp\left\{\frac{[T - C_3x - (D_o/2)]^2}{2C_3^2x^2}\right\}$$

$$\text{para } r > \frac{D_o}{2} - C_3x$$

$$\text{y} \qquad \frac{C}{C_o} = 1 \qquad \text{para} \quad T < \frac{D_o}{2} - C_3x$$

El valor de "C_3" se ha estudiado experimentalmente y se ha encontrado que fluctúa entre 0,085 a 0,096.

En la zona de flujo establecido:

$$\text{para } \frac{x}{D_o} > 6 \text{ ó } 7$$

$$\frac{C}{C_m} \exp\left[-\frac{1}{2C_3^2}\frac{r^2}{x^2}\right]$$

$$\frac{C_m}{C_o} \frac{1}{2C_3} \frac{D_o}{x}$$

5.2 MEZCLADO DE UN CHORRO QUE DESCARGA EN UN FLUIDO MAS DENSO

Este sería el caso de las aguas negras, la densidad de estas corresponde a la del agua y si pensamos en un emisor submarino, el cual descarga el efluente en el agua de mar; exclusa un efecto de flotación en virtud de que las densidades son diferentes (mayor la del agua de mar).
Para chorros turbulentos, el análisis dimensional demuestra:

$$\frac{u}{u_o} = f_1 \left(\frac{x}{D_o} \frac{y}{D_o} \frac{\Delta\rho}{\rho_o} N_f\right)$$

$$\frac{C}{C_o} = f_2 \left(\frac{x}{D_o} \frac{r}{D_o} \frac{\Delta\rho}{\rho_o} N_f\right)$$

El efecto del número de Reynolds puede despreciarse, $\Delta\rho$ es la diferencia de densidad entre el chorro y el fluido que lo rodea.

El número de Froude está dado por:

$$N_f = \frac{uo}{\sqrt{(\Delta\rho/\rho_o)gD_o}}$$

Abraham, supuso que el flujo de flotación podría quedar expresado por

$$\frac{\pi}{4} D_o^2 \; g \; (\rho_s - \rho_o) \; u_o$$

y determinando experimentalmente los coeficientes respectivos, llegó a las siguientes expresiones.

$$\frac{u_m}{u_o} = 3.65 \; N_f^{-2/3} \left(\frac{x}{D_o} + 2\right)^{-1/3}$$

$$\frac{u}{u_m} = \exp\left[-80 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right]$$

$$\frac{C_m}{C_o} = 9.7 \; N_f^{2/3} \left(\frac{x}{D_o} + 2\right)^{-5/3}$$

$$\frac{C}{C_m} = \exp\left[-80 \left(\frac{r}{x}\right)^2\right]$$

Todo el análisis anterior corresponde a un chorro descargando en forma vertical, sin momentum inicial y que la fuente es puntual.

5.3 MEZCLADO DE UN CHORRO QUE DESCARGA HORIZONTALMENTE DENTRO DE UN FLUIDO CON MAS DENSIDAD.

El caso de que el momentum inicial y la fuerza de flotación son normales, ha sido estudiado por Rawn, Bowerman y Brooks, este caso sería el de una descarga de agua dulce en agua salada. En la figura 5.4 se muestran las características de este sistema. En este caso.

$$N_f = \frac{Q}{\pi/4} D_o^2 \sqrt{gD_o(\rho_s-\rho)/\rho_o} =$$

$$N_f = \frac{u_o}{\sqrt{gD_o(\rho_s-\rho_o)/\rho_o}}$$

Donde:

ρ_s = Densidad del agua receptora

ρ_o = Densidad del efluente

Resolviendo las ecuaciones anteriores, se puede obtener los grados de dilución en la superficie, lo cual se muestra de una manera gráfica en la figura 5.5.

5.4 EMISORES SUBMARINOS

Utilizando la teoría anterior, se indicará a continuación el caso específico de los emisores submarinos, los cuales son tuberías lo suficientemente largas, con una sección difusora en su extremo para diluir el efluente.

Dilución Inicial

Cuando un desecho de descarga por un difusor simpleo o múltiple, la velocidad de salida del chorro creará un mezclado turbulento con el agua que le rodea.

Para el cálculo de esta dilución inicial utilizamos la gráfica de la figura 5.5, con las siguientes consideraciones.

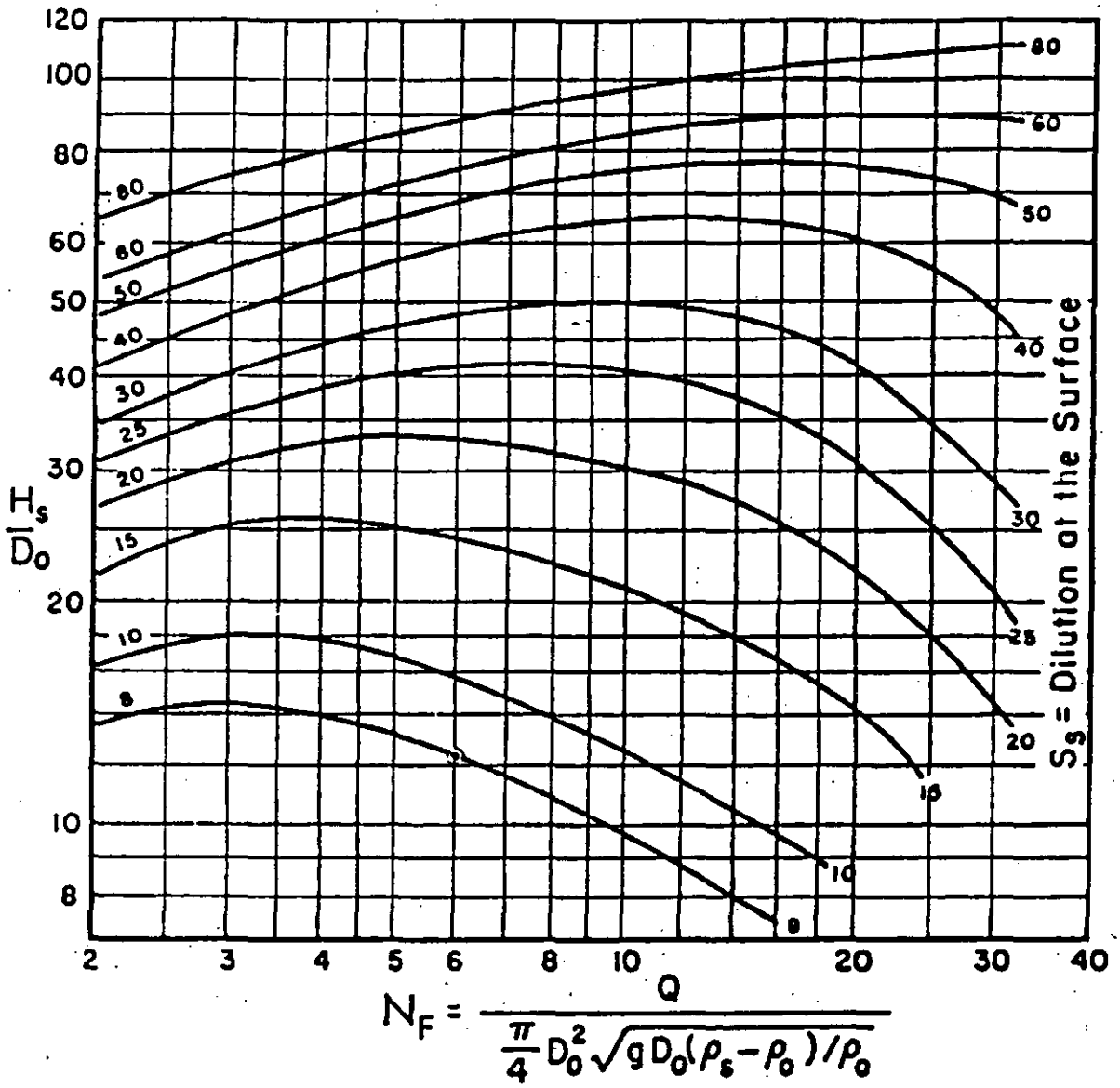


Figura 5.5 Dilución Ss como una función de Hs/Do y NF para una descarga horizontal.

ρ mar = 1.010 a 1.030

ρ efluente = 0.990 a 1.000

En el caso de existir corrientes moderadas, el efecto de ésta en la dilución inicial puede estimarse de acuerdo con la siguiente expresión.

$$D_1 = \frac{Vxbd}{Q}$$

Donde:

Vx = Velocidad de las corrientes

b = Ancho efectivo del sistema difusor

d = Profundidad promedio del campo de drenaje

Q = Gasto del efluente

Dispersión

Después de la dilución inicial, se forma una mezcla relativamente uniforme arriba de la sección difusora. El campo de drenaje se empieza a mover en respuesta a la corriente existente, y así empieza la dilución por dispersión.

Brooks desarrolló las ecuaciones que describe el fenómeno.

$$D_2 = \frac{C_o}{C_t}$$

$$D_2 = \frac{1}{\operatorname{erf}\sqrt{\frac{3/2}{[1+2/3\beta(x/b)]^3-1}}}$$

Donde:

erf = Función de error estandar

D_2 = Dilución debida a la difusión vorticosa después de la dilución inicial.

C_t = Máxima concentración del efluente en el tiemp "t"

C_o = Concentración del efluente después de la dilución inicial

$$\beta = \frac{12E}{Vxb}$$

E = Coeficiente de difusión vorticosa = $0.001\ b^{4/3}$

Vx = Velocidad de la corriente (pies/seg)

x = Distancia a lo largo del eje ft.

b = Longitud efectiva del sistema difusor, ft.

Tiempo de Decaimiento

Un tercer factor en la dilución de efluentes es el decaimiento de éste. En el caso del decaimiento de bacterias, se incluye mortalidad, floculación y sedimentación. Es decir:

Donde:

Ct = Concentración bacterial en el tiempo "t"

Co = Concentración bacterial despuús de la dilución inicial

k = Constante decaimiento bacterial

t = Tiempo

Se ha investigado mucho en relación con la constante **k**. Se ha podido comprobar que una reducción del 90% en el número de bacterias se puede lograr entre 2 y 6 horas.

La duración depende de la temperatura del agua de mar, salinidad y pH. El tiempo en que se logra reducir un 90% el número de bacterias se le llama T_{90} y la dilución.

$$D_3 = \frac{C_o}{C_t} = \exp \frac{2.3x}{T_{90}(V_x)}$$

La dilución total, tomando en cuenta todos los factores es:

$$D_T = D_1 \; D_2 \; D_3$$

En las figuras 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9, se muestran algunos ábacos para resolver el caso de emisores submarinos, de acuerdo a la metodología española, que en realidad aplica todo lo que hasta aquí se ha dicho, transformándolo a sistema métrico. Para mayor aclaración, se sugiere ver "INSTRUCCION PARA EL VERTIDO AL MAR DESDE TIERRA DE AGUAS RESIDUALES A TRAVES DE EMISARIOS SUBMARINOS. M.O.P."

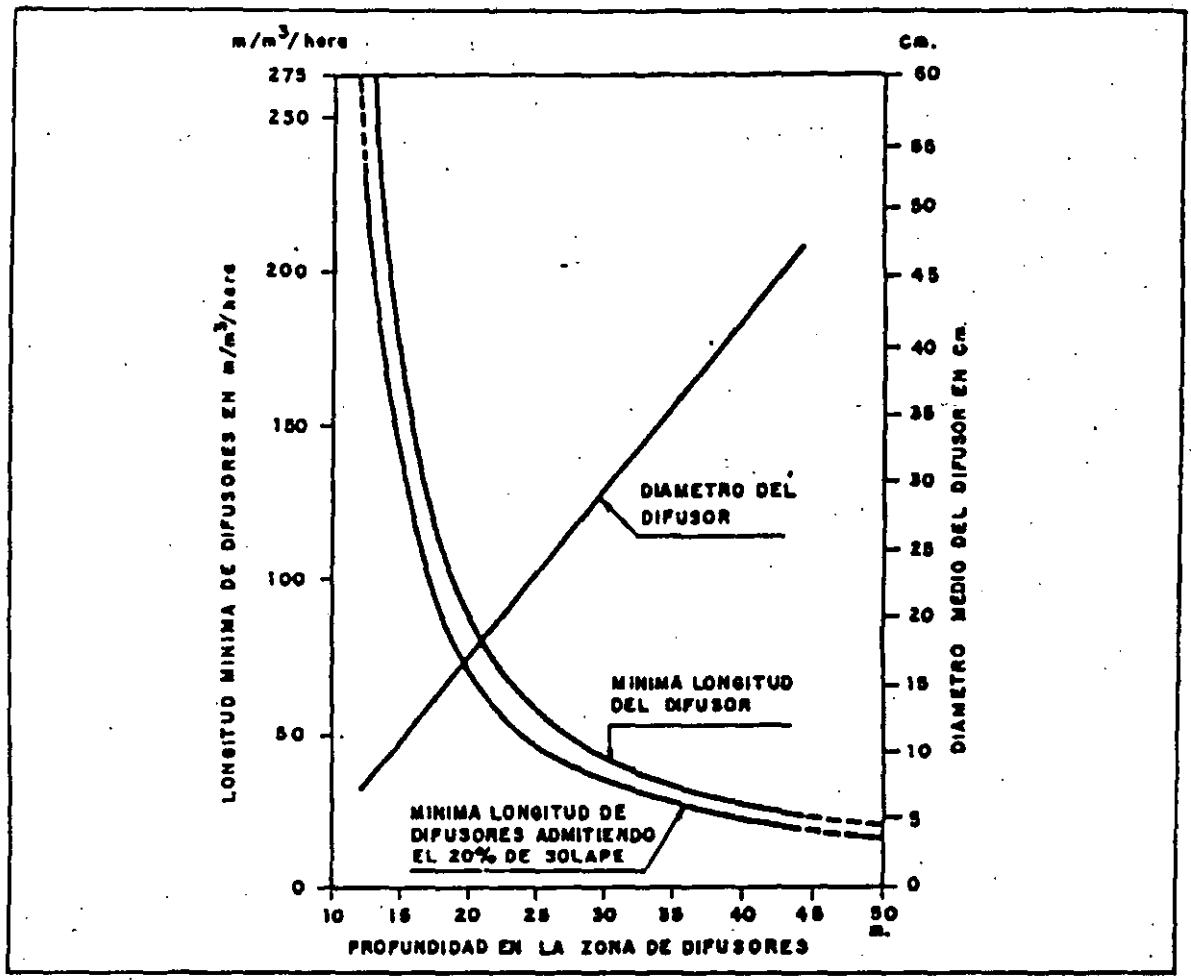

m/m³/hora
cm.
275
250
200
150
100
50
0
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
LONGITUD MINIMA DE DIFUSORES EN m/m³/hora
DIAMETRO MEDIO DEL DIFUSOR EN cm.
DIAMETRO DEL DIFUSOR
MINIMA LONGITUD DEL DIFUSOR
MINIMA LONGITUD DE DIFUSORES ADMITIENDO EL 20% DE SOLAPE
10
15
20
25
30
35
40
45
50
m.
PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE DIFUSORES

Figura 5.6

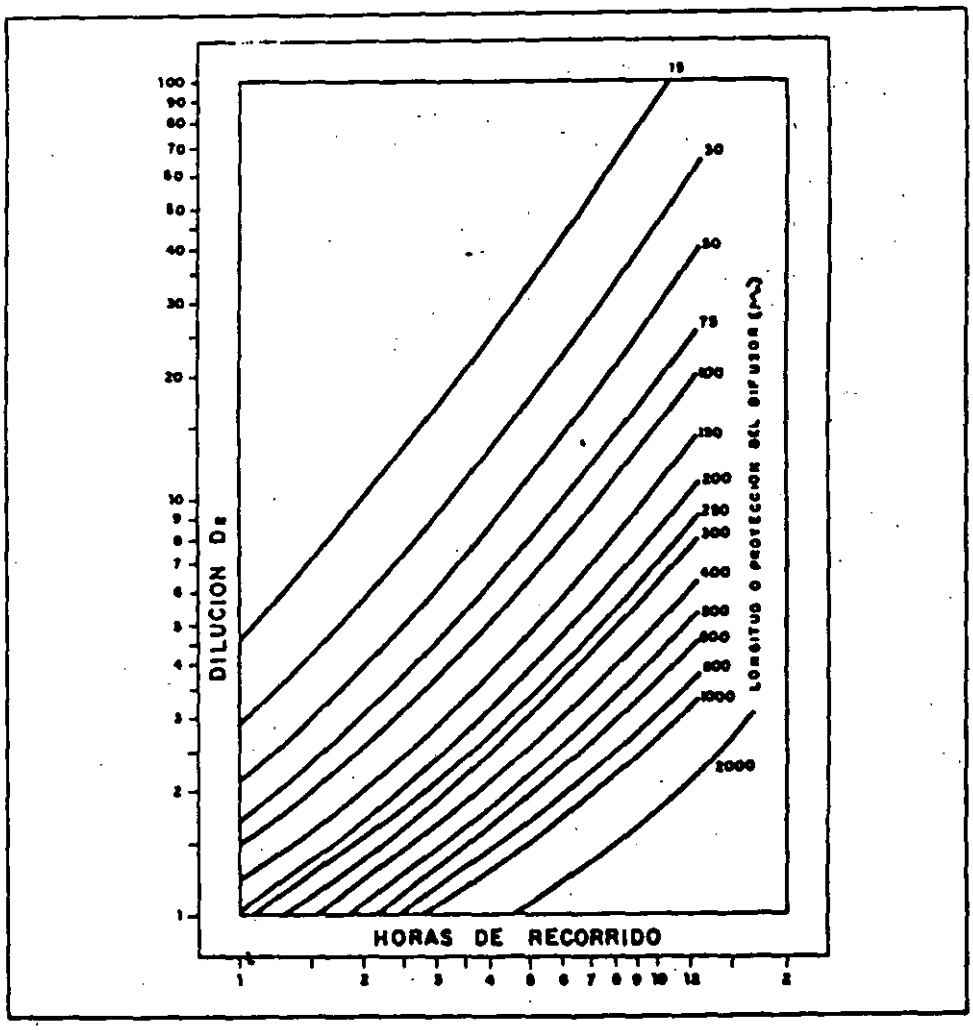

DILUCION Ds
HORAS DE RECORRIDO
LONGITUD O PROTECCION DEL DIFUSOR (mts)
15
30
50
75
100
150
200
250
300
400
500
600
800
1000
2000

Figura 5.7

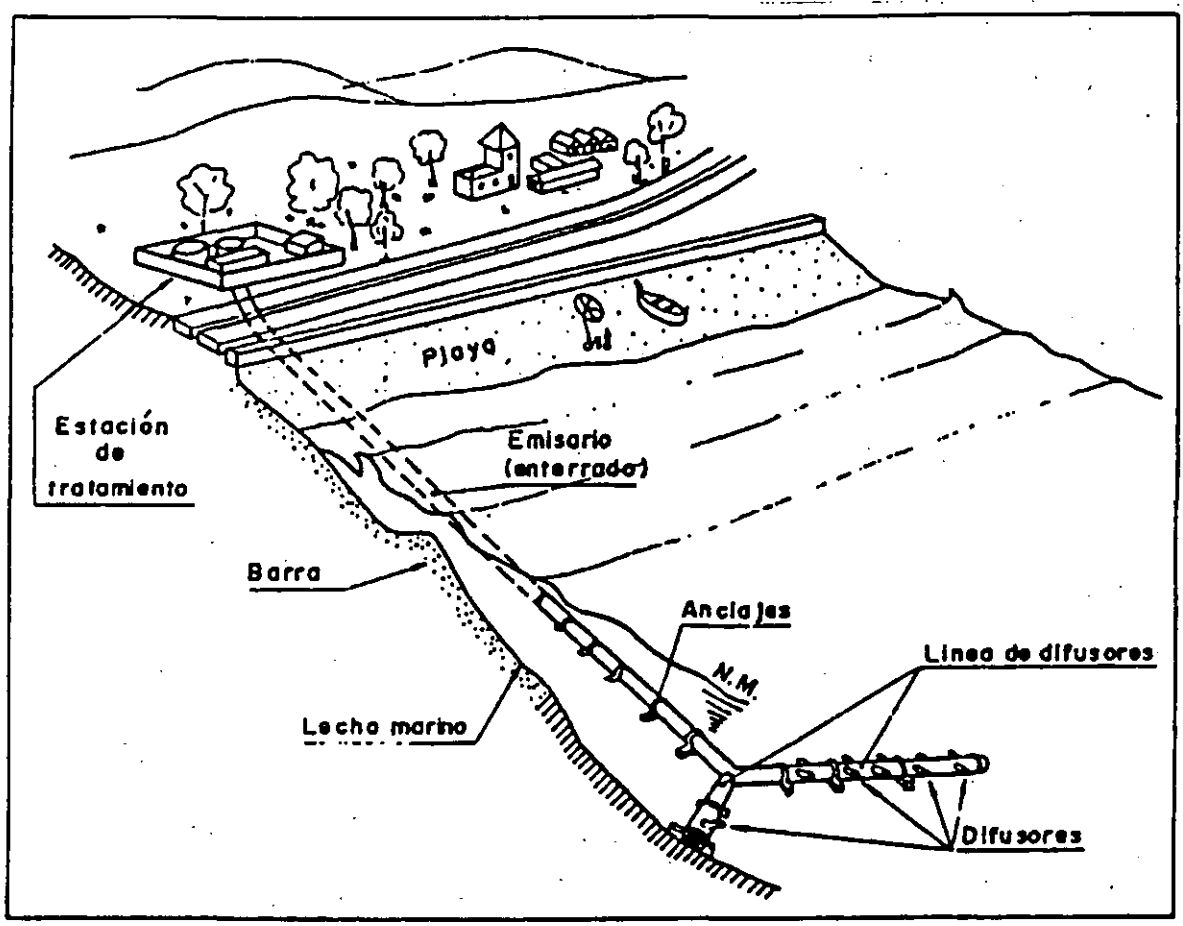


Figura 5.8 Esquema de un Emisor Submarino

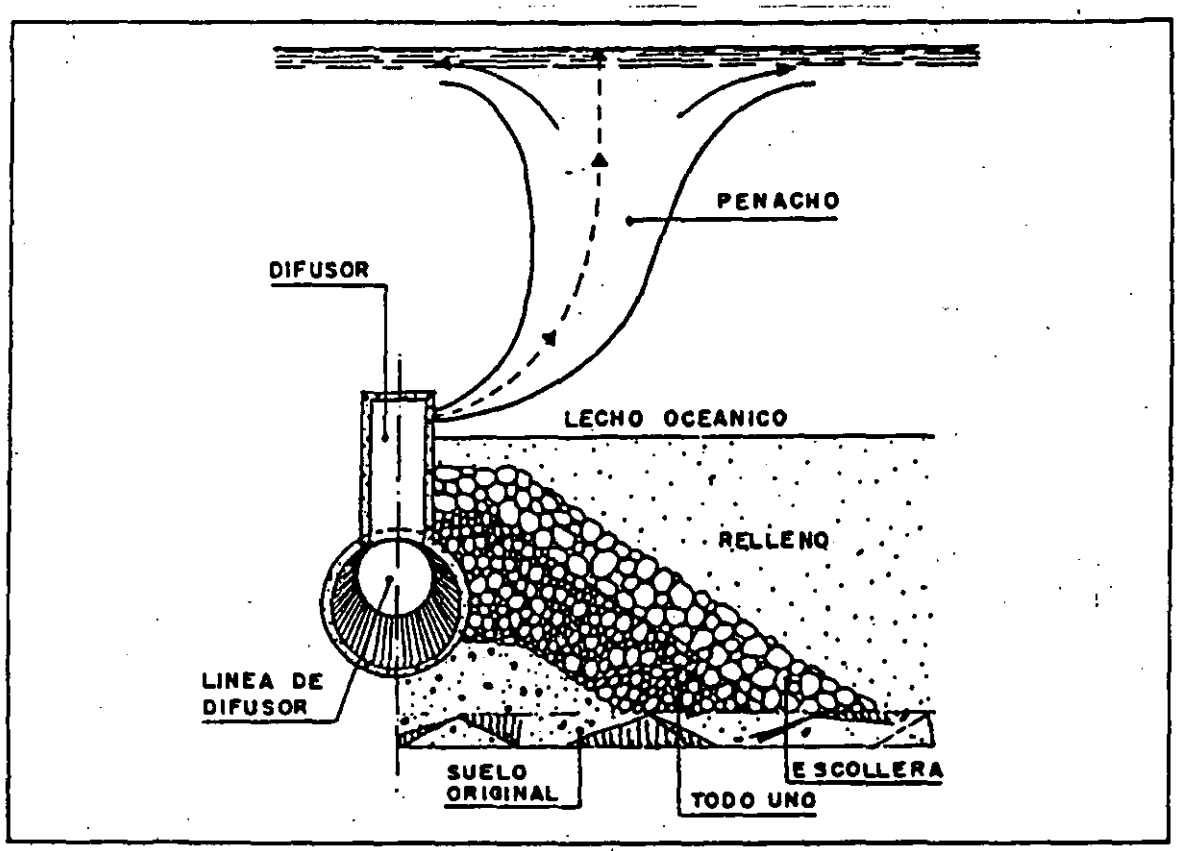


Figura 5.9 Difusor dispuesto sobre la generatriz superior de la línea

6. ACARREO LITORAL

6.1 GENERALIDADES.

Uno de los puntos más controvertidos en la Ingeniería de Costas es sin duda alguna el problema relativo a la cuanficación del transporte litoral producido por la acción del oleaje sobre una playa arenosa.

Diferentes investigadores han tratado de encontrar una expresión que permita calcular la cantidad de material que transporta el oleaje, basados en casos específicos que permitan una generalización del problema, sin embargo los resultados obtenidos dejan mucho que desear ya que los valores que se obtienen por la aplicación de las diferentes expresiones presentan variaciones de gran consideración que no permiten la aplicación de ninguno de ellos.

Por otra parte la obtención de los datos necesarios para la evaluación del transporte en la mayoría de nuestros casos es muy difícil y costosa por la falta de equipo apropiado, teniéndose que recurrir ya sea a datos de tipo general o muy limitados que no permiten tener una idea completa del problema, por lo que ante la necesidad de realizar proyectos en los cuales el transporte litoral es preponderante se ha tenido que recurrir a la obtención de los elementos necesarios mediante formas indirectas tales como los perfiles de equilibrio de las playas.

Los resultados que se han obtenido han podido ser verificados tanto en la naturaleza mediante la construcción de obras de retención de azolve tipo espigones, dragados o bien por mediciones directas.

6.2. LAS ECUACIONES DEL TRANSPORTE LITORAL

Los primeros intentos para relacionar el transporte litoral con las características del oleaje o las condiciones meteorológicas son debidas a Munch-Petersen, que propuso para la zona del Báltico:

$$Q = K\, V^2\, \rho v\, D \operatorname{sen} \alpha$$

en donde:

Q = capacidad de transporte del oleaje generado por el viento actuante.

V = Velocidad del viento.

ρv= frecuencia del mismo en % del periodo considerado.

D = duración de la acción del viento.

α= ángulo que forma la dirección del viento con la línea de playa.

Esta expresión fue posteriormente por Knaps de la manera siguiente:

$$Q = K\, V^3\, \rho v \sqrt{D}\, \text{sen}\, \alpha\, \cos \alpha$$

y hubo intentos adicionales para tratar de expresarla en función de las características directas del oleaje en cuanto a su amplitud, periodo, tiempo de acción y ángulo de incidencia.

Watts trató de cuantificar los volúmenes acarreados por el oleaje en South Lake Wort Inlet, de las costas de Florida, U. S. A., encontrando para el caso particular, diámetro medio del material playero de 0.3 mm., la siguiente expresión:

$$Q_s = 240\, E_i^{0.9}$$

Por la misma época, Lee en trabajos realizados en la zona del Lago Michigan encontró que el transporte litoral podría ser expresado por la forma:

$$Q_s = K\, E_i^{0.97}$$

Caldwell efectuó una serie de mediciones en una playa de 5 km. en Anaheim Bay, California, U. S. A., y relacionando los volúmenes de área en diferentes secciones de la playa con la energía del oleaje incidente encontró que:

$$Q_s = K\, E_i = 135\, E_i$$

Estimando la energía incidente en ft-lbs/ ft de playa/día y Q_s en yardas cúbicas por día.

Las condiciones de la playa estudiada por Caldwell se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Playa sujeta a la acción de un oleaje con incidencia comprendida entre los 9 y 21°.
- Material playero con diámetro medio de 0.2 a 0.5 mm., siendo el diámetro del estrán de 0.4 a 0.1 mm.

Caldwell trató de generalizar su expresión y tomando las mediciones efectuadas por Watts obtuvo la siguiente expresión:

$$Q_s = 210\, E_i^{0.8}$$

Larrás propone que el transporte sea valuado con la siguiente expresión:

$$Q = K\ g\ H^2\ T\ \text{sen}\ 7/4(\alpha)$$

en la que:

Q = gasto sólido por unidad de tiempo

H = altura de la ola

T = periodo

α = ángulo de incidencia del oleaje

K = función adimensional que depende de la relación de esbeltez del oleaje y de las características del material playero.

El Dr. Bajorunas realizó estudios en la zona playera del Lago Superior, donde el diámetro característico está comprendido entre 0.2 y 0.4 mm. y propuso la expresión:

$$Q = 19\ E_o\ \text{sen}\ \alpha\ (1 - e^{-0.023\ D\ \cot\ \alpha})$$

en la cual D es la longitud en millas de la playa considerada como recta entre dos ondulaciones cercanas al punto en estudio; E_O = energía anual del oleaje en aguas profundas en millones de lb-ft/ft de cresta y α el ángulo de incidencia del oleaje.

Savage realizó una serie de experimentos en el laboratorio con el fin de estudiar el proceso litoral, mismos que fueron conplementados por Inman y Bagnold llegando a establecer la siguiente expresión:

$$Q = 125\ E_i$$

Otros investigadores han tratado de expresar al transporte literal, haciendo una analogía con el movimiento de sedimentos en un cauce, al considerar que la corriente litoral que produce el oleaje, tiene las mismas características y puede ser tratada con la expresión clásica del transporte sólido de los ríos:

Engleson propone para el cálculo de la velocidad de la corriente litoral:

$$V_l^2 = \frac{3}{8}\left(\frac{Hb^2\ n}{d_b}\right)\frac{\text{sen}\ (\theta)\ \text{sen}\ (\alpha)\ \cos\ (\alpha)}{f}$$

$$\text{donde: } f = [2\ \log\ 10\ (\frac{Hb^2}{K_e}) + 1.74]^{-2}$$

K_e = 0.00093 m.

H_b = altura de la ola a la rompiente.

d_b = profundidad en la rompiente.

α = ángulo de incidencia del oleaje.

θ = pendiente de la playa.

n = factor de grupo.

Este valor de la velocidad puede ser introducido directamente en cualquiera de las exprexiones tales como la de Meyer-Peter, Kalinske o Einsten.

Komar en un reciente estudio realizado en la Universidad de California, valuó la corriente litoral y la relacionó con la expresión energética del oleaje, llegando a establecer la siguiente expresión:

$$Q_l = \frac{K' E_i V_l}{(\rho s - \rho) g a' U_o}$$

En la que

$$V_l = K'' U_o \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha$$

dando por resultado que

$$Q_l = \frac{K' K'' E^i}{(\rho s - \rho) g a'} \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha$$

siendo K' y K" coeficientes adimensionales y a' un coeficiente de vacío de la arena.

6.3 ANALISIS CRITICO.

Las diferentes expresiones del transporte litoral tienen en si características semejantes como son el hecho de considerar todas ellas una relación directa con la energía del oleaje, así podemos indicar que tanto las expresiones de Munch-Petersen y Knaps pueden llegar a presentarse en forma tal:

$$Q_l = K V^3 \rho v \sqrt{D} \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha = K_1 (E) \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha$$

Las expresiones de Watts, Lee, Caldwell, Savage, Irman y Bagnold pueden resumirse todas ellas como:

$$Q = K\, E_l^{a} = K\, (E \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha)^{a}$$

en la que K y a varían de acuerdo con las características locales de las condiciones de oleaje y material playero.

Larras indica ya esta dependencia del coeficiente K, ligándolo directamente con la esbeltez del oleaje y el material playero, con la variante de que el ángulo de incidencia influye en su 7/4 es decir casi el doble del ángulo, justificando este valor, con observaciones realizadas en el laboratorio para obtener los valores máximos del transporte litoral, hace intervenir en forma similar el periodo del oleaje lo que representa una mayor influencia de la longitud de onda en la cuantificación de la energía:

$$Q = \frac{K}{\rho \sqrt{L}} \left(\frac{\rho g H^2 L}{8}\right) \operatorname{sen} \frac{7\alpha}{4} = K\, E \operatorname{sen} \frac{7\alpha}{4}$$

La expresión del Dr. Bajorunas puede esquematizarse como

$$Q = K\, E \operatorname{sen} \alpha$$

y la de Komar:

$$Q = K\, E_l \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha$$

La expresión de Eagleson tiene problemas muy particulares que hacen que su utilización sea muy restringida a los casos en que pueda considerarse que existe un cauce bien definido sobre el cual se originará el transporte litoral, teniendo además las limitaciones de las propias funciones del transporte.

Como conclusión de todo lo anterior podemos indicar que existe una relación del transporte litoral con el ángulo de incidencia del oleaje representada, de acuerdo con las diferentes expresiones y mediciones de laboratorio, por la función sen 2 α como la más indicada, la energía del oleaje deberá ser una función directa que puede ser representada por la expresión propuesta por Larras, dada la facilidad de aplicación de la misma, ya que es posible considerar que las expresiones americanas, han tenido una cierta influencia las unas sobre las otras al tratar de indicar la acción de la energía como una función exponencial.

El valor de K, lejos de ser una constante, es una variable en la que la influencia del oleaje se deja hacer sentir en combinación con las características del material playero, la determinación de este valor sigue siendo el punto crítico para la evaluación del transporte y aunque se continúan realizando estudios tanto de campo como de laboratorio a la fecha no ha sido posible llegar a un valor en el que exista uniformidad, sin embargo los estudios realizados en el Laboratorio Nacional de Hidráulica en Chatou, Francia, a partir de 1959, han permitido obtener un valor de esta relación que aplicada a las costas mexicanas ha

dado resultados muy satisfactorios ya que han permitido la evaluación del transporte litoral y en la mayoría de los casos ha podido ser verificado por diferentes métodos.

La expresión generalizada para nuestras costas adquiere la forma siguiente:

$$Q = k\, D^{1/2} \left(\frac{L_o}{H_o}\right) gt\, H^2\, t \operatorname{sen} 2\alpha$$

en la que:

K = tienen el valor de 0.118×10^{-5} a 0.3×10^{-5} según el tipo de perfil playero,

D = es el diámetro en milimetros,

L_o = longitud de onda en aguas profundas,

H_o = amplitud en aguas profundas,

H = altura del oleaje antes de rompiente,

T = periodo del oleaje,

α = ángulo de incidencia,

t = tiempo de acción,

y el valor del transporte está en m^3 por el tiempo de acción t.

6.4 LOS PERFILES DE EQUILIBRIO DE LAS PLAYAS.

La determinación del transporte litoral seguirá presentando serias dificultades por el hecho de que una evaluación correcta a lo largo de un cierto periodo significará la medición completa de los oleajes que actúan en ese tiempo tanto en su amplitud, periodo, como ángulo de incidencia, sin embargo lo anterior casi nunca será posible por lo costoso de tales mediciones y lo laborioso de su interpretación, lo que hace que se tenga que recurrir a otros procedimientos para poder determinar los volúmenes de arena transportadas por el oleaje.

Dado que la mayoría de las mediciones del oleaje se determinan mediante intervalos cortos, que posteriormente permiten obtener los llamados oleajes significantes a lo largo de un cierto tiempo o bien determinar los porcentajes de acción de oleajes comprendidos entre ciertos rangos, es posible obtener mediante una indicación adecuada de las incidencias de los oleajes, los volúmenes aproximados del movimiento de arenas.

Como en nuestro caso particular no se cuenta con estaciones oceanográficas que permitan tal información, estos datos han sido obtenidos de las estadísticas publicadas por la Oficina Hidrográfica de los Estados Unidos de Norteamérica sobre el estado del mar en las zonas cercanas a nuestras playas, sin embargo ante la falta de una información completa se ha tenido que recurrir a la obtención indirecta de las características del oleaje mediante los perfiles playeros.

Los perfiles de equilibrio de playa con un análisis adecuado, permite obtener las características del oleaje formador de acuerdo con el material playero de la misma, pudiendo sintetizar como sigue:

La acción de un oleaje H durante un tiempo suficientemente grande produce sobre la playa, un perfil cuya forma puede asimilarse a una parábola cuyo origen se encuentra localizado sobre la zona de rompiente al nivel medio del mar en reposo y cuya distancia a la berma de la playa (Xo), es una función del periodo del oleaje ya que hay un cierto valor del periodo Tc a partir de la cual se definen dos tipos de perfiles llamados genéricamente perfil de verano o perfil de invierno pero que para nuestro caso podemos llamarlos perfil con barra o perfil sin barra.

El análisis de los diferentes perfiles de playa según los criterios expuestos permitirán complementar la información estadística que se puede obtener con mediciones efectuadas en el lugar, durante periodos no muy largos de tiempo, datos todos estos con los cuales será factible la evaluación del transporte litoral de una manera bastante aproximada.

La forma del perfil de equilibrio del fondo comprendido entre la profundidad de la plataforma continental de pendiente inferior a 3% y la profundidad de rompiente d_b de la ola puede asimilarse a una forma parabólica $x = Y^2$ o sea:

$$X = \frac{K}{\rho_1^{1/2} D_2 H^{3/2}} Y^3$$

H = altura de la ola

D_2 = diámetro medio en mm. del material formador del perfil

ρ_1 = densidad del material bajo el agua

K = 0.95 si X, y H en m. y D en mm.

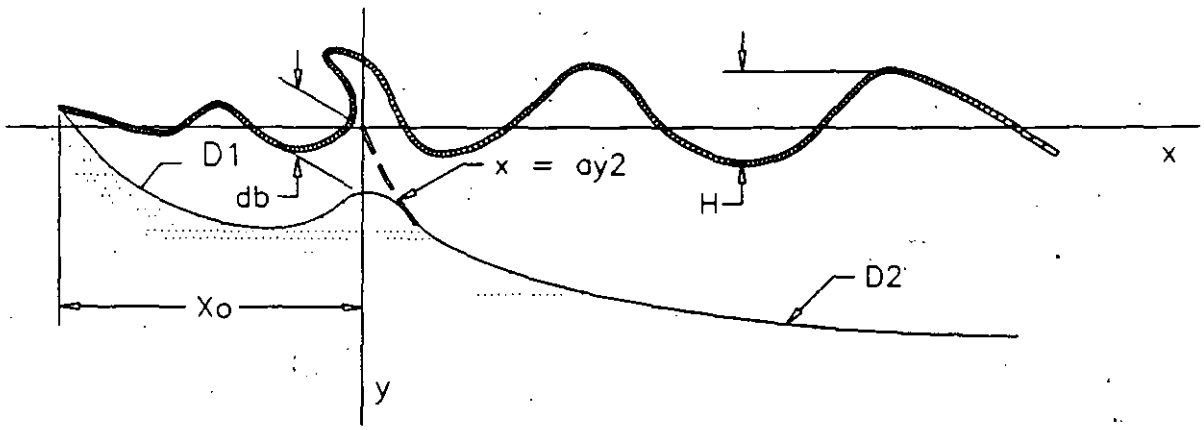
El origen de los ejes de la parábola está a una distancia de la berma de la playa:

$$X_o = \frac{67}{\rho_1^{1/2} D_1^{1/2}} H^{3/2} \qquad \text{Si } T > T_c$$

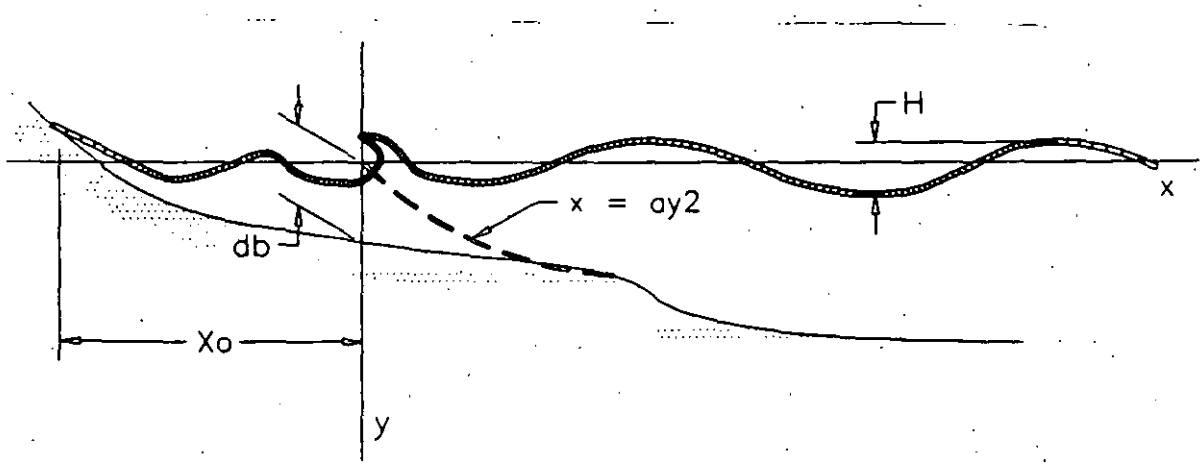
$$X_0 = \frac{43.5}{\rho_1^{1/2} D_1^{1/2}} H^{3/2} \qquad \text{Si } T < T_c$$

Siendo

$$T_c = \frac{K}{0.06\ \rho_1^{1/2} D^{1/2}}$$



Perfil para $T < T_c$



Perfil para $T > T_c$

6.5 APLICACIONES.

En las costas mexicanas se han realizado algunos trabajos tendientes a evaluar el transporte litoral mediante la construcción de espigones de retención que permiten la cubicación de los materiales transportados en función de la evolución de la línea de playa.

Siguiendo el criterio de los perfiles de equilibrio, complementados con datos estadísticos fue posible para el caso de Puerto Vallarta, Jal.; evaluar un transporte litoral de 83,000 m^3/año para oleajes formadores de un metro, periodo de 11 segundos y diámetro medio de 0.25 mm. Estos valores fueron comprobados mediante la construcción de un espigón de 180 m. de longitud cuyo control a lo largo de un año permitió además el poder determinar las escalas de tiempo morfológicas para un estudio en modelo reducido que permitió diseñar la obra adecuada para evitar el azolvamiento a dicho puerto y el sistema de espigones para protección y defensas de las playas erosionadas.

Para la construcción del puerto refugio de Yukalpetén, se construyó una serie de espigones con criterio semejante al enunciado anteriormente y la evaluación del transporte litoral, que para este caso resultó ser del porden de 50,000 m^3/año fue plenamente comprobado tanto por la evolución de la línea de playa en la naturaleza como en el modelo reducido que se hizo con el fin de deteminar la vida útil de las obras de retención de material.

En Salina Cruz, Oax., lugar en el cual existe un fuerte prolema de azolvamiento del puerto se hicieron asimismo evaluaciones del mismo resultando ser del orden de los 750,000 m^3/año cuya verificación fue posible debido a los dragados continuos que se realizan en el interior de la dársena portuaria y canal de acceso.

En la zona de la Laguna Madre de Tamaulipas fue factible igualmente el aplicar el criterio anterior y verificarlo mediante mediciones directas en el campo del
Material trnapsortado por el oleaje. Para este caso particular fue posible el aplicar diferentes criterios tales como el Eagleson combinado con la función de transporte de Kalinske, evaluación del transporte según el criterio de Larras por periodos estacionales y utilizando datos estadísticos de la Oficina Hidrográfica de los Estados Unidos así como mediciones directas del oleaje en el sitio para épocas determinadas, cuyos resultados fueron del todo satisfactorios.

Para fines prácticos, en el cálculo del transporte litoral se aplicarán los métodos de LARRAS, CERC y BIJKER, los dos primeros métodos se han usado con frecuencia en los problemas de las diferentes costas del país, el último de ellos fué desarrollado por su autor en Delft, Holanda y a diferencia de los anteriores proporciona los volumenes del transporte en tramos perpendiculares a la costa.

Los parámetros involucrados en éstos métodos se definen a continuación:

H_o = Altura de ola en aguas profundas en metros.

T = Periodo de la ola en segundos.

L_o = Longitud de ola en aguas profundas en metros.

C_o = Celeridad de la ola en aguas profundas en m/s.

α_o = Angulo formado entre el frente de ola en aguas profundas y la línea de costa, en grados.

α_1 = Angulo de incidencia entre el frente de ola y la línea de costa, en grados.

K_r = Coeficiente de refracción.

K_{rb} = Coeficiente de refracción en la rompiente.

K_s = Coeficiente de fondo.

d_b = Profundidad en la rompiente, en metros.

H_b = Altura de ola en la rompiente, en metros.

U_b = Velocidad orbital de las partículas en la rompiente, en m/s.

b = Desplazamiento horizontal de las partículas en el fondo.

m = Pendiente de la playa.

D = Diámetro medio de los sedimentos en mm.

γ = Rugoridad del fondo del mar en metros.

W = Velocidad de caída de las partículas de arena cm/s.

ρ = Densidad del agua de mar kg/m^3.

ρ_s = Densidad del material arenoso kg/m^3.

c = Coeficiente de fricción de Chezy $m^{1/2}/s$.

f_w = Término friccionante para evaluar el esfuerzo cortante

T_{cw} = esfuerzo cortante función de oleaje y corrientes, N/m^2.

Q = Factor de las integrales de Einstein.

U = Factor de rizo.

Δ = Densidad relativa del sedimento sumergido.

γ = Velocidad de la corriente, promediada sobre la profundidad m/s.

y = Distancia perpendicular a la costa, con origen en la cota cero, en metros.

K = Coeficiente experimental de la fórmula del método aplicado.

Q_b = Volumen de sedimentos transportado por el fondo m^3/s.

Q_s = Volumen total de sedimentos m^3/s.

METODO DE LARRAS

$$Q_s = K\ g\ H_b^2\ T \text{ sen. } 2\alpha_1$$

$$K = 1.8 \times 10^{-6} (L_o/H_o) (1/D^{1/2})$$

METODO DEL CERC

$$Q_s = K H_o^2 Co\ Kr^2_b \text{sen } \alpha_b \cos \alpha_b$$

$$K = 0.014$$

METODO DE BIJKER

$$Q_s = Q_b [\ 1 + 1.83\ Q\ ]$$

$$Q_b = KDg^{1/2} \frac{V}{C} \exp \frac{-0.27\Delta\ Drg}{UTcw}$$

$$T_{cw} = T_c [\ 1 + \tfrac{1}{2} (\ E\ U_b/V\ )^2\ ]$$

$$\Delta = \frac{\rho s - \rho}{\rho}$$

7. OBRAS EXTERIORES

7.1. CLASIFICACION DE LAS OBRAS PORTUARIAS.

Tratando de esquematizar de una manera general al puerto, podemos decir que este queda integrado por las siguientes zonas: (ver figuras 7.1)

AREAS DE AGUA		
	ACCESOS AL PUERTO	-Bocana -Canal de Navegación -Fondeadero y Antepuerto -Obras Exteriores
	AREAS DE MANIOBRA	-Canales Secundarios -Dársena de Ciaboga -Dársena de Maniobra
	AREAS DE SERVICIOS	-Dársena de Servicio -Varios
AREAS TERRESTRES		
	MUELLES Y ATRACADEROS	-Diversos Tipos
	ZONA DE TRANSFERENCIA	-Carga y Descarga -Maniobras
	ALMACENAMIENTO	-Bodegas -Patios -Otros
	ACCESOS TERRESTRES	-Vialidades -Vías, espuelas y patios de F.F.C.C. -Estacionamientos -Controles

REPARACION Y CONTROL	-Patios -Talleres de reparación y mantenimiento -Bodegas de Maquinaria y equipo.
SERVICIOS PORTUARIOS GENERALES Y ESPECIALES	-Abastecimiento y Avituallamiento. -Médicos y Sanitarios -Contraincendio, desechos y plantas de tratamiento. -Laborales y comerciales -Autoridades y Pilotaje

Para los fines de éste curso nos interesa con detalle la zona de Areas de Agua.

7.2. OBRAS DE ACCESO Y MANIOBRA.

El diseño de las obras de acceso y maniobra en la época actual debe tomar muy en cuenta los grandes cambios que el tráfico marítimo ha sufrido en los últimos años. Como es de todos conocido, los barcos han ido creciendo en tamaño y ahora es de lo más natural hablar de barcos con portes de 100,000 TPM hasta 500,000 TPM. Es lógico suponer entonces que, estos barcos requerirán de áreas y distancias de frenado mayores que los más pequeños. Así mismo, la maniobrabilidad de ellos requiere de áreas mayores para mantener la seguridad en todas las operaciones.

Es pues muy importante que para el diseño de este acceso se defina con mucho cuidado el "barco de proyecto"; con lo que quedarán definidas la "eslora", "manga" y "calado" respectivos.

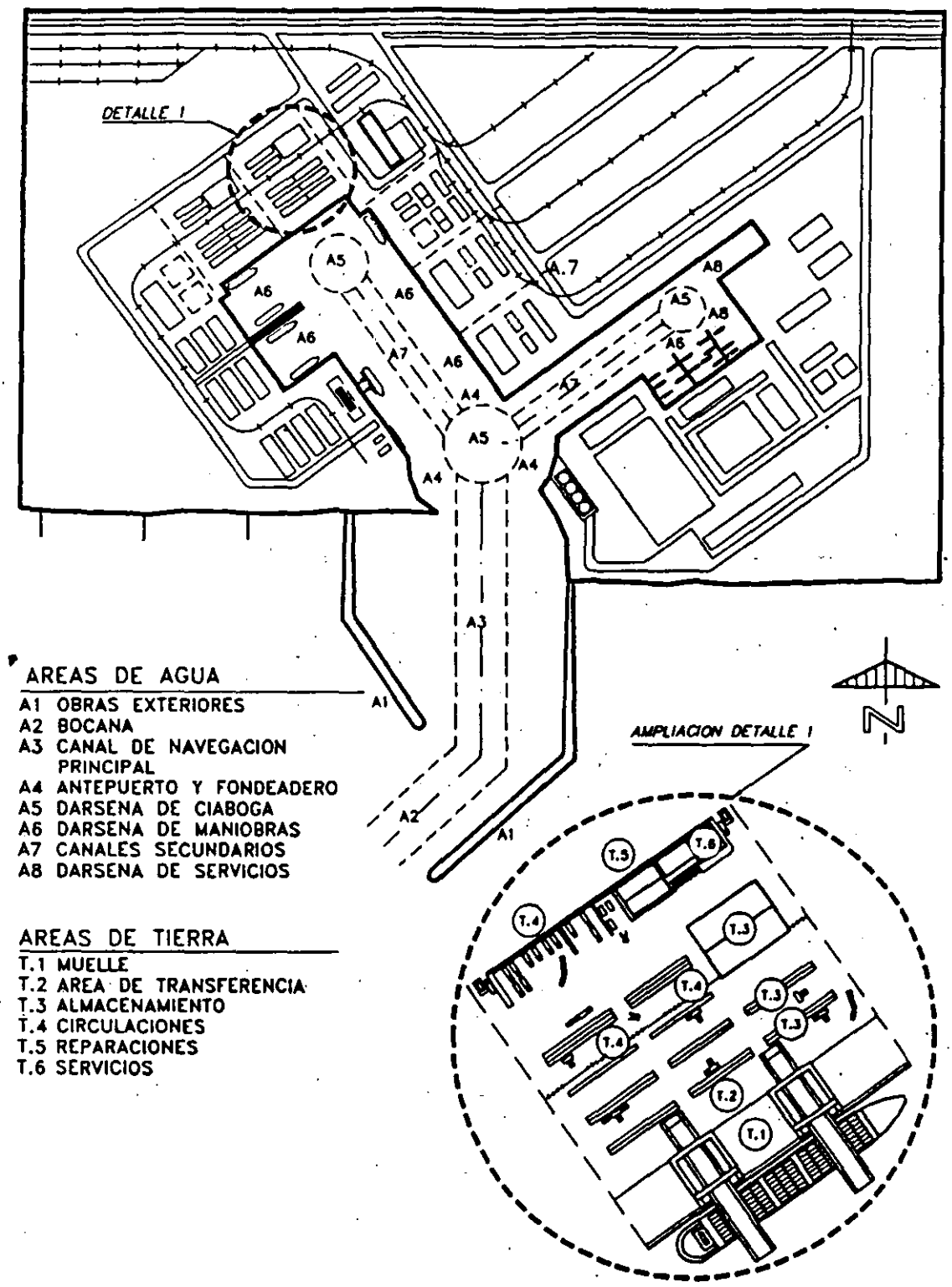


Figura 7.1 Elementos Generales de un Puerto

Por otra parte, también deberán establecerse las condiciones de operatividad del puerto, entre las cuales se pueden mencionar:

- Mareas: astronómicas y de tormenta.
- Viento
- Oleaje
- Corrientes
- Visibilidad

7.2.1 Profundidad del canal de acceso.

La profundidad en el canal de acceso es una función de los siguientes factores:

- Calado del buque. Se deberá elegir siempre el de plena carga.

- Sentado del buque por efecto de oleaje. (squat)

  Este fenómeno se representa cuando el buque entra en aguas bajas y consiste en el hundimiento que este sufre por el incremento en la altura de la ola. Este fenómeno se ha estudiado y es posible establecer este valor de una manera empírica. (Fluctúa entre 0.5 m. a 1.0 m. para barcos de 40,000 TPM a 250,000 TPM respectivamente).

- Oleaje de operación. El que en términos generales depende del régimen medio anual, pero que podría considerarse H = 3.0 m.

- Resguardo bajo la quilla, el cual permite dejar un espacio para que el barco pueda gobernar adecuadamente y con seguridad. (0.5 m. en fondo arenoso 1.0 m. en fondo rocoso).

- Aterramiento y dragados; los cuales en virtud de que son difíciles de precisar, deberán dejar un espacio libre como factor de seguridad en la profundidad. (0.5 m.)

En forma resumida, en la fig. 7.3 sigiente se indican los factores anteriores.

7.2.2 Ancho del Canal de Acceso.

El ancho del canal de acceso depende también de varios factores, entre los cuales podemos mencionar:

- La manga, velocidad y maniobrabilidad del barco de diseño.
- El número de sentidos de navegación.
- La profundidad del canal.

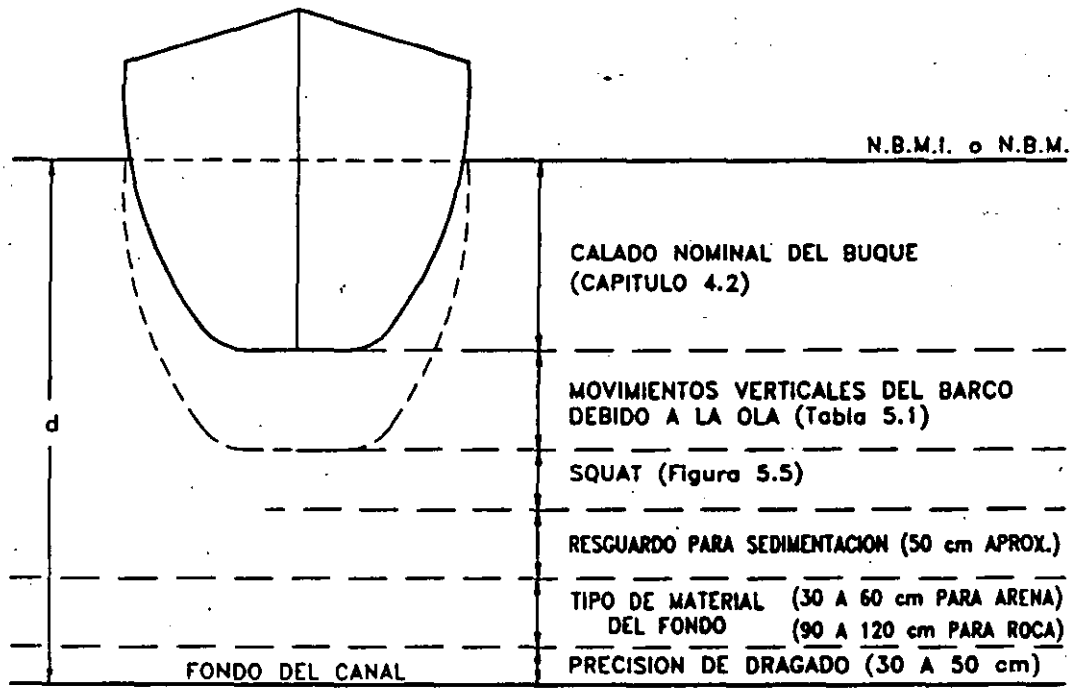


Figura 7.3 Factores que influyen en la determinación de la Profundidad

- El trazo en planta del canal.
- La estabilidad de los taludes del canal.
- Los vientos, corrientes y oleajes de través al eje del canal.

En términos generales no se recomienda que los canales de acceso permitan dos líneas de navegación y se sugiere que el ancho en la plantilla no sea menor de 5 veces la manga del barco de diseño.

De todas maneras, el ancho final, así como también la profundidad deberán ser analizadas en modelos especiales de maniobrabilidad.

7.2.3 Trazo del Canal de Acceso.

El canal de acceso debe trazarse de tal manera que la navegación se realice sin maniobras difíciles que sean originadas por corrientes transversales a dicho canal.

El trazo ideal del canal de acceso es el rectilíneo, lo cual es casi siempre difícil, ya que las batimetrías en general son irregularidades y hacen por lo tanto necesario el cambio de dirección.

De preferencia, la dirección del canal deberá ser la misma que la del temporal, para que los anchos sean los mínimos.

En el caso de requerirse curvas, estas deberán ser muy amplias y los radios de cuando menos cinco esloras del barco de diseño.

Estas curvas, el ancho del canal también deberá ser incrementado en un ancho adicional igual a L/40, donde L es la eslora del barco.

Para mayores detalles en el dimensionamiento, se refiere al lector a la siguiente publicación:

"Big Tankers an Their Reception". Final Report 1974. Permanent International Association of Navigation Congresses."

7.3. OBRAS DE ABRIGO Y FONDEO.

El abrigo necesario para los puertos ha de conseguirse mediante unas obras que impidan la acción del mar (salvo en los casos en que se trate de puertos naturales) y que al mismo tiempo complan con las condiciones necesarias en la entrada, evolución y giro; y que dejen superficie abrigada suficientemente.

De acuerdo con su trazo en planta podemos agrupar a los diques de abrigo en los siguientes tipos principales.

- Diques paralelos a la costa .

  Esta solución suele usarse en puertos exteriores ganados al mar, no muy alejados de la costa, o bién cuando no se disponga de terreno tierra adentro.
  Pueden estar aislados de la costa.

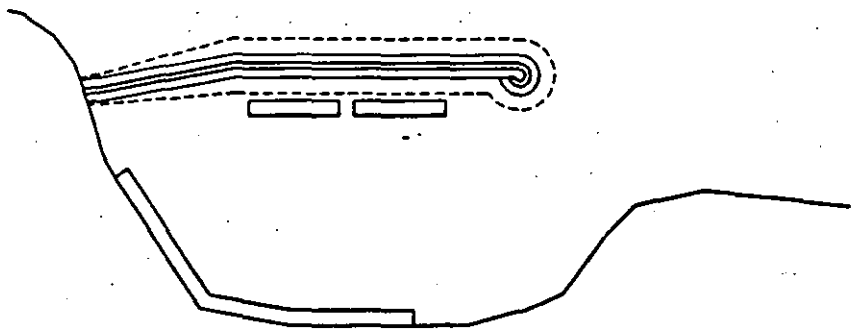


Figura 7.4 Obras de protección paralelas a la costa

- Diques Convergentes

Este tipo es muy utilizado en busca de calado necesario para la boca de entrada. En éste caso se debe tener cuidado con las áreas disponibles ya que el puerto quedará comprendido entre las obras.

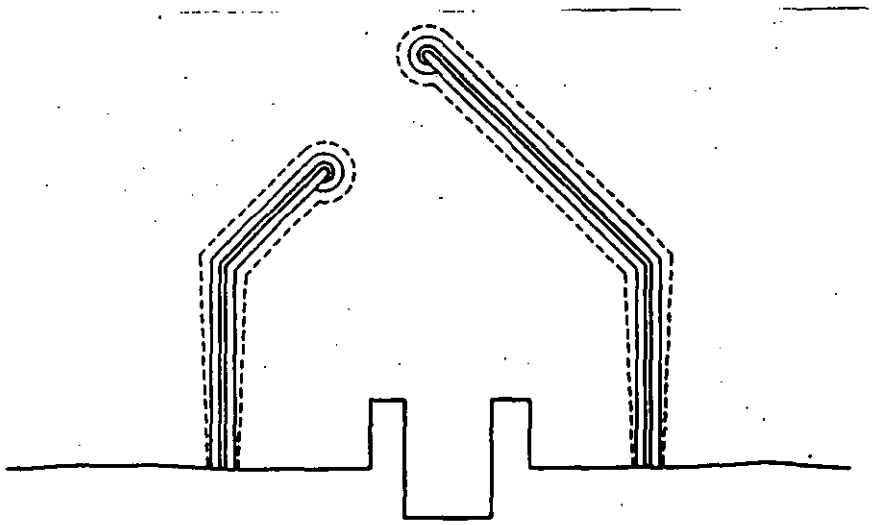


Figura 7.5 Obras de protección convergentes.

- Diques paralelos entre si.

Se usa esta disposición de diques en los puertos creados avanzando sobre tierra o bien en las desembocaduras de ríos navegables. Ofrecen muchos inconvenientes, con azolvamientos importantes, malas condiciones a la navegación penetración de la agitación.

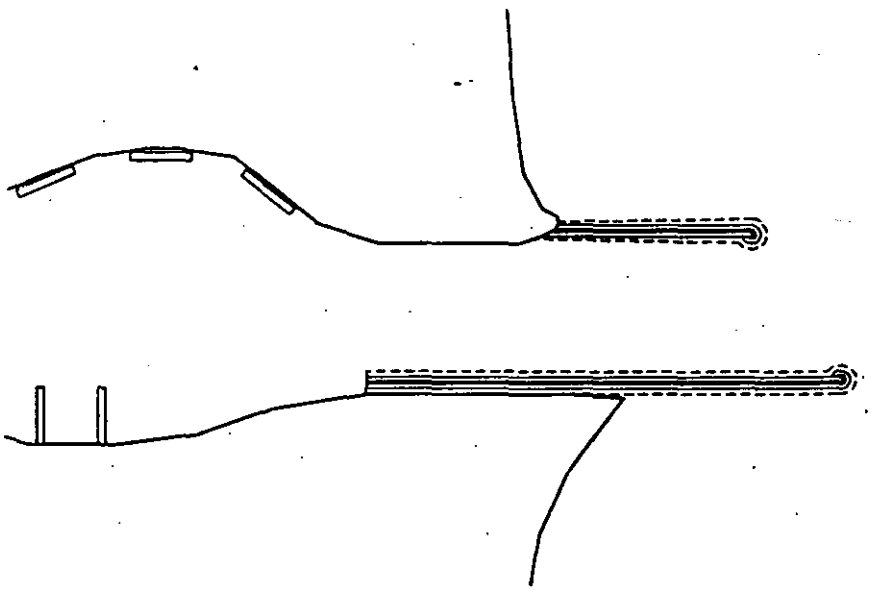
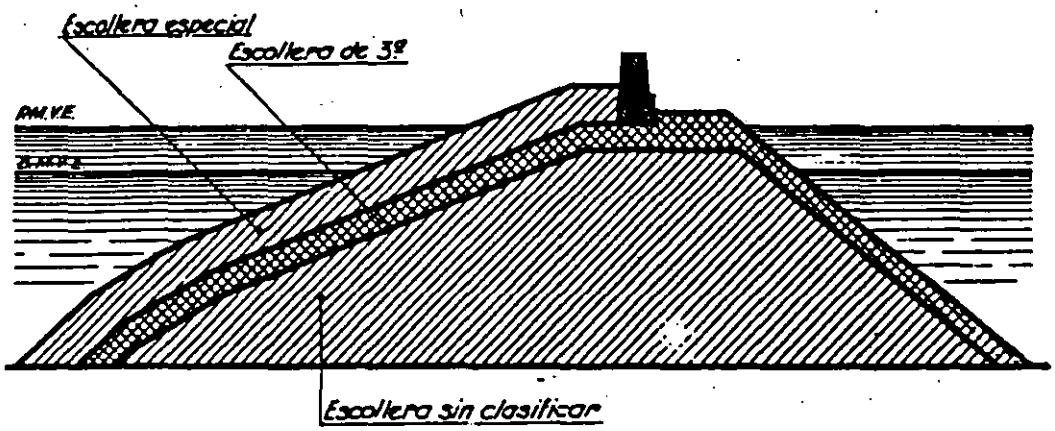


Figura 7.6 Obras de protección paralelos entre si

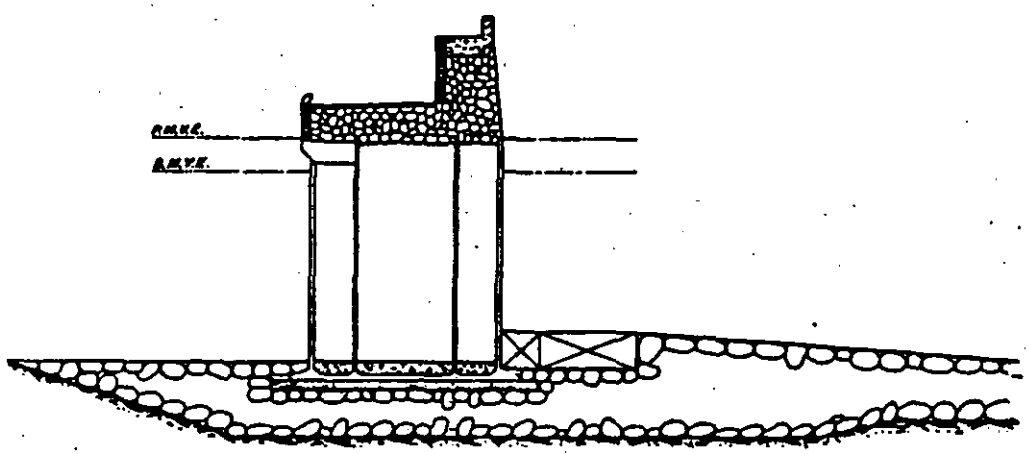
Las obras de abrigo, de acuerdo a las características de la estructura que la constituye las podemos clasificar como sigue:

- Diques rompeolas. a talud

Este tipo de dique ofrece grandes ventajas desde el punto de vista constructivo, pocos peligros de destrozos y averías, fácil reparación de las que se originen, bajas cotas de corona, aunque en cambio requieren la existencia de canteras en lugares más o menos próximos, pues en caso de no existir, es necesario utilizar elementos prefabricados en las capas exteriores, lo cual hace que se incremente el costo y el plazo de ejecución.



SECCION TIPO DE DIQUE ROMPEOLAS



SECCION TIPO DE DIQUE REFLEJANTE

Figura 7.7 Secciones tipo de dique rompeolas y vertical.

Por otra parte timbién tienen el inconveniente de que resta superficie útil a la zona abrigada, por la gran longitud de taludes.

- Diques Verticales

El empleo de este tipo de diques es menos común que el rompeolas a talud mencionado anteriormente, por las condiciones especiales de cimentación y profundidad, debiendo esta última ser mayor de 2 H para evitar que las olas rompan contra ellos. Estos diques están constituidos por grandes cajones de concreto, que se llevan flotando hasta el sitio de colocación en donde se hunden y se rellenan con arena. Tienen la ventaja de no requerir de canteras en las aproximidades, y la relativa rapidez de construcción. Pueden además utilizarse cono atracaderos, ya que presentan paramento vertical; aunque sus anchos no permiten que sobre la corona se realicen operaciones de carga general.

- Diques Mixtos.

Este tipo de dique utiliza enrocamientos en la base y cajones de concreto sobre estos, y su uso se restringe a profundidades en donde se obliga a romper al oleaje sobre el enrocamiento y la energía que queda se refleja con el muro vertical.

7.4. ESTABILIDAD DE DIQUES A TALUD.

Una estructura de enrocamiento a talud se compone de varias capas de rocas colocadas al azar, protegidas con una coraza, que bien puede ser de piedra o de elementos de concreto con determinada forma. Los elementos de la coraza deben colocarse de una manera ordenada, a fin de que se logre una buena interconexión entre cada una de las unidades individuales.

El fenómeno que se representa sobre los taludes de las obras, y las fuerzas que se generan, no es posible analizarlas de una manera teórica, sino que el problema se ha resuelto en una forma empírica y los resultados que se pueden obtener han sido satisfactorios. Desde luego, siempre es conveniente analizar los casos particulares por medio de modelos hidráulicos de estabilidad, tanto en dos como en tres dimensiones.

Los factores que deben tomarse en cuenta para el diseño son los siguientes: las características de oleaje en aguas profundas, la profundidad del agua en el extremo de la estructura, la batimetría y el peso específico del agua en donde se construirá la obra.

De los factores anteriores, uno de los más importantes es la profundidad, ya que ésta determinaría si la estructura estará sujeta a oleaje rompiente o ya roto para una determinada condición. Por otra parte, también la altura de la ola depende de la profundidad por el efecto de los fenómenos de refracción y fricción de fondo.

También, la profundidad a la que se encuentra ubicada la estructura se puede ver modificada por otros efectos tales como las mareas astronómicas y las mareas de termenta.

Por todo lo anterior, se puede observar la importancia de estos efectos que son función de la profundidad y que deberán ser tomados en cuenta para un buen diseño. Es importante recordar que las condiciones de diseño para una estructura tendrán que ser más estrictos si no se pueden permitir fallas que conduzcan a altos costos de mantenimiento.

7.4.1. Oleaje de Diseño.

El otro factor fundamental para el diseño de estas obras es el relativo a las características del oleaje; el cual se puede obtener de muy diversas maneras, ya sea de estudios de medición directa, de información proporcionada por alguna agencia hidrográfica, o de predicción basada en condiciones meteorológicas.

Generalmente la altura de la ola de diseño para una estructura de enrocamiento a talud es menor que la máxima dentro de una distribución de alturas (generalmente la altura significante); y esto es debido a que en caso de exisitir una falla debida a oleaje mayor, ocurre en una forma progresiva y el desplazamiento de elementos de la coraza y su pérdida, no significarán una pérdida completa de protección. Sin embargo, puede en ocasiones utilizarse la máxima altura del tren y de esa manera no permitir daño alguno.

En algunas otras ocasiones, la altura de la ola de diseño es la que puede ocurrir a la profundidad a que llega la obra, es decir, este es el criterio de la máxima ola que puede romper a esa profundidad.

Como es sabido, para una ola periódica que avanza sobre un fondo con pendiente, eventualmente se vuelve inestable y rompe la altura y la profundidad de rompiente, son una función de las pendientes de la playa y de la relación de esbeltez en aguas profundas. Para el caso de las olas periódicas que se propagan en agua de profundidad constante, la altura y profundidad de rompiente es función solamente de la relación de esbeltez. Para el caso de ondas de tipo solitario, en aguas de profondidad constante, el criterio de rotura es independiente de la relación de esbeltez, y de acuerdo con Mc Cowan la máxima altura de ola en la rompiente es:

$$Hb = 0.78\ db$$

De acuerdo con Keulegan y Patterson:

$$Hb = 0.73\ db$$

La ecuación (1) se ha utilizado para las olas periódicas a profundidad constante, o cuando la pendiente de fondo es pequeña y la relación $d/L < 0.1$.

7.4.2. Diseño de un enrocamiento a talud.

El diseño de unenrocamiento a talud consiste en determinar tanto los pesos como espesores de las capas que los constituyen.

En las figuras 7.8 y 7.9 se muestran diferentes tipos de enrocamientoa a talud, en donde se tienen diferentes condiciones de diseño, tales como ola rompiente, o no rompiente, con overtopping o sin él, etc.

Hasta el año de 1930, el diseño de estas estructuras se basaba exclusivamente en la experiencia y conocimiento específico del sitio donde se construirían. Posteriormente se desarrollaron fórmulas empíricas que proporcionan los pesos de los enrocamientos para resistir ciertas condiciones de ola de diseño.

Dentro de las investigaciones que iniciaron en forma racional estos análisis podemos mencionar a Iribarren (1938, 1950) y más recientemente a Hudson (1953, 1959 a 1961) el cual hizo investigaciones extensas en el U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station (WES) y desarrolló una fórmula que determina la estabilidad de este tipo de estructuras. Esta fórmula se basó en un extenso programa de ensayos en modelo hidráulico y es la siguiente:

$$W = \frac{Wr\, H^3}{K_D\,(Sr-1)^3\,\cot\theta}$$

W = Peso en Kg. de cada unidad en la capa de coraza. Cuando la coraza está compuesta de dos capas de enrocamiento, el pesos puede variar entre 0.75 W a 1.25 W con un 75% de las puedras mas que W.

Wr = Peso específico de la unidad de coraza en Kg/m^3.

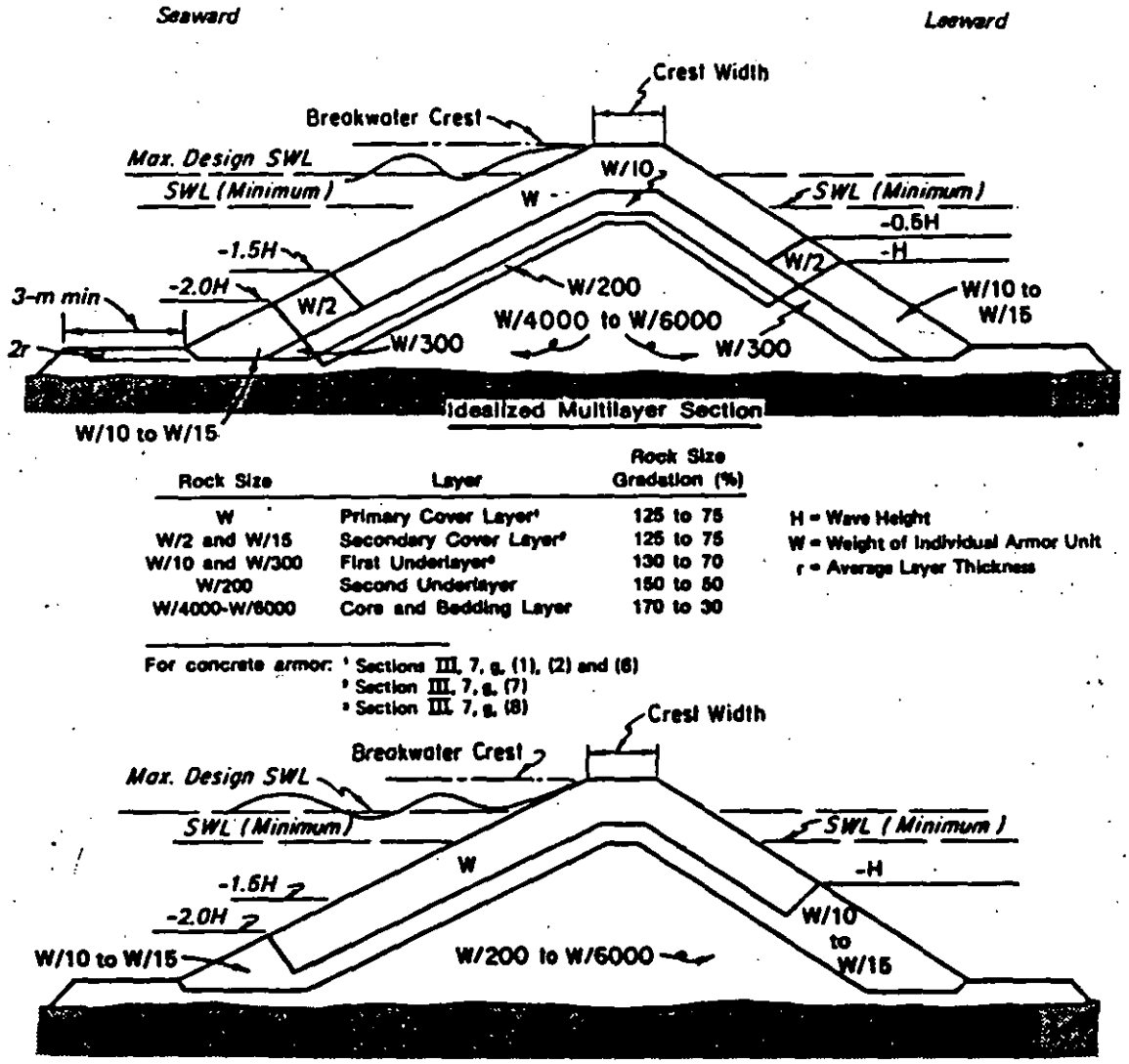
H = Altura de la ola de diseño en el sitio en metros.

Sr = Gravedad especifica de la unidad de coraza.

$$Sr = \frac{Wr}{Wagua} = \frac{2560}{1026} = 2.495$$

θ = Angulo de la pendiente de la estructura, medido de la horizontal en grados

K_D = Coeficiente de estabilidad que varía principalmente con la forma de las unidades de la coraza, rugosidad y grado de interconexión logrado durante la construcción (En tabla 7.1 se muestran los valores recomendados para el diseño).



Rock Size	Layer	Rock Size Gradation (%)
W	Primary Cover Layer[1]	125 to 75
W/2 and W/15	Secondary Cover Layer[2]	125 to 75
W/10 and W/300	First Underlayer[2]	130 to 70
W/200	Second Underlayer	150 to 50
W/4000-W/6000	Core and Bedding Layer	170 to 30

H = Wave Height
W = Weight of Individual Armor Unit
r = Average Layer Thickness

For concrete armor: [1] Sections III, 7, g. (1), (2) and (6)
[2] Section III, 7, g. (7)
[3] Section III, 7, g. (8)

Recommended Three-layer Section

Figura 7.8 Enrocamiento a talud para condición de ola no rompiente

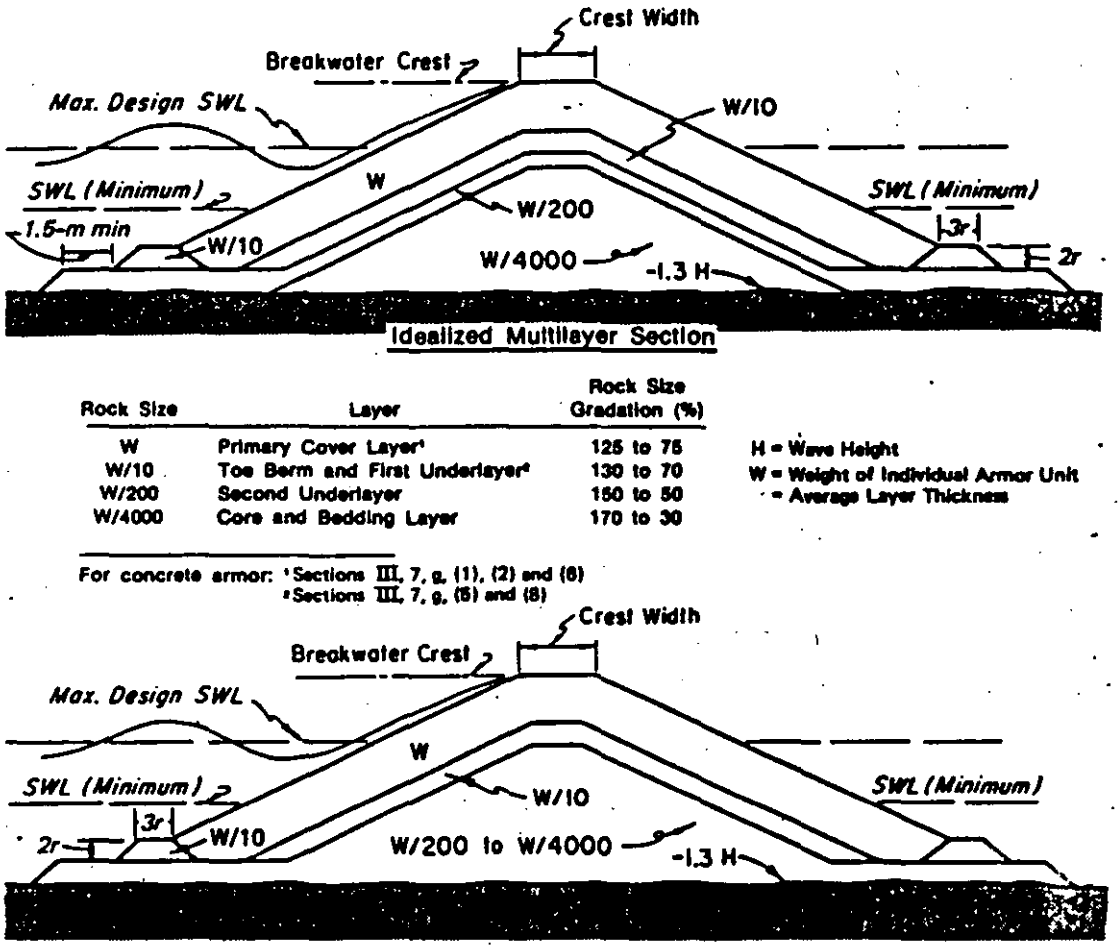


Figura 7.9 Enrocamiento a talud para condición de ola rompiente

La expresión anterior nos fija entonces el peso de los elementos, sean estos de enrocamiento natural o de concreto prefabricados.

Estos elementos prefabricados se han desarrollado en virtud de que en algunas ocasiones, dada la carencia de roca en las proximidades de la obra, es preferible fabricarlos. En la figura 7.10 se muestran algunos de estos elementos.

En relación con el coeficiente K_D que se muestra en la Tabla 7.1, podemos indicar que no considera daño permisible en la estructura. Sin embargo, a fin de poder tener inversiones inciales menores es posible considerar en el diseño que se podría aceptar un por ciento de daño, lo que equivale a un gasto de mantenimiento anual. Esto lo podemos lograr aumentando los valores de K_D de acuerdo a lo que nos muestra la tabla 7.2.

Se hace notar que no existe problema de aumentar un poco el valor de K_D en virtud de que durante la construcción existen asentamientos y reajustes en la interconexión de elementos que pueden hacerla más estable que la estrutura original.

En la tabla 7.2 se muestran los resultados de las pruebas de daño donde H/H_{DW} y K_D son funciones del por ciento de daño D.

En la tabla H es la altura de ola significante correspondiente a un daño D; H_{DW} es la altura de ola significante para condición de un daño K_D el coeficiente de estabilidad correspondiente para la condición de daño seleccionada.

Un factor muy importante a considerar es el relativo al peso específico de las unidades de coraza; ya que la estabilidad de la estructura es función directamente de éste. En el caso de la piedra natural, los pesos específicos son muy variables, dependienedo del tipo de roca, y otros factores. En el caso de los concretos, ocurre una cosa similar; y así podemos tener diferentes tipos, de acuerdo al agregado utilizado.

En la figura 7.11 se muestra dicha variación tanto para concreto como para piedra natural.

7.4.3. Altura de la corona.

La altura de una estructura como la que hemos analizado hasta ahora depende de si se permite el que exista "overtopping" (salto de la ola) sobre ella.

La existencia o no de este overtopping depende del fenómeno de "run up" (lamido de la ola) y este a su vez depende de la pendiente, porosidad y rugosidad de la capa de coraza. En la fig 7.12, se define a éste fenómeno.

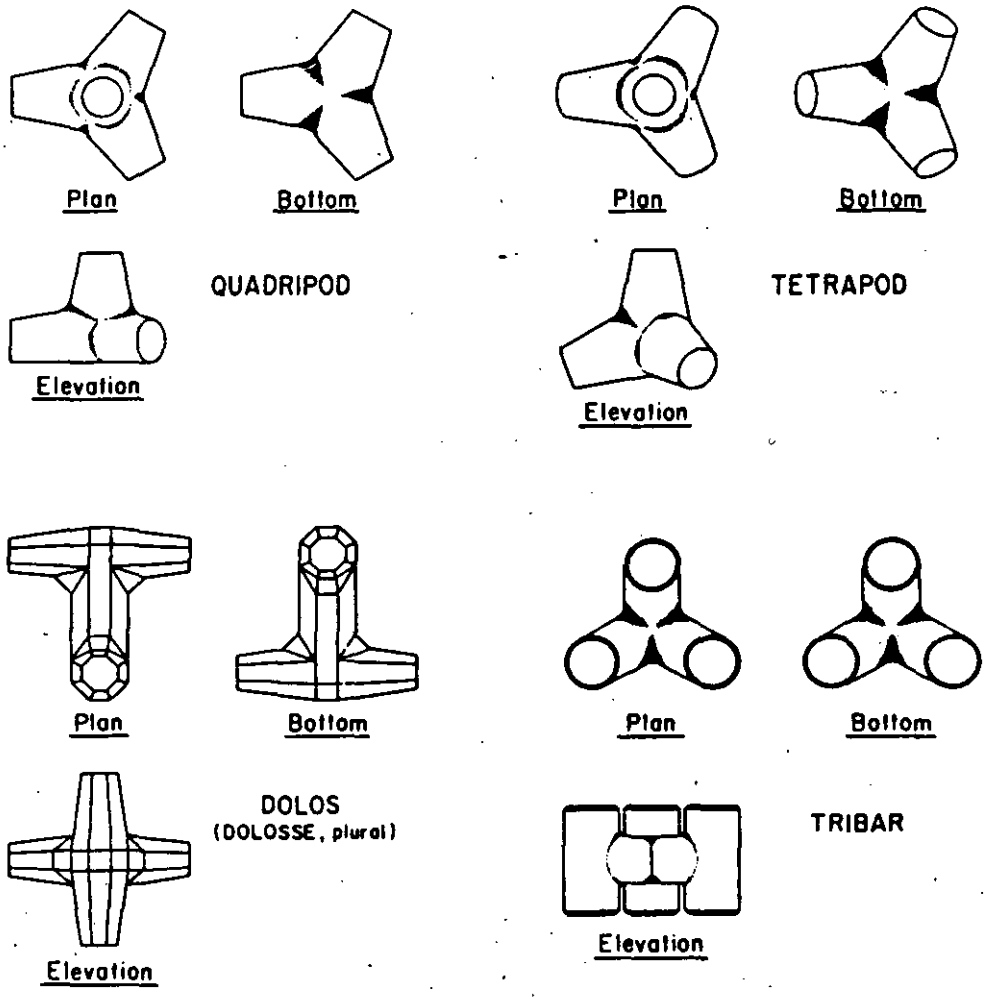


Figura 7.10 Elementos de concreto Prefabricado

TABLA 7.1 VALORES DE KD SUGERIDOS PARA DISEÑO

No-Damage Criteria and Minor Overtopping							
Armor Units	n[3]	Placement	Structure Trunk		Structure Head		
			K_D[2]		K_D		Slope
			Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Cot θ
Quarrystone							
Smooth rounded	2	Random	*1.2*	2.4	*1.1*	1.9	1.5 to 3.0 [5]
Smooth rounded	>3	Random	*1.6*[4]	*3.2*	*1.4*[4]	*2.3*	[5]
Rough angular	1	Random [4]		*2.9*		*2.3*	[5]
Rough angular	2	Random	2.0	4.0	*1.9*	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
Rough angular	>3	Random	*2.2*	*4.5*	*2.1*	*4.2*	[5]
Rough angular	2	Special [6]	5.8	7.0	*5.3*	6.4	[5]
Parallelepiped[7]	2	Special [1]	7.0 - 20.0	*8.5 - 24.0*	—	—	
Tetrapod and Quadripod	2	Random	7.0	8.0	*5.0*	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
					3.5	4.0	3.0
Tribar	2	Random	*9.0*	10.0	*8.3*	9.0	1.5
					7.8	8.5	2.0
					6.0	6.5	3.0
Dolos	2	Random	15.8[8]	31.8[8]	*8.0*	*16.0*	2.0[9]
					7.0	*14.0*	3.0
Modified cube	2	Random	*6.5*	7.5	———	*5.0*	[5]
Hexapod	2	Random	*8.0*	9.5	*5.0*	*7.0*	[5]
Toskane	2	Random	*11.0*	22.0	—	—	[5]
Tribar	1	Uniform	12.0	15.0	*7.5*	*9.6*	[5]
Quarrystone (K_{RR}) Graded angular	-	Random	2.2	2.5	—	—	

[1] CAUTION: Those K_D values shown in *italics* are unsupported by test results and are only provided for preliminary design purposes.

[2] Applicable to slopes ranging from 1 on 1.5 to 1 on 5.

[3] n is the number of units comprising the thickness of the armor layer.

[4] The use of single layer of quarrystone armor units is not recommended for structures subject to breaking waves, and only under special conditions for structures subject to nonbreaking waves. When it is used, the stone should be carefully placed.

[5] Until more information is available on the variation of K_D value with slope, the use of K_D should be limited to slopes ranging from 1 on 1.5 to 1 on 3. Some armor units tested on a structure head indicate a K_D-slope dependence.

[6] Special placement with long axis of stone placed perpendicular to structure face.

[7] Parallelepiped-shaped stone: long slab-like stone with the long dimension about 3 times the shortest dimension (Markle and Davidson, 1979).

[8] Refers to no-damage criteria (<5 percent displacement, rocking, etc.); if no rocking (<2 percent) is desired, reduce K_D 50 percent (Zwamborn and Van Niekerk, 1982).

[9] Stability of dolosse on slopes steeper than 1 on 2 should be substantiated by site-specific model tests.

TABLA 7.2 VALORES DE KD RECOMENDADOS CUANDO SE PERMITE DAÑO.

Unit		Damage (D) in Percent						
		0 to 5	5 to 10	10 to 15	15 to 20	20 to 30	30 to 40	40 to 50
Quarrystone (smooth)	$H/H_{D=0}$	1.00	1.08	1.14	1.20	1.29	1.41	1.54
Quarrystone (rough)	$H/H_{D=0}$	1.00	1.08	1.19	1.27	1.37	1.47	*1.56*[2]
Tetrapods & Quadripods	$H/H_{D=0}$	1.00	1.09	1.17[3]	1.24[3]	1.32[3]	1.41[3]	1.50[3]
Tribar	$H/H_{D=0}$	1.00	1.11	1.25[3]	1.36[3]	1.50[3]	1.59[3]	*1.64*[3]
Dolos	$H/H_{D=0}$	1.00	1.10	*1.14*[3]	*1.17*[3]	1.20[3]	*1.24*[3]	*1.27*[3]

[1] Breakwater trunk, n = 2, random placed armor units, nonbreaking waves, and minor overtopping conditions.

[2] Values in *italics* are interpolated or extrapolated.

[3] CAUTION: Tests did not include possible effects of unit breakage. Waves exceeding the design height conditions by more than 10 percent may result in considerably more damage than the values tabulated.

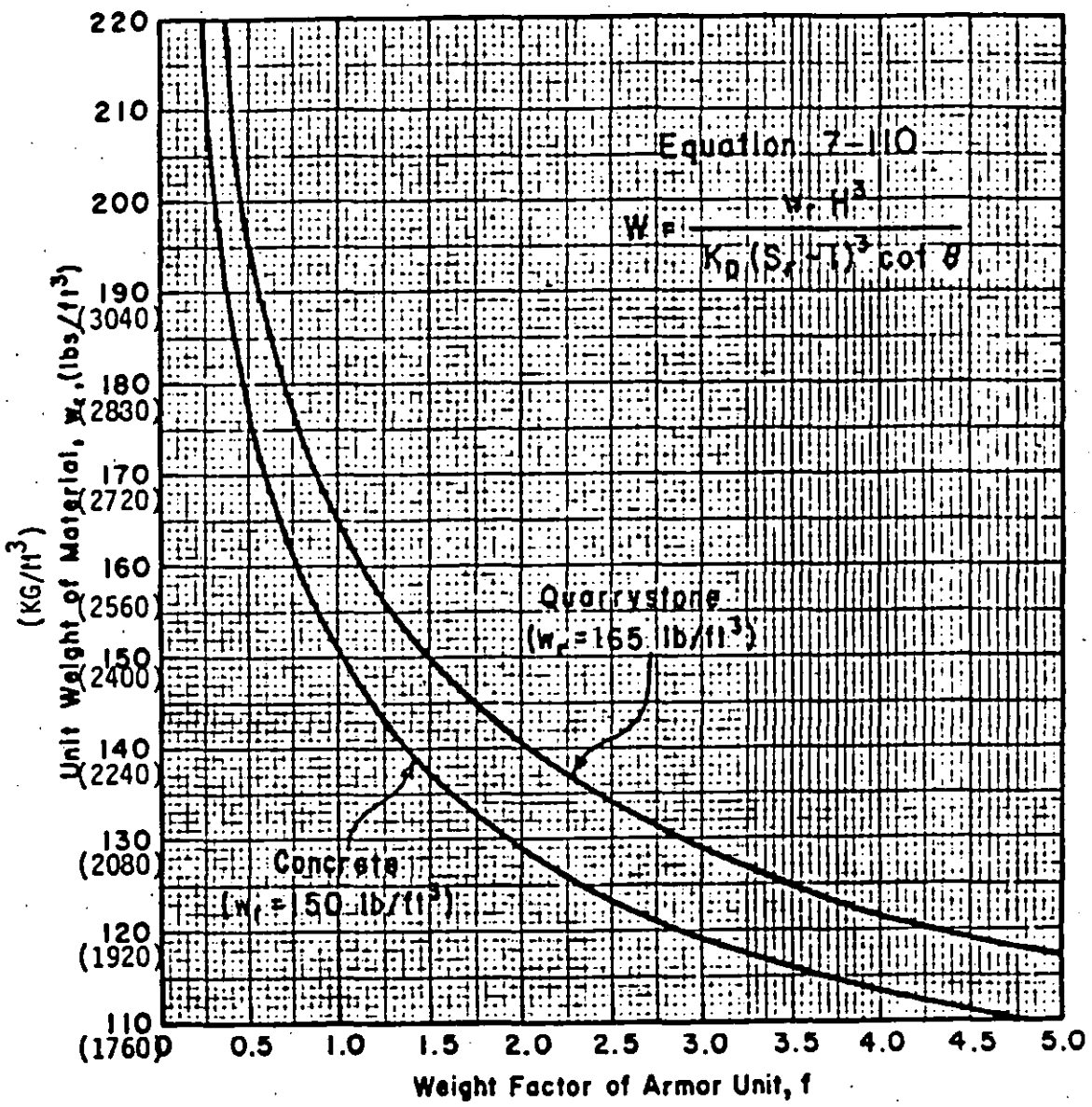


Figura 7.11 Efectos en el cambio de peso especifico de tipo de coraza.

Concreto	Wr = 2400 Kg/m3
Piedra	Wr = 2650 Kg/m3

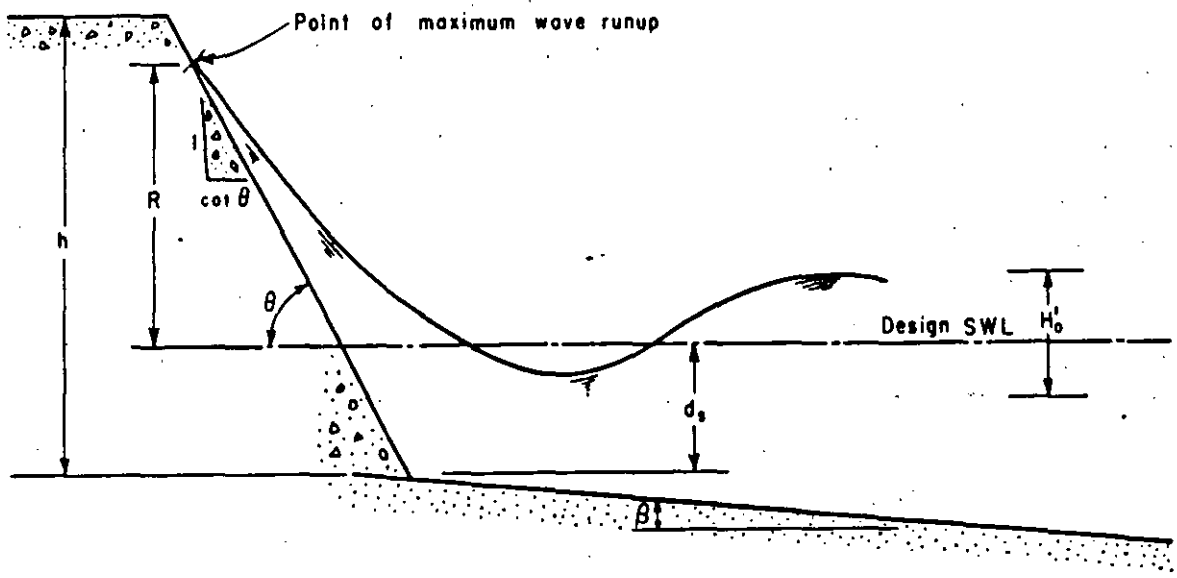


Figura 7.12 Esquema de definición de "run up" y "overtopping"

Cálculo del "run up"

Para calcular este efecto, se han realizado estudios muy completos en modelo hidráulico y los resultados se muestran en las figuras 7.13 a 7.25

En éstas, la nomenclatura utilizada es la siguiente:

Hó = Altura de ola en aguas profundas sin considerar refracción.

Sin embargo, se puede observar que todas las gráficas corresponden a taludes lisos e impermeables, y que en la realidad no se presenta ese caso, por lo que es necesario tomar en cuenta esa rugosidad, para lo cual Battjes en 1974 definió valores de un coeficiente "r" para diferentes cualidades de superficie y las cuales se muestran en la siguiente tabla.

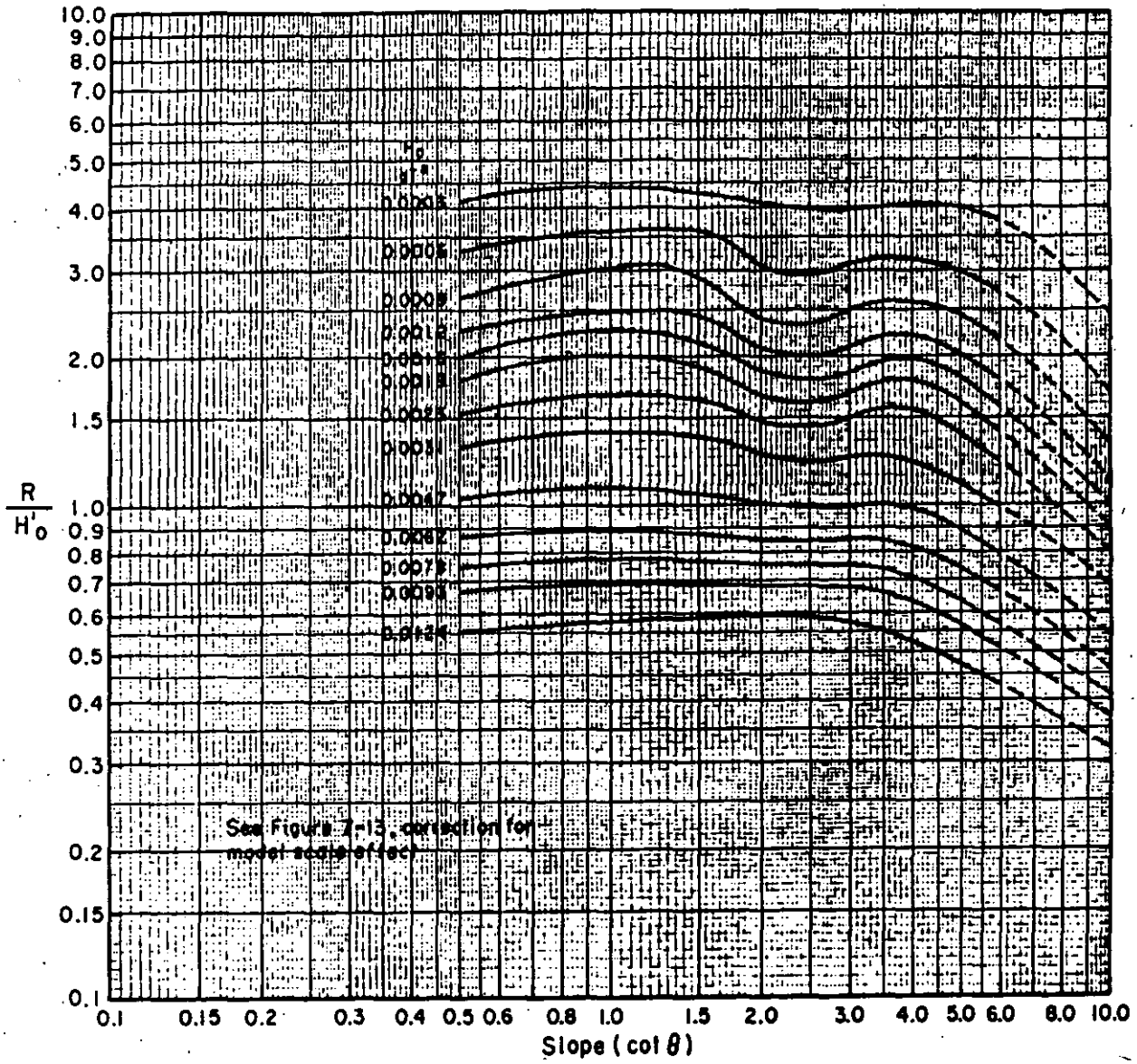


Figure 7-8. Wave runup on smooth, impermeable slopes when $d_s/H_o' = 0$ (structures fronted by a 1:10 slope).

Figura 7.13

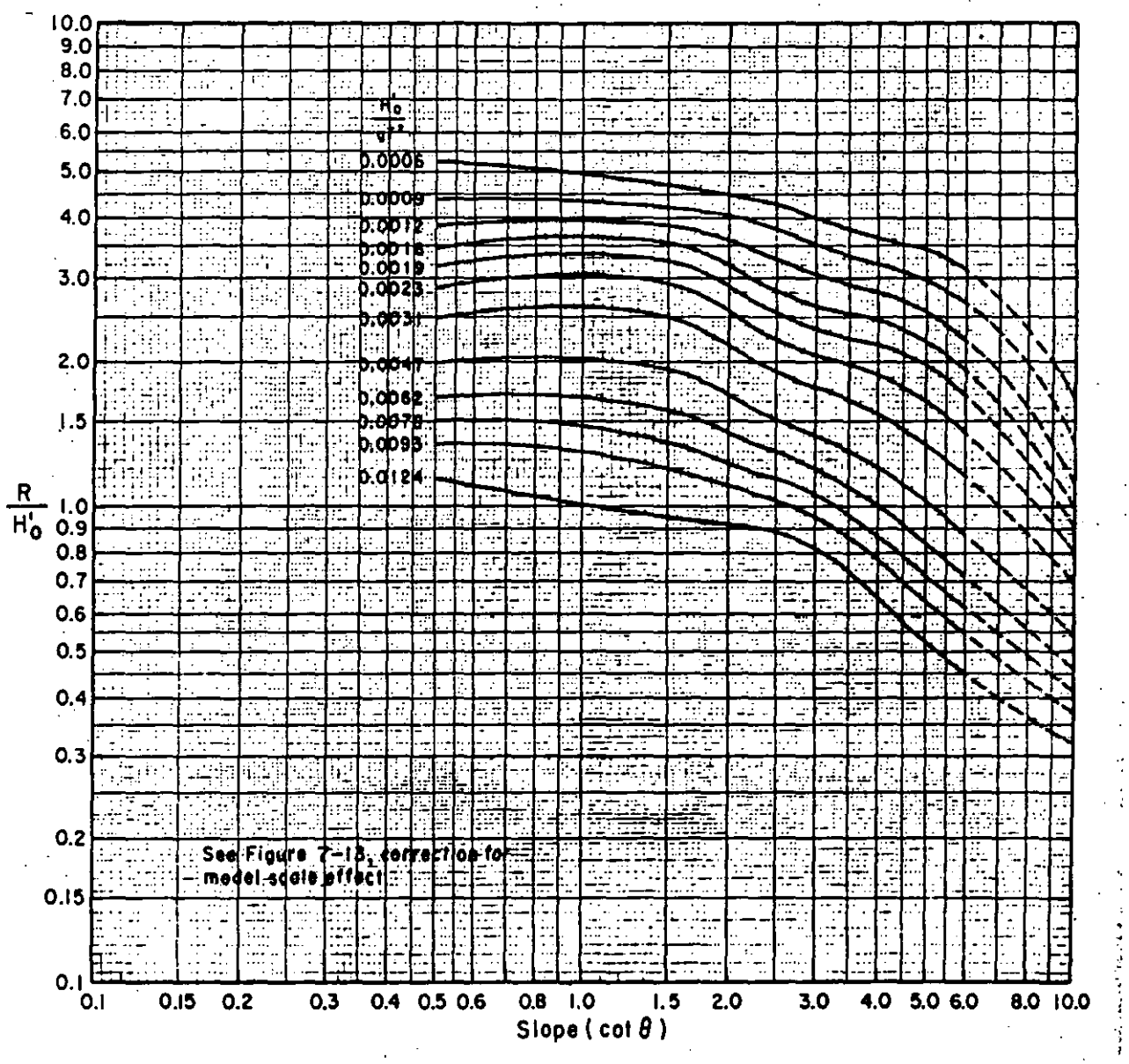


Figure 7-9. Wave runup on smooth, impermeable slopes when $d_s/H'_o = 0.45$ (structures fronted by a 1:10 slope).

Figura 7.14

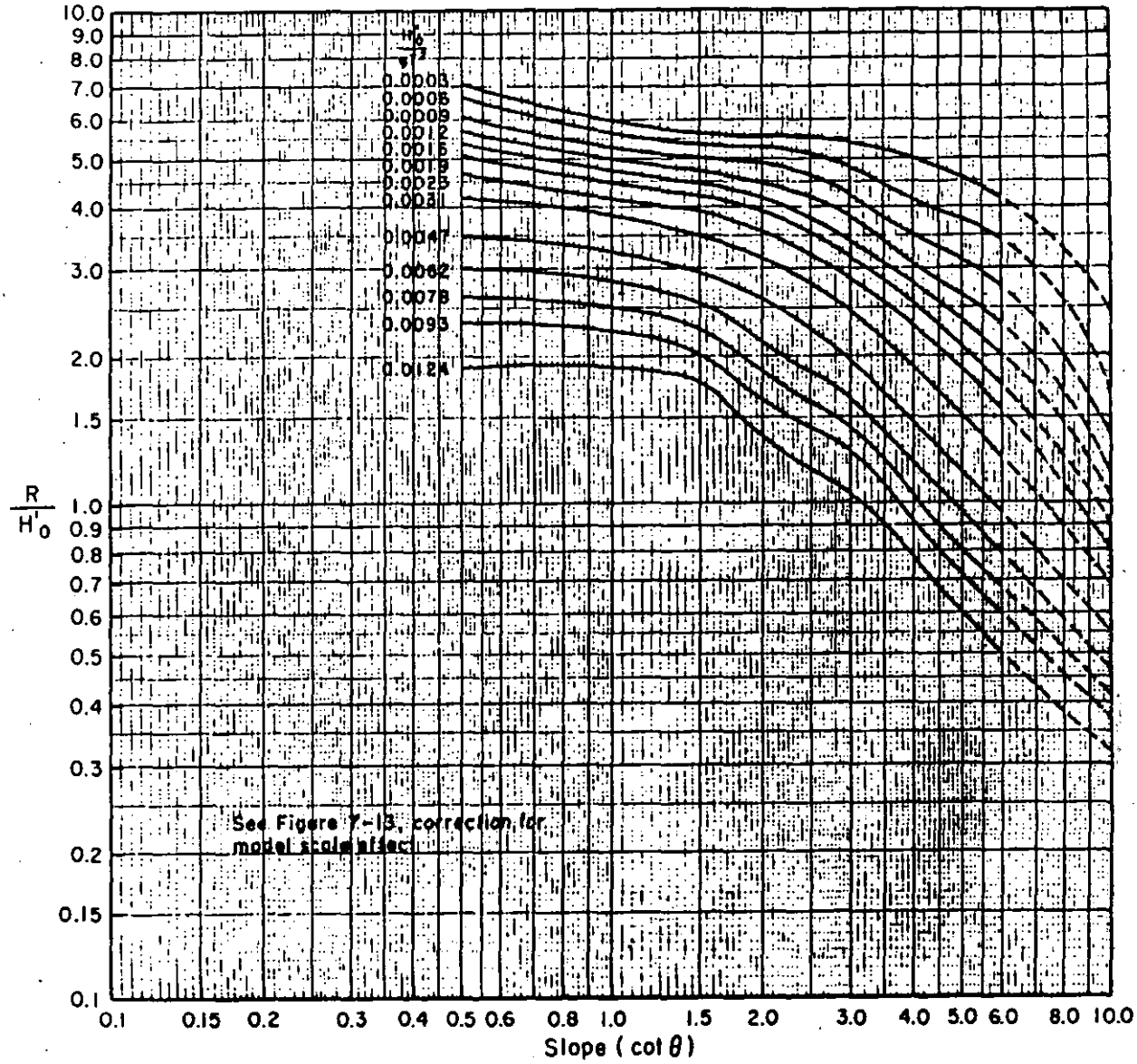


Figure 7-10. Wave runup on smooth, impermeable slopes when d_s/H'_o = 0.80 (structures fronted by a 1:10 slope).

Figura 7.15

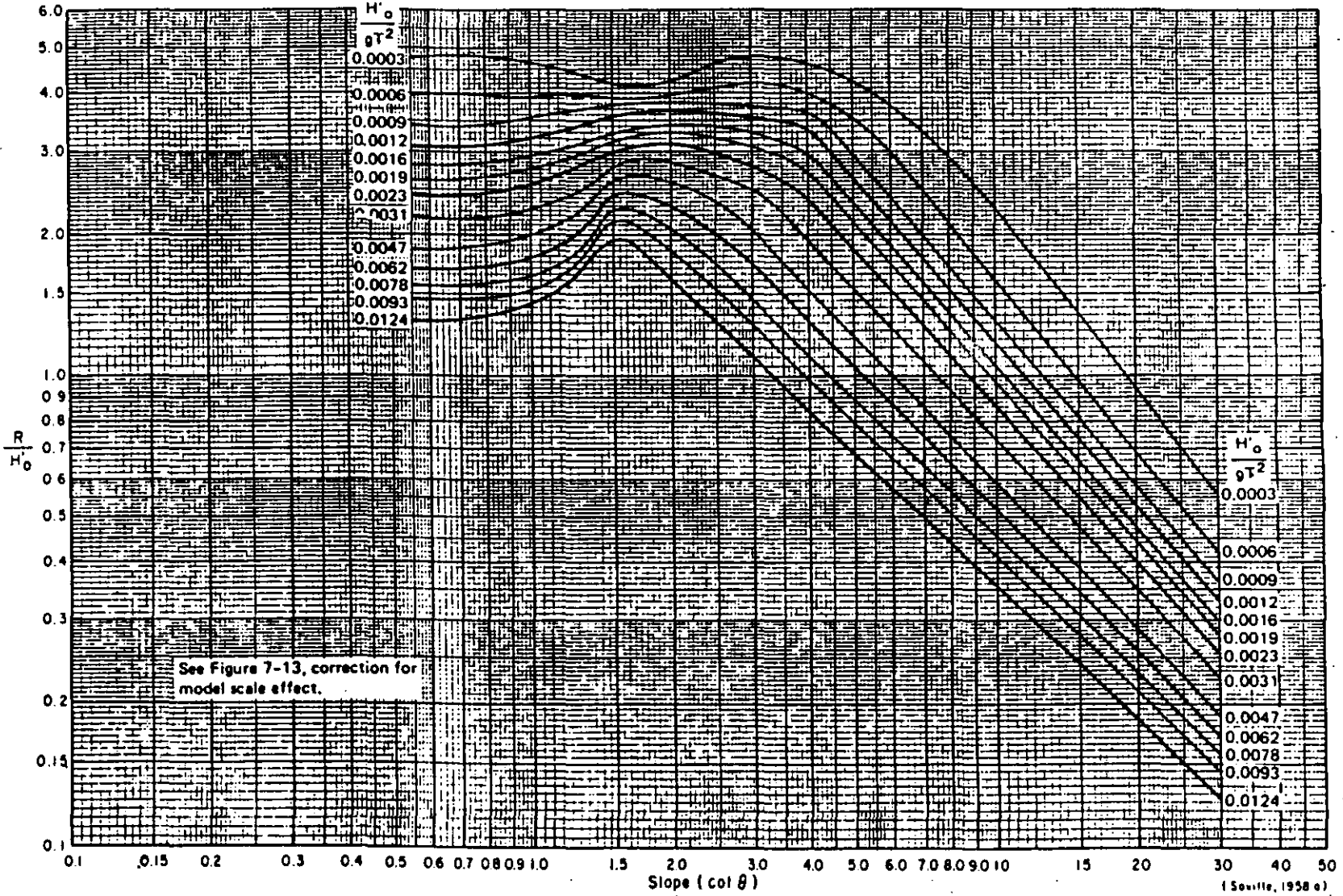


Figura 7.16

Figure 7-11. Wave runup on smooth, impermeable slopes when $d_s/H'_o = 2.0$.

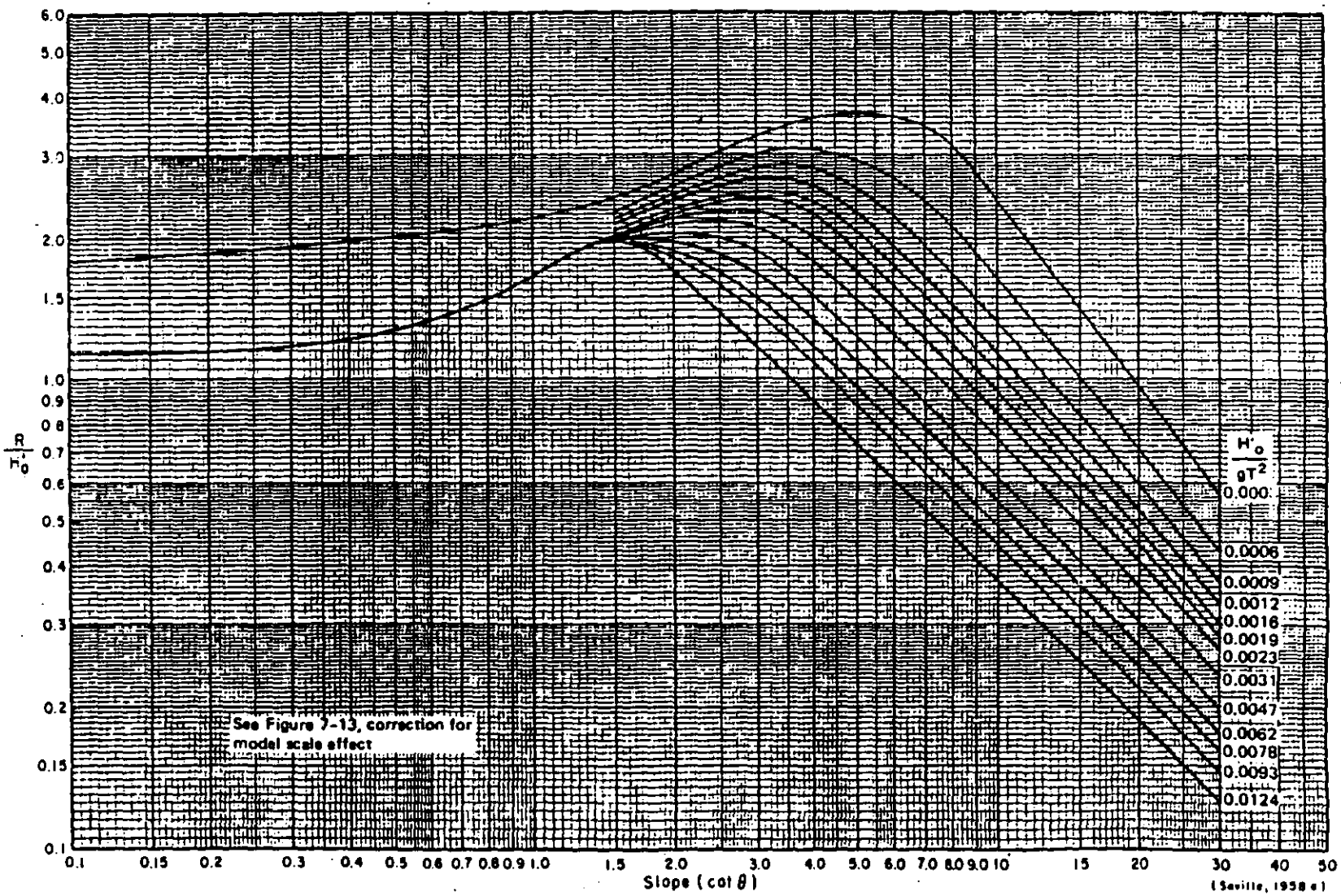


Figure 7.17

Figure 7-12. Wave runup on smooth, impermeable slopes when $d_s/H'_o \geq 3.0$.

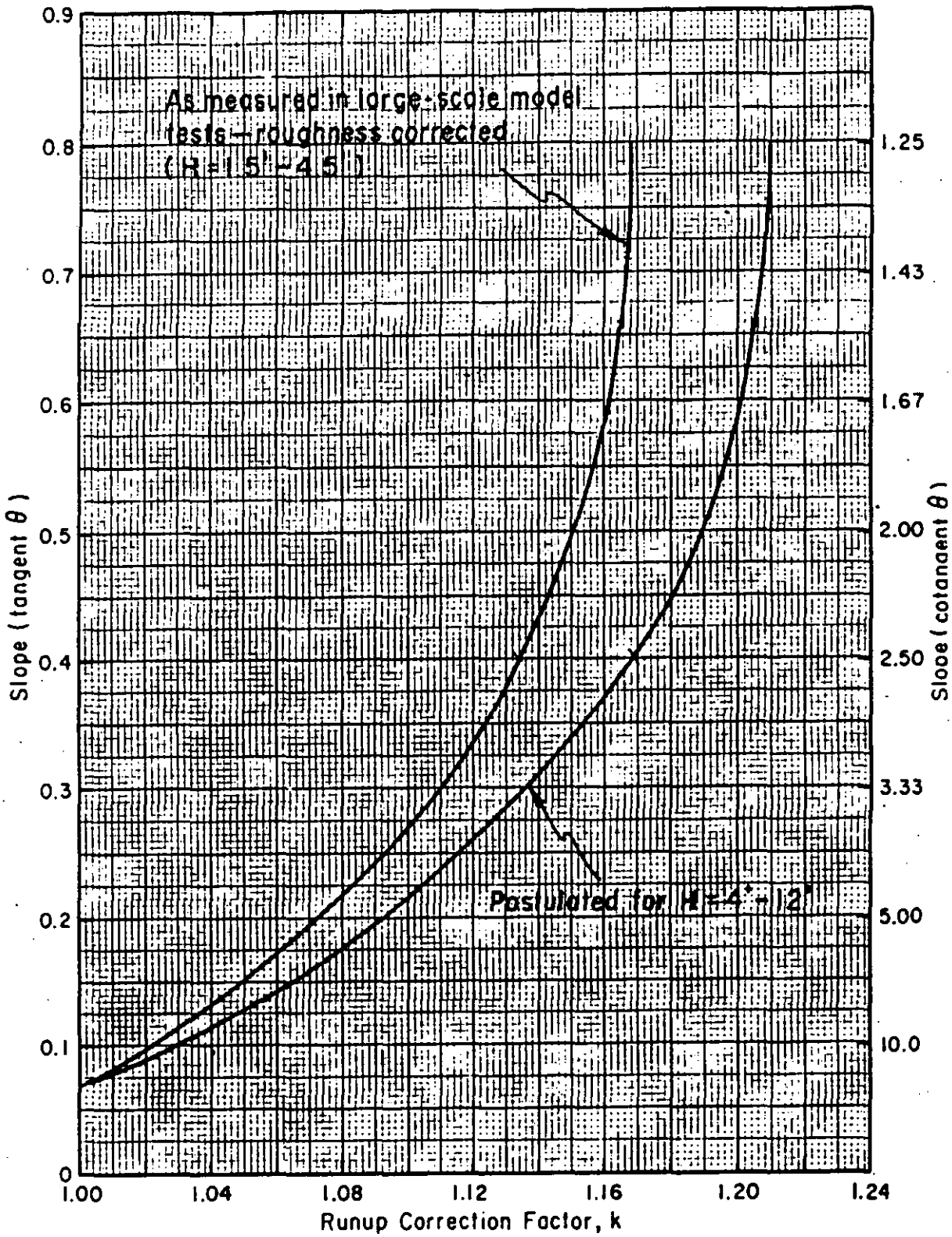


Figure 7-13. Runup correction for scale effects.

Figura 7.18

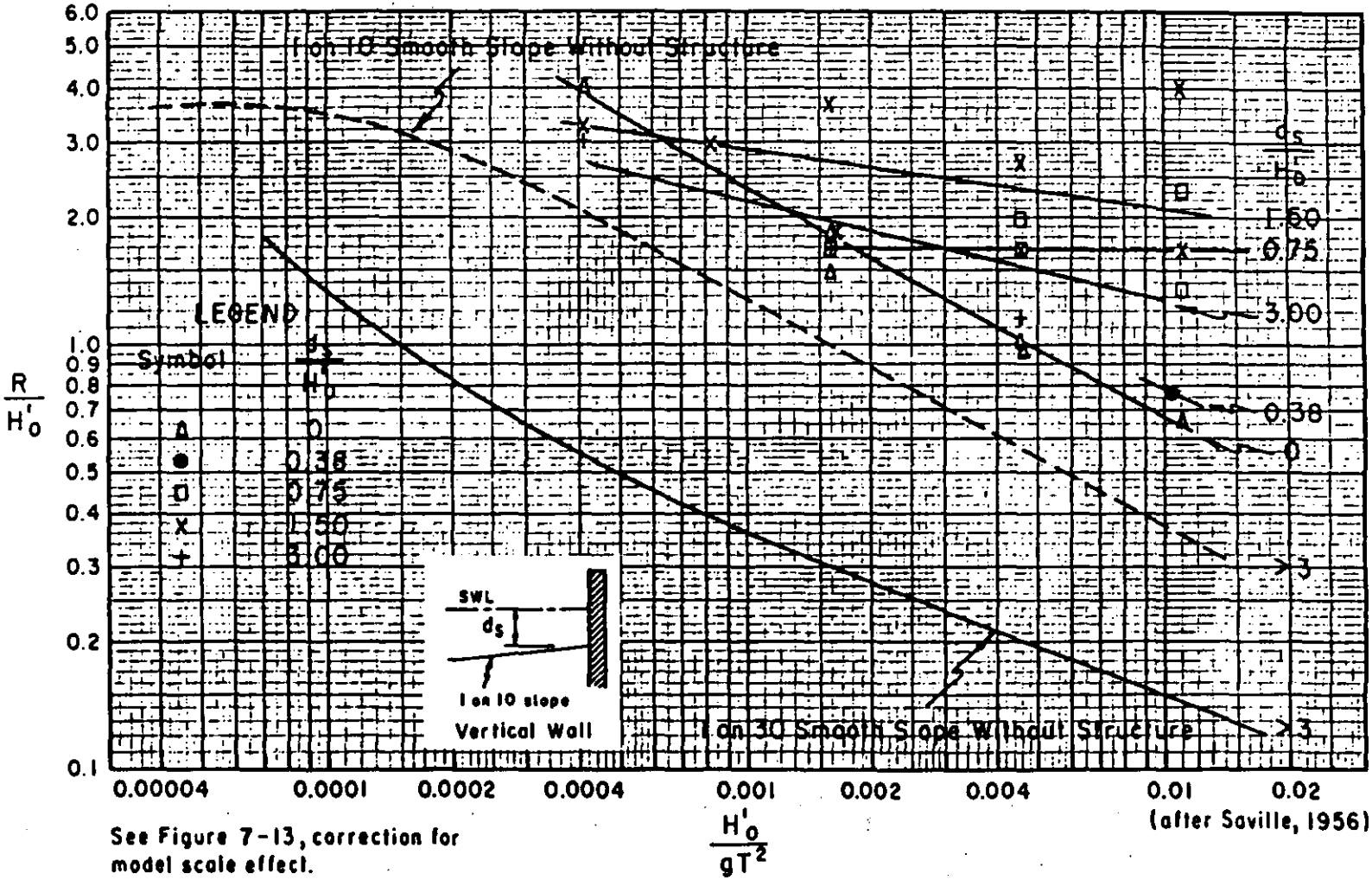


Figura 7.19

Figure 7-14. Wave runup on impermeable, vertical wall versus H_o'/gT^2 .

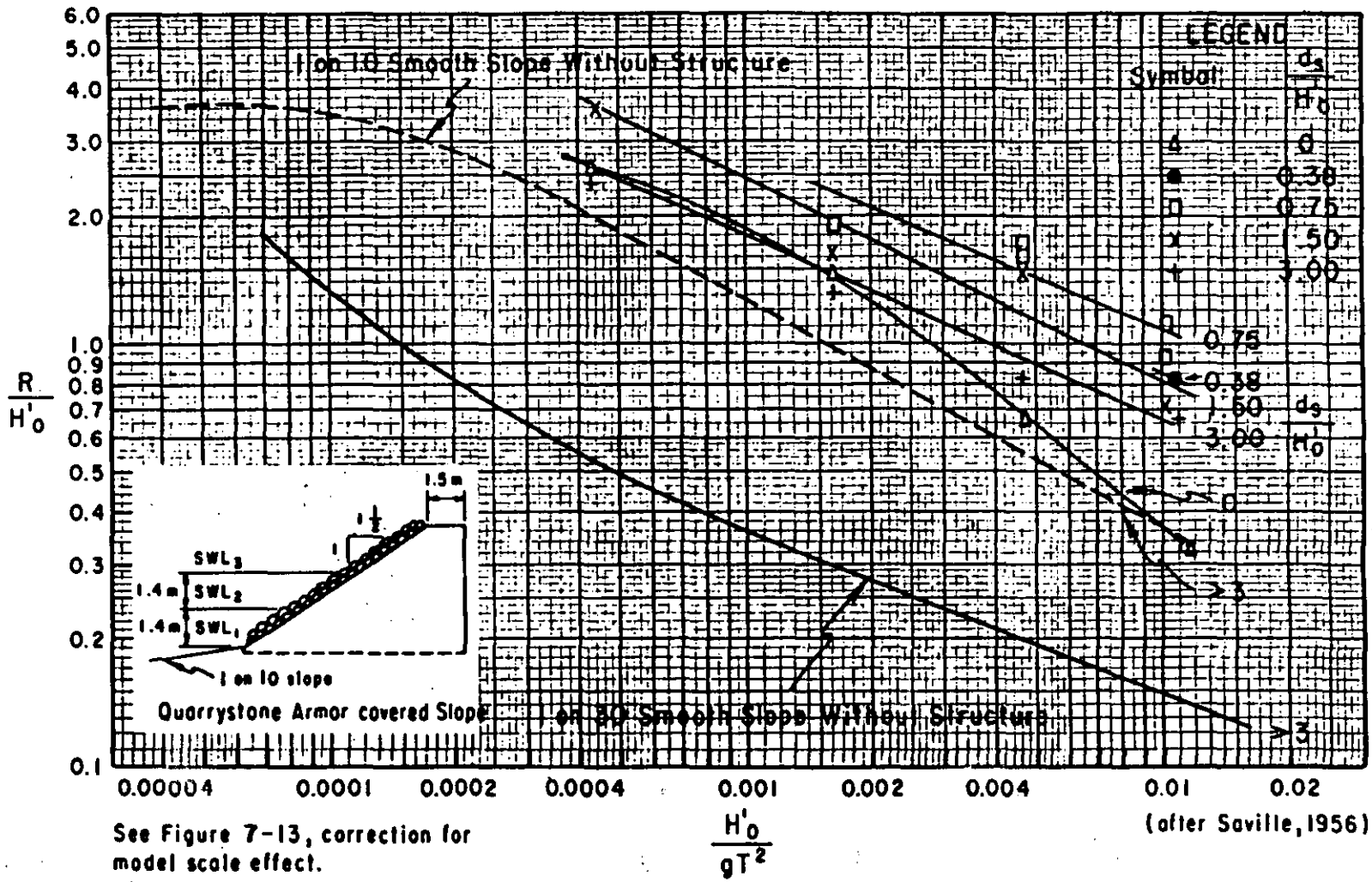


Figura 7.20

Figure 7-15. Wave runup on impermeable, quarrystone, 1:1.5 slope versus H_o'/gT^2 .

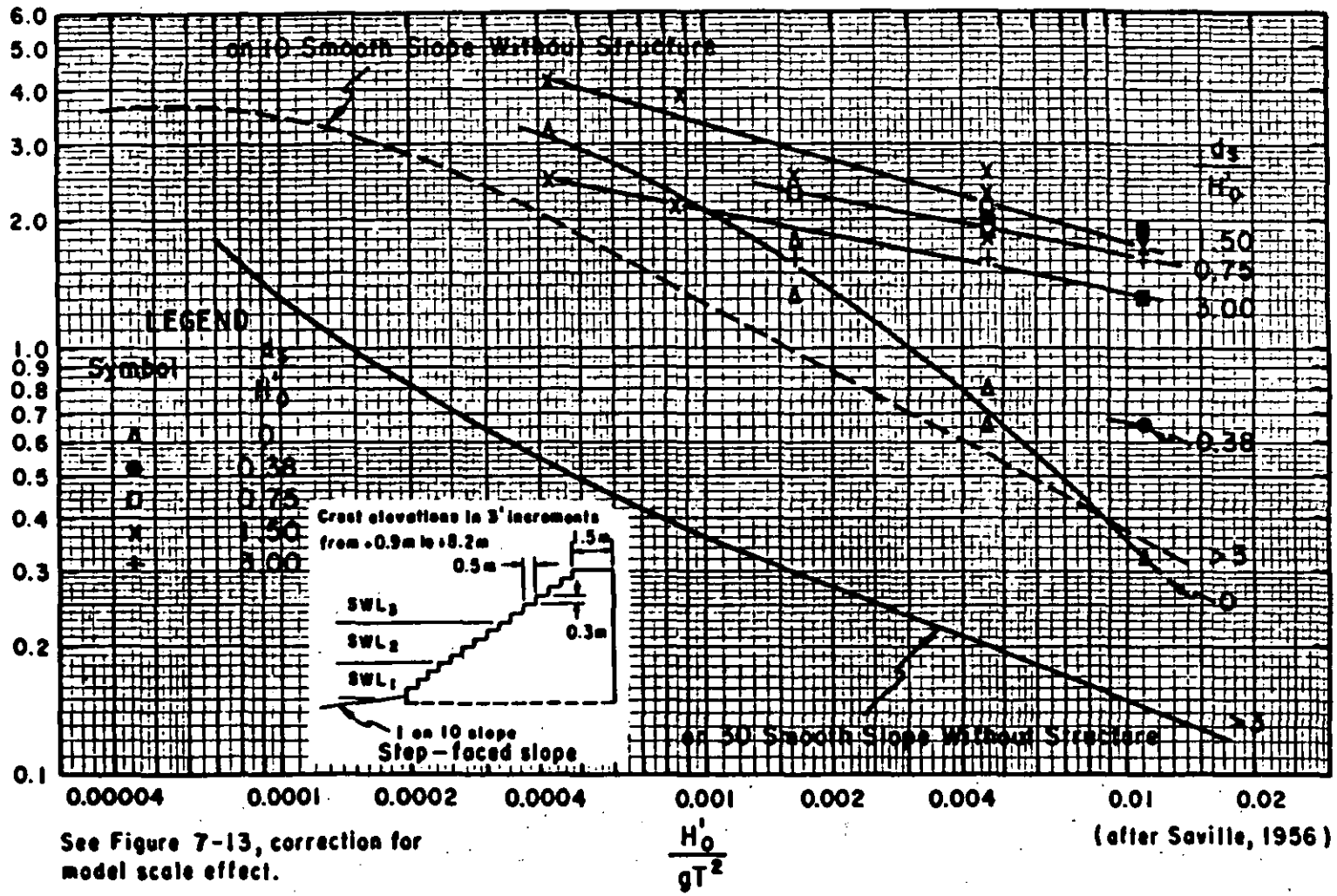


Figura 7.21

Figure 7-16. Wave runup on impermeable, stepped, 1:1.5 slope versus H'_o/gT^2 .

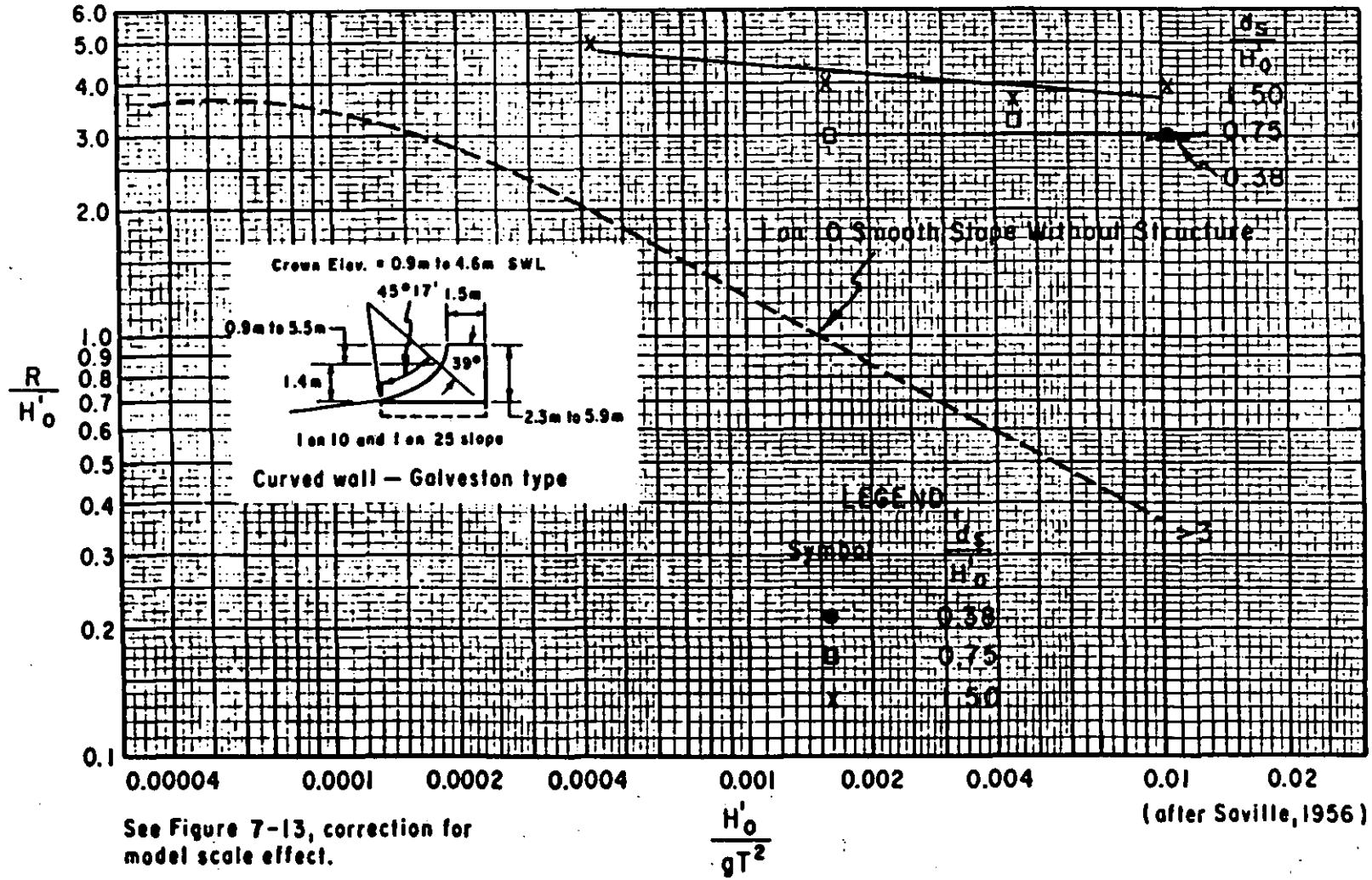


Figura 7.22

Figure 7-17. Wave runup on impermeable seawall versus H_o'/gT^2 .

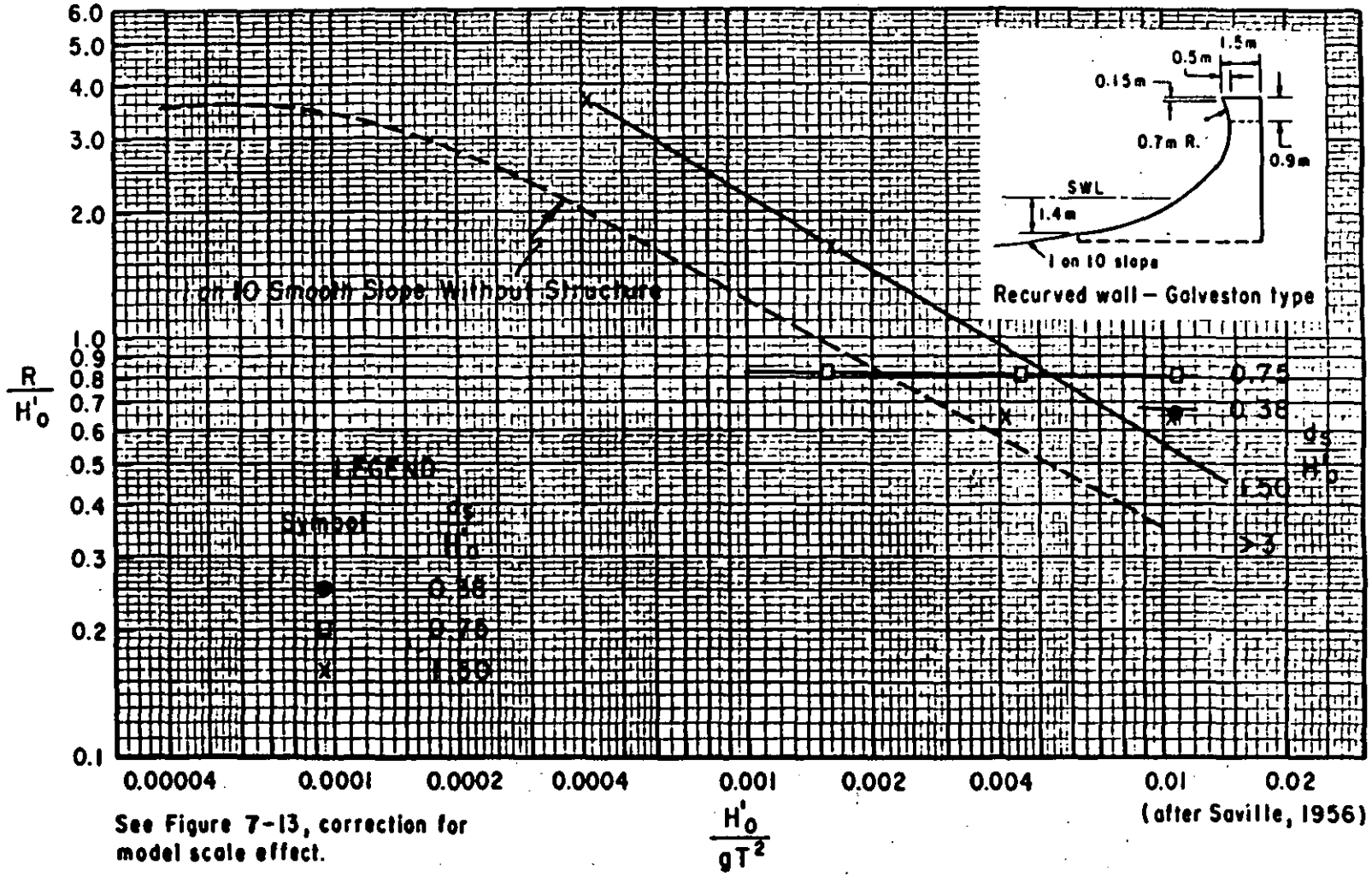


Figura 7.23

Figure 7-18. Wave runup on recurved (Galveston-type) seawall versus H_o'/gT^2 .

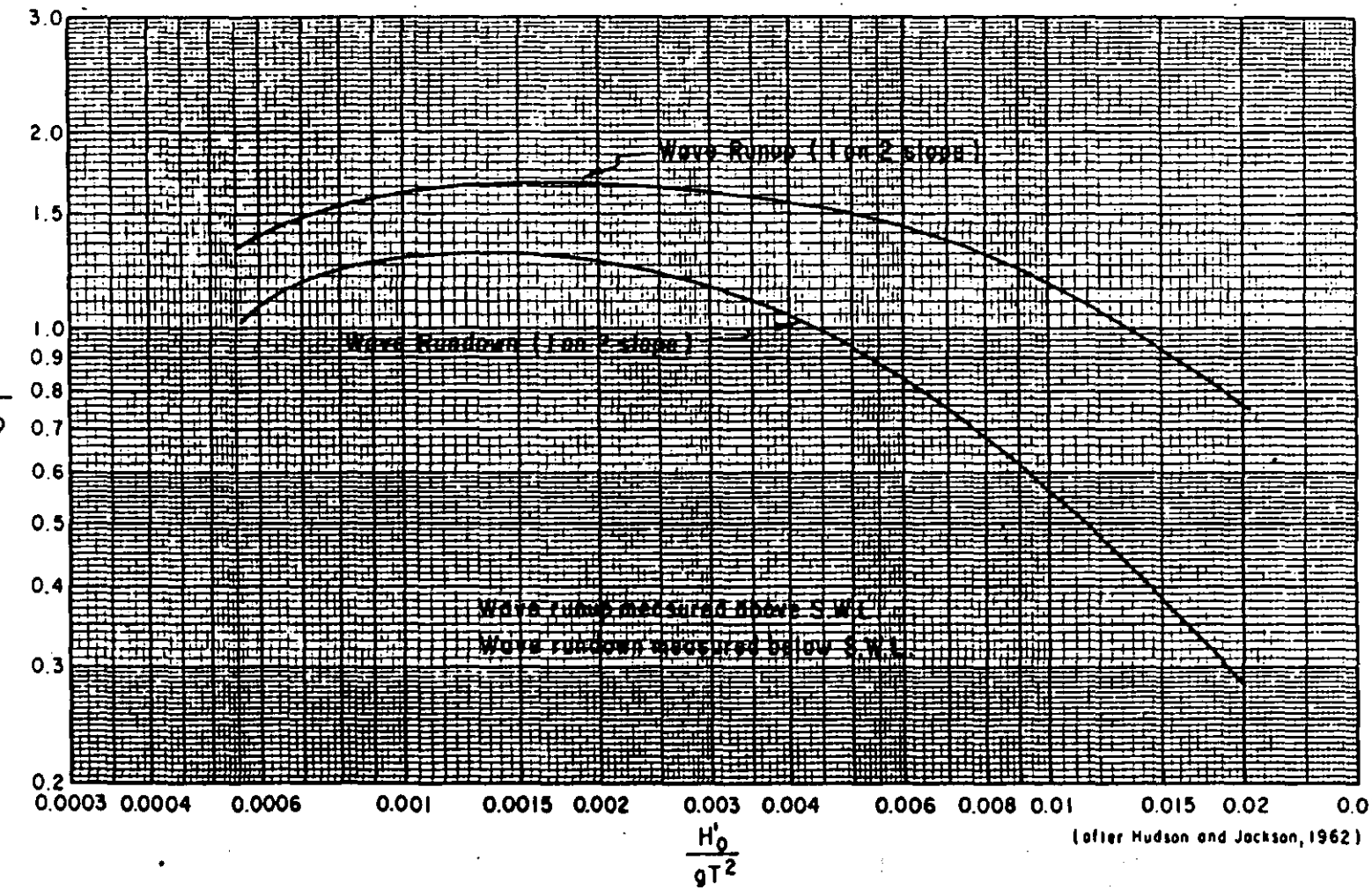


Figura 7.24

Figure 7-19. Wave runup and rundown on graded riprap, 1:2 slope, impermeable base, versus H_o'/gT^2 (data for $d_s/H_o' > 3.0$) .

Figura 7.25

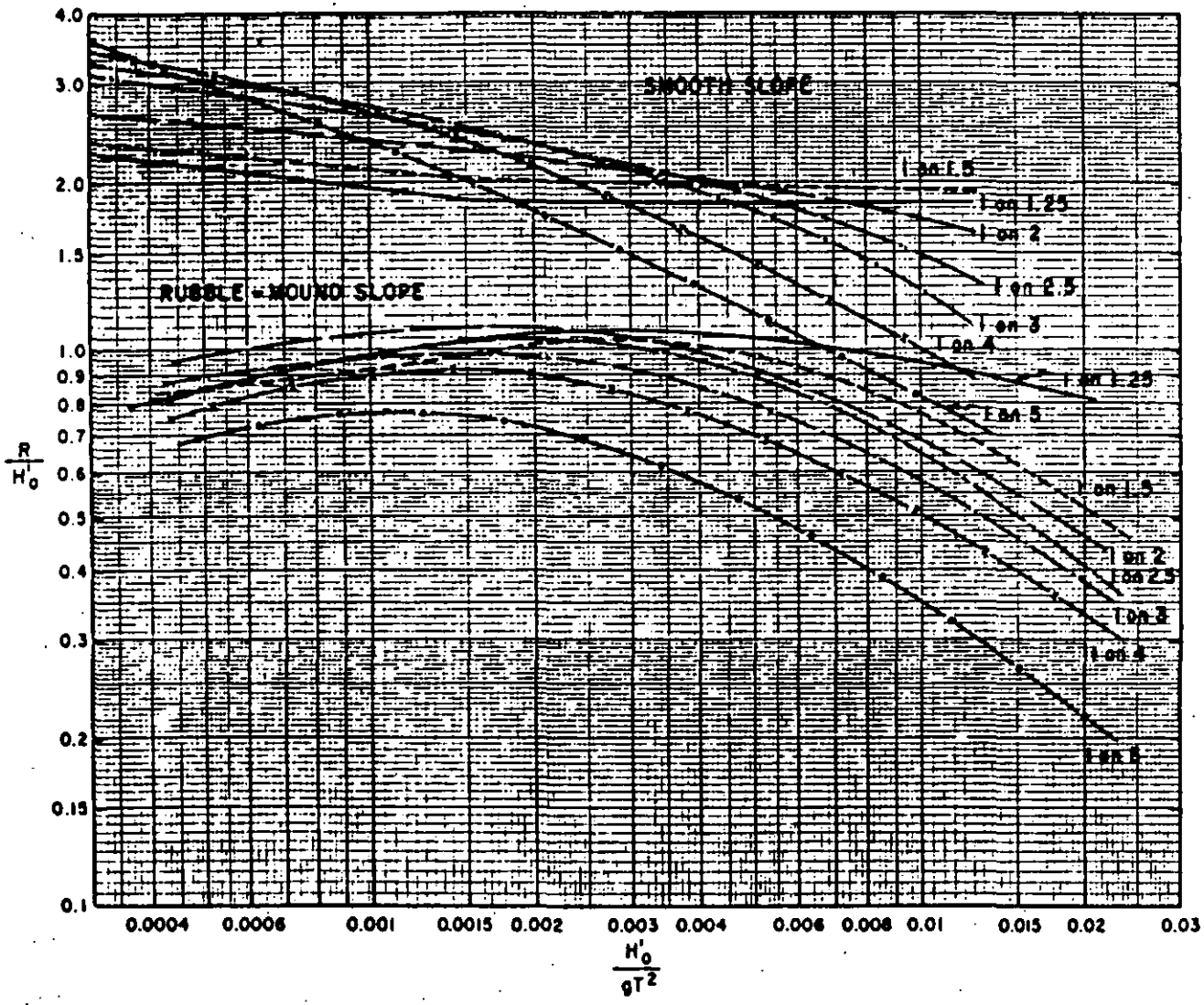


Figure 7-20. Comparison of wave runup on smooth slopes with runup on permeable rubble slopes (data for $d_s/H'_o > 3.0$).

TABLA 7.3 VALORES DE "r"

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	COLOCACION	r
Impermeable, lisa	----------	1.0
Bloques de concreto	Colocados	0.90
Bloques de basalto	Colocados	0.85 a 0.90
Bloques tipo Gobi	Colocados	0.85 a 0.90
Pasto	----------	0.85 a 0.90
1 capa de piedra (apoyo impermeable)	Azar	0.80
Piedra	Colocada	0.75 a 0.80
Piedra redondeada	Azar	0.60 a 0.65
3 capas de piedra	Azar	0.60 a 0.65
Piedra	Colocada	0.50 a 0.55
Unidades de concreto (50% vacios)	Azar	0.45 a 0.50

se define a "r" como

$$r = \frac{R \text{ (pendiente rugosa)}}{R \text{ (pendiente lisa)}} = \frac{R/Hó \text{ (pendiente rugosa)}}{R/Hó \text{ (pendiente lisa)}}$$

7.4.4. Ancho de la corona.

El ancho de la corona de un enrocamiento a talud depende principalmente de la cantidad de overtopping que se desee permitir, de las limitaciones constructivas; y en general se calculan con la siguiente expresión:

$$B = n\, k\Delta \left(\frac{W}{Wr}\right)^{1/3}$$

donde:

B = ancho de la cresta, metros.

n = número de rocas (n = 3 minimo recomendado)

$k\Delta$ = coeficiente de capa (tabla 7.4)

W = peso de las unidades de coraza kg.

Wr = peso específico de la unidad de coraza (kg/m^3)

TABLA 7.4 COEFICIENTES DE CAPA Y POROSIDAD PARA DIFERENTES UNIDADES DE CORAZA.

UNIDAD	N	COLOCACION	COEF. DE CAPA	POROSIDAD P (%)
Piedra redondeada	2	Azar	1.02	38
Piedra rugosa	2	Azar	1.15	37
Piedra rugosa	3	Azar	1.10	40
Cubo (Modificado	2	Azar	1.10	47
Tetrápodo	2	Azar	1.04	50
Cuadrípodo	2	Azar	0.95	49
Hexápodo	2	Azar	1.15	47
Tribar	2	Azar	1.02	54
Dolos	2	Azar	1.0	63
Tribar	1	Uniforme	1.13	47
Piedra	Graduada	Azar		37

7.4.5 Espesor de las capas.

El espesor de las capas que constituyen a los enrocamientos está determinado por las siguientes fórmulas:

$$r = n\,k\,\Delta\,(\frac{W}{Wr})$$

donde

r = espesor promedio capa, metros
n = número de elementos que componen la capa de coraza
w = peso de las unidades de la capa en kg.
wr = peso específico de los elementos kg/m^3.

La densidad de colocación de los elementos está por la ecuación

$$\frac{Nr}{A} = n\,k\Delta\,(1-\frac{P}{100})\,(\frac{Wr}{W})^{2/3}$$

donde:

Nr = número de elementos requeridos para un área dada
A = área dada en (m^2)
$k\Delta$ = coeficiente de capa (tabla 7.4)
P = porosidad promedio, en % (tabla 7.4)

Es importante mencionar que como lo indican las figuras 7.8 y 7.9 los pesos de los elementos de las diferentes capas están dadas por esas especificaciones, tales como que la capa secundaria sea W/10 y el núcleo de W/200 a W/400.

Sin embargo, se comprende que durante la construcción, es imposible lograr que los tamaños que se obtienen de la cantera sean uniformes, por lo que los valores estimados tienen tolerancias que fluctuan entre el 75 y 125%.

Lo que es importante es considerar que estos enrocamientos funcionen con las condicicones de un filtro de tal manera que las piedras pequeñas del núcleo no vayan a salir por los vacíos de la capa secundaria, y que los elementos de ésta a su vez, no vayan a salir por la de la coraza.

Por lo anterior, se debe revisar que la condición de filtro cumpla con la siguiente especificación:

D15 (filtro) < 5 D85 (cimentación)

Finalmente es conveniente mencionar que sienpre es recomendable colocar una plantilla entre el fondo natural y la estructura ya que esto la protegerá de erosiones que se presentan al pie provocadas por oleaje. Las condiciones en las cuales no sería necesario la utilización de esta plantilla son:

- Cuando la profundidad es mayor de 3 veces la altura de ola.
- Cuando el fondo es rocoso
- Cuando las corrientes producidas no sean lo suficientemente grandes para mover material del fondo.

7.5. DISEÑO DE DIQUES VERTICALES.

Como ya se mencionó, en el caso de que la profundidad de desplante de estas estructuras sea mayor que 2H, la ola incidente no romperá y se reflejará en el muro vertical.

Se llama clapotis al patrón de oleaje estacionario que se forma al reflejarse la onda.

La presión de una onda estacionaria, de acuerdo con la teoría de 2° orden de Miche está dada por la ecuación:

$$\frac{P}{\rho g} + y = \frac{H}{2} \frac{\cosh 2\pi (y+d)/L}{\cosh 2\pi d/L} \operatorname{sen} \frac{2\pi x}{L} \operatorname{sen} \frac{2\pi t}{T}$$

$$- \frac{\pi H^2}{8L} \frac{\cos^2 2\pi t/T}{\operatorname{senh} 2\pi d/L \cosh 2\pi d/L} \left[\cosh \frac{4\pi}{L} (y+d) + \cos \frac{4\pi x}{L} - 1 \right]$$

$$+ \frac{3\pi H^2}{16\, L} \frac{\cosh 4\pi (y+d)/L}{\operatorname{senh}^3 2\pi\, d/L \cosh 2\pi d/L} \cos \frac{4\pi x}{L} \cos \frac{4\pi t}{T} + \frac{\pi H^2}{4L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \cos \frac{4\pi t}{T}$$

Sin embargo, para simplificar los diseños, sabiendo que los resultados estarán un poco dentro del lado de la seguridad se utiliza la teoría de Sainflou, que para el fondo da el mismo valor:

$$\frac{Pb}{\rho g} - d = \pm \frac{H}{\cosh \frac{2\pi d}{L}}$$

donde:

H se refiere a la altura de ola que existiría en el muro si este no estuviera ahí y Pb se refiere a la presión máxima y mínima durante un ciclo de ola (este es, cuando la cresta y valle de la ola se encuentran en el muro).

A fin de poder calcular las presiones máximas y mínimas es necesario encontrar el nivel medio de la onda estacionaria, el cual está dado por la siguiente ecuación

$$\Delta h = \frac{\pi H^2}{L} \left[1 + \frac{3}{4 \operatorname{senh}^2 (\frac{2\pi d}{L})} - \frac{1}{4 \cosh^2 (\frac{2\pi d}{L})} \right] \coth \frac{2\pi d}{L}$$

En la figura 7.27 se muestra el diagrama de presiones y a continuación se describe el fenómeno.

(1) es la elevación máxima de la ola en el muro y (10) es la elevación mínima. El nivel medio de la ola sobre SWL(NIVEL MEDIO DEL MAR) es Δh y la distancia (1) (2) es H+Δh. La carga hidrostática d, se dibuja en el fondo a partir de (12) como (3) ó (7). El triángulo formado por (12) (2) (3) es la distribución de presiones hidrostáticas sobre el muro debido al agua en el nivel SWL.

La presión dinámica se obtiene dibujando $\frac{Pb}{\rho g} - d$, tanto la dirección (+) como la (-) a partir de (3), esto es (4) y (11). Estas son las presiones máximas y mínimas en el fondo.

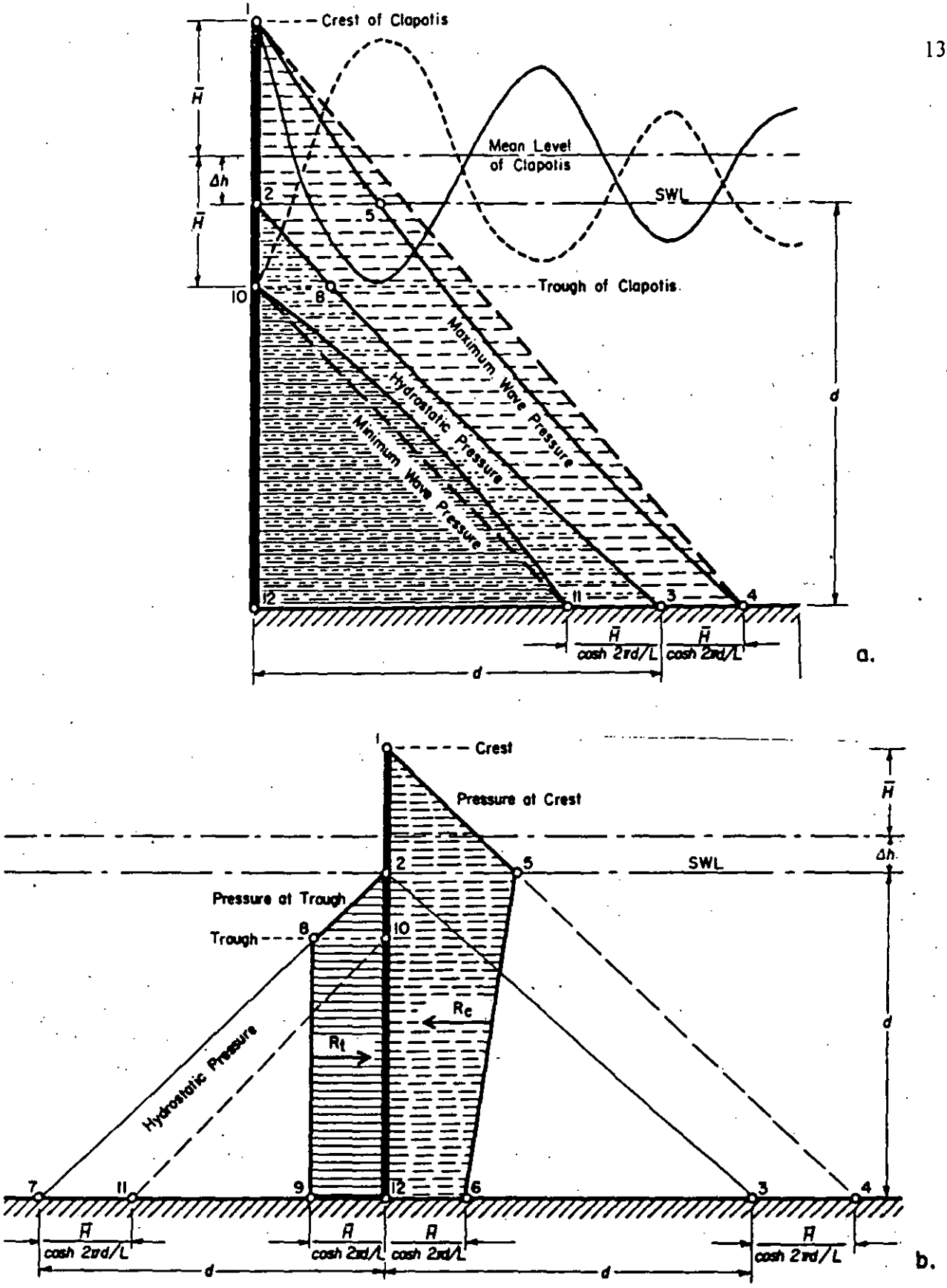


Figura 7.27 Diagrama de fuerzas producidas por el oleaje

La fuerza total aproximada por unidad de longitud son los triángulos (4) (12) (1) y (11) (12) (10).

En el caso de que exista agua con la misma profundidad en ambos lados del muro vertical con la presencia de oleaje de un solo lado, existe una distribución de presiones hacia el lado del mar que está dada oir (3) (2) á (7) (2). La distribución resultante de presión en el muro vertical está dada por (6) (5) (1) cuando el agua está a su máxima elevación y por (9) (8) (2) cuando el agua está en su mínima elevación.

La fuerza resultante R por unidad de longitud para un muro vertical así como el momento M con respecto al fondo y el punto de aplicación l medido desde el fondo están dados por las siguientes ecuaciones en las que el índice "c" se refiere a la máxima elevación de la ola "t" a la mínima elevacion de ella.

$$Rc = \frac{1}{2}(d+\Delta h+H)\left[d + \frac{H}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^2}{2}$$

$$Mc = \frac{1}{6}(d+Ah+H^-)^2\left[d + \frac{H}{\cos\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^3}{6}$$

$$lc = \frac{Mc}{Rc}$$

$$Rt = \frac{1}{2}(d+\Delta h-H)\left[d - \frac{H}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^2}{2}$$

$$Mt = \frac{1}{6}(d+\Delta h-H)^2\left[d - \frac{H}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^3}{6}$$

$$lt = \frac{Mt}{Rr}$$

BIBLIOGRAFIA

American Petroleum Institute. API Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing, Fixed Offshore Platform: Washington, Ed. 1984

Berteaux, H.O. Buoy Engineering. John Wiley and Sons, New York 1976

Del Moral R y Berenguer J.M. Planificación y Explotación de Puertos Tomos I y II. M.O.P.U. Madrid 1980.

Harvey y Evans J., Adamchak J. Ocean Engineering Structures, MIT. 1972

Komar Paul D. Beach Processes and Sedimentation. Prentice Hall. 1976.

Streeter, Victor , Fluid Mechanics McGraw Hill, 1960

U.S. Army Coastal Enginering y Research Center, Shore Protection Manual, 1984.

Wiegel R.L. Oceanographical Engineering. Prentice Hall. 1964.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS

1. DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO
2. OBRAS INTERIORES
3. PROCEDMIENTOS DE CONSTRUCCION

ING. JULIO PINDTER VEGA

OCTUBRE - 1992

INDICE. PAG.

MANEJO DE CARGA EN LOS PUERTOS	1
CLASIFICACION DE MERCANCIAS	9
EVOLUCION DEL MANEJO DE CARGA SECA	14
CARACTERISTICAS DE LOS BARCOS	16
DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO	44
CLASIFICACION DE PUERTOS	49
LAS OPERACIONES EN EL PUERTO	59
ROMPEOLAS	75
REMOLCADORES	115
MUELLES	120
MUELLE DE PILOTE	128
MUELLES DE PILAS	165
MUELLES A BASE DE MURO MILANO	170
INSTALACIONES PARA OPERACION DE BUQUE TANQUES	180
DRAGADO	191

MANEJO DE CARGA EN LOS PUERTOS:

A N T E C E D E N T E S:

A un puerto convergen como mínimo dos modos de transporte.- En lo general son del orden de cuatro; vía marítima, ferrocarril, autotransporte y vías fluviales, otros casos son -- los ductos para el manejo de fluidos.

La coordinación de las operaciones de transbordo de mercancias del sistema de transporte marítimo al terrestre y viceversa, hàcen del puerto una entidad compleja, formada por - fases y subfases, cada una de las cuales tiene una función específica en el transbordo de la carga.

La complejidad es mínima en el caso de mercancias tales como el petroleo, que se bombea por oleoductos con muy poca in-- tervención manual y poco uso de equipo de manejo de carga.- La complejidad máxima se presentará en el caso de carga ó - descarga de buques de carga general, que pueden estar formados por cientos de paquetes distintos de productos manufacturados ó semielaborados, enviados por un sin número de comerciantes, Algunos de estos bultos pueden ser fragiles; otros pueden ser perjudicados por el calor, el frio o la humedad, muchas mercancias pueden ser de gran valor aumentando el riesgo de hurto; productos agricolas ambasados; productos quimicos suceptibles a contaminar otras cargas, etc.

La complejidad aumenta cuando se desconoce la fecha del arr bo de los buques al puerto, entorpeciendo la coordinación --

con los otros modos de transporte.

En cualquier puerto, el manejo de la carga general fraccionada es bastante más onerosa que la del petroleo ó los minerales.

La importancia de los puertos estriba en su contribución en - los costos de terminal marítima, como parte de la cadena del - transporte en la distribución de mercancias, que influyen en - su precio de venta. El puerto en general y las diversas terminales marítimas en particular representan un eslabón de dicha cadena.

El nivel de los costos de terminal dependen de la eficiencia - del puerto y de los salarios que perciben los obreros portuarios. La ineficiencia en un puerto propicia una mayor estadia de los barcos en puerto que se reflejará en un aumento del costo de transporte marítimo.

En los países industriales, aún teniendo puertos relativamente eficientes, los costos salariales son muy elevados, la manera de obtener disminuciones importantes en los gastos del transporte marítimo, es mediante una reducción del monto de la mano de obra en la terminal.

El el caso de manejo de graneles secos, se construyeron buques especializados, en el manejo de petroleo, se utilizan bombas de mayor potencia que reducen el tiempo del barco en puerto. Para

la carga general se inició la unitarización de la carga a fin de manipular bloques de carga mediante el agrupamiento de bultos y paquetes. Para la unitarización de la carga se emplearon tarimas (Pallets) con la carga flejada permitiendo con ello un aumento en el rendimiento, siendo transportados en barcos convencionales de carga general.

Posteriormente para reducir aún más, el costo de la mano de obra, emplearon cajas de determinados tamaños que permitian la unitarización de la carga en grandes bloques. Estas cajas denominadas contenedores, primeramente fueron transportadas en barcos de carga general modificados y alijados y estibados con grúas del propio barco. Este sistema evolucionó y actualmente se cuenta con terminales especializadas para el manejo de contenedores con grúas en tierra y barcos especializados.- Este sistema iniciado en los países industriales, se a reflejado en los países como el nuestro que ya cuenta con terminales en los puertos de Lázaro Cárdenas, Mich., Veracruz, Coatzacoalcos, y Salina Cruz.

El establecimiento de terminales para el manejo de contenedores provoca una desocupación, lo que se compensa con la creación de trabajos auxiliares como son, limpieza y fumigación, la reparación de contenedores, etc.

Para que una terminal de contenedores, sea eficiente y económica, se precisa de grandes inversiones en instalaciones es-

ciales, cuya viabilidad económica a de basarse en función del volúmen previsto de carga a manejar y el grado en que esa carga permita el uso de contenedores en ambos sentidos del tráfico, es decir, en importancia y exportación, ya que el tráfico unidireccional acentúa el coeficiente vacio de los equipos.

Para los importadores y exportadores hay la posibilidad de escoger diferentes puertos para el manejo de sus mercancias. Estos puertos pueden hacerse la competencia ó bien trabajar en asociación especializandose cada uno en determinados tipos de carga. La elección del puerto para el manejo de sus mercancias depende de varios factores. El más importante es el costo relativo que supone para los comerciantes el envio de sus mercancias a cada uno de los puertos, con las operaciones de carga y descarga correspondiente. Los costos de transporte pueden guardar una estrecha relación con los costos reales de los medios e instalaciones de transporte, ó bien depender de la fijación de tarifas que se utilice en el sistema de transporte, ya que en este último caso, las líneas navieras, absorven parte del costo del transporte terrestre de las mercancias, en zonas distantes al puerto. En este caso se presenta un traslape de la zona de influencia (zona geográfica de la que reciben y a la que envian mercancias por via terrestre).

Para el mejoramiento de los puertos, es importante determinar de que manera se distribuyen los beneficios derivados de ese mejoramiento. Aparte de las mejoras obtenidas mediante cambios

administrativos para mejorar el rendimiento es necesario realizar inversiones, las cuales deberán justificarse relacionando el costo y los beneficios directos e indirectos, ya que éstos pueden ir a los navieros en forma de una reducción de las estadias, lo que aumenta la productividad de sus barcos, a los comerciantes en forma de una manipulación más rapida de sus mercancias y una disminución de daños y hurto, también sucede que parte de los beneficios se dirigen fuera del país que ha efectuado las mejoras portuarias como por ejemplo; cuando por el puerto pasa tráfico de otros países además del tráfico nacional.

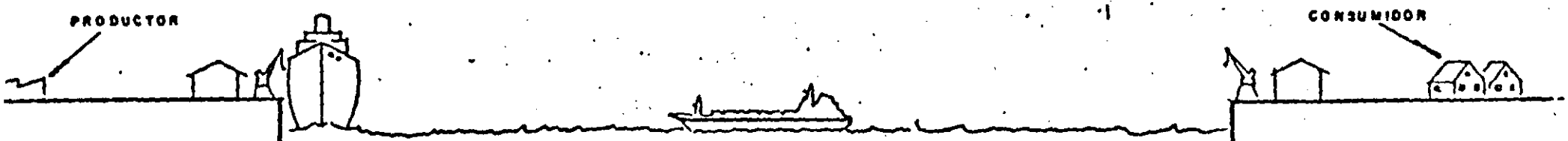
Cuando la carga se transporta en buques cisterna y/o graneleros, ó tramps (sin itinerario fijo), fletados por viaje ó por tiempo, es de esperarse que las mejoras portuarias se reflejen inmediatamente en una disminución de los fletes ó en una reducción de las estadias, las cuales reducen el valor del flete. Cuando el transporte se realiza en gran parte con buques de líneas regulares, por lo general, los beneficios no se reflejan en una disminución del flete a los usuarios nacionales.

Lo anterior obedece a que las "Conferencias Marítimas" (Agrupaciones de compañías navieras que operan en determinadas rutas) prorratean los fletes para un grupo de puertos. En caso de obtener una reducción del flete de las líneas regulares.-

debido a las mejoras en el puerto éste beneficio se comparte con los puertos extranjeros de la zona, que no han realizaco mejoras portuarias.

La máxima eficiencia sería el prestar servicios de puerta a puerta mediante el empleo de los diversos modos de tramporte con un solo responsable en el tránsito de la carga. A esto - se denomina transporte multimodal internacional, en el caso de las mercancias en tráfico de altura. En México ya existe una empresa nacional de transporte intermodal internacional, la cual se creó para prestar este tipo de servicio.

CADENA DEL COMERCIO INTERNACIONAL MARITIMO.



PUERTO A

PUERTO B

TRANSPORTE DE CARGA EN TIERRA

FERROCARRIL
AUTOTRANSPORTE
FLUVIAL
AEREO.

TRANSPORTE MARITIMO

LAS CARGAS A MANEJAR SON:

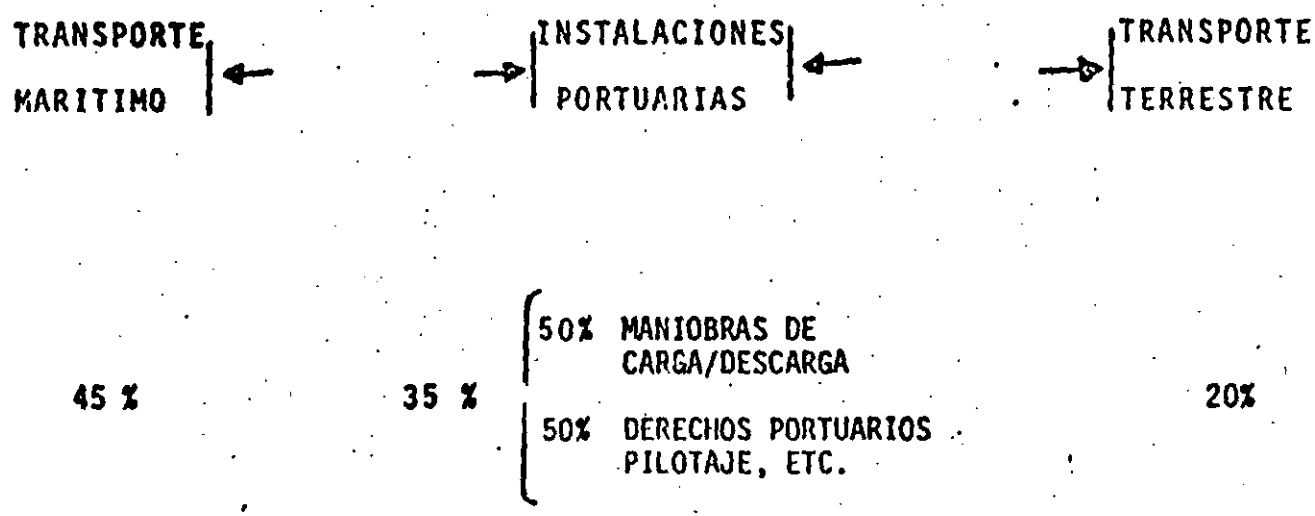
CARGA GENERAL — FRACCIONADA, UNITARIZADA

CARGA SECA A GRANEL — AGRICOLA, MINERALES

CARGA LIQUIDA A GRANEL — FLUIDOS

CARGA PERECEDERA

PASAJEROS



COSTO RELATIVO ENTRE TRANSPORTE MARITIMO, COSTOS DE TERMINAL MARITIMA Y TRANSPORTE TERRESTRE. (SEGUN LA ASOCIACION DE CONGRESOS DE NAVEGACION).

CLASIFICACION DE MERCANCIAS

Una clasificación generalizada para las mercancias consiste en denominarlas como naturales e industriales, y a su vez estas pueden ser: minerales, vegentales y animales.

Desde el punto de vista del transporte marítimo y de las instalaciones portuarias existen varias denominaciones entre otras:

1.- Por su estado físico.
2.- Por la forma de presentación.
3.- Cargas peligrosas.
4.- Por el peso
5.- Por el régimen fiscal.
6.- Por su valor.

1.- **Por su Estado Físico.-** Se dividen en sólidos, liquidos y gaseosos. Esta clasificación se refiere a la forma en que serán transportados, es decir que ciertos liquidos gases embasados de barriles, bidones ó latas se considerán cargas sólidas.

Los liquidos y gases transportados a granel, es decir en estado suelto, requien barcos especiales para transportar por ejemplo; petroleo y sus derivados, miel incristalizable, azufre, etc. dichos barcos presentan problemas de estabilidad transversal lo cual se ha tratado de resolver con la construcción de compartimientos.

2.- **Por la Forma de Presentación.-** Pueden ser a granel o por unidades. Las cargas a granel ó sea en estado suelto, requieren para su transporte marítimo, barcos especiales, en donde el propio barco esta diseñado para contener la mercancia tal como se vio en el punto 1. El mismo producto por ejemplo los graneles agricolas cuando se transportan ensacados caen en la clasificación de "por unidades", las cuales se tratarán individualmente tanto en la forma de manipulación como fiscal a través de la documentación

que la ampara como es el conocimiento de embarque. Con relación a la carga clasificada como "por unidades", el convenio de Bruselas de 1924 relativa al conocimiento de embarque especifica: "El conocimiento de embarque expresará las marcas principales necesarias para la identificación de las mercancias, tal como los haya dado por escrito el cargador antes de dar comienzo a su carga a bordo, con -- tal que las expresadas marcas estan impresas o puestas -- claramente en cualquier forma sobre las mercancias no embaladas o en las cajas o embalajes que las contengan, de manera que permanezcan normalmente legibles hasta el término del viaje".

El término embalaje se refiere siempre a la existencia de una emvoltura externa, substancialmente independiente de la mercancia en cuanto a la naturaleza de esta, hay bultos que no requieren embalaje por su especial naturaleza (vehículos, unidades de f.c., piezas pesadas,etc.).

3.- Cargas Peligrosas.-

- Explosivas.
- Corrosivas.
- Inflamables.
- Venenosas.

4.- Por el Peso.- En ligeras y pesadas. En las mercancias a granel se toma en cuenta su peso específico. En las mercancias embaladas, por la relación del peso total de contenido y embalaje, al volúmen total de la unidad de carga. Esta clasificación es importante para tomar en cuenta la capacidad de las grúas de los barcos y de los equipos disponibles para el manejo de la carga en puerto.

5.- Por el Régimen Fiscal.- De cabotaje, gran cabotaje y altura, de transbordo.

6.- Por su Valor.- carga común y carga de valor, las últimas son tales como: correspondencia, metales preciosos, instrumentos de precisión, productos farmaceuticos, etc. El criterio para definir esta clase de mercancias es el valor declarado en la póliza de seguro. El pago del flete es "Ad valorem".

Resumiendo lo anterior, a continuación se presentan dos diagramas de clasificación de cargas.

CLASIFICACION DE CARGAS

1
- SECAS
  - FRACCIONADA
    - PELIGROSA
    - PERECEDERA
    - CONTAMINANTE
  - UNITARIZADA
    - PALETAS
    - CONTENEDORES
      - SECA
      - LIQUIDA
      - PERESEDERA
  - GRANEL
    - MECANIZADO
    - SEMI MECANIZADO
      - PROD. AGRICOLAS
      - MINERALES
- LIQUIDAS
  - GRANEL
    - DUCTOS
      - MIELES
      - PETROLEO
      - GASES
      - PROD. QUIMICOS
      - AGUA

2
- CARGA GENERAL FRACCIONADA
- CARGA GENERAL UNITARIA
  - PALETAS
  - CONTENEDORES
- GRANELES
  - SECOS
    - PRODUC. AGRICOLAS
    - MINERALES
  - LIQUIDOS
    - MIELES, AGUA, AZUFRE, PETROLEO Y PROD. QUIMICOS
- PASAJEROS
- PERECEDEROS
  - PRODUCTOS DEL MAR
  - PRODUC. AGROPECUARIOS

NOTA: 1.- CLASIFICACION UNCTAD
2.- CLASIFICACION [illegible]

CLASIFICACION DE CARGAS EN LOS PUERTOS

- **CARGA GENERAL**
  - FRACCIONADA
  - UNITARIZADA
    - Contenedores
    - Transbordadores
- **GRANELES**
  - LIQUIDOS
    - Petroleo
    - Azufre
    - Miel incristalizable
  - SECOS
    - Minerales
      - Sal
      - Carbón
      - Azufre
      - Manganeso
    - P. Agricolas
- **PERECEDEROS**
  - Productos Agricolas
    - Limón
    - Naranja
    - Ajos, etc.
  - Productos del mar
    - Atun
    - Camaron, etc.

- **PASAJEROS**
  - CRUCEROS
  - CABOTAJE

EVOLUCION DEL MANEJO DE CARGA

1830-1926 ——

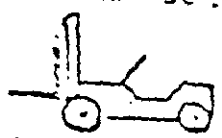
Carga pesada en F.C.

1926-50 ——

Camiones en plataformas de F

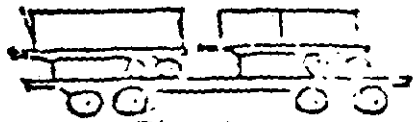
1940 ——

Pallets



Montacargas

1950 ——

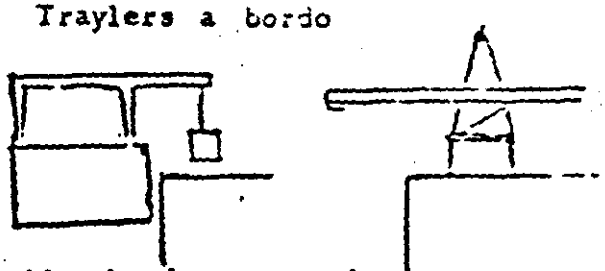


Piggyback

1957 ——

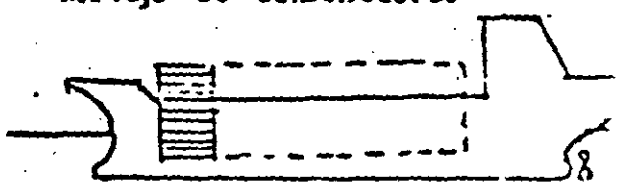
Traylers a bordo

1960 ——



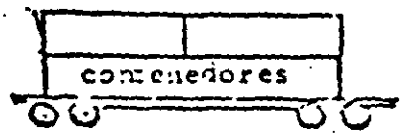
Manejo de contenedores

1965 ——



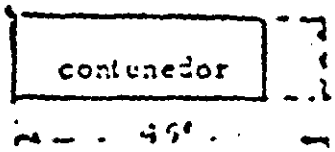
Barcos portacontenedores

1982 ——



F.C.

1983 ——



ASPECTOS BASICOS DE LA PLANEACION DEL TRANSPORTE INTERMODAL.

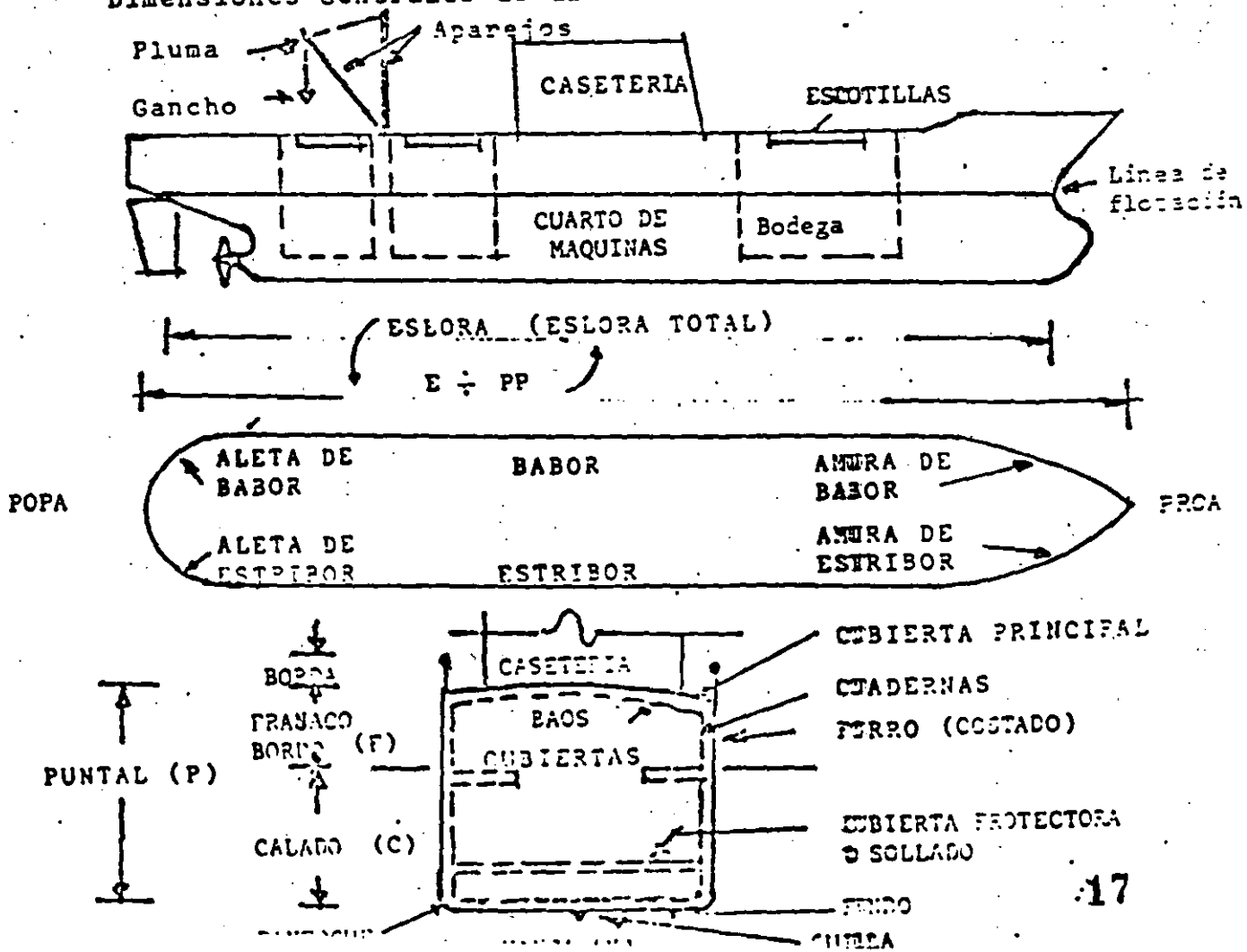
- BARCOS
  - NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES.
  - GEOMETRIA Y CARACTERISTICAS
- PUERTO
  - INSTALACIONES
    - PORTUARIAS
    - VIALIDAD
    - PUERTO-CIUDAD
  - EQUIPO
- TRANSPORTE TERRESTRE
  - ECONOMIA DE LOS TRANSPORTE
    - DUCTO
    - F. C.
    - AUTOMOTOR.
    - BANDAD
    - TRANSPORTE
    - CANALES

CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES Y SU APLICACION EN LA INGENIERIA PORTUARIA:

La evolución de las naves y el perfeccionamiento tecnologi co, propiciado por el incremento del comercio marítimo mun dial a partir de los años 50, se ha reflejado en un mayor tamaño y tipo de navios para el transporte especifico de - carga.

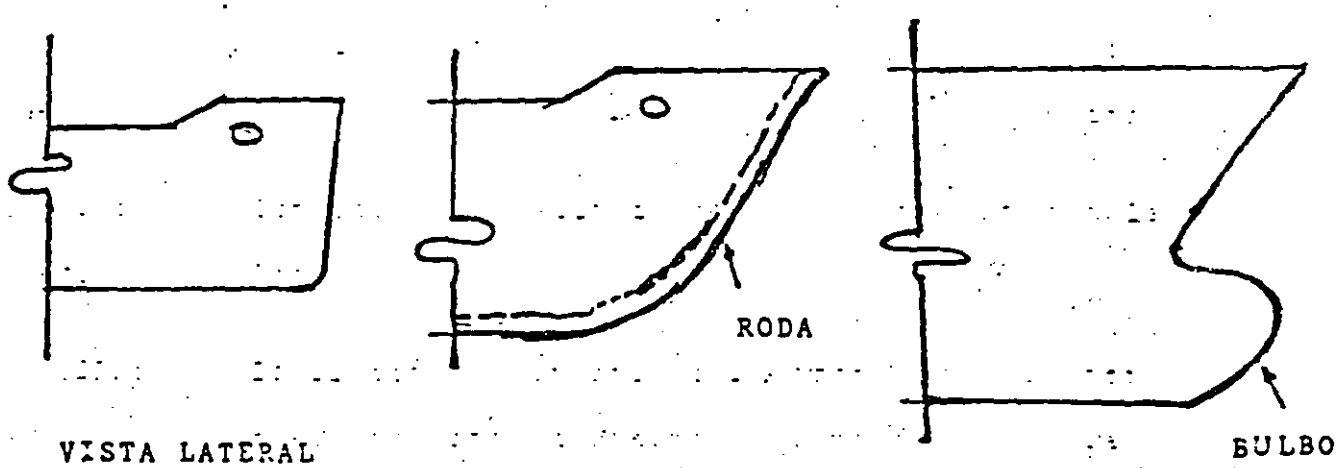
Las características de los barcos, las describiremos para los dos aspectos que interesa al ingeniero portuario. Una para el diseño de puertos y otra para la operación de carga y descarga en puerto.

Dimensiones Generales de una Embarcación:



Descripción de las partes principales de una Embarcación:

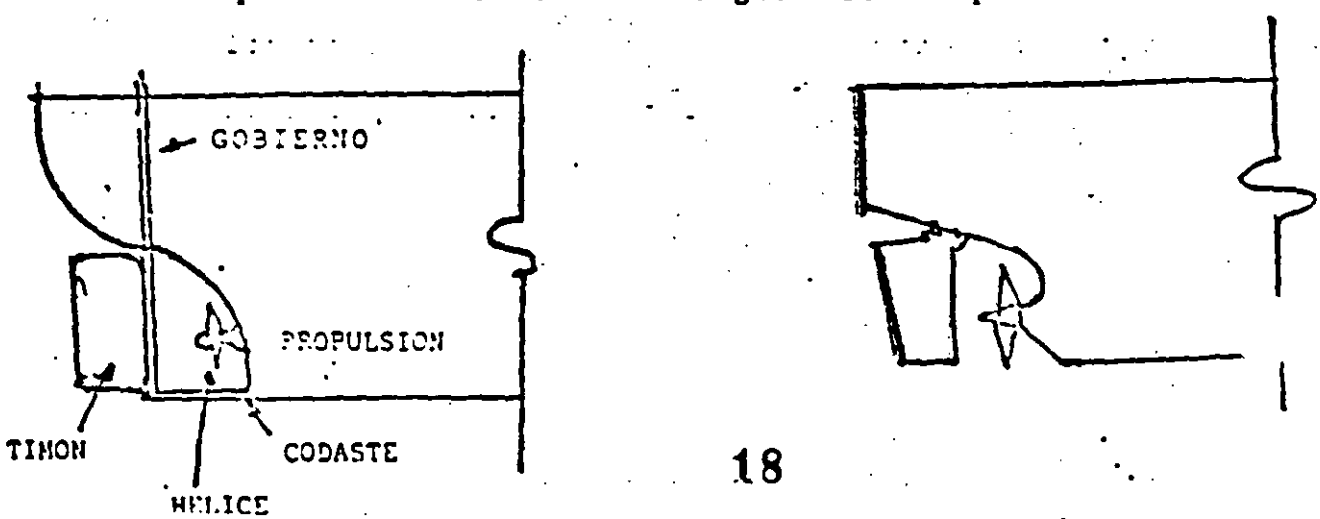
Proa : Es la parte delantera del casco de forma afilada para ofrecer el minimo de resistencia a el agua.
Su forma a evolucionado de la siguiente manera:



VISTA LATERAL

El bulbo que utilizan las embarcaciones modernas es un producto de laboratorio que aumenta la eficiencia hidrodinámica del casco.

Popa : Es la parte posterior del casco con forma y dimenciones tales que faciliten el paso del agua que llena - el vacio provocado por el avance del barco y alojar los elementos de gobierno y propulción. Su evolución la podemos observar en el siguiente croquis.



La parte plana de la Popa facilita la construcción de la nave y reduce la eslora total sin variar la capacidad de carga.

Estribor : Es el costado derecho del casco, considerando al observador viendo de Popa al Proa.

Amura : Son las partes curvas del casco, proximas a la - Proa del barco y serán de Estribor ó de Barbor.

Aleta : Son las partes curvas del casco proximas a la -- Popa.

Quilla : Es la parte principal del casco, formada por una pieza robusta de hierro ó acero fundido que corre longitudinalmente y al centro en la parte inferior del casco y que va de Proa a Popa. En sus extremos se levanta la Roda que forma el extremo de Proa y el Codaste que forma la Popa. Sobre la Quilla descansa el conjunto de todas las demas piezas.

Cuadernas: Piezas curvas afirmadas a la Quilla y normales a ella, que dan forma al buque y sostienen el forro. Se denomina Cuaderna Maestra aquella cuyo contorno limita la mayor superficie que corresponde a la denominada sección maestra.

Cubiertas: Son superficies horizontales, que dividen el interior del barco en varios niveles ó pisos. La superior se denomina principal. La inmediata inferior

se llama habitable y la siguiente "Protectora" - que forma los tanques de agua ó sollado lastre,- en el casco de los buques tanques se tiene unica mente la cubierta principal.

Baos : Son piezas horizontales transversales que complementan el marco formado por las cuadernas y que sirven para apoyo de las cubiertas.

Linea y Superficie de Flotación :

Se denomina linea de flotación a la que separa la parte seca de la mojada del casco y plano de flotación al definido por dicha linea.

Dimensiones de una Embarcación:

Eslora Total ó Eslora (E) : Es la máxima distancia entre las caras externasde la Proa y la Popa. Es decir es la máxima longitud del Barco.

Eslora Entre Perpendiculares (E ÷ PP) : Es la máxima distancia entre las caras externas de la Proa y de la -- Popa, a la altura de la linea de flotación.

Manga (M): Es la máxima dimensión transversal del Buque

Puntal (P): Es la distancia vertical, medida en la sección - maestra, entre la Quilla y la cubierta princip-

Calado (C): Es la distancia vertical medida entre el nivel del agua y el borde inferior de la Quilla. Generalmente el Calado en la Popa es mayor que en la Proa. El Calado de Popa es el que se define como Calado de la Embarcación.

El Calado máximo está referido a la linea de flotación a plena carga. El Calado mínimo es el correspondiente a Barco descargado ó en lastre.

El Calado se ve afectado por la densidad del agua por lo que los costados del barco, tienen pintados unos diagramas que muestran las marcas desde las cuales se determina el Calado en función de la densidad del agua, por la que navega el Barco.

Los diagramas se denominan "Linea de PLIMSOLL".

Franco Bordo (F).- Es la distancia vertical medida en la sección maestra, entre la linea de flotación a plena carga y la intersección de cubierta principal con el costado de la nave.

Desplazamiento (D).- Es el peso del barco, es decir, el peso del volúmen de agua desalojado por el barco, se mide en toneladas métricas.

Desplazamiento en rosca. - es el peso del buque al ser botado al agua, incluye el peso completo del casco con sus accesorios, maquinaria, calderas, turbinas, incluyendo lubricantes y agua.

Desplazamiento en lastre.- Es el peso de la nave, listo para navegar, incluye combustible, agua, lastre, etc. pero sin carga.

Desplazamiento en carga.- Es el peso del barco, listo para navegar y con la máxima carga que es capaz de transportar.

Arqueo.- Es una medida concencional para determinar la capacidad ó volúmen de la nave. La tonelada de arqueo ó tonelada moorson, equivalente al volumen de 100 pies cúbicos, ó 2,832 m3.

Arqueo Bruto ó Tonelaje de Registro Bruto.- Es el volúmen total de los espacios internos de la nave, incluyendo camarotes, despensa, etc. El valor del tonelaje bruto sirve de base para determinar el precio de los barcos, las primas de navegación, los precios de construcción naval, los precios de varado ó carena y el pago de derechos porturarios, para fijar la tripulación reglamentaria, etc.

Arqueo Neto ó Tonelaje Neto de Registro (TONR).- Es el volúmen de la parte del buque destinado a la carga (carga que paga transporte). Se obtiene deduciendo del arqueo bruto, el volúmen de espacios necesarios para el servicio, tales como, alojamientos de tripulación, espacios de máquinas y calderas, etc.. Con respecto al T N R, se pagan derechos portuarios, cruce por canales (PANAMA, SUEZ, ETC.) ta-

rifa de practicaje, estadisticas de navegación, etc.

Capacidad de Carga.- Se define como toneladas de peso muerto - (T P M).

Peso Muerto, (T P M).- Da una idea aproximada de la capacidad de carga en peso del barco. El peso muerto se compone de la carga, combustible, agua, víveres, lubricantes, efectos de consumo y tripulación .

El peso muerto se obtiene restando el desplazamiento en rosca al desplazamiento total.

Porte.- Es el peso de la carga que transporta la nave.

Porte Bruto.- Es el peso del volúmen de agua desplazada al pasar el barco, de las condiciones de "Desplazamiento en Rosca", a las de desplazamiento en - carga, es decir es el peso que es capaz de transportar el buque.

Porte Neto.- Es el peso del desplazado, al pasar el barco de las condiciones "Desplazamiento en Lastre" (incluye dotación de agua, combustibles, víveres, - tripulación, etc.), a las de plana carga (desplazamiento en carga). Es decir, es el peso de la "Carga Comercial" que puede transportar la nave.

. oyd's Register of Shipping

No. 00215

CERTIFICADO INTERNACIONAL DE FRANCOBORDO (1966)
INTERNATIONAL LOAD LINE CERTIFICATE (1966)

Expedido en virtud de las disposiciones del Convenio Internacional de 1966, sobre Lineas de Carga, en nombre del Gobierno de la República de Panamá, por la Lloyd's Register of Shipping.

Issued under the provisions of the International Convention on Load Lines, 1966, under the authority of the Government of the Republic of Panama by Lloyd's Register of Shipping.

Nombre del Buque *Name of ship*	Número o letras distintivas *Distinctive number or letters*	Puerto de registro *Port of Registry*	Eslora (L) definida en el artículo 3 (2) *Length (L) as defined in Article 3 (2)*
"GRAY ANTAEUS"	HO 6409	PANAMA	23.906 m.

Francobordo asignado como: *Buque nuevo [illegible]
Freeboard assigned as: A new ship [illegible]
Tipo de buque: *[illegible] *Type B [illegible]
*Type of ship: [illegible] *Type B [illegible]*

*Tache lo que no corresponda
Delete whatever is inapplicable

Francobordo medido desde la línea de cubierta
Freeboard from Deck Line

Tropical *Tropical*	263	mm (T)
Verano *Summer*	335	mm (V)
Invierno *Winter*	407	mm (I)
Atlántico Norte Invierno *Winter North Atlantic*	457	mm (AN)
Madera, Tropical *Timber Tropical*		mm (MT)
Madera, Verano *Timber Summer*		mm (MV)
Madera, Invierno *Timber Winter*		mm (MI)
Madera, Atlántico Norte Invierno *Timber Winter North Atlantic*		mm (MAN)

Situación de la línea de carga
Load Line

72	mm por encima de (V) *above (V)*

Borde superior de la línea situado a la altura del centro del anillo
Upper edge of line at the level of centre of ring

72	mm por debajo de (V) *below (V)*
122	mm por debajo de (V) *below (V)*
	mm por encima de (MV) *above (MV)*
	mm por encima de (V) *above (V)*
	mm por debajo de (MV) *below (MV)*
	mm por debajo de (MV) *below (MV)*

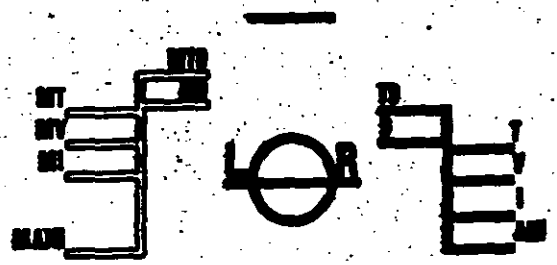
NOTA: Los francobordos y líneas de carga que no sean aplicables no necesitan ser mencionados en el certificado.
Note: Freeboards and load lines which are not applicable need not be entered in the certificate.

Reducción en agua dulce para todos los francobordos, diferentes del de madera 54 mm
Allowance for fresh water for all freeboards other than timber

Para el francobordo para madera _____ mm
For timber freeboards

El borde superior de la marca de la línea de cubierta, desde el cual se miden estos francobordos está a 400 mm
The upper edge of the deck line from which these freeboards are measured is

below top of steel upper de la cubierta en el costado.
deck at side



Se certifica que este buque ha sido visitado y que han sido asignados los francobordos y se han marcado las líneas de carga anteriormente indicadas de acuerdo con lo dispuesto en el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966.

This is to certify that this ship has been surveyed and that the freeboards have been assigned and load lines shown above have been marked in accordance with the International Convention on Load Lines, 1966.

Fecha de la visita inicial o periódica 31st October 1983
Date of initial or periodical survey

Este certificado es válido hasta 30th October 1988 sometido a inspecciones periódicas de conformidad con
This certificate is valid until subject to periodical inspections in accordance with

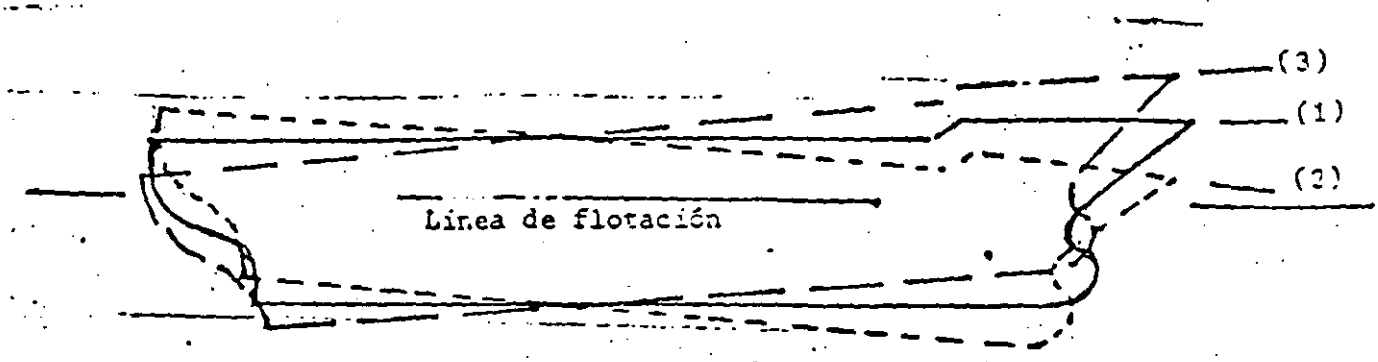
Artículo 14 (1) (c) del Convenio.
Article 14 (1) (c) of the Convention.

24

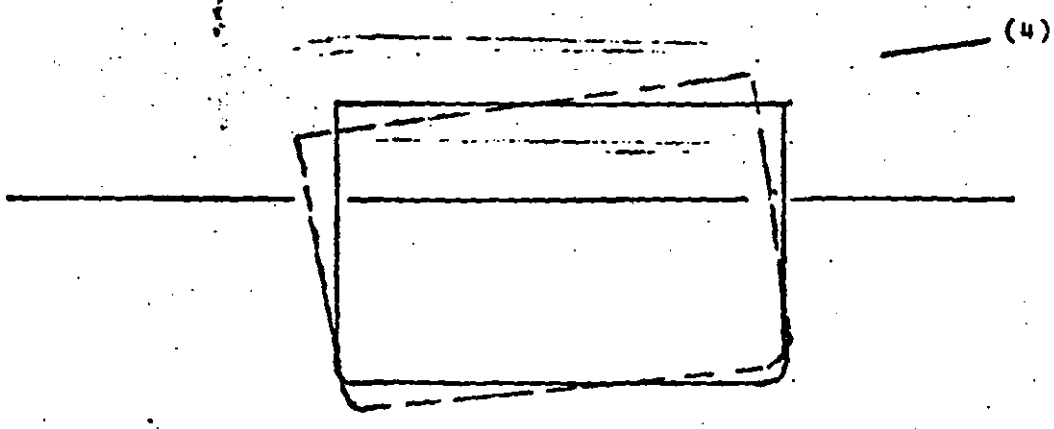
Expedido en Londres el 19th June 1984
(Fecha de expedición)
(Date of issue)

[illegible] en nombre del Gobierno para expedir este certificado

Movimientos de una embarcación :

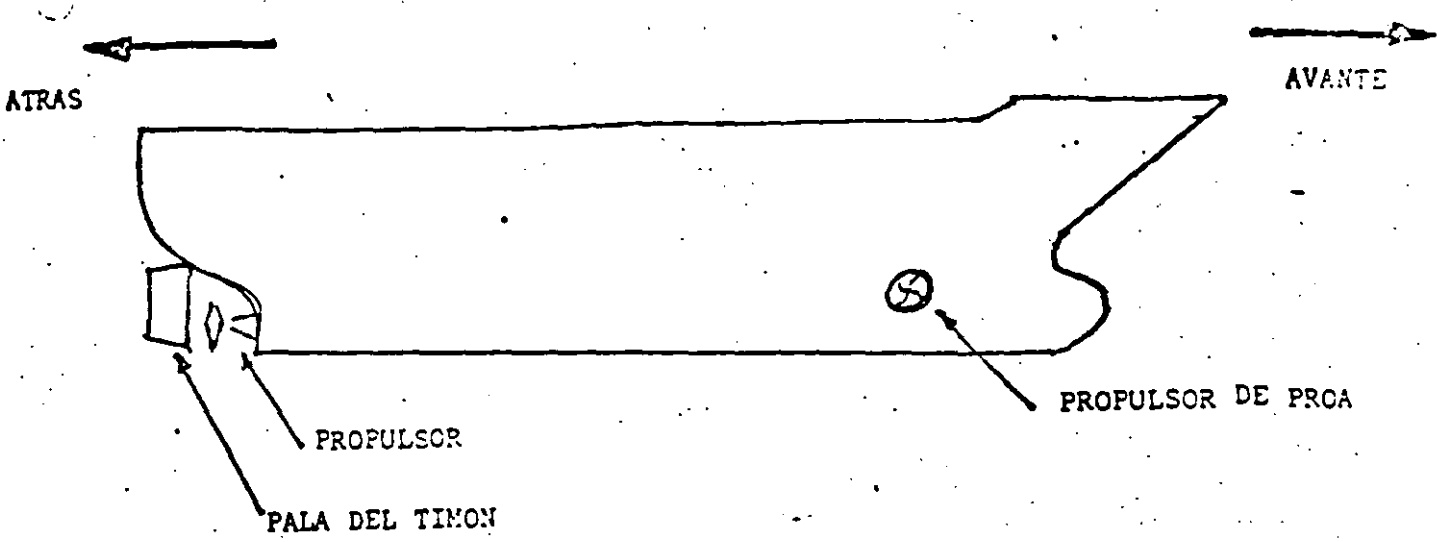


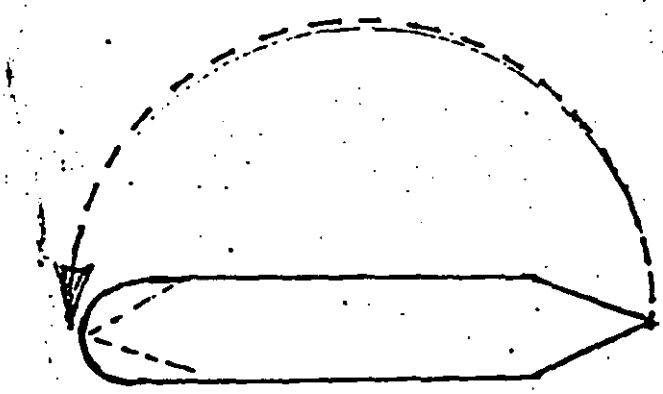
(1) Adrizado .- Cuando la embarcación tiene el mismo calado en proa y po
(2) Encabuzado .- Cuando la embarcación tiene un mayor calado en proa que c
(3) Sentado .- Cuando la embarcación tiene un mayor calado en popa que en



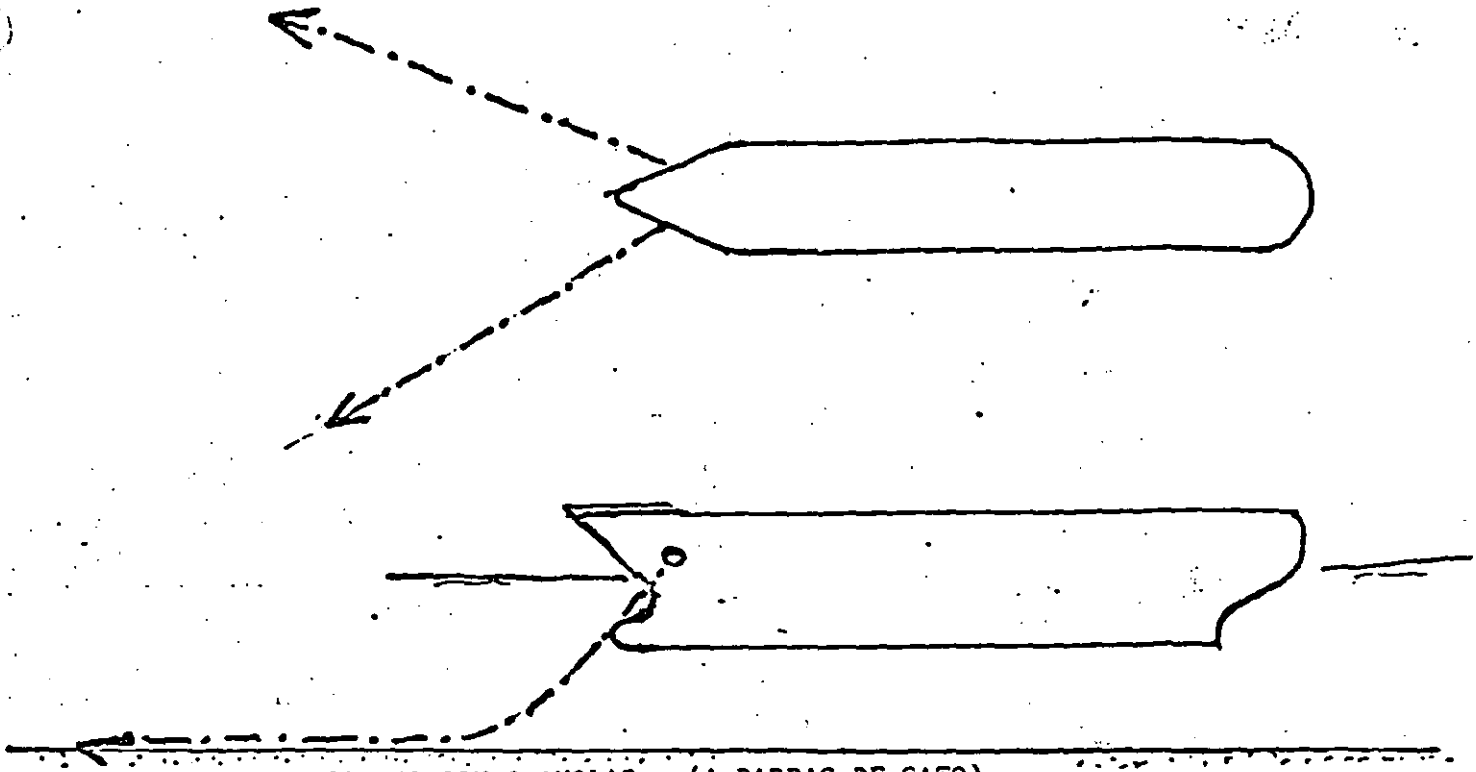
Banda.- Cada una de las mitades del barco, a partir de su eje longitudinal

(4) Escorado.- Inclinación que la embarcación puede sufrir hacia la banda de babor o estribor.

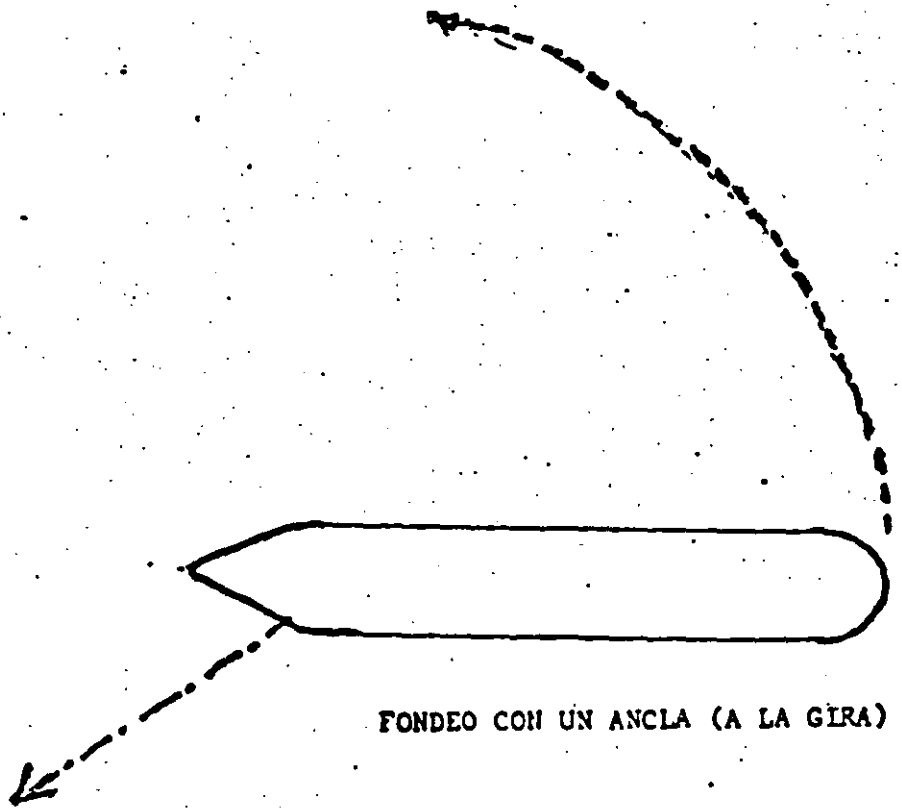




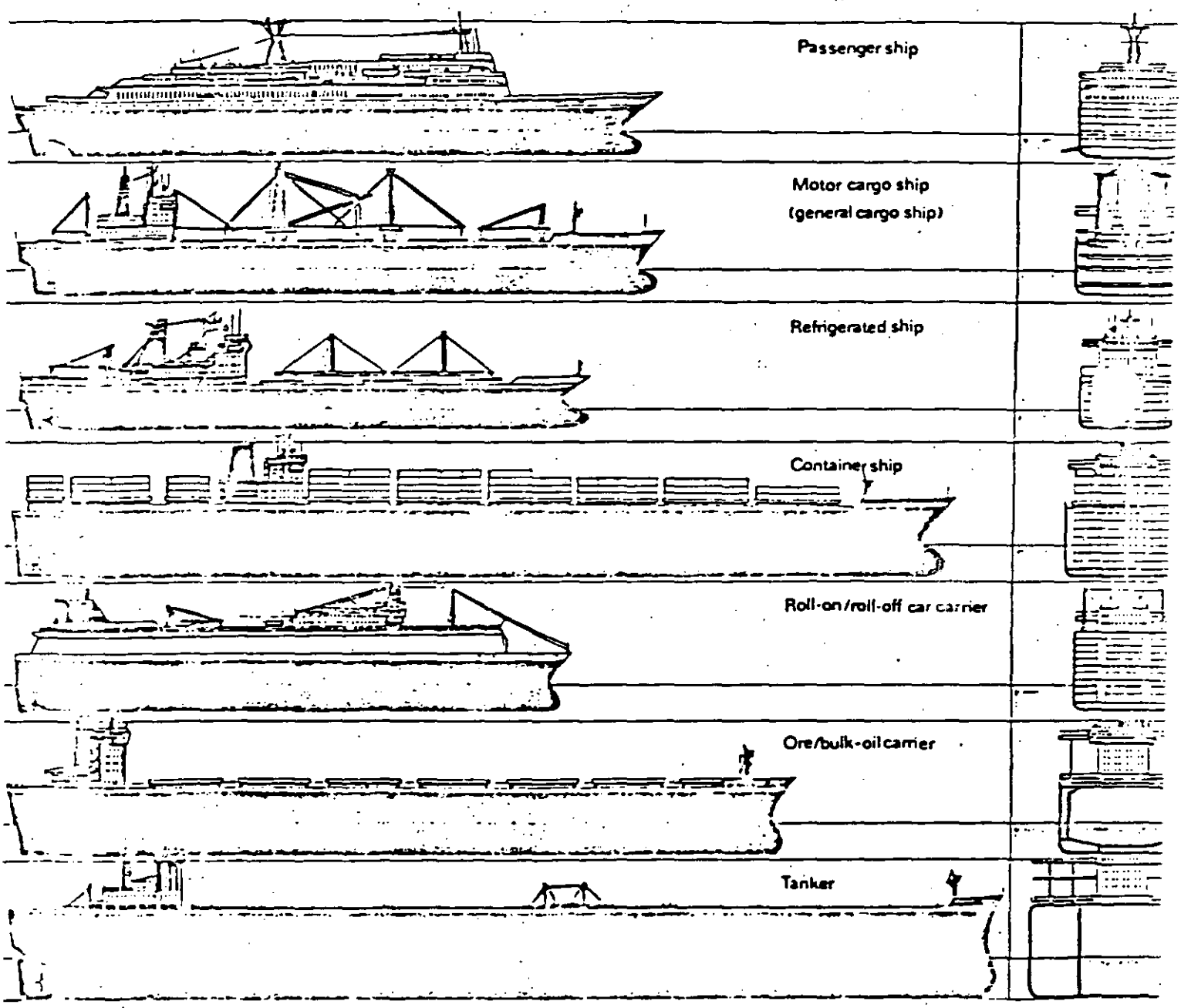
CIABOGA



FONDEO CON 2 ANCLAS (A BARBAS DE GATO)



FONDEO CON UN ANCLA (A LA GIRA)



q 41 Side elevations of the principal types of merchant ship.

CLASIFICACION DE EMBARCACIONES

IPO DE SERVICIO	POR SU TRAFICO	POR TIPO DE BARCO	POR LA CARGA TRANSPORTADA	POR EL EQUIPO DE MANEJO DE CARGA
L I N E A ITINERARIO FIJO)	ALTURA	DE CARGA GENERAL	DE CARGA MIXTOS { CARGA / PASAJE } PORTA PALETAS	{ CONVENCIONAL / CON PLUMA REAL }
		PARA CARGA UNITARIA	TRANSBORDO POR RODADURA-TRANSBORDADORES (ROOL ON ROLL OF)	{ CON RAMPA / SIN RAMPA }
			PORTA-CONTENEDORES (LIFTON/ LIFTOF	{ CON GRUAS A BORDO (1° Y 2°-GENERACION / SIN GRUAS (2° Y 3° GENERACION) }
		GRANELEROS	PORTA BARCAZAS { LASH / SEA BEE }	
	CABOTAJE			
		PASAJEROS		
T R A M P A S/ITINERARIO)				
		PESQUEROS		
	GRAN CABOTAJE			
		PERECEDEROS		

FLETE MARITIMO.

El flete (costo del transporte) en el caso del marítimo, - depende de multiples factores, dentro de los cuales influ- yen en una parte importante el costo del barco, las distan cias del transporte, la posibilidad de utilización de gran des barcos, el transporte de mercancias de ida y vuelta y la situación del mercado de fletes.

Para determinar las características del barco óptimo para un transporte de carga determinado, influye la distancia a recorrer, el volúmen anual a transportar, profundidad en - la terminal, etc. Para dar una idea del costo del transpor te se podrá observar la siguiente gráfica, nos proporciona el costo del transporte marítimo (viaje redondo) de acuer- do con la capacidad de la embarcación utilizada.

Los armadores, o propietarios de las embarcaciones obtienen el nivel de los fletes tomando en cuenta, entre otros facto res, el valor de construcción de embarcaciones, los cuales para dar una idea, a continuación se mencionan, a precios - de 1973.

Las estadias en puerto de una embarcación también influye en la fijación de los fletes marítimos, a continuación se in dican las tasas de renta diaria de algunas embarcaciones -- (datos de 1973).

BARCOS GRANELEROS: (BULK CARRIER)

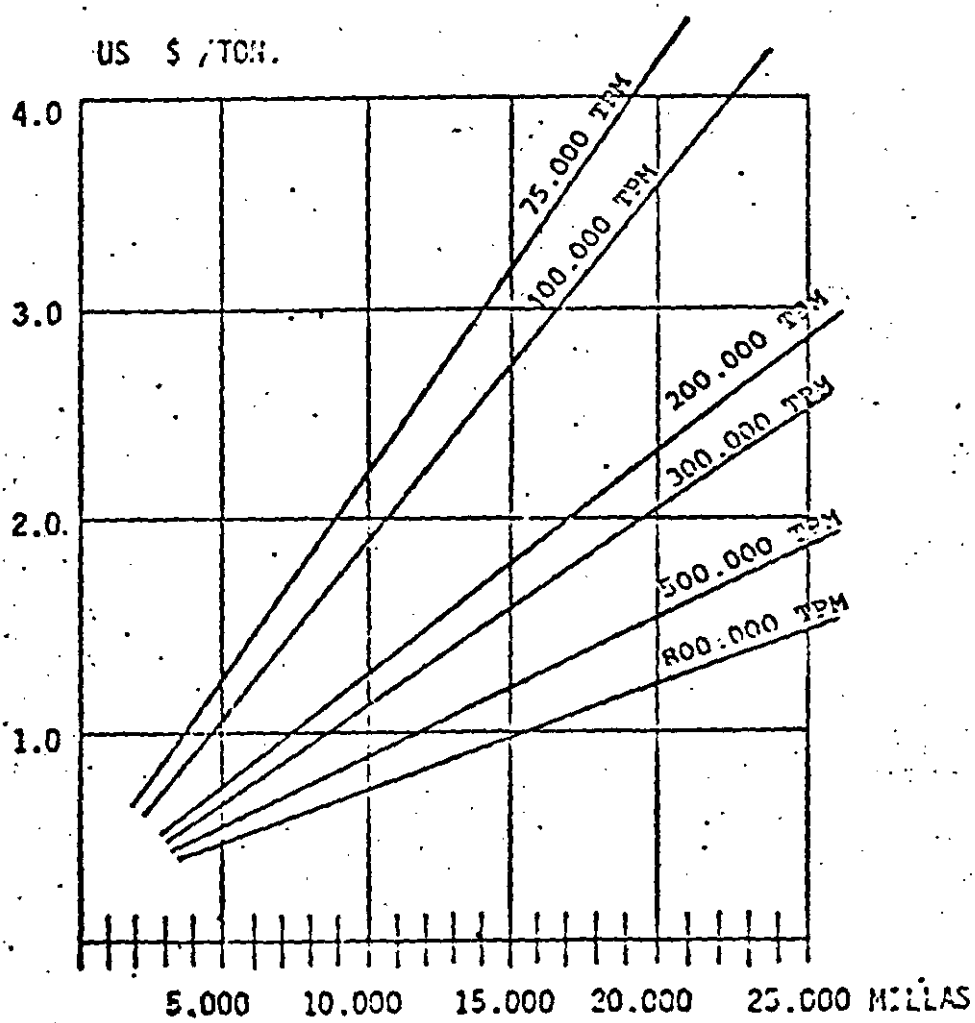
Estos barcos se clasifican principalmente en mineraleros y para graneles agricolas.

Los mineraleros han evolucionado hasta llegar actualmente las 300,000 TPM y requieren instalaciones especializadas -- para las operaciones de carga y/o descarga en puerto.

En varios países se han establecido siderurgicas en zonas - portuarias para aprovechar la economía de escala que representa la utilización de barcos de gran porte, En el caso de México se tiene previsto recibir barcos de 100,000 TPM, en Lázaro Cárdenas, aunque actualmente arriban de 70,000. En - el puerto proyectado del Ostión, se pretende connstruir muelles para barcos de 100/150,000 TPM.

Los barcos para graneles agricolas requieren también instalaciones especializadas para sus operaciones en puerto. -- Cuando se utilizan las terminales de carga general para la carga/descarga, se emplean barcos de hasta 30000 TPM. Cuando se cuenta con instalaciones especializadas con muelles y silos, se puende emplear embarcaciones de 40/50000 Ton.. En México operan terminales graneleras en el puerto de Veracruz, con 12 m. de profundidad, en Guyamas con 10 m. y ---- aproximadamente en Lázaro Cárdenas con 14 m. de profundidad.

COSTOS DE TRANSPORTE DE PETROLEO



(J.B. PARGA)

NOTA: Los valores son indicativos.

Para profundidades del orden de los 6 m. en puertos fluviales, operan barcazas de 10/25000 TPM auto-descargables o sin equipo abordo, que permiten el manejo de granos con una alta eficiencia y que se utilizan en distintas medidas como entre el Misisipi y Tampico, Tuxpan y Alvarado.

Otro tipo de barco para cargas a granel, son los barcos termo para el transporte; por ejemplo: de azufre líquido, cuyas -- operaciones son a altas temperaturas. México exporta en esta forma parte del azufre vía puerto de Coatzacoalcos.

Cuando los países importadores no cuentan con instalaciones - adecuadas para la recepción de este tipo de barcos, el azufre se transporta en graneleros convencionales de granel seco.

Evolución de la Flota Mundial de Graneleros (Solidos)

Para el transporte de productos agricolas se utilizan graneleros que comunmente se les denomina "Graneleros". Para el granel mineral se denominan "Mineraleros". Estos últimos pueden ser mineraleros "puros" o combinados es decir que pueden transportar minerales en un sentido del trafico y regresar con petroleo, con el objeto de obtener flete. A este tipo de barcos se les denomina por las siglas OBO (Ore - Bulk - Oil)

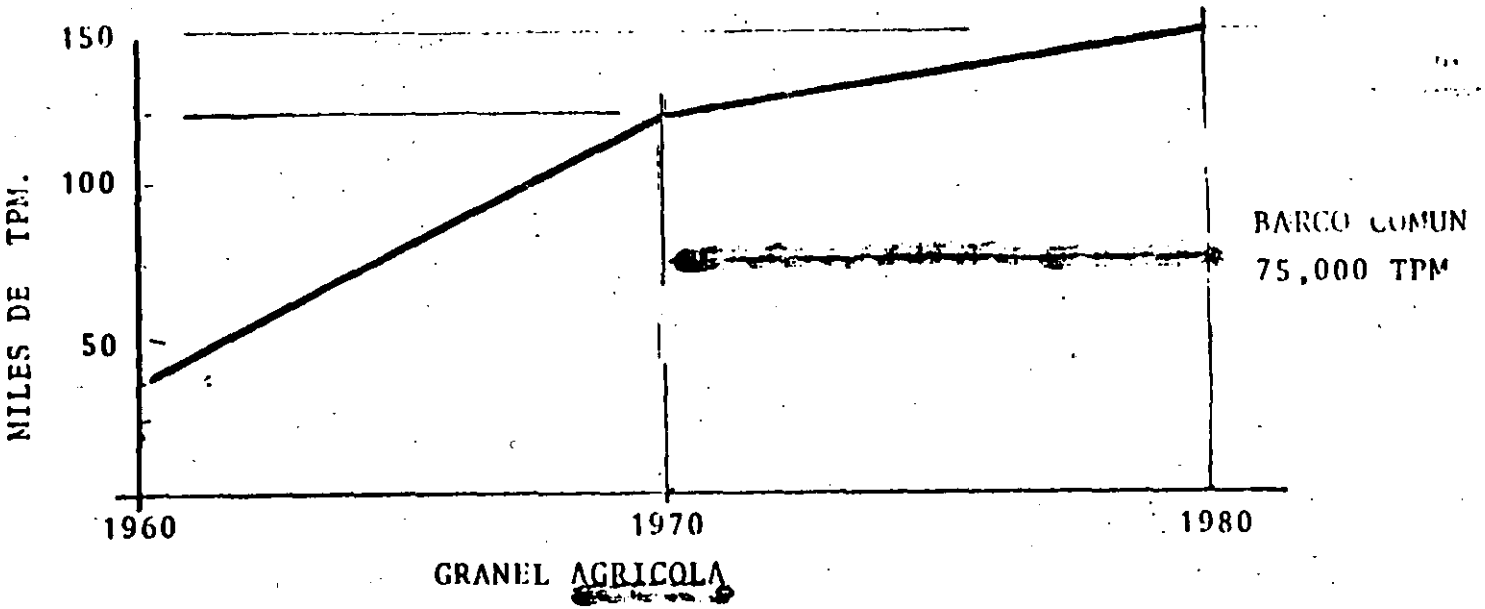
	Graneleros		O B O	
Años	Núm.	T.R.B. (en Millones)	Núm.	T.R.B. (en Millones)
1970	2.321	38,3	207	8,3
1972	2.754	48,4	294	15,1
1973	2.954	53,1	349	19
1975	3.308	61,8	407	23,7
1976	3.513	66,7	419	25,0
1977	3.887	74,8	426	26,1

La tendencia de los buques graneleros es de aumentar sus dimensiones dado que el costo del transporte se reduce al emplear embarcaciones de gran porte, no obstante el aumento en el costo de instalaciones en puerto.

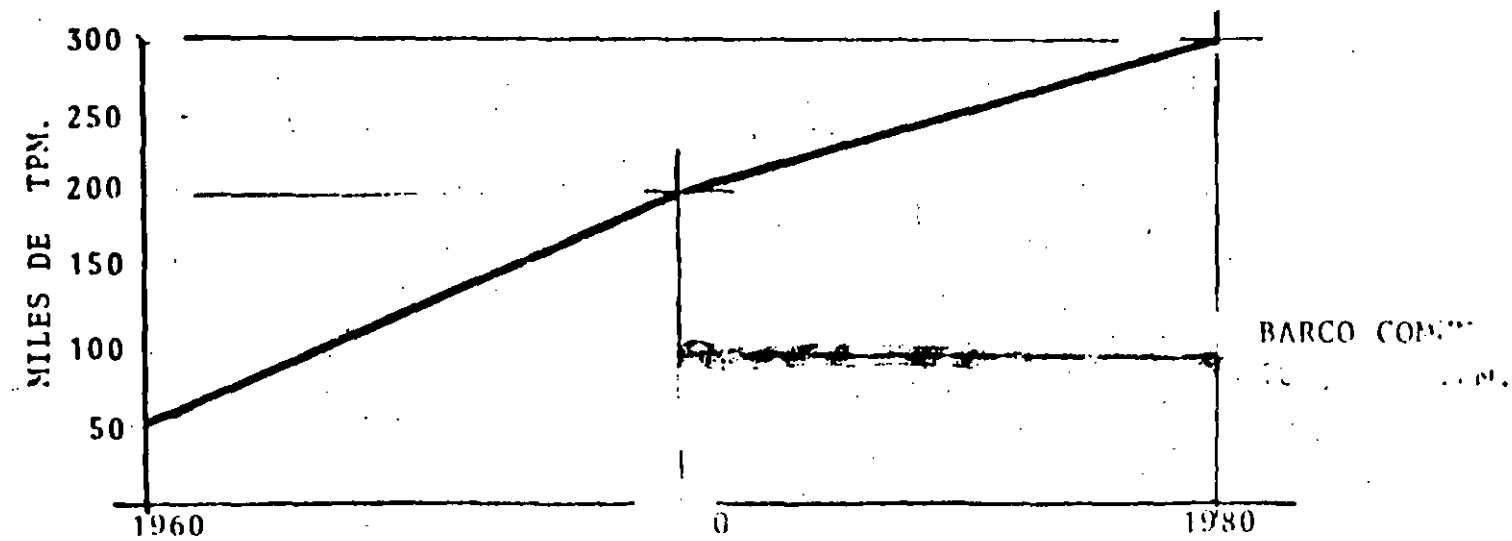
BARCOS GRANELEROS

PESO MUERTO (TON)	DESPLAZA MIENTO (TONS)	ESLORA (m.)	MANGA (m.)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5
6,000	8,000	118	16.8	8.3	6.9
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.6
80,000	106,667	259	36.6	19.9	13.2
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5

EVOLUCION DE TONELAJE DE BARCOS



GRANEL AGRICOLA



GRANEL MINERAL

BARCOS TANQUE.

La tendencia de tamaño de éstos barcos quedo en la ingeniería del detalle de barcos de 1 000 000 TPM., con la apertura del canal de Suez en 1970 propicio la estabilización en el tamaño a 500,000 TPM.. El barco tipo mundial mas comun en esta época es del orden de 250,000 TPM.

Debido a que la evolución en el tamaño de los tanques a ido por delante de los puertos se ha diseñado un sistema a base de manoboyas para la carga y descarga de este tipo de barcos en mar abierto. La evolución de los tanques de 100,000 a 500,000 TOPM., se desarrolló en una decada; una monoboya considerada una instalación provisional, requiere de 8 a 12 meses para su inicio de operaciones mientras que un puerto para barcos de 250,000 TPM., requiere en terminos generales de 8 a 10 años para su planeación y construcción. En México existen monoboyas para 250,000 TPM., en Coatzacoalcos, Dos Bocas y Salina Cruz, en un futuro se contará con puertos adecuados en Dos Bocas y Salina Cruz.

Para el gran cabotaje, vía canal de Panama para efectuar tráfico entre las costas del Golfo de México y y el Pacífico, se emplean barcos tanque denominados "Panamax" con 70/80000 TPM. como máximo.

Los buques tanque requieren para navegar con seguridad de 1/3 de su capacidad de carga ó peso muerto y sus bombas para carga/descarga tienen una capacidad de 1/2 de su capacidad por hora.

Existen barcos con lastre limpio ó segregado y sucio, en los primeros el lastre (agua de mar) esta alojado en tanques específicos para este fin. Los segundos utilizan los tanques - donde se transporta el producto, lo que da la denominación de lastre sucio y se requerirá contar con instalaciones para el deslastre en puerto o en monoboya en los puertos de países exportadores de productos petroleros. Estas instalaciones consisten en tuberias de conducción y fojas de deslastre en las cuales se recupera el aceite contenidoen el agua de lastre.

Existen barcos mixtos denominados O.B.O. (ore, Bulk, Oil) - que transportan ya sea petroleo ó minerales para aprovechar los viajes de ida y regreso cuando es necesario, por ejemplo: exportar petroleo e importar carbón, con lo cual se obtiene una gran economía en fletes marítimos.

Evolución de la Flota Mundial de Graneles Liquidos.

La carga generalmente transportada de este grupo, es el petro leo y sus derivados. La denominación de este tipo de naves es buquetanque ó petroleo.

En los años 40's el barco tipo era del orden de las 15,000 - T.P.M.

En los 50's de 50,000 T.P.M. . A partir de 1960 se inicia la construcción de grandes petroleros, tales como:

1966.- "Tokyo Maru" de 151,252 T.P.M.
1968.- "Universe Ireland" de 326,585 T.PM.
.- E = 346 m. ; M = 53.3 m. C = 24.8 m.
1975.- "Globtik London; de 483,939 T.PM.
.-E = 360 m; M = 62 m. ; C = 28 m.

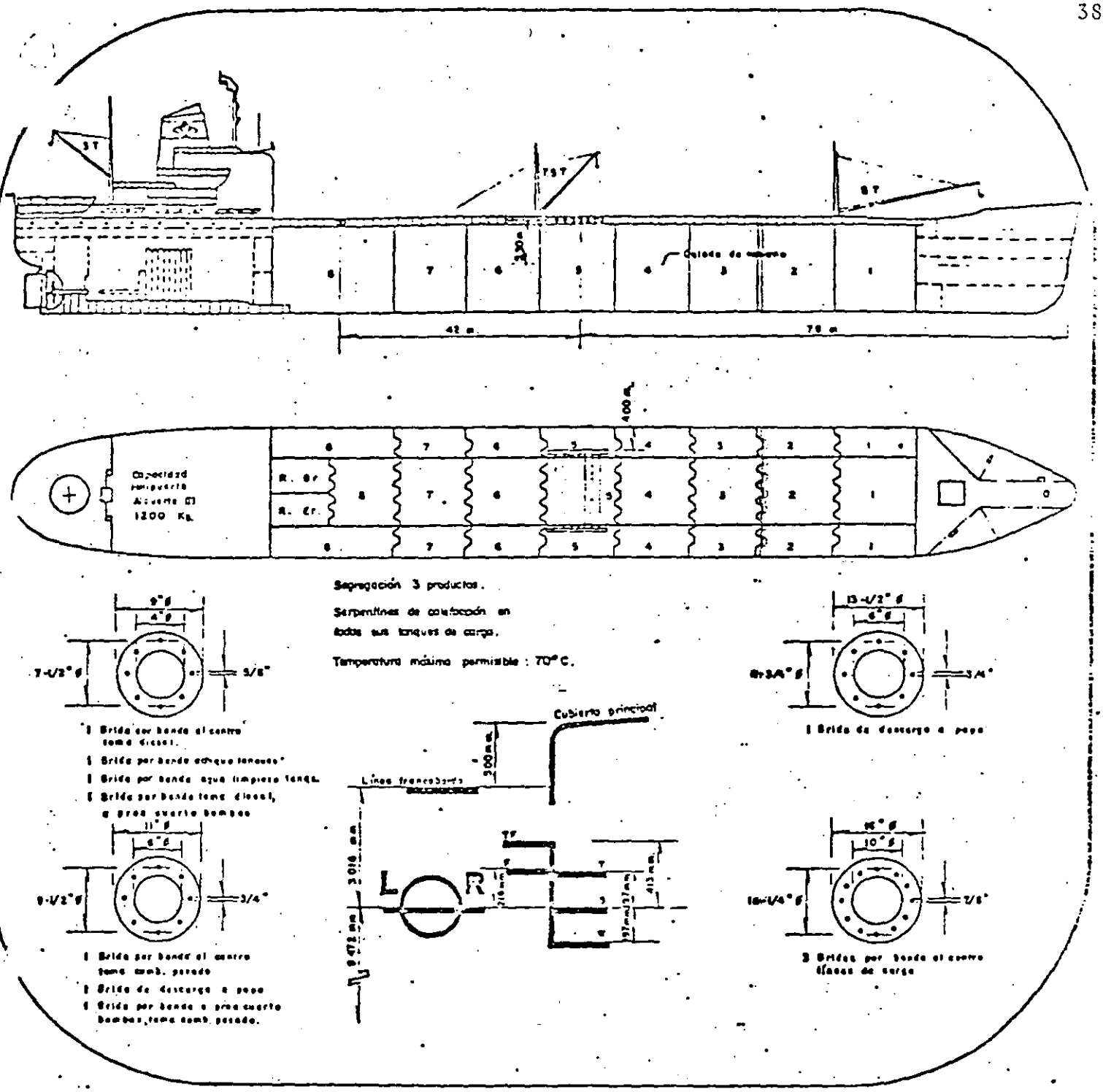
La flota mundial de tanques y barcos especializados para el -- transporte de gas licuado y productos químicos es como sigue:

	Tanques		Gas Licuado	
Años	Núm.	T.R.B. (En Millones)	Núm.	T.R.B. (en Millones)
1970	6.103	86,1	504	1,8
1972	6.462	105,1	582	2,4
1973	6.607	115,4	624	2,9
1975	7.024	150,1	858	4,0
1976	7.020	168,1	920	4,7
1977	6.912	174,1	985	6,2

El incremento notable en este tipo de barcos no ha correspondi do a la construcción de puertos de aguas profundas, por lo que

se ha tenido que idear instalaciones alejadas de la costa, tales como las monoboyas que permiten la carga/descarga de este tipo de barcos.

A la fecha este tipo de barco se ha estabilizado en medio millon de T.P.M. para los de mayor tamaño y el de 200,000 a 350,000 T.P.M. como el optimo operacionalmente.

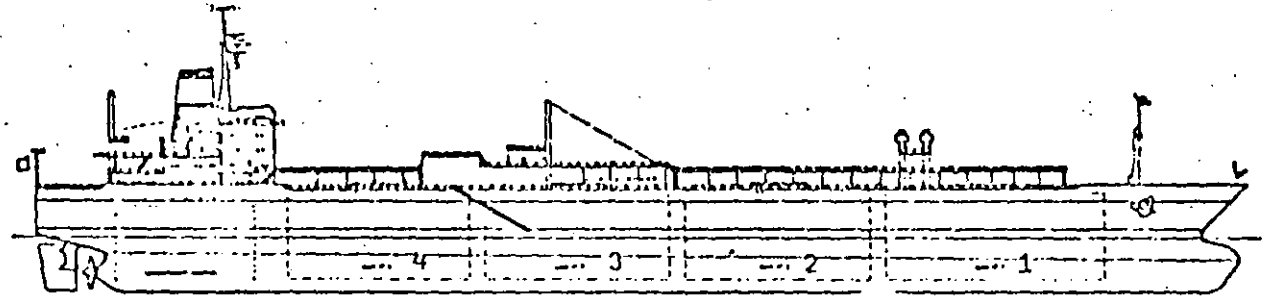


INDEPENDENCIA

DIMENSIONES:

ESLORA TOTAL:	170.61 m.	= 559'8 7/16"
ESLORA + Pp.	164.00 m.	= 537'8 7/16"
MANGA:	22.05 m.	= 72'3 1/2"
PUNTAL:	12.95 m.	= 42'6 7/16"
CALADO DE VERANO:	9.47 m.	= 31'1"

Características de un barco para tansporte de gas de 53,400 m3.



DIRECCION GENERAL: El barco esta diseñado para el transporte de gas licuado, y amoniaco. Cuenta con cuatro tanques de carga, diseñados para soportar termperaturas de - hasta - 48°C

CARACTERISTICAS PRINCIPALES: Eslora: 216.50 m.; Manga: 32.25 m.; Puntal: 18.40 m.; Calado en - Carga con gas propano: 9.82 m.; Con amoniaco: 10.74 m.; Velocidad con carga de propano: 18 nudos.

CAPACIDAD DE CARGA: Volumen Total: 52,800 m3. ; Tanque Nº 1: 12,730 m3. ; Tanque Nº 2: 13,590 m3. Tanque Nº 4: 12,890 m3.

MAQUINAS: Propolsión: 20,300 HP. a 122 r.p.m.; Auxiliares: Planta de luz 3800 KW, caldera para vapor.

OPERACION DE CARGA Y/O DESCARGA: Diseñado para transportar gas licuado tal como: butadieno, propileno, amoniaco; en cuatro tanques a la presión atmosferica. Cuenta con dos sistemas de tuberia para la carga de dos productos diferentes en tanques Nos. 1 y 3 en los 2 y 4. Asi mismo - cuenta con dos bombas sumergibles en cada tanque, las cuales - permiten efectuar la descarga en 18 hrs.

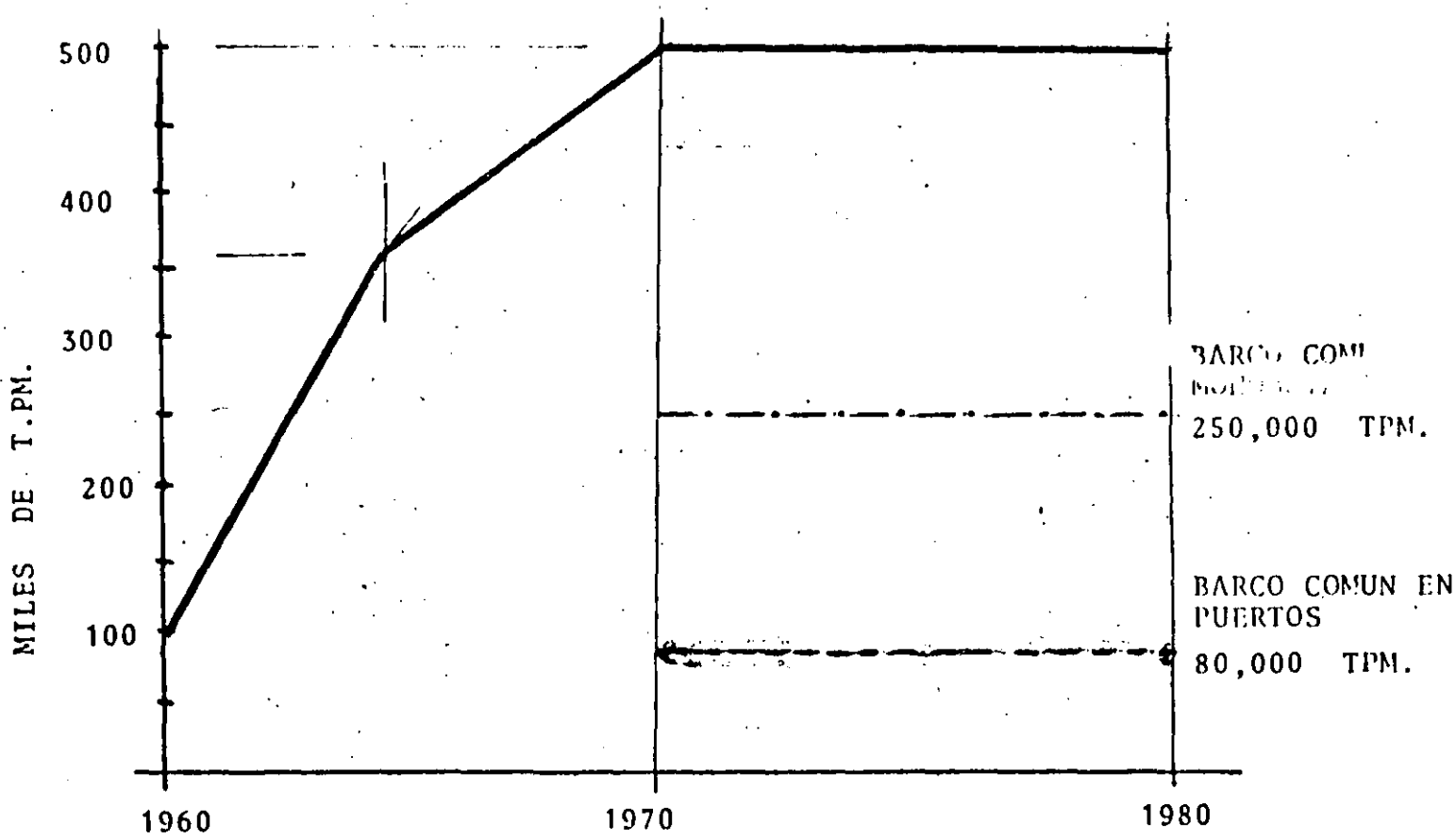
La carga y descarga se realiza a control remoto y con monitores localizados en la caseta de control del muelle.

ESPACIAMIENTOS HABITABLES: Cuenta con 36 camarotes, incluyendo 11 oficiales.

B U Q U E T A N Q U E S

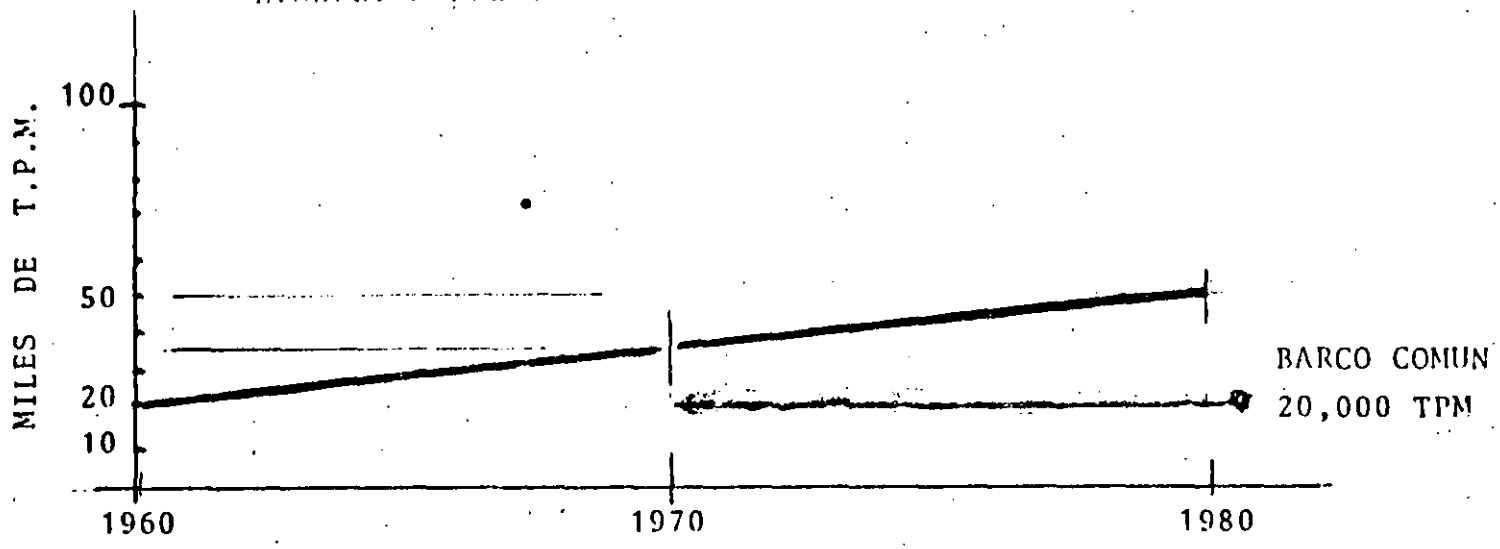
PESO MUERTO (TON)	DESPLAZAMIENTO (TONS)	ESLORA (m.)	MANGA (m.)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1
20,000	26,667	164	23.7	12.3	9.5
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5
200,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7
250,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6

$\frac{D}{TRB} = 2.1$ $\frac{D}{PM} = 1.3$ $\frac{PM}{TRB} = 1.6$ (FLOTA PEMEX)

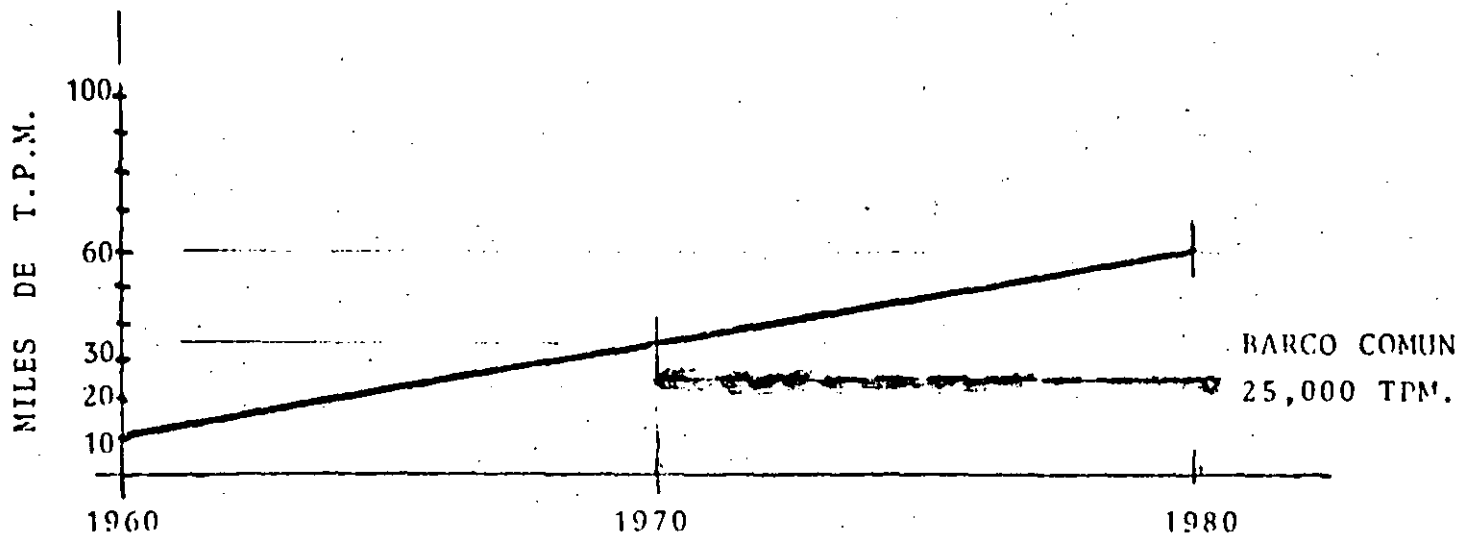


EVOLUCION DE BUQUE-TANQUES

EVOLUCION DEL TONELAJE DE BARCOS.



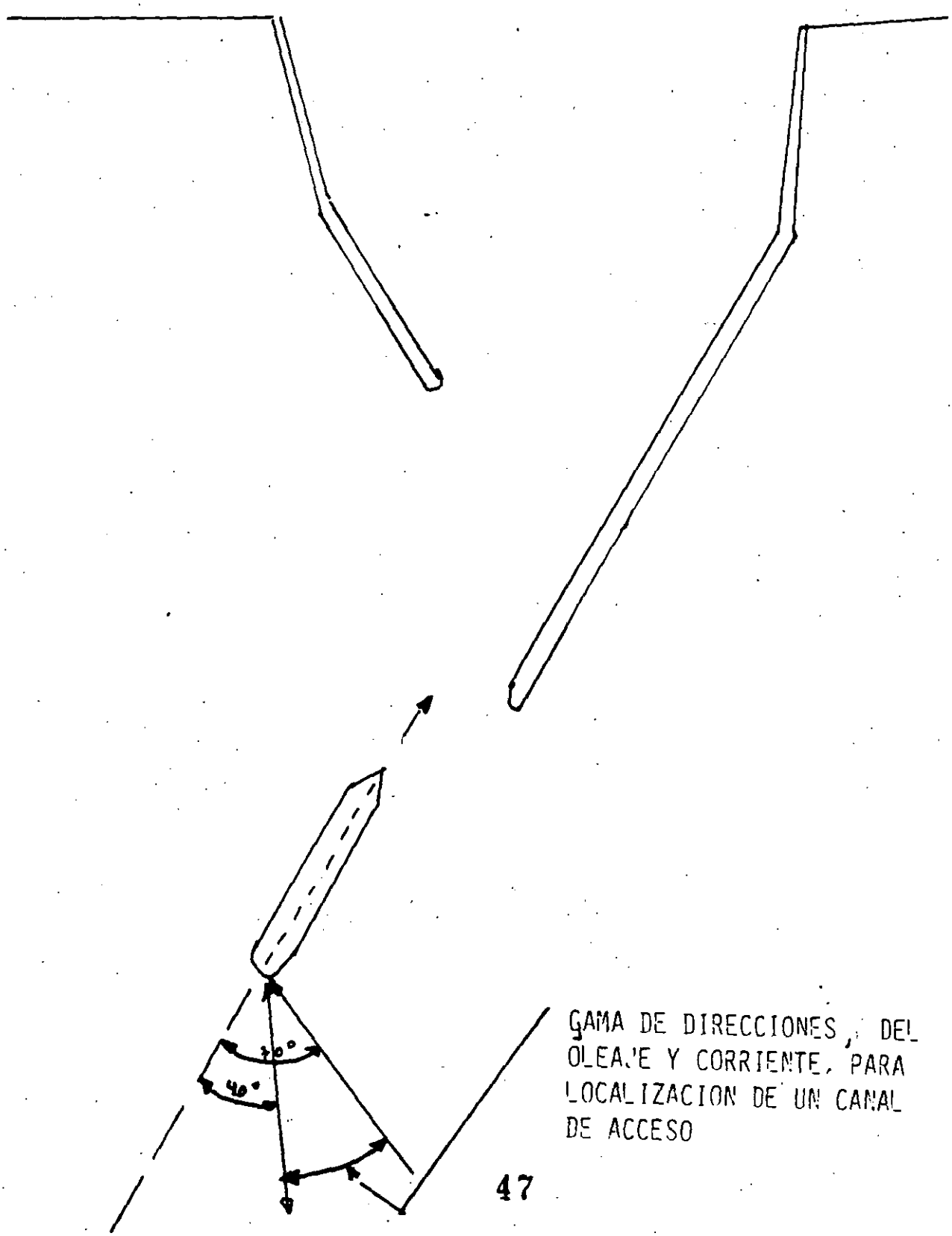
BARCOS DE CARGA GENERAL



BARCOS PORTACONTENEDORES

DIVERSOS TIPOS DE ESTADIA DE BARCOS

CARGA GENERAL	10 - 15,000 T.P.M.:	U.S.$ 8000 / DIA
GRANELEROS	50 000 T.P.M.:	13,500 / DIA
PORTACONTENEDORES	15,000 T.P.M.:	16,000 / DIA

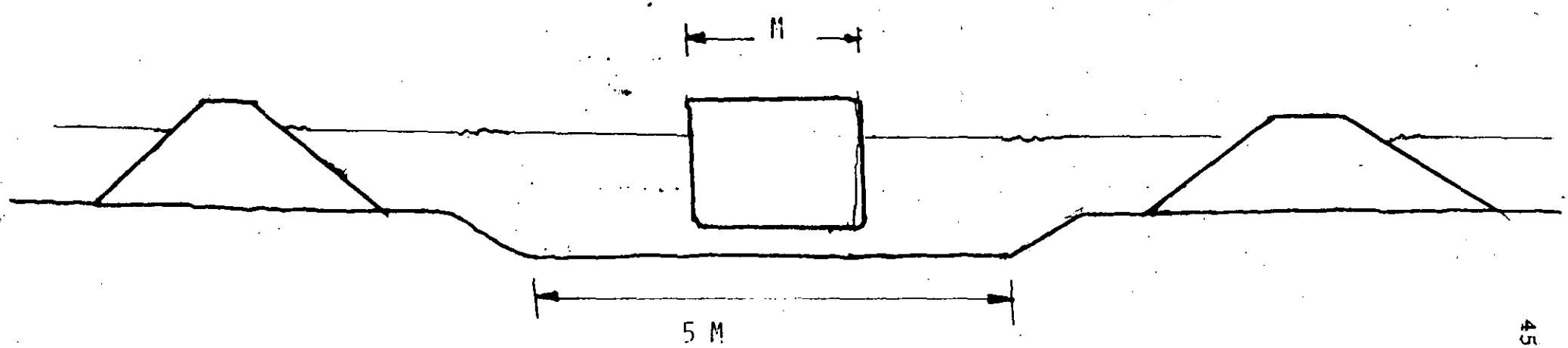


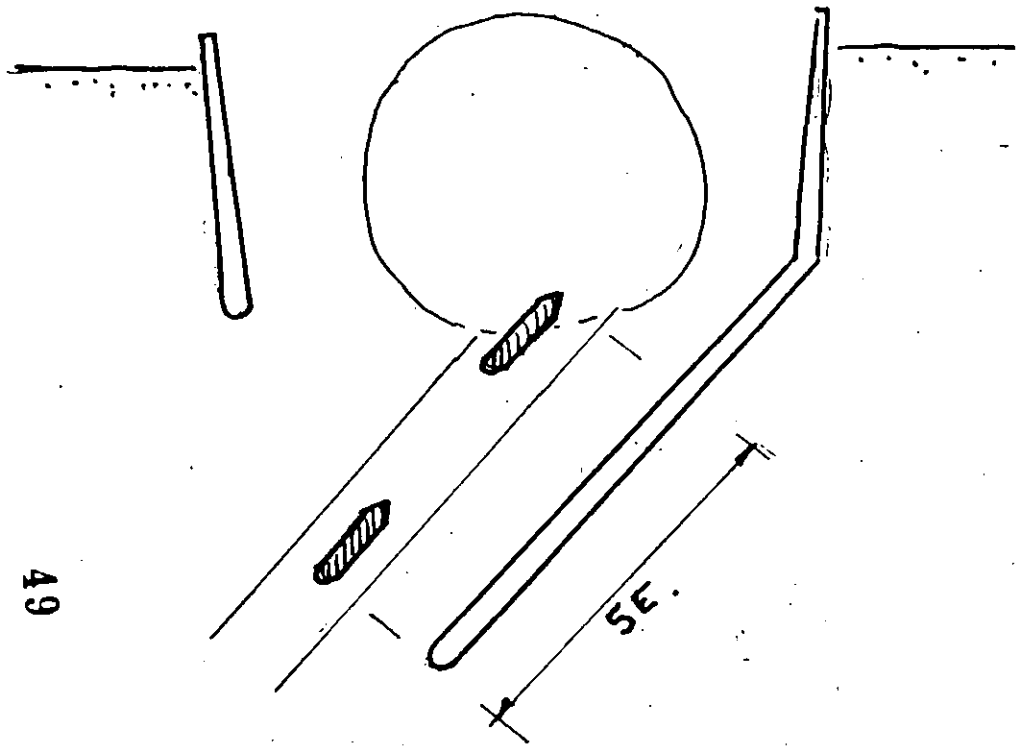
GAMA DE DIRECCIONES DEL OLEAJE Y CORRIENTE, PARA LOCALIZACION DE UN CANAL DE ACCESO

47

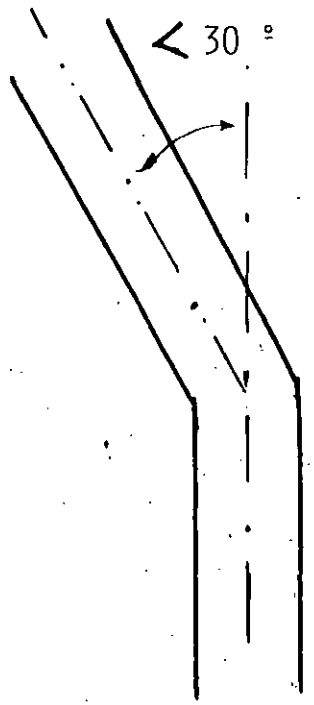
CANALES DE ACCESO

DOBLE CIRCULACION	8 MANGAS
UNA CIRCULACION	5
CORRIENTES	< 2 - 3 NUDOS
VIENTOS TRANSVERSALES	< 35 - 55 KM/HORA





DISTANCIA DE FRENADO DE EMBARCACIONES

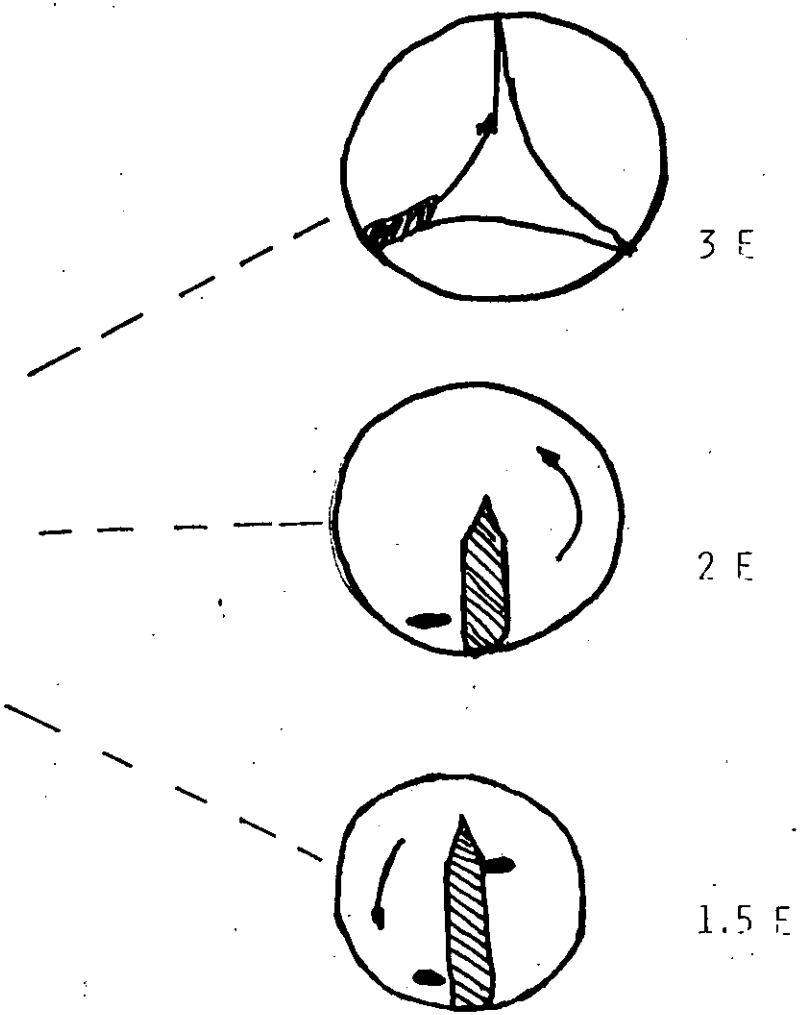


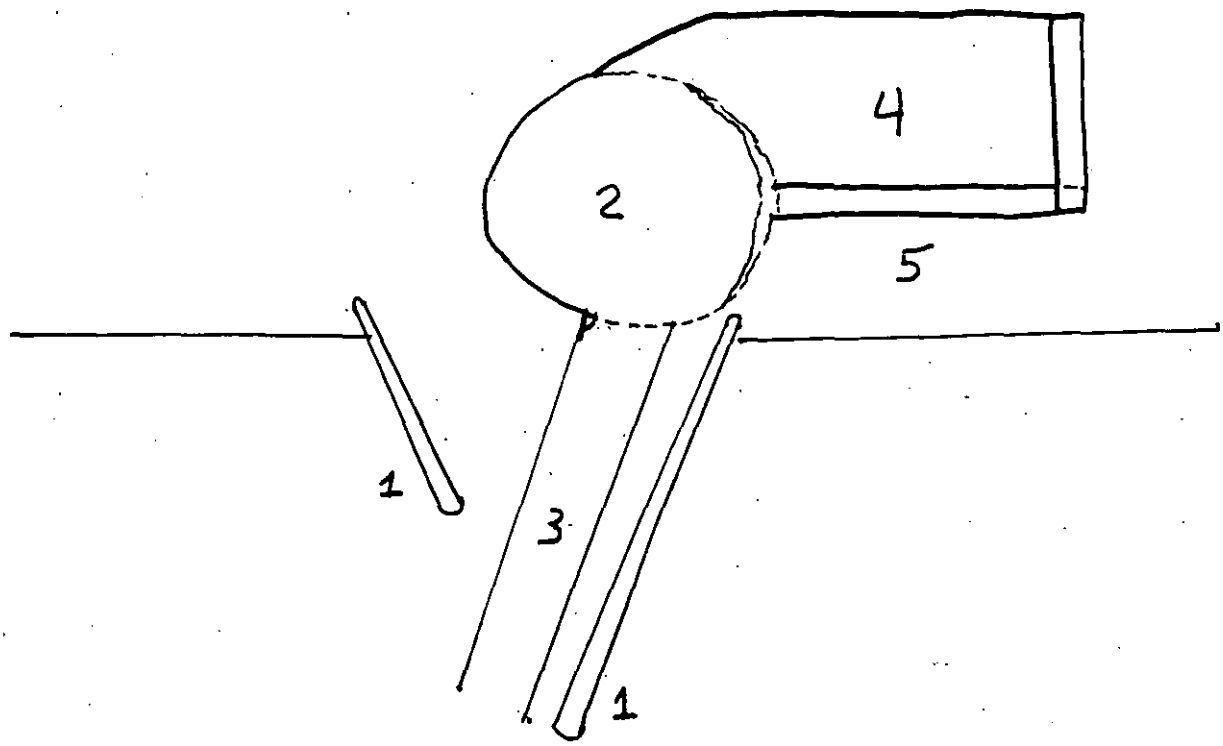
CAMBIO DE DIRECCION EN CANALES DE NAVEGACION INTERIORES

DIMENSIONES DE DARSENAS DE CIABOGA

CONDICIONES NORMALES

(DIAMETRO DARSENA)	
CON SUS PROPIAS MAQUINAS	3 E
CON AYUDA DE UN REMOLCADOR	2 E
CON AYUDA DE DOS REMOLCADORES	1.5 E





1.- ROMPEOLAS, SECCION MEDIA. - 8,
CORONA + 5, TALUDES 2:1
1300 TON/M-E ; x $ 3000 TON, 4000 M. = $ 15,600 M

2.- DARSENA DE CIABOGA, D = 2 E
PARA BARCO DE 70,000 TPM
E = 245, M = 38, P = 18.7, C = 13.3
PROFUNDIDAD 15.00 M
VOLUMEN: 7,500 000 M^3 x $ 250/M^3 = 1,875 M

3.- CANAL ACCESO: 250 M PLANTILLA
7000,000 M^3 , $ 300/M^3 = 2,100 M

4.- DARSENA OPERACIONES.- 500 x 400 x 15
3,000,000 M^3 , x $ 250/M^3 ; 750 M

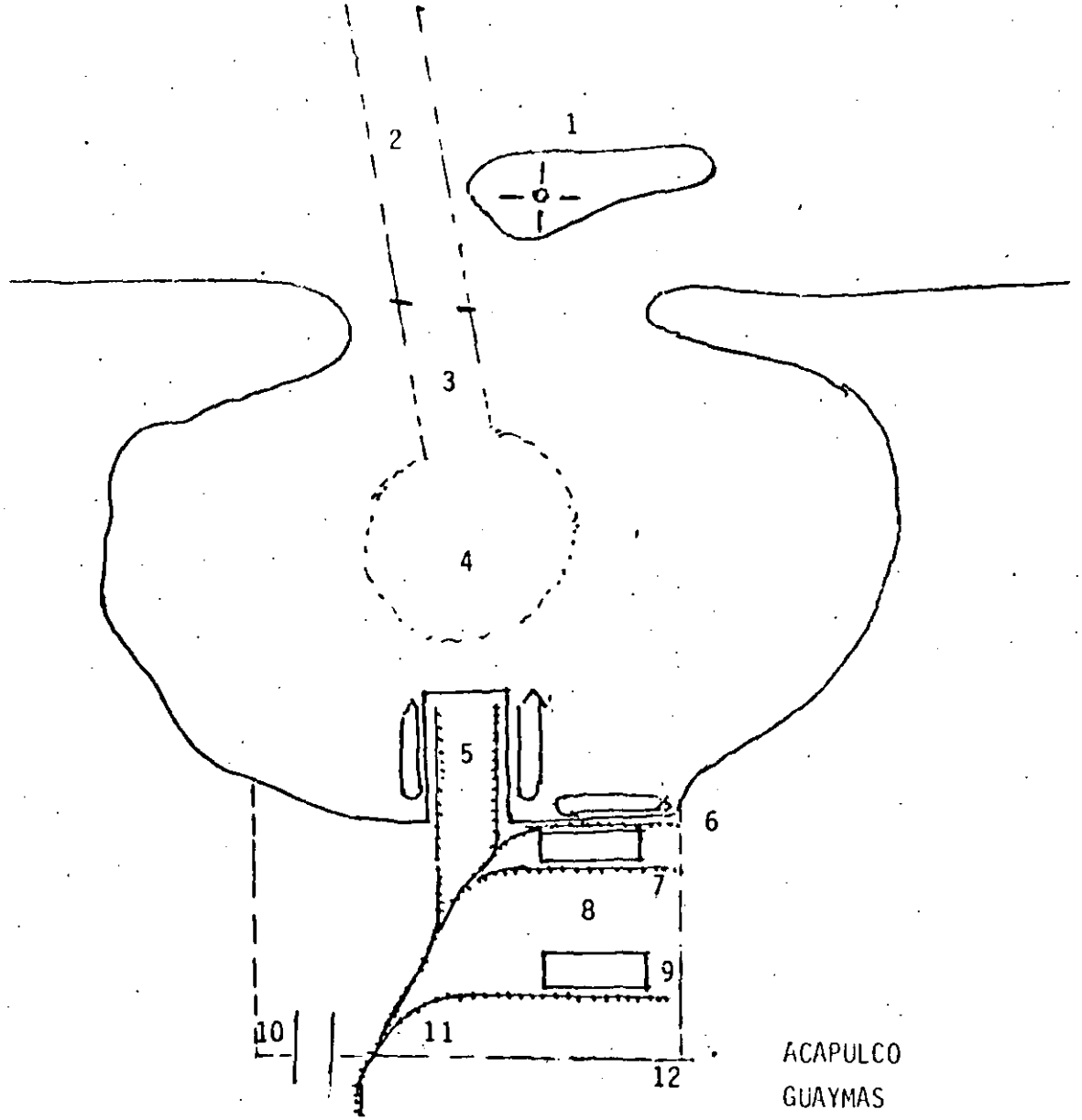
TERMINAL CARGA GRAL. $ 1300

CLASIFICACION DE PUERTOS POR SU FUNCION

COMERCIALES	:	ENSENADA, SAN CARLOS, CUAYMAS, MAZATLAN, MANZANILLO, - ACAPULCO, SALINA CRUZ, PUERTO MADERO, TAMPICO, VERACRUZ, COATZACOALCOS, Y PROGRESO.
INDUSTRIALES	:	LAZARO CARDENAS, ALTAMIRA, SALINA CRUZ, DOS BOCAS, Y --- OSTION.
PESQUEROS	:	YUKALPEN, CAMPECHE, CD. DEL CARMEN, EL SAUZAL, YAVAROS, Y SAN BLAS.
TURISTICOS	:	COZUMEL Y VALLARTA.
MILITARES	:	ANTON LIZARDO.
CABOTAJE	:	TUXPAN, ALVARADO, FRONTERA, PUERTO MORELOS, CHETUMAL, Y - TOPOLOBAMPO.
MIXTOS	:	- -

NOMENGLATURA DE UN PUERTO POR SU LOCALIZACION

PUERTO TIPO	CARACTERISTICAS FISICAS	REQUERIMIENTOS DE PROTECCION AL OLEAJE	OBRAS INTERIORES	
1.- MARITIMO NATURAL	ACCION DIRECTA DE LAS MAREAS	BAHIA CON PROTECCION AL OLEAJE	MUELLES MARGINALES Y/O - EN ESPIGON. BODEGAS DE TANSITO BODEGAS ESTACIONARIAS PATIOS VIALIDAD CARRETERA Y FERROVIARIA EDIFICIOS	FIG. A
2.- MARITIMO ARTIFICIAL	ACCION DIRECTA DE LAS MAREAS	ROMPEOLAS	(IDEM. Nº 1)	FIG. B
3.- FLUVIO MARITIMO	ACCION DIRECTA FLUVIAL Y - MARITIMA	ESCOLLERAS PARA PROTEC-- CION AL OLEAJE Y ENCAUSAMIENTO FLUVIAL	(IDEM. Nº 1)	FIG. C
4.- FLUVIAL	ACCION DIRECTA FLUVIAL	ENCAUSAMIENTO FLUVIAL	(IDEM. Nº 1)	FIG. D

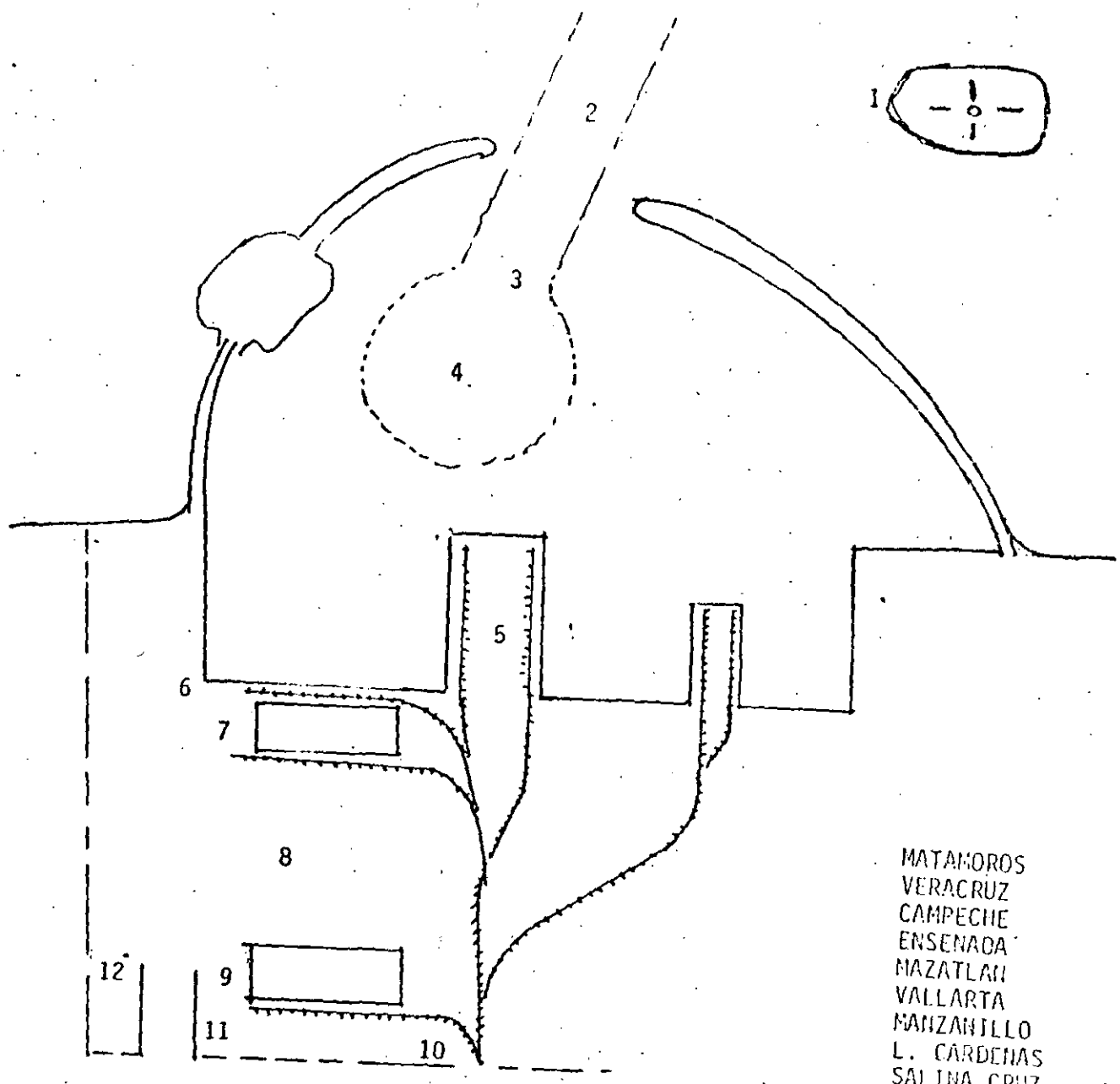


1.- FARO DE RECALADA
2.- CANAL DE ACCESO
3.- CANAL DE NAVEGACION
4.- DARSENA DE CIABOGA
5.- MUELLE EN ESPIGON
6.- MUELLE MARGINAL
7.- BODEGA DE TRANSITO
8.- PATIOS
9.- BODEGA ESTACIONARIA
10.- VIALIDAD FERROVIARIA
11. IALIDAD AUTOTRANSPORTE
12.- LIMITE DEL RECINTO PORUTARIO

ACAPULCO
GUAYMAS
TOPOLOBAMPO

PUERTOS MARITIMOS NATURAL

FIGU... - A 51

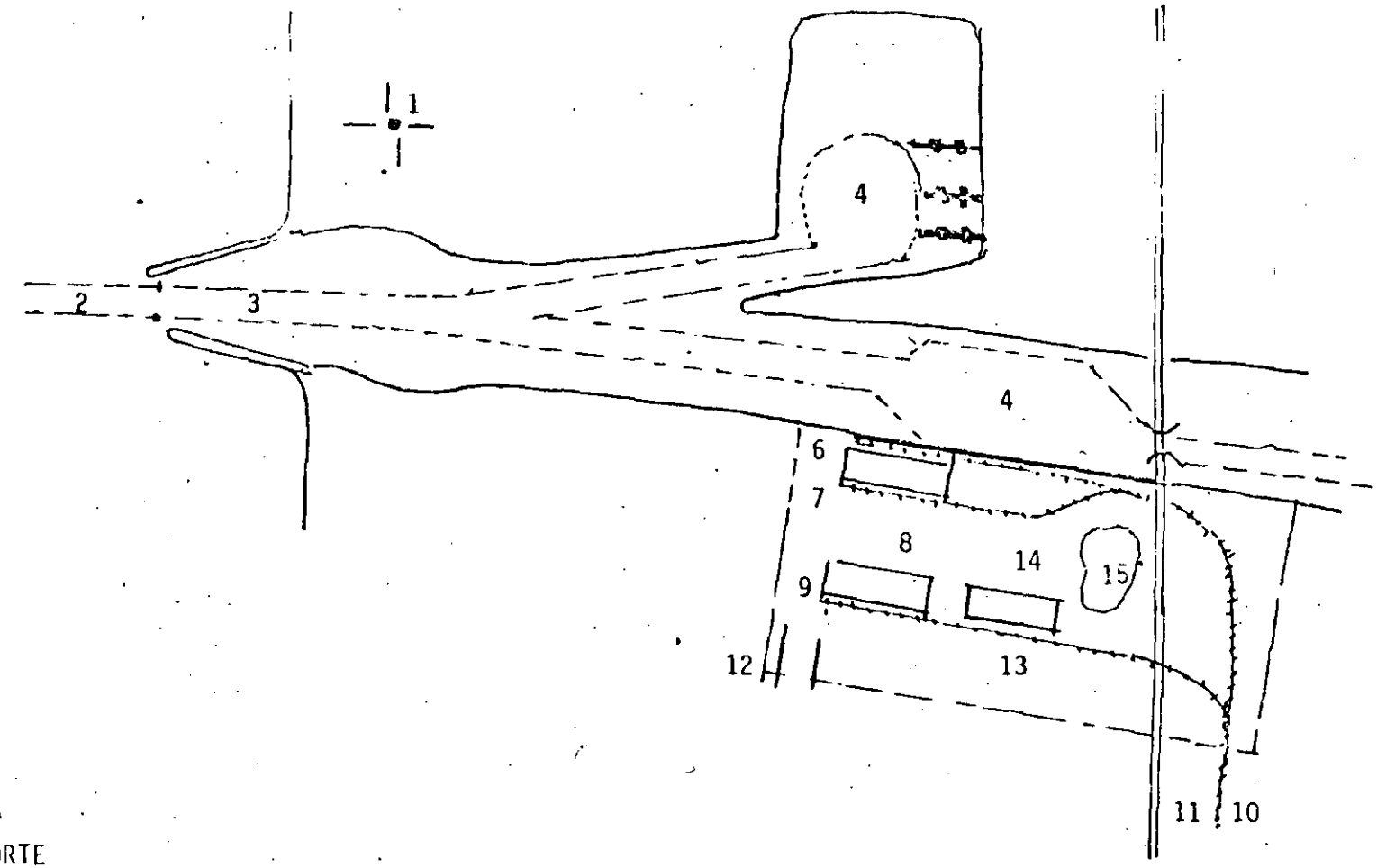


1.- FARO DE RECALADA
2.- CANAL DE ACCESO
3.- CANAL DE NAVEGACION
4.- DARSENA DE CIABOGA
5.- MUELLE DE ESPIGON
6.- MUELLE MARGINAL
7.- BODEGA DE TRANSITO
8.- PATIOS
9.- BODEGA ESTACIONARIA
10.- VIALIDAD FERROVIARIA
11.- VIALIDAD AUTOTRANSPORTE
12.- LIMITES DEL REGINTO PORTUARIO

MATAMOROS
VERACRUZ
CAMPECHE
ENSENADA
MAZATLAN
VALLARTA
MANZANILLO
L. CARDENAS
SALINA CRUZ
PUERTO MADERO

PUERTOS MARITIMOS ARTIFICIALES

FIGURA

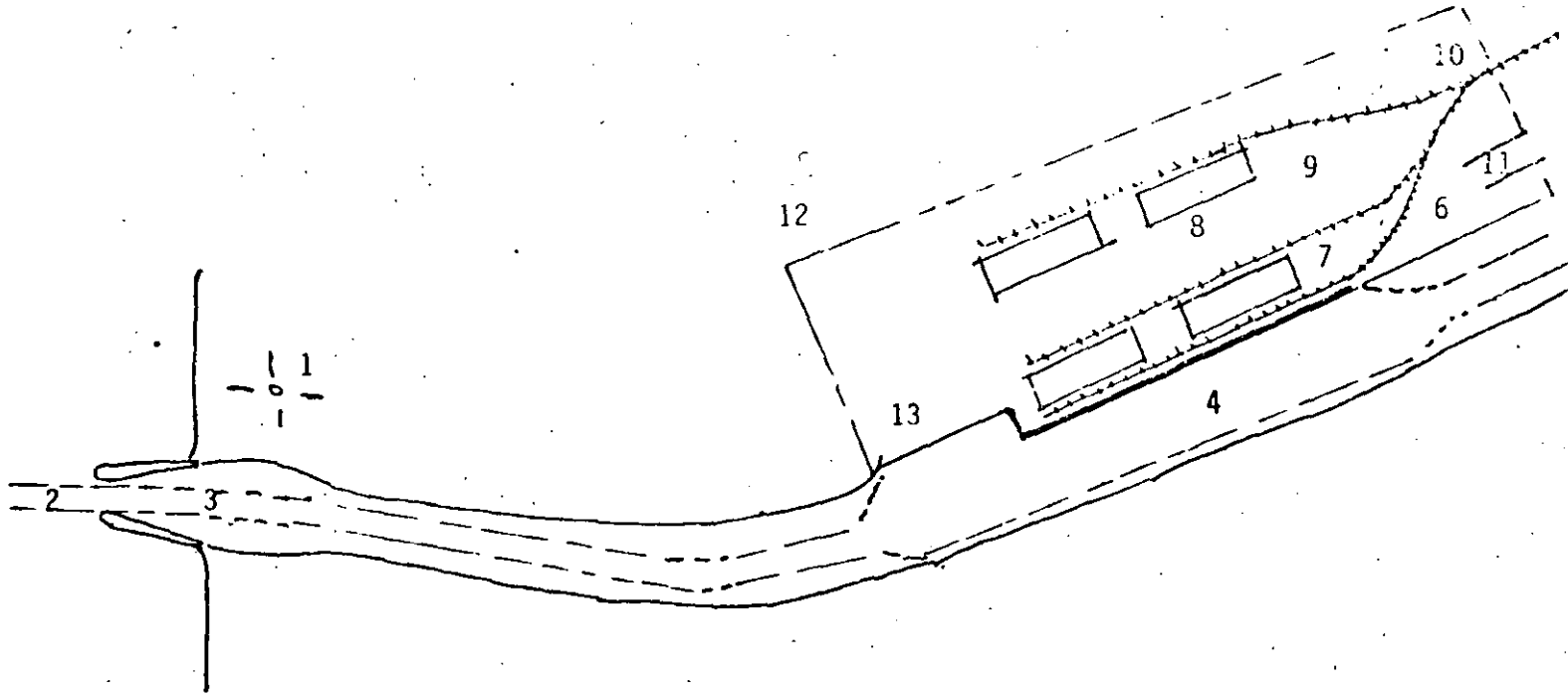


1.- FARO DE RECALADA
2.- CANAL DE ACCESO
3.- CANAL DE NAVAGACION
4.- DARSENA DE CIABOGA
5.-
6.- MUELLE MARGINAL
7.- BODEGA DE TRANSITO
8.- PATIOS
9.- BODEGA ESTACIONARIA
10.- VIALIDAD FERROVIARIA
11.- VIALIDAD AUTOTRANSPORTE
12.- LIMITES DEL RECINTO PORTUARIO
13.- BODEGA DE CONSOLIDACION Y DESCONSOLIDADCION DE CONTENEDORES
14.- ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES
15.- ALMACENIMIENTO DE MINERALES

COATZACOALCOS
CIUDAD MADERO

PUERTOS FLUVIALES
MARÍTIMOS

FIGURA - C



1.- FARO DE RECALADA
2.- CANAL DE ACCESO
3.- CANAL DE NAVEGACION
4.- DARSENA DE CIABOGA
5.-
6.- MUELLE MARGINAL
7.- BODEGA DE TRANSITO
8.- PATIOS
9.- BODEGA ESTACIONARIA
10.- VIALIDAD FERROVIARIA
11.- VIALIDAD AUTOTRANSPORTE
12.- LIMITES DEL RECINTO PORTUARIO
13.- ATRACADERO PARA TRANSBORDADORES.

TAMPICO
TUXPAN
MINATITLAN
VILLAERMOSA
FRONTERA

PUERTOS FLUVIALE

FIGURA - D

CLASIFICACION DE OBRAS PORTUARIAS

- **OBRAS EXTERIORES**
  - ROMPEOLAS
  - ESCOLLERAS
  - CANALES DE NAVEGACION
  - BOYAS DE RECALADA
- **OBRAS DE PROTECCION DE COSTAS**
  - ESPIGONES
  - TOMBOLOS
  - PROTECCIONES MARGINALES
- **OBRAS INTERIORES**
  - AYUDAS A LA NAVEGACION
    - CANALES DE ACCESO
    - SEÑALAMIENTO MARITIMO
  - MUELLES
    - MARGINALES
    - EN ESPIGON
    - L , T
    - CONTINUOS
  - ALMACENAMIENTO DE CARGA
    - A CUBIERTO (BODEGAS
    - A DESCUBIERTO (PATIOS)
  - VIALIDAD
    - ACCESOS CARRETEROS
    - ACCESOS FERROVIARIOS
  - SERVICIOS PORTUARIOS
    - AGUA, LUZ, COMBUSTIBLE,
    - TELEFONO, AREA ADMINISTRATIVA
  - RECINTO PORTUARIO
    - LIMITE DEL AREA PORTUARIA
    - RESERVA TERRITORIAL

MOVIMIENTO DE CARGA EN UN PUERTO

RECEPCION DE CARGA

- **DIRECTO** { DE BARCO A FERROCARRIL Ó AUTOTRANSPORTE Ó VICEVERSA
- **INDIRECTO** { DE BARCO A BODEGA DE TRANSITO, COBERTIZO Ó PARIOS

TIPO DE CARGA

- GRANELES AGRICOLAS
- MINERALES A GRANEL
- **CARGA GENERAL** { FRACCIONADA, UNITARIZADA
- **FLUIDOS** { PRODUCTOS QUIMICOS, PETROLEO, MIELES INCRISTALIZABLES, AZUFRE, MINERALES

CLASIFICACION DE MUELLES

- MUELLES
  - CARGA GENERAL
    - MARGINALES Ó EN ESPIGÓN
      - GRAVEDAD
      - CON TABLESTACA
      - PILOTES
    - VIAS EN PLA FORMAS DE C RACION
  - CONTENEDORES
    - MARGINALES
      - GRAVEDAD
      - CON TABLESTACA
      - PILOTES
    - GRUAS Y VIA PLATAFORMAS OPERACION
  - ESPECIALIZADOS
    - MARGINALES Ó EN ESPIGÓN
      - CON PLATAFORMA Y DUQUES DE ALBA
        - RIGIDOS
        - FLEXIBLES
      - FLUIDOS
      - CONTINUOS
        - GRAVEDAD
        - CON TABLESTACA
        - PILOTES
      - GRANELES. AC COLAS Y MIX RALES

CLASIFICACION DE CARGAS

1
- SECAS
  - FRACCIONADA
    - PELIGROSA
    - PERECEDERA
    - CONTAMINANTE
  - UNITARIZADA
    - PALETAS
    - CONTENEDORES
      - SECA
      - LIQUIDA
      - PERESEDERA
  - GRANEL
    - MECANIZADO
    - SEMI MECANIZADO
      - PROD. AGRICOLAS
      - MINERALES
- LIQUIDAS
  - GRANEL
    - DUCTOS
      - MIELES
      - PETROLEO
      - GASES
      - PROD. QUIMICOS
      - AGUA

2
- CARGA GENERAL FRACCIONADA
- CARGA GENERAL UNITARIA
  - PALETAS
  - CONTENEDORES
- GRANELES
  - SECOS
    - PRODUC. AGRICOLAS
    - MINERALES
  - LIQUIDOS
    - MIELES, AGUA, AZUFRE, PETROLEO Y PROD. QUIMICOS
- PASAJEROS
- PERECEDEROS
  - PRODUCTOS DEL MAR
  - PRODUC. AGROPECUARIOS

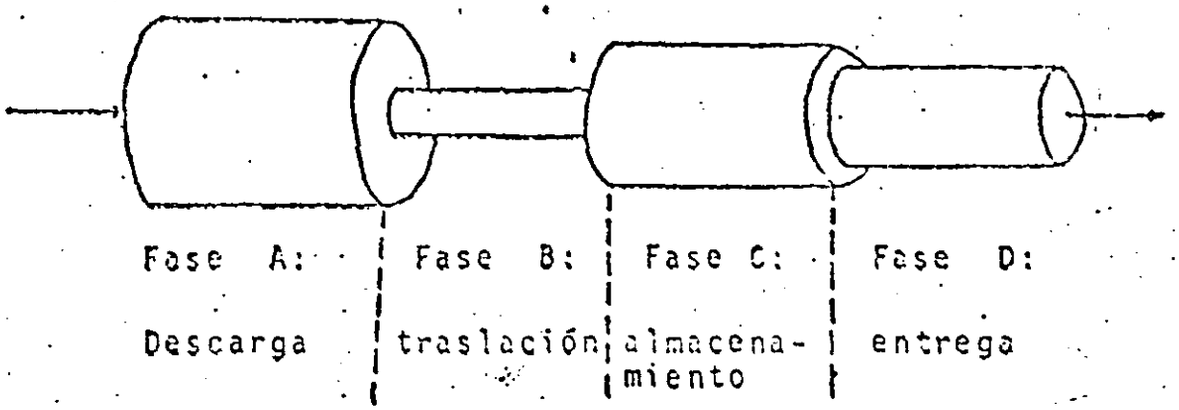
NOTA: 1.- CLASIFICACION UNCTAD
2.- CLASIFICACION S.C.T.

CLASIFICACION DE EMBARCACIONES

POR TIPO DE SERVICIO	POR SU TRAFICO	POR TIPO DE BARCO	POR LA CARGA TRANSPORTADA	POR EL EQUIPO DE MANEJO DE CARGA
LINEA (ITINERARIO FIJO)	ALTURA	DE CARGA GENERAL	DE CARGA MIXTOS (CARGA / PASAJE) PORTA PALETAS	CONVENCIONAL CON PLUMA REAL
		PARA CARGA UNITARIA	TRANSBORDO POR RODADURA-TRANSBORDADORES (ROOL ON ROLL OF)	CON RAMPA SIN RAMPA
			PORTA-CONTENEDORES (LIFTON/LIFTOF	CON GRUAS A BORDO (1° Y 2°-GENERACION SIN GRUAS (2° Y 3° GENERACIO
			PORTA BARCAZAS (LASH / SEA BEE)	
		GRANELEROS		
	CABOTAJE			
		PASAJEROS		
TRAMPA (S/ITINERARIO)				
		PESQUEROS		
	GRAN CABOTAJE			
		PERECEDEROS		

LAS OPERACIONES EN EL PUERTO.

Las operaciones en un puerto se realizarán de tal manera que el flujo de carga o pasajeros en la transferencia -- del sistema de transporte marítimo al terrestre y viceversa sea regular, y con eficiencia, económica y seguridad.- El flujo a que nos referimos puede representarse esquemáticamente de la siguiente manera:



Así se representa una de las distintas vías que puede - seguir las mercancías de importación al pasar por un -- puesto de atraque. Cada una de las cuatro fases tendrá una determinada capacidad de manipulación que será distinta de las capacidades de las demás. La situación es- parecida a la de un líquido que circule por el interior

La razón principal para aumentar lo más posible el ancho de la bodega es debido a que el espacio próximo al frente de agua es mucho más valioso que en la parte posterior ya que es facilmente accesible en la linea directa desde la bodega de cada buque, sin doble manejo de la carga y sin la necesidad de cruzar calles o rodear la bodega de tránsito.

Las bodegas de tránsito deberan tener puertas con dimensión mínima de 4.50 Mts. de ancho por 5.00 Mts. de altura a lo largo de sus costados y en las cabezas para facilitar la maniobra de carga y descarga de camiones.

Las puertas del costado o posterior de las bodegas comunican al transporte terrestre.

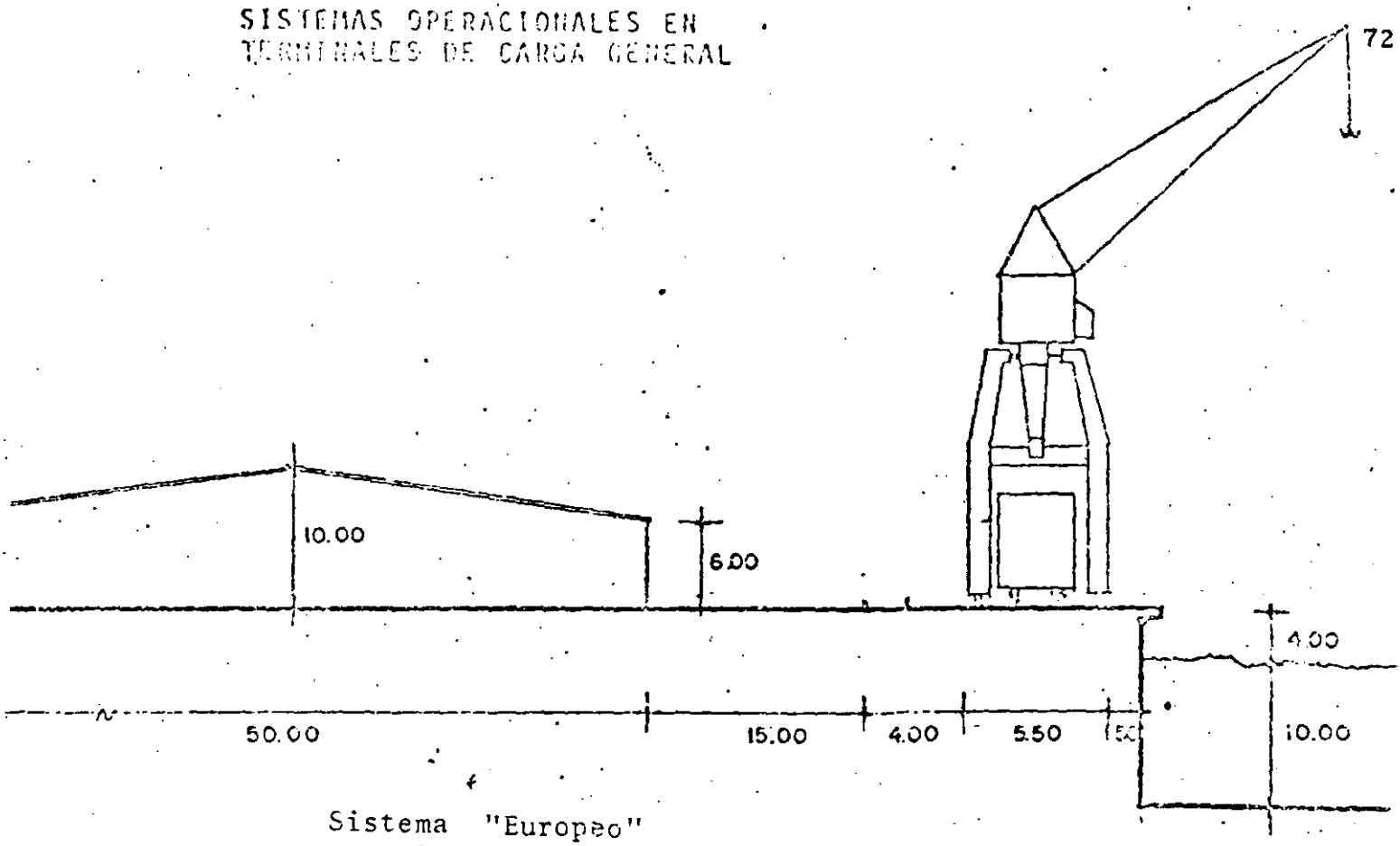
La iluminación diurna y nocturna es importante, para permitir el trabajo todo el día. Para la luz diurna se recomienda colocar lucernarios cuya superficie sea un mínimo de 7% del area total.

Para el almacenamiento de carga en tránsito a la intemperie, deben preveerse patios localizados en zonas próximas a las bodegas de tránsito convenientemente diseñados de acuerdo con el tipo de carga que se maneje por el puerto.

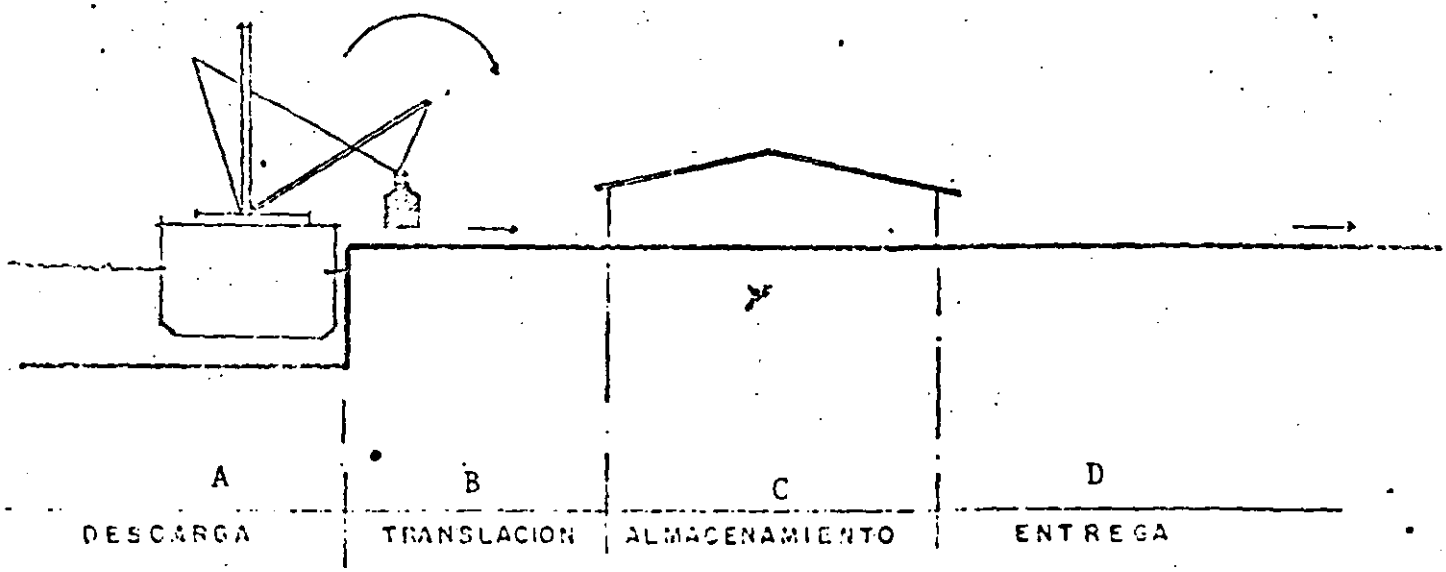
La fase "D", ó sea la entrega, se relaciona con los accesos para el transporte terrestre y deben ser planeados para un movimiento sin obstrucción de los vehiculos que llegan y salen, ya sea vacios o cargados, sin interferencia para las operaciones de manejo de carga y sin intersecciones con los patios de almacenamiento al descubierto debiendo existir acceso facil a las cargas almacenadas a la intemperie. Los accesos terrestres del puerto estarán conectados a las redes de carreteras y ferrocarriles

de tal manera que no existan congestionamientos que nos provoquen un cuello de botella en el flujo de mercancías en la recepción de entrega.

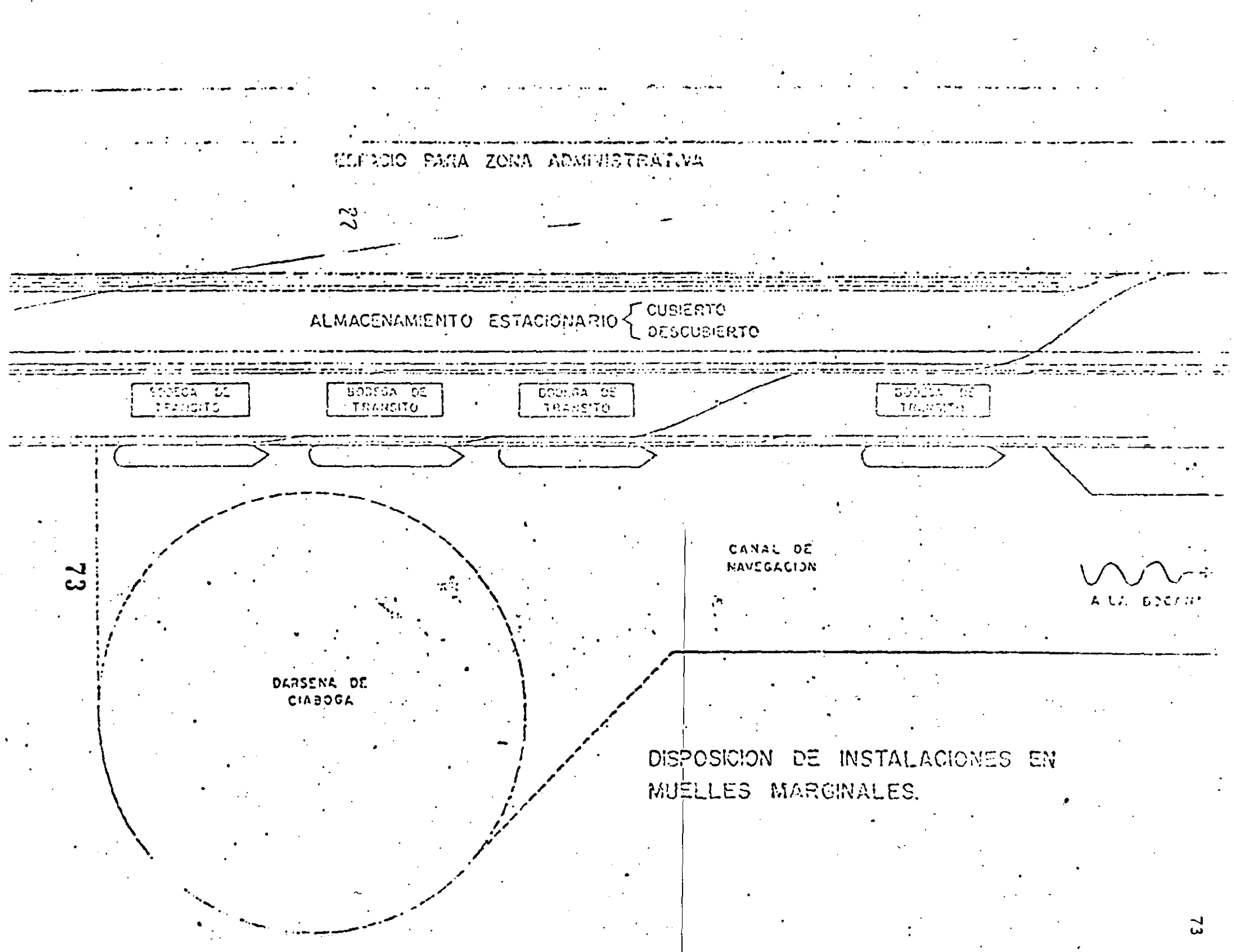
Una disposición de terminal de carga general puede observarse en las figuras No.



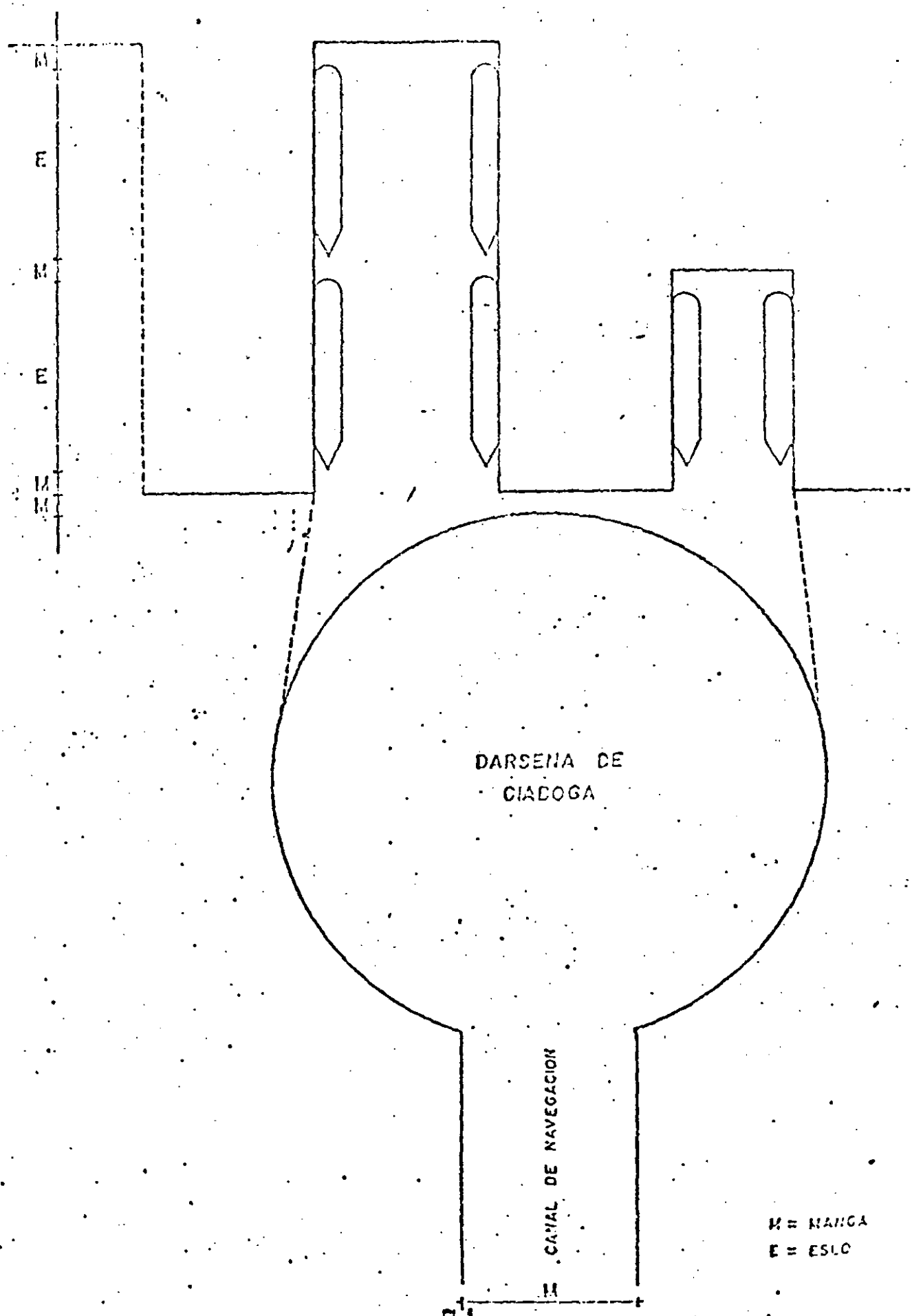
Sistema "Europeo"



Sistema denominado "Americano", adoptado en México y algunos países Latenoamericanos.

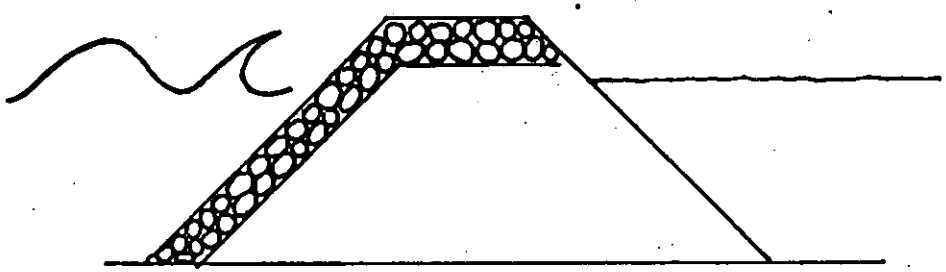


DISPOSICION DE INSTALACIONES EN MUELLES MARGINALES.

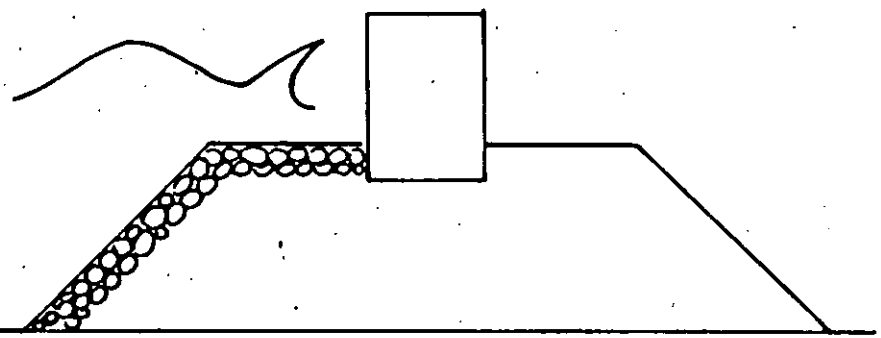


74

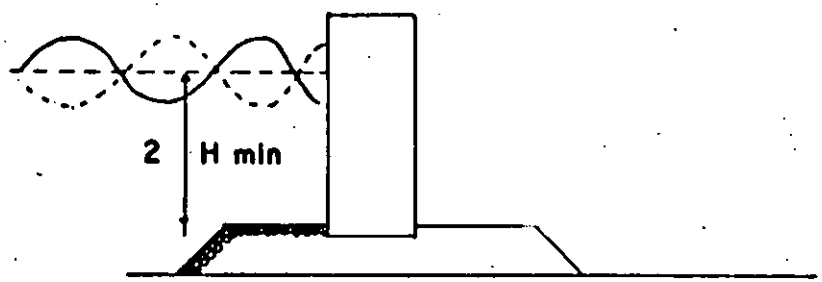
DISPOSICIÓN DE LAS DARSENAS DE OPERACION Y CIADOGA



A TALUD



MIXTOS



REFLEJANTE

SECCIONES TRANSVERSALES
DE ROMPEOLAS
Y ESCOLLERAS

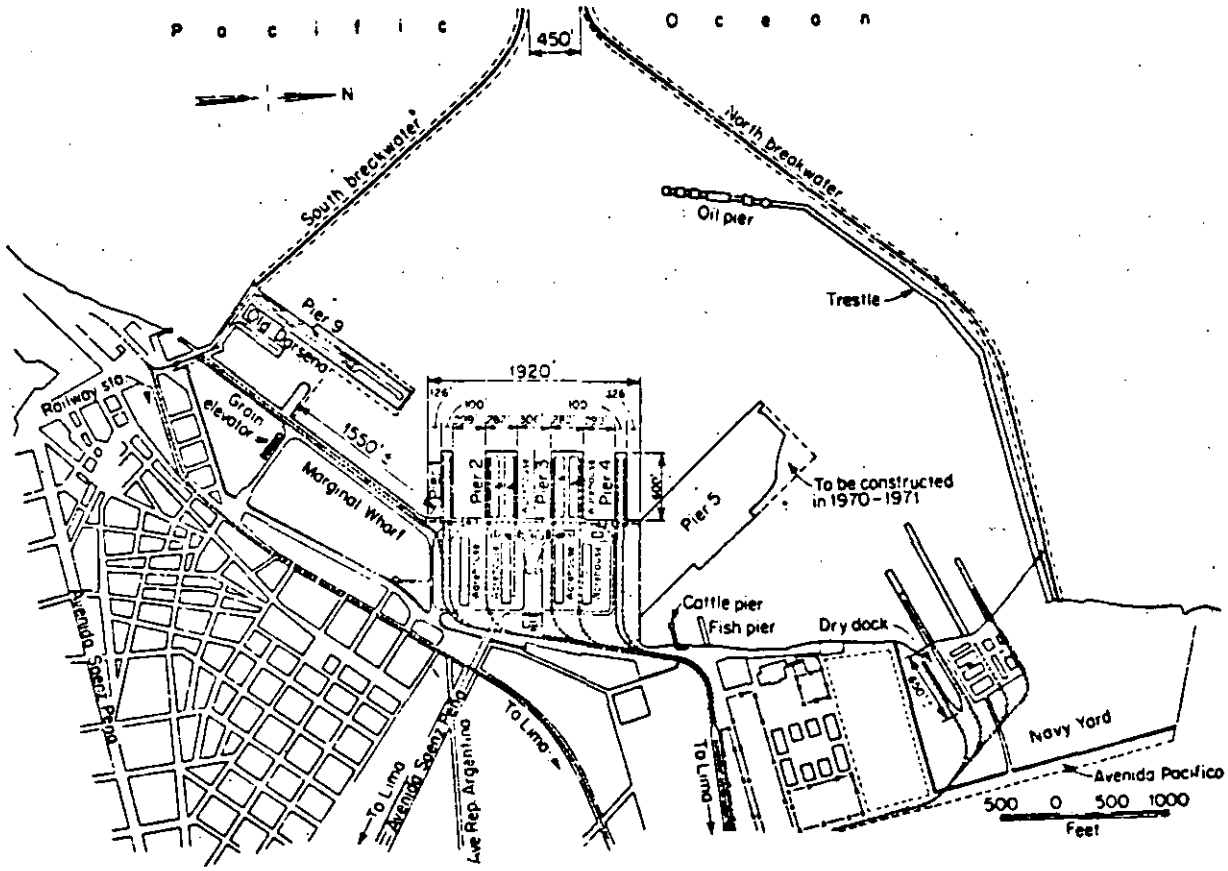


Fig. 3.32 Plan of port of Callao, Peru. Port buildings: *A*, Administration; *B*, customs; *C*, harbor police; *D*, terminal office.

ARREGLO GENERAL DE UN PUERTO COMERCIAL CON MUELLES DE CARGA GENERAL EN ESPIGON.

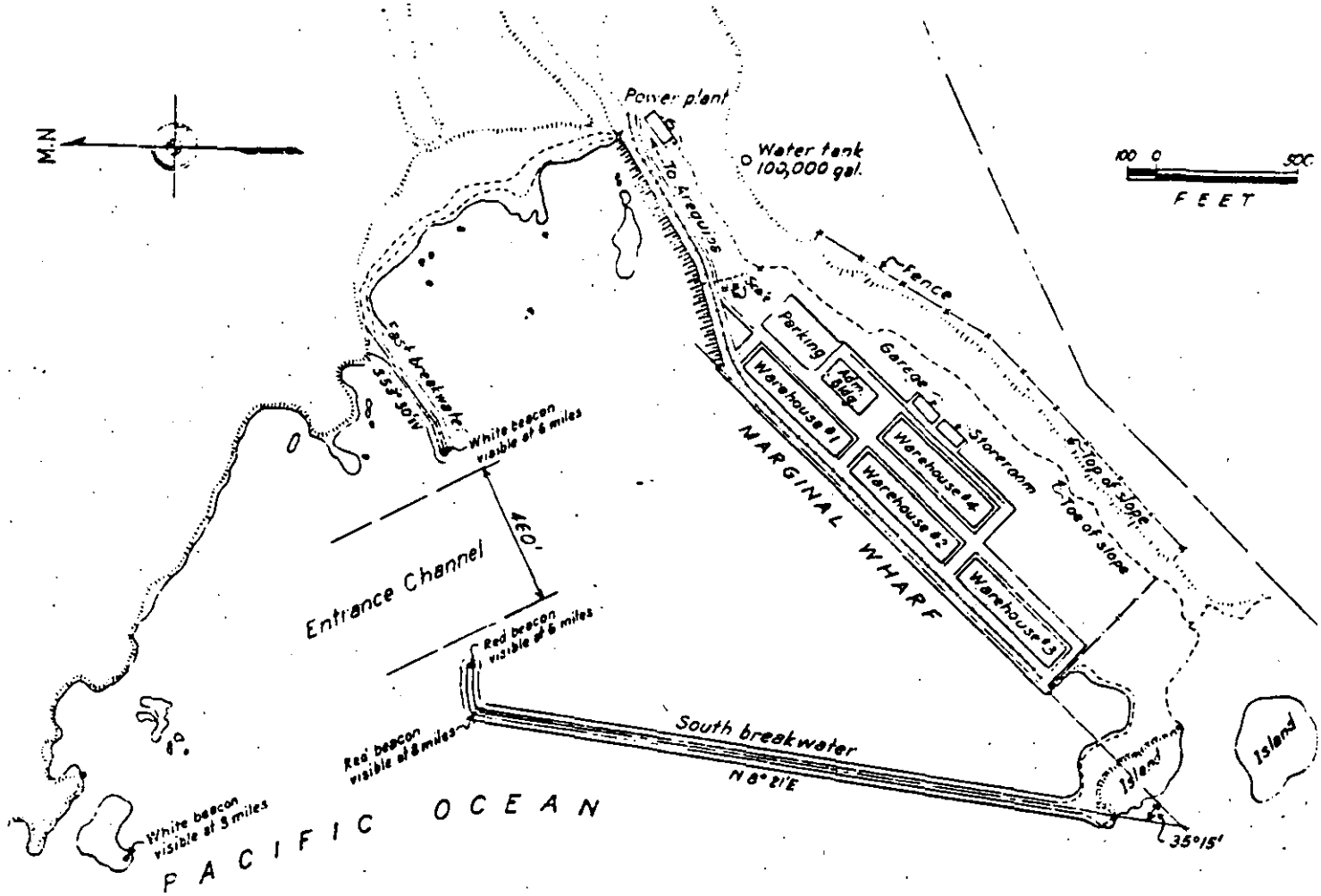


Fig. 3.30 Plan of port of Matarani, Peru.

ARREGLO GENERAL DE UN PUERTO COMERCIAL CON MUELLES DE CARGA GENERAL MERGINALES.

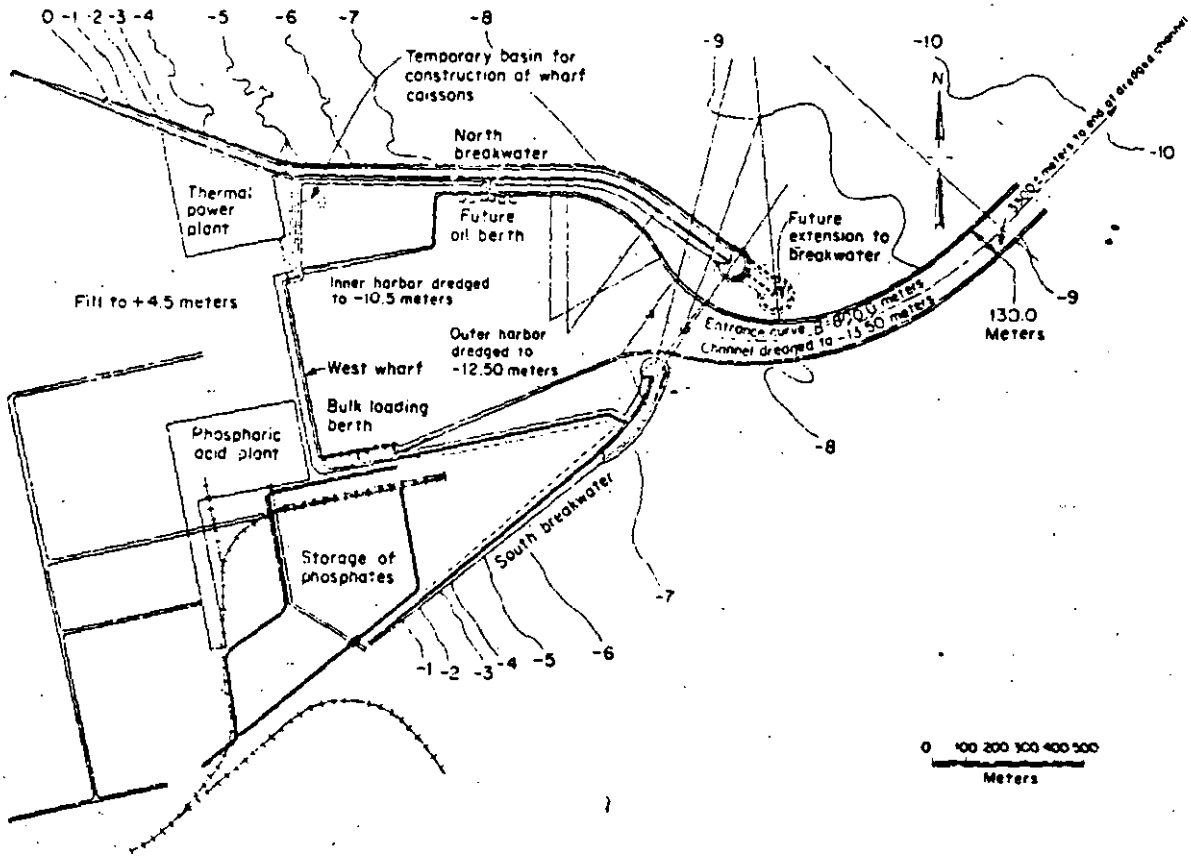
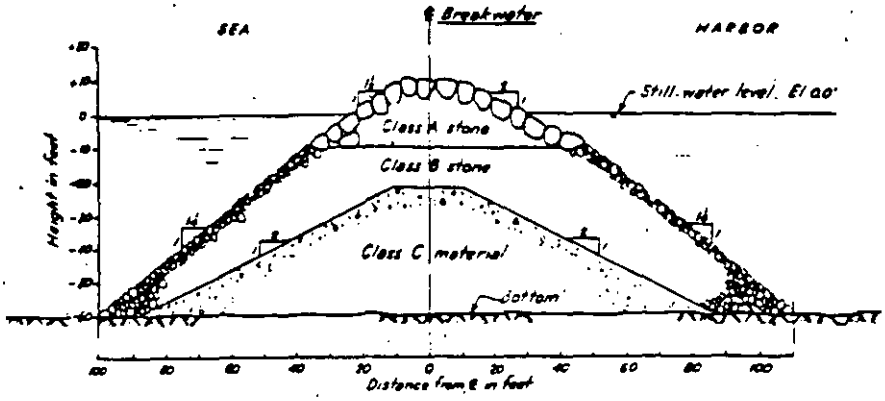


Fig. 3.39 Plan of harbor of Port of Gabès, Tunisia. *(Courtesy of Ministry of Public Works, Division of Maritime Ports, Tunisia.)*

ARREGLO GENERAL DE UN PUERTO CON CANAL DE NAVEGACION CURVO.



Class A stone is selected from quarry. No pieces less than 1 ton and at least 95% by weight weighing 10 ton or more each

Class B stone is quarry run. Not more than 25% by weight in pieces less than 20 lbs and not less than 40% in pieces of 1 ton or more

Class C material is a residuum from quarry operations or a dredged material

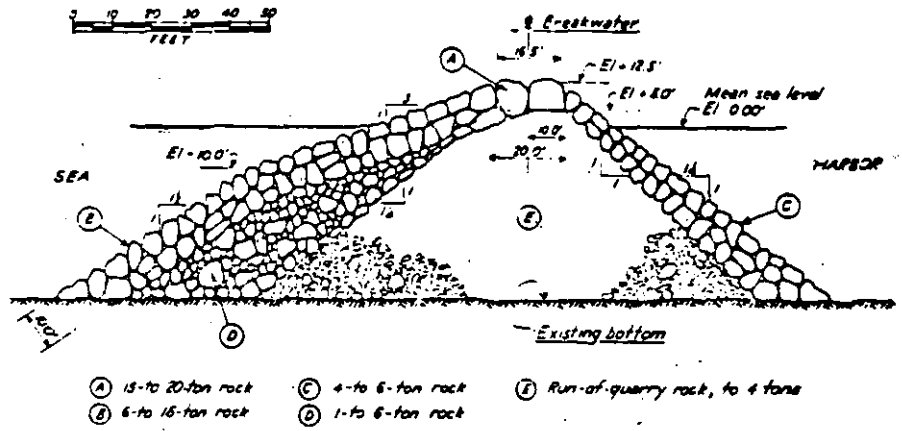


Fig. 4.9 Cross section through the west breakwater, La Guaira, Venezuela.

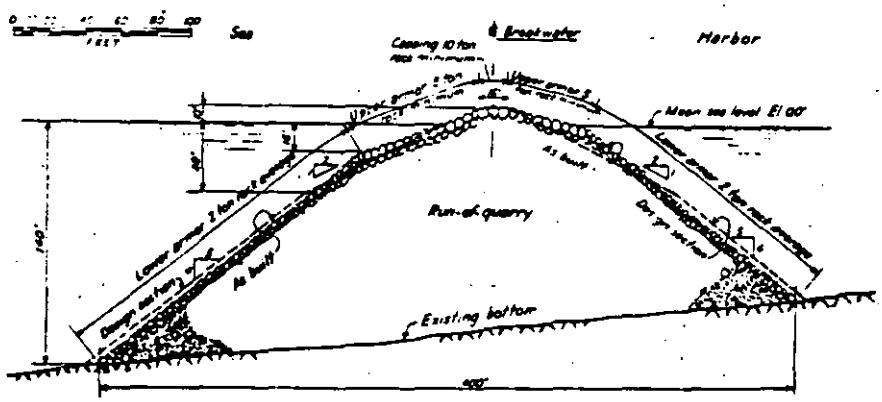


Fig. 4.18 Cross section through south breakwater at Matarani, Peru.

SECCIONES TRANSVERSALES DE ROMPEOLAS A TALUD.

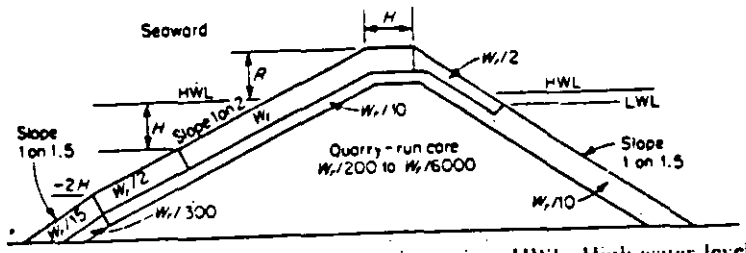


Fig. 4.2 A rubble-mound breakwater in section: HWL, High-water level; LWL, low-water level; *R*, wave run-up.

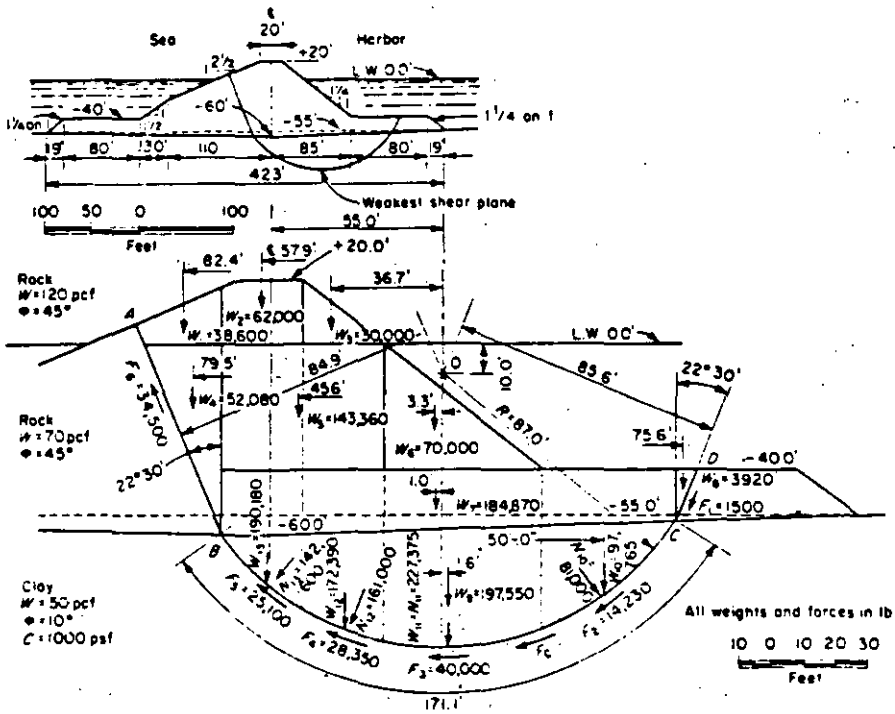
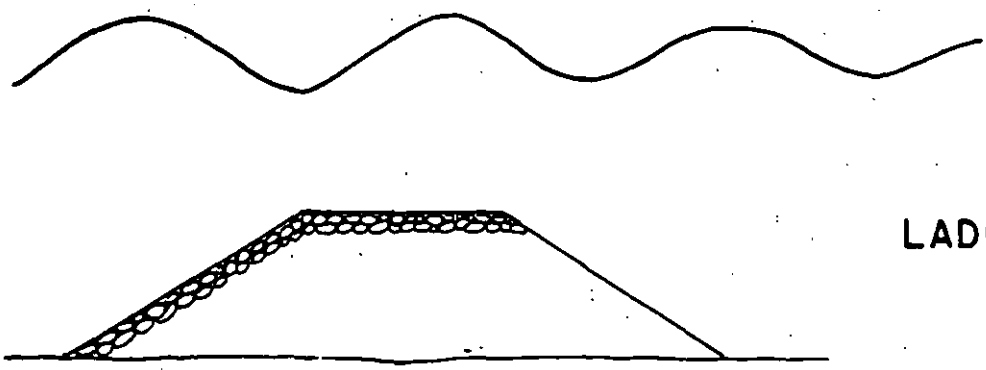
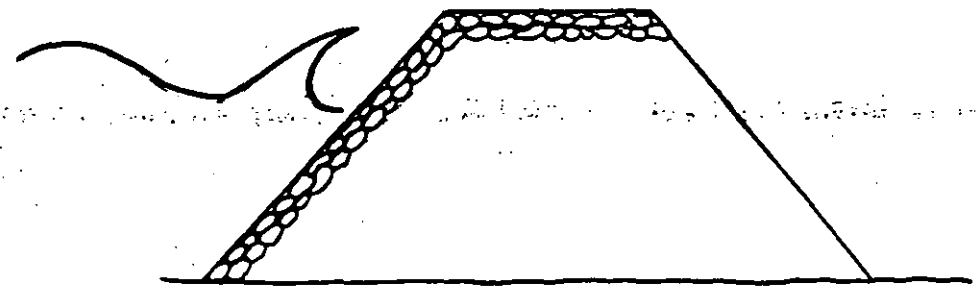


Fig. 4.8 Typical example of analysis of foundation base for support of rock-mound breakwater on soft bottom.

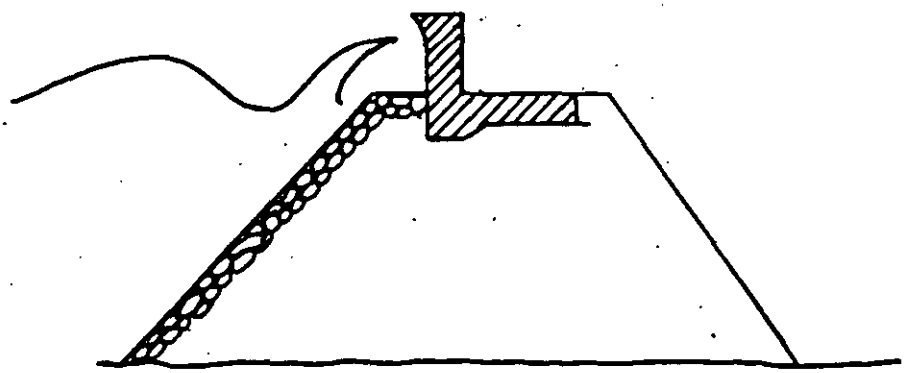
ESPECIFICACIONES GENERALES DE ROMPEOLAS.



SUMERGIDOS

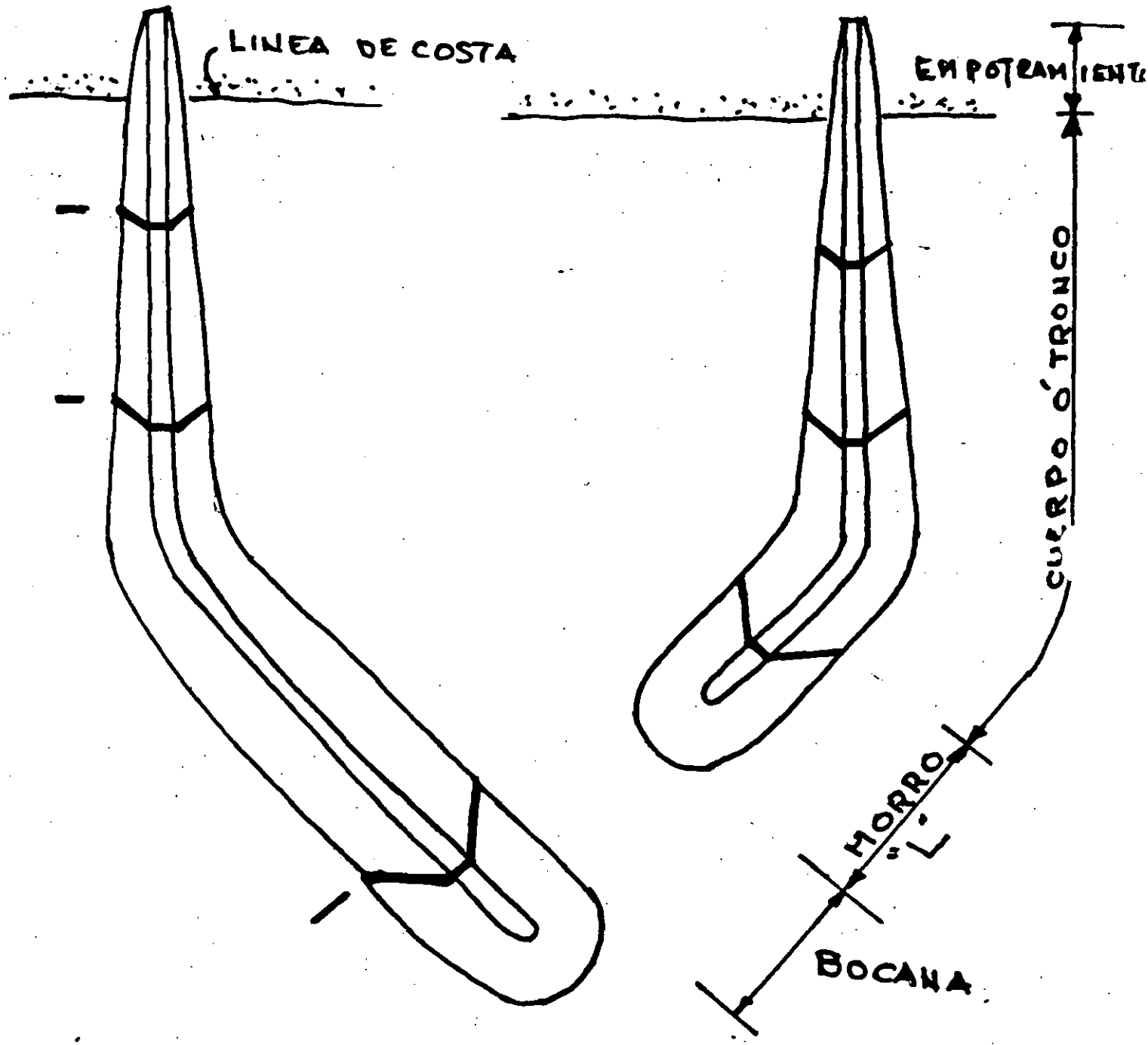


SIN CORONAMIENTO



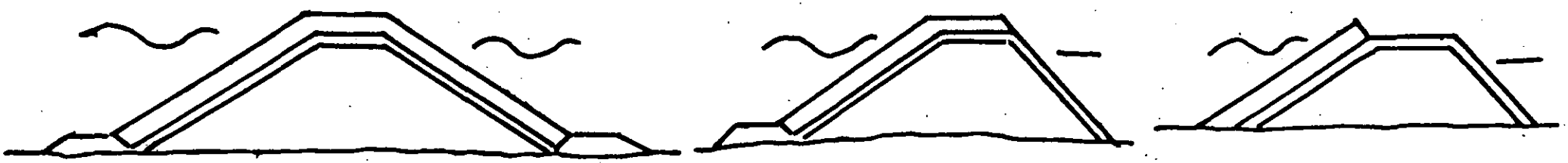
CON CORONAMIENTO

SECCIONES TRANSVERSALES
DE ROMPEOLAS
A TALUD



LIMITES DE CAMBIO DE PESO DE ELEMENTOS EN CAPA SECUNDARIA Y CORAZA.

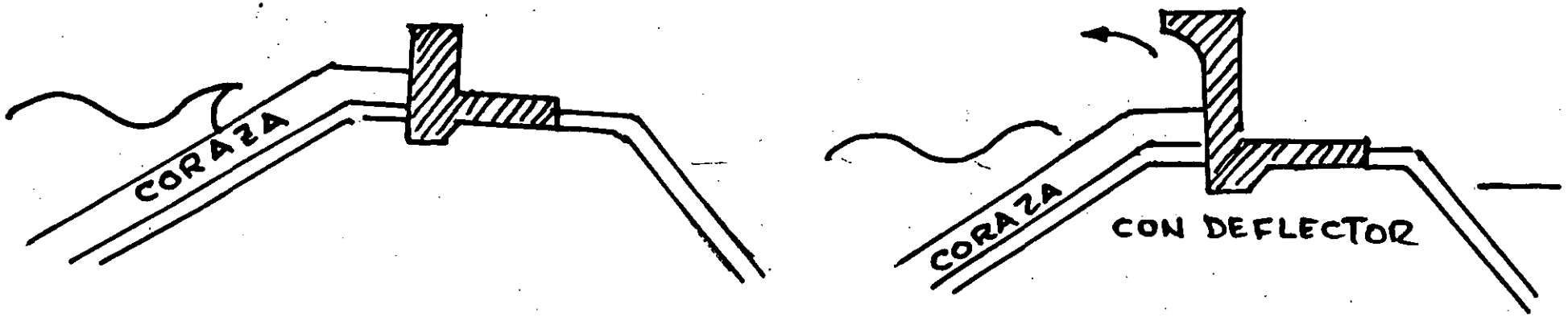
SECCIONES TRANSVERSALES DE UN ROMPEOLAS A TALUD.



SECCION EN MORRO

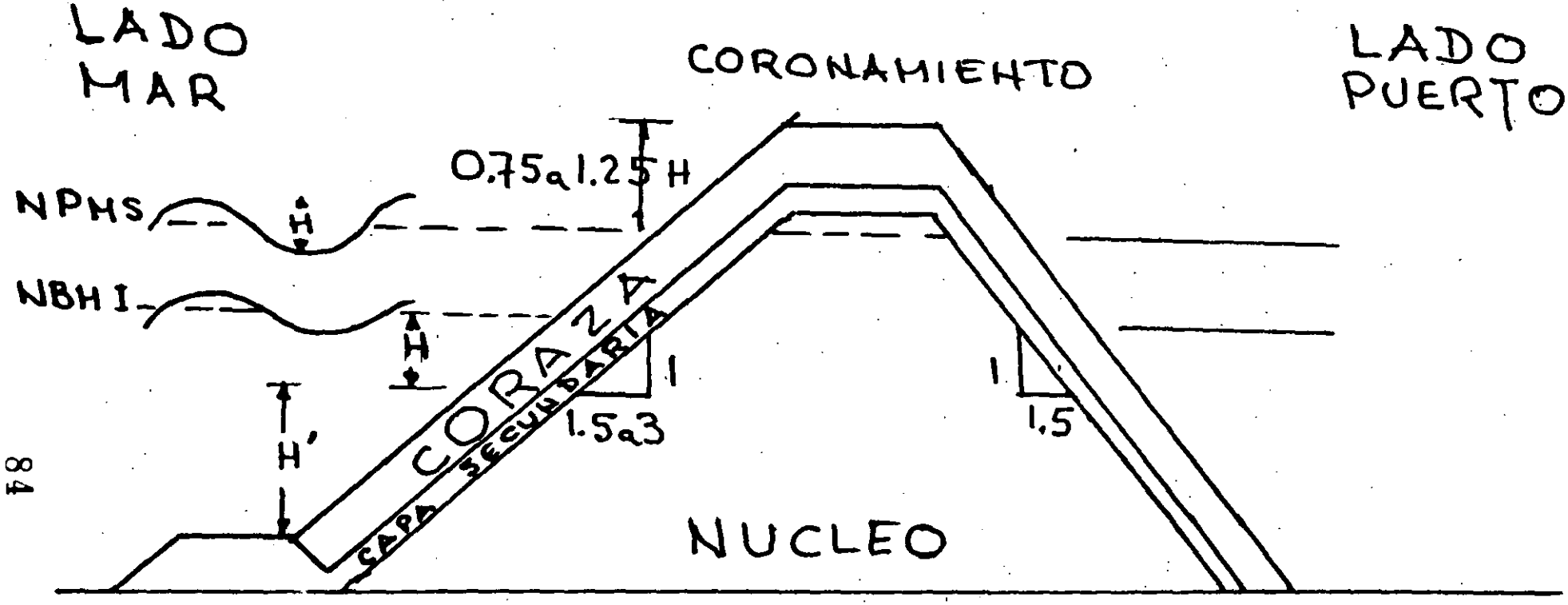
SECCION EN CUERPO

SECCION EN EMPOTRAMIENTO.



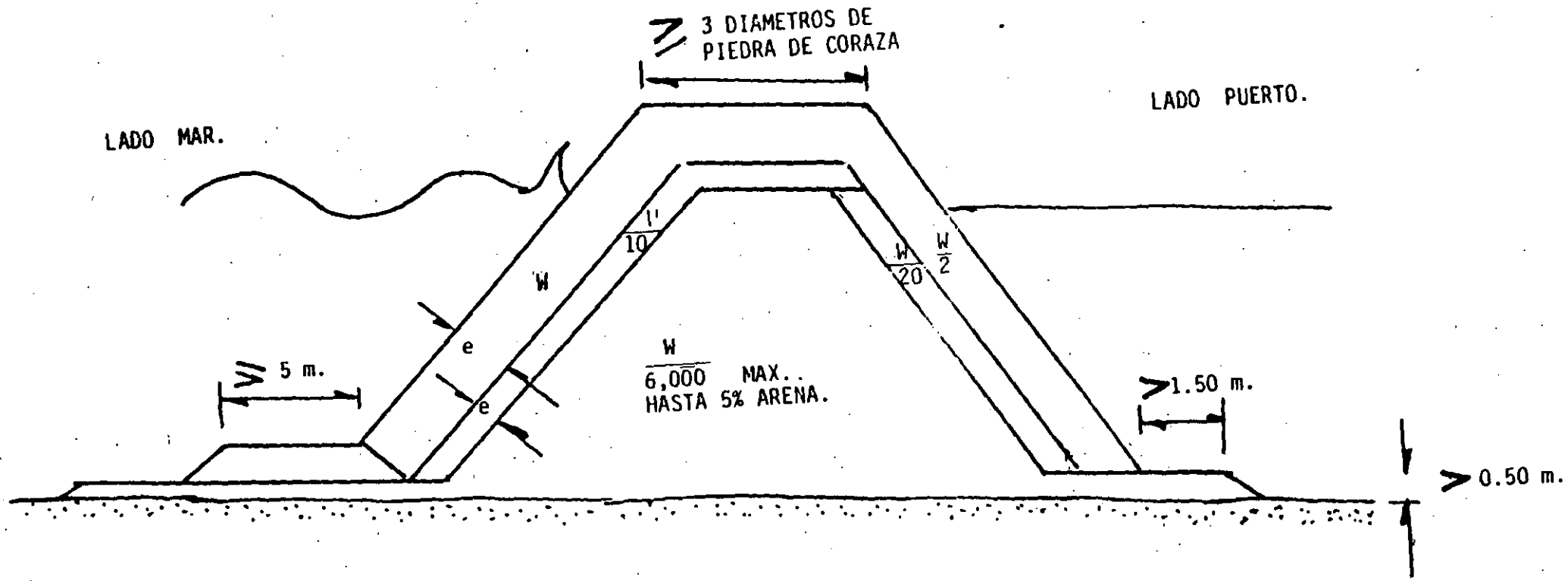
CORONAMIENTOS.

83



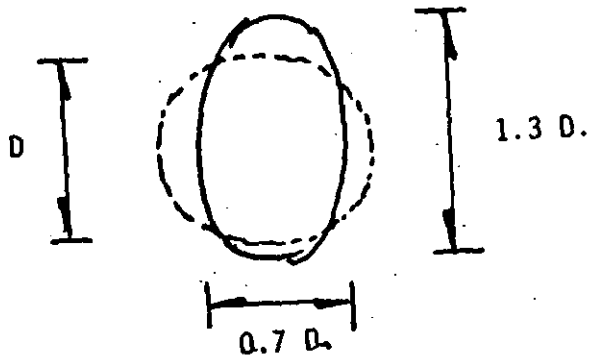
H'- OLA VIRTUAL

84



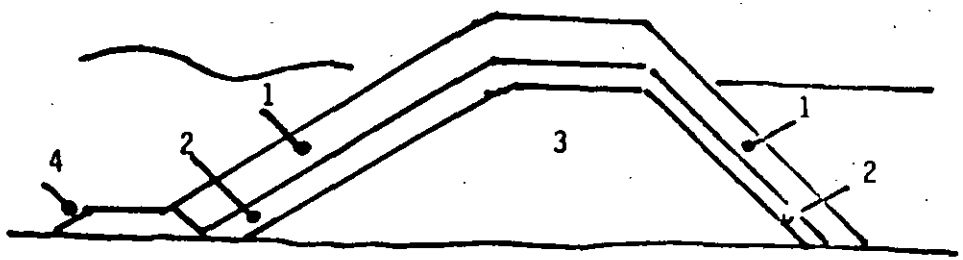
68

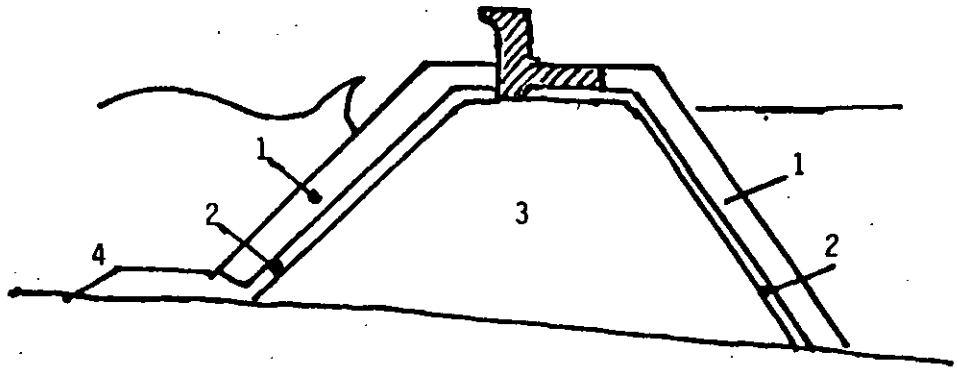
DISTRIBUCION DE PESOS EN UNA SECCION DEL CUERPO DE UN ROMPEOLAS.



TOLERANCIAS EN LOS DIAMETROS DE LA ROCA.

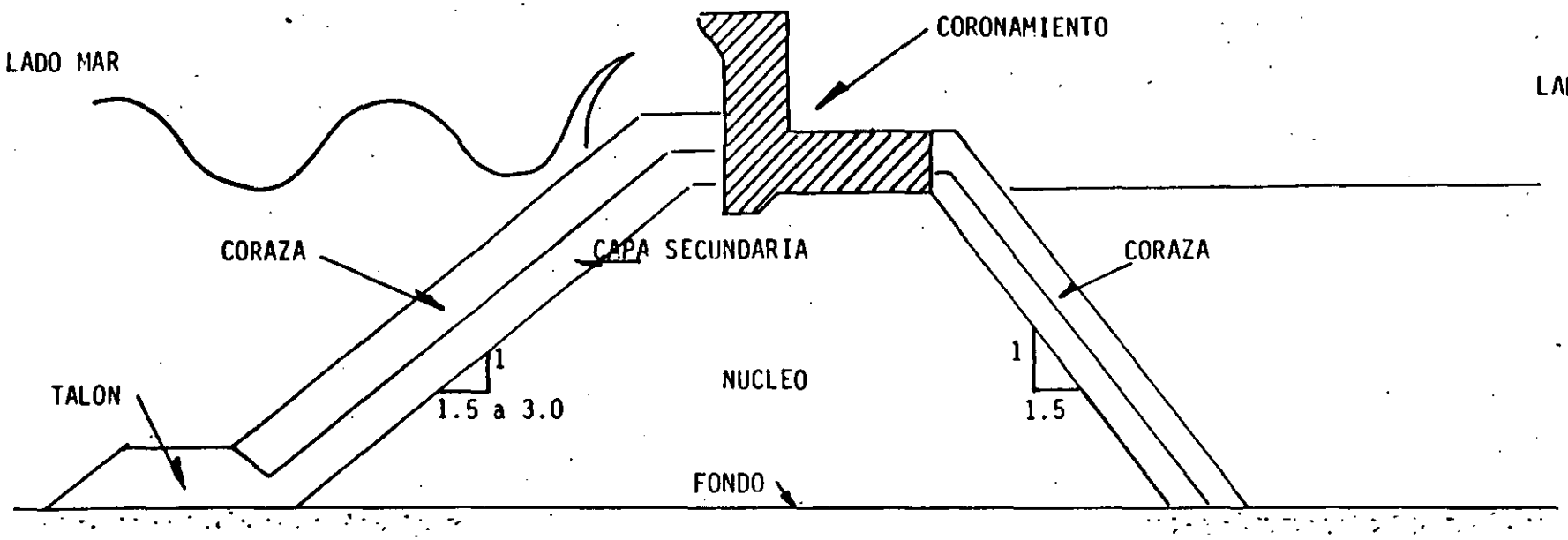
MATERIALES DE CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS Y ESCOLLERAS A TALUD.





SECCION	DENOMINACION	TIPO DE MATERIAL.
1	CORAZA	ELEMENTOS NATURALES Y ARTIFICIALES
2	CAPA SECUNDARIA	ELEMENTOS NATURALES O ARTIFICIALES
3	NUCLEO	ELEMENTOS NATURALES
4	TALON	ELEMENTOS NATURALES O ARTIFICIALES.

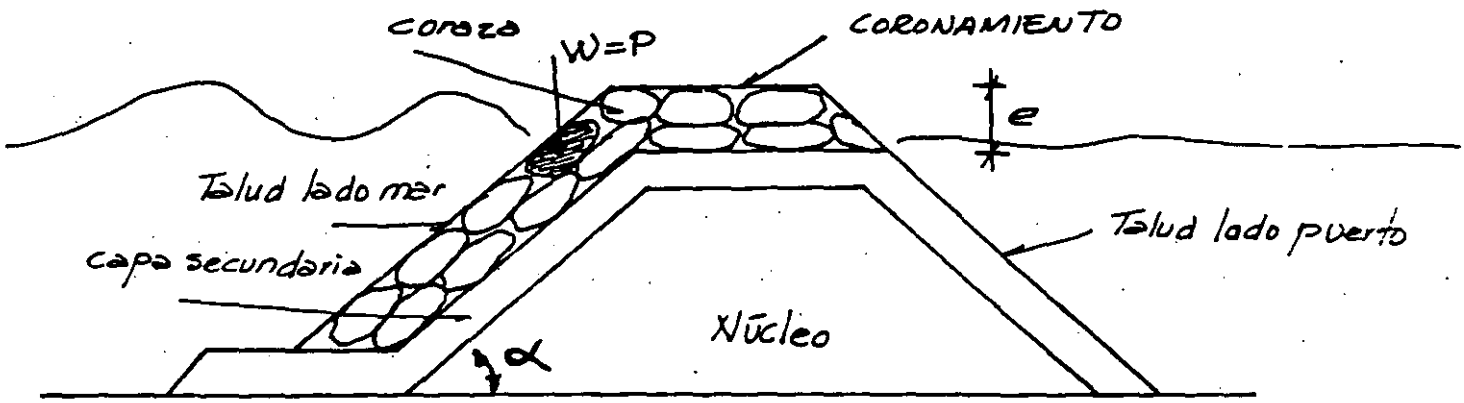
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION D MPEOLAS A TALUD.



	MATERIAL	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO
NUCLEO	ELEMENTOS NATURALES	VERTIDO MARINO O COLOCACION TERRESTRE	BARCAZA, CHALAN, o CAMION.
CAPA SECUNDARIA	ELEMENTOS NATURALES o ARTIFICILAES DE - CONCRETO.	COLOCACION TERRESTRE O CON EQUIPO FLO TANTE.	CON GRUA ACOMODADO.
CORAZA	ELEMENTOS NATURALES o ARTIFICIALES DE - CONCRETO.	COLOCACION TERRESTRE O CON EQUIPO FLO TANTE.	CON GRUA ACOMODADO O AL AZAR.
TALON DE ATRAQUE	ELEMENTOS NATURALES o ARTIFICIALES DE - CONCRETO.	COLOCACION TERRESTRE O CON EQUIPO FLO TANTE.	CON GRUA ACOMODADO.
CORONAMIENTO	CONCRETO COLADO "IN SITU" O PIEZAS PRE- COLADAS.		

DISEÑO DE ROMPEOLAS CON EL METODO DE IRIBARREN (1936).

Cálculo del peso del enrocamiento de un rompeolas a talud.



ECUACION DE IRIBARREN:

$$P = \frac{N\,H^3 d}{(\cos\alpha - \operatorname{sen}\alpha)^3\,(d-1)^3}$$

EN DONDE:

P= PESO DE LA PIEDRA EN TONS.

H= ALTURA DE LA OLA QUE ROMPE CONTRA LA OBRA (EN METROS)

d= PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL (TON/m^3)

α = ANGULO DEL TALUD CON LA HORIZONTAL. EL TALUD VARIA EN LA PRACTICA DESDE 1.33:1 HASTA 3.5:1

N= 0.015 PARA ELEMENTOS NATURALES

H= 0.019 PARA BLOQUE_ ARTIFICIALES

SE CONSIDERA QUE EL REVESTIMIENTO EXTERIOR DEBE ESTAR CONSTITUIDO POR DOS CAPAS DE PIEDRA DE TAMAÑO UNIFORMA, Y SU ESPESOR PARA EL CASO DE ELEMENTOS NATURALES SERA DE:

$$e = 2\sqrt[3]{\frac{P}{d}}$$

EN DONDE:

P= EN TONS.
d= EN TON/m^3
e= EN m.

METODO DE HUDSON (1965) PARA EL DISEÑO DE ROMPEOLAS A TALUD.

$$W = \frac{\gamma_S \, H^3}{K_D \, (S_S - 1)^3 \cot \theta}$$

W.- PESO DE UN ELEMENTO DE CORAZA (Kg.)

γ_S.- PESO ESPECIFICO DEL ELEMENTO DE CORAZA (Kg/m^3)

S_S.- DENSIDAD DEL ELEMENTO DE CORAZA (ADIMENSIONAL)

H.- ALTURA DE OLA DE DISEÑO

θ.- ANGULO DEL TALUD DE LA ESTRUCTURA (GRADOS)

K_D.- COEFICIENTE DE ESTABILIDAD DEL ELEMENTO

VALORES DE K_D

TIPO DE ELEMENTO DE LA CORAZA	CUERPO DEL ROMPEOLAS	MORRO	TALUD cot. θ
ROCA LIZA Y REDONDEADA	2.1	1.7	1.5 a 3.0
ROCA RUGOSA YANGULOSA	3.5	2.5	2.0
TETRAPODOS	7.2	5.5	2.0
DOLOS	22.0	15.0	2.0
CUBOS MODIFICADOS	6.8	5.0	1.5 a 3.0

ESPESOR Y NUMERO DE ELEMENTOS DE UN AREA DETERMINADA DEL TALUD EN CAPA SECUNDARIA Y CORAZA, EN ROMPEOLAS.

ELEMENTO	NUMERO DE CAPAS	K_Δ COEFICIENTE DE CAPA.	POROSIDAD (P) %
ROCA REDONDEADA Y LISA	2	1.02	38
ROCA RUGOSA	2	1.15	37
CUBO MODIFICADOS	2	1.10	47
TETRAPODO	2	1.04	50
DOLO	2	1.00	63

$$e = n\, K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_S} \right)^{\frac{1}{3}}$$

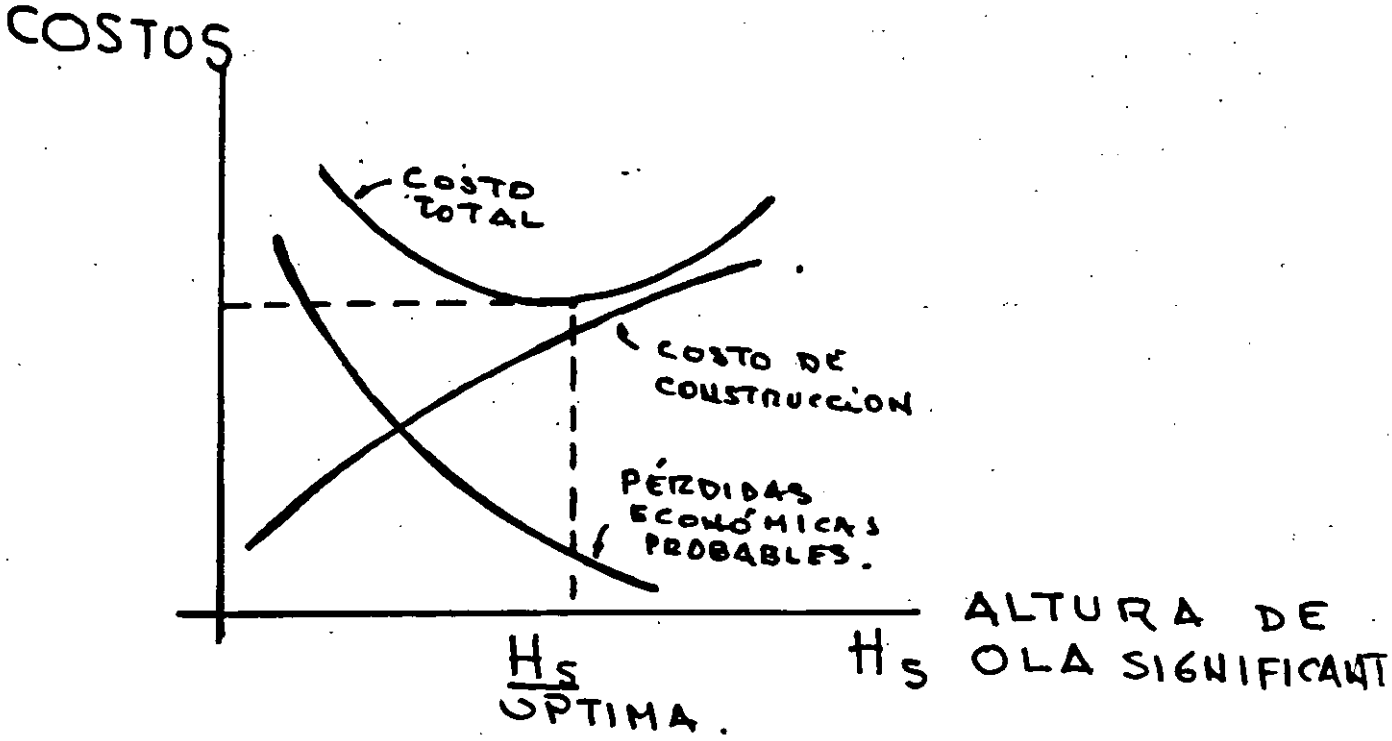
EN DONDE:

e.- ESPESOR CAPA SECUNDARIA Y/O CORAZA
K_Δ.- COEFICIENTE DE CAPA, QUE TOMA EN CUENTA EL TIPO DE ELEMENTOS
W.- PESO DE UN ELEMENTO, DE CAPA SECUNDARIA Y/O CORAZA
γ_S- PESO ESPECIFICO DEL ELEMENTO

$$N = n\, K_\Delta \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_S}{W} \right)^{\frac{2}{3}} A$$

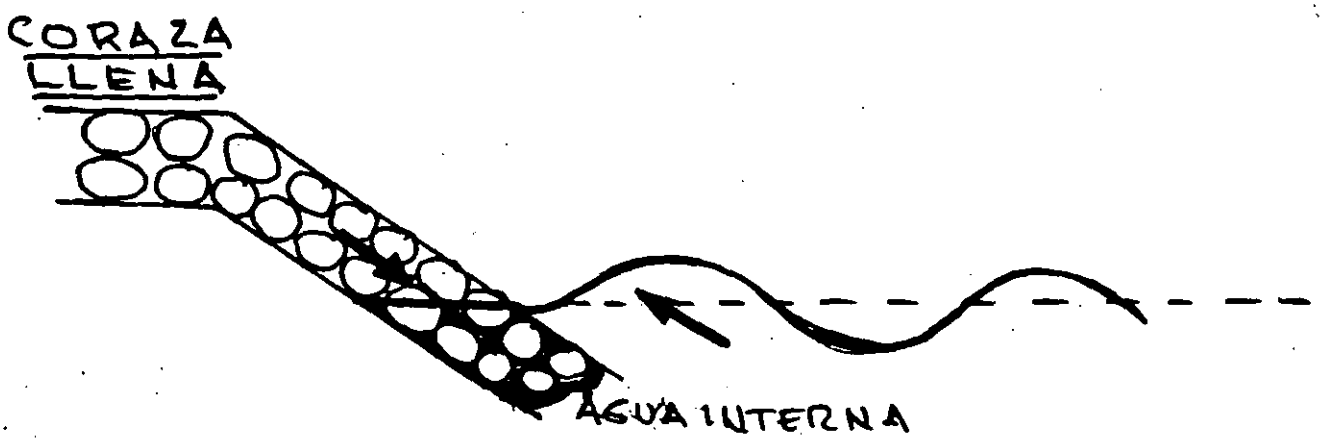
EN DONDE:

N= NUMERO DE ELEMENTOS POR UN AREA DETERMINADA DEL TALUD
A= NUMERO DE ELEMENTOS POR CADA 100 m^2.
n= NUMERO DE CAPAS QUE FORMAN EL ESPESOR.
P=POROSIDAD.

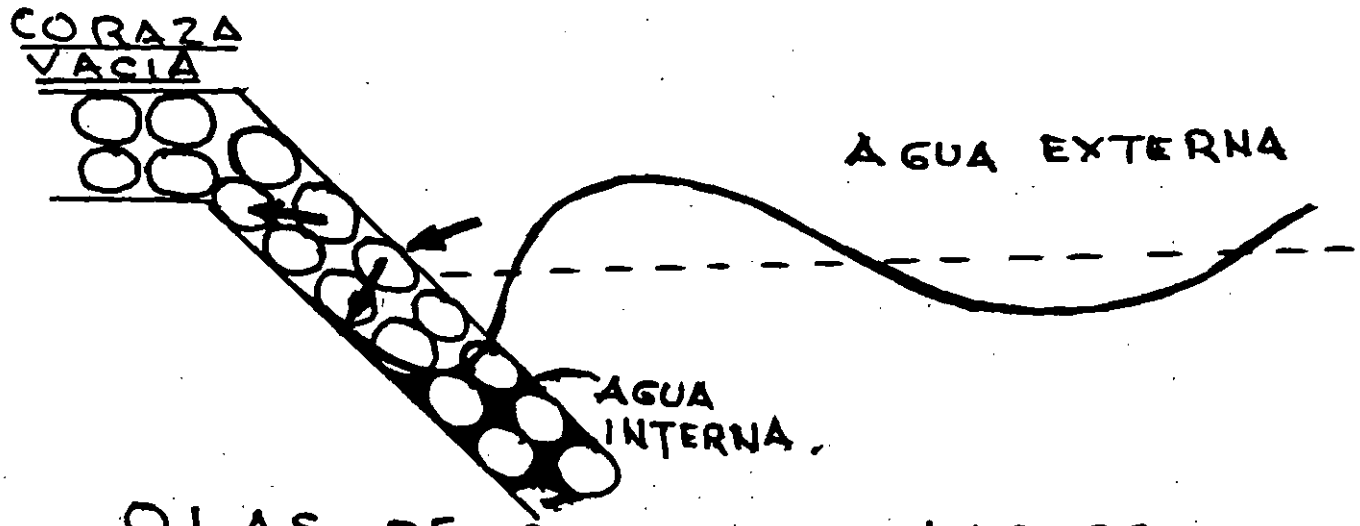


RELACION

COSTO ROMPEOLAS Vs. ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE

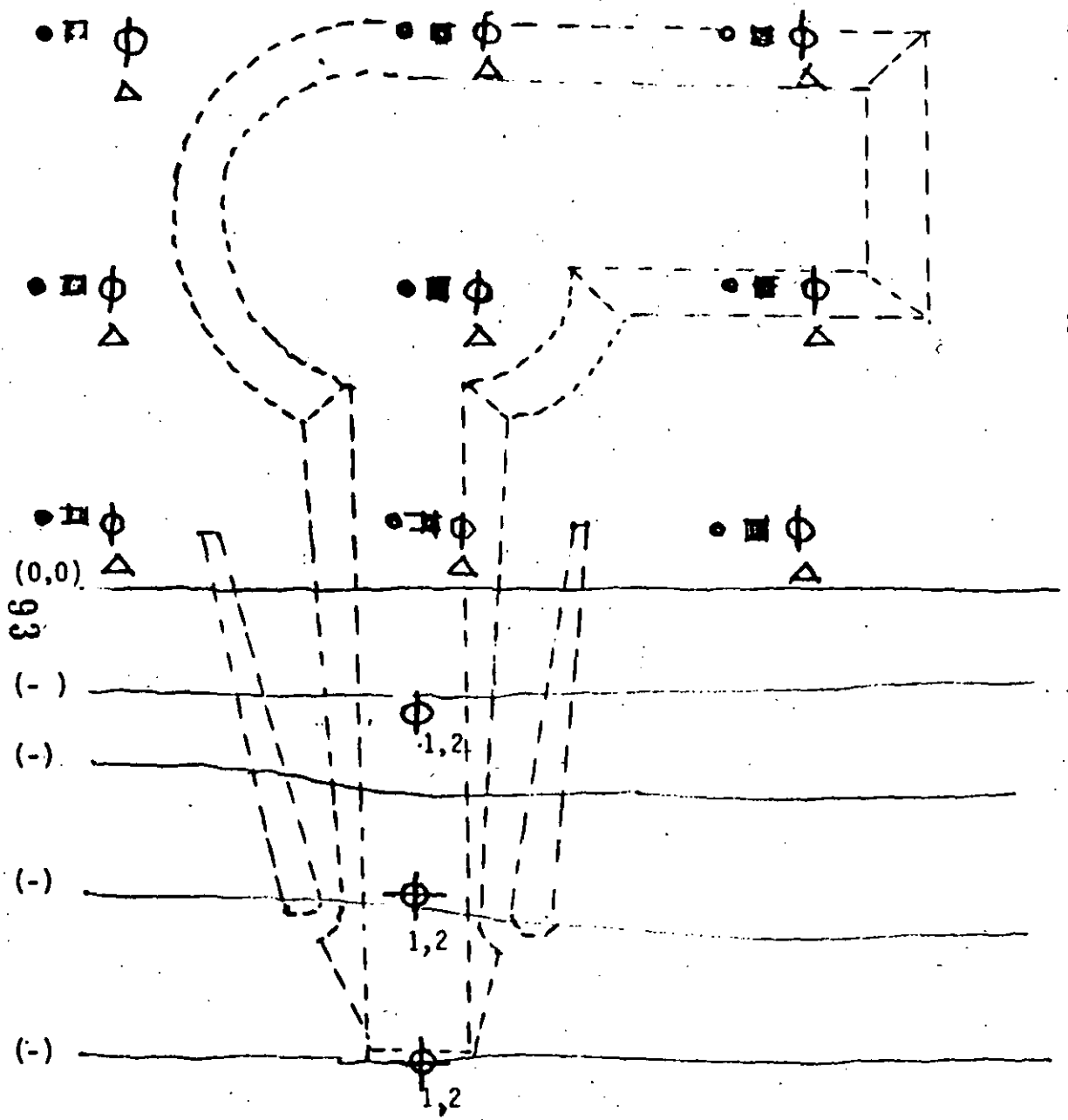


OLAS DE PERIODO CORTO
< 8 SEG.



OLAS DE PERIODO LARGO
$\geq$ 8 SEG.

EL PERIODO DEL OLEAJE Y SU EFECTO EN LA ESTABILIDAD DE LA CORAZA DE UN ROMPEOLAS.



ESTUDIOS GEOLOGICOS Y DE MECANICA DE SUELOS:

1.- SONDEOS GEOFISICOS
- -ELECTRICOS
- -SISMICOS

2.- DE MECANICA DE SUELOS
- -POZOS A CIELO ABIERTO ●
- -POZOS DE LAVADO ■
- -SONDEOS DE PENETRACION ESTANDAR Φ, ⊕
- -SONDEOS INALTERADOS △
- CONO ESTATICO Φ_1
- CONO DINAMICO $\oplus_2$

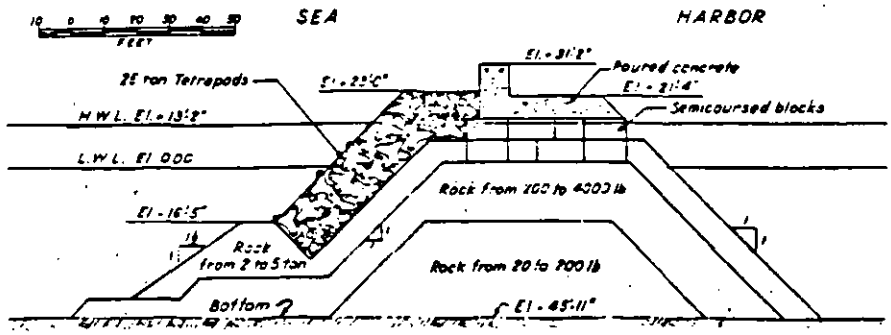


Fig. 4.44 Cross section through tetrapod armored breakwater at Safi, Morocco. (*Courtesy of NEYRPIC, Grenoble, France.*)

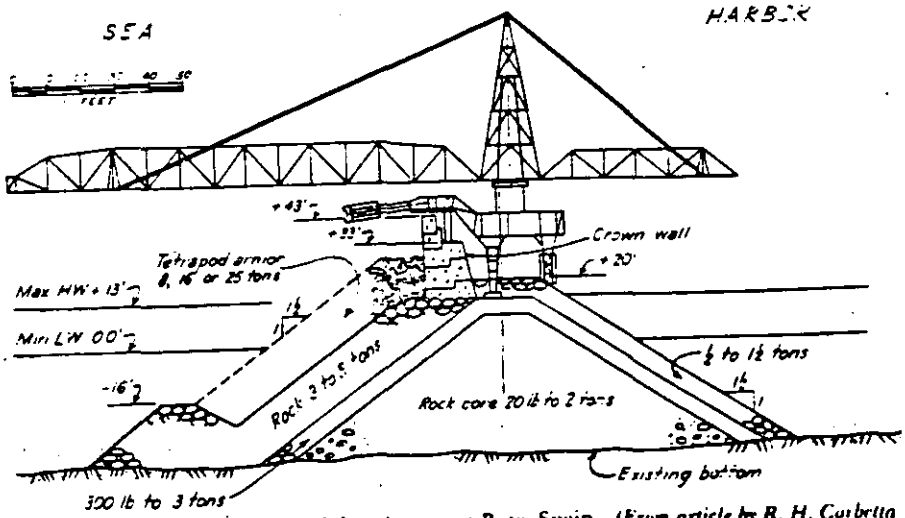
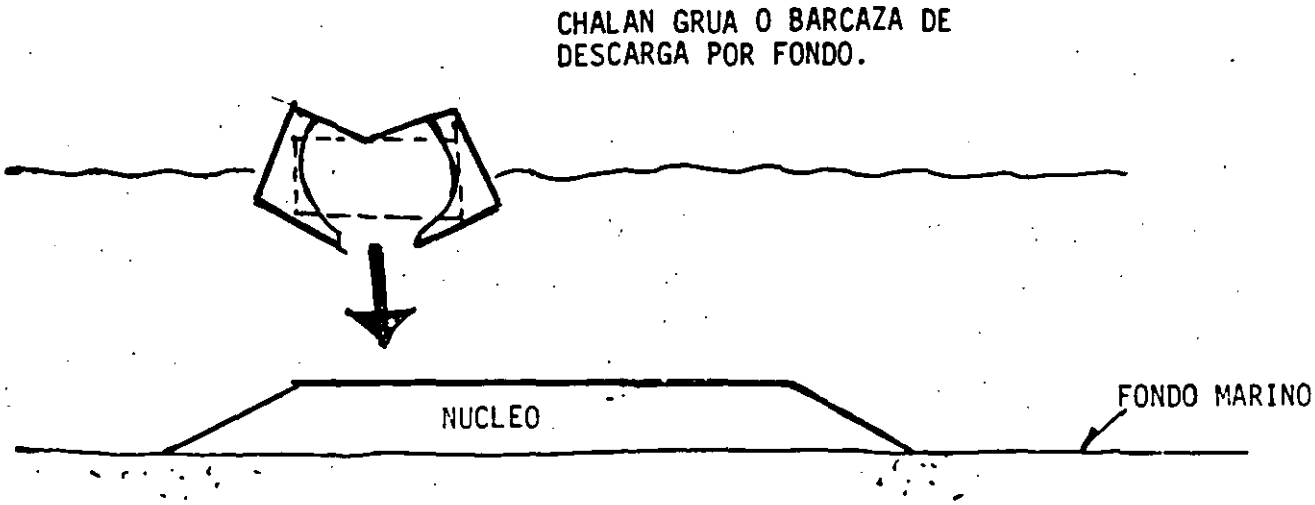


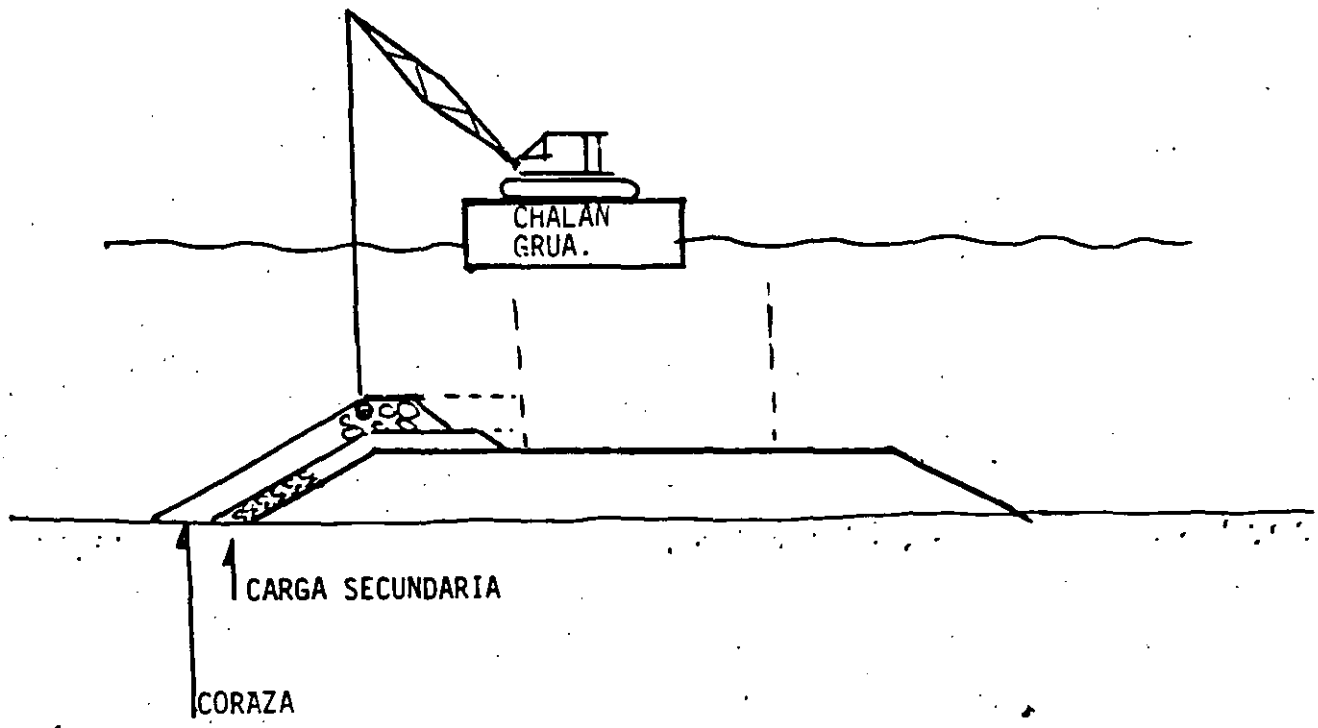
Fig. 4.43 Cross section through breakwater at Rota, Spain. (*From article by R. H. Corbetta and H. W. Hunt, Civil Engineering, October, 1958.*)

SECCION TRANSVERSAL DE UN ROMPEOLAS CON CORAZA A BASE DE TETRAPODOS.

FASE 1.


CHALAN GRUA O BARCAZA DE
DESCARGA POR FONDO.
NUCLEO
FONDO MARINO

FASE 2.


CHALAN
GRUA.
CARGA SECUNDARIA
CORAZA

ELEMENTOS ARTIFICIALES DE CONCRETO PARA LA CORAZA DE ROMPEOLAS A TALUD.

1.- CUBOS (PUROS, MODIFICADOS, RANURADOS)

2.- PARALELEPIPEDOS

3.- TETRAPODOS

4.- DOLOS

5.- TRIBAR

6.- CUADRIPODOS

7.- HEXAPODOS

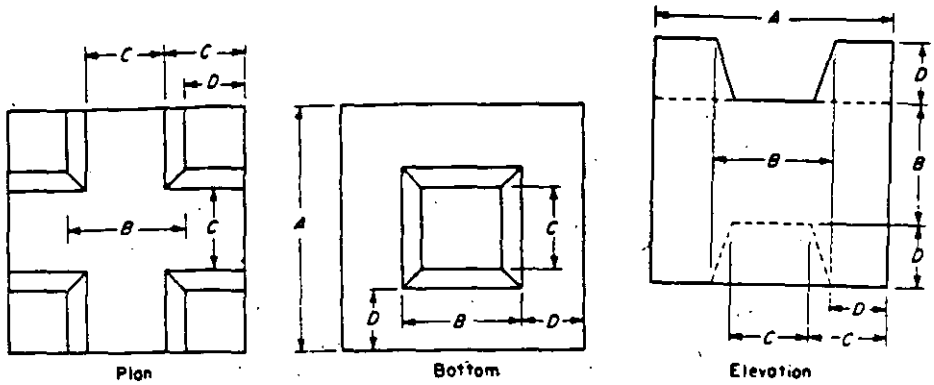
8.- AKMON

9.- STABIT

10.- ACROPODOS

ELEMENTOS DE MAYOR UTILIZACION.

TABLE 4.7 Modified Cubes: Volume, Weight, Thickness of Layers, and Dimensions



Volume of individual armor units, cu ft											
	7.14	14.29	28.57	71.43	142.86	214.29	285.71	357.14	428.57	500.00	571.43
Specific weight, pcf	Weight of individual armor units, tons										
140.0	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
149.5	0.53	1.07	2.14	5.34	10.68	16.02	21.36	26.70	32.04	37.38	42.71
156.0	0.56	1.11	2.23	5.57	11.14	16.71	22.29	27.86	33.43	39.00	44.57
162.0	0.58	1.16	2.31	5.79	11.57	17.36	23.14	28.93	34.71	40.50	46.29
Average measured thickness of one layer placed uniformly, ft											
	2.16	2.72	3.42	4.65	5.86	6.70	7.38	7.95	8.44	8.89	9.29
Average measured thickness of two layers random-placed, ft											
	4.24	5.34	6.73	9.13	11.50	13.16	14.49	15.61	16.59	17.46	18.26
Number of armor units per 1,000 sq ft, one layer placed uniformly											
	220.26	138.75	87.40	47.50	29.84	22.81	18.89	16.27	14.47	13.00	11.94
Number of armor units per 1,000 sq ft, two layers random-placed											
	314.12	197.87	124.65	67.74	42.56	32.53	26.93	23.20	20.64	18.54	17.02
Symbol	Dimensions of armor units, ft										
A	2.09	2.63	3.32	4.50	5.67	6.49	7.15	7.70	8.18	6.61	9.01
B	1.05	1.32	1.67	2.26	2.85	3.26	3.59	3.87	4.11	4.33	4.52
C	0.70	0.88	1.11	1.51	1.90	2.18	2.39	2.58	2.74	2.88	3.02
D	0.52	0.66	0.83	1.12	1.41	1.62	1.78	1.92	2.04	2.14	2.24

SOURCE: Research Report 2-11, June, 1968, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Data based on modified cubes used in model tests conducted at the Waterways Experiment Station.

CUBOS MODIFICADOS

ELEMENTOS ARTIFICIALES DE CONCRETO PARA CORAZAS DE ROMPEOLAS A TALUD.

STABIT

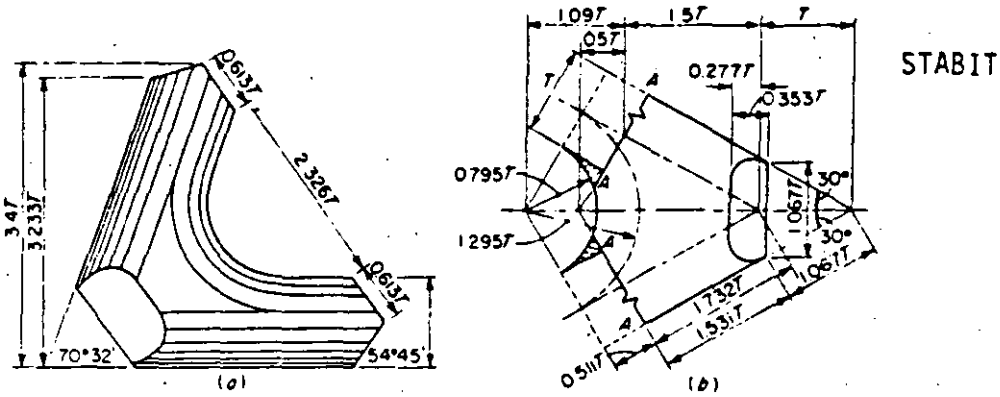
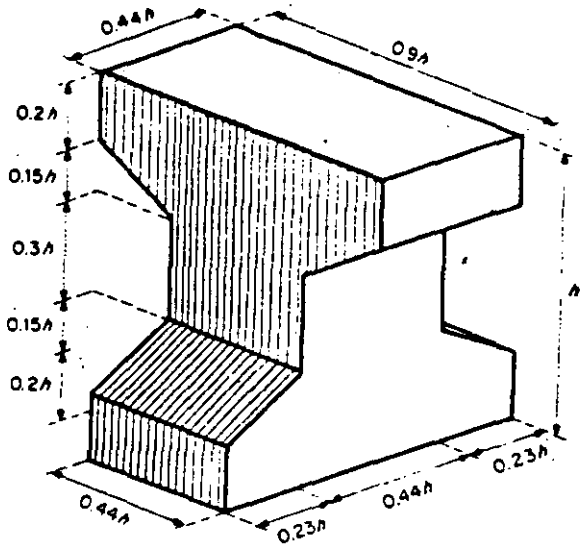


Fig. 4.42 Stabit proportional dimensions: (*a*) Side elevation of stabit sitting on two limbs: (*b*) part plan of stabit showing corner. The stabit comprises, in effect, four identical corners joined along section *A*-*A*. The area shown shaded overlaps the adjoining corner. An overlap (not shown) also occurs where the inner radius of the adjacent corner extends a corresponding distance beyond this section. (*From chap. 52 by K. Y. Singh, Proceedings of Eleventh Conference on Coastal Engineering, London, England, September,* 1968.)

AKMON



Volume of block, $0.3h^3$

Fig. 4.41 Akmon armor unit. (*From Publication 27, Hydraulics Laboratory, Delft, Netherlands.*)

DOLO

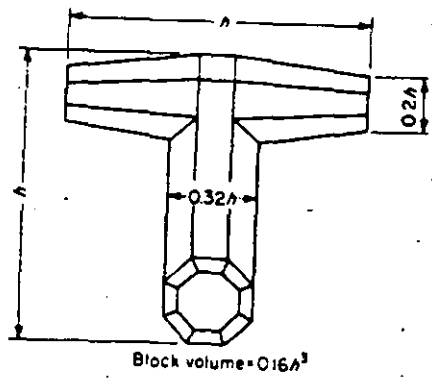
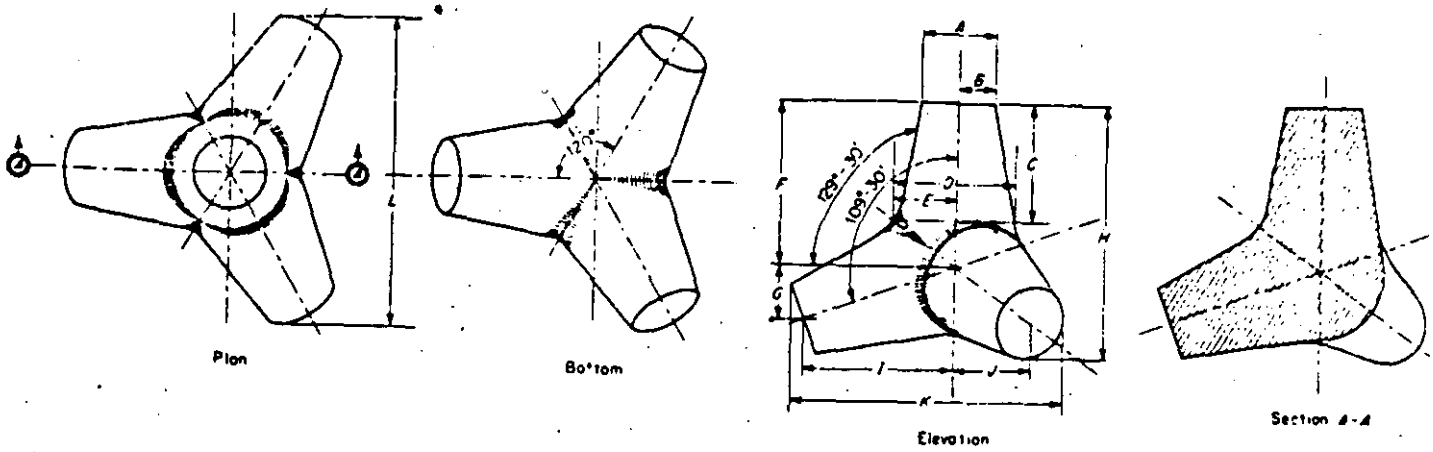


TABLE 4.3 Tetrapods: Volume, Weight, Thickness of Layers, and Dimensions



Volume of individual armor units, cu ft											
	7.14	14.29	28.57	71.43	142.86	214.29	285.71	357.14	428.57	500.00	571.43
Specific weight, pcf	Weight of individual armor units, tons										
140.0	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
149.5	0.53	1.07	2.14	5.34	10.68	16.02	21.36	26.70	32.04	37.38	42.71
156.0	0.56	1.11	2.23	5.57	11.14	16.71	22.29	27.86	33.43	39.00	44.57
162.0	0.58	1.16	2.31	5.79	11.57	17.36	23.14	28.93	34.71	40.50	46.29

Average measured thickness of two layers random-placed, ft										
4.01	5.05	6.36	8.63	10.87	12.45	13.70	14.76	15.68	16.51	17.26

Number of armor units per 1,000 sq ft, two layers, random-placed										
280.16	176.49	111.18	60.42	37.96	29.02	24.02	20.70	18.41	16.54	15.18

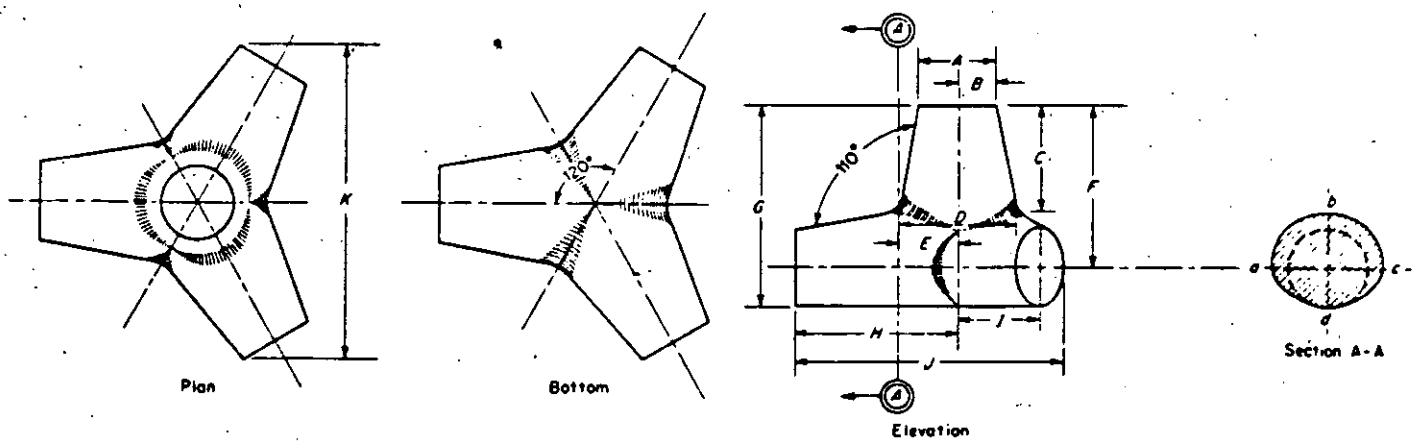
Symbol	Dimensions of armor units, ft										
A	0.89	1.12	1.41	1.91	2.41	2.76	3.04	3.27	3.48	3.66	3.83
B	0.44	0.56	0.70	0.95	1.20	1.36	1.52	1.63	1.74	1.83	1.91
C	1.40	1.77	2.23	3.02	3.81	4.36	4.80	5.17	5.50	5.79	6.05
D	1.38	1.74	2.20	2.98	3.76	4.30	4.73	5.10	5.42	5.70	5.96
E	0.69	0.87	1.10	1.49	1.88	2.15	2.37	2.55	2.71	2.85	2.96
F	1.89	2.38	3.00	4.08	5.14	5.88	6.47	6.97	7.41	7.80	8.16
G	0.63	0.79	1.00	1.36	1.71	1.96	2.16	2.32	2.47	2.60	2.72
H	2.94	3.71	4.67	6.34	7.99	9.14	10.07	10.84	11.52	12.13	12.68
I	1.78	2.25	2.83	3.84	4.84	5.54	6.10	6.57	6.98	7.35	7.69
J	0.89	1.12	1.41	1.92	2.42	2.77	3.05	3.28	3.49	3.67	3.84
K	3.21	4.04	5.09	6.91	8.71	9.97	10.97	11.82	12.56	13.23	13.83
L	3.54	4.45	5.61	7.62	9.60	10.98	12.09	13.02	13.84	14.57	15.23

SOURCE: Research Report 2-11, June, 1968, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Data based on tetrapods used in model tests conducted at the Waterways Experiment Station.

TETRAPODOS

ELEMENTOS ARTIFICIALES DE CONCRETO PARA CORAZAS DE ROMPEOLAS A TALUD.

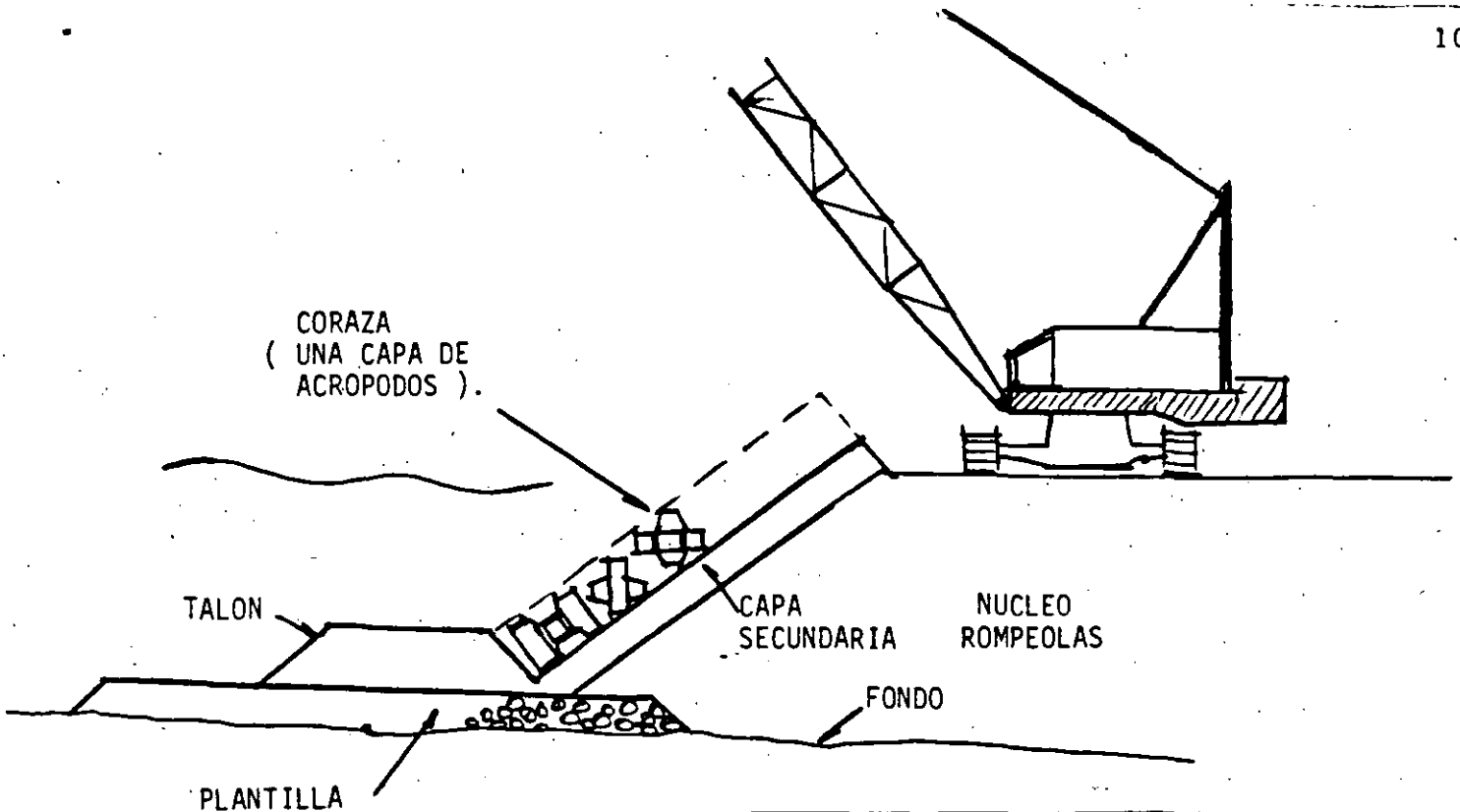
TABLE 4.4 Quadripods: Volume, Weight, Thickness of Layers, and Dimensions

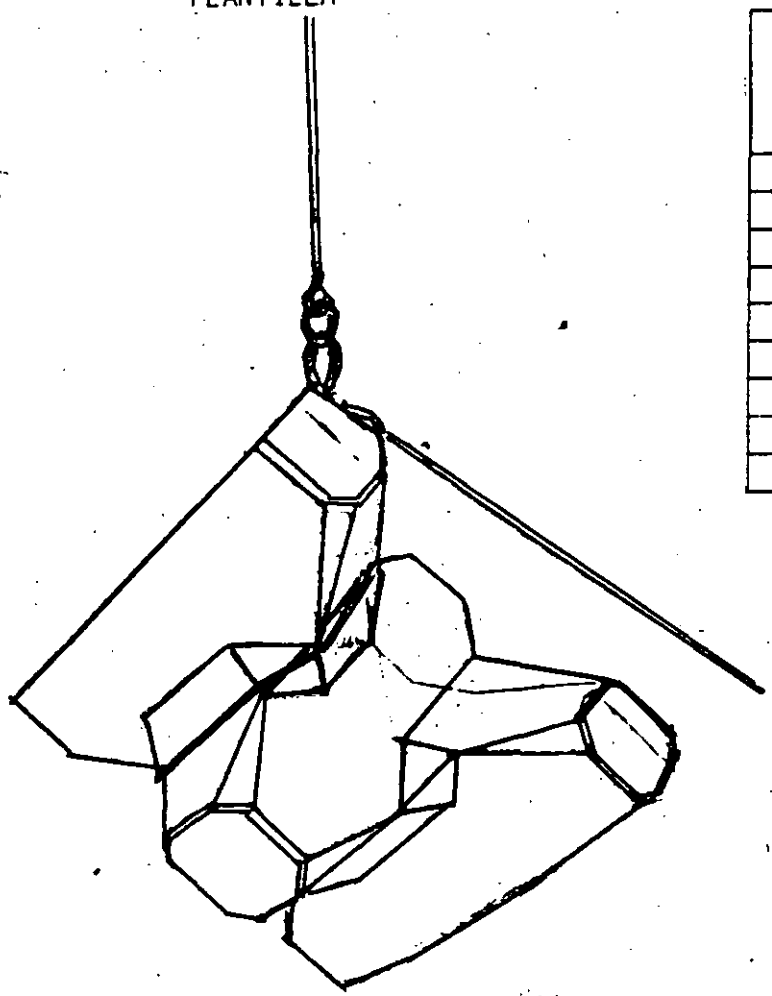


	Volume of individual armor units, cu ft										
	7.14	14.29	28.57	71.43	142.86	214.29	285.71	357.14	428.57	500.00	571.43
Specific weight, pcf	Weight of individual armor units, tons										
140.0	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
149.5	0.53	1.07	2.14	5.34	10.68	16.02	21.36	26.70	32.04	37.38	42.71
156.0	0.56	1.11	2.23	5.57	11.14	16.71	22.29	27.86	33.43	39.00	44.57
162.0	0.58	1.16	2.31	5.79	11.57	17.36	23.14	28.93	34.71	40.50	46.29

CUADRIPODOS

ELEMENTOS ARTIFICIALES DE CONCRETO PARA CORAZAS DE ROMPEOLAS A TALUD.





Volume of block (m^3)	Height (m)	Weight for d = 2.4 (t)	Volume of concrete per m^2 of facing (m^3/m^2)	Prefabrication area required per block (m^2)	Numb of bloc store per 100
0.8	1.34	1.92	0.6	4.1	81.5
1.5	1.66	3.6	0.7	5.1	53
2.5	1.96	6.0	0.85	6.0	38
4	2.30	9.6	1.0	7.0	27
6.3	2.67	15.12	1.15	8.2	20
9	3.01	21.6	1.30	9.2	16
12	3.31	28.8	1.45	10.1	13
16	3.65	38.4	1.60	11.1	11
21	3.99	50.4	1.75	12.2	9

Initial choice of the size of ACCROPODE® block is made by application of Hudson's formula:

$$W = \frac{w_r H^3}{K_D (Sr-1)^3 \cot an \alpha}$$

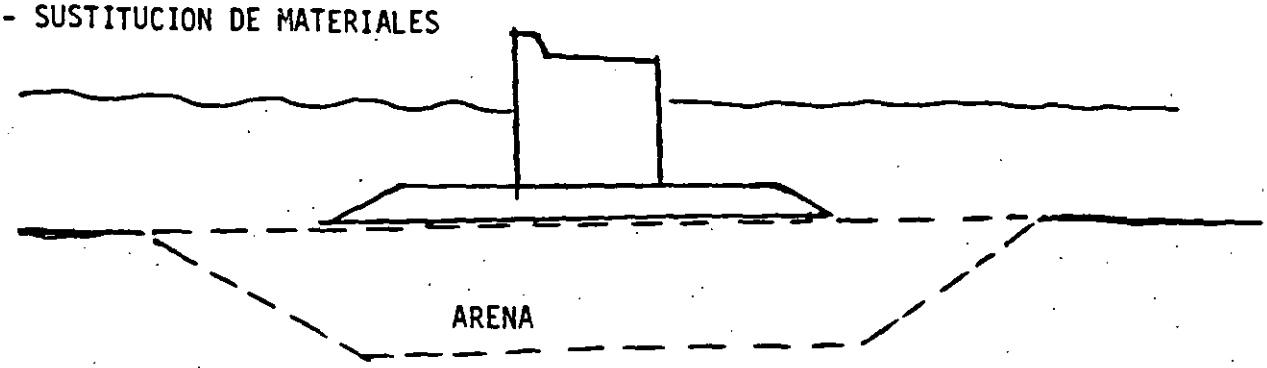
in which the coefficient $K_D = 12$ is adopted for non-breaking waves, and $K_D = 10$ for breaking waves.

Corrections have to be made to this preliminary calculation to take into account notably the effect of wave period, the bed slope in front of the structure and the validity attributed to the data determining the design wave height.

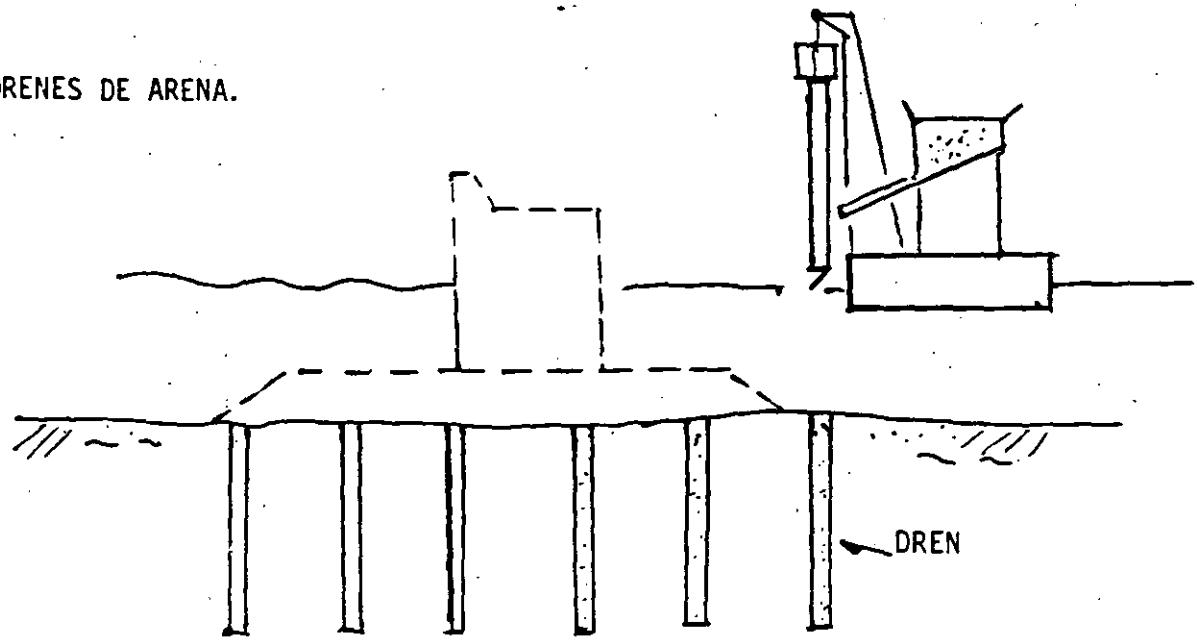
Numerous laboratory tests have shown that application of the above K_D values in the design calculations is the equivalent of taking into account a **safety factor of 1.36 with respect to the design wave height and consequently 2.53 with respect to the unit weight of the block.**

ELEMENTO ARTIFICIAL DE CONCRETO SIMPLE "ACROPODO" PATENTADO POR EL LABORATORIO SOGREAH - FRANCIA.

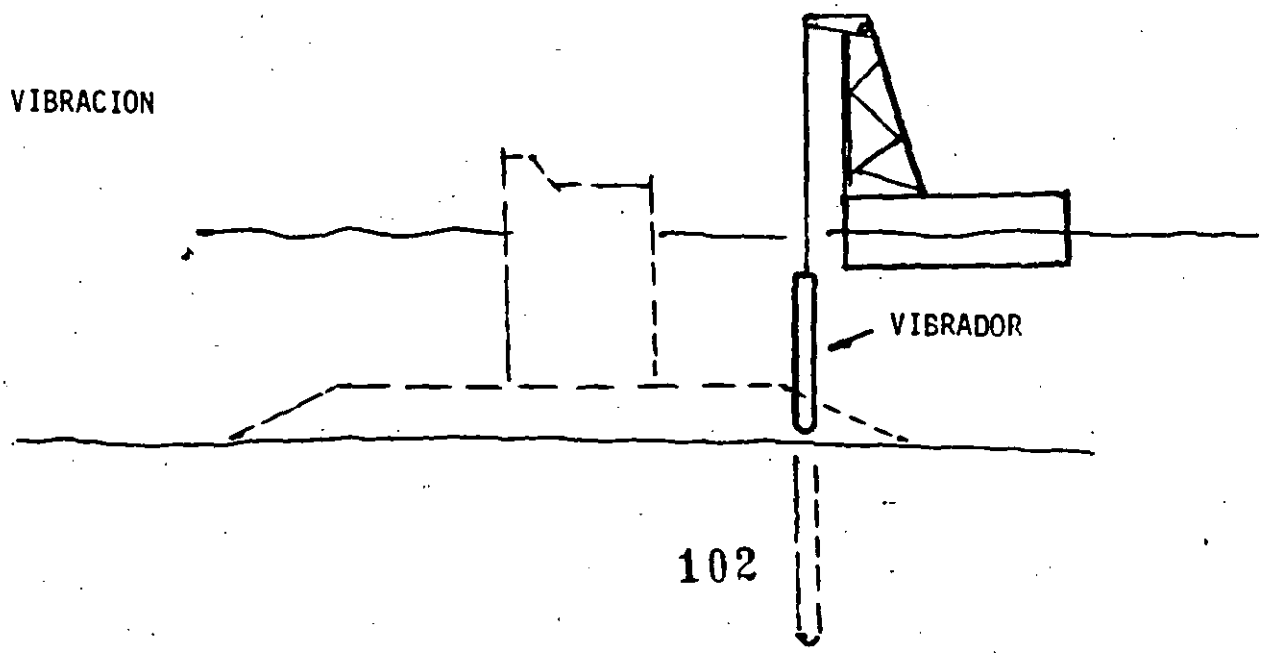
1.- SUSTITUCION DE MATERIALES

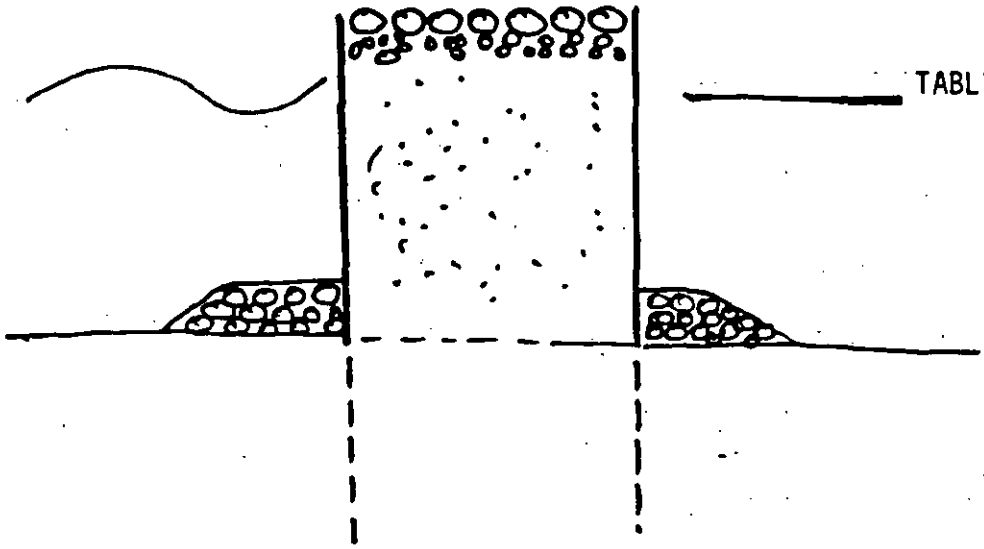


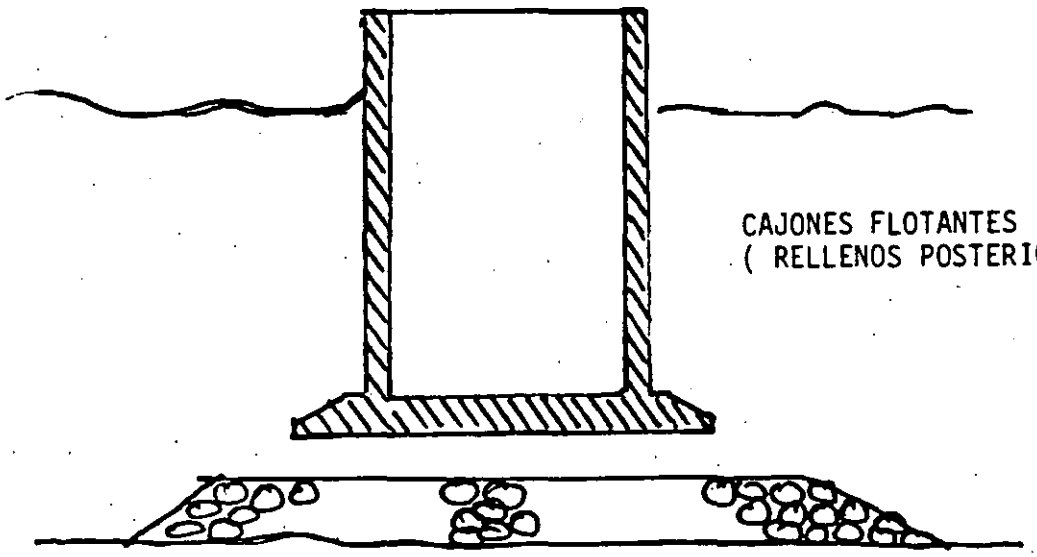
2.- DRENES DE ARENA.

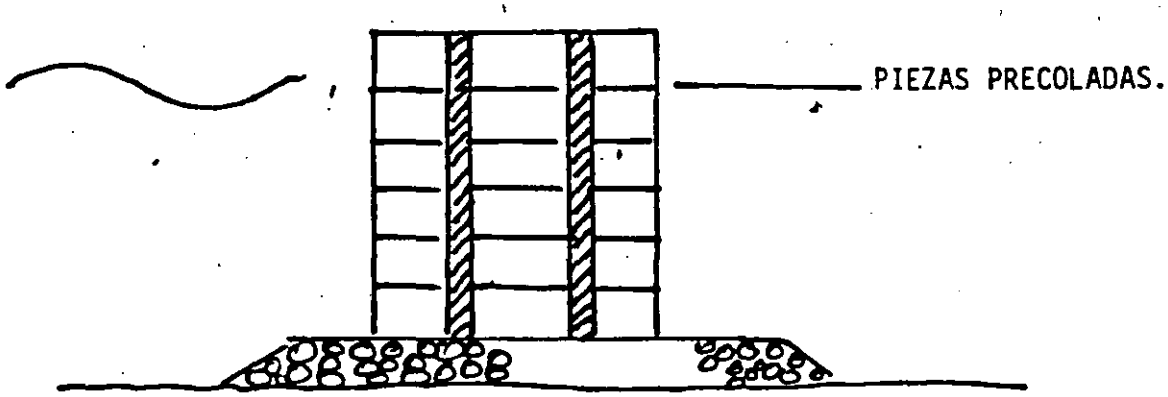


3.- VIBRACION




TABLESTACA METALICA


CAJONES FLOTANTES
(RELLENOS POSTERIORMENTE DE ARENA).


PIEZAS PRECOLADAS.

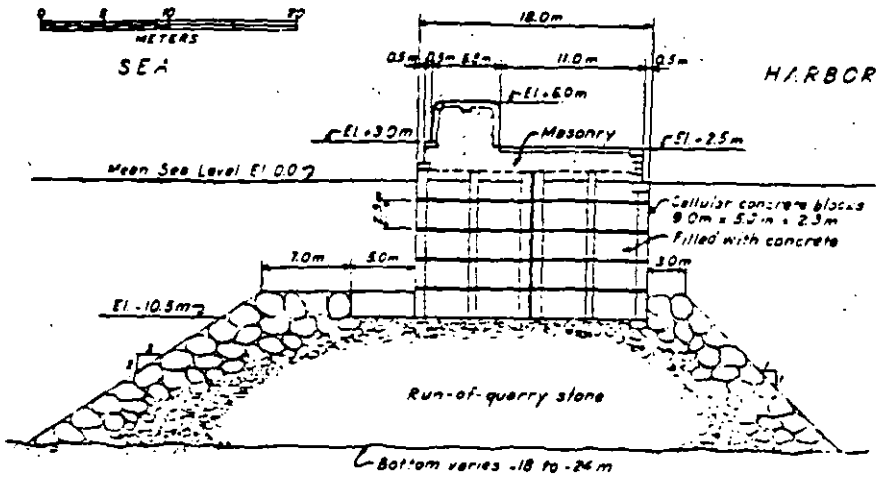


Fig. 4.53 Cross section through the Granili breakwater at the Port of Naples, Italy. *(From report by L. Inglese, XIIth International Congress of Navigation, Philadelphia, 1912.)*

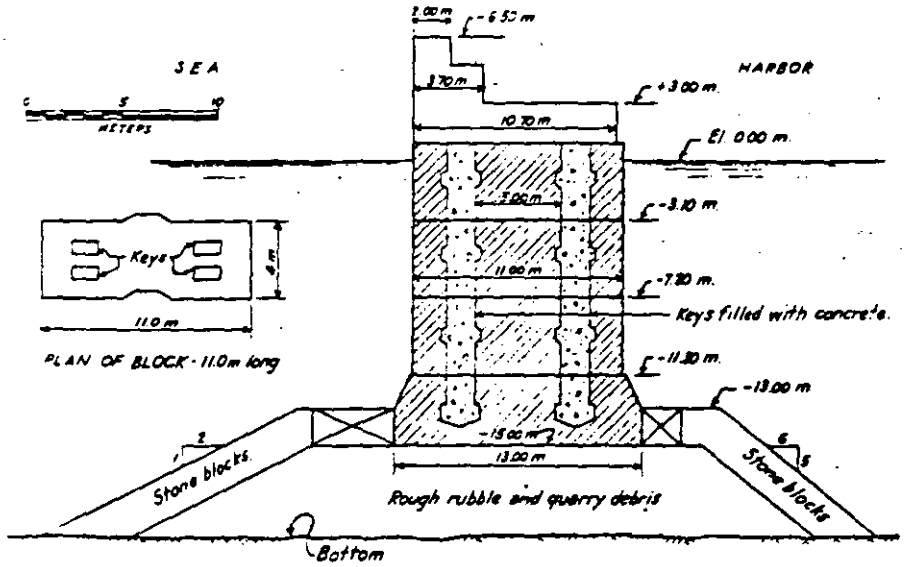


Fig. 4.54 Cross section through the Algiers, Morocco, breakwater.

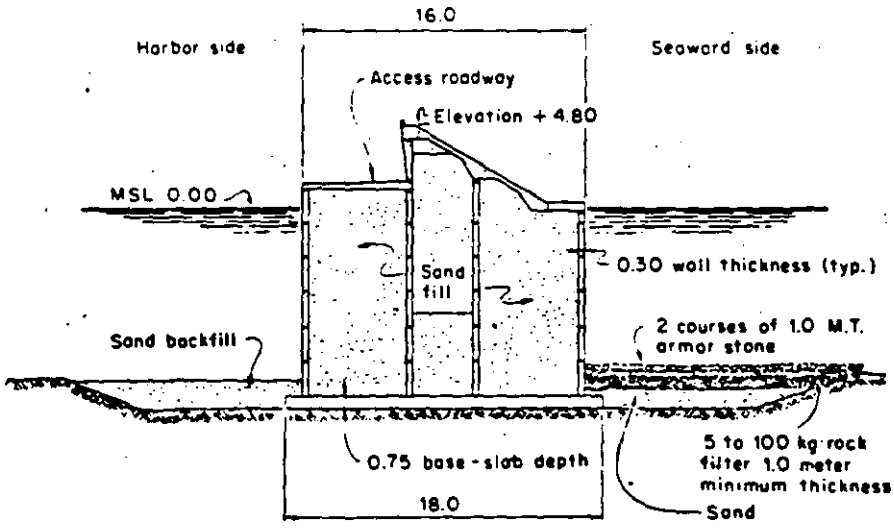


Fig. 4.57 Cross section through breakwater at Marsa el Brega, Libya. Dimensions in meters. *(Courtesy of Van Houten Associates.)*

SECCIONES TRANSVERSALES DE ROMPEOLAS REFLEJANTES.

ROMPEOLAS CON CAJONES FLOTANTES

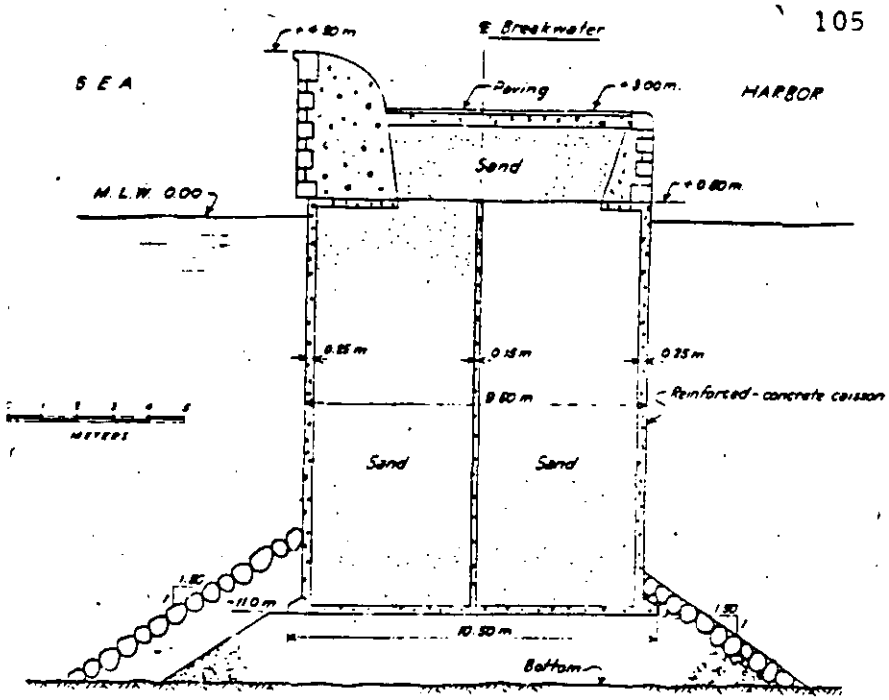


Fig. 4.56 Cross section through north breakwater at Helsingborg Harbor, Sweden. (*From Paper 82 by Alban Lange and Rikurd V. Frost, XVIth International Congress of Navigation, Brussels*, 1935.)

ROMPEOLAS CON GAVIONES DE TABLESTACA METALICA PLANA.

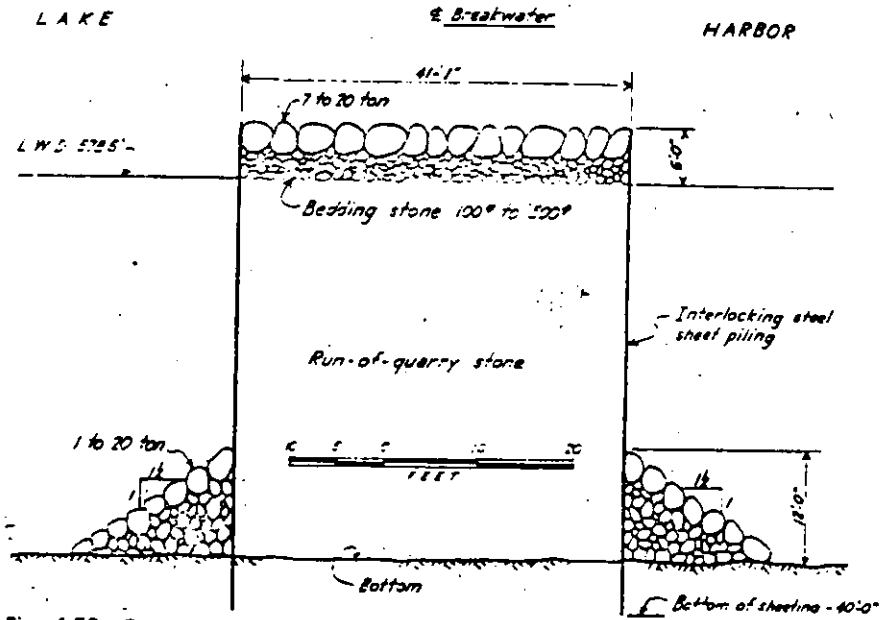


Fig. 4.59 Cross section through cellular sheet-pile breakwater at Calumet on Lake Michigan. (*From Paper 79 by Lt. Col. H. C. Tyler, Corps of Engineers, United States Army, XVIth International Congress of Navigation, Brussels*, 1935.)

ROMPEOLAS DE CORONAMIENTO REDUCIDO.

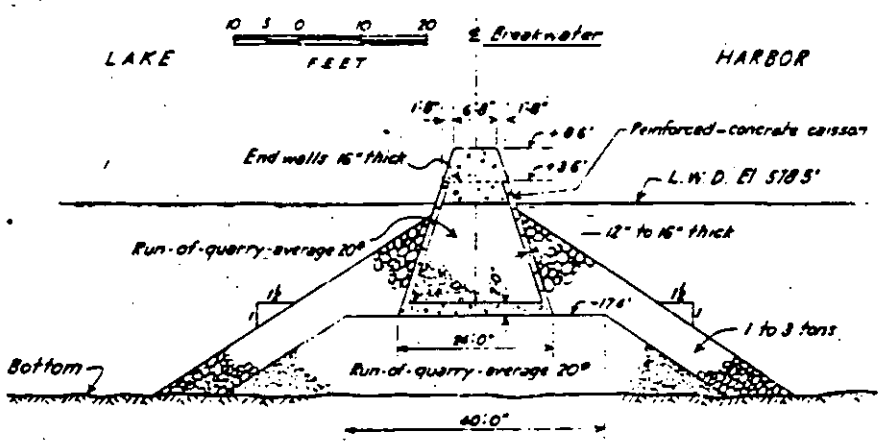
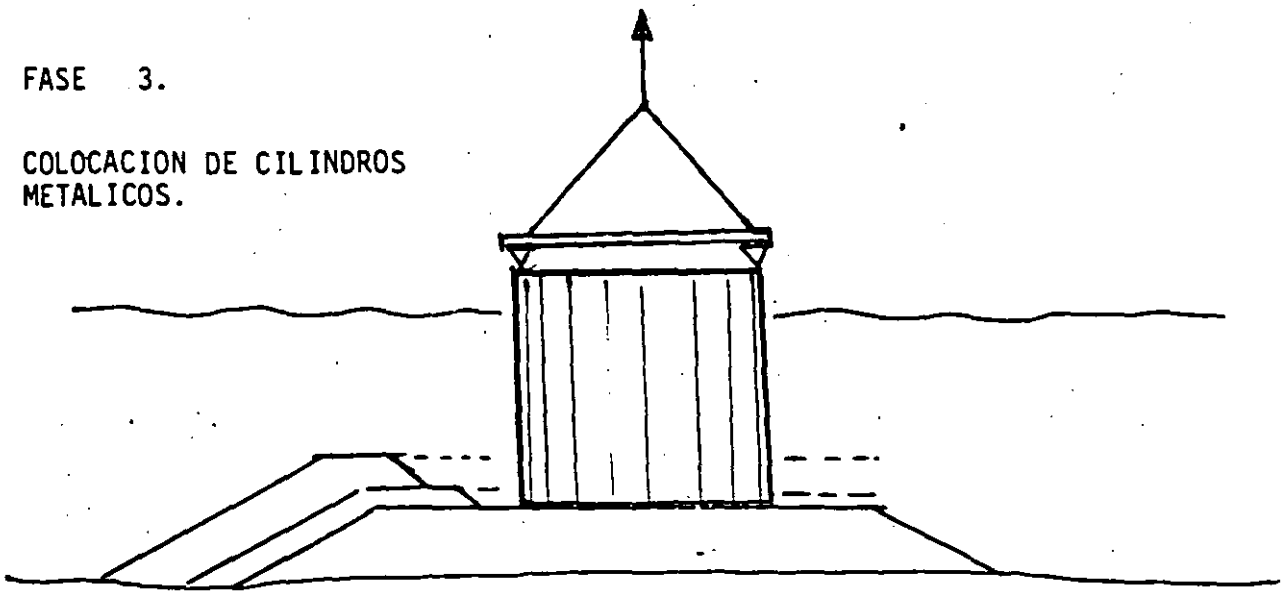
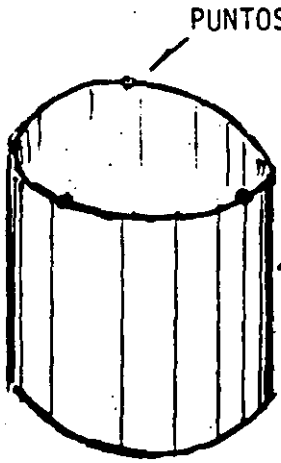


Fig. 4.55 Cross section through south breakwater at Milwaukee on Lake Michigan. (*From Paper 79 by Lt. Col. H. C. Tyler, Corps of Engineers, United States Army, XVIth International Congress of Navigation, Brussels*, 1935.)

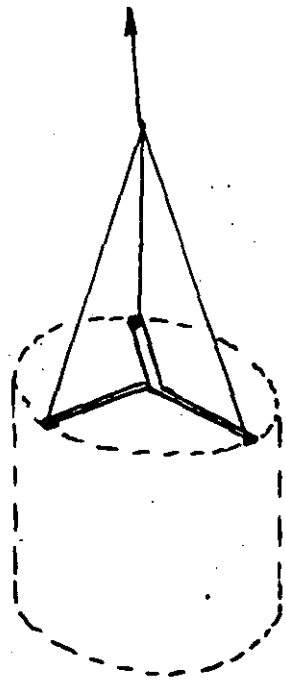
FASE 3.

COLOCACION DE CILINDROS METALICOS.



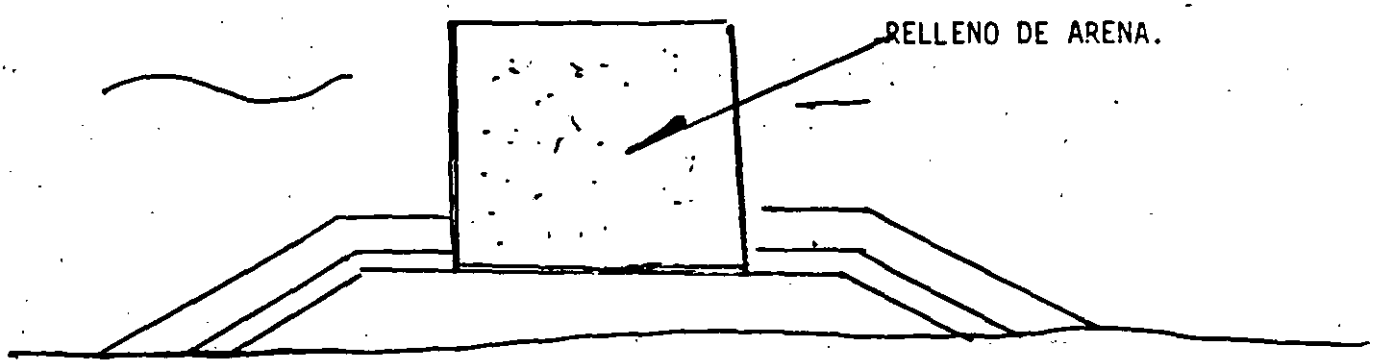


CILINDROS.

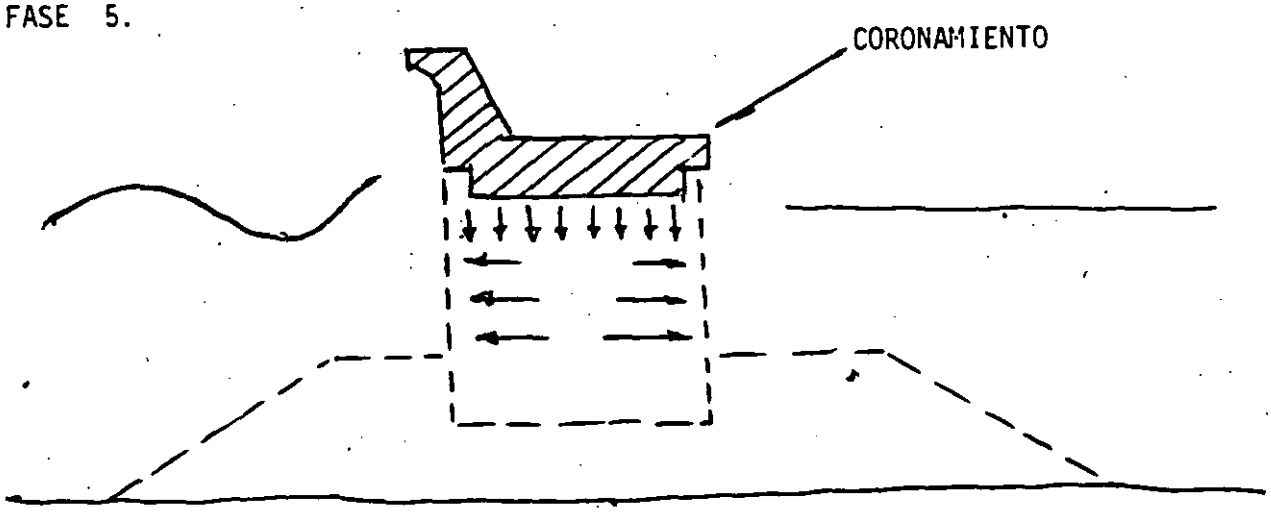


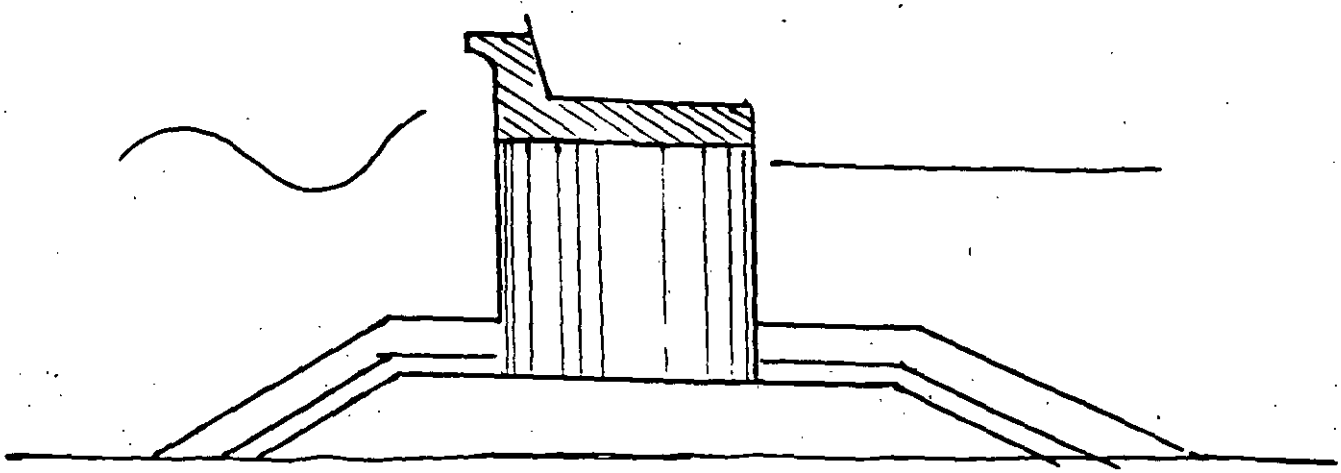
SISTEMA DE IZAJE Y COLOCACION DE CILINDROS.

FASE 4.

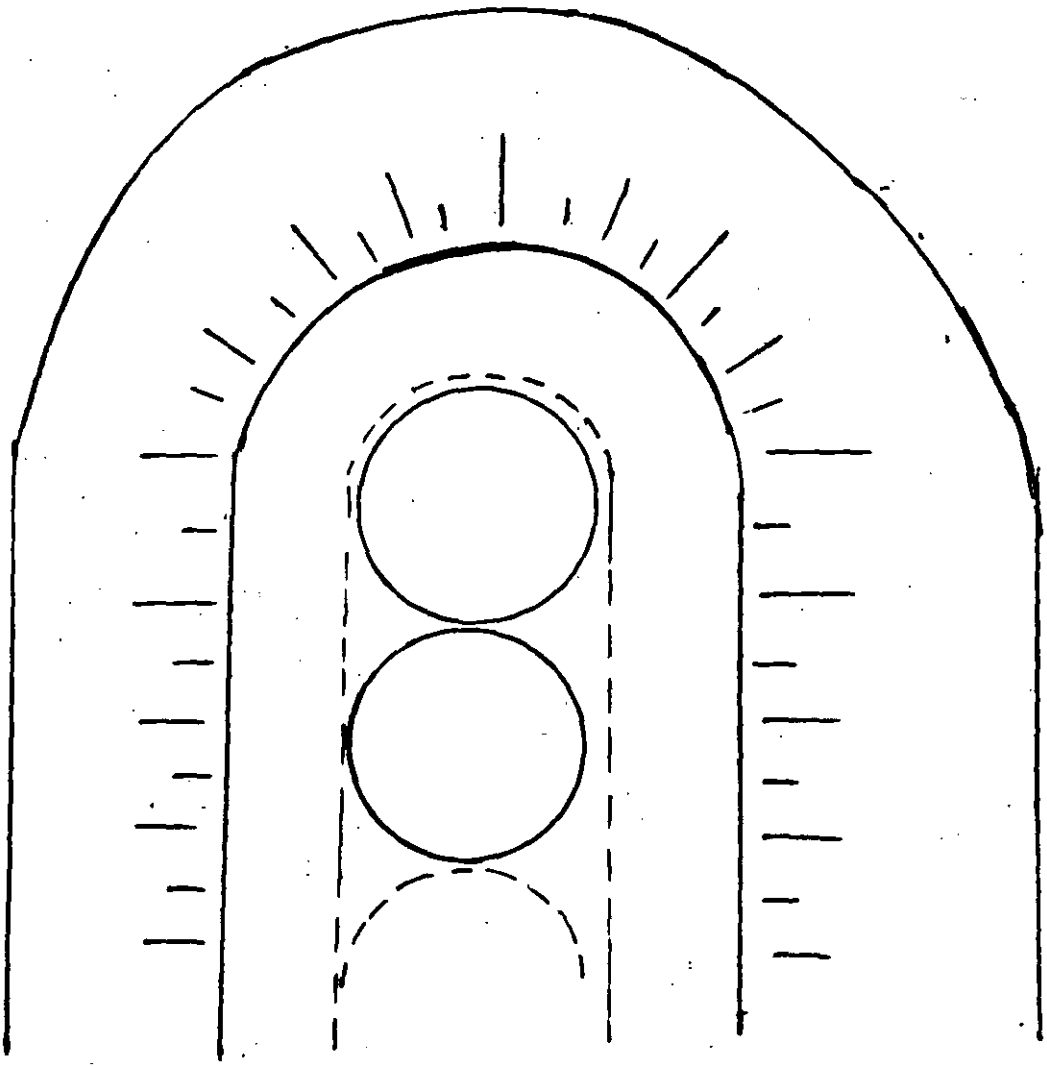


FASE 5.



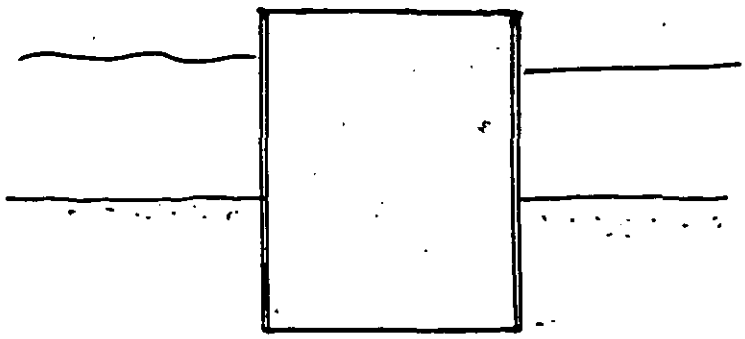


SECCION

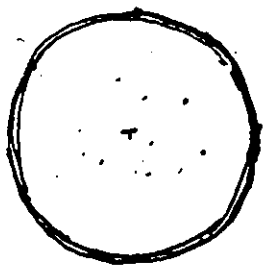


ROMPEOLAS DE GAVIONES A BASE DE CILINDRO DE PLACA METALICA.

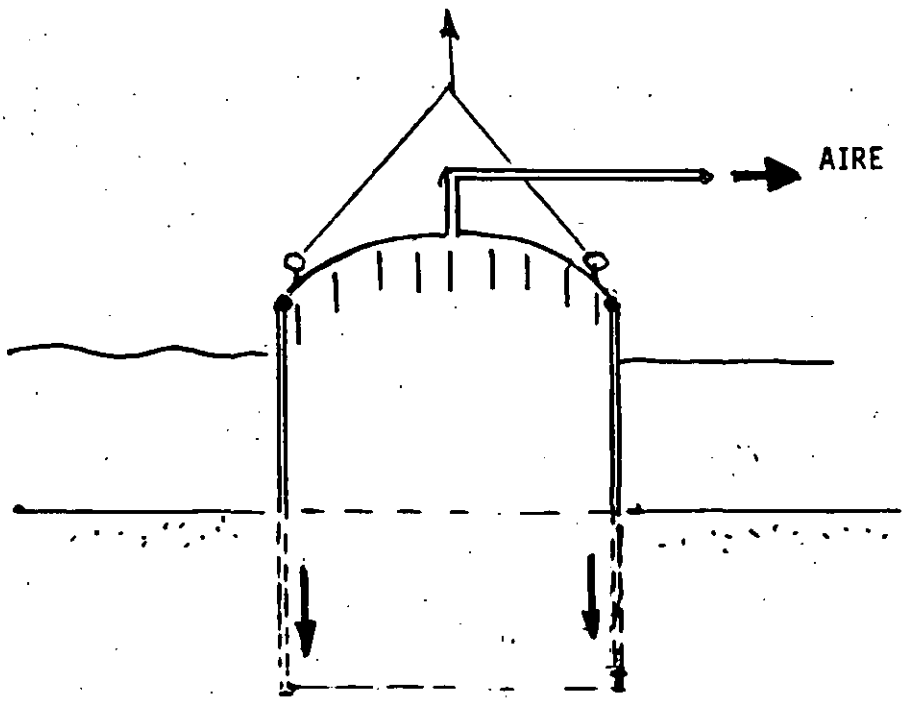
PLANTA



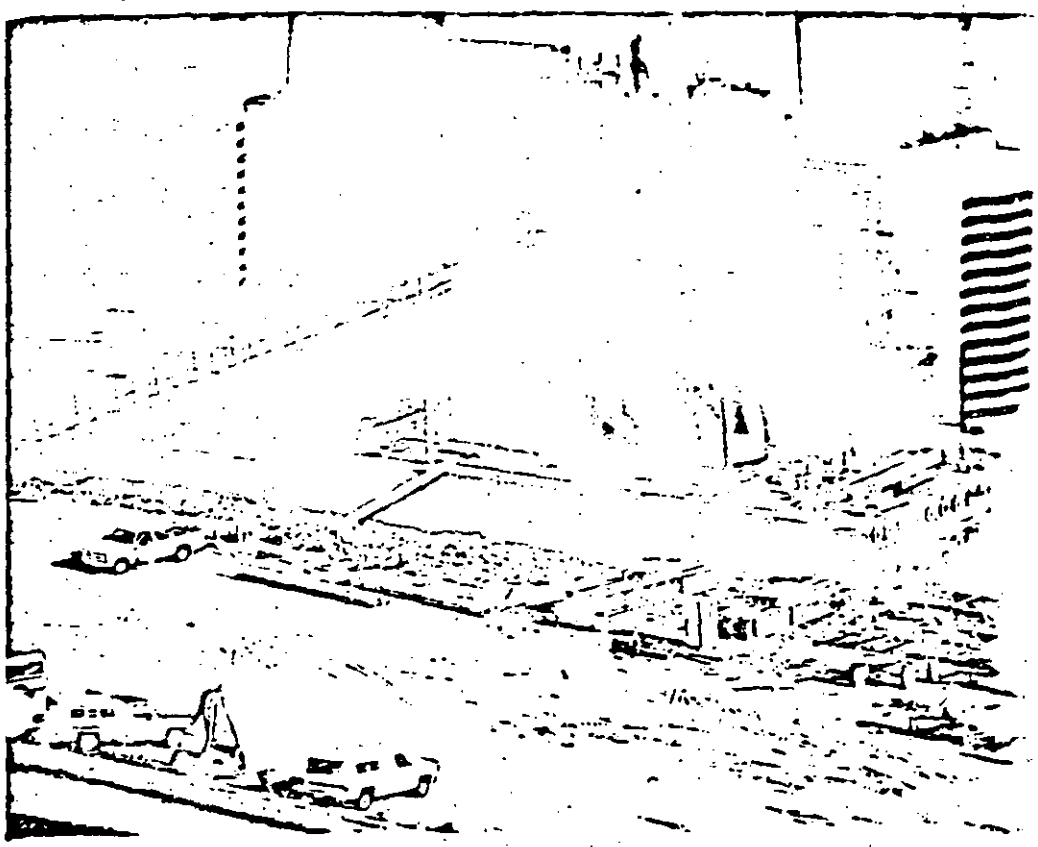
ELEVACION



PLANTA



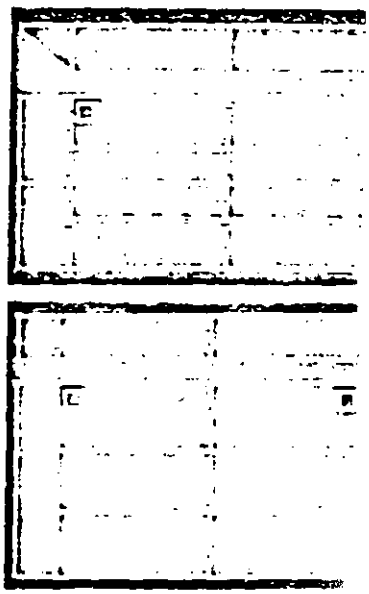
HINCADO CON CAMARA DE VACIO DE ELEMENTOS TABULARES DE GRAN DIAMETRO EN TERRENO SUAVE Y UNIFORME.



CRANE BARG

Deck barges can be sp
ly built to support a wo
crane. This type of bar
usually has a bo st
which provides maxim
flotation while operati
crane over that end. E
strengthening is provid
under the crane worki
area by use of additio
bulkheads, internal tru
or deck frames. These b
often have spudwells. W
en crane mats should
ways be used to furthe
tribute the concentrated
and provide traction fo
crane. Crane barges c
also be used for transp
tion of general cargo.

McDONOUGH BARGE SIZE	APPROXIMATE SHORT TON CARGO CAPACITY AT FREEBOARDS OF: 2'	4'	6'	8'	CRANE SIZE COMMONLY USED
39' x 100' x 7'	390	180	—	—	100 ton or less
40' x 110' x 7'	480	340	—	—	100 ton or less
45' x 100' x 6'6"	415	190	—	—	125 ton or less
45' x 120' x 8'6"	860	525	200	—	150 ton or less
46' x 180' x 8'6"	1230	735	245	—	150 ton or less
49' x 100' x 6'6"	490	190	—	—	150 ton or less
x 105' x 7'	580	245	—	—	175 ton or less
50' x 110' x 10'6"	1210	865	520	170	150 ton or less
50' x 240' x 11'	2410	1770	1125	480	175 ton or less
52' x 110' x 7'	660	315	—	—	200 ton or less
54' x 100' x 7'	780	300	—	—	250 ton or less
56' x 130' x 8'6"	1080	650	215	—	250 ton or less



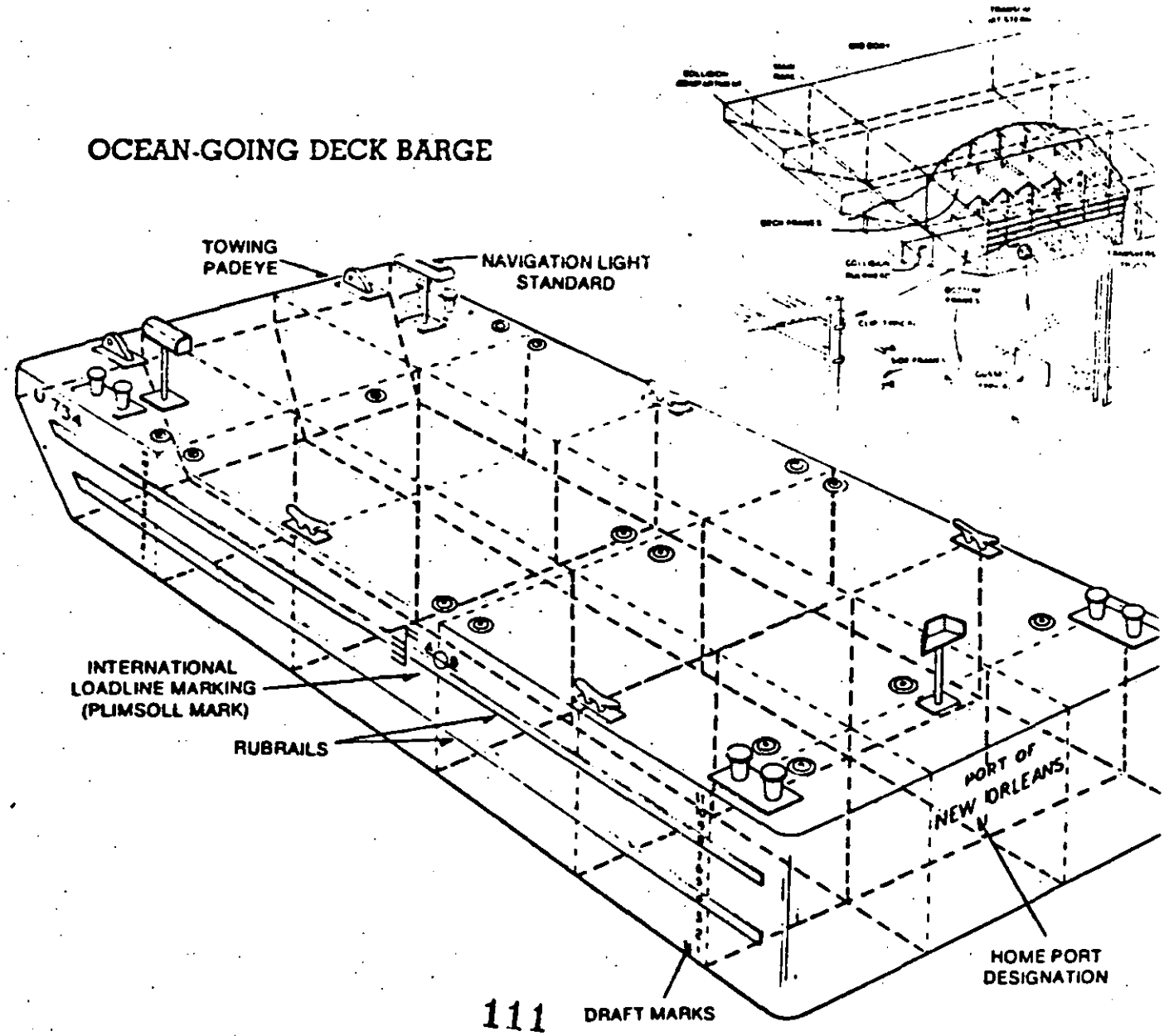
These sketches are typic our crane barges. Numb arrangement of bulkhea location of spud mo vary. Some barge re c raked.

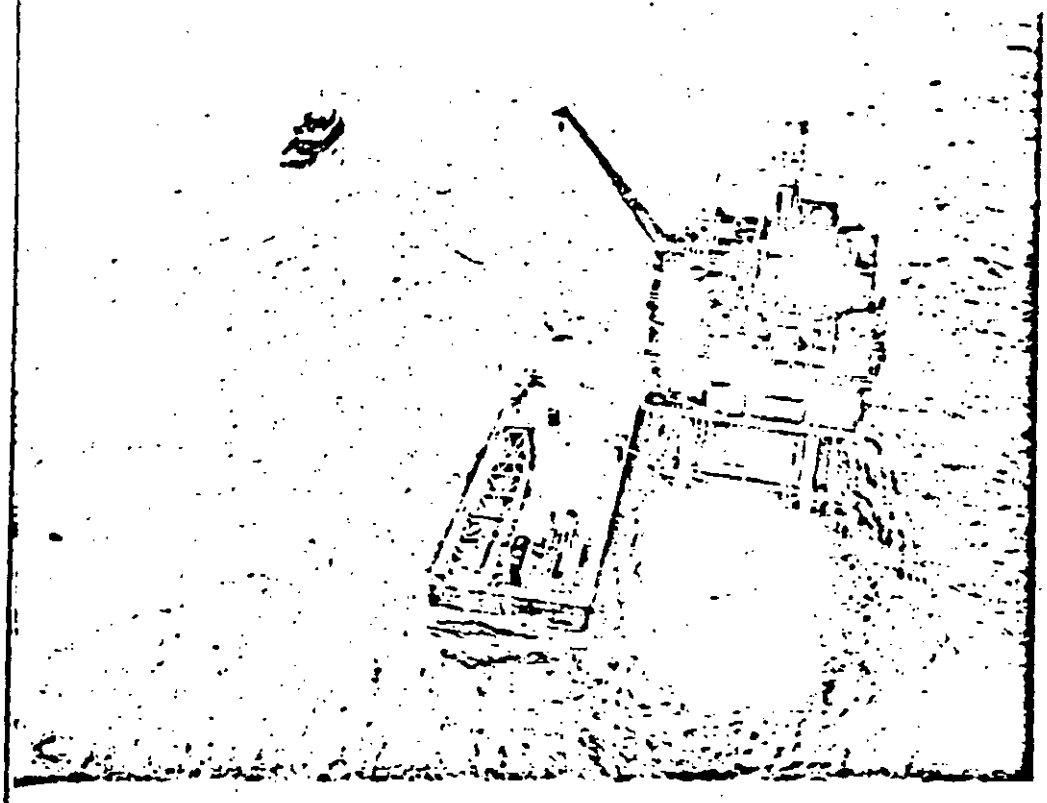
OCEAN-GOING BARGES

Ocean-going barges transport cargos beyond the inland water boundaries of a country.

At times shipping in higher speed ocean freighters can be favorable. However, ocean barging also has its advantages. Unimproved or shallow draft ports often are only accessible by tug and barge. High volume loads, such as large diameter pipe and extremely heavy equipment, such as pre-fabricated oil production facilities, are especially adapted to ocean barging.

The hazards of navigation and the forces of nature require ocean-going barges to be of specialized design and heavy construction. This results in an increase in costs of building, outfitting, maintaining, and towing such vessels. American flag ocean barges are built to the requirements of the U.S. Coast Guard and the American Bureau of Shipping, the authorized loadlining agency Each barge is inspected and certified by these agencies, and appropriate documents are issued to be carried on board at all times. The Coast Guard and ABS should be consulted for complete information on their requirements on ocean barges.



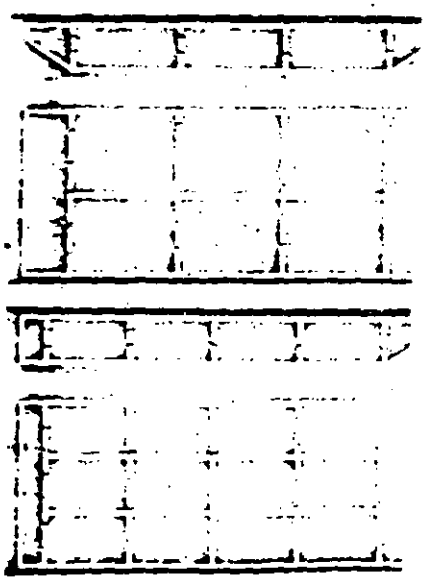


M&M DECK BARGES

McDonough Marine Service has many ocean-going deck barges in its re fleet. The use of these ge varies in accordance with their size and design characteristics. Cargo loads, navigational routes, and weather factors are major considerations for determining the most suitable barge for the intended use

McDONOUGH BARGE SIZE	APPROXIMATE SHORT TON CARGO CAPACITY AT FREEBOARDS OF: LOADLINE	3'	4'	5'	6'
110' x 30' x 7'	315	235	140	45	—
110' x 39' x 7'3"	475	360	230	100	—
120' x 32' x 8'	505	415	300	190	80
120' x 45' x 8'6"*	805	690	525	360	200
140' x 34' x 8'9"	780	620	465	335	200
140' x 39' x 9'	885	710	545	385	235
140' x 40' x 9'*	920	740	580	420	260
160' x 50' x 12'	1875	1705	1460	1220	990
160' x 54' x 12'	2080	1905	1640	1375	1110
160' x 54' x 12'	2360	2200	1900	1600	1300
240' x 72' x 16'	5240	5330	4760	4240	3710

*These barges have spudwells.



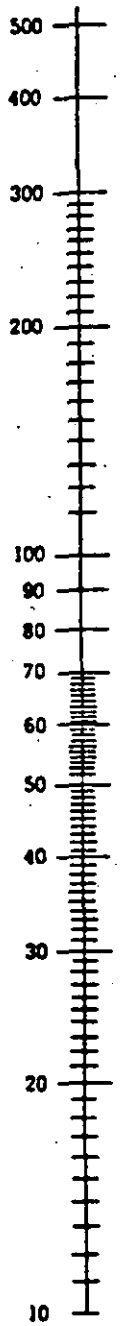
These sketches are typical c ocean-going deck barges. Number and arrangement bulkheads may vary with s of barge.

BARGE DISPLACEMENT CALCULATOR

To obtain displacement in tons per foot of draft, draw a line from the measurement for the length of the barge (See note) to the measurement for the width of the barge. The number obtained is then multiplied by the desired draft of the barge to obtain the capacity at that draft.

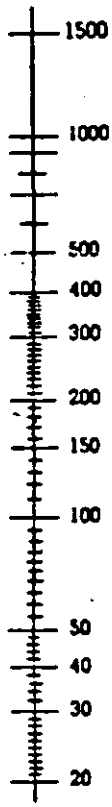
Light (empty) draft of most barges is approximately 1'6". This amount should be subtracted from the desired draft of the vessel before multiplying by the displacement figure, otherwise, the capacity arrived at will include the we of the barge.

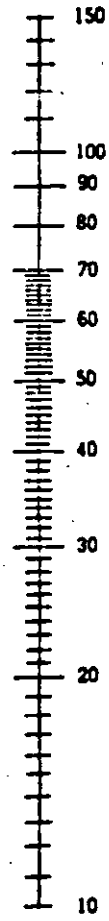
NOTE: For double-raked barges, subtract t length of one rake from the total length of t barge and use the resultant figure to deter displacement. For single-raked barges, sub one-half the length of the rake from the tot length of the barge and use this resultant f to determine displacement.



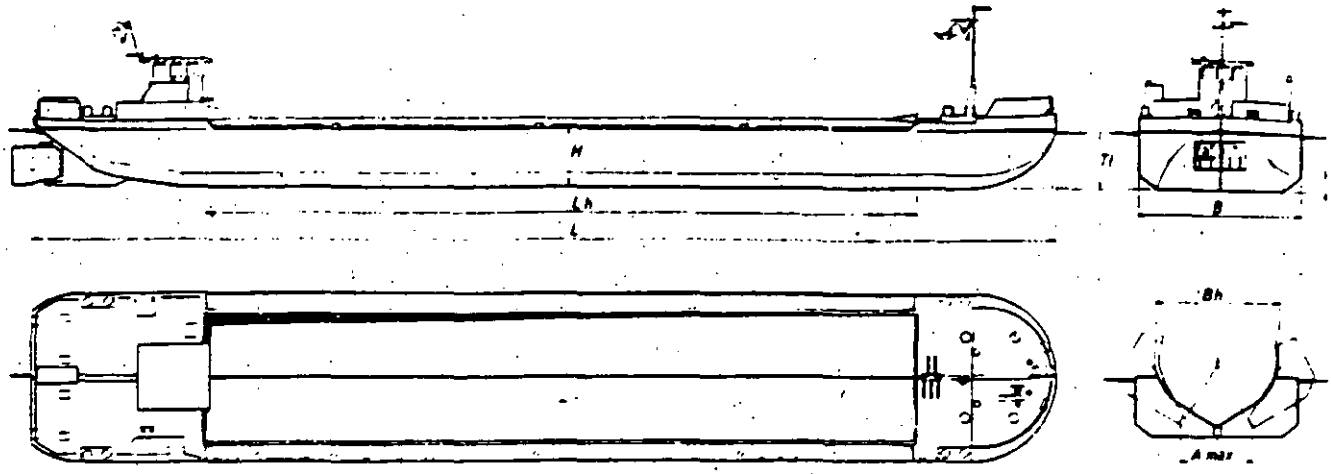
LENGTH in feet

DISPLACEMENT
short tons per foot of draft





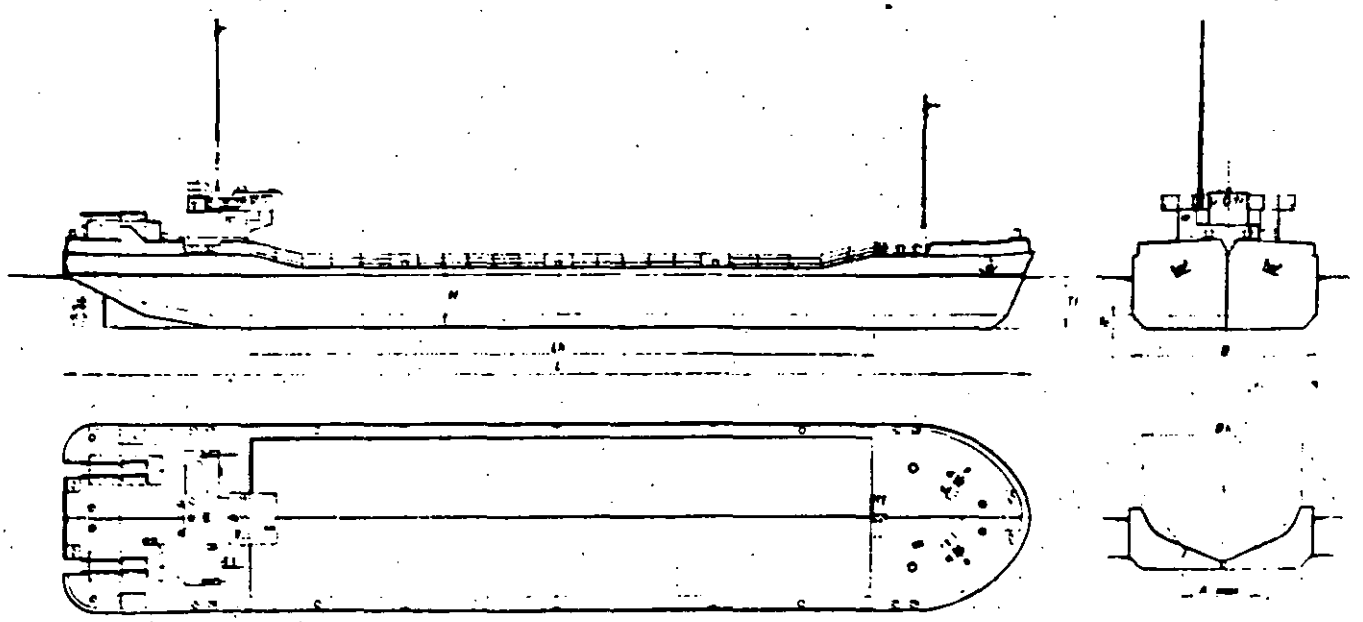
WIDTH in feet



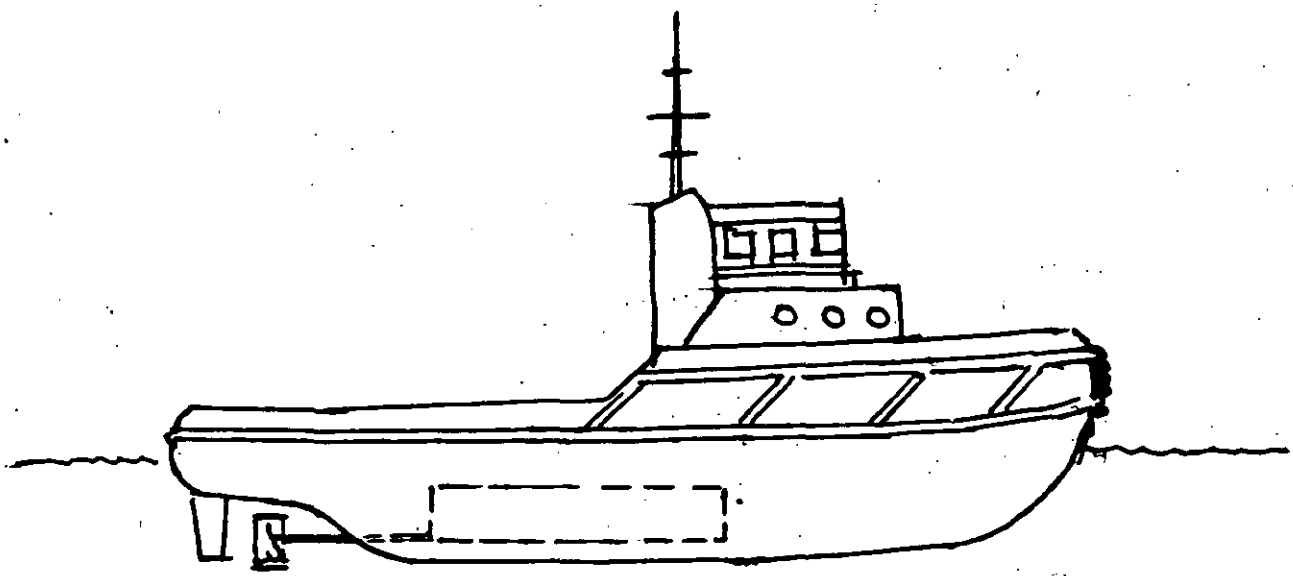
Type 2-6

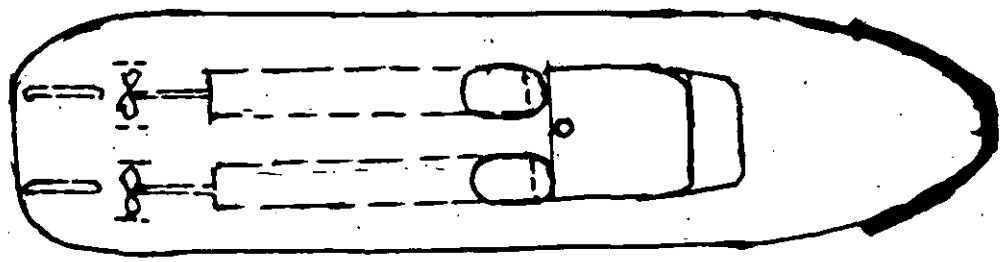
Type	Cap. m³	t/m³	L m	B m	H m	L_h m	B_h m	T m	T_o m	A_{max} m
2	200	2,0	36,00	7,50	2,55	21,70	5,30	2,45	0,80	2,60
	250		41,90			27,60				
3	300	2,0	44,10	8,00	2,75	27,10	5,80	2,65	0,80	3,00
	340		48,10			31,10				
4	400	2,0	50,00	8,50	2,95	31,50	6,40	2,85	0,80	3,2[illegible]
	450		54,00			35,50				
6	600	2,0	55,55	9,50	3,35	37,50	7,25	3,25	0,85	3,60
	660		59,55			41,50				
8*	800	1,8	56,80	11,20	3,85	35,00	8,40	3,45	1,00	3,50
10*	1.000	1,8	65,00	12,00	4,00	42,00	10,00	3,55	1,20	5,00
15*	1.500	1,8	74,90	14,00	4,50	46,55	12,00	3,95	1,20	4,70
18	1.800	1,85	80,00	14,50	5,50	50,40	10,70	4,50	1,30	4,50

* The types marked with an asterisk are seagoing barges, but a version for use on inland waterways can be supplied



CARACTERISTICAS DE UN REMOLCADOR MARINO DE PUERTO DEL TIPO "CONVENCIONAL"
DE: 50 TON. DE TIRON ESTATICO Y AUTONOMIA DE 2 DIAS





E= 29.60 m. MAQUINAS PRINCIPALES: 2 X 2042.5 FHP
M= 9.25 m. MOTOGENERADORES: 100 KVA; 220/380 V. 50H2. ALTERNA
P= 4.75 m. DESPLAZAMIENTO (TANQUES VACIOS) 360 TON.
CB 3.75 m. TRIPULACION: 1 0

REGISTRO DE CLASIFICACION (LLOYD'S) +100 A 1 "Tu 6"

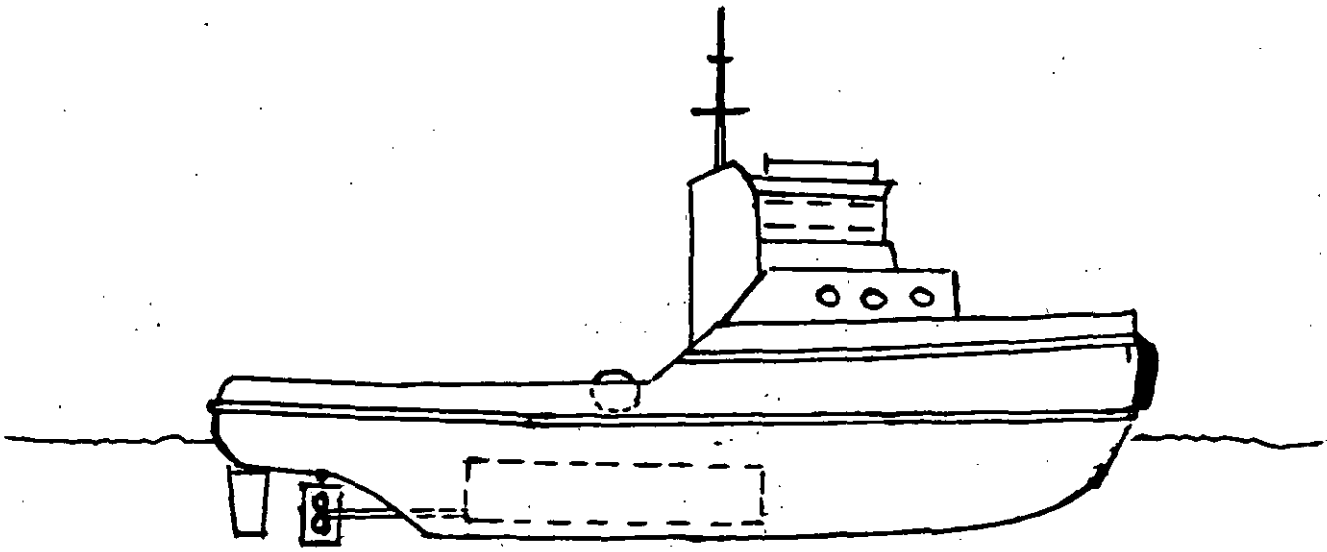
CAPACIDAD TANQUES:

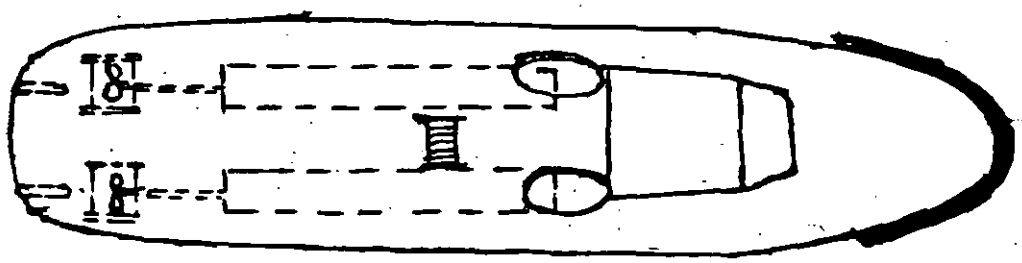
DIESEL	164 m3/137 Ton.
LUBRICANTE LIMPIO	3 m3/ 3 Ton.
LUBRICANTE SUCIO	3 m3/ 3 Ton.
AGUA POTABLE	25 m3/25 Ton.
LASTRE	38.6 m3/38.6 Ton.
CONTRA INCENDIOS	29 m3

SERVICIO RESTRINGUIDO

REMOLCADOR MARINO DE PUERTO (CONVENCIONAL) DE 50 TON. DE TIRON ESTATICO CON AUTONOMIA DE 2 DIAS

CARACTERISTICAS DE UN REMOLCADOR MARINO DE PUERTO. DEL TIPO "CONVENCIONAL"
DE: 50 TON. DE TIRON Y AUTONOMIA DE 4 DIAS.





E= 32.75 m.
M= 9.80 m.
P= 4.90 m.
C= 4.02 m.

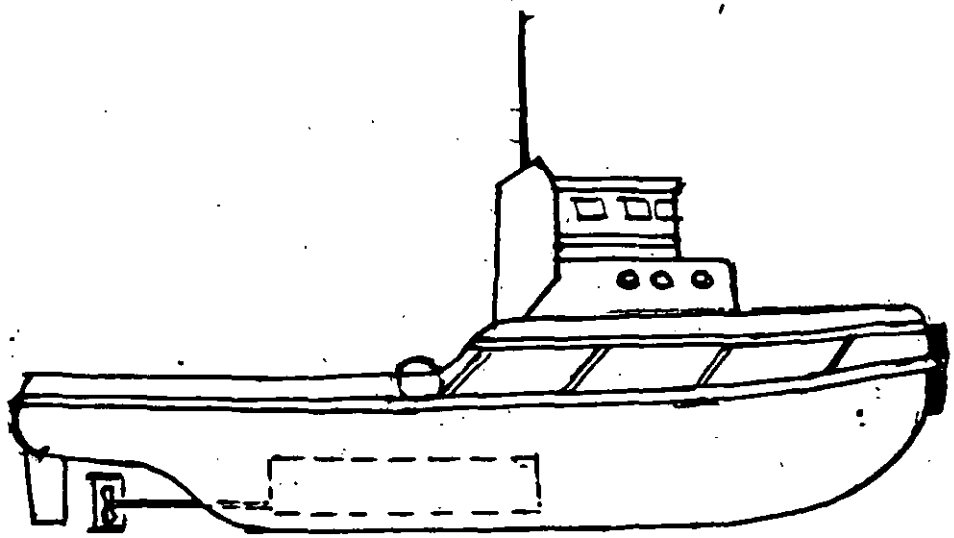
MAQUINAS PRINCIPALES: 2 X 2042 FHP.
MOTOGENERADORES: 100 KVA, 220/380 V ALTERNA.
DESPLAZAMIENTO (TANQUES VACIOS), 420 TON.
TRIPULACION: 16
REGISTRO DE CLASIFICACION (LLOYD'S): +100 A 1 "TUG"

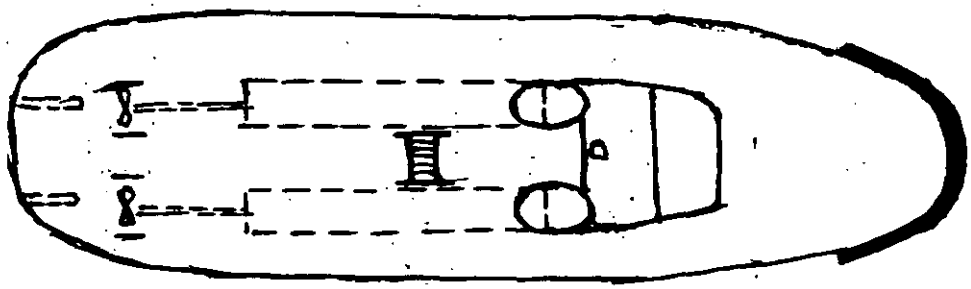
CAPACIDAD DE TANQUES:

DIESEL	315 m3
LUBRICANTE LIMPIO	8 m3
LUBRICANTE SUCIO	8 m3
AGUA POTABLE	32 m3
LASTRE	43 m3
CONTRA INCENDIO	21.3 m3

SERVICIO RESTRINGUIDO
REMOLCADOR MARINO DE PUERTO
(CONVENCIONAL)
DE 50 TON. DE TIRON ESTATICO
CON AUTONOMIA DE 4 DIAS

CARACTERISTICAS DE UN REMOLCADOR MARINO DE PUERTO DEL TIPO - CONVENCIONAL DE 38 TON. DE TIRON ESTATICO Y AUTONOMIA DE 2 DIAS.





E= 30 m.
M= 8.0 m.
P= 4.05 m
C=3.25 m

MAQUINAS PRINCIPALES: 2X 1530 FHP.
MOTOGENERADORES: 100 KVA; 220/380 V, 50 H7 ALTERNA.
DESPLAZAMIENTO (TANQUES VACIOS) 240 TON.
TRIPULACION: 8

REGISTRO DE CLASIFICACION (LLOY'S), +100 A 1 "TU 6"

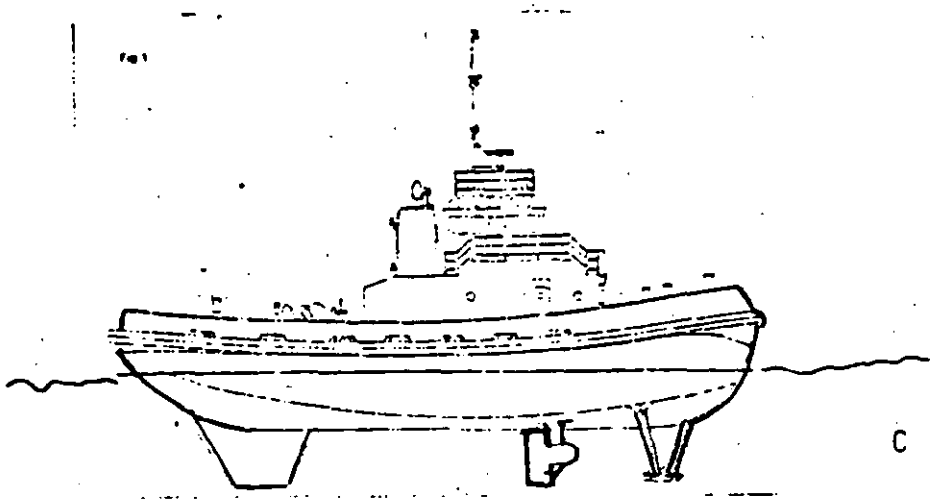
SERVICIO RESTRINGUIDO

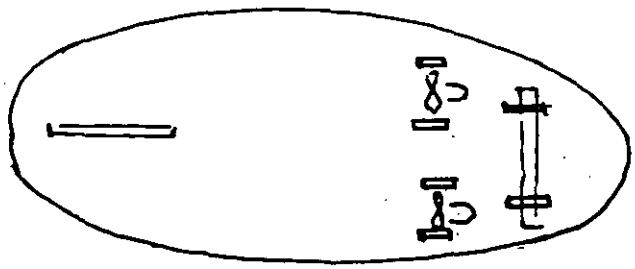
CAPACIDAD TANQUES:

DIESEL	118.9 m3/95.1 ton.
LUBRICANTE LIMPIO	2.7 m3/2.4 ton.
LUBRICANTE SUCIO	1.9 m3/1.7 ton.
AGUA POTABLE	17.8 m3/17.9 ton.
LASTRE	
CONTRA INCENDIO	19.2 m3

REMOLCADOR MARINO DE PUERTO (CONVENCIONAL) DE 38 TON. DE TIRON ESTATICO CON AUTONOMIA DE 2 DIAS.

REMOLCADOR MARINO DE ALTAMAR CON PROPULSOR ASIMUTAL (4 200 H.P.)





E= 28.4 m.

M= 10.4 m.

C= 4.9 m.

TRB= 194 m.

MAQUINAS PRINCIPALES= 2 X 2 100 H P.

WINCHE= LINEA DE REMOLQUE 650 m., 120 000 lbs.

DIESEL= 56 000 GALONES

CONTRAINCENDIOS = BOMBA "AURORA" 1 000 GAL./MIN.

INSTRUMENTOS:

RADAR= RAYTHEON 6410

RADIO= BANDA LATERAL 125 WATT NECODE 32

PILOTO AUTOMATICO= DECCA 450

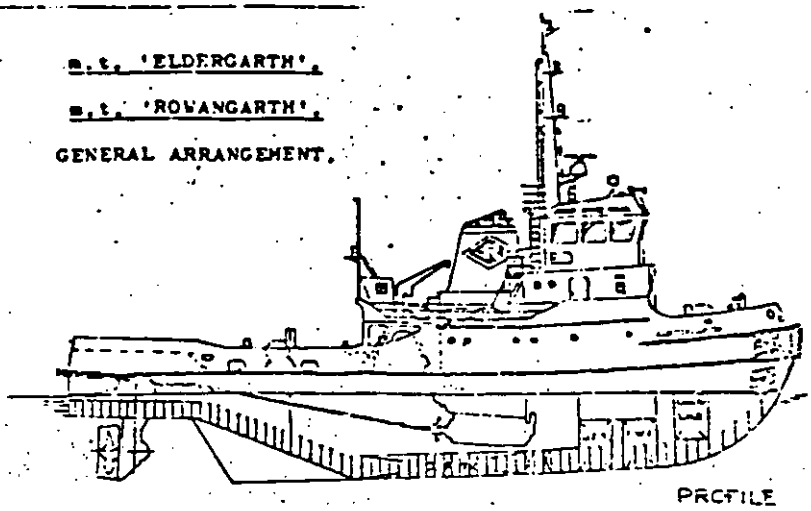
GIRO COMPAS= SPERRY SRI 30

ECOSONDA= RAYTHEON D 999

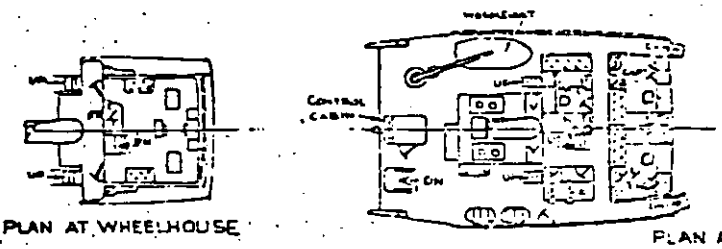
m.t. 'ELDERGARTH',

m.t. 'ROVANGARTH',

GENERAL ARRANGEMENT.

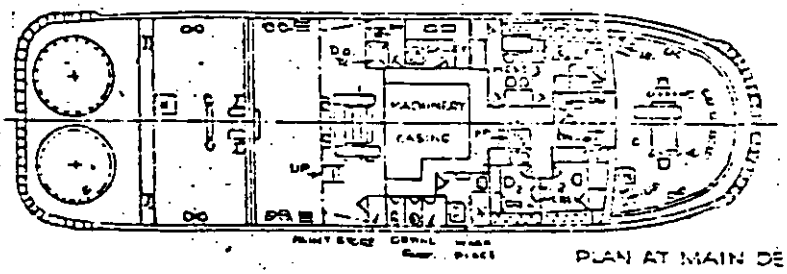


PROFILE

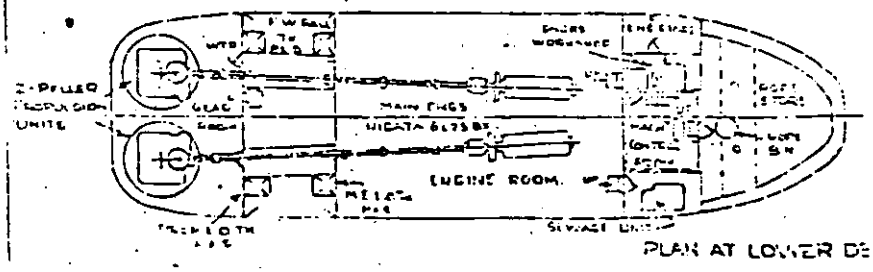


PLAN AT WHEELHOUSE

PLAN AT BOAT DECK.

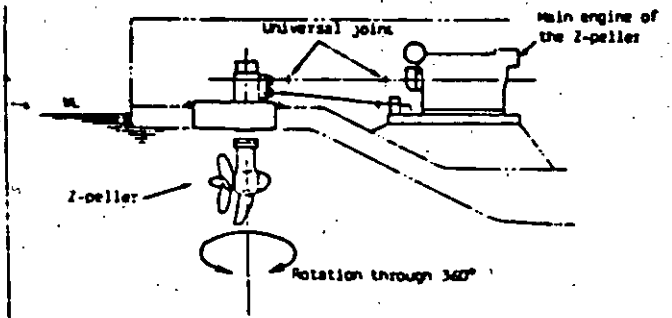


PLAN AT MAIN DECK.



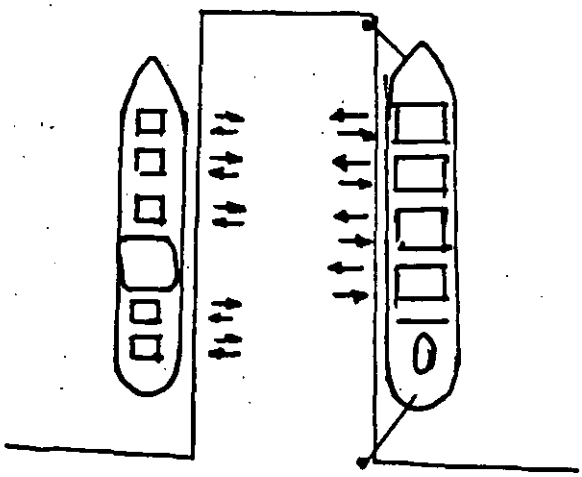
PLAN AT LOWER DECK.

Z-DRIVE DIESEL TUG.



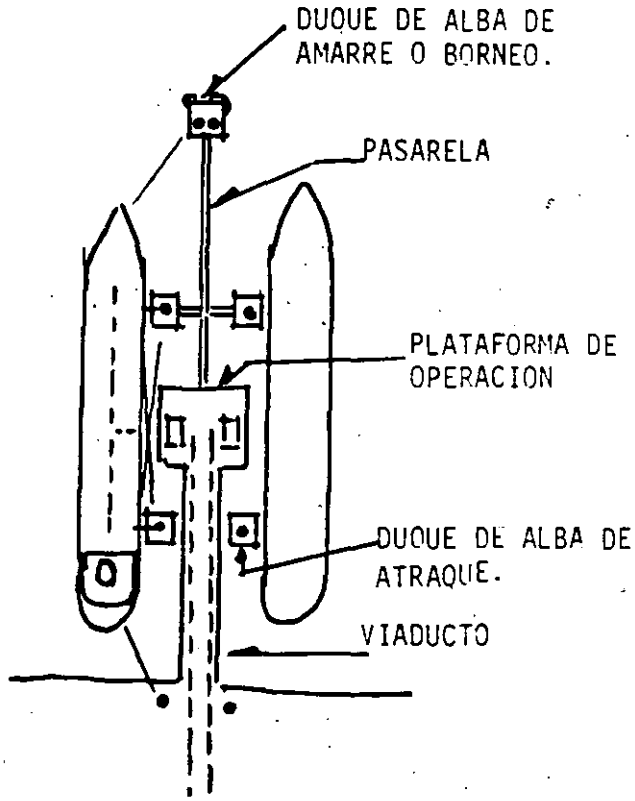
REMOLCADOR MARINO

CON·PROPULSOR AZIMUTAL " Z ".



CARGA GENERAL
FRACCIONADA

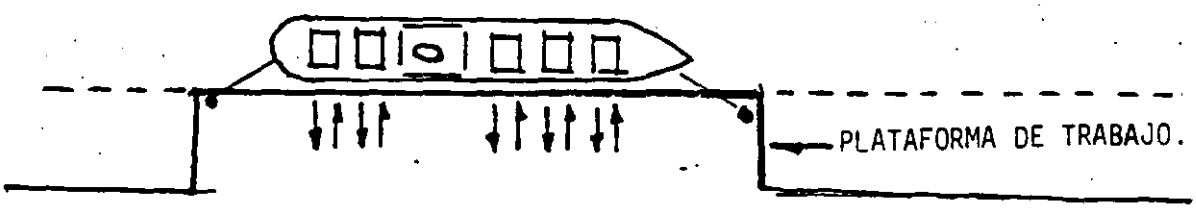
GRANEL AGRICOLA
Y MINERAL



FLUIDOS

DISPOSICION DE MUELLES EN ESPIGON SEGUN EL TIPO DE BARCO.

DISPOSICION DE MUELLES MARGINALES SEGUN EL TIPO DE BARCO.

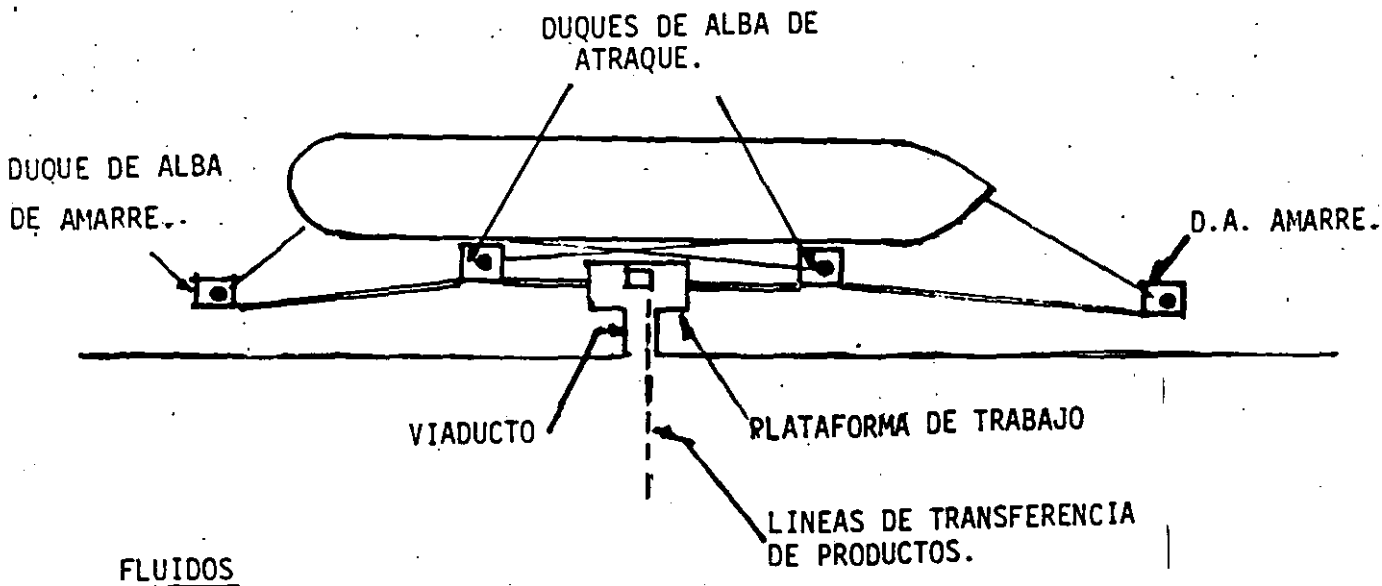


CARGA GENERAL FRACCIONADA

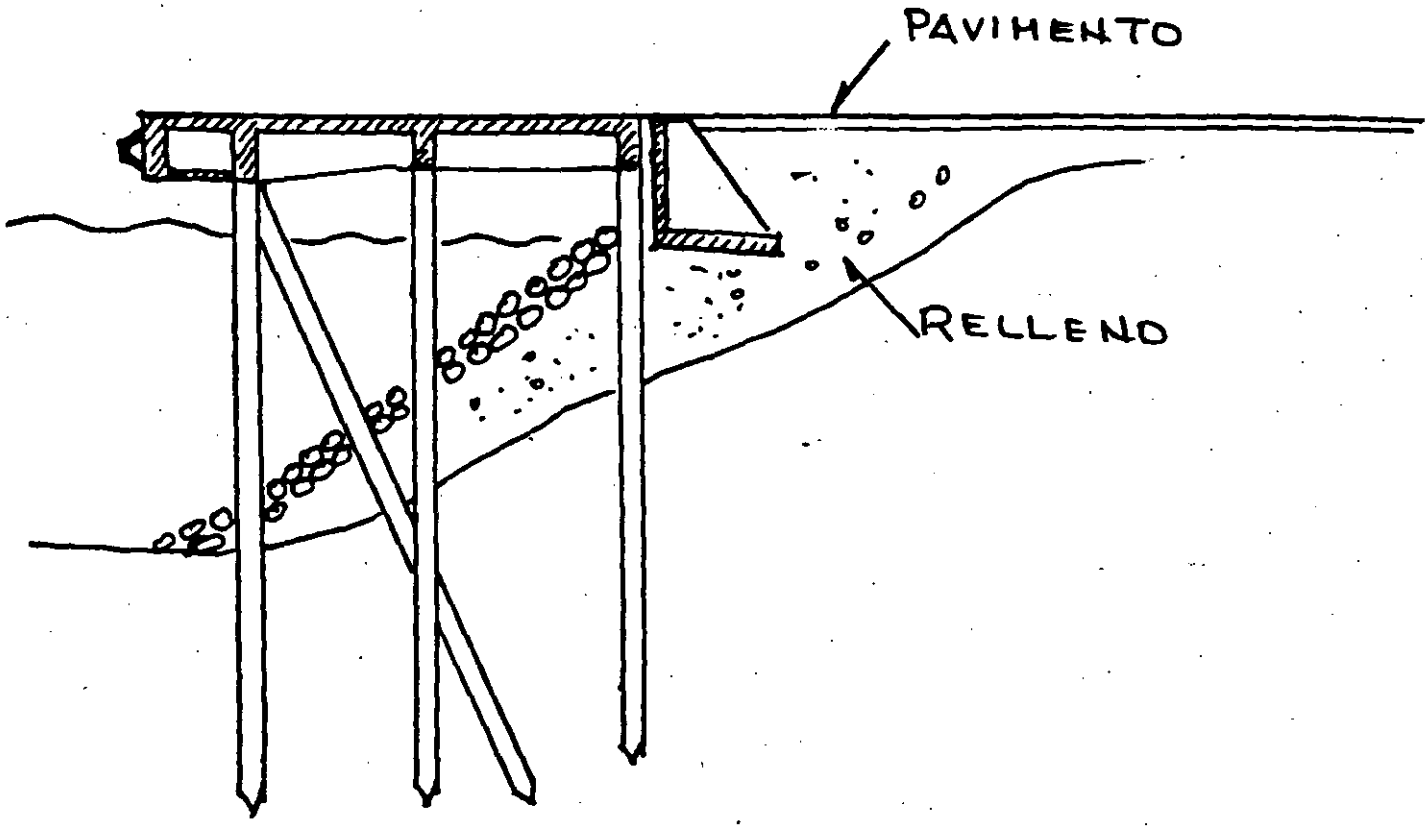
CARGA GENERAL UNITARIZADA

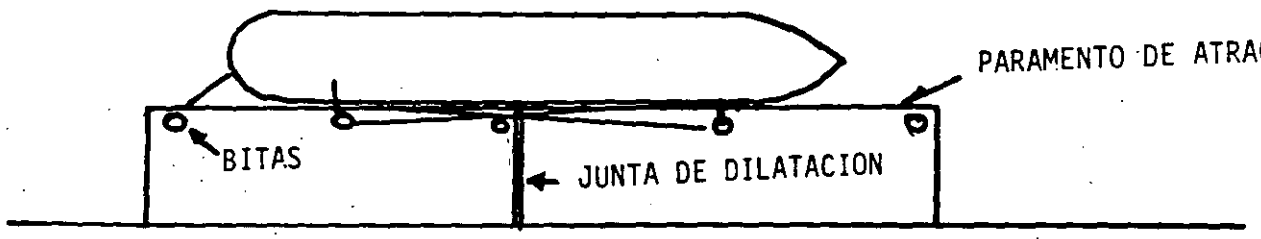
GRANEL MINERAL

GRANEL AGRICOLA

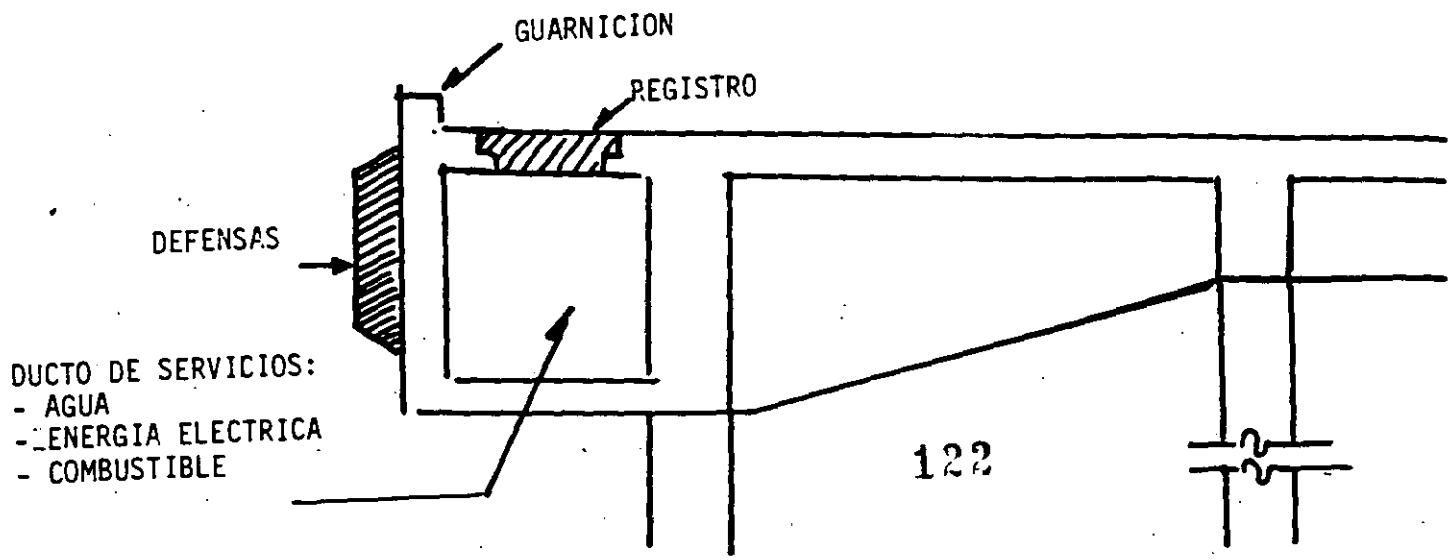


FLUIDOS


PAVIMENTO
RELLENO

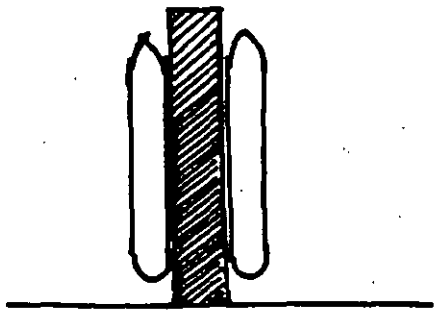

PARAMENTO DE ATRAQUE
BITAS
JUNTA DE DILATACION

(PLANTA)


GUARNICION
REGISTRO
DEFENSAS
DUCTO DE SERVICIOS:
- AGUA
- ENERGIA ELECTRICA
- COMBUSTIBLE

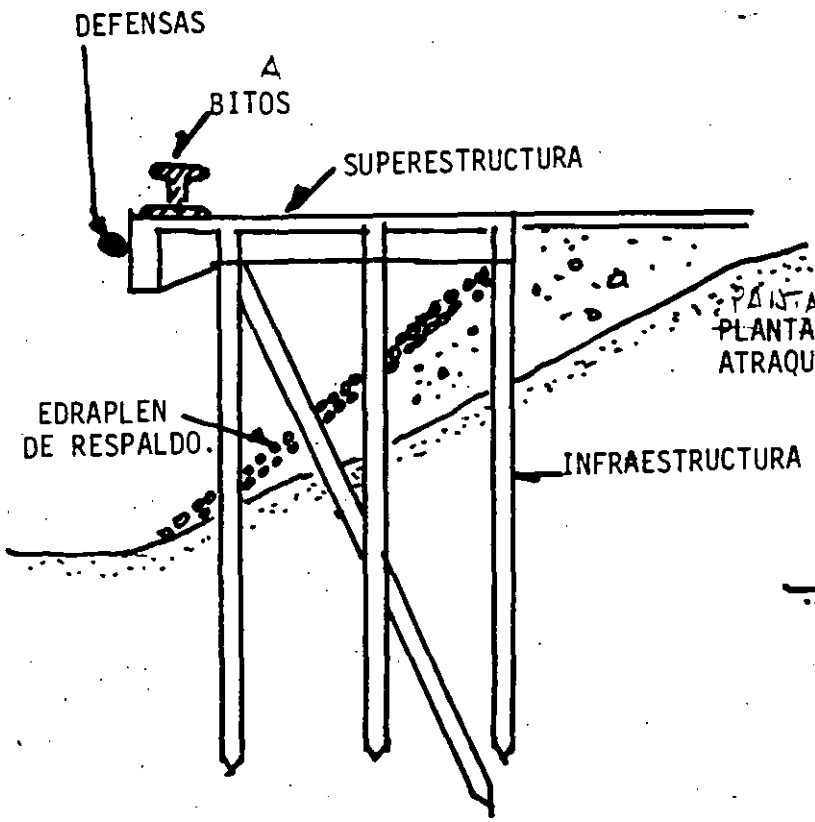
SECCION TRANSVERSALES DE MUELLES CONTINUOS.

MARGINALES

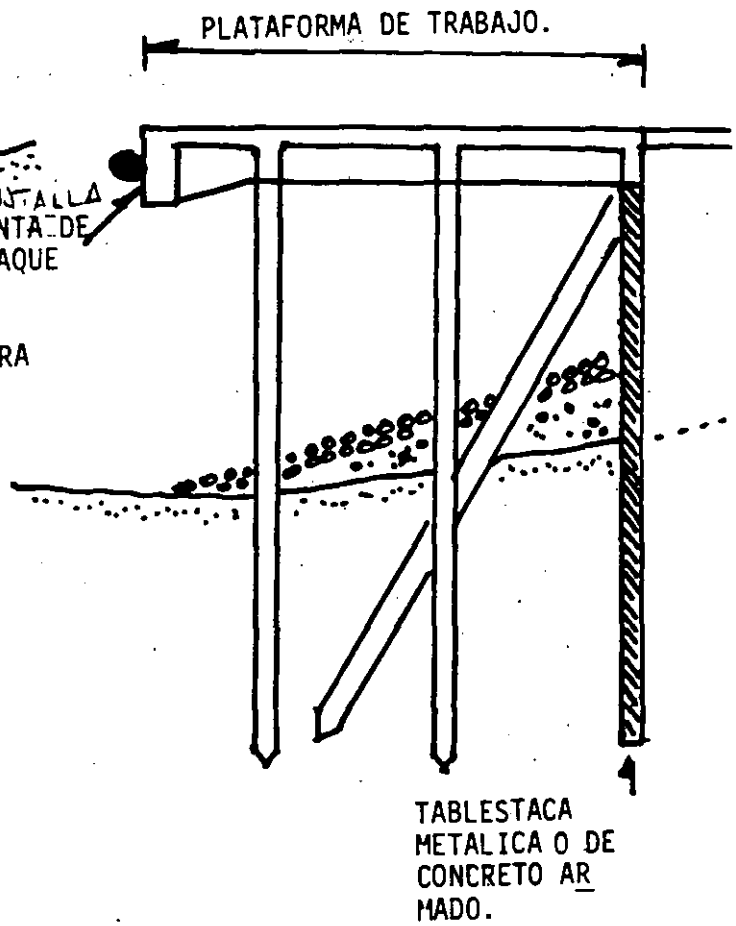


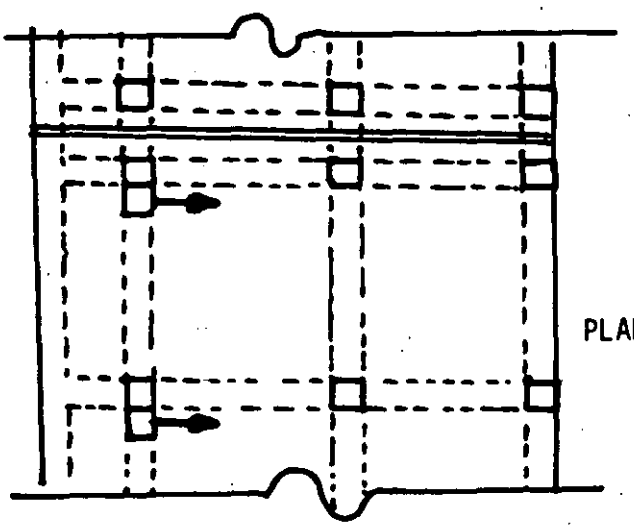
EN ESPIGON.

(PLANTA)

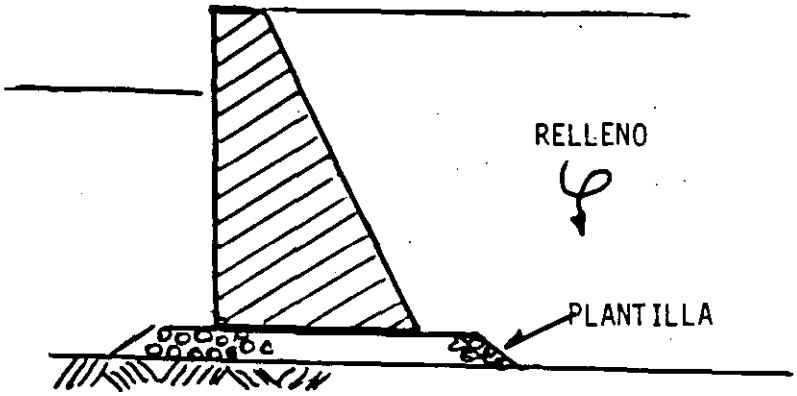


SECCION

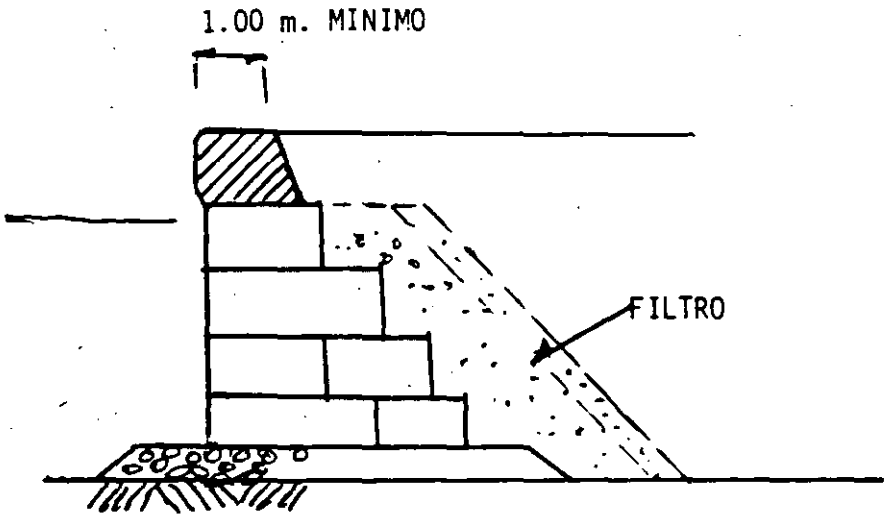




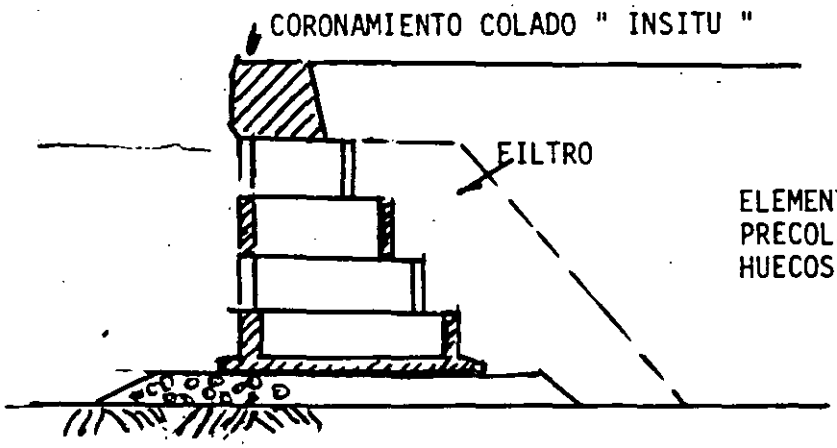
PLANTA



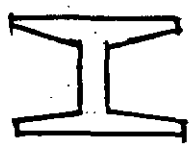
DE CONCRETO
COLADO
" INSITU "

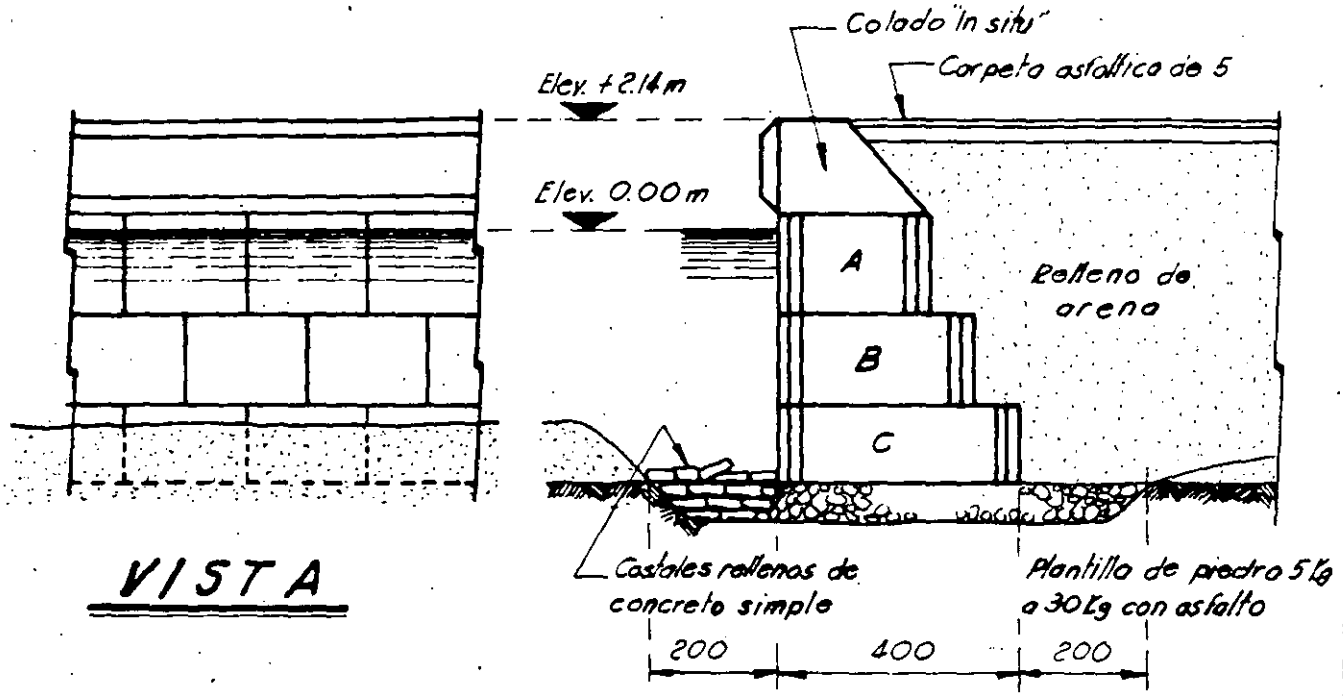


BLOQUES
PRECOLADOS



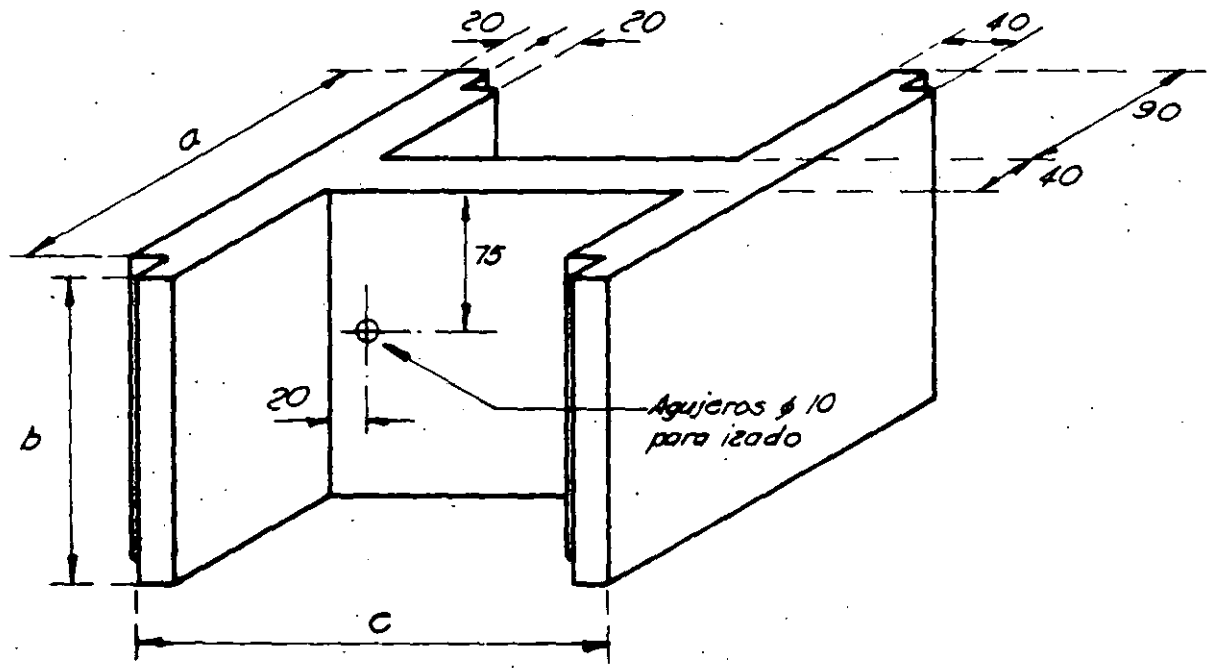
ELEMENTOS
PRECOLADOS
HUECOS.





VISTA

SECCION TIPO

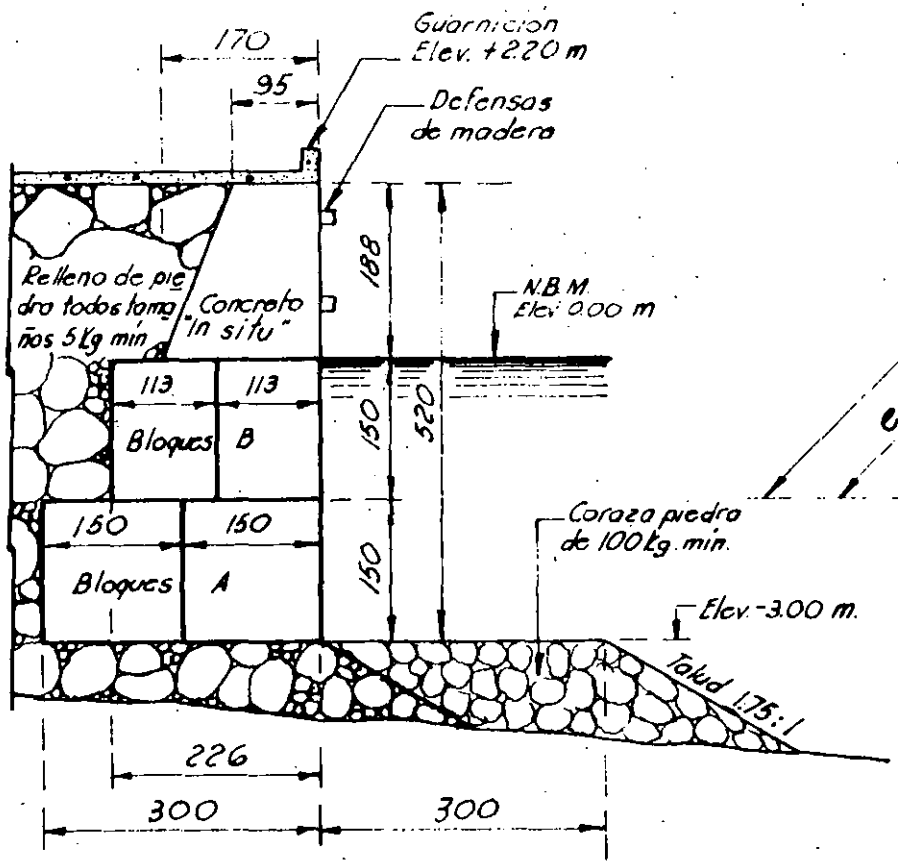


DETALLE DE BLOQUES

DIMENSIONES DE BLOQUES			
Dimensiones	a	b	c
Tipo A	200	165	250
Tipo B	200	150	325
Tipo C	200	135	400

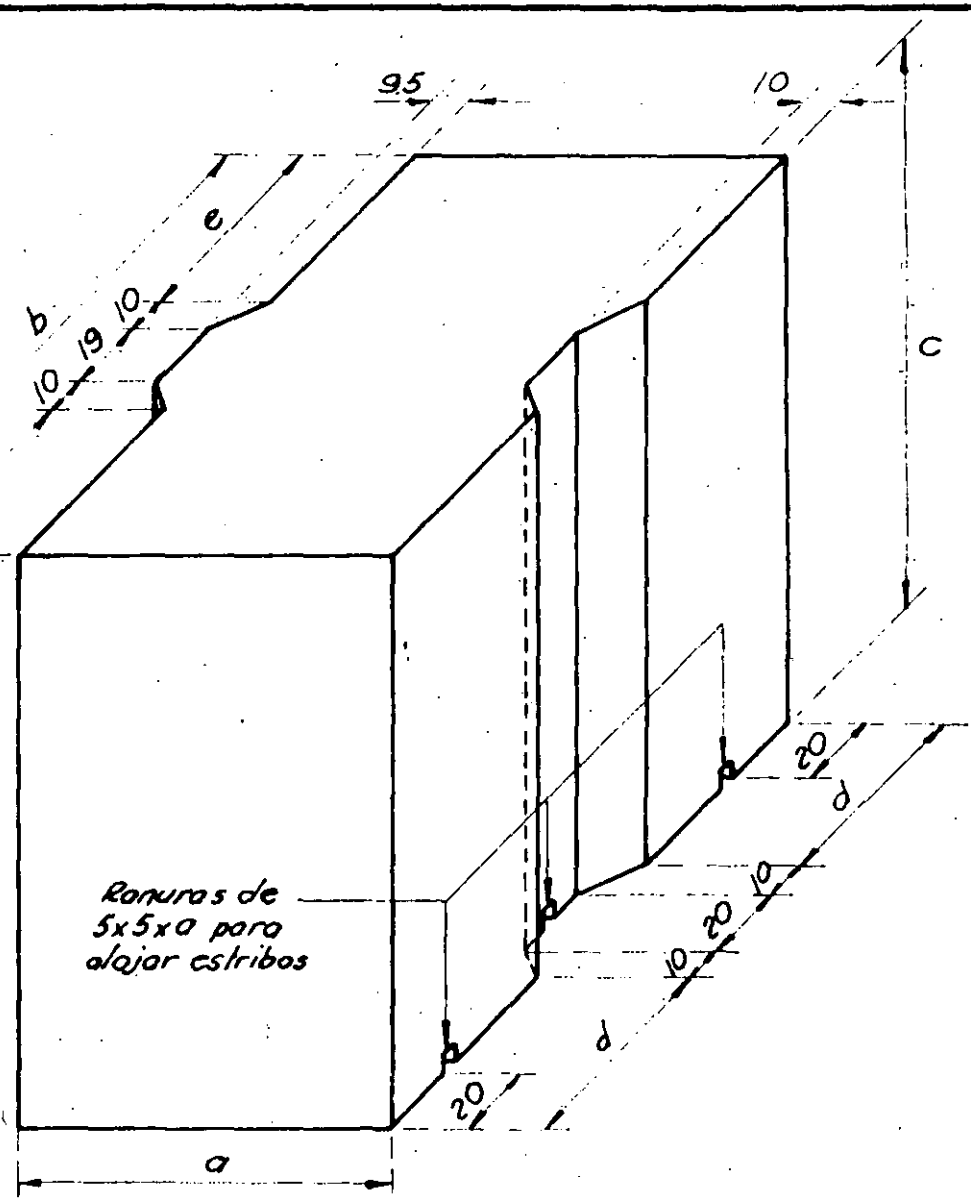
125

MUELLE DE CABOTAJE Y PESCA LERMA, CAMP.



SECCION TIPO

ESC. 1 : 80



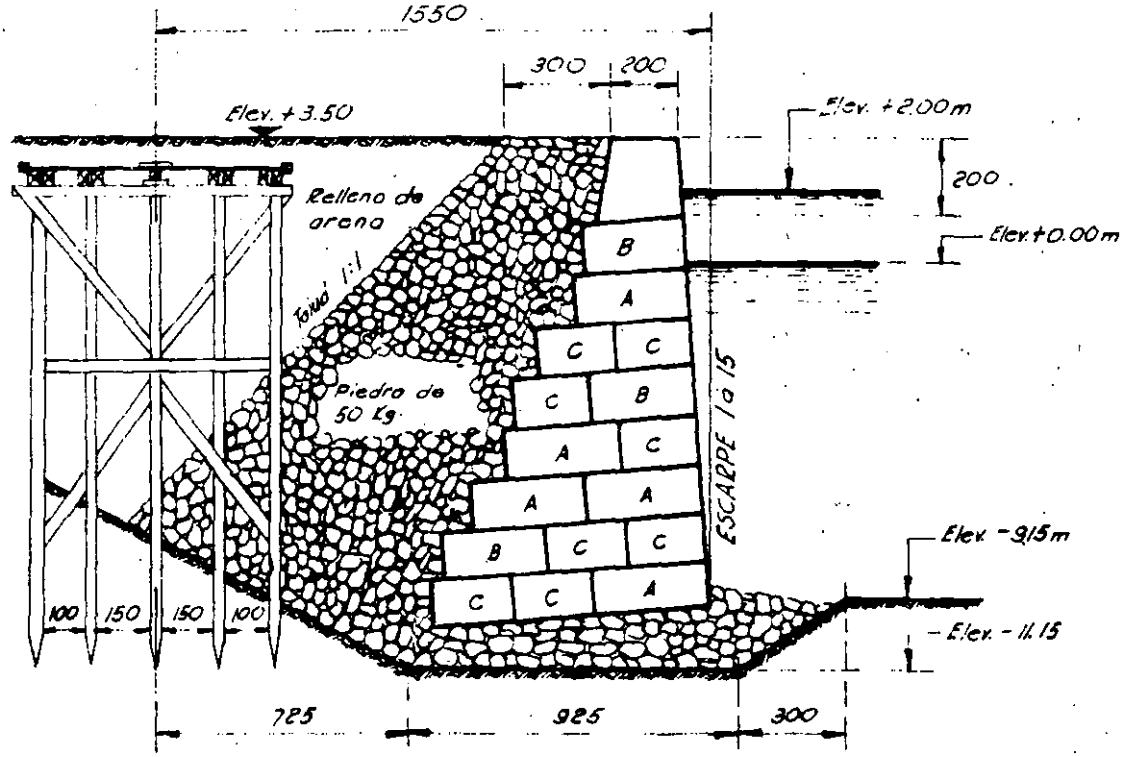
DETALLE DE BLOQUES

DIMENSIONES DE BLOQUES					
Dimensiones	a	b	c	d	e
Tipo A	100	160	160	55	55.5
Tipo B	125	113	150	36.5	37

MUELLE DE CABOTAJE

CHACALA, NA

126



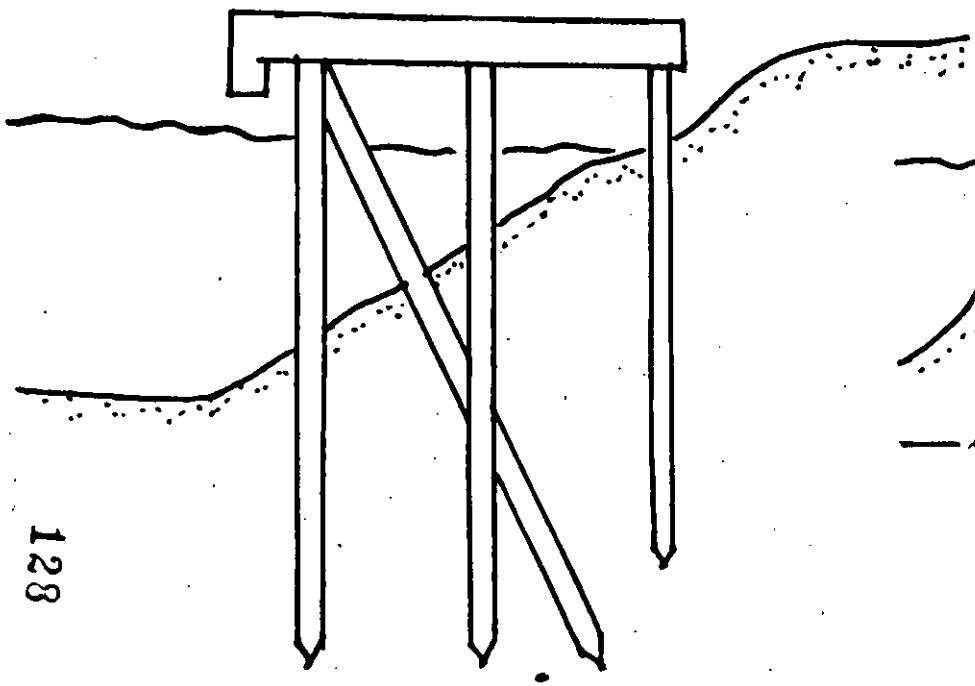
SECCION TIPO

DIMENSIONES DE BLOQUES			
Tipo	Ancho	Largo	Altura
A	200	330	135
B	200	300	136
C	200	225	130

MUELLE DE ALTURA

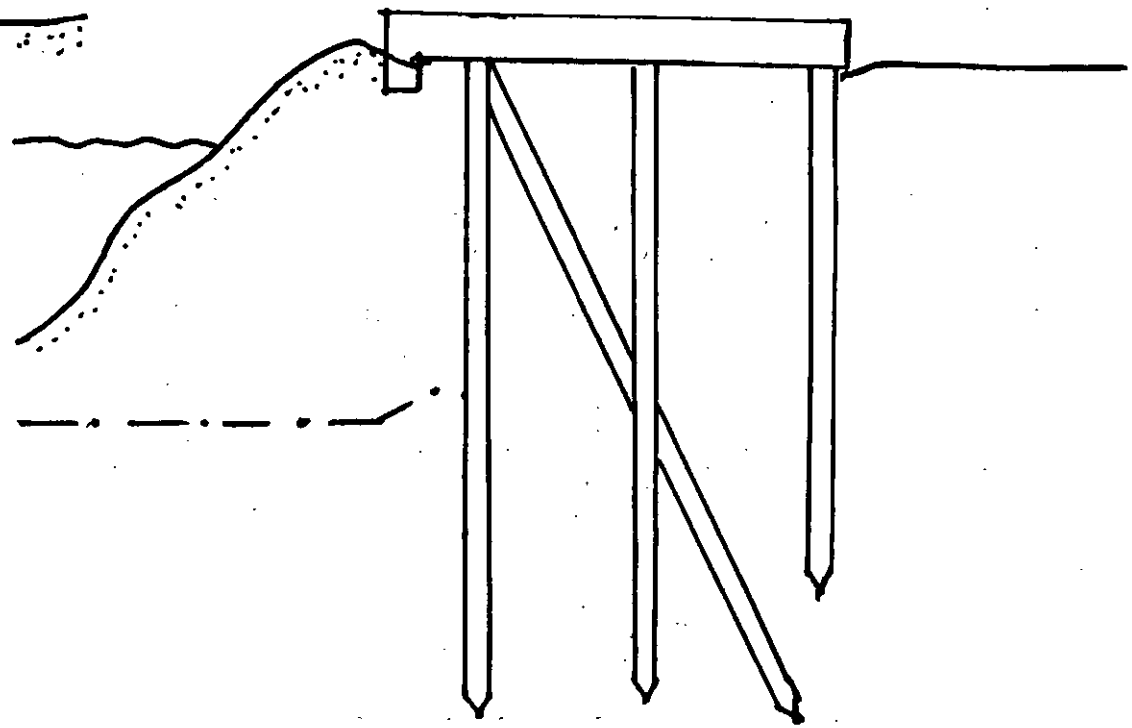
MAZATLAN, SIN.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE UN MUELLE A BASE DE PILOTES



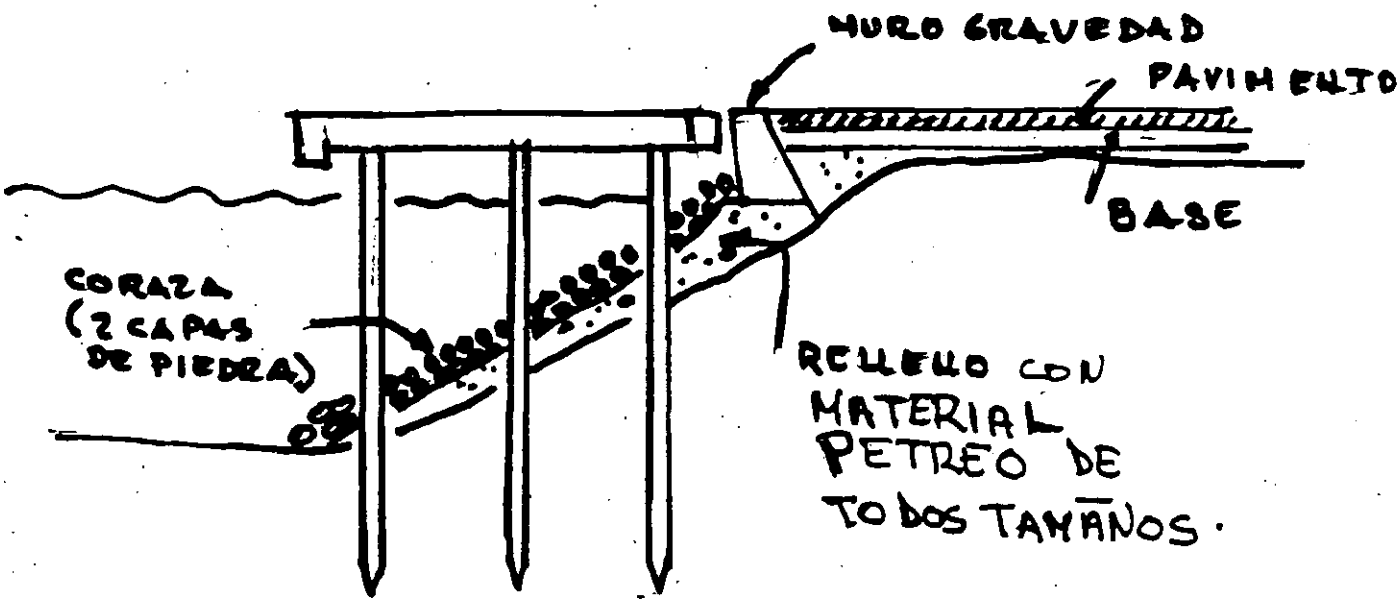
a) CON EQUIPO DESDE TIERRA

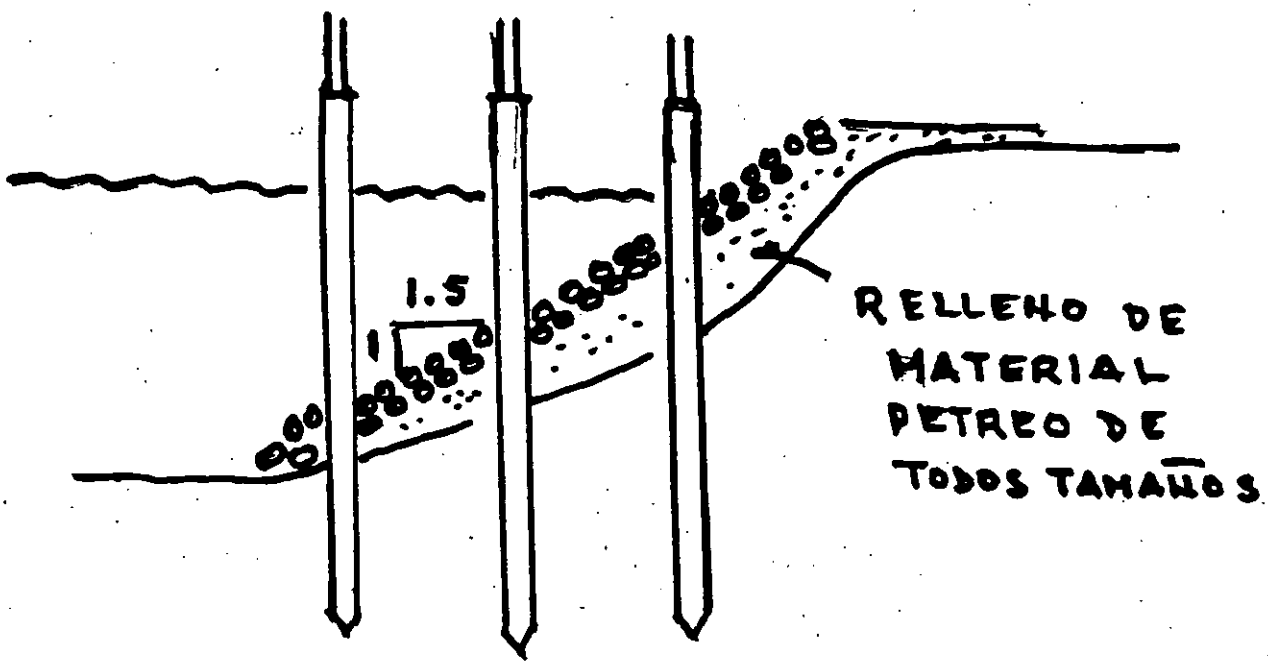
b) CON EQUIPO FLOTANTE.



EN TIERRA, CON DRAGADO POSTERIOR A LA CONSTRUCCION DEL MUELLE

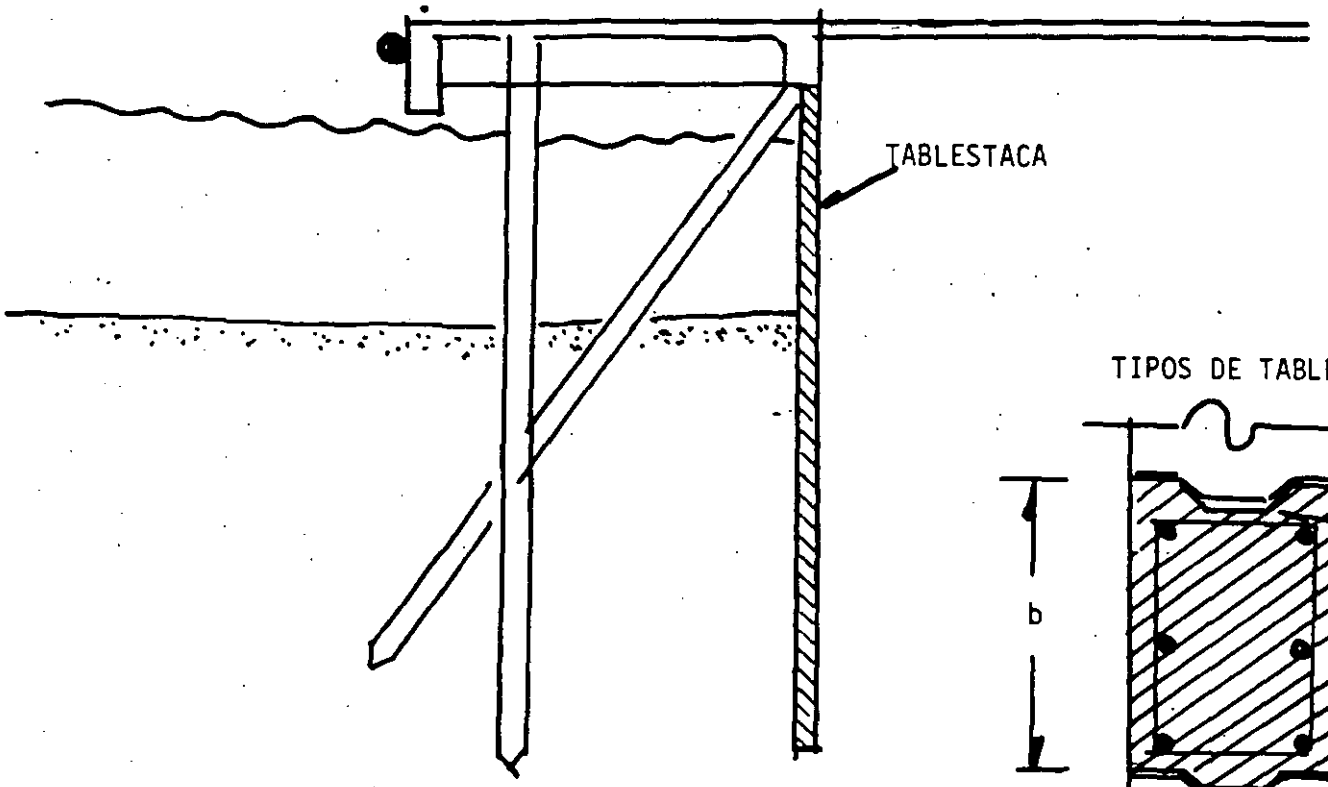
128



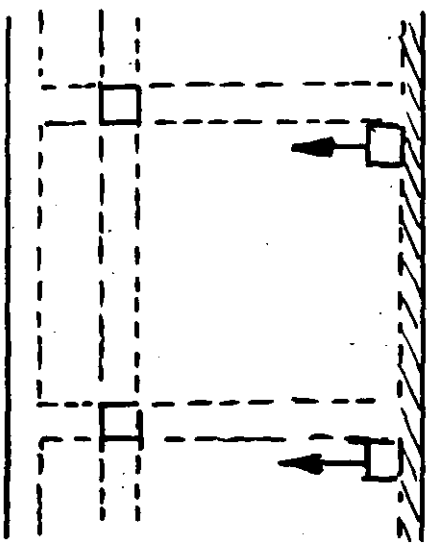


PEDRAPLEN DE RESPALDO EN UN MUELLE CON CIMENTACION PROFUNDA.

MUELLE PARA PROFUNDIDADES DE 3 a 7 m.

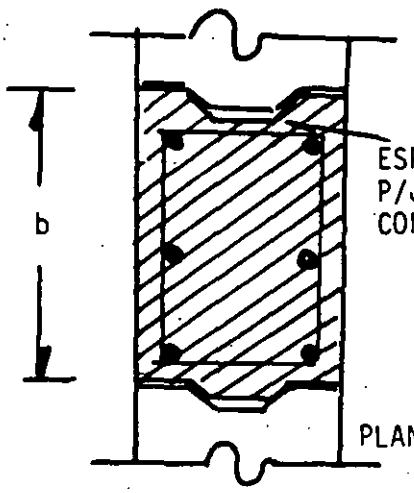


SECCION

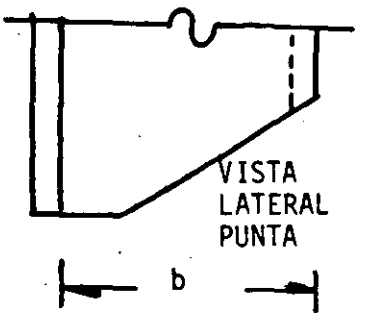


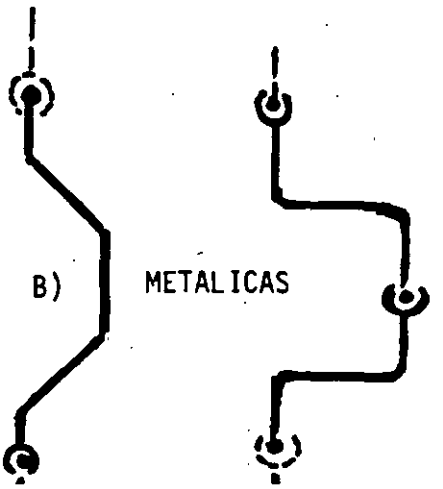
PLANTA

TIPOS DE TABLESTACA.

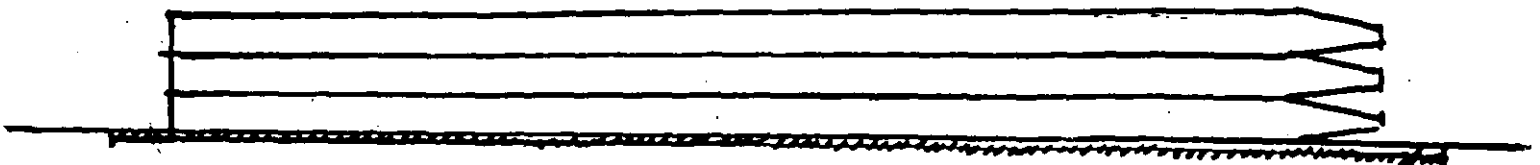


A) DE CONCRETO REFORZADO.





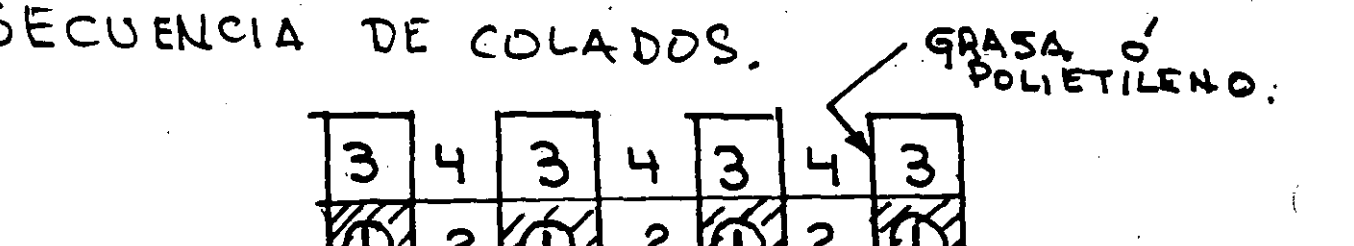
BATERIA DE PILOTES



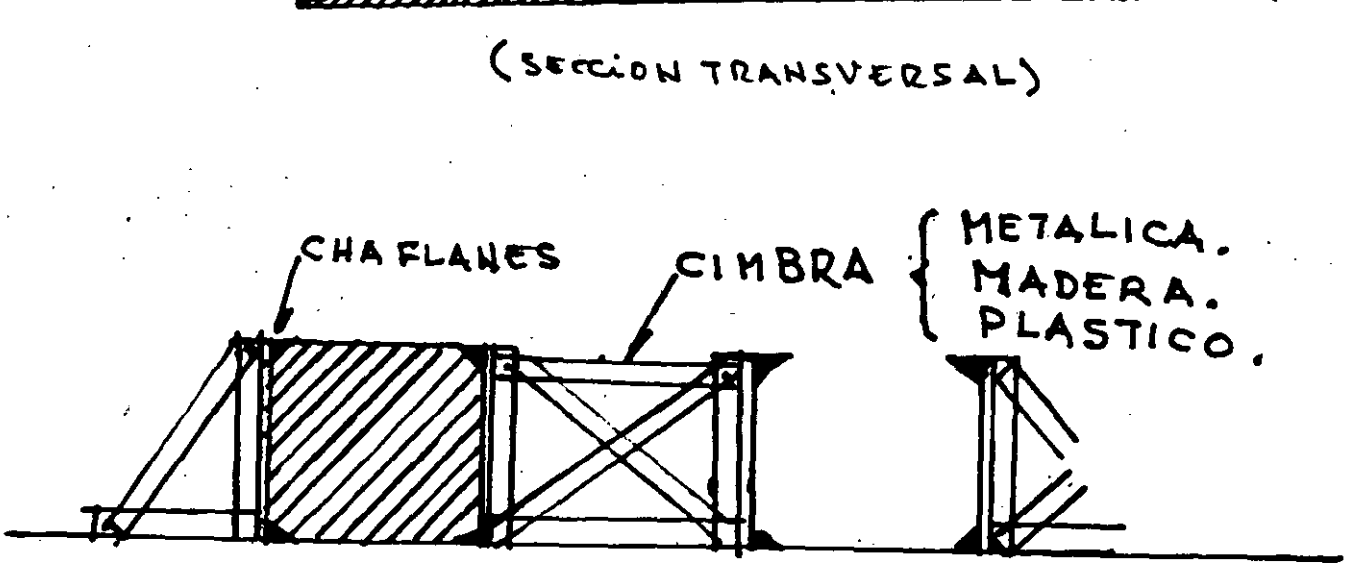
(VISTA LATERAL)

MESA DE COLADOS

SECUENCIA DE COLADOS.



(SECCION TRANSVERSAL)

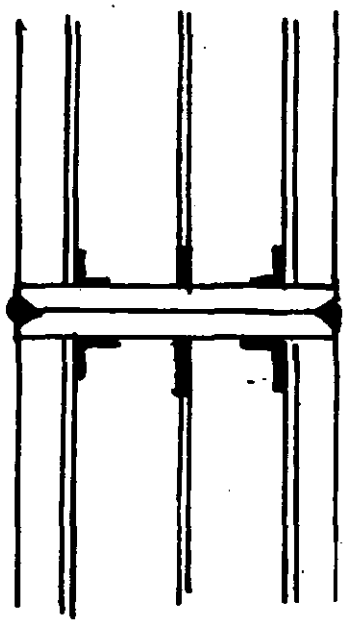


DETALLE DEL CIMBRADO.

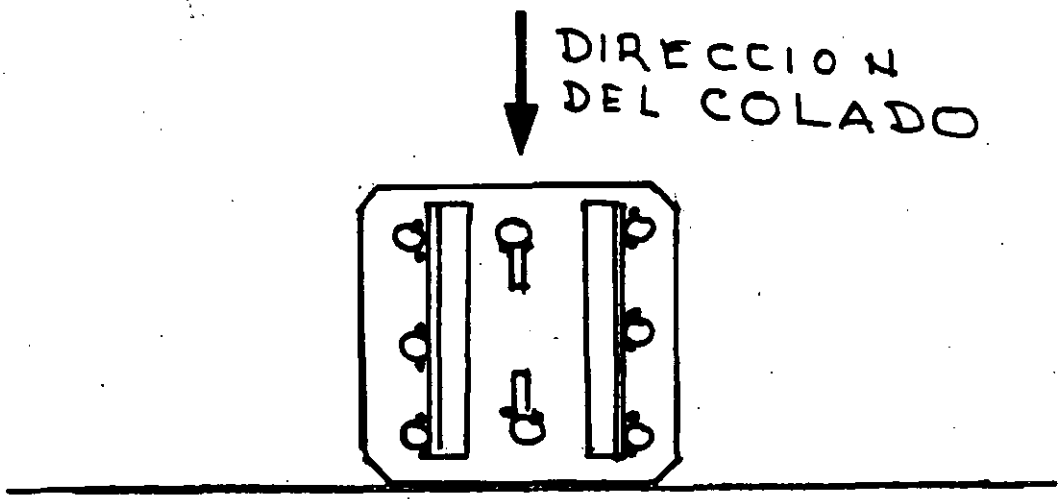
COLADO DE CONCRETO EN PILOTES

CURADO: AGUA, ARENA HUMEDA O' VAPOR.

EMPATE DE PILOTES.



(SECCION LATERAL)



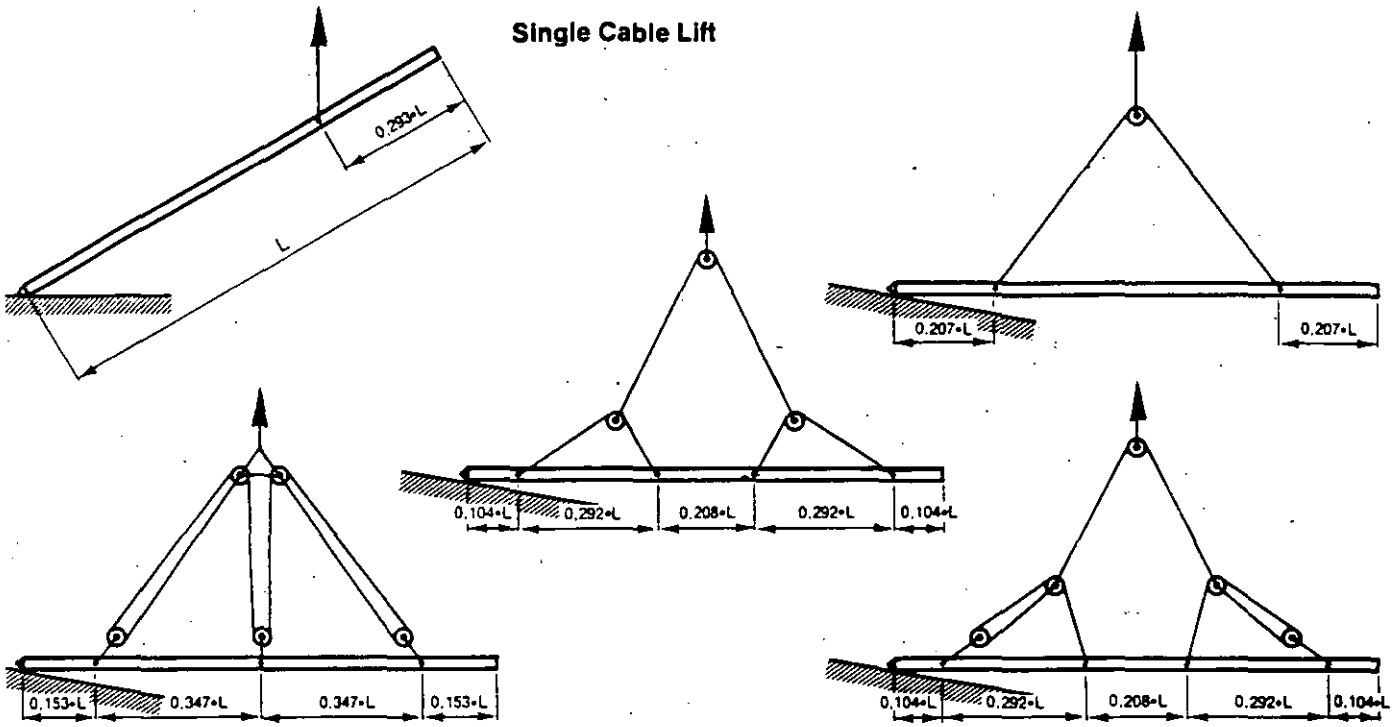
(SECCION TRANSVERSAL)

L ANGULOS

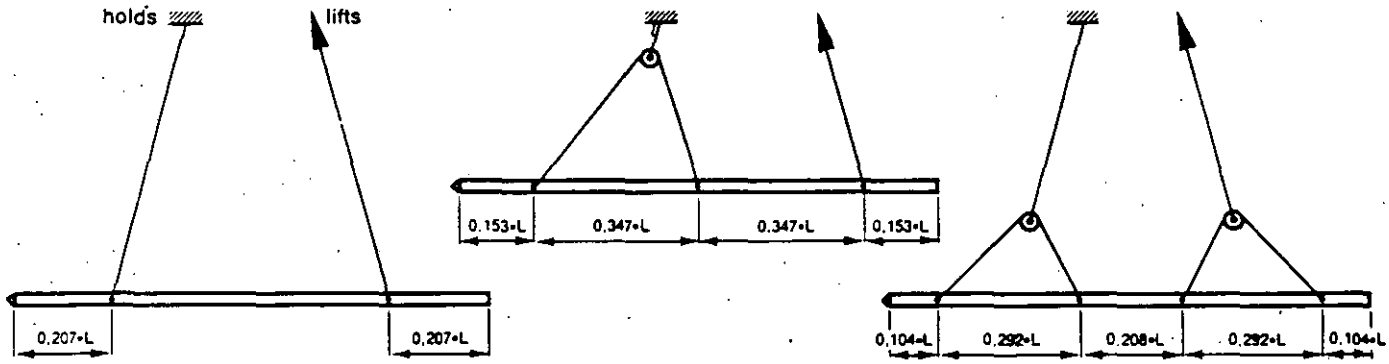
I PLACA

• SOLDADURA.

Single Cable Lift

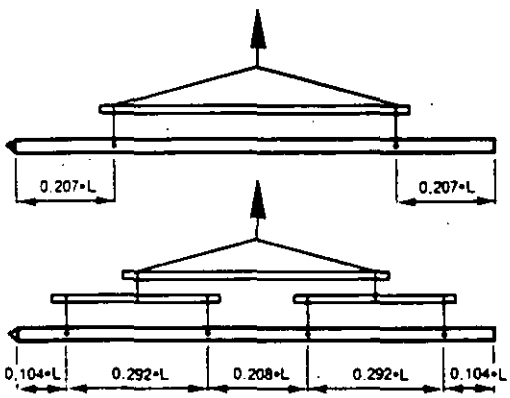


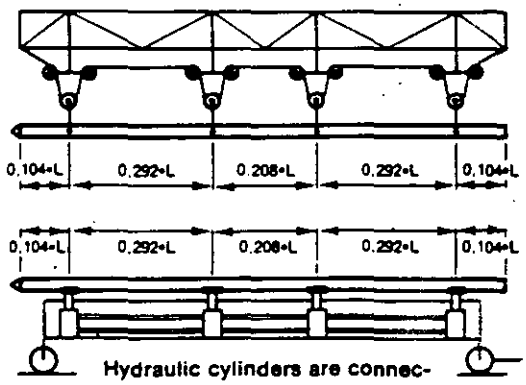
Double Cable Lift



Transporting Concrete Piles

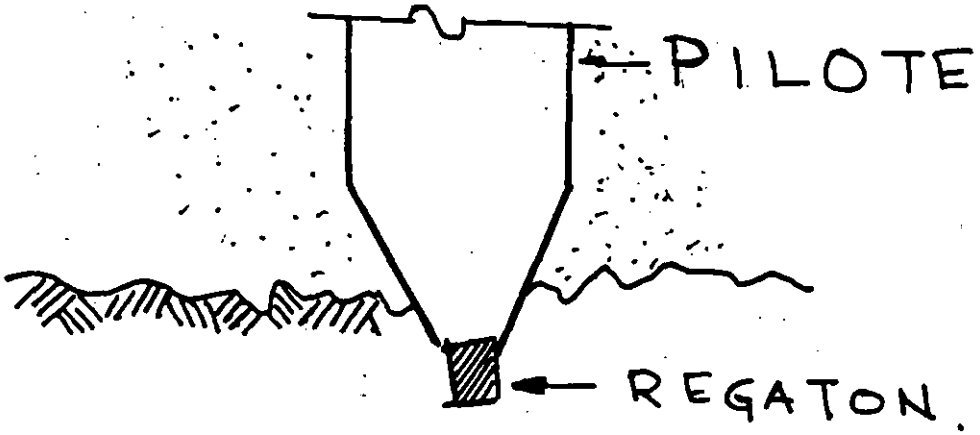
Transportation should be arranged so that the concrete pile is subjected to the least amount of deflection. Several possibilities are illustrated here.

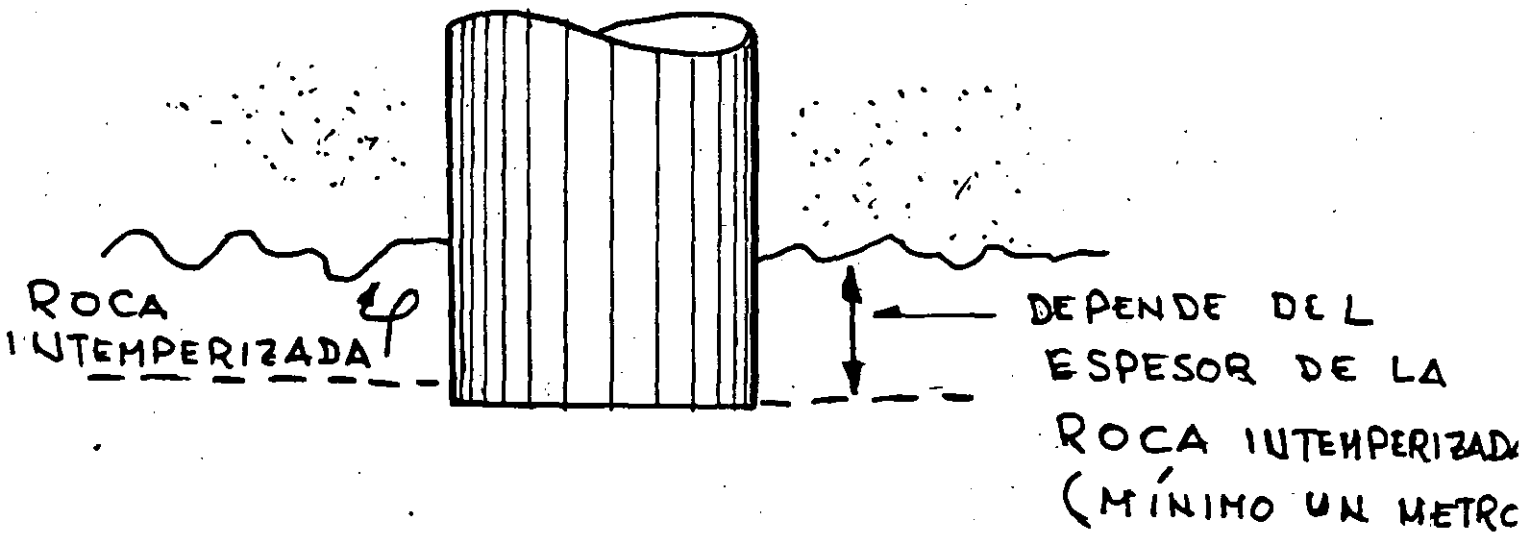


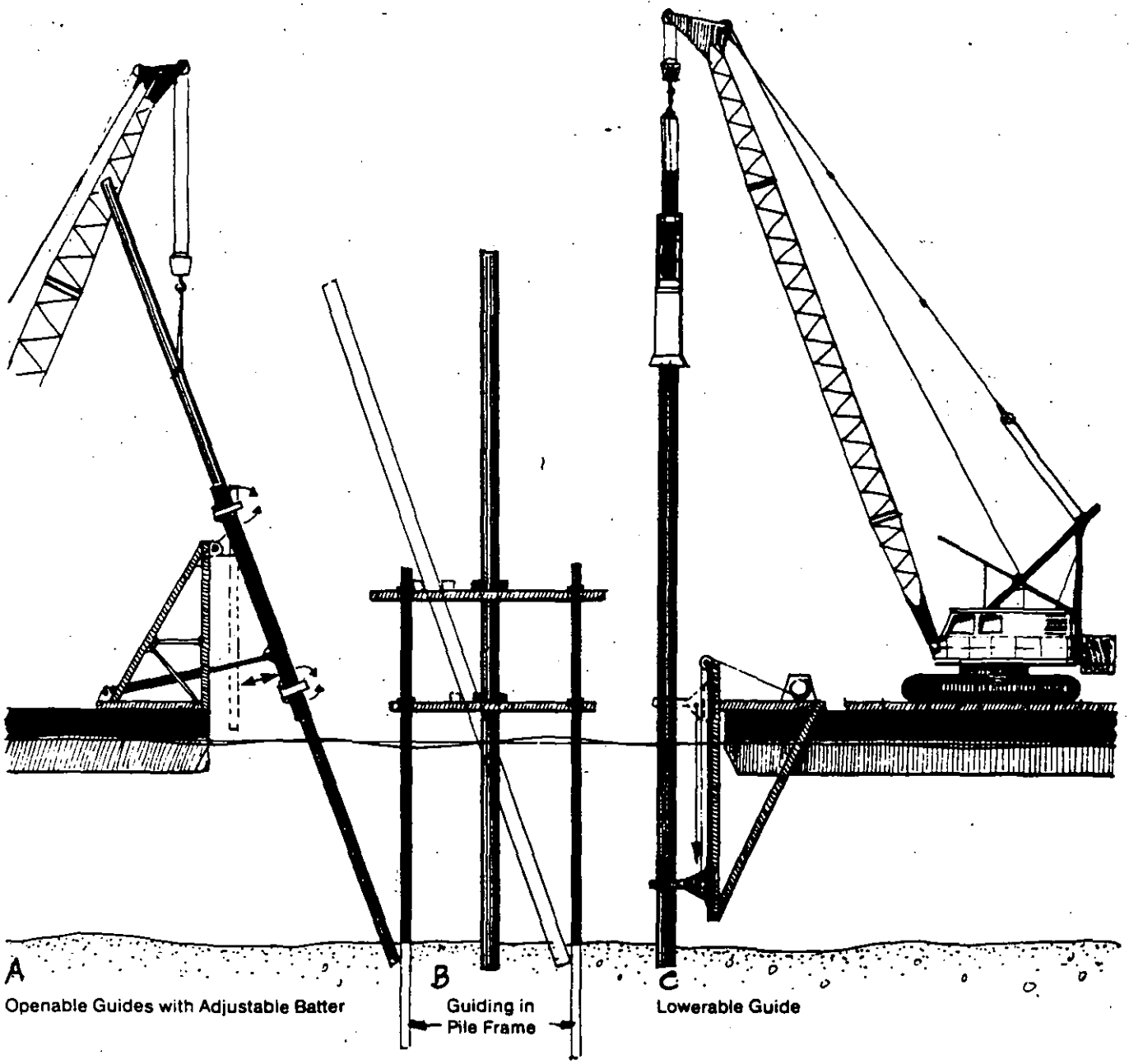


Hydraulic cylinders are connected to compensate bearing pressures.

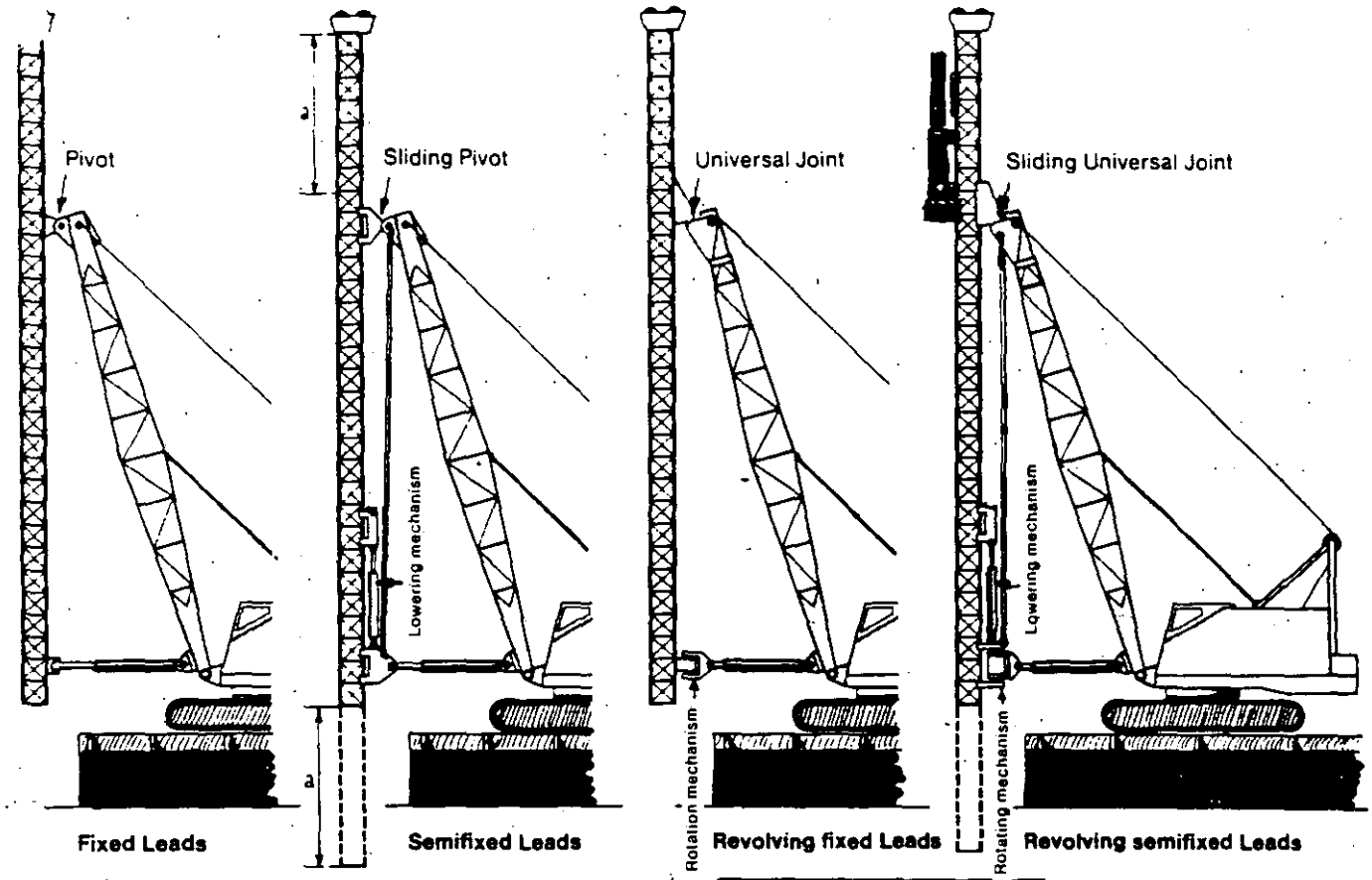
PILOTES Y PILAS TRABAJANDO POR PUNTA, CON APOYO EN ROCA.

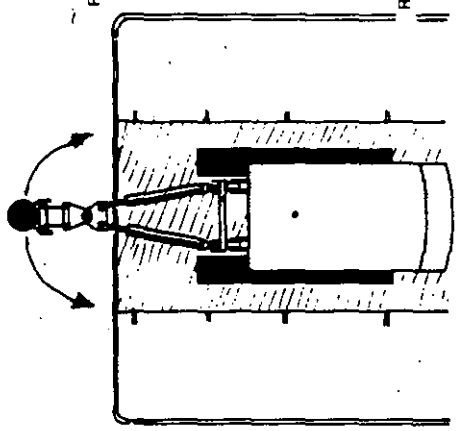






4. Pile Guides

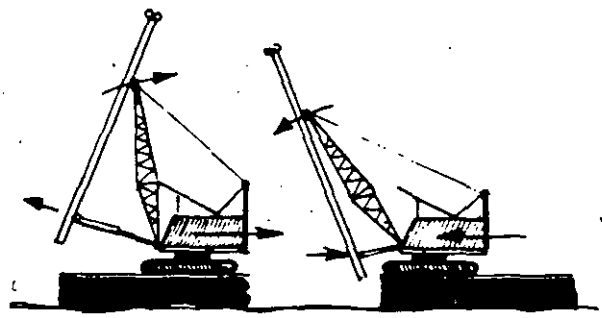




3.2. Leads braced against crane

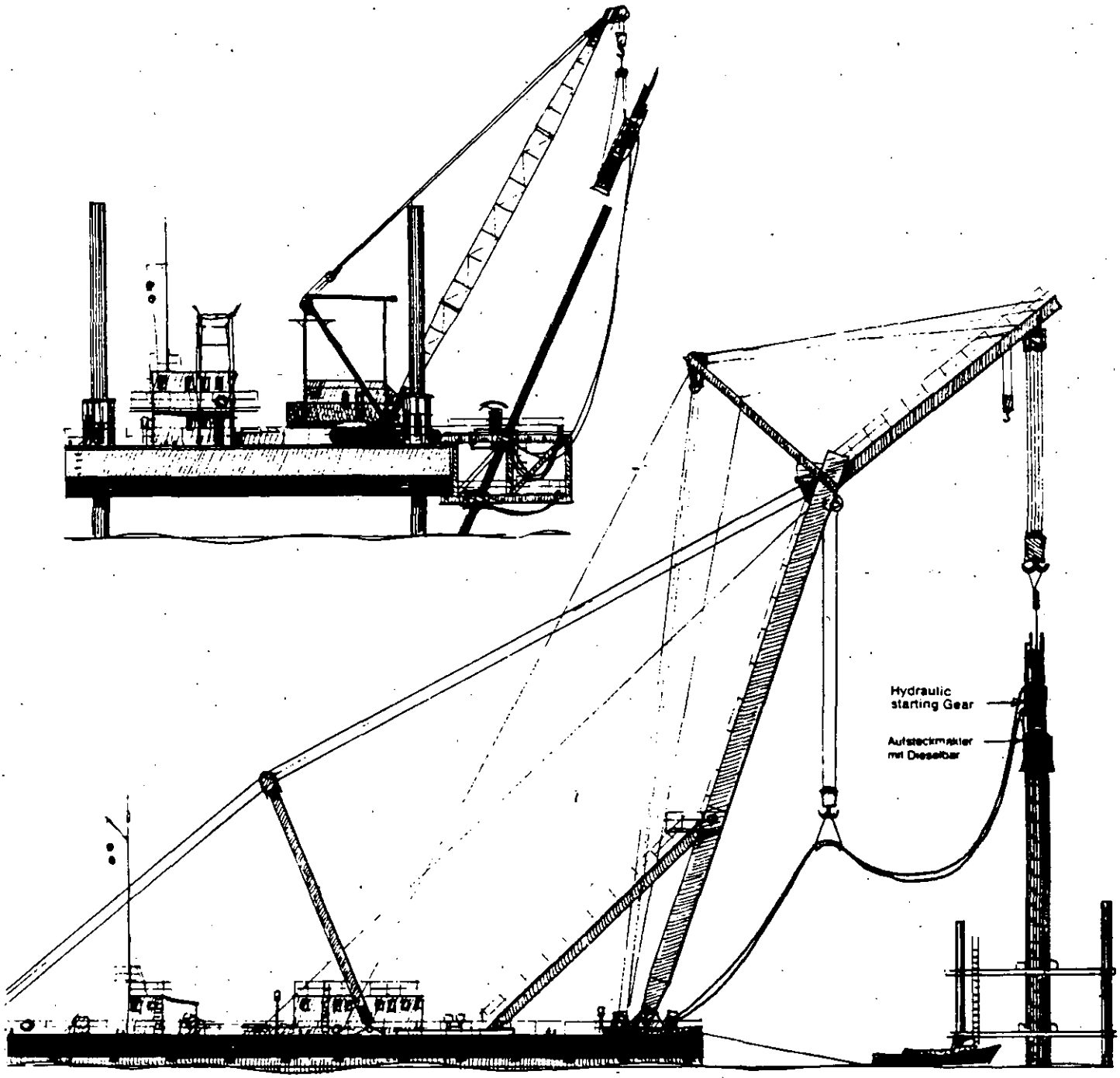
3.2.1. Hanging Leads on Mobile Crane

These pile driving systems can be employed without modification either onshore or offshore. The following lead types may be used:
Fixed Leads
Semifixed Leads
Revolving Fixed Leads
Revolving Semifixed Leads
The lead batter depends on the crane capacity and on the type of spotter. It may be 1:3 either outwards or inwards. The equipment's large weight is a disadvantage.

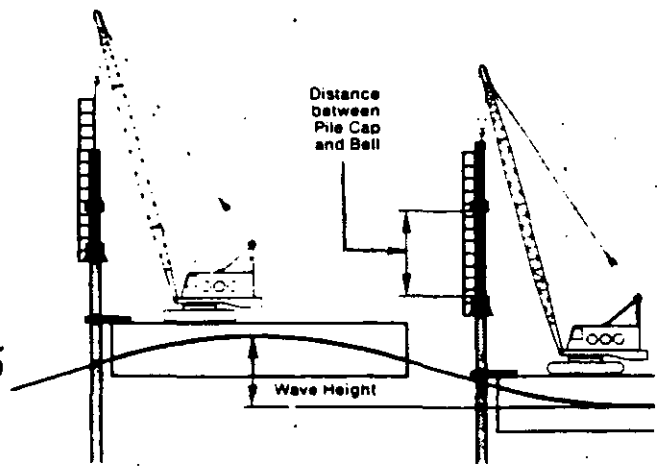


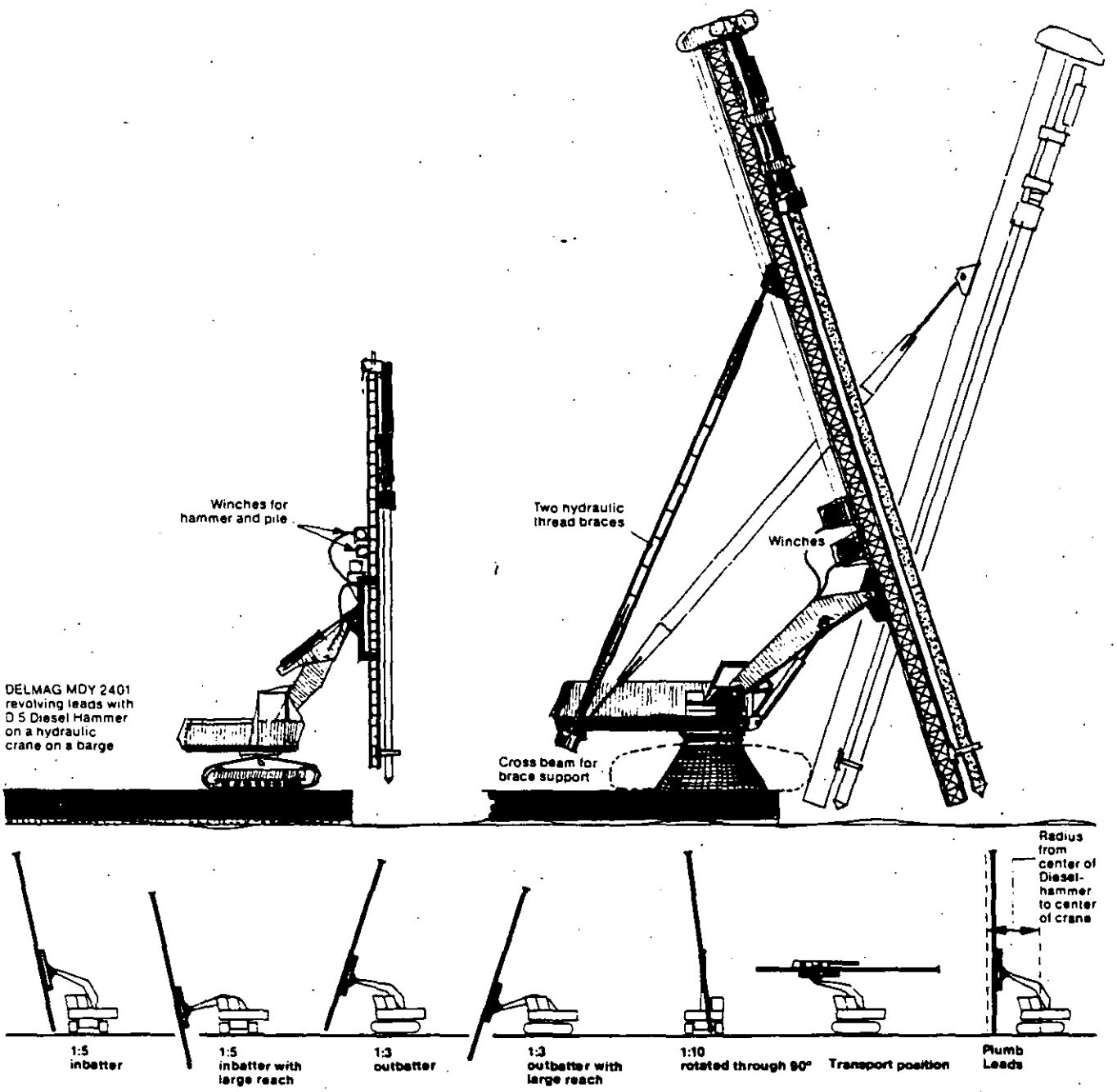
For battered pile driving close to the barge wall, crane must be repositioned.

Outbatter	**Inbatter**
Extend spotter	Move crane forwards
Raise boom	Retract spotter
Move crane backwards	Lower boom



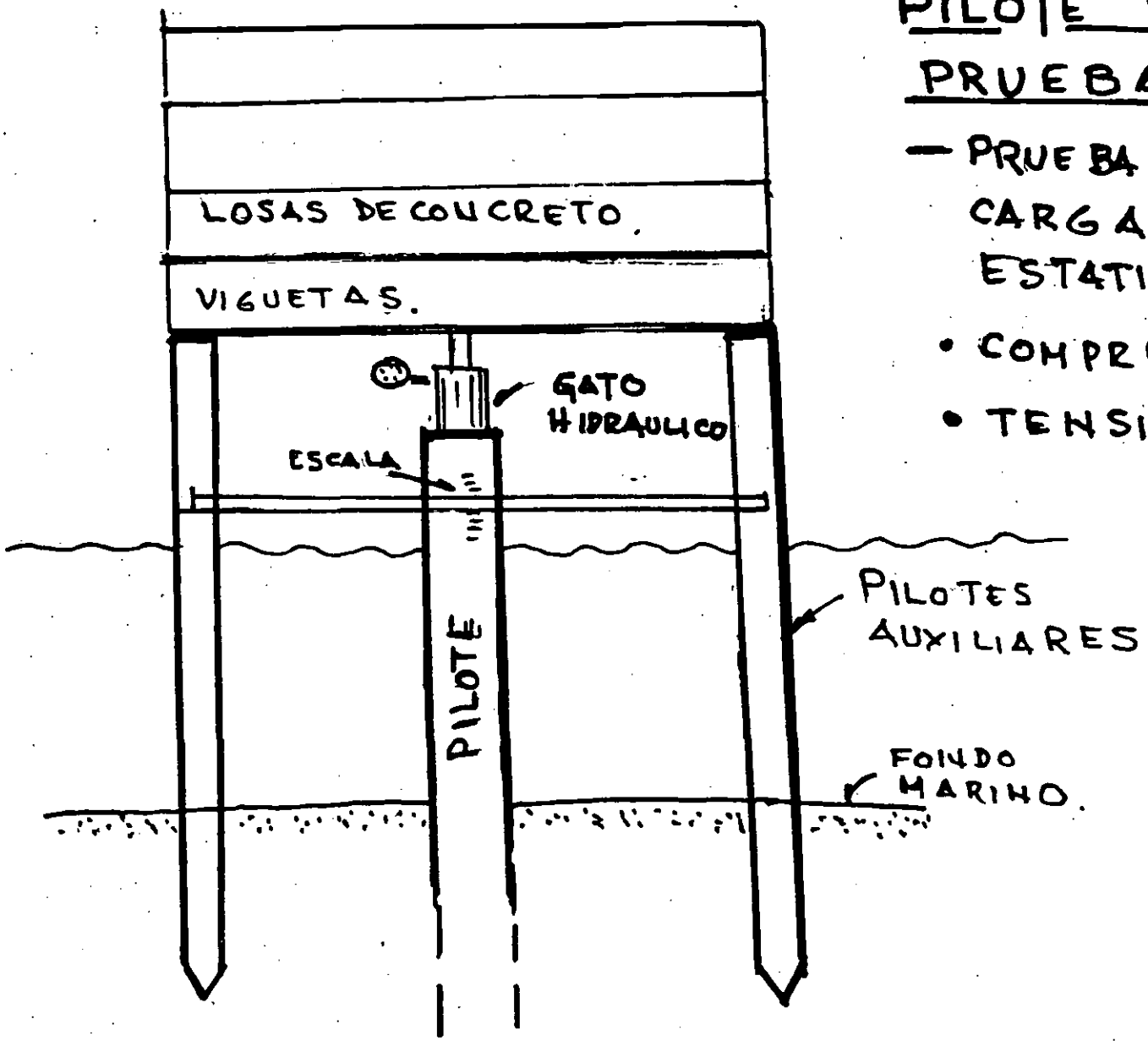
For large wave heights pile supported leads must be used which allow for large axial motions of the Diesel Hammer. Thus wave motions are compensated during start-up and pile driving. Pile supported leads must be supported by the crane during pile driving and lowered as the pile penetrates. This applies to either plumb or battered pile driving.

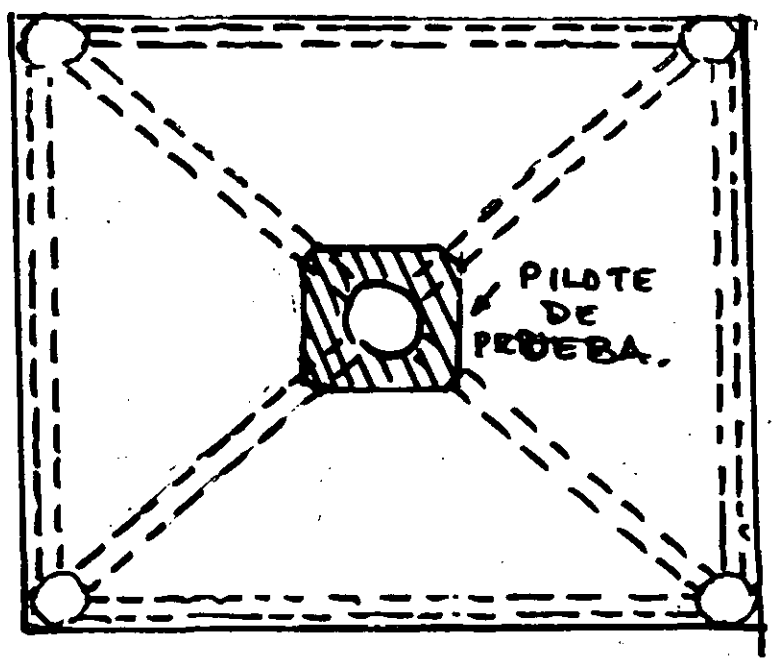



Winches for hammer and pile
DELMAG MDY 2401 revolving leads with D 5 Diesel Hammer on a hydraulic crane on a barge
Two hydraulic thread braces
Winches
Cross beam for brace support
Radius from center of Diesel-hammer to center of crane
1:5 inbatter
1:5 inbatter with large reach
1:3 outbatter
1:3 outbatter with large reach
1:10 rotated through 90°
Transport position
Plumb Leads

PILOTE DE PRUEBA

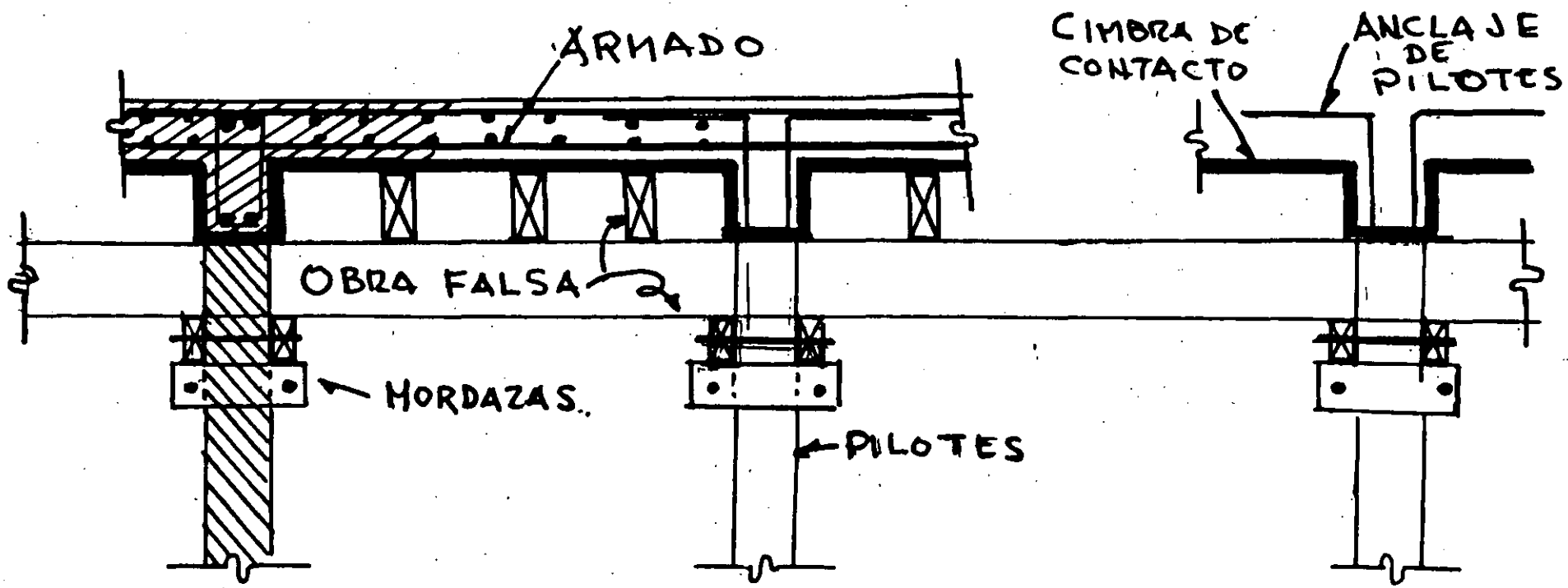
- PRUEBA DE CARGA ESTATICA
  - COMPRESIÓN
  - TENSIÓN

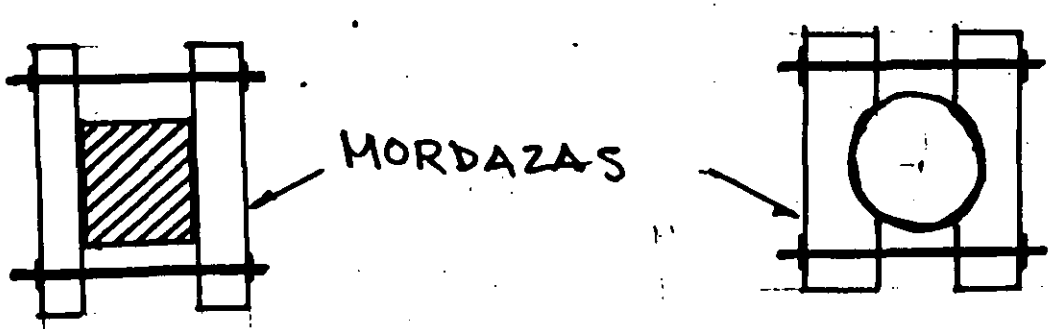




PLANTA.

OBRA FALSA Y CIMBRA DE CONTACTO PARA EL COLADO DE CONCRETO EN SUPERESTRUCTURAS DE MUELLES





PILOTES PARA OBRAS MARITIMAS

I.- TIPO DE PILOTES

A) RESPECTO AL MATERIAL

1.- DE MADERA

2.- METALICOS

3.- DE CONCRETO REFORZADO

4.- MIXTOS (2 + 3)

B) POR EL LUGAR DE CONSTRUCCION

1.- PREFABRICADOS

2.- COLADOS "INSITU"

C) POR SU SECCION TRANSVERSAL

1.- HUECOS

2.- MACIZOS

D) RESPECTO AL APOYO

1.- DE FRICCION

2.- DE PUNTA

3.- APOYO MIXTO

E) RESPECTO A SU DIRECCION

1.- PILOTES VERTICALES

2.- PILOTES INCLINADOS

JPV/28/FEB/86

CALCULO DE LA RESISTENCIA ULTIMA POR FRICCION EN LA SUPERFICIE LATERAL DEL PILOTE:

$$R_f = \sum A_i \, F_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4$$

EN DONDE:

A_i.- ES EL AREA LATERAL DEL PILOTE EN EL ESTRATO i, EN m^2.

F_i.- ES EL VALOR ULTIMO DE LA FRICCION EN LA SUPERFICIE LATERAL DEL PILOTE EN EL ESTRATO i, EN ton/m^2.

SE PROPONEN LOS SIGUIENTES VALORES MEDIOS PARA LA FRICCION LATERAL.

TABLA 4

TIPO DE SUELO	Fricción lateral f Ton/m²
Arcilla suave y limo	1.0- 2.0
Limo arenoso	2.0- 5.0
Arcilla rígida	4.0-10.0
Arena suelta	2.0- 3.0
Arena densa	3.0-10.0

LAS FORMULAS 1, 2, 3, y 4, DAN LA CARGA ULTIMA QUE PUEDE SOPORTAR EL PILOTE, POR LO QUE SE REFIERE A SU APOYO EN EL SUELO. EVIDENTEMENTE QUE ESTE VALOR DEBE SER IGUAL O MAYOR QUE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL, ULTIMA DEL PILOTE.

VALORES DE C.

TABLA 2

ARCILLAS

N	Consistencia	C Ton/m²
Menos de 2	Muy suave	Menos de 1.2
2- 4	Suave	1.2- 2.5
4- 8	Media	2.5- 5.0
8-15	Rígida	5.0-10.0
15-30	Muy rígida	10.0-20.0
Más de 30	Dura	Más de 20.0

TABLA 3

ARENAS

N	Densidad relativa	φ
0- 4	Muy suelta	28°-29°
4-10	Suelta	29°-30°
10-30	Media	30°-36°
30-50	Densa	30°-41°
Más de 50	Muy densa	41°-46°

NOTA:

EN LOS SUELOS GRANULARES, ARENA Y GRAVA LIMPIAS, LA COHESION C=

EN LOS SUELOS COHESIVOS, ARCILLAS SE ACEPTA $\varphi = 0$

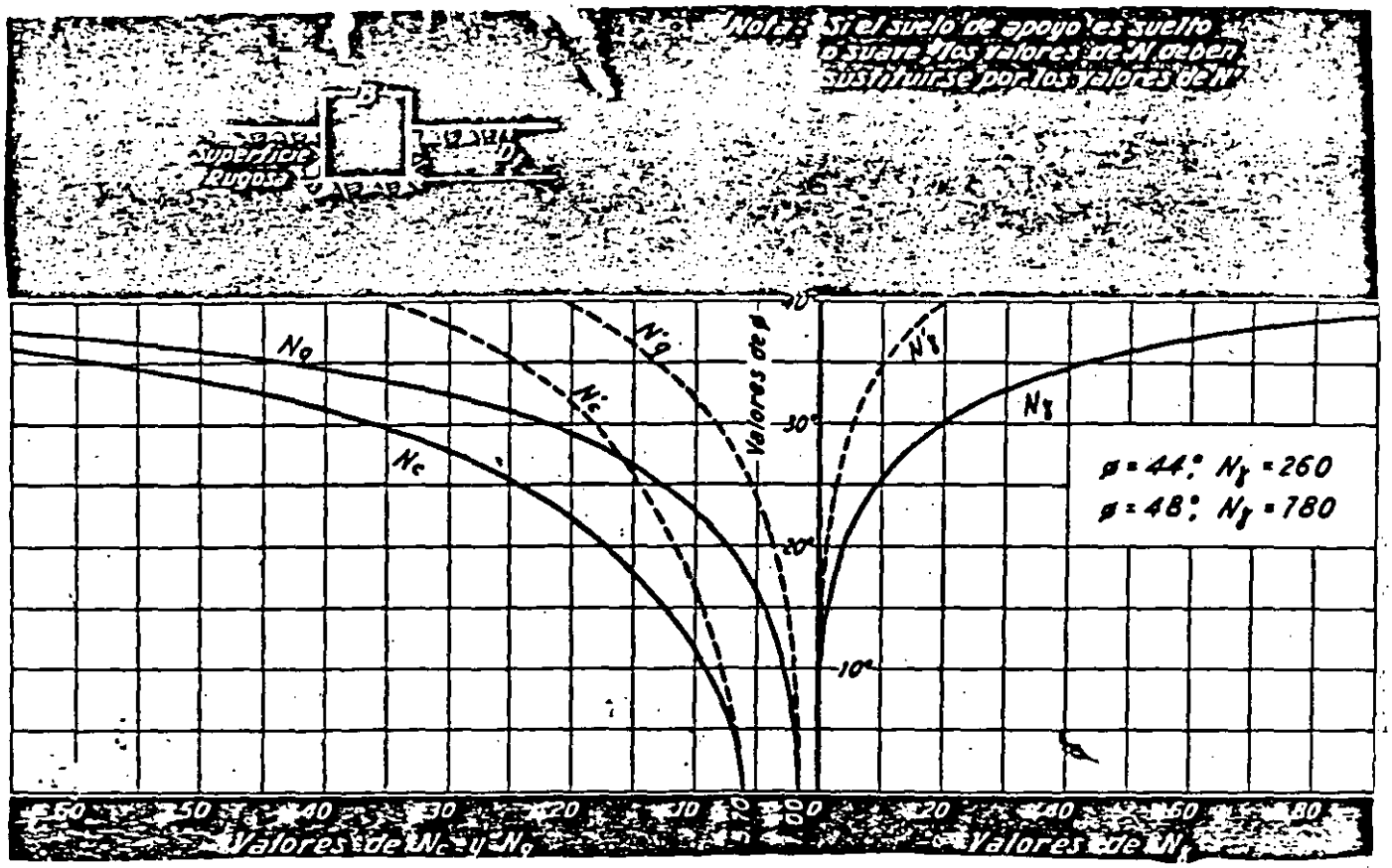
EN LOS SUELOS COMBINADOS, APROXIMADAMENTE SE PUEDEN DETERMIN. SUS PROPIEDADES, PROMEDIANDO LAS QUE LES CORRESPONDAN A LOS EL MENTOS CONSTITUYENTES.

C.- ES LA COHESION DEL TERRENO , ton/m^2.

γ.- ES EL PESO VOLUMETRICO DEL SUELO SECO. SATURADO O SUMERGIDO , EN ton/m^3.

D_f.- ES LA PROFUNDIDAD DE LA PUNTA DEL PILOTE CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL TERRENO , EN METROS.

N_c; N_q y N_γ.-SON FACTORES QUE DEPENDEN DEL ANGULO DE FRICCION INTERNA Y QUE SE OBTIENEN DE LA SIGUIENTE GRAFICA.



VALORES DE γ . : LOS VALORES PROPUESTOS POR TERZAGHI PARA CONDICIONES MEDIAS SE PUEDEN DEDUCIR DE LAS SIGUIENTES TABLAS:

TABLA Nº 1....

DESCRIPCION	γ_d Ton/m³.	γ_{sat} Ton/m³.	γ_{sum} Ton/m³.
Arena uniforme suelta	1.43	1.89	0.95
Arena uniforme densa	1.75	2.09	1.05
Arena graduada suelta	1.59	1.99	1.00
Arena graduada densa	1.86	2.16	1.10
Material de acarreo, muy bien graduado	2.12	2.32	1.20
Arcilla suave	—	1.77	0.90
Arcilla rígida	—	2.07	1.05
Arcilla orgánica suave	—	1.58	0.80
Arcilla orgánica muy suave	—	1.43	0.70
Bentonita suave	—	1.27	0.65

156

En donde:

γ_d es el estado unitario en estado seco.
γ_{sat} es el peso unitario en estado saturado.
γ_{sum} es el peso unitario en estado sumergido.

CRITERIO PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN PILOTE.

EXISTEN DOS PROCEDIMIENTOS PARA ESTIMAR LA CARGA ULTIMA Y EN CONSECUENCIA LA CARGA DE TRABAJO QUE PUEDE SOPORTAR UN PILOTE

1.- MÉTODO ESTATICO

2.- METODO DINAMICO

METODO ESTATICO: CONSIDERA LA RESISTENCIA DEL PILOTE COMO LA SUMA DE LA RESISTENCIA POR APOYO DE LA PUNTA Y LA RESISTENCIA - POR FRICCION EN LA SUPERFICIE LATERAL DEL PILOTE ES DECIR:

$$R_u = R_p + R_f \qquad \text{----------1}$$

EN DONDE:

R_u = ES LA RESISTENCIA TOTAL ULTIMA DEL PILOTE
R_p = ES LA RESISTENCIA ULTIMA POR APOYO DE LA PUNTA
R_f = ES LA RESISTENCIA ULTIMA POR FRICCION EN LA SUPERFICIE LATERAL DEL PILOTE.

TERZAGHI HA PROPUESTO LAS SIGUIENTES EXPRESIONES PARA CALC R R_p y R_f.

CALCULO DE LA RESISTENCIA ULTIMA POR APOYO DE LA PUNTA DEL -- PILOTE.

PARA PILOTES CUADRADOS:

$$R_p = B^2 (1.3\ CNc + \gamma D_f N_q + 0.4\ \gamma B N_\gamma) \qquad \text{-------2}$$

PARA PILOTES CIRCULARES:

$$R_p = \Pi r^2 (1.3\ CNc + \gamma D_f N_q + 0.6\ \gamma r N_\gamma) \qquad \text{-------3}$$

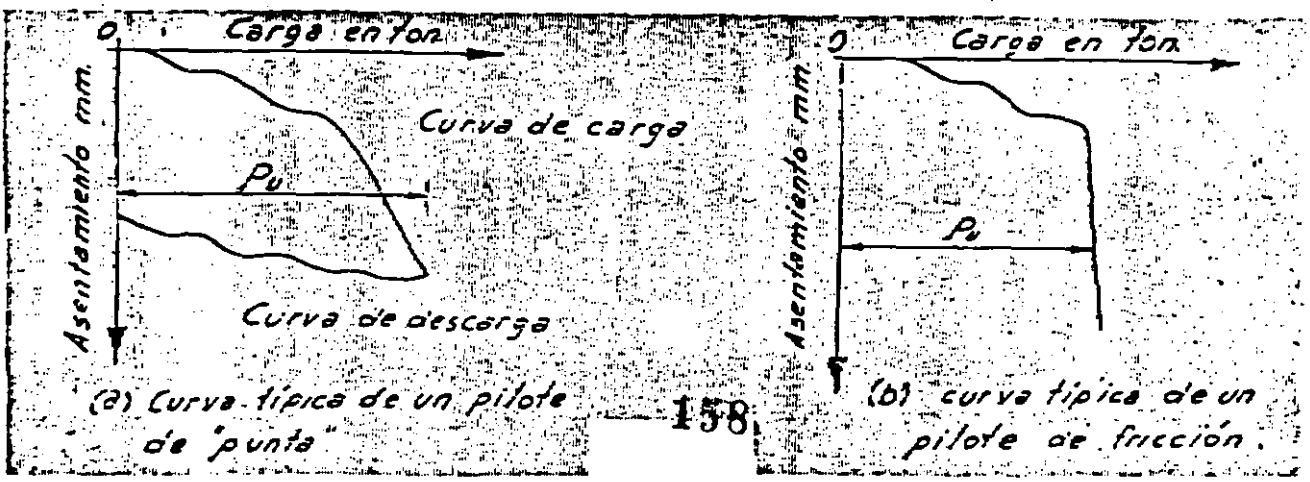
EN DONDE:

B.- ES EL LADO DE LA SECCION TRANSVERSAL CUADRADA DEL PILOTE, EN METROS.

r.- ES EL RADIO DE LA SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR DEL PILOTE, EN METROS.

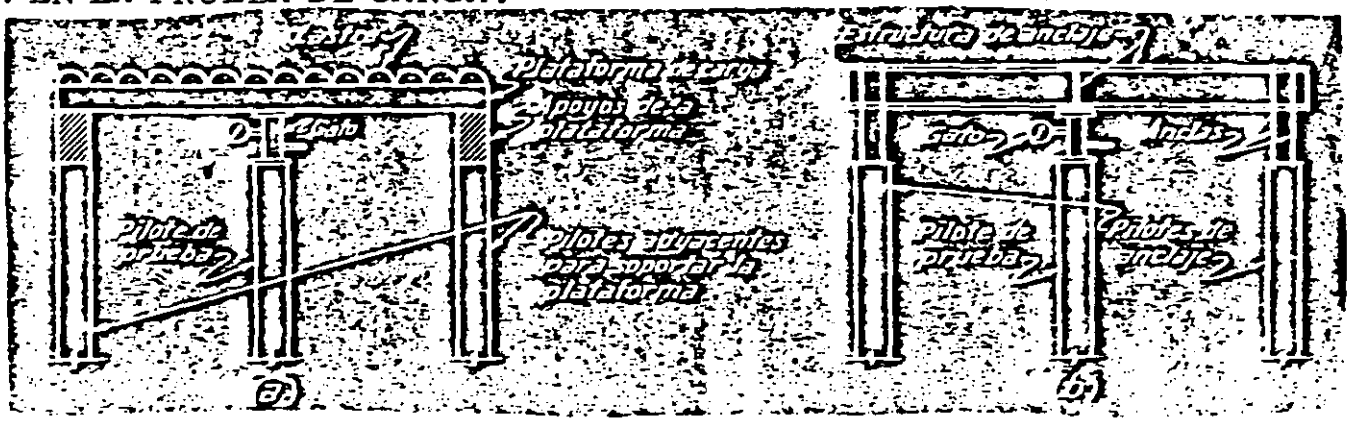
PRUEBA DE CARGA EN PILOTES

PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA REAL DE UN PILOTE, EL PROCEDIMIENTO MAS FIDEDIGNO ES EL DENOMINADO "PRUEBA DE CARGA ESTATICA". ES ESTA PRUEBA, SE APLICA UNA CARGA EN LA CABEZA DEL PILOTE, QUE SE HACE AUMENTAR EN INCREMENTOS SUCESIVOS Y ADECUADOS PARA LA CAPACIDAD QUE SE ESPERA DE EL REGISTRANDOSE LOS ASENTAMIENTOS QUE SUFRE EL PILOTE DESPUES QUE SE HA DEJADO OBRAR UN TIEMPO PRUDENTE CADA INCREMENTO. LA CARGA SE AUMENTA HASTA QUE SE PRODUCE EL DESLIZAMIENTO VERTICAL DEL PILOTE, O BIEN, CUANDO NO PRODUCIENDOSE ESTE, HATA QUE SE HA ALCANZADO UNA CARGA TAL QUE SUMINISTRE UN COHEFICIENTE DE SEGURIDAD ADECUADO, RESPECTO A LA CARGA QUE SE DESEA HACER TRABAJAR EL PILOTE. A PARTIR DE ESE INSTANTE, SE DISMINUYE LA CARGA EN EL, POR DECREMENTOS DE AMPLITUD MAYOR QUE LOS INCREMENTOS APLICADOS DURANTE EL PROCESO DE CARGA, Y SE REGISTRAN LOS NIVELES DE LA CABEZA DEL PILOTE, DESPUES DE TRANSCURRIDO CIERTO TIEMPO A PARTIR DE CADA DECREMENTO NO PUEDEN HACERSE INDICACIONES DE CARACTER GENERAL RESPECTO A LA RAPIDEZ DE LOS PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA, YA QUE DEPENDE DEL TIPO DE SUELO ATRAVESADO POR EL PILOTE Y DE LA CAPACIDAD PROBABLE DEL MISMO.



DISPOSITIVO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE CARGA EN PILOTES

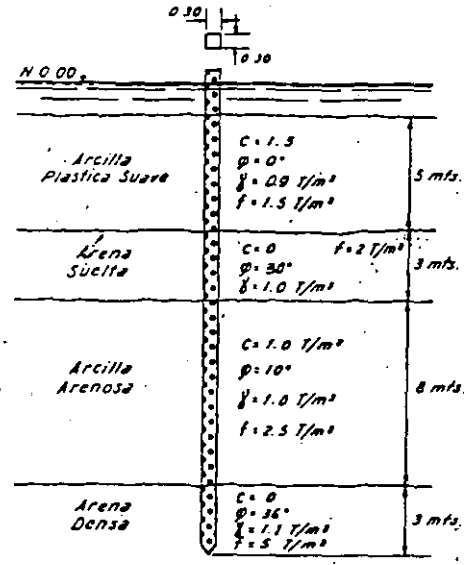
PARA APLICAR LA CARGA AL PILOTE, SE UTILIZA GENERALMENTE UN GATO - HIDRAULICO QUE SE COLOCA ENTRE LA CABEZA DEL PILOTE Y UNA PLAT - FORMA QUE SOPORTA UNA CARGA SUFICIENTEMENTE GRANDE PARA QUE NO - LA LEVANTE EL GATO (FIGA), O BIEN, SE COLOCA EL GATO ENTRE LA CABE- ZA DEL PILOTE Y UNA ESTRUCTURA DE ACERO ANCLADA A PILOTES VECINOS AL PILOTE DE PRUEBA. EN ESTE ULTIMO CASO, DEBERA LLEVARSE UN RE - GISTRO CUIDADOSO DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS PILOTOS DE ANCLAJE (FIG.B) CUANDO LA CARGA QUE DEBE APLICARSE AL PILOTE ES CONSIDERABLE, EL - LASTRE QUE SE REQUIERE EN LA PLATAFORMA DE CARGA, ES DE TAL MAG - NITUD QUE HACE INADECUADO ESTE PROCEDIMIENTO, Y ES ACONSEJABLE EM- PLEAR EL SEGUNDO PROCEDIMIENTO DESCRITO. SIN EMBARGO, ESTE ULTIMO DEPENDE DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION DE LOS PILOTES VECINOS DE AL- CLAJE. SI SE DESEA OBTENER LA RESISTENCIA ULTIMA POR PUNTA, BAS A REALIZAR LA EXTRACCION DEL PILOTE DE PRUEBA CON LO QUE OBTENDREMOS LA RESISTENCIA POR FRICCION LA CUAL SE RESTARA A LA RESISTENCIA OBTE- NIDA EN LA PRUEBA DE CARGA.



El registro de la prueba tanto de la carga como la descarga deberá incluir: Día, hora de aplicación de la carga, incremento de carga (ton.), carga acumulada (ton) y niveles de la cabeza del pilote de prueba y de los pilotes auxiliares.

EJEMPLO DE CALCULO DE UN PILOTE.

CALCULAR LA CARGA ULTIMA DEL PILOTE MOSTRADO EN LA FIGURA ADJUNTA.



CALCULAMOS SEPARADAMENTE LAS RESISTENCIAS DE PUNTA Y DE FRICCION. UTILIZANDO LAS FORMULAS 2 Y 4
PARA APLICAR LA FORMULA 2 NECESITAMOS DETERMINAR PREVIAMENTE LOS COEFICIENTES Nc Nq y N UTILIZANDO LA GRAFICA N° 1, SE OBTIENEN LOS SIGUIENTES VALORES PARA EL ESTRATO EN DONDE SE APOYA LA PUNTA DEL PILOTE:

Nc= 60 ; Nq= 45 N = 46

OBSERVAMOS QUE POR NO SER UN SUELO HOMOGENEO. EL PRODUCTO Df DEBE REEMPLAZARSE POR LA PRESION VERTICAL A LA PROFUNDIDAD DE LA PUNTA DEL PILOTE.

Df= 5 x 0.90 + 3 x 1.00 + 8 x 1.00 + 3 x 1.1 = 18.8 ton/m2
Rp= 0.3^2 (1.3 x 0 x 60 + 18.8 x 45 + 0.4 x 1.1 x 0.3 x 46)
Rp= 0.09 (0 + 850 + 6.1)
Rp= 77 ton.

APLICAMOS A CONTIMUACION LA FORMULA Y PARA CALCULAR LA RESISTENCIA POR FRICCION LATERAL.
Rf= 4 x 0.30 (5 x 1.5 + 3 x 2.0 + 8 x 2.5 + 3 x 5.0)
Rf= 1.2 x 48.5=58 ton.

EN CONSECUENCIA:

R = 77 + 58= 135 ton.
ESTE VALOR CORRESPONDE A LA RESISTENCIA ULTIMA POR APOYO DEL PILOTE CONSIDERADO. ESTE VALOR DEBERA DIVIDIRSE ENTRE UN FACTOR DE SEGURIDAD ADECUADO PARA OBTENER LA RESISTENCIA O CARGA DE TRABAJO.
SE RECOMIENDA UTILIZAR. UN FACTOR DE SEGURIDAD COMPRENDIDO ENTRE 2 y 3 DEPENDIENDO DE LA CORTEZA CON QUE SE CONOZCAN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO.

JPV/28/FEB/86.

EMPLEO DE PILOTES EN OBRAS MARITIMAS.

LOS PILOTES SON ELEMENTOS QUE SE EMPLEAN PARA TRANSMITIR CAR GAS DE UNA ESTRUCTURA A ESTRATOS PROFUNDOS MAS RESISTENTES QUE LOS MANTOS SUPERFICIALES O CUANDO LA ESTRUCTURA DEBA CONS TRUIRSE EN UN LUGAR CUBIERTO POR AGUA.

USO DE LOS DIVERSOS TIPOS DE PILOTES.

PILOTES DE MADERA.- SIN TRATAMIENTO,PARA OBRAS PROVISIONALES EN DONDE NO EXISTE PELIGRO DE ATAQUE DE ANIMALES XILOFAGOS. CON TRATAMIENTO PARA EL CASO INVERSO.

PILOTES METALICOS.- PARA OBRAS DE EMERGENCIA Y CUANDO LA CARGA POR SOPORTAR ES INTENSA Y LA OBRA DEBA REALIZARSE EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE. ESTE TIPO DE PILOTES DEBERA PROTERSE ADECUADA- MENTE CONTRA LA OXIDACION.

PILOTES DE CONCRETO REFORZADO.- SON GENERALMENTE PRECOLADOS. PUEDEN CONSTRUIRSE E HINCARSE POR PARTES CUANDO LA LONGITUD - REQUERIDA ES GRANDE DEBIENDO PROYECTARSE UNA UNION O JUNTA QUE ASEGURE EL TRABAJO DE CONJUNTO.

PILOTES MIXTOS.- ESTAN FORMADOS POR UN NUCLEO DE MADERA O METAI RECUBIERTOS DE CONCRETO SIMPLE O REFORZADO O BIEN DE SECC HUECA METALICA RELLENOS DE CONCRETO.

PILOTES DE FRICCION.- SE EMPLEAN EN GENERAL CUANDO LOS ESTRA- TOS ATRAVESADOS POR EL PILOTE PUEDEN DESARROLLAR LA FRICCION NECESARIA PARA DAR LA CAPACIDAD DE CARGA REQUERIDA EN EL PILO- TE Y CUANDO NO EXISTE UN ESTRATO RESISTENTE QUE ECONOMICAMENTE PUEDA ALCANZARSE CON EL PILOTE. CON ESTE TIPO DE PILOTES DEBE RA TOMARSE EN CUENTA LOS POSIBLES ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES DE LOS MISMOS EN EL CALCULO DE LA SUPERESTRUCTURA.

PILOTES DE PUNTA.- SE EMPLEAN CUANDO EXISTE UN MANTO RESISTEN- TE ECONOMICAMENTE ALCANZABLE POR EL PILOTE O CUANDO LOS ESTRA TOS ATRAVESADOS OFRECEN UNA RESISTENCIA POR FRICCION ADECUADA.

POR LO GENERAL TODOS LOS PILOTES TIENEN UN TRABAJO MIXTO ES - DECIR DE FRICCION Y DE PUNTA.

LOS PILOTES VERTICALES SE EMPLEAN PARA TRANSMITIR CARGAS VERTI CALES EXCLUSIVAMENTE O BIEN, CARGAS VERTICALES Y HORIZONTALES, CUANDO ESTAS SON DE PEQUEÑA MAGNITUD CUANDO LAS CARGAS HORI- ZONTALES SON CONSIDERABLES Y PROVOCAN MOMENTOS QUE PUEDEN HAC FALLAR POR LOS PILOTES POR FLEXION, ES INDICADO EL USO DE PILOTES INCLINADOS QUE TRABAJANDO CONJUNTAMENTE CON LOS PILOTES - TICALES PERMITEN RESISTIR LAS FUERZAS HORIZONTALES TRABAJANDO LOS PILOTES UNICAMENTE A FUERZAS AXIALES DE COMPRESION O TENSIO

OBTENER LA LONGITUD TOTAL DE UN PILOTE DE CONCRETO REFORZADO DE [illegible] CUYA CARGA DE TRABAJO ES DE 70 TON.

[illegible] V 1 : V (+1.00)

[illegible] V NBMT (0.00)

[illegible] -10

ARENA SUELTA
$C = 0$
$\varphi = 30°$
$\gamma = 1.0\ T/m^3$
$f = 2\ Ton/m^2$.

[illegible] -15

ARCILLA AREN[illegible]
$C = 1\ Ton/m^2$
$\varphi = 10°$
$\gamma = 1\ Ton/m^3$
$f = 2.5\ Ton/m^2$.

[illegible]:

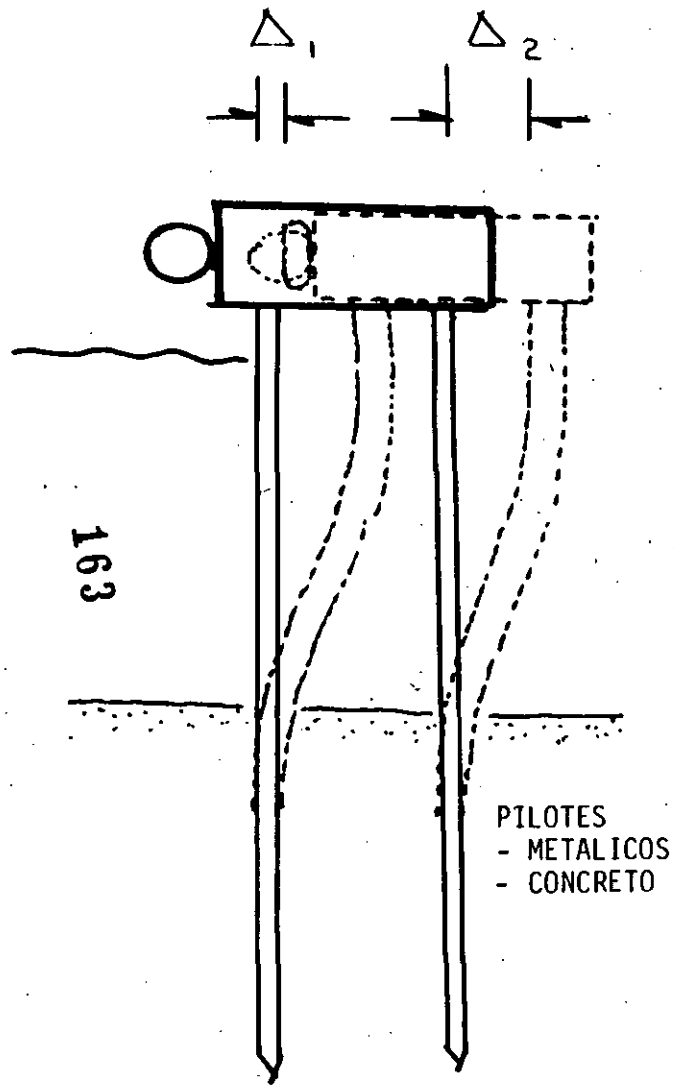
1.- UN METRO DE DESCABECE

2.- [illegible] +2.50m.

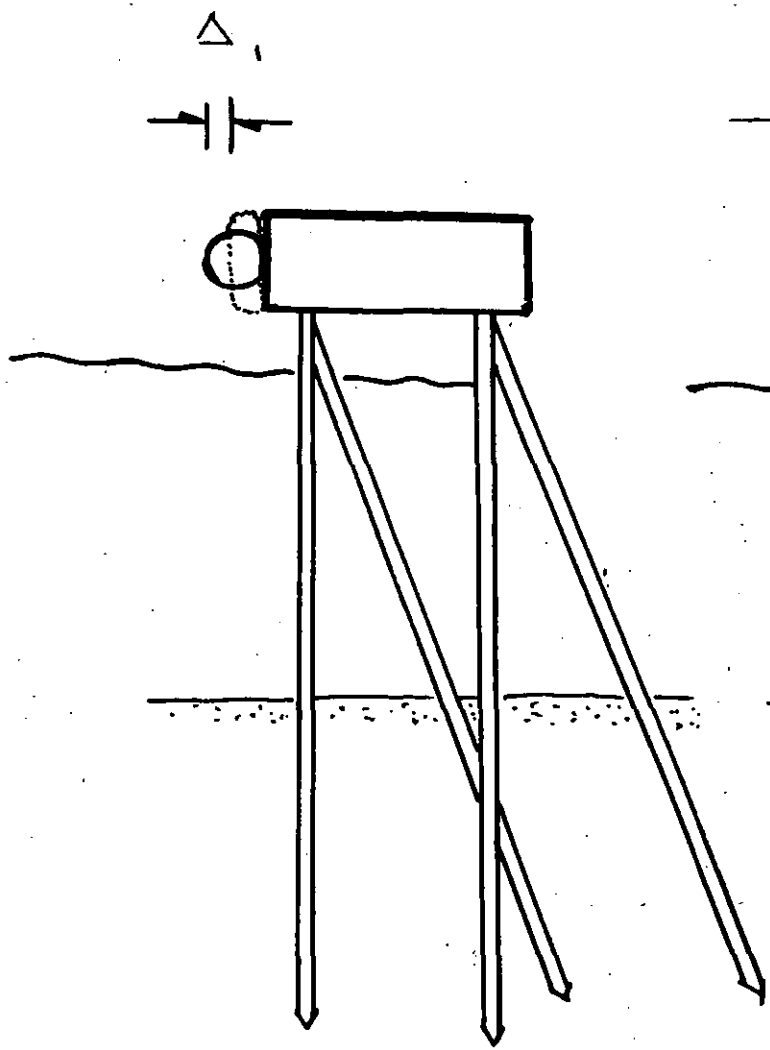
ENTREGA: 22 AGOSTO 86 162

VPV.- 18 AGOSTO 1985

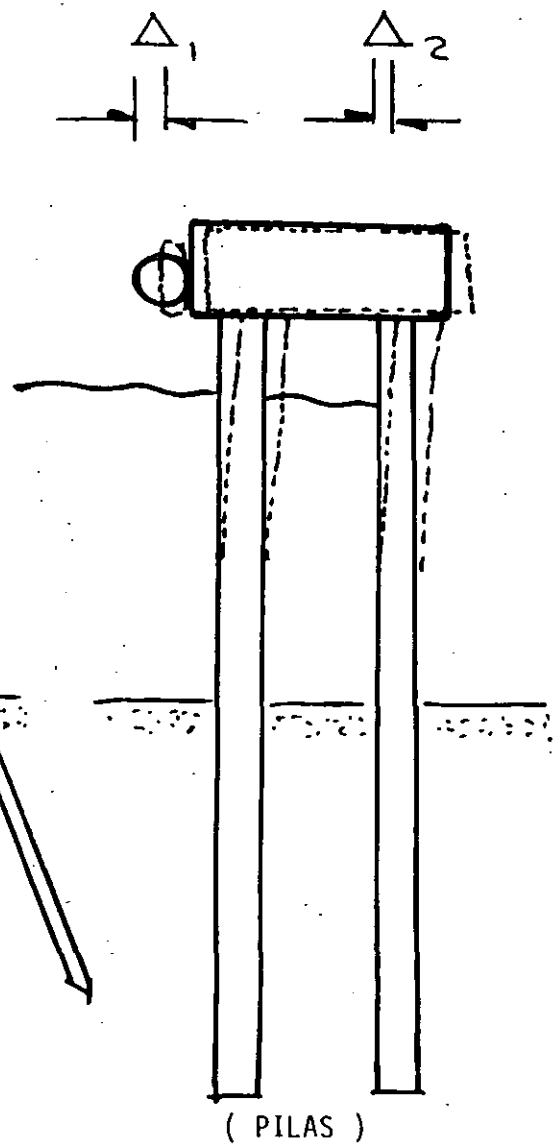
DUQUES DE ALBA



FLEXIBLES



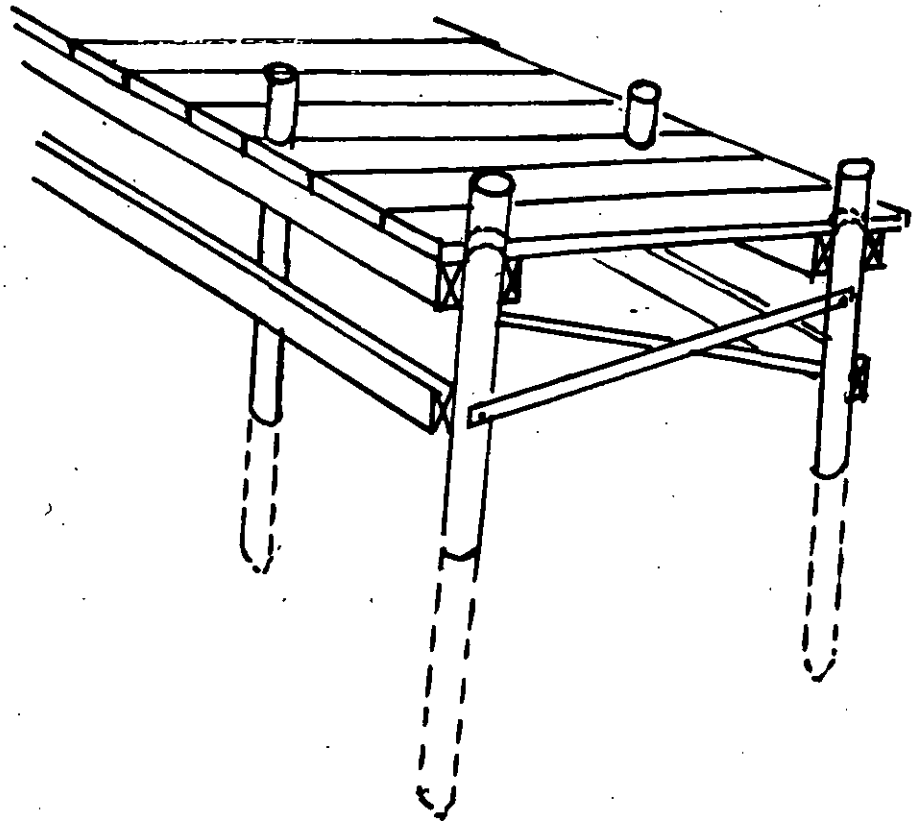
(PILOTES)



(PILAS)

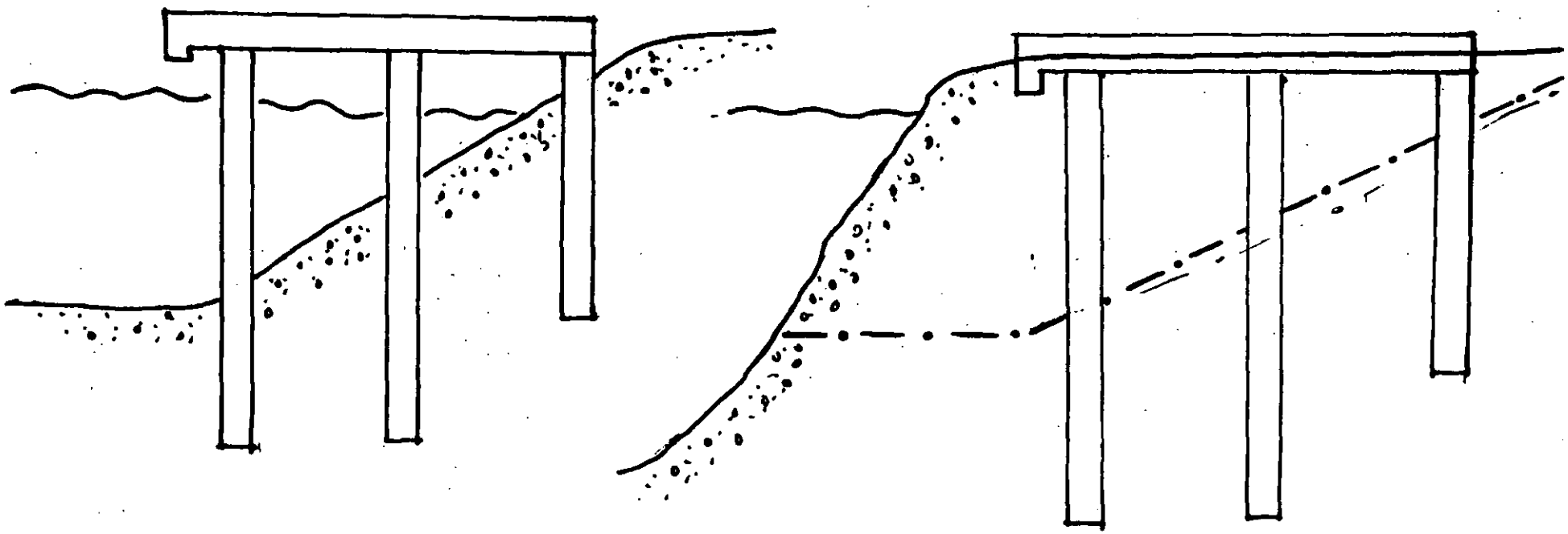
RIGIDOS

163



MUELLES DE MADERA.

CONSTRUCCION DE MUELLES A BASE DE PILAS.



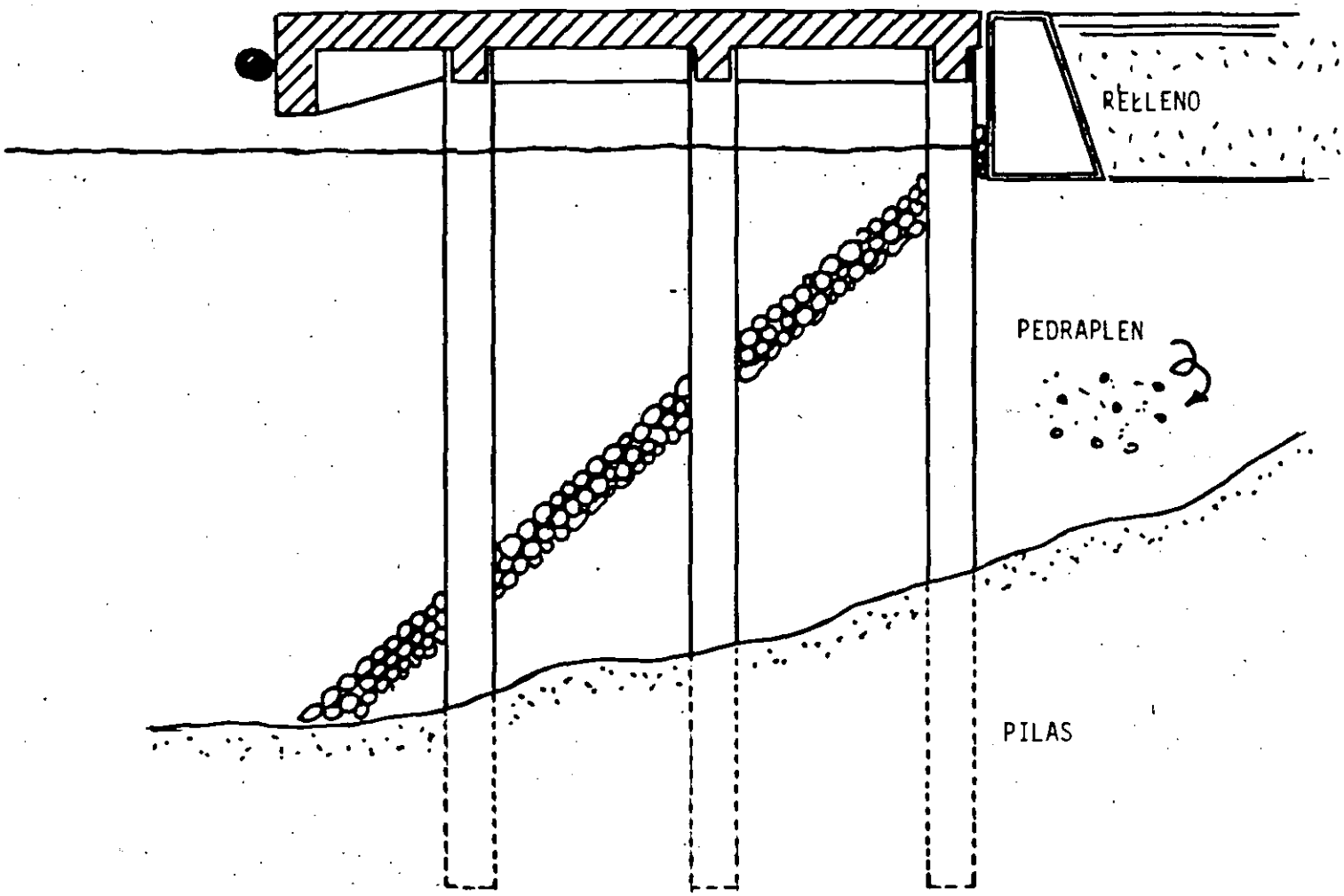
a) CON EQUIPO DESDE TIERRA.

b) CON EQUIPO FLOTANTE.

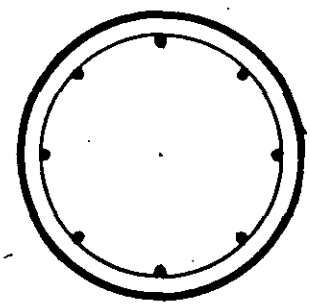
EQUIPO EN TIERRA, CON DRAGADO POSTERIOR A LA CONSTRUCCION DEL MUELLE.

165

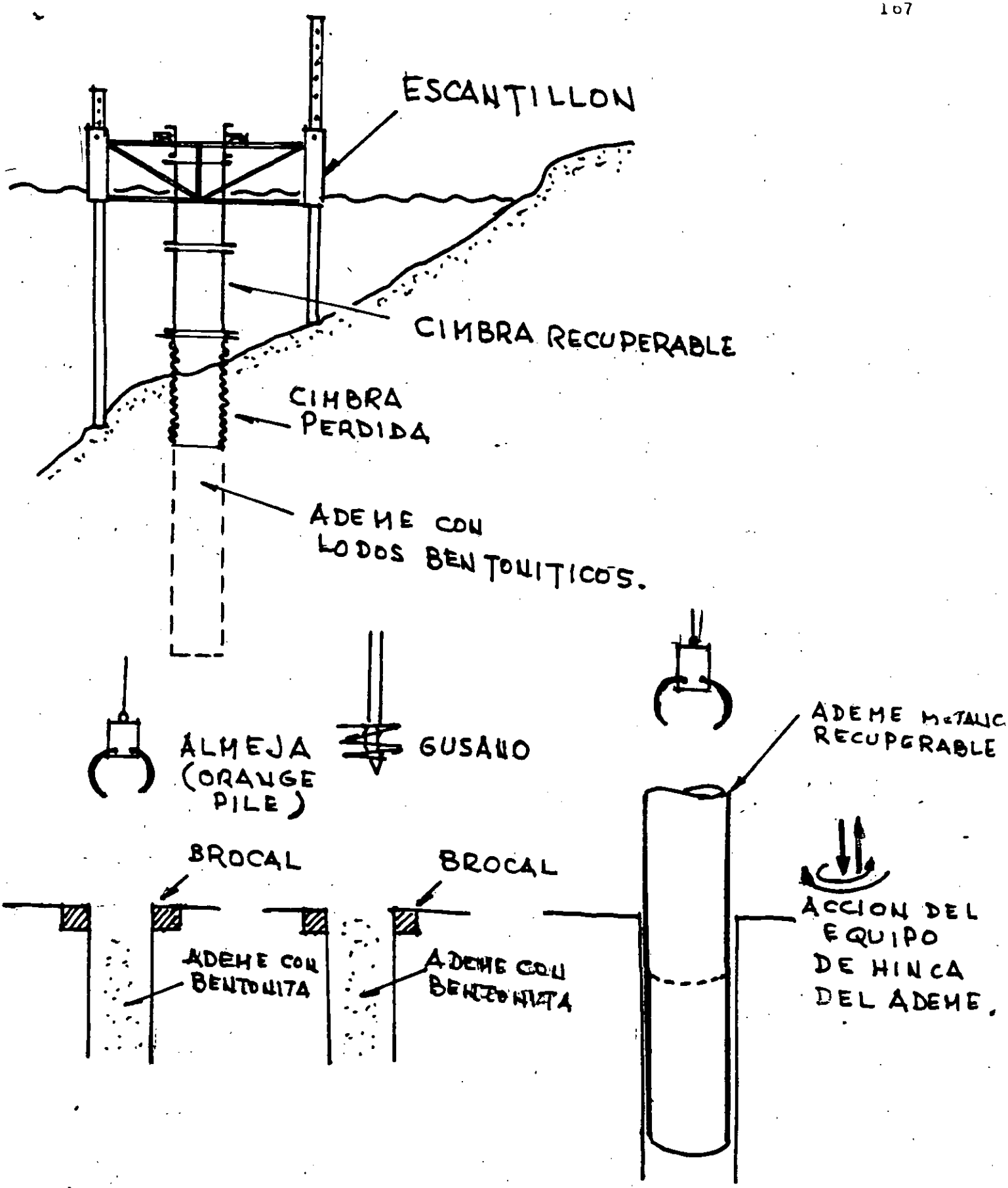
MUELLE MARGINAL CON INFRAESTRUCTURA.



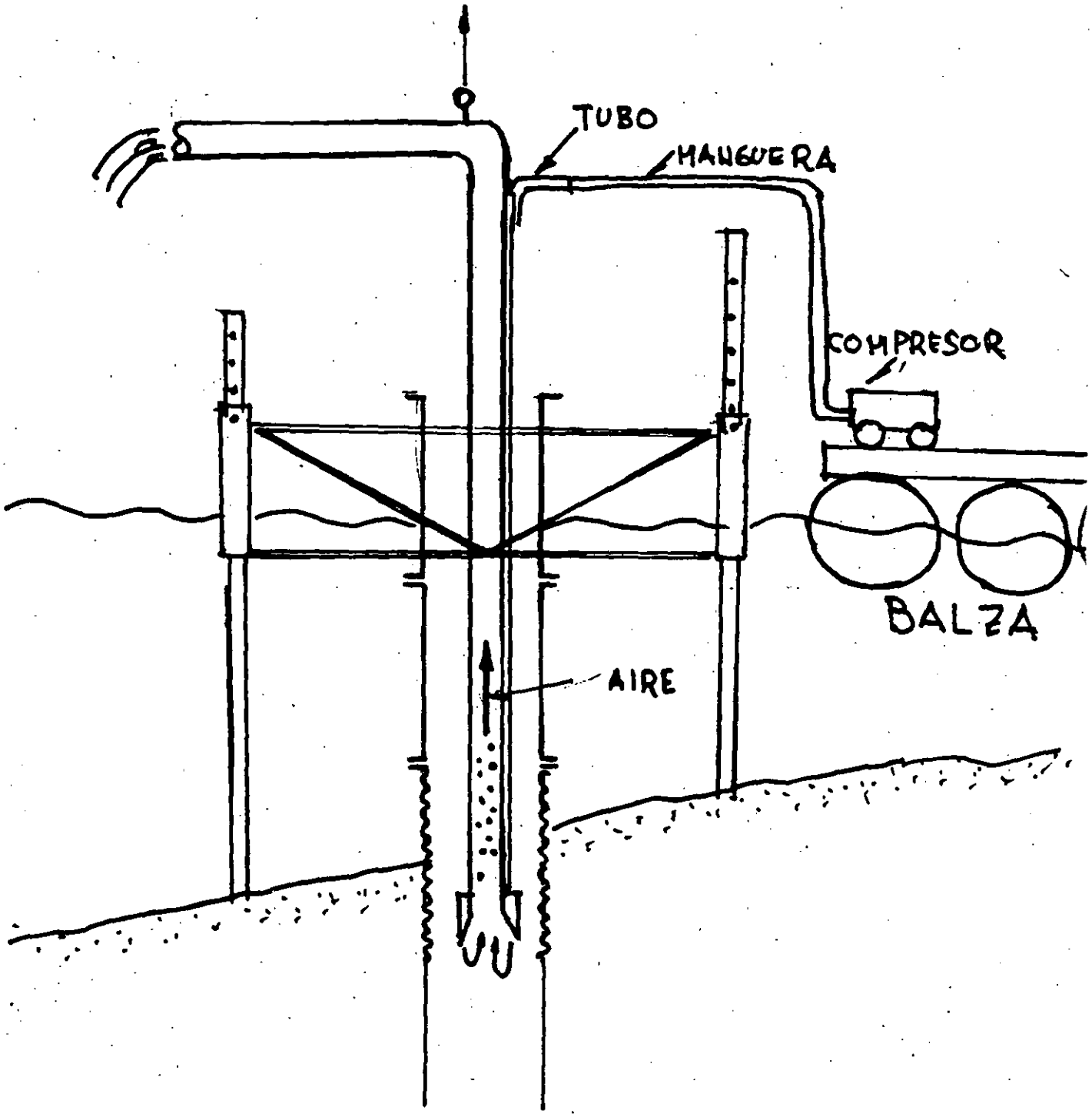
SECCION MUELLE



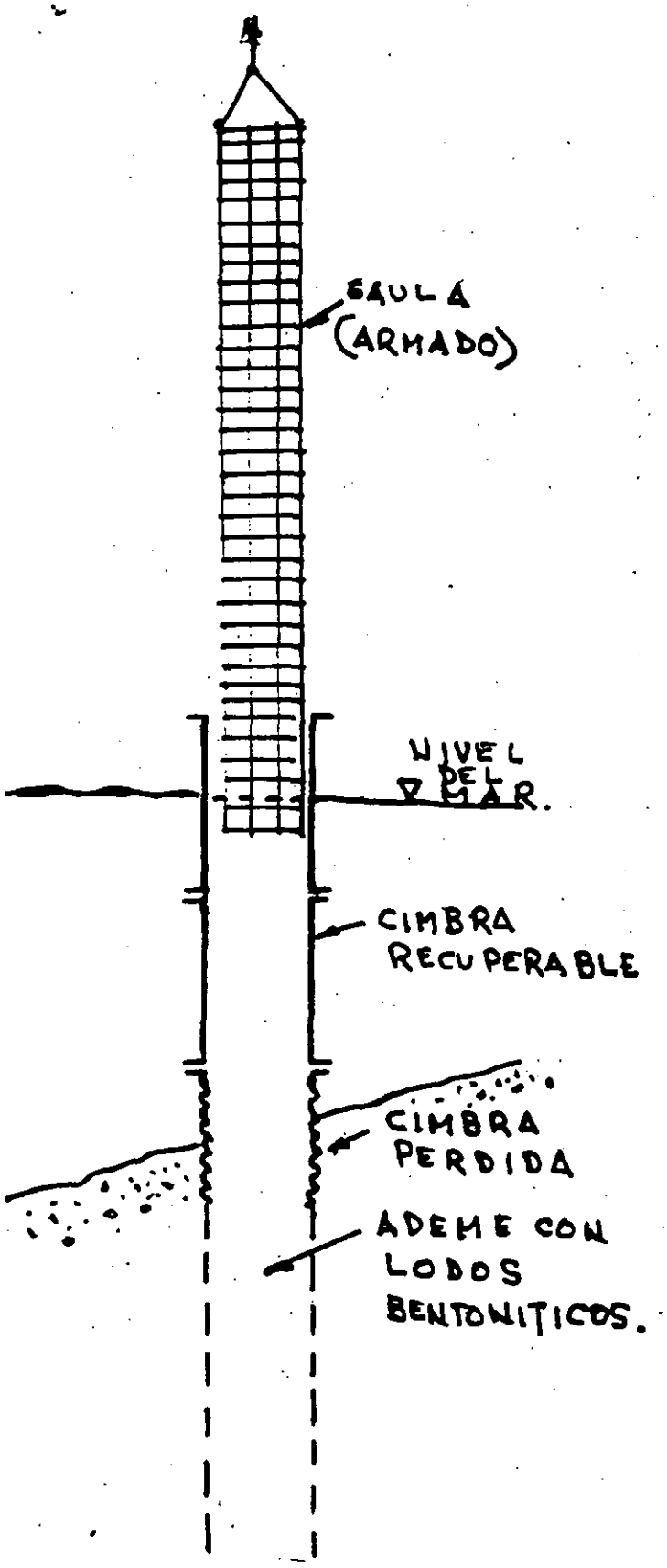
SECCION
PILA.



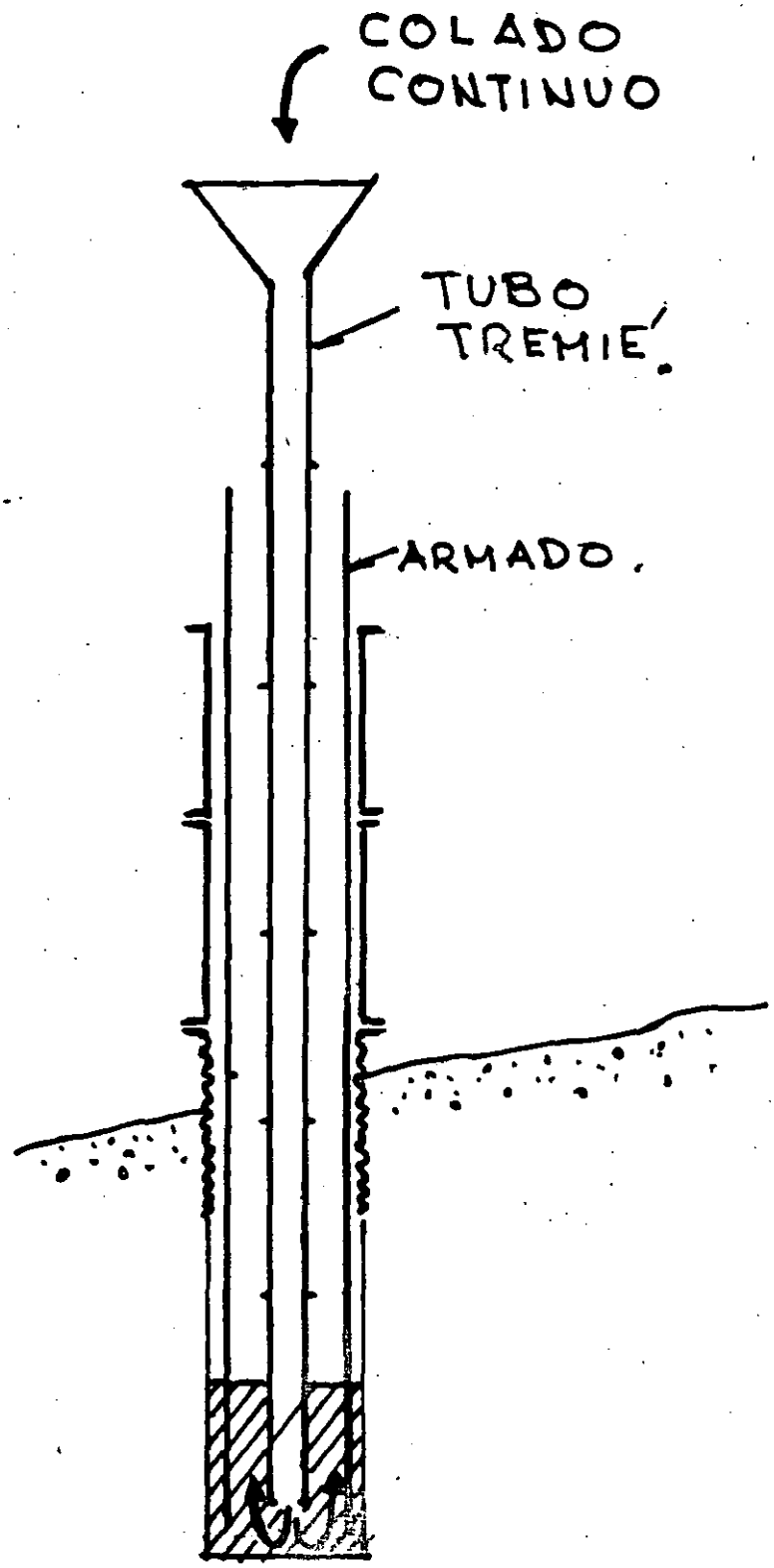
ADEMADO Y EXCAVACION EN PILAS.



EXCAVACION EN PILAS
CON TUBO-DRAGADOR.

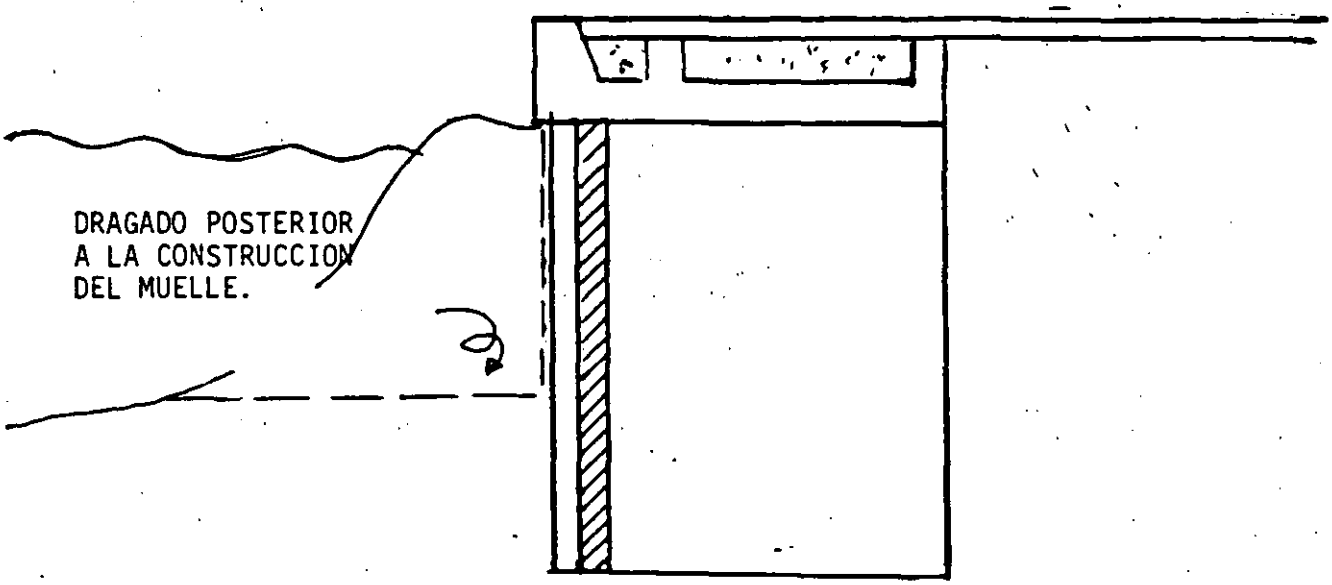


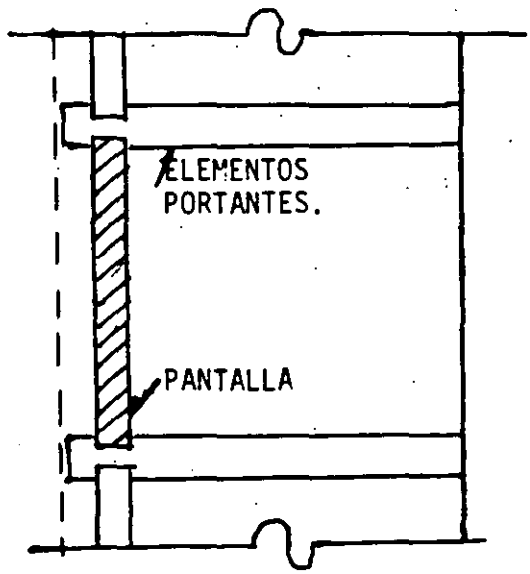
COLOCACION ARMADO DE UNA PIEZA



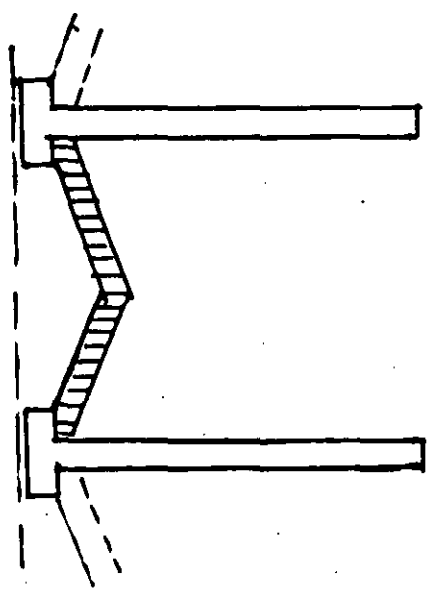
COLADO DE CONCRETO BAJO AGUA.

COLOCACION DEL ACERO DE REFUERZO Y COLADO DE CONCRETO DE PILAS.



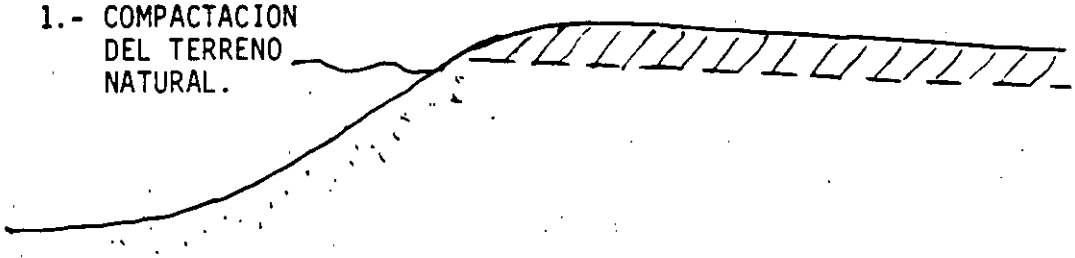


MUELLE CON MURO MILANO
A BASE DE PLACAS DE --
CONCRETO COLADO.
" INSITU "

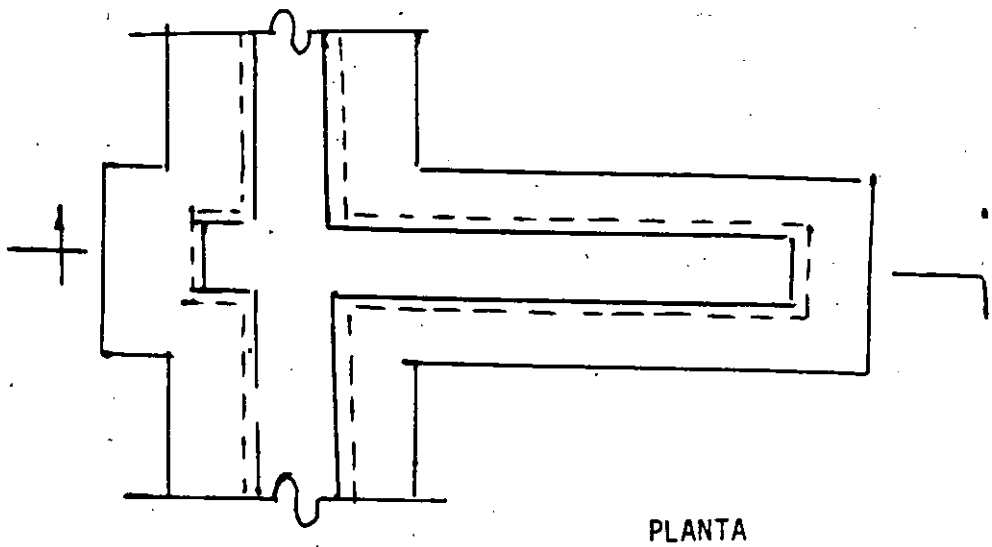


PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE UN MUELLE CON MURO MILANO.

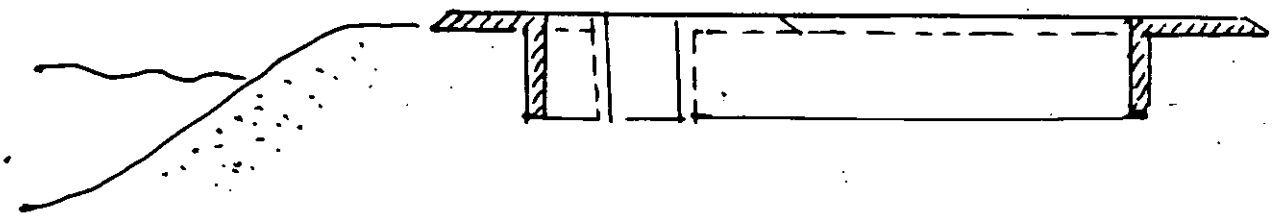
1.- COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL.



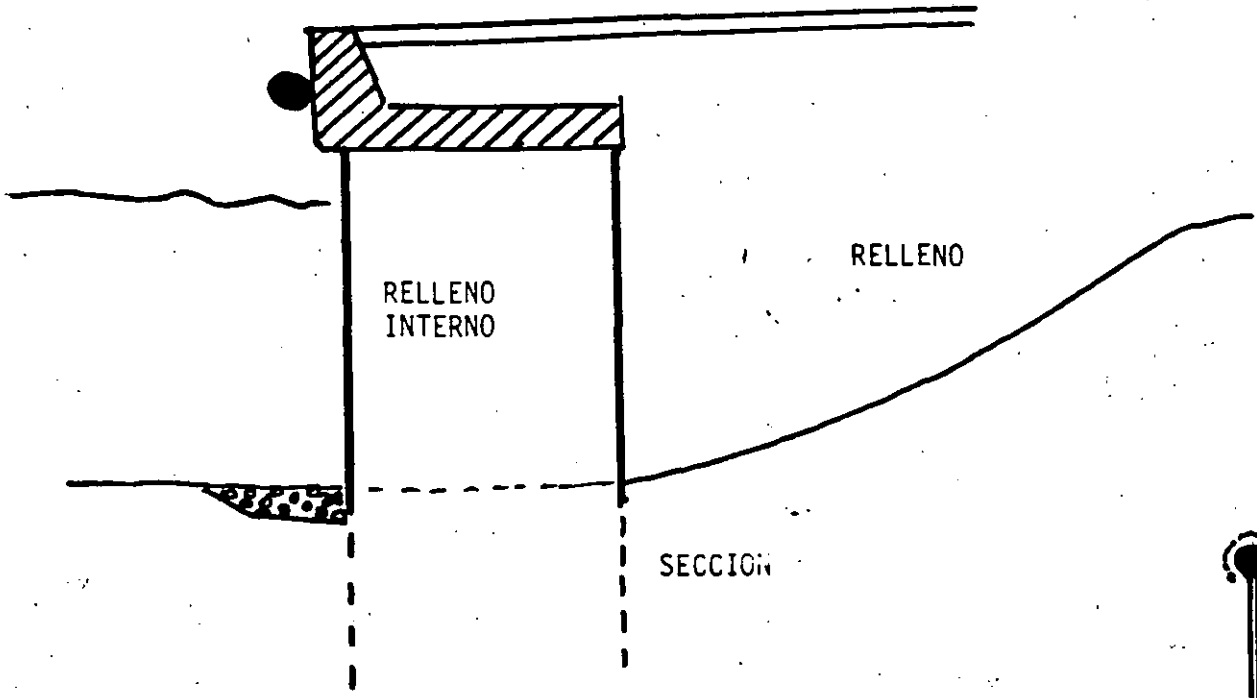
2.- FABRICACION DE BROCALES.

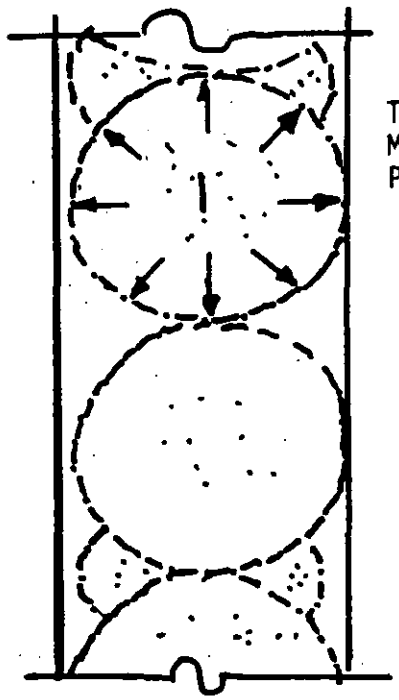


PLANTA

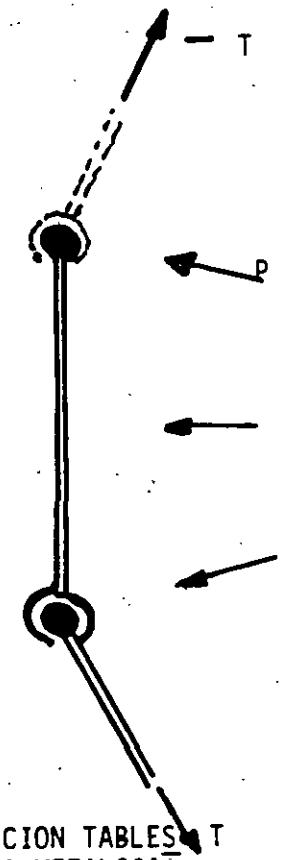


SECCION



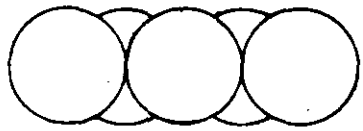


(PLANTA)

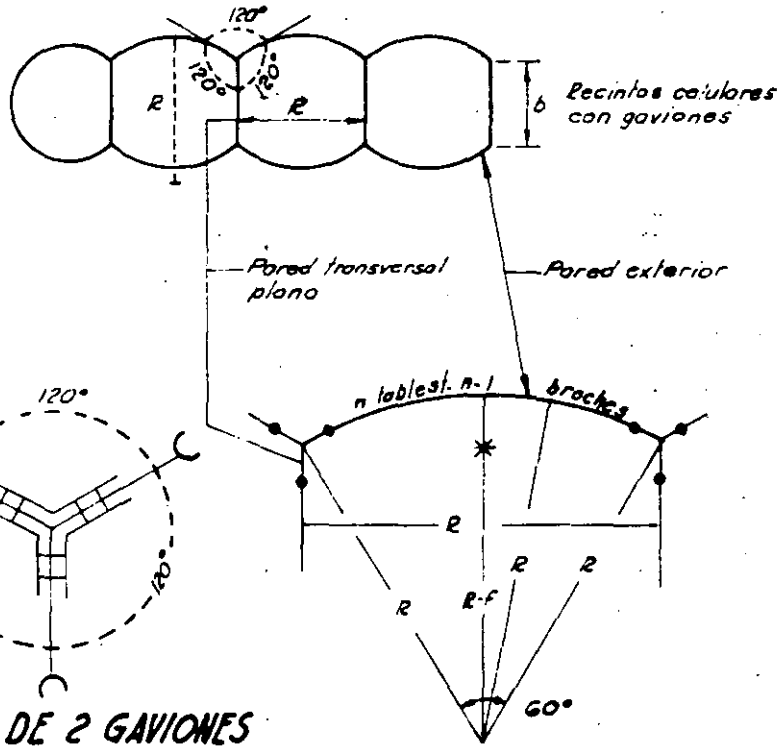


SECCION TABLESTACA METALICA.

MUELLE CON MURO GRAVEDAD A BASE DE GAVIONES CON TABLESTACA PLANA METALICA.

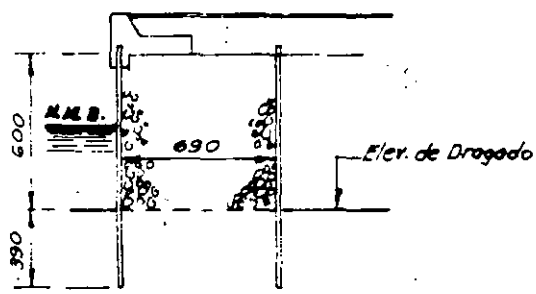


Recintos celulares con circulas secantes



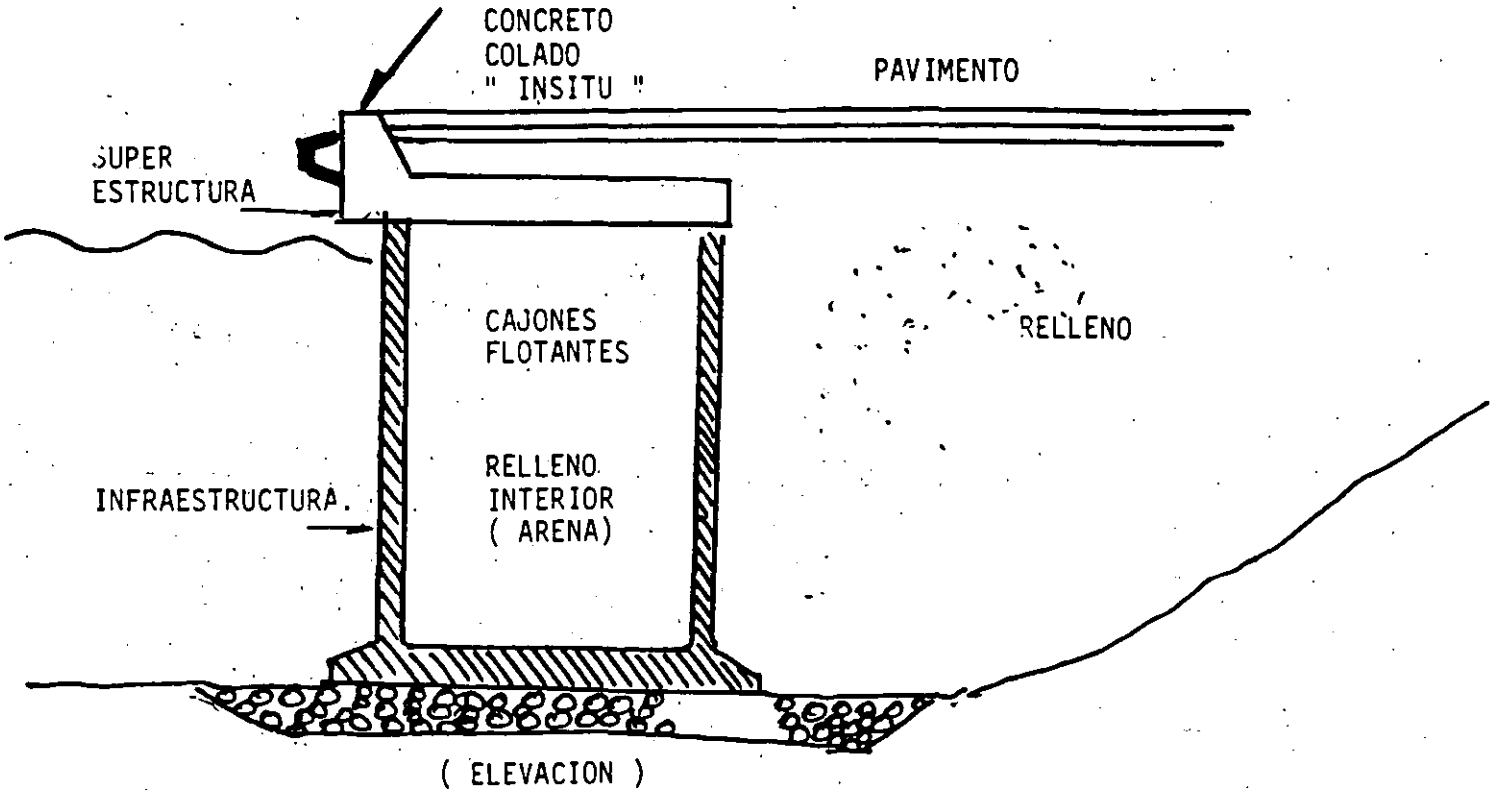
JUNTA DE 2 GAVIONES

DIMENSIONAMIENTO DE UN GAVION

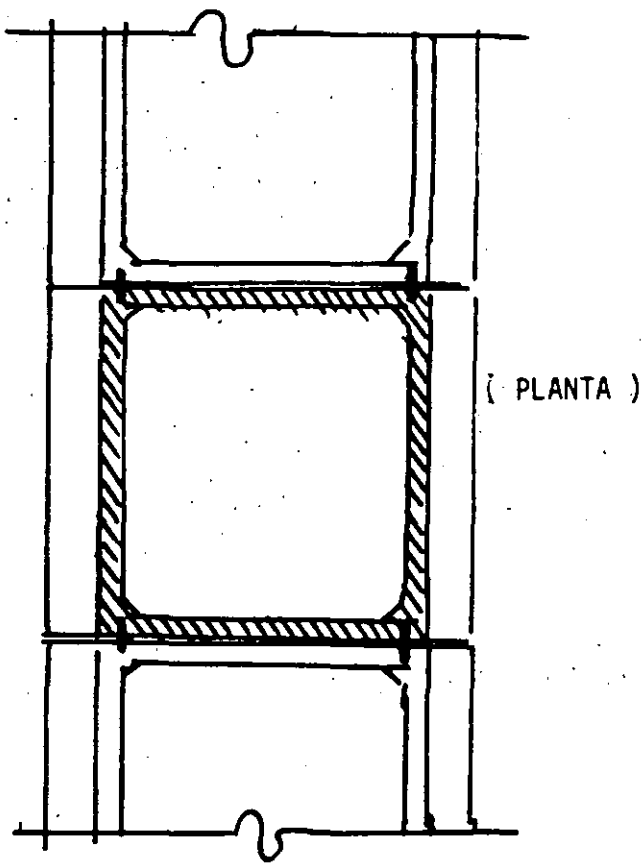


CORTE TRANSVERSAL DE UN GAVION

MUELLE DE GAVIONES

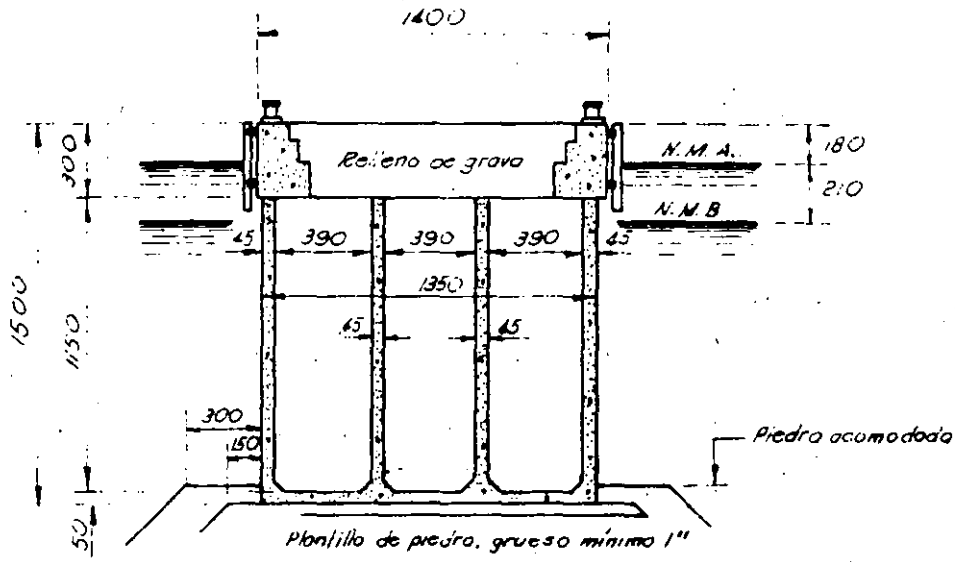


(ELEVACION)

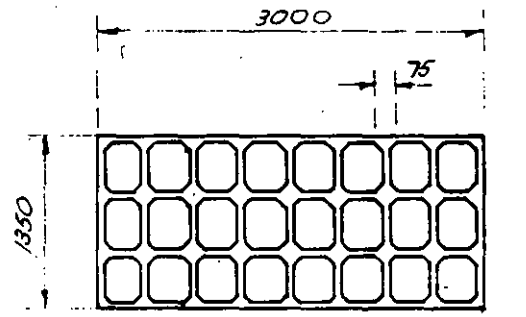


(PLANTA)

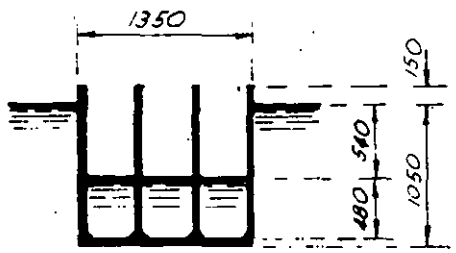
MUELLE A BASE DE
MURO GRAVEDAD CON
CAJONES FLOTANTES



CORTE TRANSVERSAL



PLANTA



POSICION ESTABLE DEL CAJON FLOTANTE

MUELLE DE CAJONES

DRAGADO

CLASIFICACION:

- DRAGADO DE MANTENIMIENTO.
- DRAGADO DE CONSTRUCCION.
- DRAGADO INDUSTRIAL
(RESTITUCION DE PLAYAS, MEJORAMIENTO DE TERRENOS, MINERIA).

EQUIPO DE DRAGADO:

- MECANICO
  - DESDE TIERRA — GRUA Y ALMEJA, DRAGA
  - DESDE CHALAN — RETROEXCAVADORA, PALA
  - FLOTANTE DE CANGILONES.
- HIDRAULICO
  - ESTACIONARIA
    - SUCCION PURA
    - SUCCION Y CORTADOR
  - DE SUCCION EN MARCHA
    - CON TOLVA
    - MIXTAS
      - AUTOPROPULSADA CON TIRO POR LINEA.
      - AUTOPROPULSADA CON TIRO A BARCAZA.
      - PLATAFORMA FLOTANTE Y TIRO POR LINEA Ó A BARCAZA.

NEUMATICO: TUBO DRAGADOR CON TIRO A BARCAZA.

CLASIFICACION DE LAS DRAGAS MARINAS

- **DRAGAS**
  - **MECANICAS**
    - DE CANGILONES
      - Chalán-grúa, con pedestal y/o oruga; con almeja, granada o garra. (Estacionaria ó Autopropulsada)
      - Chalán-draga mecánica sobre orugas - con bote de arrastre. (Estacionaria)
      - Chalán-pala mecánica. (Estacionaria)
      - Chalán-retroescavadora. (Estacionaria)
  - **HIDRAULICAS**
    - ESTACIONARIAS
      - Draga Flotante de Succión Simple
      - Draga Flotante de Succión con Cortadora.
      - E s p e c i a l e s (Industriales, fijas, etc.)
    - AUTOPROPULSADAS
      - Con tolva y succión simple o doble con con cortador en proa, centro o popa.

JP/ Junio 3, 1985.

177

CLASIFICACION DE LOS TRABAJOS DE DRAGADO, DE ACUERDO AL EQUIPO EMPLEADO:

M E C A N I C O:

CON APOYO EN TIERRA

- DRAGA MECANICA
- PALA
- RETROESCAVADORA

CON EQUIPO FLOTANTE

- CHALAN CON GRUA SOBRE ORUGAS Y/O PEDESTAL Y ALMEJA GARRA O GRAMADA.
- CHALAN CON DRAGA MECANICA Y BOTE DE ARRASTRE.
- CHALAN CON PALA.
- CHALAN CON RETROESCAVADORA.
- DRAGA DE CANGILONES.
- POR AGITACION APROVECHANDO LA CORRIENTE NATURAL DEL AGUA.

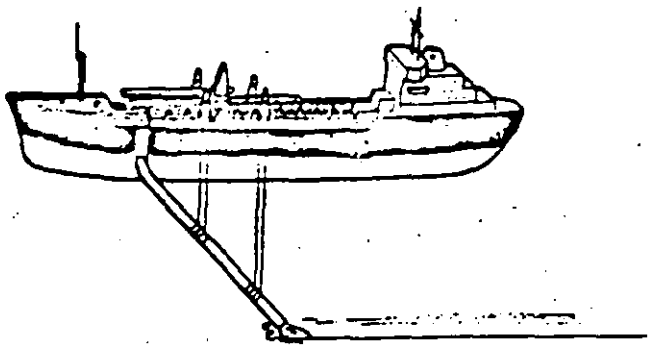
H I D R A U L I C O:

- CON DRAGAS ESTACIONARIAS.
- DRAGAS AUTOPROPULSADAS (DE SUCCION SIMPLE CON CORTADORA)
- DRAGAS ESPECIALES.

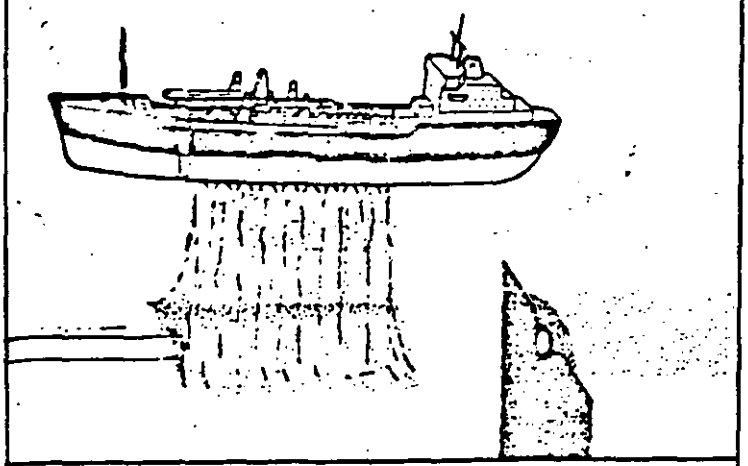
N E U M A T I C O:

- POR MEDIO DE UN TUBO DRAGADOR NEUMATICO.

JP/ Junio 3, 1985.

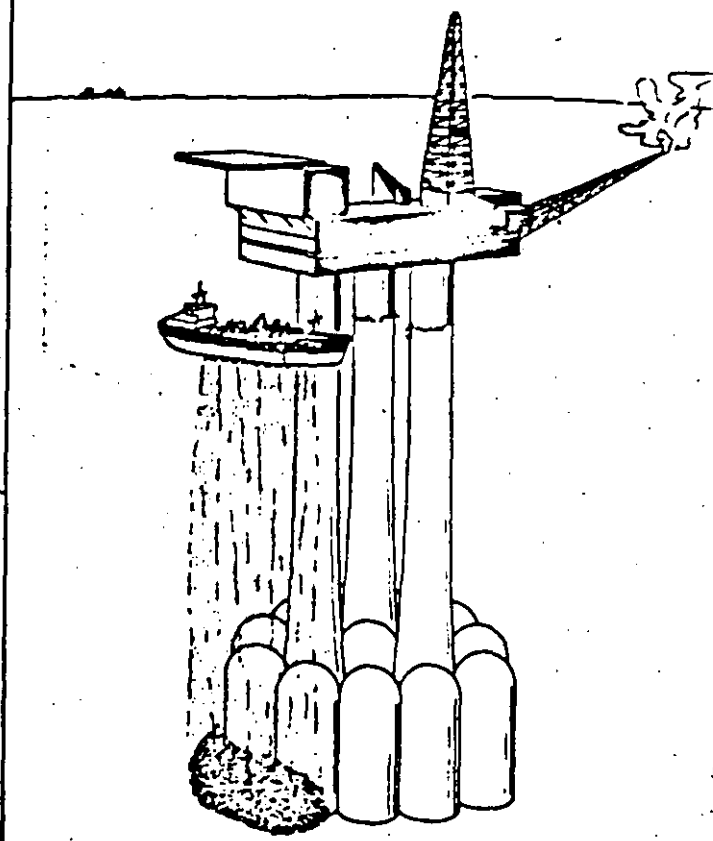


7. Precision dredging of trenches for submerged pipelines.



8. Backfilling of submerged pipelinetrenches.

9. Covering of submerged pipelines to prevent scouring.



10. Precision dumping for foundations of marine gravity structures.

Further

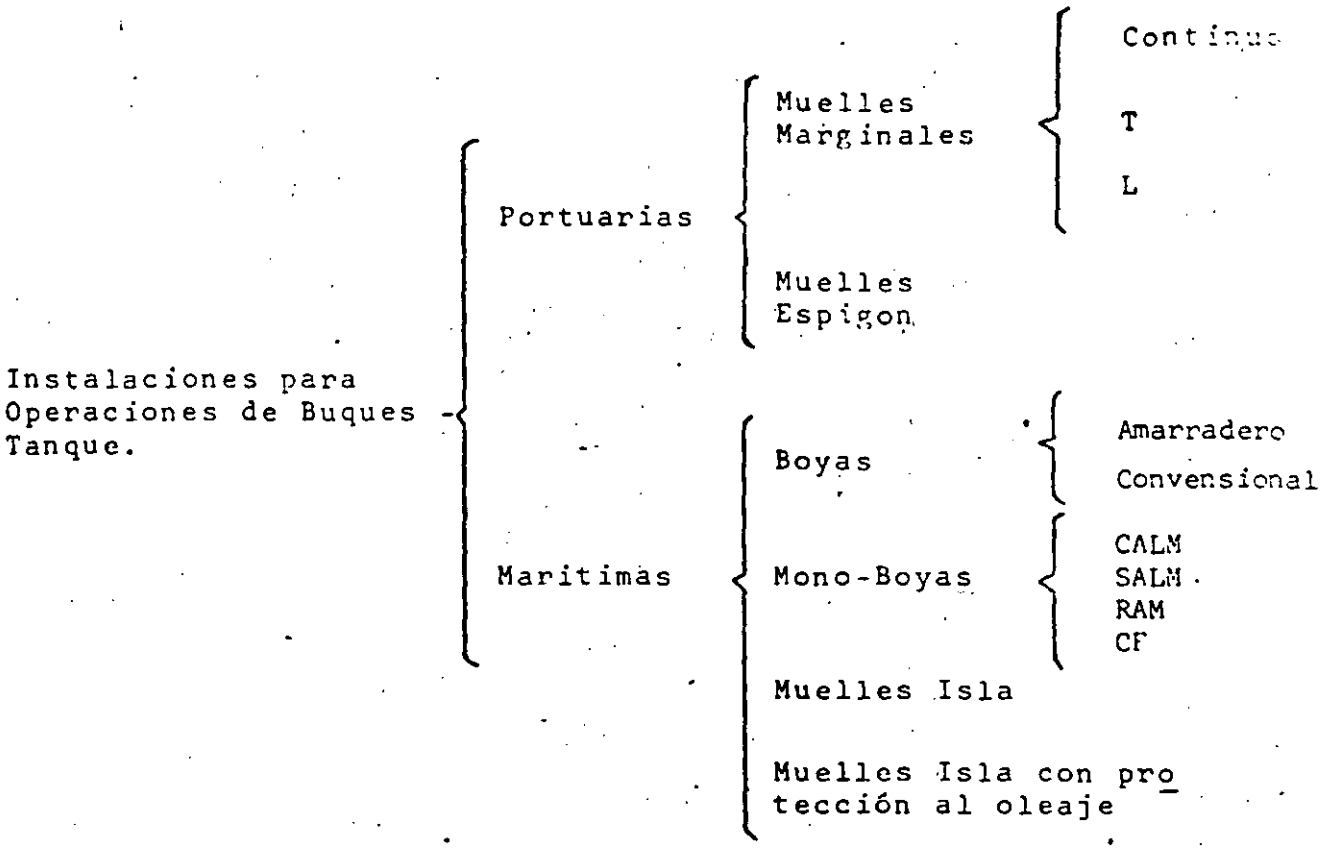
— Fast mobilization to any destination world-wide.

— Materials to be handled may range from silt, clay, sand, gravel to blasted rock.

— High outputs where dredging, transportation and dumping in waters of limited depth are required.

— Capability of working in exposed locations.

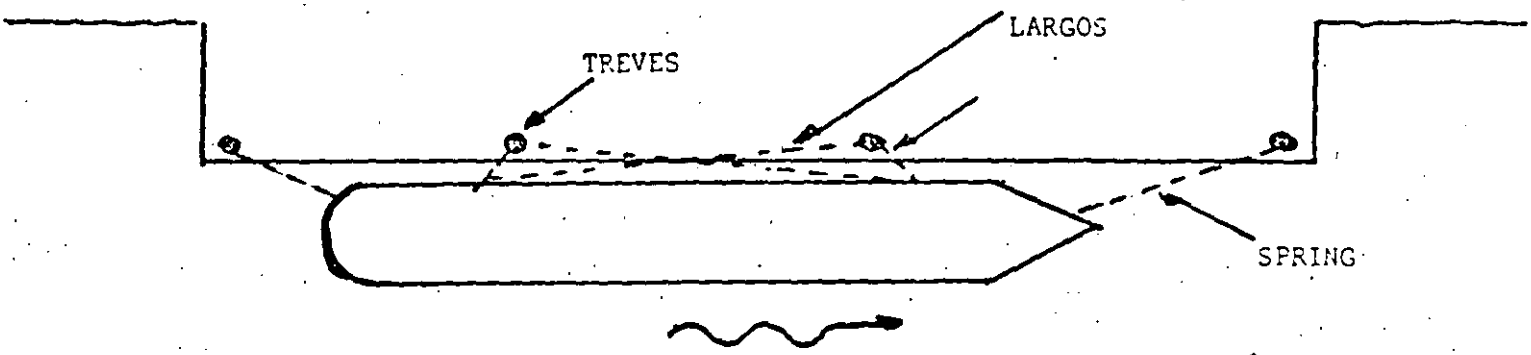
179



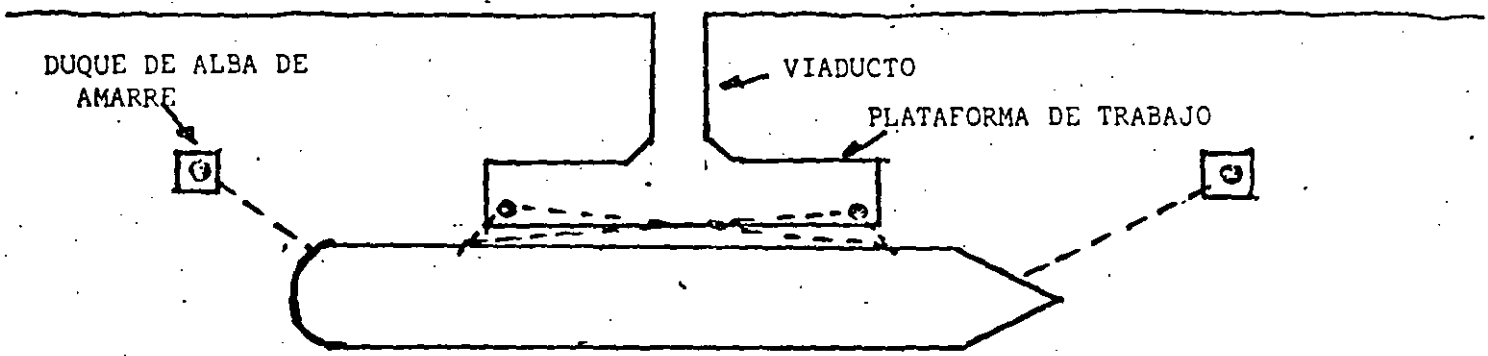
Muelles Marginales.- Son instalaciones de atraque para la operación de Barcos, comunmente utilizados en las margenes de un rio en Darsenas angostas paralelos a la corriente, - para aprovechar los perimetros de las Darsenas en Puertos Maritimos artificiales ó el espacio entre dos Muelles en - Espigon.

Este tipo de Muelle, puede ser continuo a lo largo de la - eslora del Barco, en "T" ó en "L".

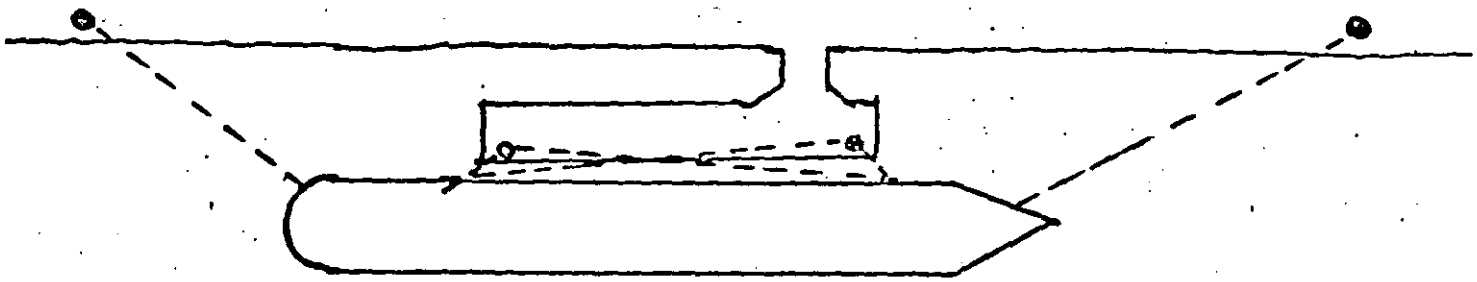
Estos muelles se construyen a base de estructuras de gravedad ó sobre pilotes. Los muelles en "T" y "L", requieren - de Duques de alba para el amarre.



MUELLE MARGINAL CONTINUO (PLANTA)



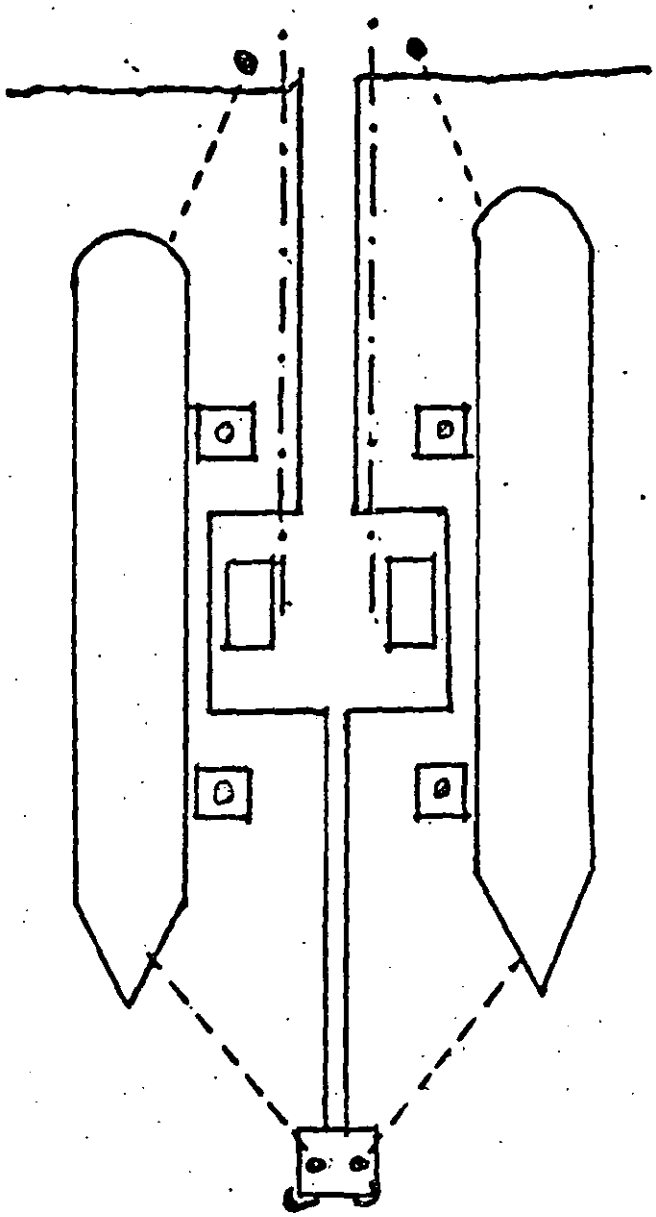
MUELLE EN "T" (PLANTA)



MUELLE EN "L" (PLANTA)

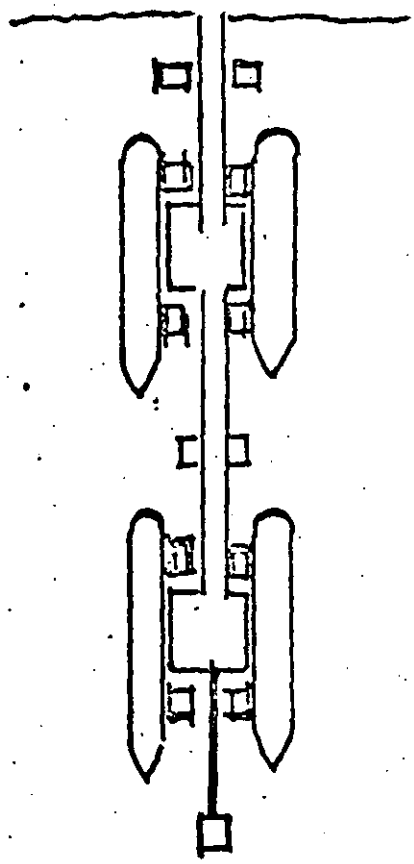
Los muelles en "T" y "L", son los muelles marginales comunmente utilizados para la operación de Barcos Petroleros.

Muelles en Espigón:- Son instalaciones de atraque perpendiculares a los a los limites de una Darsena, comunmente - para el atraque simultaneo de dos embarcaciones, pudiendo ser utilizado para 4 ó más embarcaciones, dependiendo del espacio de agua disponible.

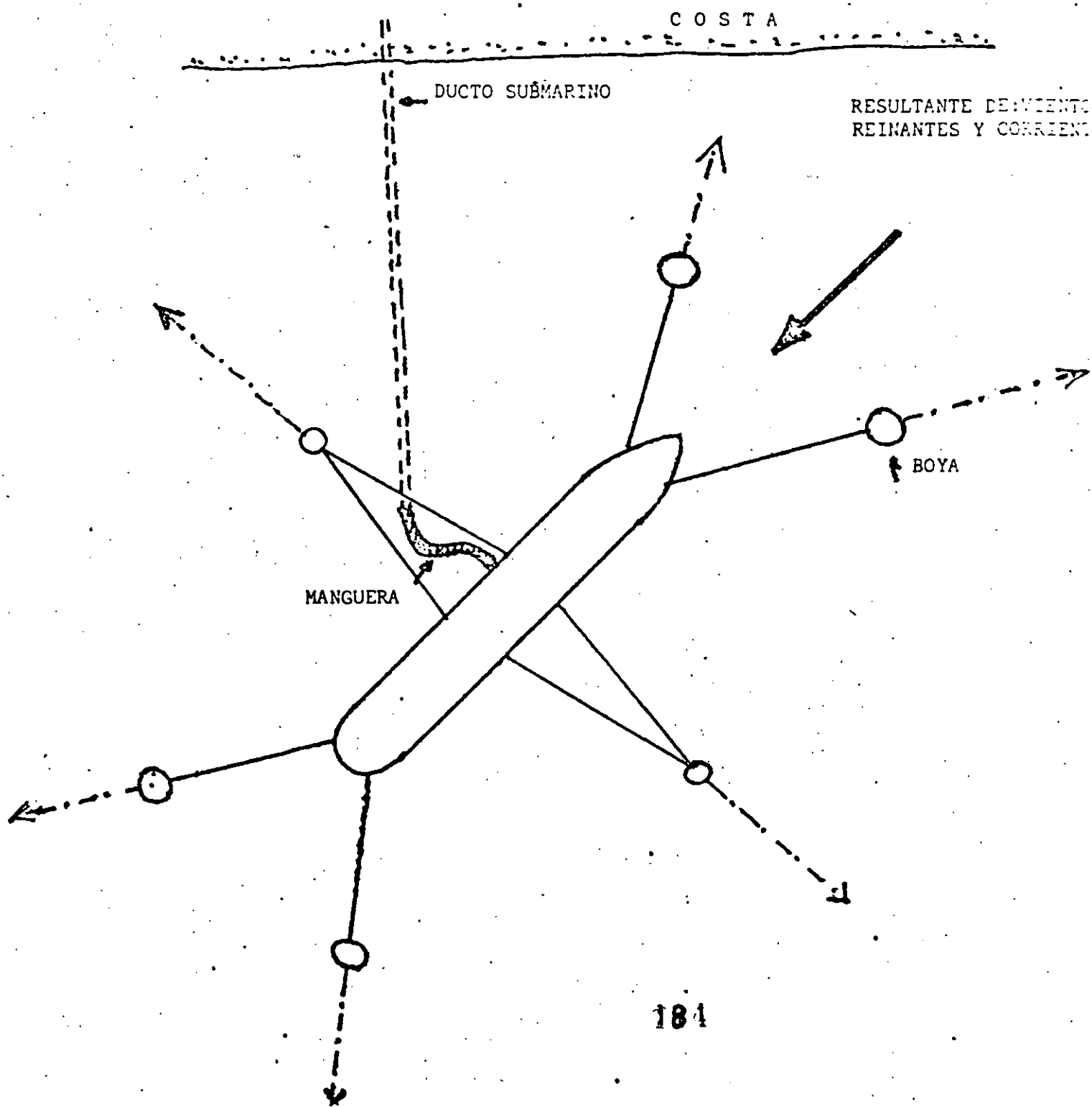


MUELLE EN ESPIGON (PLANTA)

MUELLE EN ESPIGON PARA EMBARCACIONES (PLANTA)



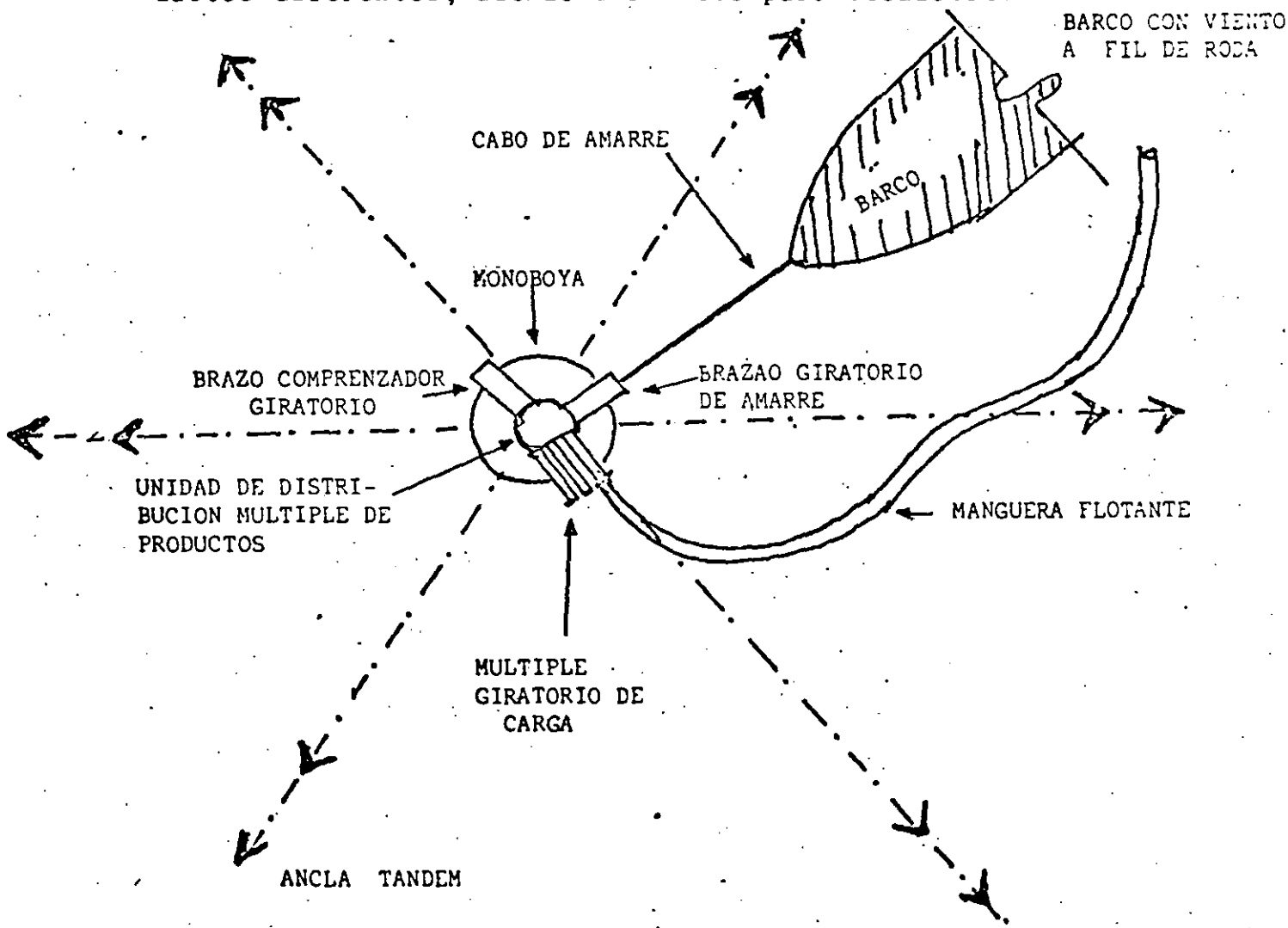
Amarradero Convencional.- El fondeo de la embarcación se efectua mediante un mínimo de 4 Boyas ancladas al fondo - marino, orientadas convenientemente a la dirección de los vientos reinantes. La tuberia de conducción del fluido ter mina en manguera, la que se conecta al Barco para la carga y/o descarga.



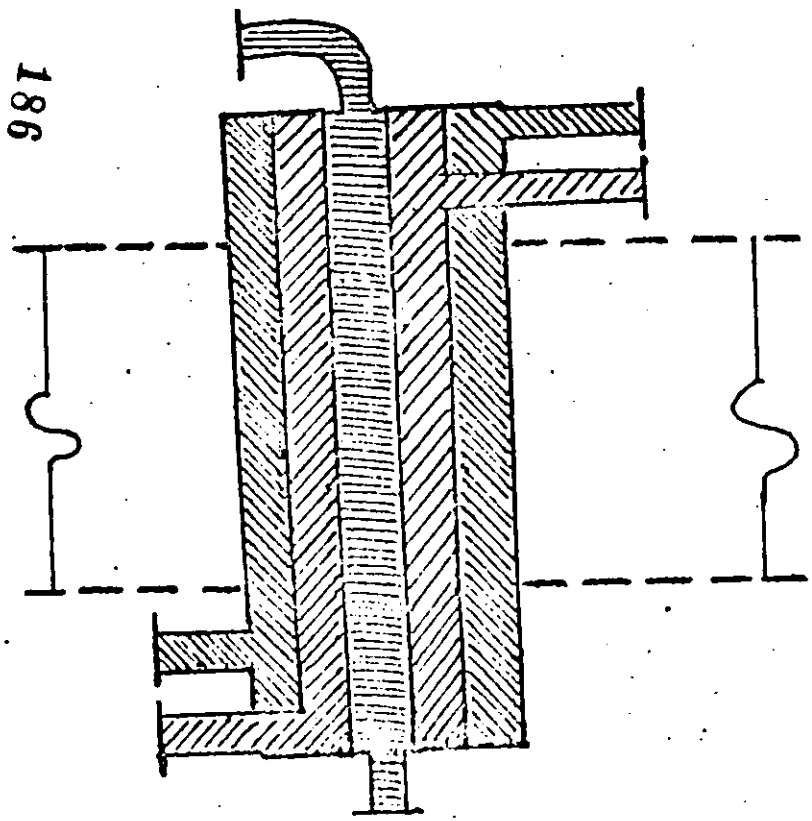
Monoboyas Tipo CALM (Catenaria, Anchor, Leg, Moring):

Boya posicionada a base de anclas y cadenas, por cuyo centro, por medio de un dispositivo mecanico, pasa a la tuberia de conducción permitiendo girar 360°.

Es la boya mas utilizada por su simplicidad, asi como el hecho de poderla cambiar de lugar. Son empleadas para profundidades de hasta 45 m. La operación se suspende cuando se presentan vientos de 60 Km/h. y/o oleaje de 2.50 a 3.00 m.. Por este tipo de boyas se pueden manejar de 1 a 4 productos diferentes, ademas del ducto para deslastre.



(P L A N T A)

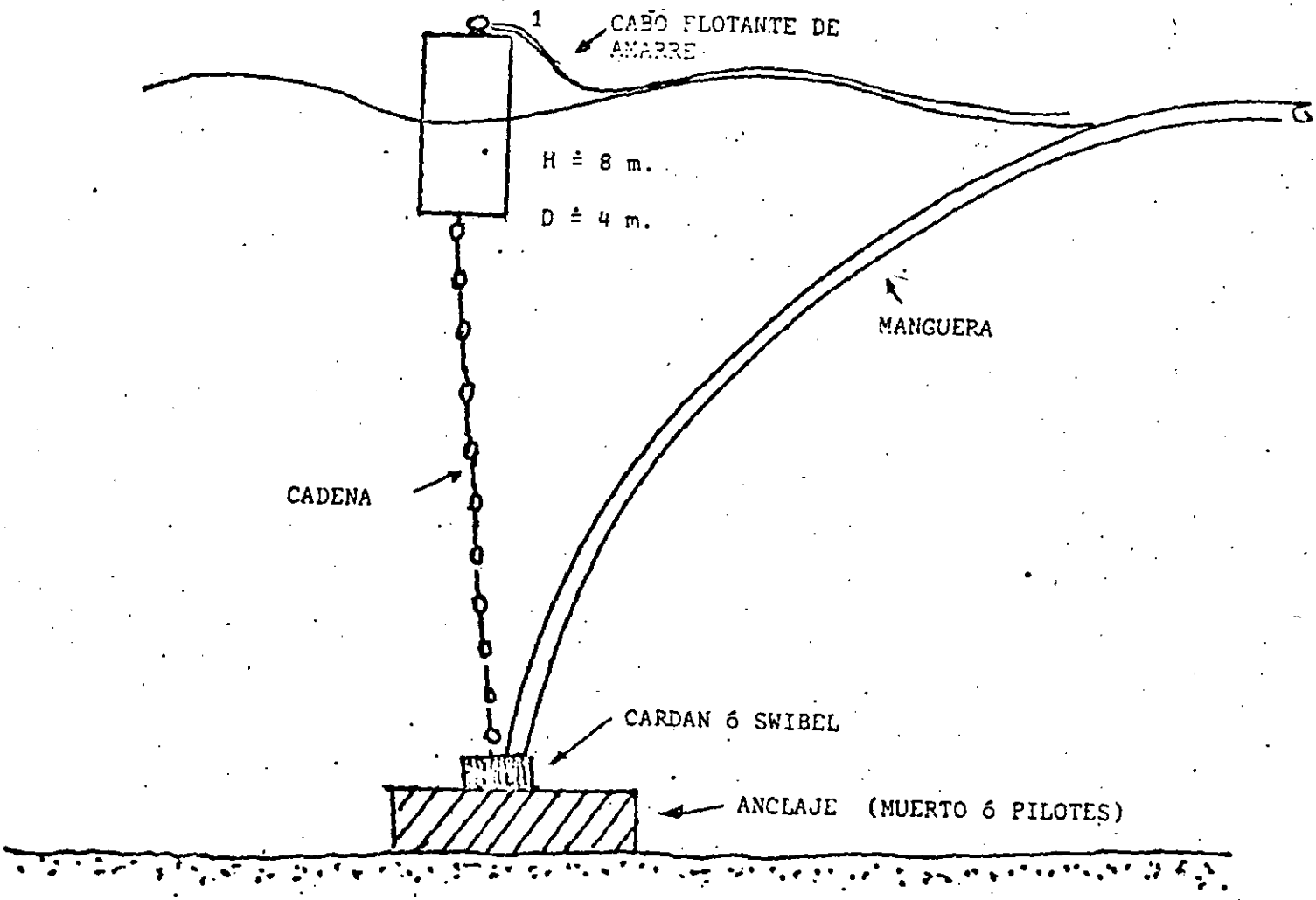


(1) Tuberia Submarina
(2) Multiple Submarino (Manifold)
(3) Mangueras Submarinas
(4) Escobenes
(5) Cuerpo Flotante de la Monoboya
(6) Unidad de Distribución Multiple de Productos.

ESQUEMA DE LA UNIDAD DE DISTRIBUCION MULTIPLE DE PRODUCTOS (M P D U) (S W I V E L).

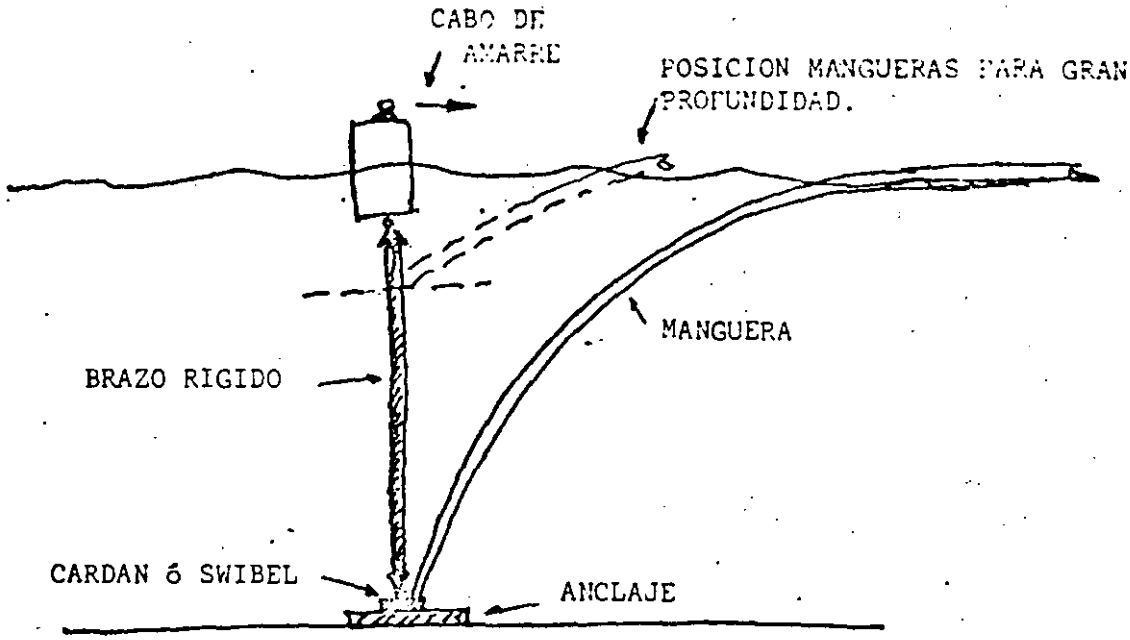
Monoboya Tipo SALM (Single, Anchor, Leg, Moring).-

Monoboya con anclaje en un solo punto. Este tipo de monoboya se emplea para profundidades mayores de 50 mts.



Monoboya Tipo RAM

Es similar a la SALM, pero con brazo rigido.



Descargadero Tipo Columna Fija.. - Para profundidades mayores de 30 mts. y sitios donde se piensa efectuar maniobras de descarga y/o carga de fluidos en forma permanente se utilizan este tipo de instalaciones marítimas.

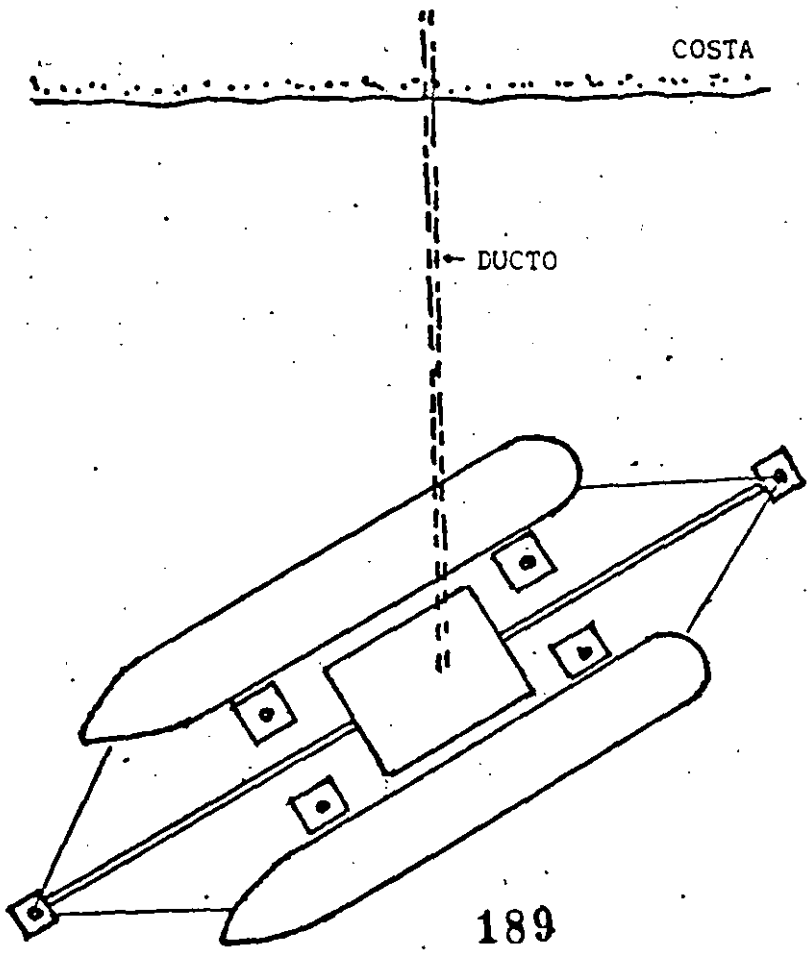
El sistema de monoboyas se ideo para la carga y descarga de productos liquidos del petroleo, sin embargo en unos casos se ha utilizado para el manejo de gas LPG y minerales diluidos.

Para la elección de este sistema de carga y/o descarga de buque-tanques es indispensable tomar en cuenta la agitación del mar, que influye en la ocupación de la monoboya y además el alto costo de su mantenimiento.

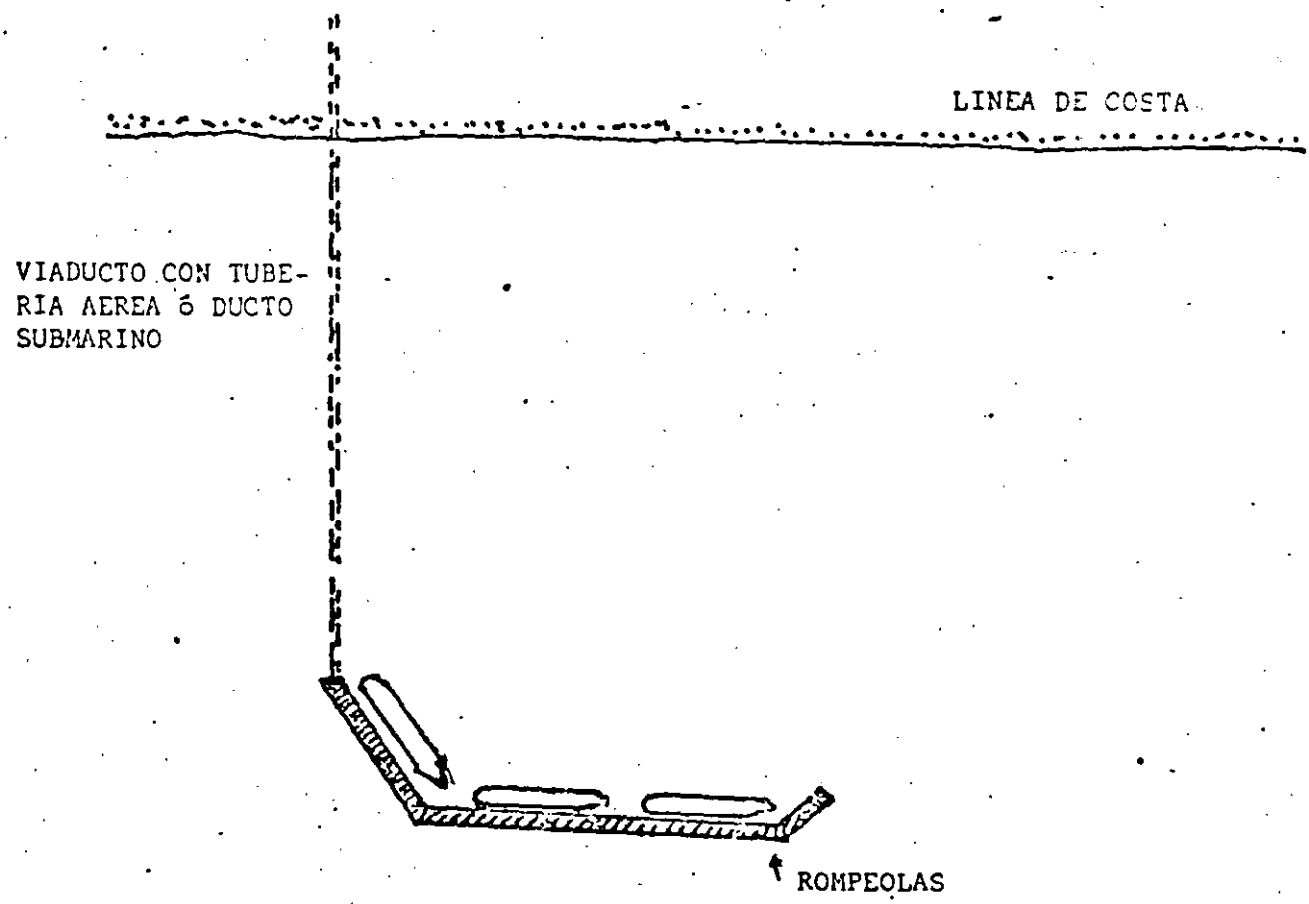
La profundidad a la que se instala una monoboya, depende de la agitación del mar y de las condiciones meteorológicas - prevalecientes en el lugar, péro en general para fines de - anteproyecto, es del orden de 1.5 el calado a plena carga - del barco de proyecto, es decir 1/2 del calado entre la quilla y el fondo marino.

La profundidad se debera calcular tomando en cuenta el oleaje, el cabeceo del barco, la topohidrografia para que contar con la profundidad mínima en toda el área del círculo - de giro del barco amarrado.

Muelle Isla . - Cuando existen aguas tranquilas y suficiente profundidad, se emplean los Muelles-Isla, que resultan economicos por la eliminación de los trabajos de - dragado.



Muelle Isla con protección al oleaje .- Es el caso del Muelle isla pero con protección al oleaje. La protección puede estar comunicada a tierra por medio de un viaducto y las tuberias aereas, ó simplemente con ducto submarino



Para la elección de la estructura, para la carga y descarga de cisternas se tendrá que tomar en cuenta: la agitación del mar en el sitio de la obra.

El tipo de producto a manejar periodicidad, número y volumen de productos, características del barco tipo que hará uso de las instalaciones.

RENDIMIENTO DE DRAGAS DE SUCCION CON CORTADORA.

Características generales de dragas con diámetros de tubería de succión de 350 a 800 m.m.

	Ø Suc. x Ø Desc	Pumppower kW (hp)	Diam. suction tube mm	Cutterpower kW (hp)	Dredging depth in m
1	350 x 350 mm.	130 (180)	300	25 (34)	6 - 8
2	350 x 350 mm.	200 (275)	300	33 (45) 50 (70)	8 - 10
3	350 x 350 mm.	260 (355)	300 - 350	33 (45) 50 (70)	8 - 10
4	450 x 450 mm.	340 (465)	300 - 350 - 400	50 (70) 80 (120) 110 (150)	10 - 12
5	450 x 450 mm.	515 (700)	350 - 400 - 450	80 (120) 110 (150)	10 - 12
6	550 x 500 mm.	620 (840)	400 - 450 - 500	110 (150) 170 (230)	14 - 16
7	550 x 500 mm.	810 (1100)	450 - 500 - 550	110 (150) 170 (230) 265 (360)	14 - 16
8	700 x 650 mm.	1215 (1650)	600 - 650 - 700 - 750	170 (230) 265 (360) 370 (500) 550 (750)	16 - 18 - 20 - 22
9	700 x 650 mm.	1620 (2200)	650 - 700 - 750 - 800	265 (360) 370 (500) 550 (750)	16 - 18 - 20 - 22
10	800 x 750 mm.	2 x 1215 (2 x 1650)	700 - 750	370 (500) 550 (750)	16 - 18 - 20 - 22
11	800 x 750 mm.	2 x 1215 (2 x 1650) 1 x 740* (1 x 1000)*	700 - 750	740 (1000)	22
12	800 x 750 mm.	2 x 1620 (2 x 2200) 1 x 740* (1 x 1000)*	750 - 800	885 (1200)	22

MP = Mono Pontoon version * = Submerged dredgepump

ESTIMATED OPERATING COSTS
MODEL HPC-27 DR

MAIN PUMP POWER — 3,600 Continuous BHP

AUXILIARY POWER — 1575 Continuous BHP.

DATE 22 April 1981

Client

Project
Pajaritos, medium sand, clay

I. DIRECT COSTS

TOTAL PER HOUR

(A) CREW (LABOR)

Levermen (DRAGADOR/OPERADOR)		@	/Hr	$
Engineer (MAQUINISTA)		@	/Hr	
Oiler (EMBRAGADOR)		@	/Hr	
Deckhands (CUBIERTA)		@	/Hr	
		@	/Hr	
		@	/Hr	
		@	/Hr	
	SUB TOTAL			
	Add payroll burden %			
	TOTAL LABOR COST			$

(B) FUEL, OIL AND GREASE

3600 BHP Main Engine
1575 BHP Auxiliary engine(s)
5175 BHP Total Available
5175/18 X .75% service factor = 215 GPH X 3.785 =
814 LTS/Hr @ MN$ 1.00LT = MN$814 / 24 = US$33.92/HR

Lubricating oil 5% of fuel cost	1.70
Grease, 2% of fuel cost	.68
Hydraulic oil 3% of fuel cost	1.02
TOTAL FUEL OIL AND GREASE	$ 37.32

II. REPAIRS AND MAINTENANCE

(A) MAIN DREDGE PUMP

Pump case,	2,000 Hrs. Wear life	$19.30
Impeller,	1,000 Hrs. Wear life	15.00
Liners	1,500 Hrs. Wear life	11.65
Other	15%	6.90
		$ 52.85

(B) DIESEL ENGINES

Main Ebgine	EMD 20-645E5	$11.25
Auxiliary	Cat D-399 & 3408	7.25
	TOTAL DIESEL ENGINE R & M	$ 18.

(C) CUTTER

Cutterhead	5,000 Hrs Life	$ 5.00
Cutter edges	1,000 Hrs Life	4.20
Cutless Bearings	5,000 Hrs Life	1.12
Other	15%	1.55
TOTAL CUTTER R & M		$ 11.87

(D) DRIVES AND WINCHES

Main Pump Drive	Rebuild 25,000	Hrs	$ 1.20
Cutter Drive	" 25,000	"	1.00
Main Winch Drive	" 25,000	"	.80
Winch, Other	" 10,000	"	1.00
Main Clutch	" 10,000	"	.80
Hyd. Pump Drives	" 25,000	"	.35
Other	15%		.77
TOTAL DRIVES & WINCHES			$ 5.92

(E) HYDRAULIC COMPONENTS

Hydraulic Pumps	Rebuild 10,000	Hrs	$ 1.50
Hydraulic Motors	"	"	1.60
Filters	Change 200	"	1.25
Other	15%		.65
TOTAL HYDRAULIC R & M			$ 5.00

(F) MISCELLANEOUS

Includes periodic replacement of bell mouth, suction pipe, suction hose, swing sheaves, service water pump and periodic cleaning and painting. $ 7.45

(G) LADDER PUMP

1,125 BHP Engine Cat D-399
1125 / 18 X .75 = 47 GPH X 3.785 = LTS/HR = 178
178 LTS X $MN 1.00 = $MN 178.00 / 24 = US$ per hour $ 7.42

Lubricating oil 5% of fuel = .37

Grease 2% of fuel= .15 TOTAL LUBE & GREASE $ .52

Main engine R & M Cat D-399 $ 7.25

Motor & Generator $7.50 + 15% = $ 8.63

Pump parts $ 30,00

DISCHARGE PIPELINE AND ACCESSORIES

(A) Floating Pipe and Connectors

1300 Ft of 30" pipe @ $US 2.10 per 100' per hour $ 27.30

Shore Pipe

8200 Ft of 30" pipe @ $US .67 per 100' per hour $ 54.94

Stern Swivel 10,000 Hrs Life $ 4.10

CONTINGENCIES

10% of total $

TOTAL ESTIMATED HOURLY OPERATING COSTS - US$

OWNERSHIP COSTS

Taxes $

Insurance $

Interest on investment

NOTE

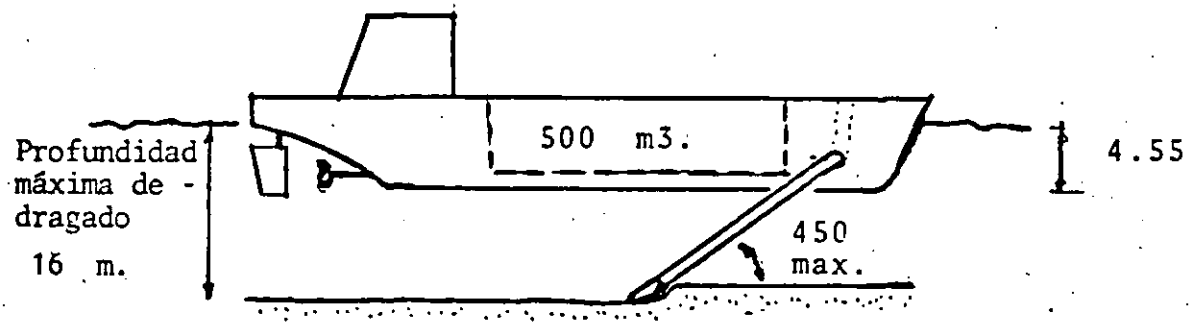
Prices include excavating and pumping and do not include costs of handling material beyond discharge point or of auxiliary equipment

Engine R & M figures include Miscellaneous, - Oil changes at recommended intervals, - Make up oil at 3000 HP/Hr. per gallon, - replacing fuel, oil and air filters at recommended intervals and, - Maintenance labor and parts to perform major overhauls at 1,800 hours on high speed engines and 25,000 hours on low speed engines (High speed over 1,200 RPM, low speed under 1,200 RPM), plus minor overhauls at one third intervals of major overhaul period

This information is offered as a guideline only and variations should be applied according to severity of service and actual experience.

PRODUCTIVIDAD DE DRAGAS AUTOPROPULSADAS DE TOLVA.

DRAGA CON TOLVA DE 500 M3.



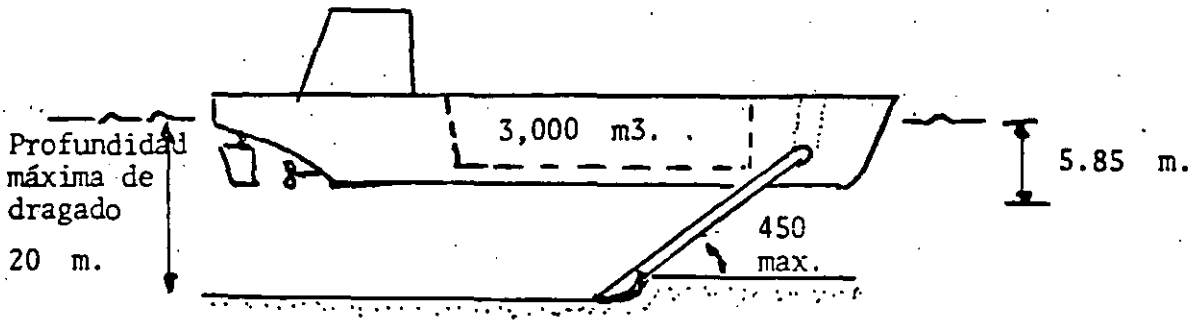
CARACTERISTICAS:

Capacidad real:	425 m3.
Velocidad de crucero: (sin carga)	10.8 nudos
Calado en verano:	4.10 m.
Calado máximo :	4.55 m.
Diametro de succión:	55 cm.
Potencia de bomba:	310 H.P.
Profundidad máxima de dragado:	16 m.
Profundidad mínina de dragado:	5.55 m.
Velocidad de dragado:	2/3.5 respecto al fondo

PRODUCTIVIDAD:

Material:	Arena media no compacta
Peso volumétrico:	1,850 Kg/m3.
Tiempo de llenado de la tolva:	45 min.

DRAGA CON TOLVA DE 3000 M3.



CARACTERISTICAS:

Capacidad real:	2,500 m3.
Velocidad de crucero: (sin carga)	11.5 nudos
Calado en verano:	4.20 m.
Calado máximo :	5.85 m.
Diámetro de succión:	75 cm.
Potencia de bomba:	1,470 H.P.
Profundidad máxima de dragado:	20 m.
Profundidad mínima de dragado:	6.85 m.
Velocidad de dragado:	2/3.5 nudos respecto al fondo.

PRODUCTIVIDAD:

Material:	Arena media no compacta
Peso volumétrica :	1,850 Kg/m3.
Tiempo de llenado de la tolva:	66 min.

NOTA: Velocidad del vie to máximo para operación; 7 en la escala de Beaufort, con altura de - ola de 2/3 m.

Características de Dragas de succión con cortadora:

Ø succión x Ø descarga; 350 x 350 m.m.

Eslora:	14 m.
Manga :	6 m.
Puntal:	1.5 m.
Calado:	1.0 m.
Profundidad Dragado:	8 m.
Potencia en Bomba:	400 H.P.
Potencia en Cortador:	70 H.P.

Ø succión x Ø descarga; 450 x 450 m.m.

Eslora:	19 m.
Manga :	6 m.
Puntal:	1.85 m.
Calado:	1.30 m.
Profundidad Dragado	10 m.
Potencia en Bomba:	700 H.P.
Potencia en Cortador:	150 H.P.

Ø succión x Ø descarga; 550 x 500 m.m.

Eslora :	25 m.
Manga :	7 m.
Puntal :	2.0 m.
Calado :	1.30 m.
Profundidad Dragado:	14 m.
Potencia en Bomba:	1,100 H.P.
Potencia en Cortador:	230 H.P.

Nota: El valor de este equipo LAB. puerto mexicano en 1984 es de $ 350'000,000 Draga; $ 70'000,000 20% del valor de draga en tubería flotante y de tierra.

Ø succión x Ø descarga; 700 x 650 m.m.

Eslora :	36 m.
Manga :	12 m.
Puntal :	2.85 m.
Calado :	1.70 m.
Profundidad Dragado:	16.0 m.
Potencia en Bomba :	2,200 H.P.
Potencia en Cortador :	750 H.P.

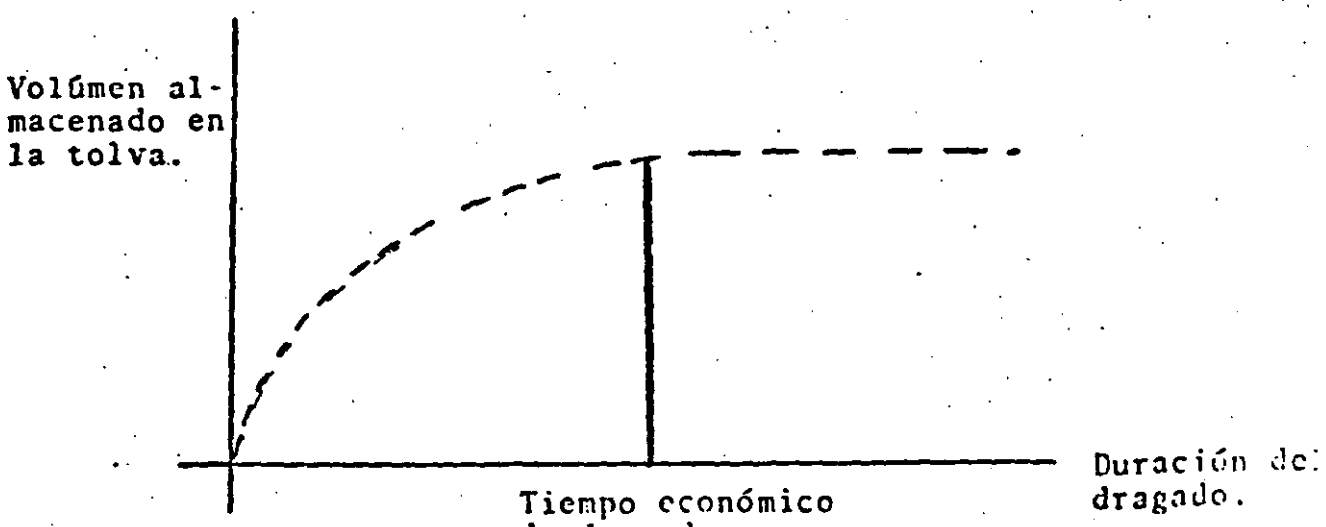
Ø succión x Ø descarga; 800 x 750 m.m.

Eslora :	60 m.
Manga :	15 m.
Puntal :	4.25 m.
Calado :	3 m.
Profundidad Dragado :	22 m.
Potencia en Bomba :	4,400 H.P.
Potencia en Bomba sumergida :	1,000 H.P.
Potencia en Cortador :	1,200 H.P.
Potencia Total :	7,965 H.P.

PRODUCTIVIDAD DE DRAGAS AUTOPROPULSADAS:

La eficiencia de este tipo de dragas es alto sin embargo, se ve afectada por la necesidad de suspender el dragado para dirigirla a la zona de tiro, en donde deposita el material a fondo pedido mediante la apertura de las compuertas que forman la parte inferior de la tolva.

El llenado de la tolva al máximo se logra únicamente con-materiales pesados, ya que con materiales dragados ligeros la-tolva no logra captar su máxima capacidad, ya que el material-no decanta en su totalidad regresando nuevamente al agua por - los vertedores. Para determinar en este caso la suspención del dragado, se recurre a la determinación del tiempo económico de dragado, en el cual se obtiene el tiempo mínimo con que tiene-el mayor depósito de material ligero dentro de la tolva. Para-obtener el tiempo mínimo, se sondea periódicamente la tolva y-cuando el volúmen acumulado no sufre incrementos importantes - para los mismos intervalos, se suspende el dragado:



Para obtener el ciclo de trabajo, es decir: tiempo de dragado para llenar la tolva, más tiempo de navegación entre las zonas de dragado y tiro, más tiempo de descarga y por último el tiempo de navegación sin carga a la zona de dragado, se obtiene analizando cada concepto.

El tiempo de llenado, depende del tipo de material y la profundidad en términos generales, este concepto va de 20 a 60 min. La navegación en carga depende de la velocidad de la draga. Las velocidades medias van de 10 a 15 nudos; para la condición en carga se tiende a los 10 nudos.

La descarga en la zona de tiro va de 10 a 20 minutos dependiendo del tipo de material. Para arena limpia 10 min. y para arcilla 20 min.

El regreso de la zona de tiro a la zona de dragado es en la condición de tolva vacia por lo que la velocidad tiende a los 15 nudos.

Los conceptos anteriores se ven afectados por la eficiencia del sistema de posicionamiento que por lo general se tiene abordo de la draga.

Los estudios previos al dragado con este tipo de equipo son:

1.- Levantamientos batimétricos en la zona por dragar.
2.- Sondeos en el área por dragar y estudios geológico
3.- Localización de la zona de tiro.
4.- Delimitación de la zona de dragado.

Características básicas tomadas en cuenta en los rendimientos.

- Volúmenes de material dragado por hora-bomba efectiva.
- Elevación de la tubería (+ 4 m.) y 15 uniones de tubería de descarga.
- 20% de concentración promedio de sólidos para dragas tipo 1 al 10.
- 25% de concentración promedio de sólidos para dragas tipo 11 y 12.
- Peso específico del material dragado 1.85% ton/m3.

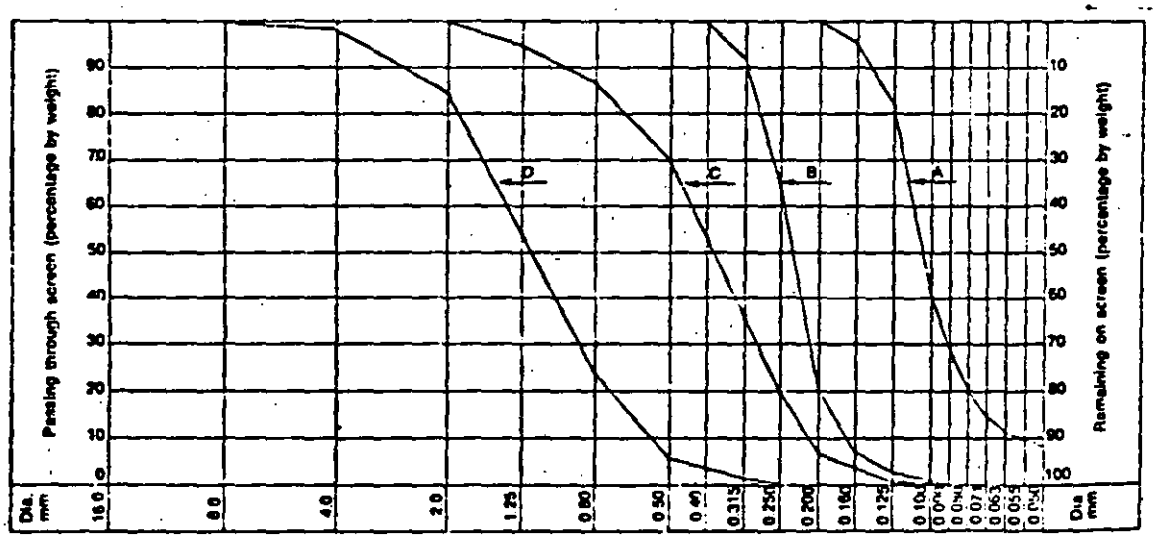
Distribución granulométrica suelo será:

A.- Arena fina

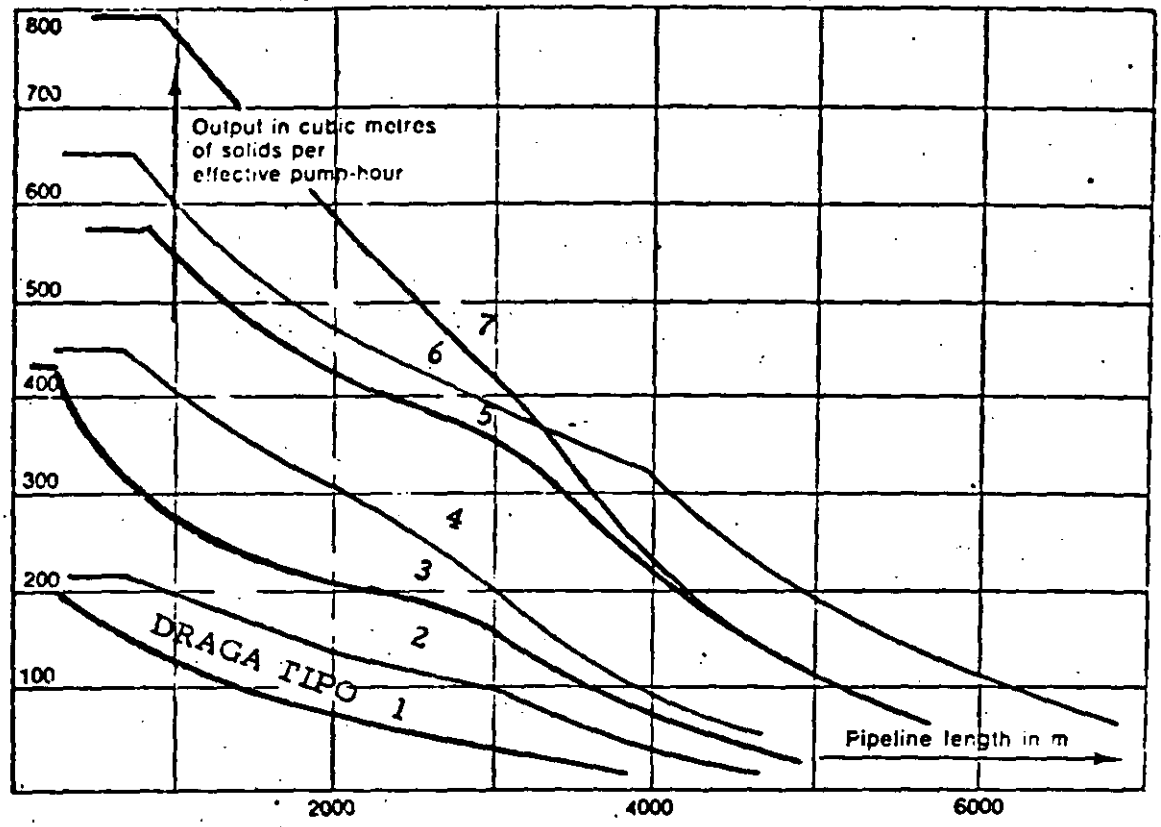
B.- Arena media.

C.- Arena gruesa.

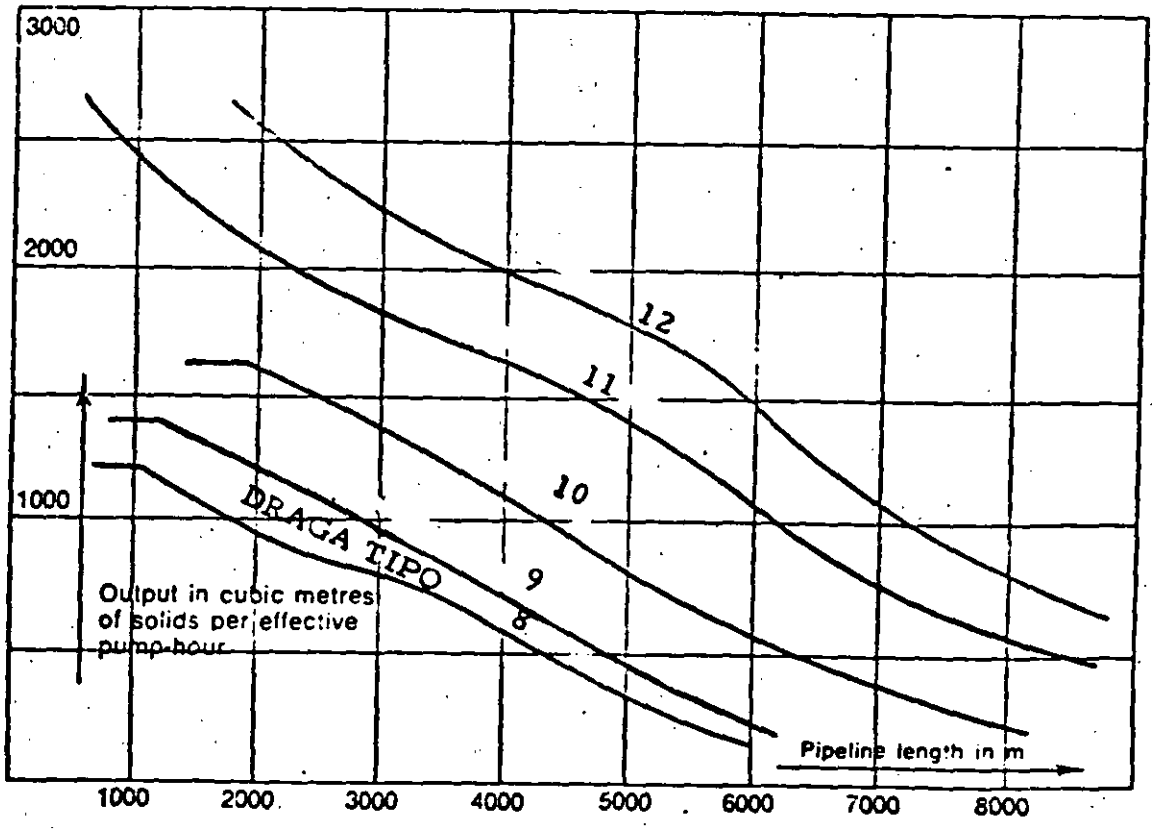
D.- Arena gruesa/grava



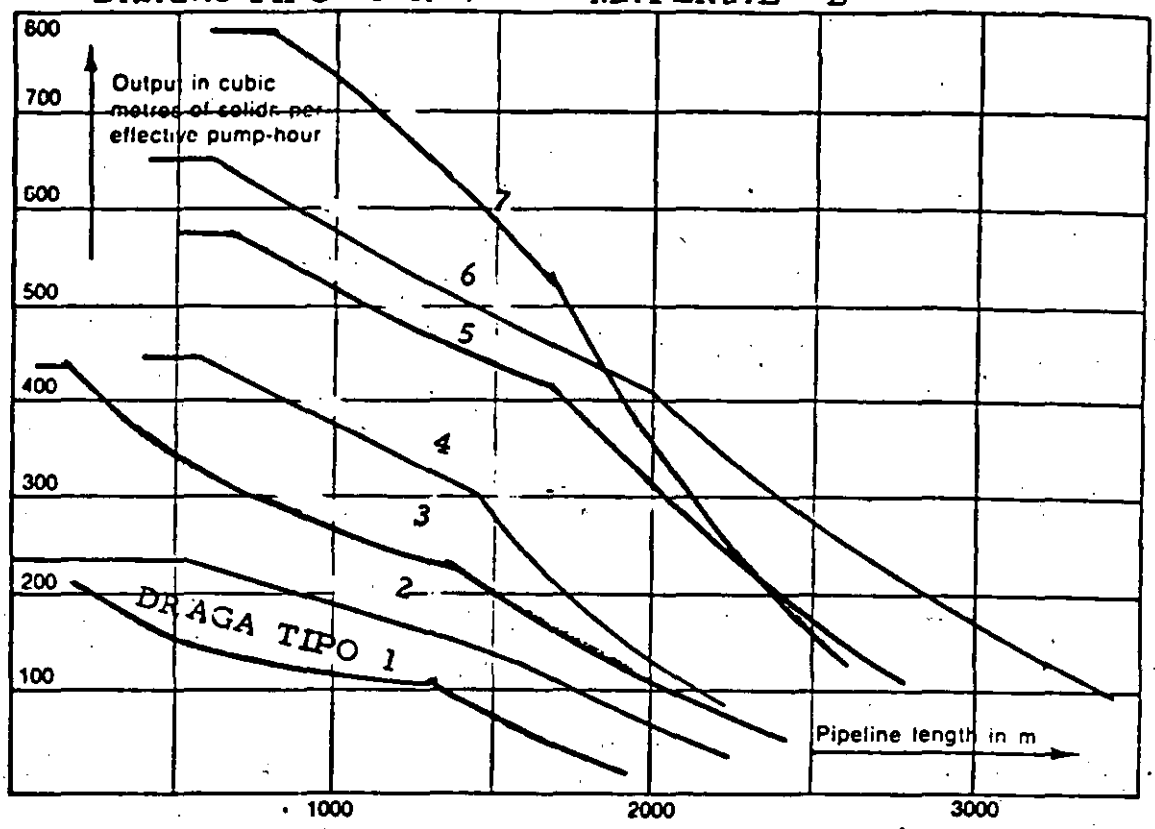
DRAGAS TIPO 1 A 7 MATERIAL "A"



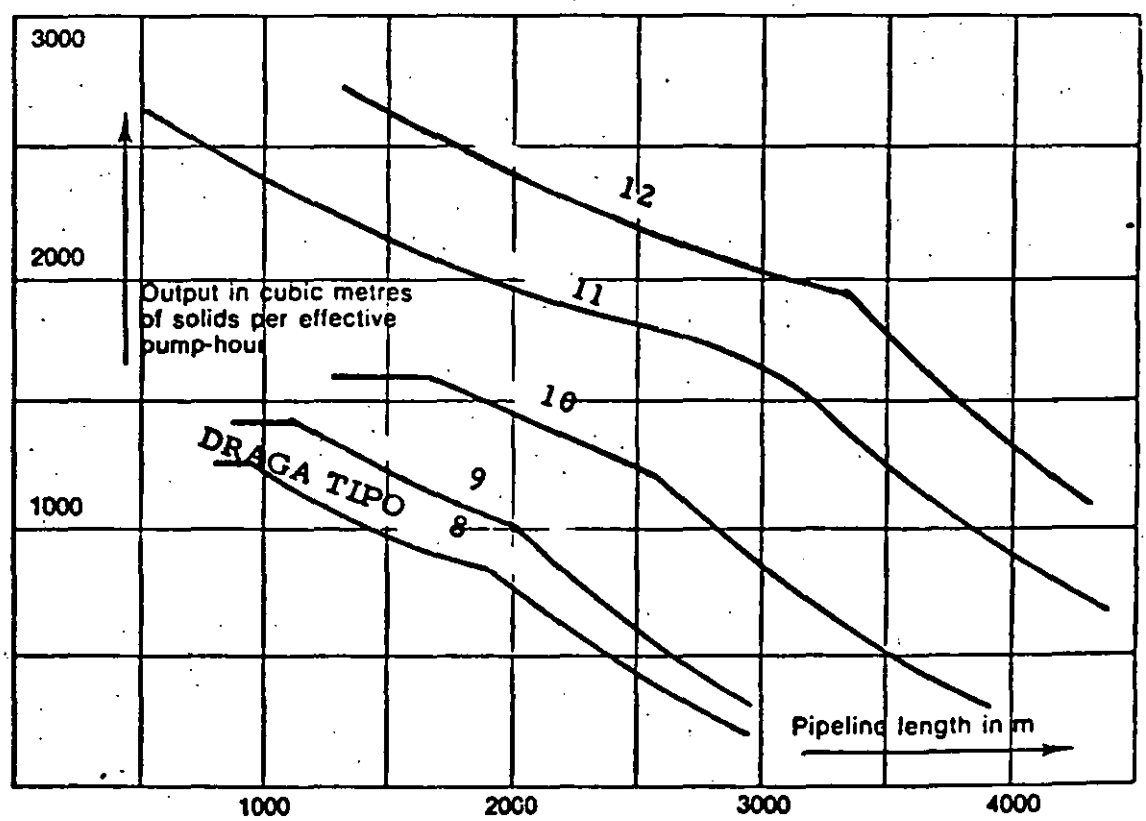
DRAGAS TIPO 8 A 12 MATERIAL "A"

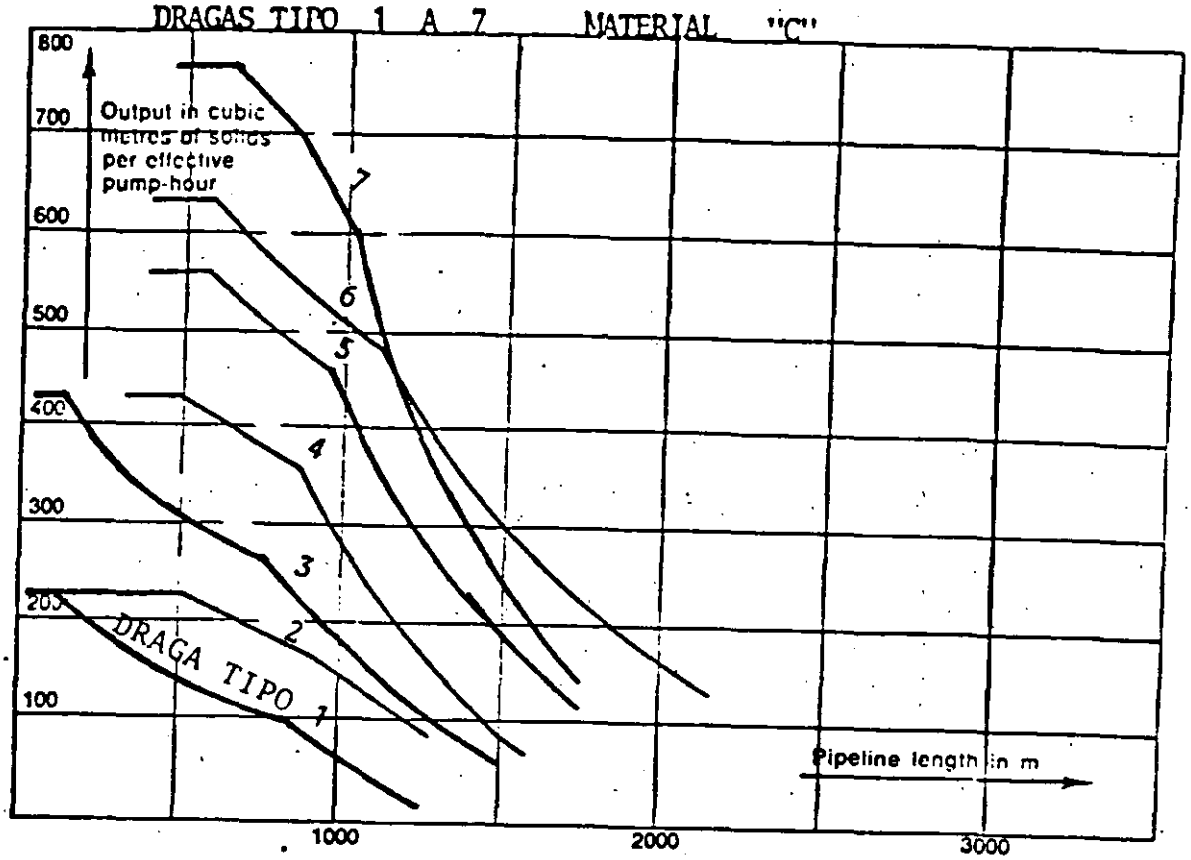


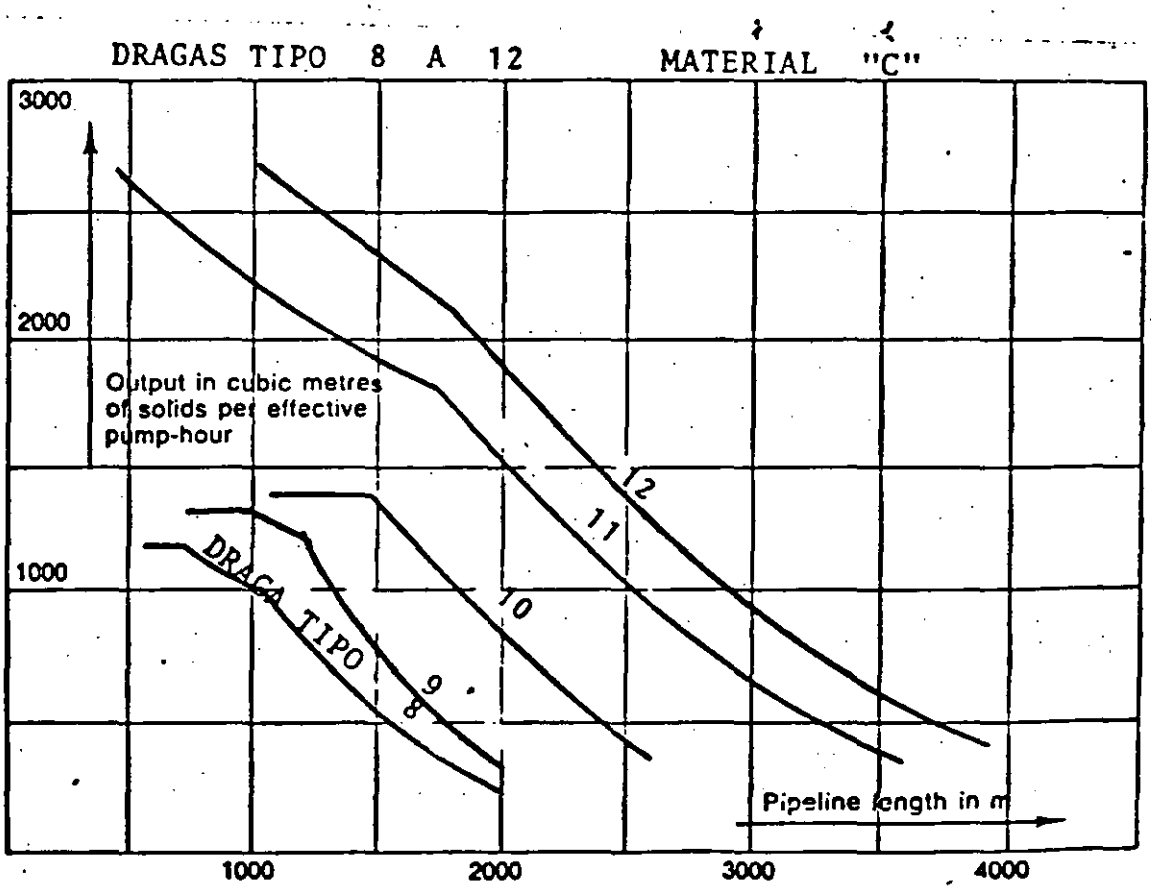
DRAGAS TIPO 1 A 7 MATERIAL "B"



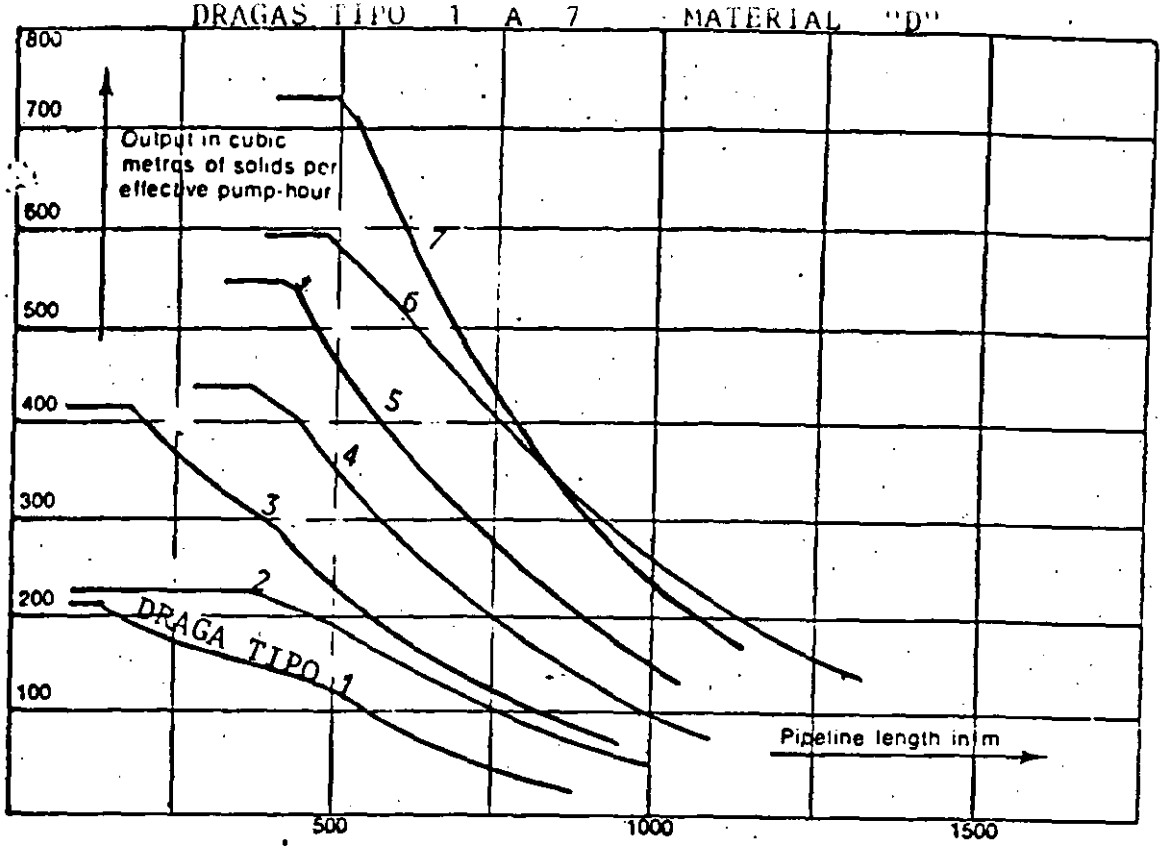
DRAGAS TIPO 8 A 12 MATERIAL "B"



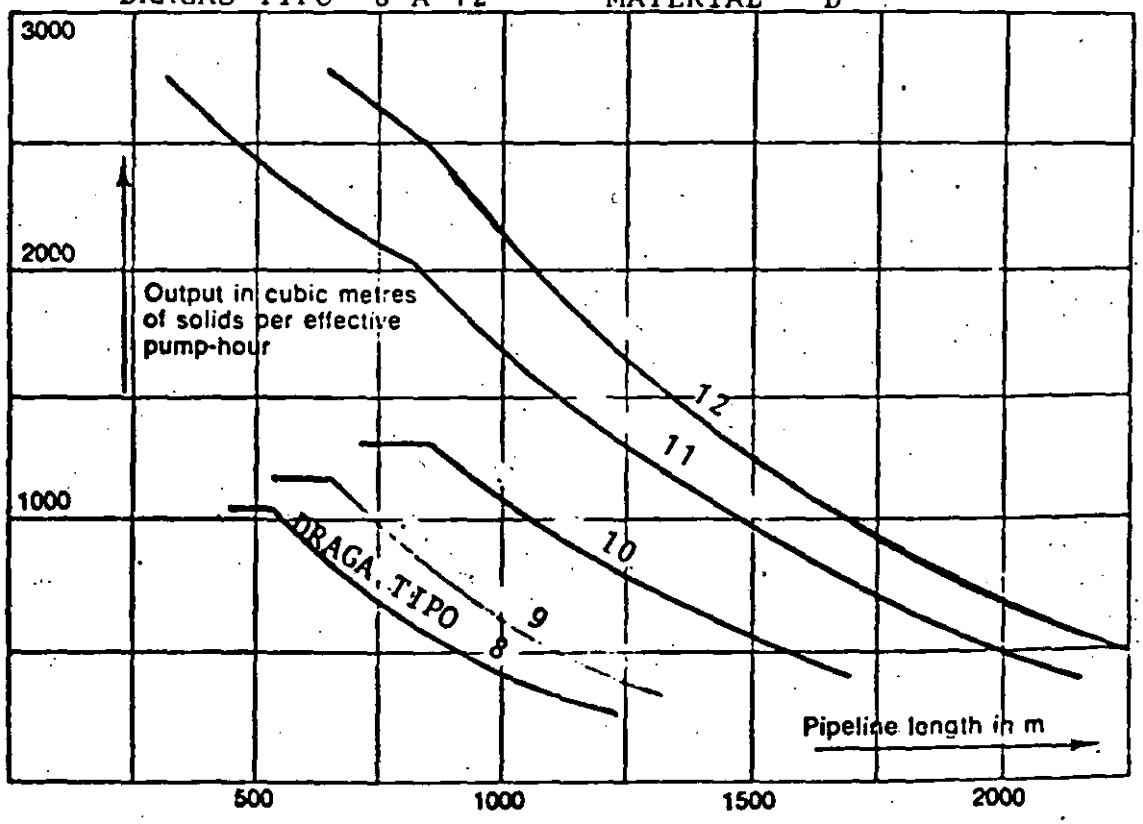

DRAGAS TIPO 1 A 7 MATERIAL "C"
800
700
600
500
400
300
200
100
Output in cubic metres of solids per effective pump-hour
7
6
5
4
3
2
1
DRAGA TIPO
Pipeline length in m
1000
2000
3000

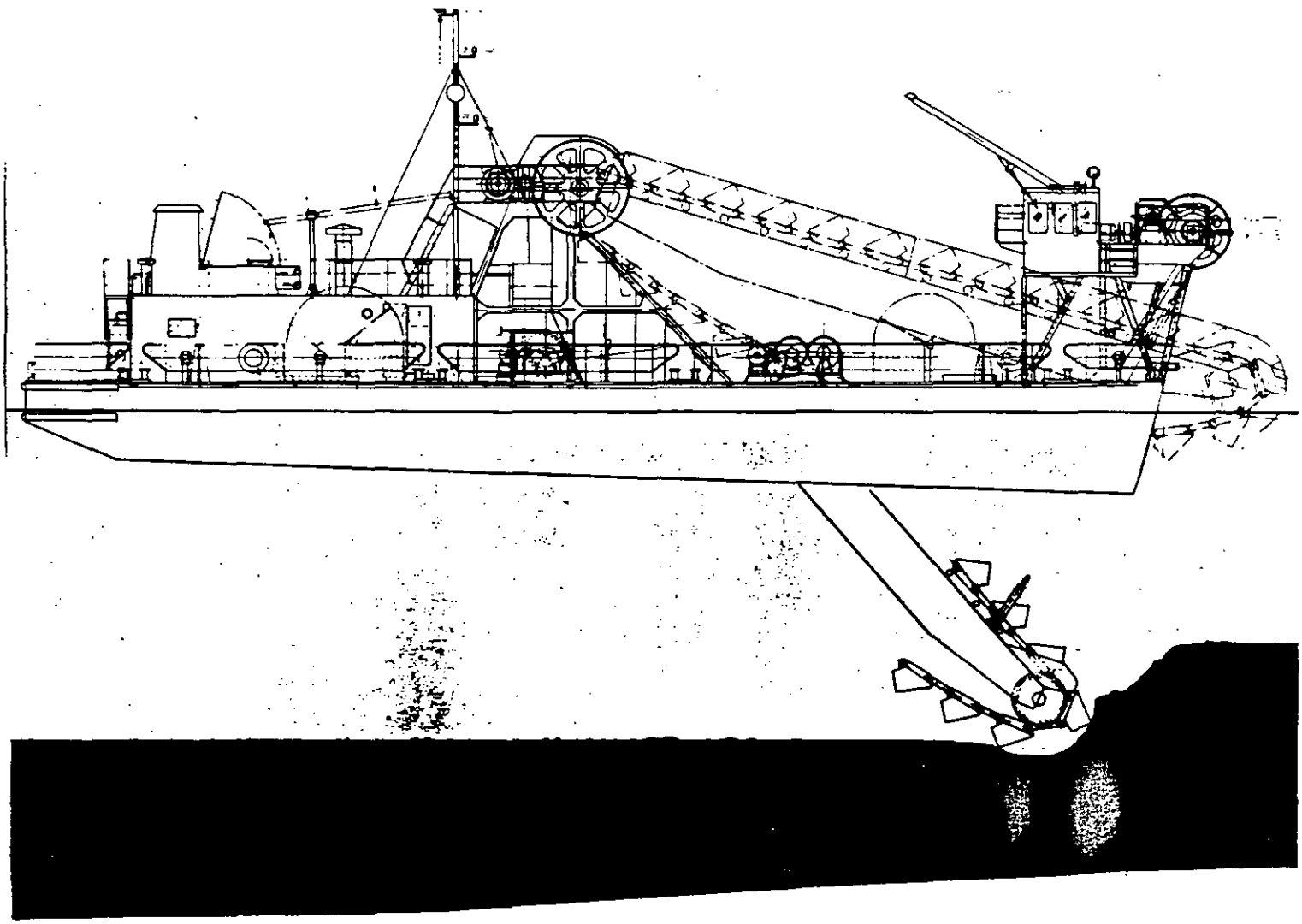

DRAGAS TIPO 8 A 12 MATERIAL "C"
3000
2000
1000
Output in cubic metres of solids per effective pump-hour
12
11
10
9
8
DRAGA TIPO
Pipeline length in m
1000
2000
3000
4000

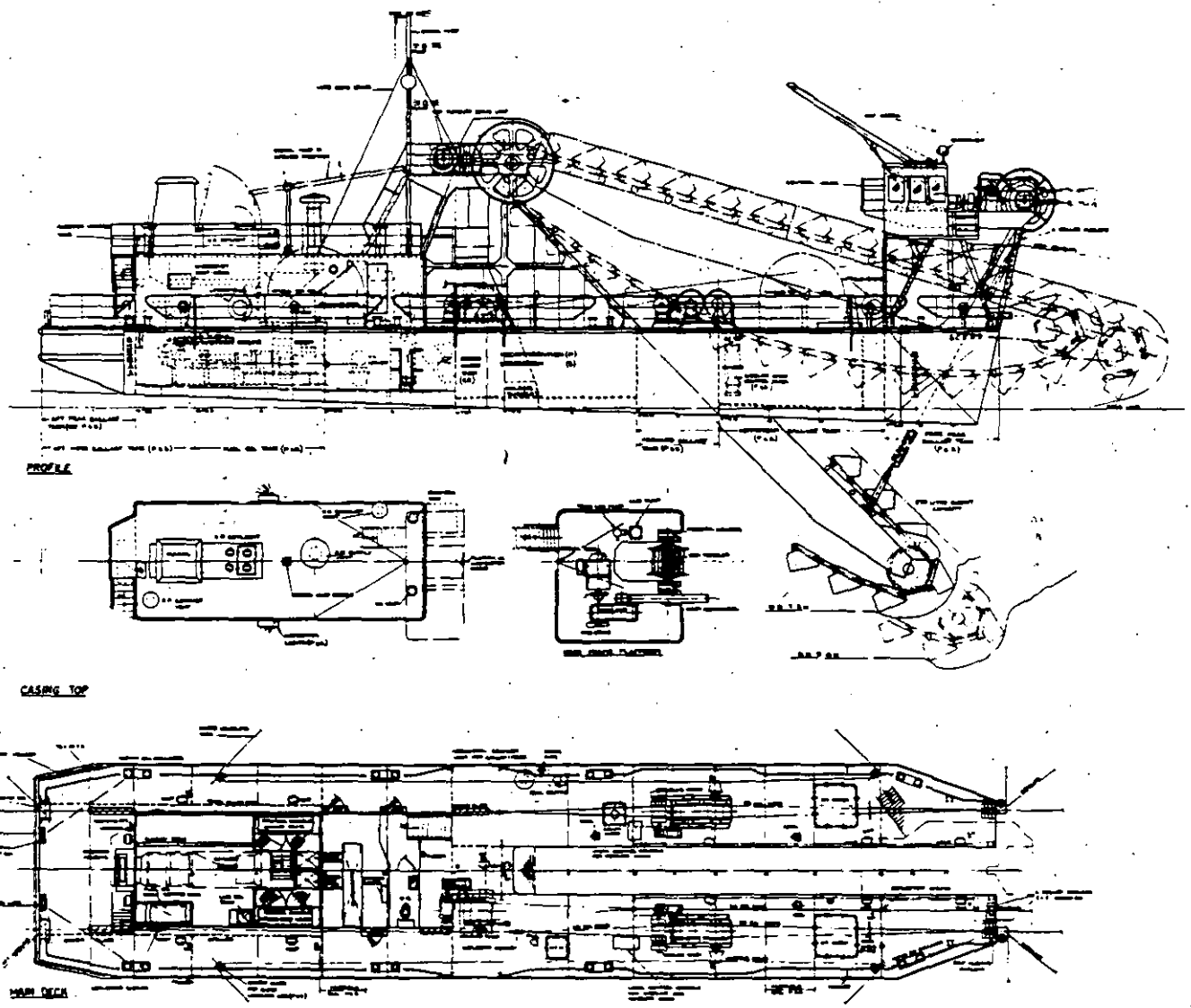
DRAGAS TIPO 1 A 7 MATERIAL "D"

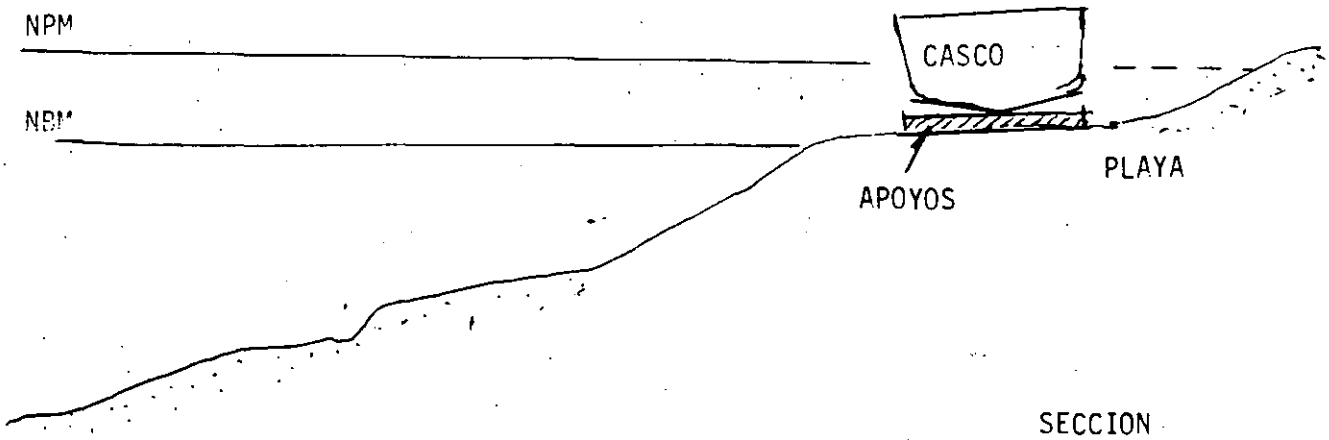


DRAGAS TIPO 8 A 12 MATERIAL "D"





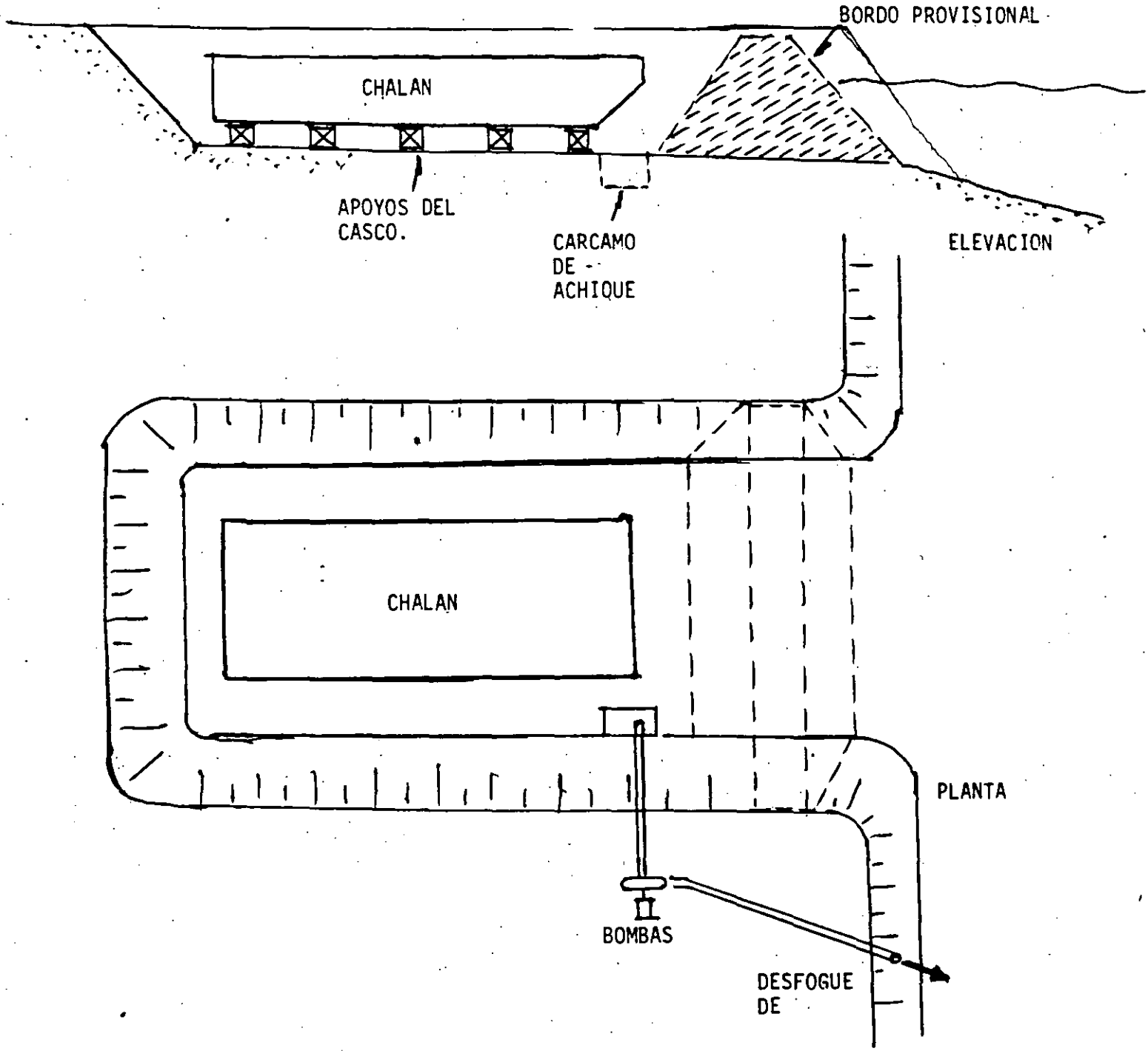

PROFILE
CASING TOP
MAIN DECK

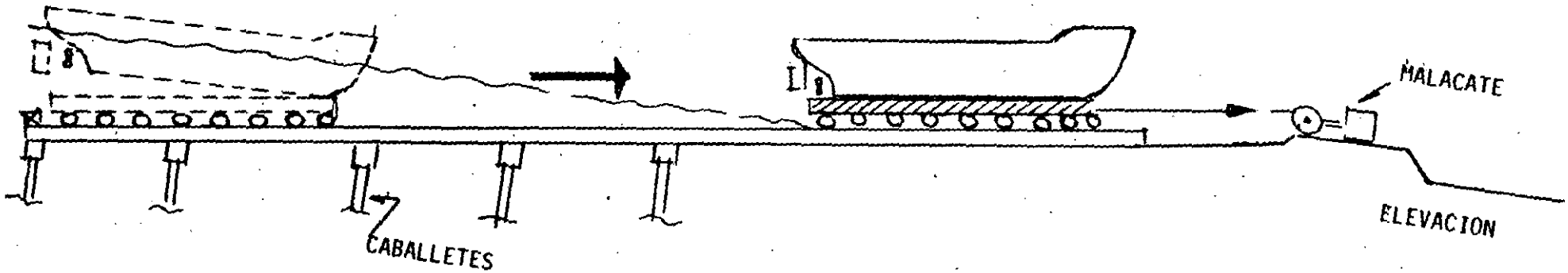


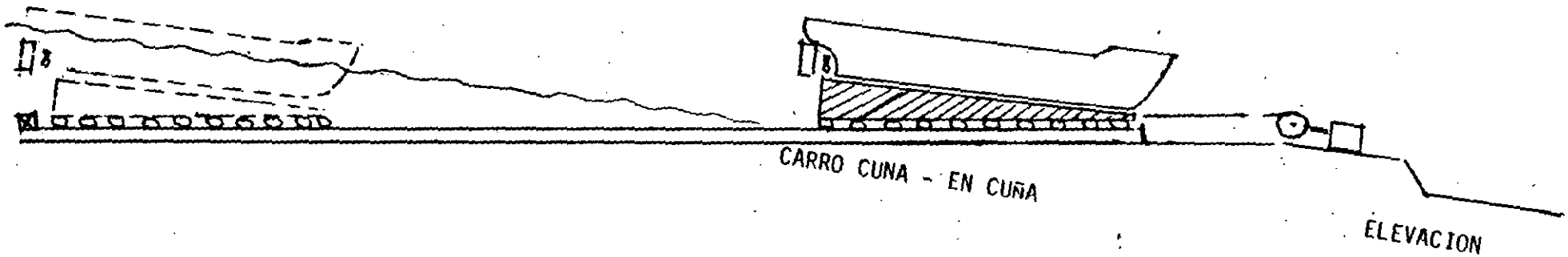
SECCION

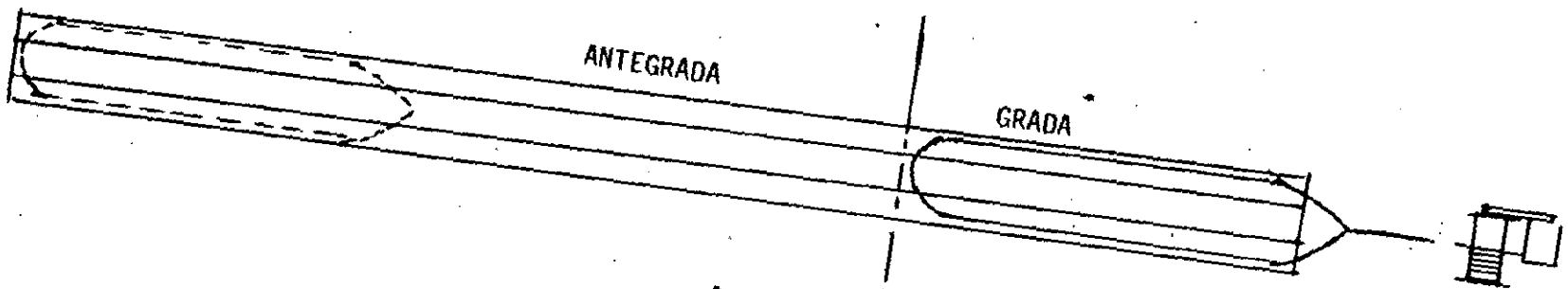
NOTA:- ENTRE EL NIVEL DE PLEAMAR MEDIA Y EL DE BAJAMAR MEDIA EXISTEN DE 6 A 12 HRS.; TIEMPO EMPLEADO PARA REPARAR LA PARTE SUMERGIDA DEL - CASCO.

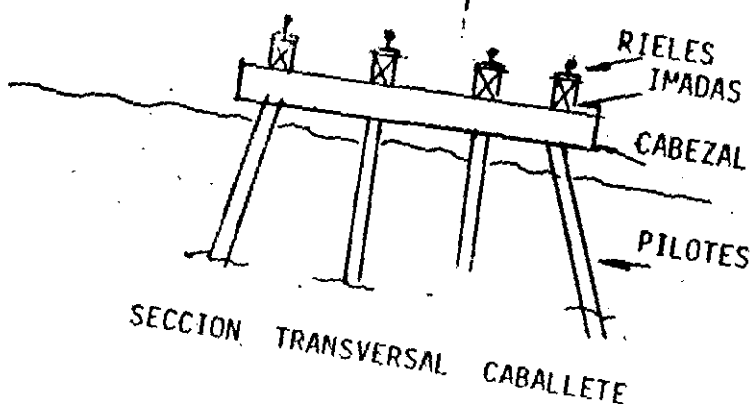
RAYADO DE EMBARCACIONES APROVECHANDO LA FLUCTUACION DE MAREAS.


BORDO PROVISIONAL
CHALAN
APOYOS DEL CASCO.
CARCAMO DE ACHIQUE
ELEVACION
CHALAN
PLANTA
BOMBAS
DESFOGUE DE





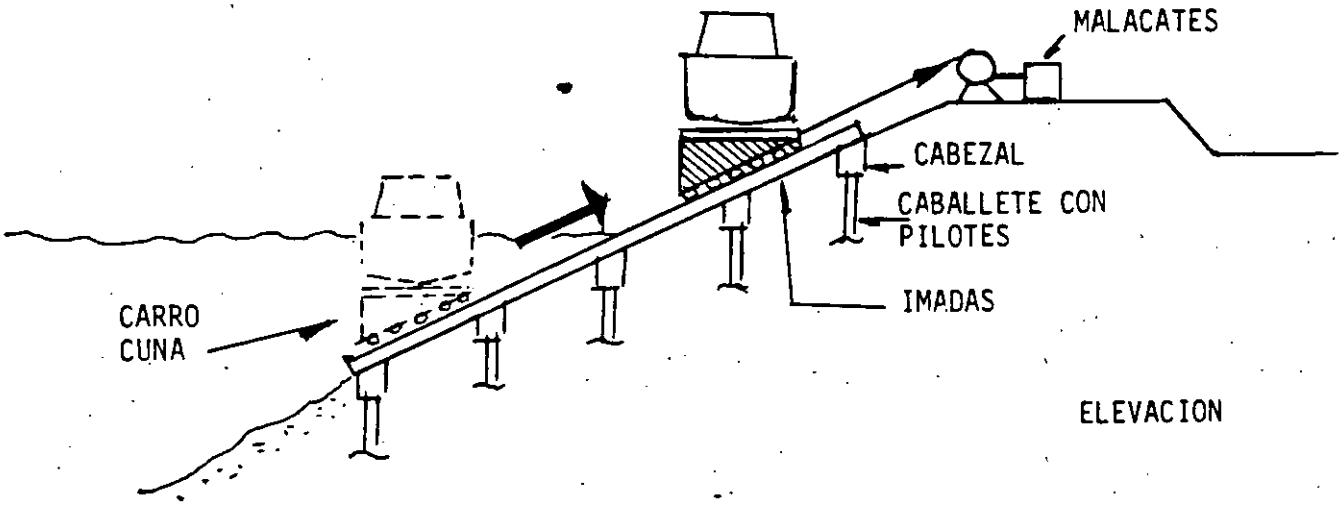


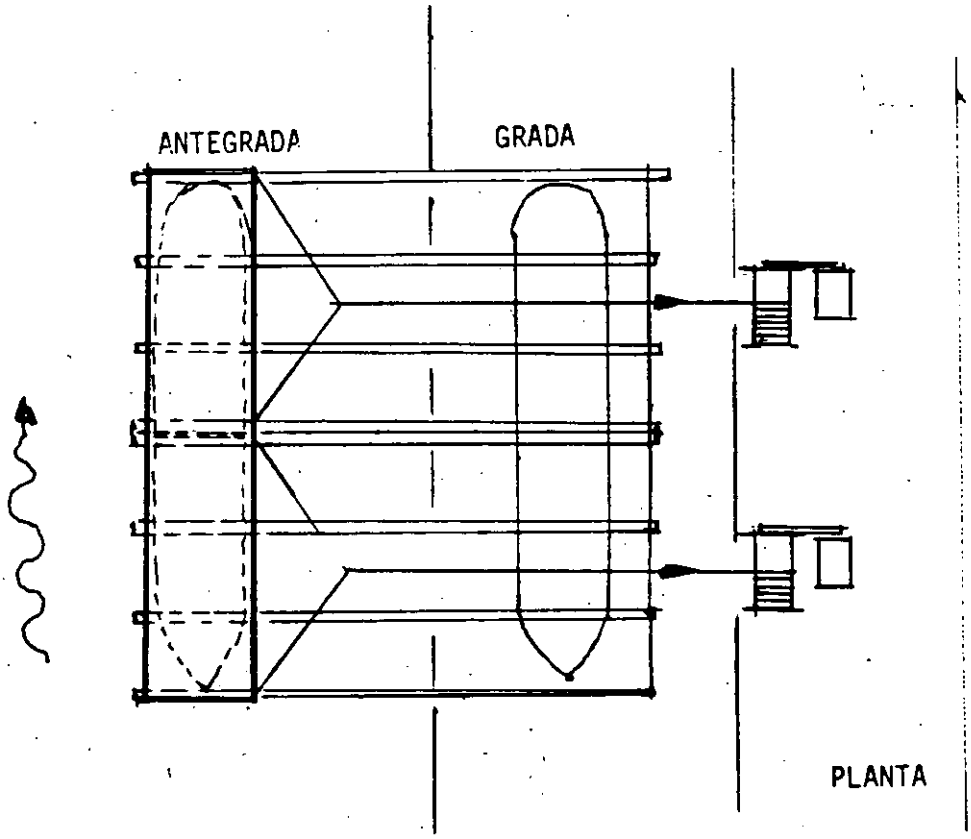


SECCION TRANSVERSAL CABALLETE

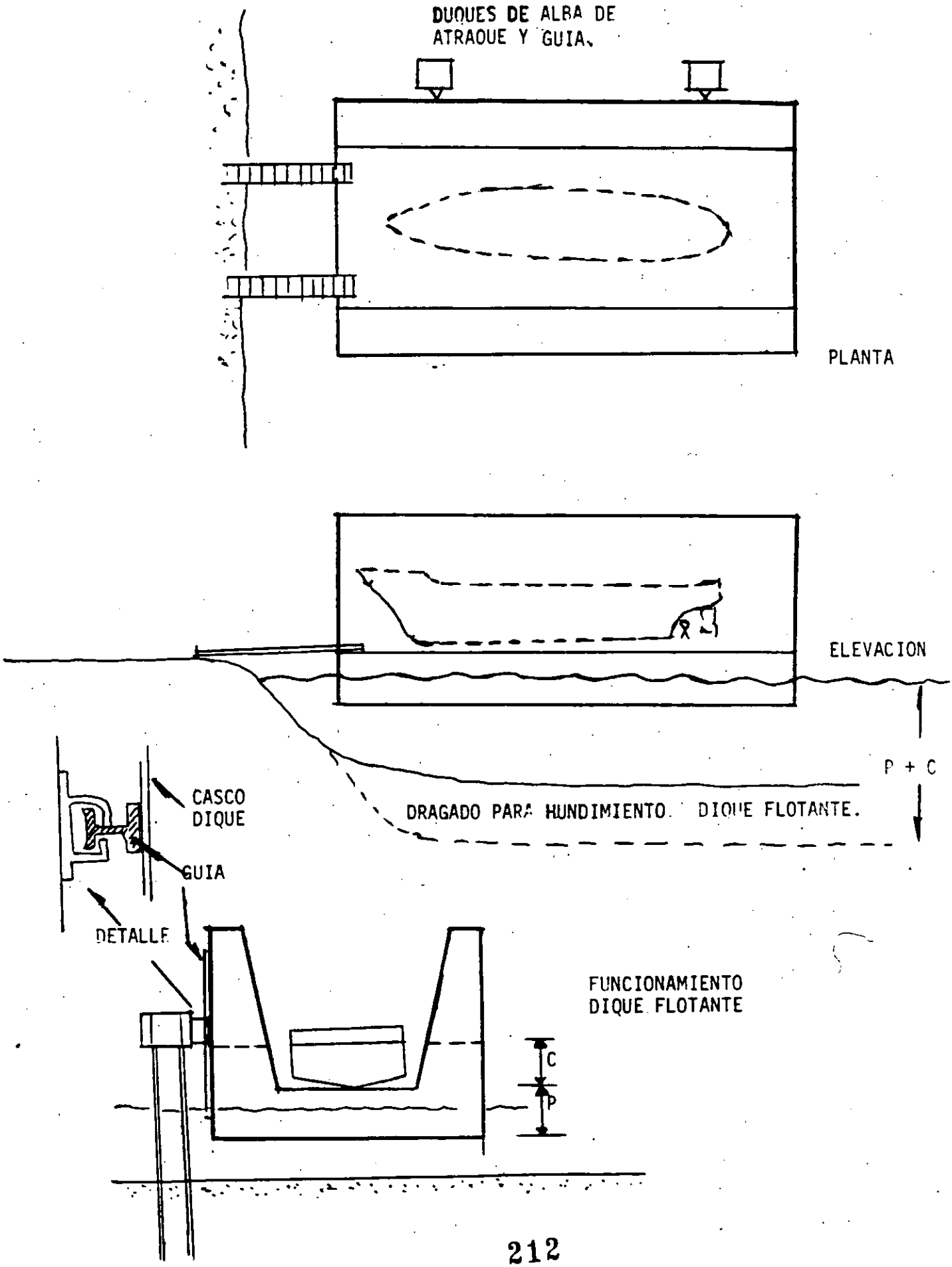
GRADA DE REPARACIONES NAVALES - VARADERO - LONGITUDINAL.

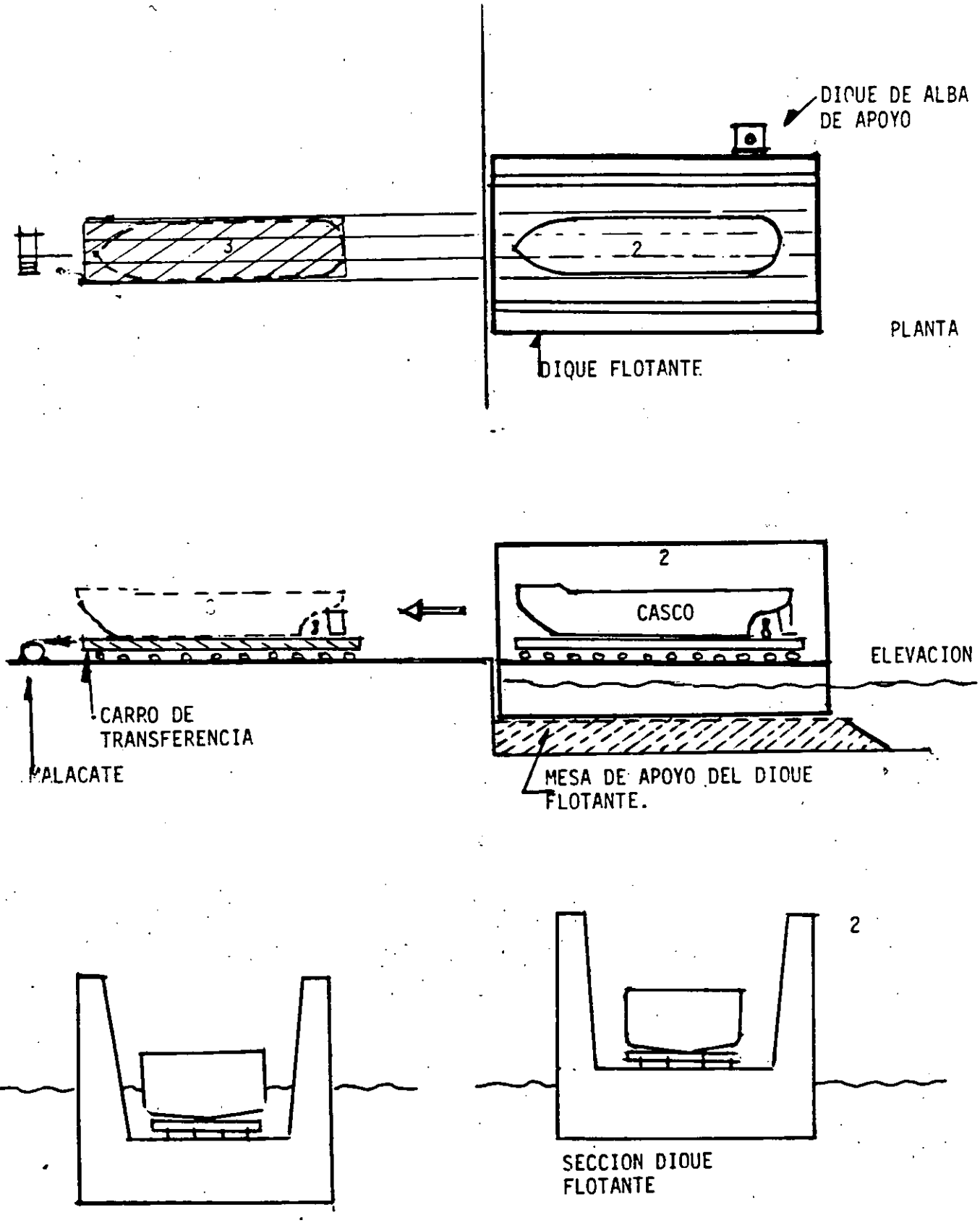
210



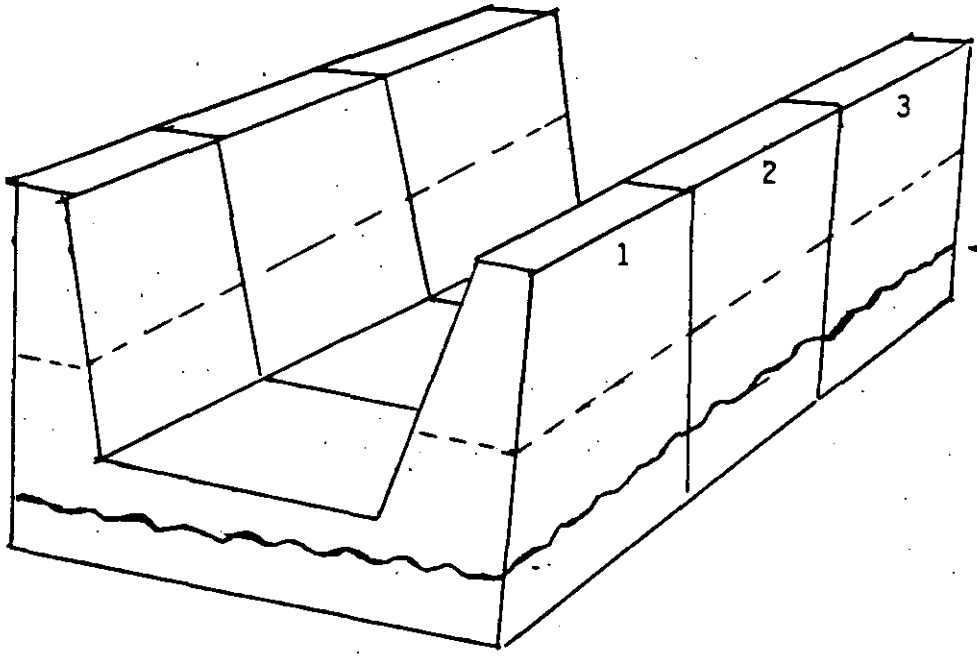


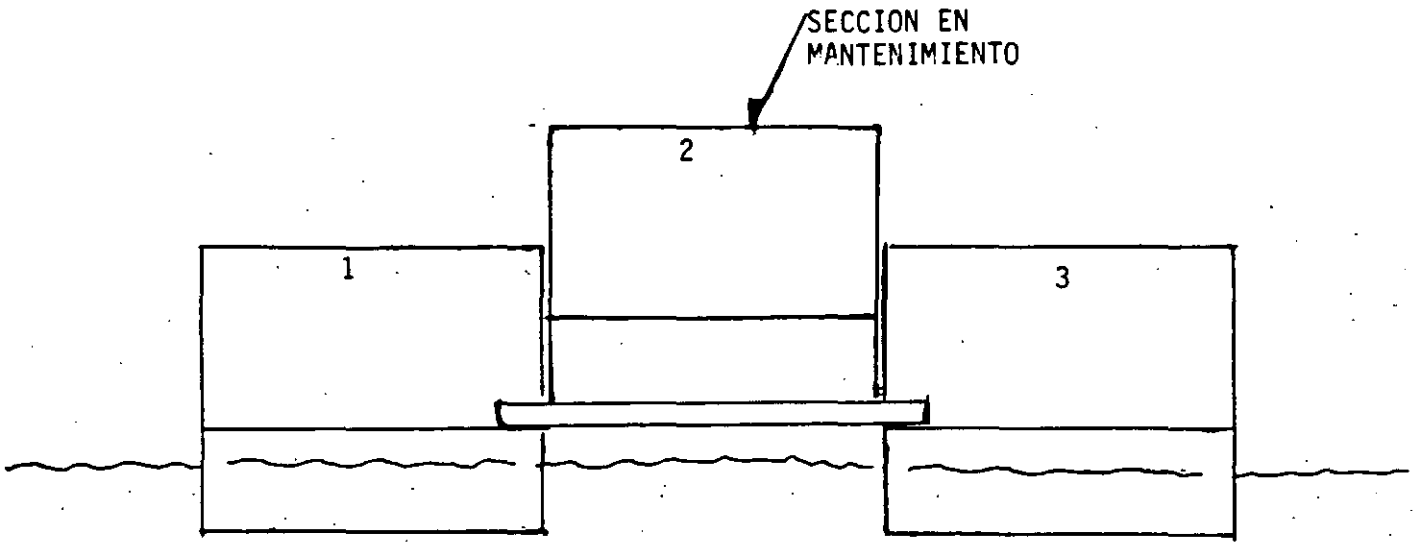
INSTALACIONES PARA REPARACIONES NAVALES
- VARADERO TRANSVERSAL.


DUQUES DE ALBA DE
ATRAQUE Y GUIA.
PLANTA
ELEVACION
P + C
DRAGADO PARA HUNDIMIENTO. DIQUE FLOTANTE.
CASCO
DIQUE
GUIA
DETALLE
FUNCIONAMIENTO
DIQUE FLOTANTE
C
P

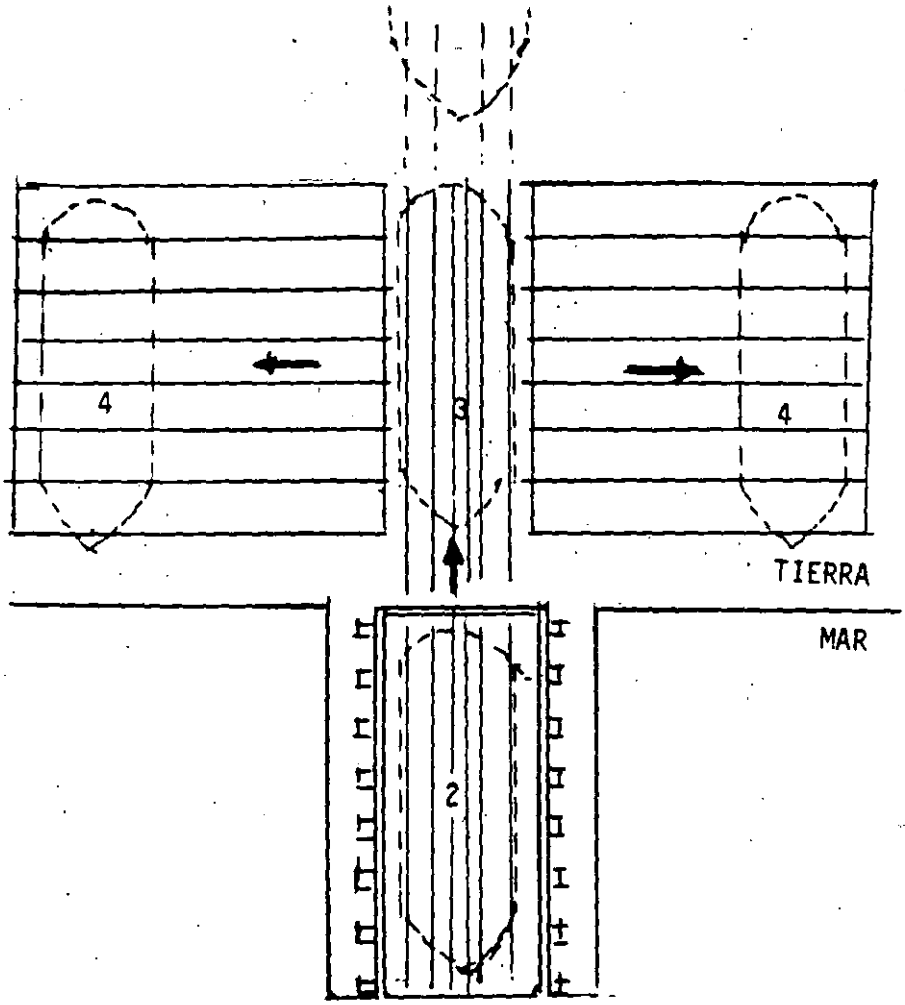


INSTALACIONES PARA REPARACION DE EMBARCACIONES DIQUE FLOTANTE - DEPONENTE.

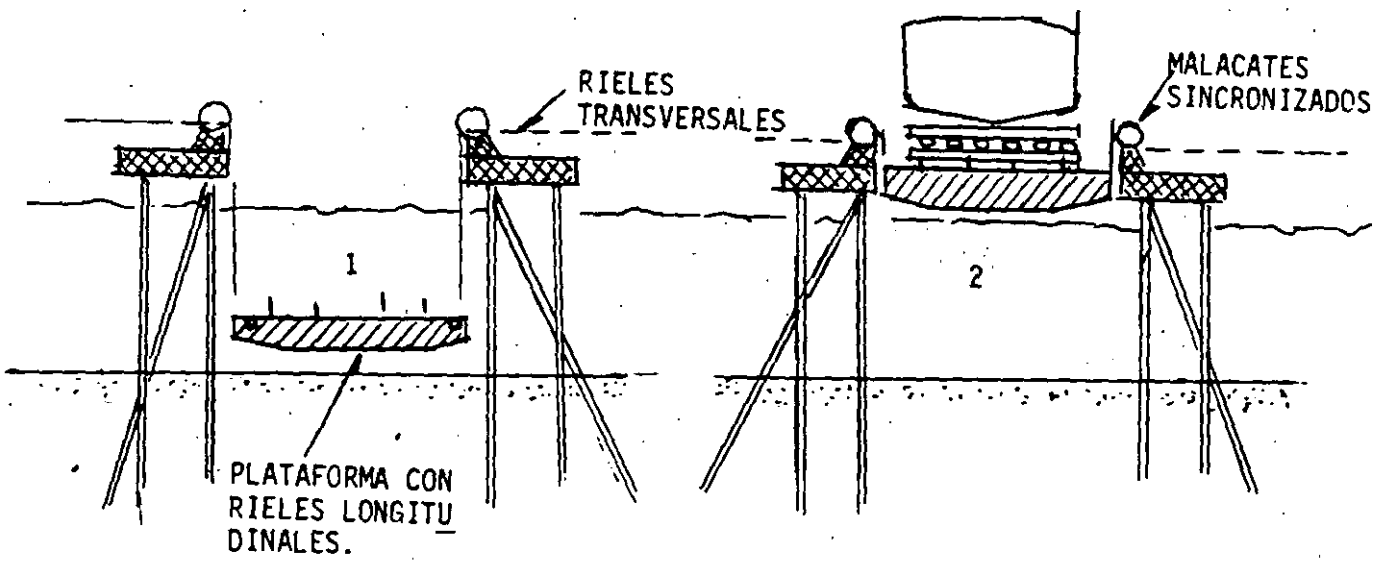




DIQUE FLOTANTE SECCIONADO
- MANTENIMIENTO.

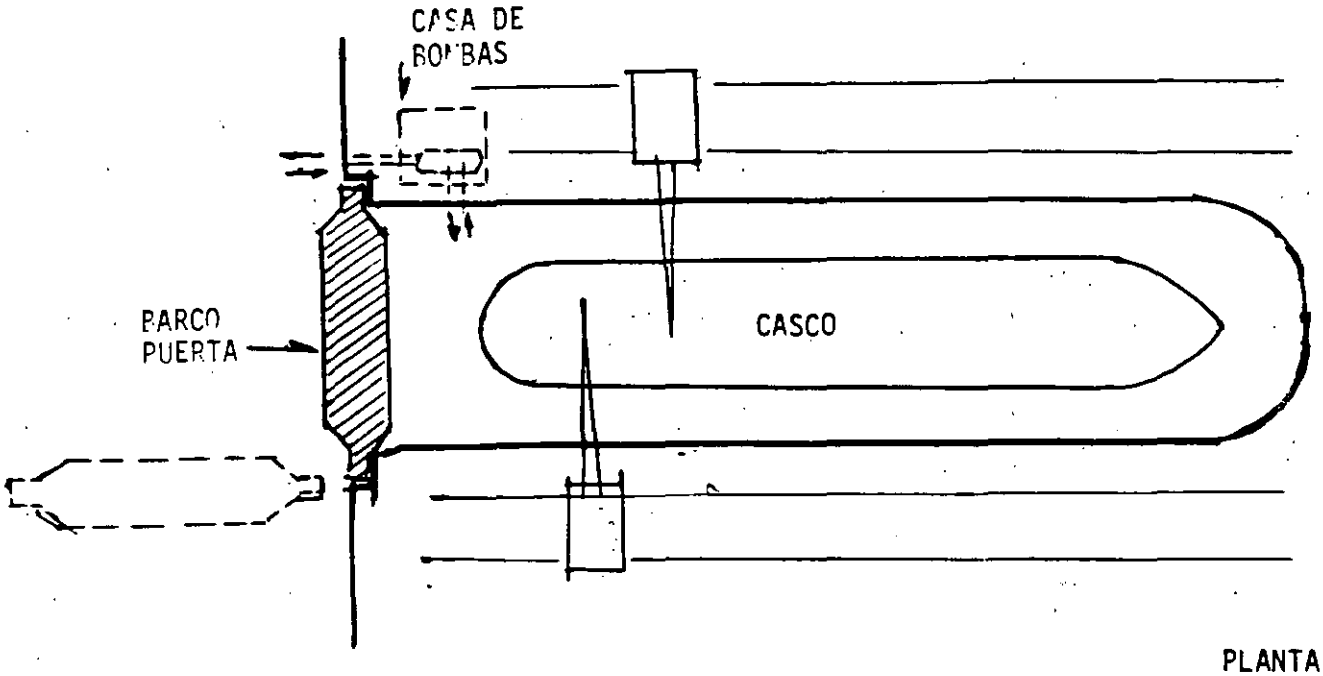


PLANTA.

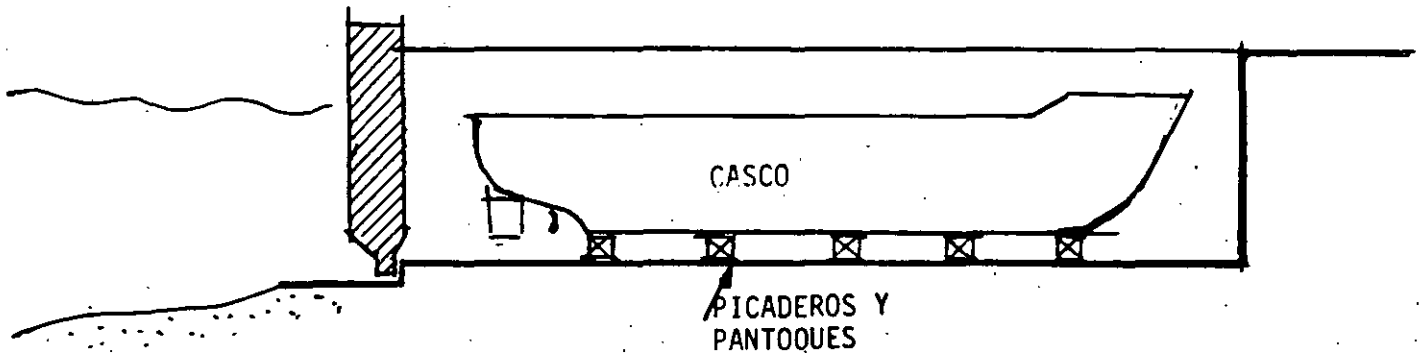


ELEVACION

INSTALACIONES PARA REPARACION NAVAL - SINCROELEVADOR.

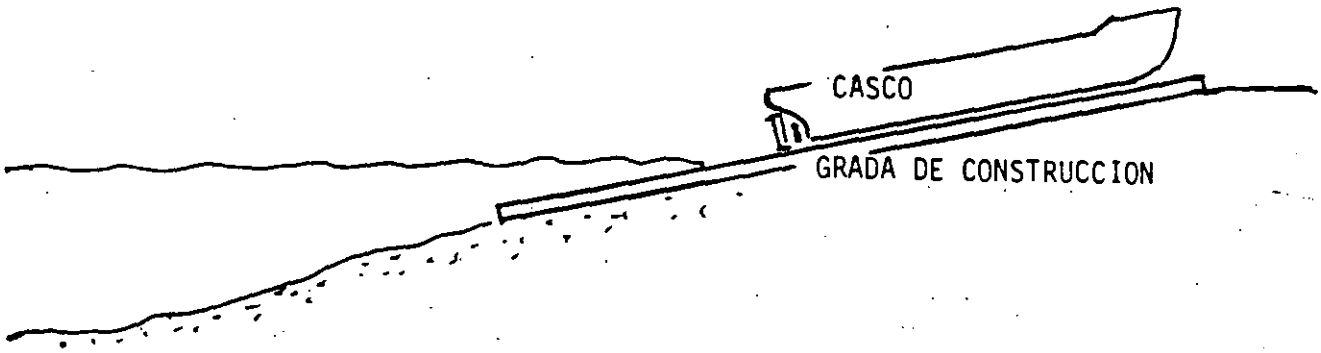


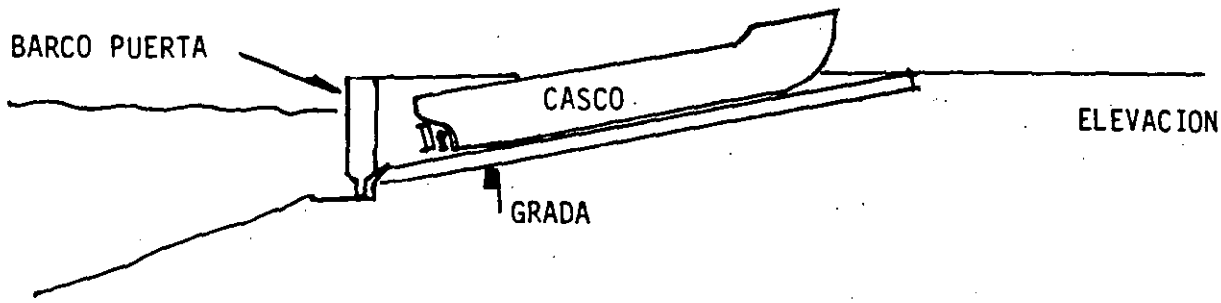
PLANTA

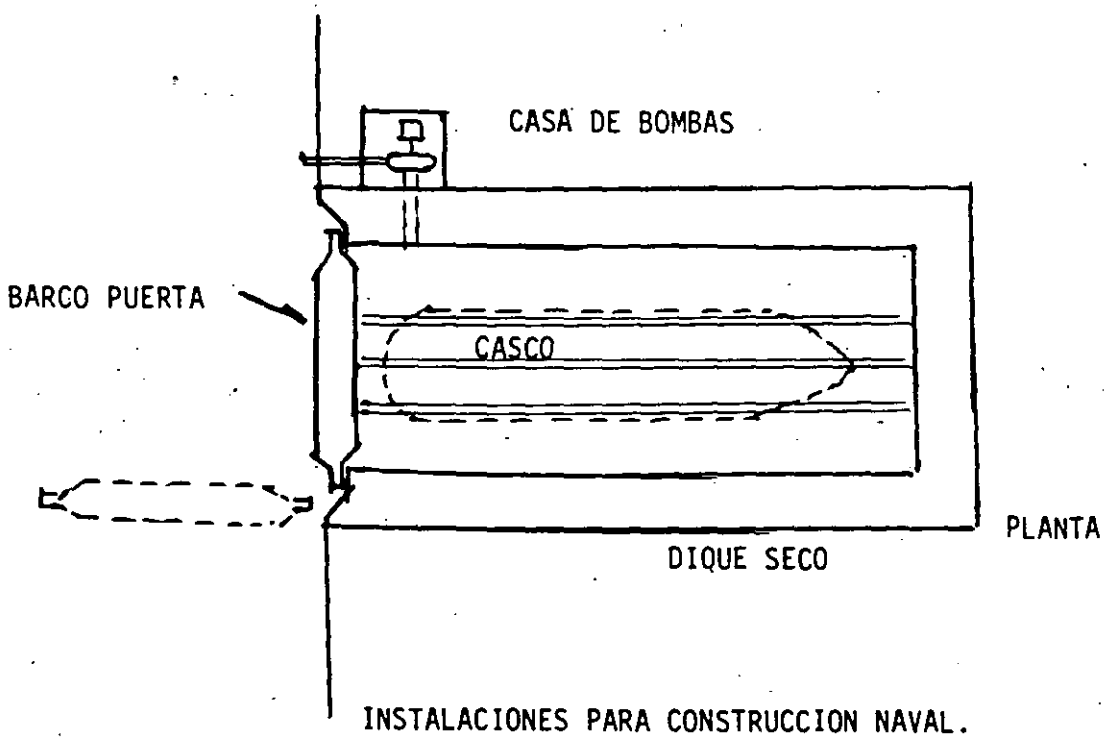


SECCION

INSTALACIONES PARA LA REPARACION DE EMBARCACIONES
- DIQUE SECO







INSTALACIONES PARA CONSTRUCCION NAVAL.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS

MARITIMAS Y PORTUARIAS

ESTRUCTURAS MARITIMAS

ING. LUIS HERREJON DE LA TORRE.

OCTUBRE-1992

I N D I C E

	Pagina
INSTRODUCCION	1
ALGUNOS TERMINOS USADOS	3
CRITERIOS DE CALCULO	5
MAREAS	7
VIENTO	14
GARGAS VIVAS Y SISMO	17
IMPACTOS DE EMBARCACIONES	19
FUERZAS DE LAS AMARRAS	29
ANALISIS DE ESTABILIDAD GENERAL	33
SISTEMAS DE DEFENSAS	42
ESTRUCTURAS DE ATRANQUE	48
CIMENTACION DE PILOTES	52
DUQUES DE ALBA	63
MUROS DE GRAVEDAD	66
PAREDES DE TABLESTACA	71
EJEMPLOS DE MUELLES NORMALES A LA COSTA Y EN L⁵T	80
MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA ALEJADAS DE LA COSTA	99
ROMPEOLAS O ESCOLLERAS	103
LINEAS DE CONDUCCION BAJO EL AGUA	107
PLATAFORMAS MARITIMAS	124
ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS	131
REFERENCIAS	143

INTRODUCCION

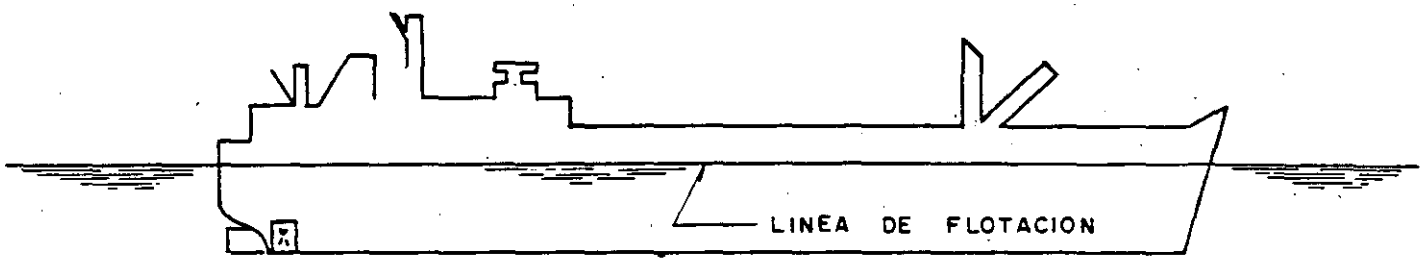
Como una rama de la Ingeniería, las Estructuras Marítimas constituyen un tema tan amplio, que para su estudio sería necesario no sólo un curso, sino una serie de cursos de especialización. Por ahora solo nos proponemos dar una idea general de las bases fundamentales y referencias necesarias para abordar un problema de este tipo.

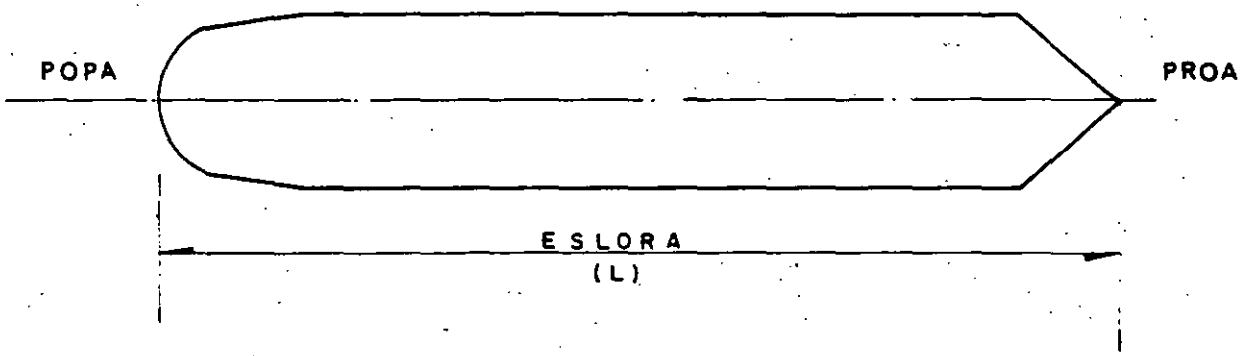
En las últimas décadas se ha obtenido un progreso sorprendente en el proyecto de las Obras Marítimas, como consecuencia del gran número de investigaciones que se han hecho acerca del comportamiento de los materiales de construcción, suelos, agua, etc....., no obstante en cada problema de este tipo, intervienen varios aspectos de la Ingeniería con estudios bastante amplios y además cada caso es uno diferente, razón por la que no se ha logrado una estandarización de los métodos que deben seguirse.

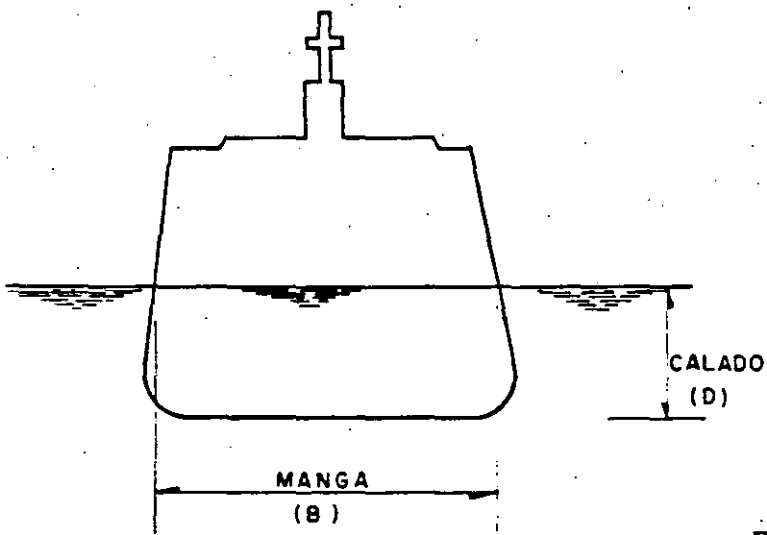
El uso de las Matemáticas nos dará una interpretación clara y razonable del fenómeno, y las consideraciones de partida estarán relacionadas lo más cerca posible prácticamente a hechos observados. Gran parte del tiempo de un ingeniero se dedica a obtener principios de diseño que han sido aceptados con buena confianza y usados con cierta autoridad pública. Muchos de ellos han probado ser convenientes puesto que pocos problemas se han obtenido con su uso, y lo mejor que puede decirse de ellos es que son antigua experiencia. La experiencia es muy valiosa en especial cuando se puede establecer cuantitativamente, no obstante, si una estructura construída hace varios años se encuentra en buenas condiciones, eso no es una razón adecuada para copiar las proporciones de diseño, puesto que pueden tenerse condiciones completamente diferentes; y procurando tener estructuras adecuadas para su función, éstas deben ser económicas.

Lo principal y esencial en todos los proyectos, es obtener hechos relevantes y apreciar su significado. Estos serán clasificados y su relación valuada, y en esta forma los valores respectivos pueden razonablemente proporcionarse.

ALGUNOS TERMINOS USADOS







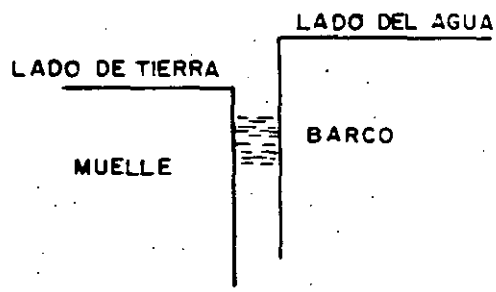


Fig. 1

Desplazamiento es el peso real de la embarcación o el peso del agua que desplaza cuando flota.

El barco puede estar cargado o descargado, correspondiendo a dichas condiciones calado y desplazamiento cargado o descargado.

Peso muerto (DWT) es la capacidad de carga del barco y es la diferencia entre el desplazamiento cargado y descargado. El peso muerto varía de acuerdo con las diferentes estaciones del año y diferentes partes del mundo, puesto que la densidad del agua y en consecuencia la flotación depende de la temperatura y la salinidad.

CRITERIOS DE CALCULO

El análisis y el diseño de una estructura marítima siguen esencialmente los mismos conceptos aplicables a cualquier otro tipo de estructura, con especificaciones especiales en cuanto a lo que respecta al tipo de cargas que debe soportar y a las condiciones de seguridad con que debe operar.

A diferencia de otras estructuras en donde el diseño se lleva a cabo con base a cargas estáticas equivalentes, en el caso de una obra para atracar embarcaciones las estructuras se diseñan para absorber energía durante el atraque.

No obstante los cuidados que se tengan para realizar las maniobras de las embarcaciones, debido a las condiciones del tiempo en ocasiones -- tan severas, las estructuras están expuestas a sufrir grandes daños si no se tienen las precauciones necesarias, por lo cual, en general debe tor se en cuenta que, al quedar fuera de servicio una estructura de este tipo, - se tienen pérdidas mucho mayores a cualquier gasto adicional para prote-- gerla y asegurar su funcionamiento.

Un aspecto muy importante en el que debe ponerse especial cuidado es que, en un gran número de casos predominan para el diseño los esfuerzos que se presentan durante la construcción sobre los correspondientes a la estructura en operación.

Por ser costumbre en la especialidad, en todos los temas tratados -- nos referimos a las obras marítimas, pero es conveniente aclarar que, los mismos conceptos son aplicables a las obras fluviales y lacustres del mismo tipo.

El Ingeniero dedicado a este tipo de trabajos deberá comprender -- las razones por las cuales en otros lugares se utilizaron determinados procedimientos ligados al conjunto de conceptos que intervinieron, y aplicar -- con criterio las experiencias obtenidas a su caso particular.

M A R E A S

Es un hecho de observación común en la costa que el nivel del mar tiene una oscilación constante ascendiendo y descendiendo aproximadamente dos veces en 25 horas. Este fenómeno no tuvo una explicación clara hasta que Newton estableció la ley de la Gravitación Universal y fue desarrollada principalmente por Lagrange y Laplace. Se ha establecido que el fenómeno es debido a la atracción gravitacional combinada del sol y la luna sobre las aguas en la superficie terrestre. Los niveles máximo y mínimo de la marea se denominan Pleamar y Bajamar o Marea Máxima y Marea Mínima. Tomando el promedio entre estos niveles se obtiene un resultado poco más o menos constante en todos los puertos, denominado Nivel de Marea Media o Nivel Medio del Mar al cual se refieren las altitudes.

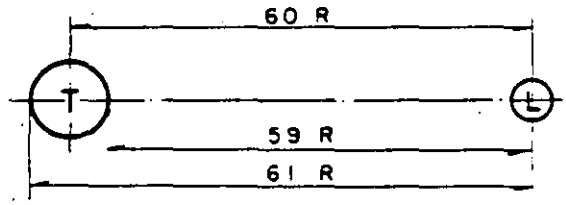
La influencia de la luna es mayor por estar más cercana a la tierra. distancia del sol a la tierra es aproximadamente 390 veces mayor a la de la luna, no obstante, su masa es aproximadamente 26,000,000 veces mayor. El análisis matemático basado en la Ley de Newton (atracciones directamente proporcionales a las masas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia) demuestra que la acción del sol equivale aproximadamente a 2/5 de la acción de la Luna.

La atracción de los demás astros no se hace notar en las aguas de los mares, en virtud ya sea de sus pequeñas masas, o bien de sus enormes distancias. Teoría debida a Newton conocida también como teoría estática o de equilibrio.

La distancia entre los centros de la tierra y la luna es aproximadamente 60 veces el radio de la tierra. Tomando el diámetro de la tierra que se

extiende y pasa por la luna, la relación de fuerza gravitacional en tres puntos, uno en cada extremo del diámetro y otro en el centro, es:

$$\frac{1}{59^2} : \frac{1}{60^2} : \frac{1}{61^2}$$



y las diferencias de estos que da la razón de atracción en cada extremo del -- diámetro,son:

$$\frac{1}{59^2} - \frac{1}{60^2} = \frac{1}{3481} - \frac{1}{3600} = \frac{1}{105,307}$$

y $$\frac{1}{60^2} - \frac{1}{61^2} = \frac{1}{3600} - \frac{1}{3721} = \frac{1}{110,708} \qquad (1)$$

la media es $$: \frac{1}{107,940} = \frac{2}{215,880} : \frac{2}{60^3}$$

atracción suficiente para mover las partículas del mar.

Consideremos la tierra moviéndose alrededor del centro gravitacional - (M) de ella y la luna que se encuentra a 3,000 millas del centro de la tierra y por consiguiente 237,000 millas del centro de la luna. Cada 24 horas la tie-- rra tiene la misma posición relativa respecto a la luna, considerada fija, por lo que la rotación de la tierra no influye en las mareas y solo consideraremos la translación. (La variación de la atracción gravitacional por la rotación -- mantiene constante la configuración adoptada por el nivel del mar).

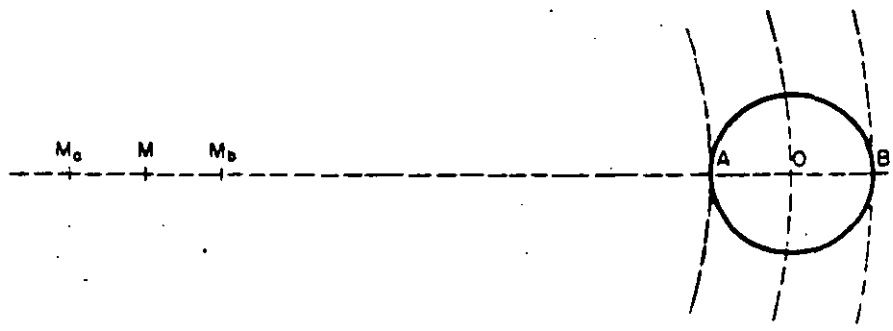


Fig. 2

En la figura 2 el punto A describe un círculo alrededor de Ma y B alrede dor de Mb. Cualquier partícula del cuerpo A B se mueve con velocidad constante de translación y la fuerza centrífuga en cualquier punto es igual y paral la (por unidad de masa). La fuerza gravitacional varía inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y es mayor en A que en B. En otras pala- - bras hay una fuerza resultante en A hacia M y en B en sentido contrario, - - - mientras que en 0 las fuerzas centrífuga y gravitacional se anulan mutuamente. La resultante total centrífuga es igual y de sentido contrario a la resultante total gravitacional.

Considerando a la tierra compuesta de un núcleo sólido rodeado de una capa delgada de agua en toda su superficie, la forma de equilibrio que tomará es la indicada en la figura 3.

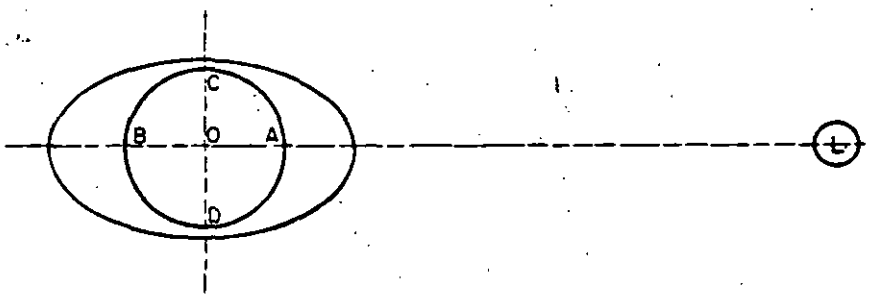
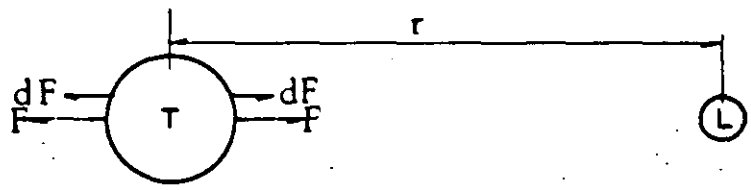


Fig.3

En los puntos C y D la atracción gravitacional es aproximadamente la - misma que en 0. El espesor de la capa en A y B aumenta y en C y D disminuye.

De acuerdo con la expresión (1)



M_L=Masa de la luna

$$dF = \frac{2 M_L \, dM_{AGUAS}}{r^3} \qquad F = \frac{2 M_L \, M_{AGUAS}}{r^3}$$

Fig.4

Por lo que podemos obtener la siguiente relación:

$$\frac{\text{Influencia de la Luna}}{\text{Influencia del Sol}} = \frac{390^2}{26000000} = 2\,{}^1/_4 \qquad (2)$$

Más correcto, 2.34 a 1, o 7/3; antes consideramos 5/2.

En virtud del movimiento propio de la luna por el cual este astro se desaloja diariamente un arco de 13° aproximadamente en la esfera celeste en -- sentido contrario al movimiento diurno aparente, el intérvalo de tiempo - - - comprendido entre dos culminaciones de nuestro satélite por un mismo meridiano o sea el día lunar, resulta más largo que el día sideral siendo su duración de 24 horas 50 minutos aproximadamente. De aquí resulta que 6 horas - 12 minutos después de la pleamar en A y B la luna se encontrará en una dirección perpendicular a la B O A de la figura 3, presentándose bajamar en A y B y pleamar en C y D; 12 horas 25 minutos después tendremos nuevamente pleamar en A y B y bajamar en C y D.

La acción atractiva del sol produce efectos semejantes a las anteriores con alta marea a su paso por el meridiano al medio día y baja marea cuando - se encuentra en el horizonte.

La acción de la luna y el sol se combinan según las posiciones relativas de los dos astros tal como se indica en las figuras 5 y 6. Cabe recordar que el mes lunar en que la luna realiza un giro completo alrededor de la tierra tiene una duración de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2.8 segundos

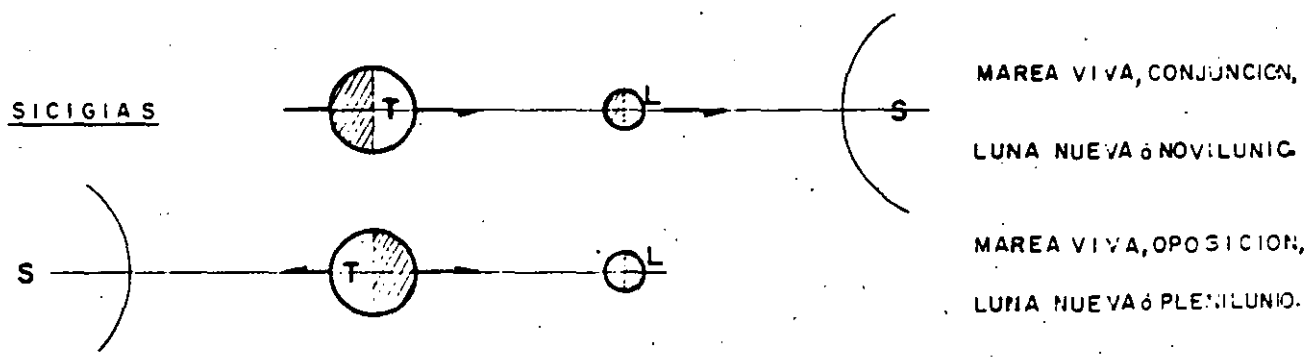


Fig. 5

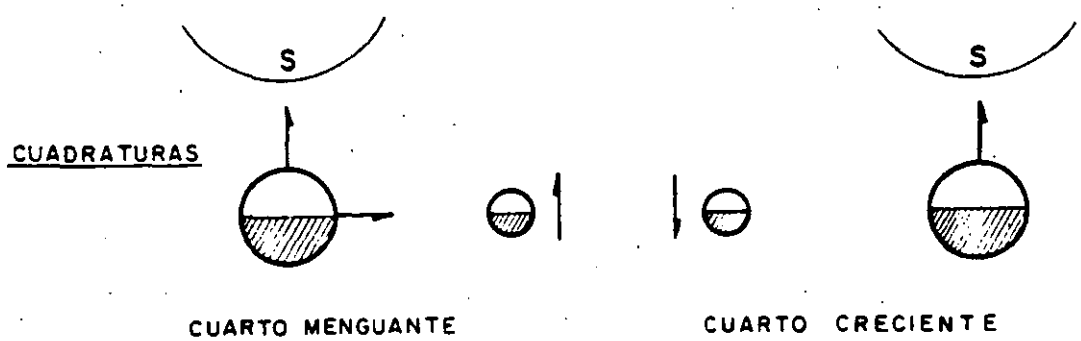
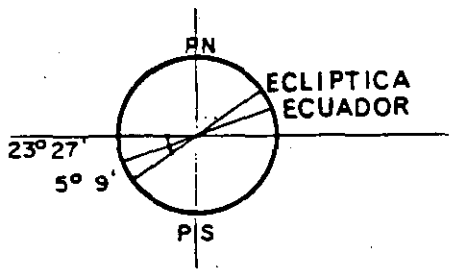


Fig. 6

Debido a retardación por las condiciones terrestres, la marea máxima - en cada lugar no coincide con la conjunción u oposición, sino a un intérvalo de tiempo después llamado edad de la marea.

El plano de la trayectoria lunar forma un ángulo de 5º 9' con la eclíptica o plano de la trayectoria del sol. Cerca del tiempo de los equinoccios la - luna y el sol se encuentran casi verticalmente sobre el ecuador y las mareas de sicigias equinocciales son excepcionalmente altas.



Las mareas más bajas del mes ocurren cerca del tiempo en que la luna está en sus cuadraturas. La edad de la marea también se presenta.

Un poco antes y después del novilunio y plenilunio el sol y la luna ocupan posiciones tales que la atracción resultante sobre la superficie de la tierra está dirigida hacia un punto entre ellos, debido a ésto el alta marea se presenta un poco antes y después, en tal forma que el intérvalo promedio entre las respectivas mareas varía entre 24 horas 32 minutos y 25 horas 32 minutos.

Desigualdad diurna.- En algunas partes del globo terrestre la diferencia de altura en las mareas el mismo día es muy notable. Esta desigualdad diurna es debida a que la luna se mueve arriba y abajo del plano del ecuador, y al empezar y terminar de un período de 12 horas un punto sobre la superficie terrestre ocupa diferentes posiciones respecto al plano de la órbita de la luna y está sujeto a influencia lunar de grado variable. La desigualdad diurna es muy marcada en los Oceanos Indico y Pacífico.

La teoría de Newton asume equilibrio en todo momento de las partículas sujetas a fuerzas atractivas. Esto en realidad es incorrecto o más bien es una presentación incompleta de los hechos. En la teoría de equilibrio es una conclusión legítima que la pleamar coincide con el paso de la luna por el meridiano, lo cual no es el caso puesto que en general ocurre varias horas despues. La discrepancia es tal, que en algunos lugares del Oceano Pacífico frecuentemente se tiene bajamar en tiempo del paso de la luna por el meridiano.

Laplace en su investigación tomó en cuenta el efecto de la rotación de la tierra y su teoría se distingue como la teoría dinámica. En ésta, el movimiento del agua se calcula como un resultado del movimiento diurno y la atracción de la luna.

Ninguna teoría abarca todo el fenómeno, y ambas parten de consideraciones de dudosa validéz, pero en general se puede decir que ellas sirven como bases suficientemente satisfactorias de una explicación aproximada del problema, el cual está lleno de complejidades que impiden la solución completa.

Otras teorías sobre la misma base y con algunas otras modificaciones se han presentado pero no son más que de interés meramente académico. Es

suficiente para nuestro propósito aceptar el fenómeno y confirmar nuestros - estudios a las condiciones bajo las cuales existe.

V I E N T O

La circulación de las masas de aire más o menos paralela a la superficie de la tierra se conoce como viento. Este movimiento del aire se produce debido a los cambios en la temperatura de la atmósfera. Cuando el aire se calienta, su densidad disminuye, y como resultado de ésto asciende y es sustituído por aire más frío que fluye adentro y abajo de éste. Los cambios en temperatura en la atmósfera debidos a diferente absorción superficial del calor por la tierra en comparación con el agua y las montañas comparadas con los valles, y los cambios producidos por la noche y el día producen vientos locales y brisas. Las brisas frescas en el lado de la playa durante el día y aquellas desde las montañas que reemplazan el aire tibio en los valles en la noche son ejemplos de este fenómeno. Además de vientos locales y brisas, existe un flujo de aire general debido a que el aire cálido del ecuador es reemplazado por aire más frío fluyendo desde el norte y sur, desviado por la rotación de la tierra.

Toda localización está sujeta a lo que se llama viento predominante o a un viento soplando de una dirección general en la mayor parte del año. Los Monzones son vientos predominantes que soplan en una dirección durante parte del año y en la opuesta en el resto. Los vientos Monzones son los que prevalecen en el Pacífico Oeste. Los vientos predominantes no son necesariamente los más fuertes, ya que vientos muy frecuentes de mayor intensidad pero que ocurren con menos frecuencia soplan de otras direcciones. La dirección del viento está dada del punto desde el cual viene, hacia el observador. El lado de la estructura expuesta a la dirección desde la cual viene el viento es el lado de barlovento y el opuesto es el lado de sotavento.

La dirección, frecuencia, e intensidad de los vientos en una localización

particular sobre un período de tiempo se representan gráficamente por la rosa de los vientos. (Fig.7)

La fuerza de los vientos se clasifica de acuerdo con la escala de Beaufort, en la cual la intensidad está dada por 13 números de 0 al 12, cada número representando una velocidad aproximada y descripción general de la intensidad.

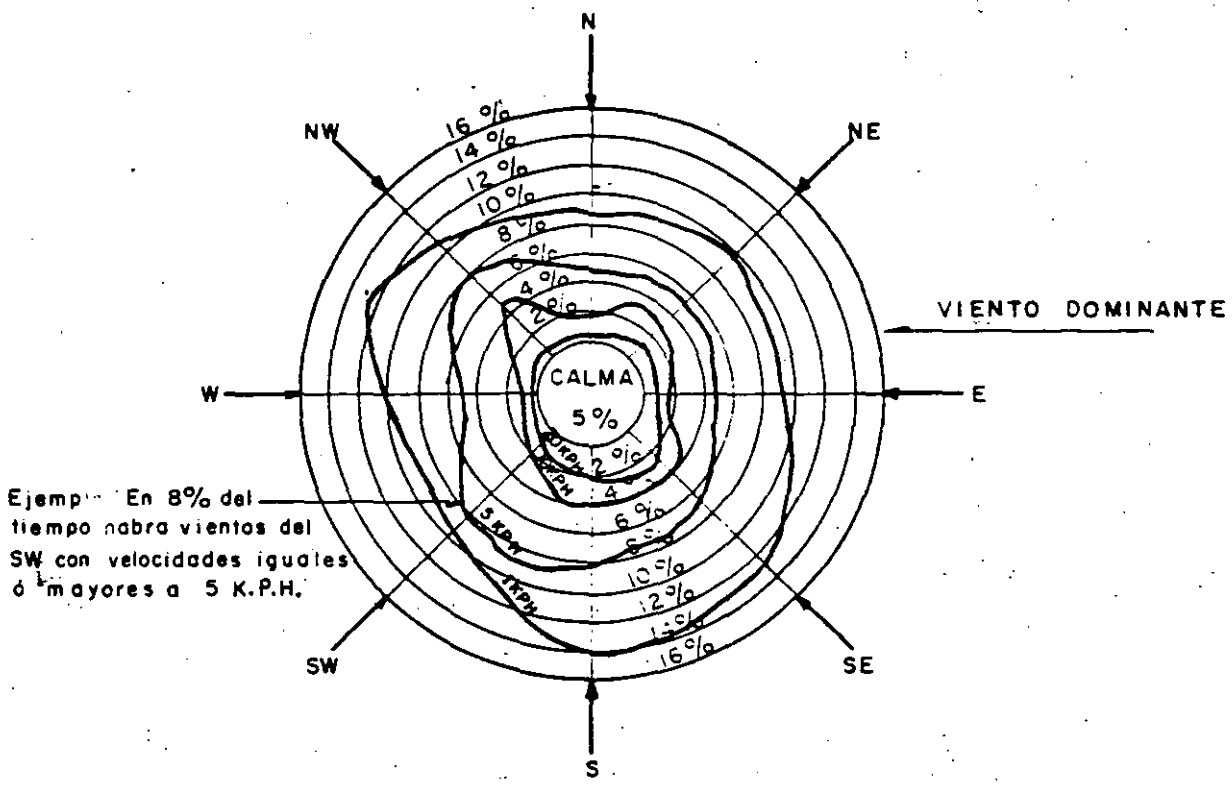


Fig. 7

ROSA DE LOS VIENTOS

ESCALA DE BEAUFORT

Número de Beaufort	Descripción	Velocidad en millas por hora
0	Calma	0 - 1
1	Aire ligero	1 - 3
2	Brisa leve	4 - 7
3	Brisa suave	8 - 12

4	Brisa moderada	13 - 18
5	Brisa fresca	19 - 24
6	Brisa fuerte	25 - 31
7	Vendaval moderado	32 - 38
8	Vendaval fresco	39 - 46
9	Vendaval fuerte	47 - 54
10	Vendaval total	55 - 63
11	Tormenta	64 - 75
12	Huracán	Arriba de 75

La presión del viento varía con el cuadrado de la velocidad y está dada por la fórmula $p = cv^2$, donde c es una constante tomada normalmente como 0.00256 cuando v está en millas por hora y p en libras por pie cuadrado. La presión total del viento sobre una estructura varía con su forma, y por consiguiente, la presión p se multiplica por un factor que varía entre 1.3 y 1.6, el valor más pequeño siendo adecuado para una superficie plana baja de un barco o un muelle. Al diseñar muelles con la fuerza del viento contra el barco y para cargas de viento del equipo operando sobre el muelle tales como torres móviles o grúas debe aplicarse un juicio considerable para elegir la velocidad del viento usada en el diseño. Es costumbre considerar que equipo tal como torres cargadas no operarán cuando la velocidad del viento es mayor a 15 millas por hora y, por consiguiente, una presión del viento de 5 lb/ft^2 bajo condiciones de operación se considera adecuada. Además no se espera que un barco permanezca a lo largo del muelle durante condiciones de tormenta severa y huracán, y una fuerza de diseño que exceda 20 lb/ft^2 es raramente garantizada.

CARGAS VIVAS Y SISMO

Las cargas vivas de piso varían considerablemente dependiendo del tipo de carga y el procedimiento de moverla. La carga general tiene un promedio de 2 M^3/Ton. y colocada en pilas de 4 M. de altura dará -- 2 Ton./m^2 sobre el piso. Se puede suponer que la carga sobre el piso - puede variar en 50% respecto al promedio, pero que no es posible almacenar pacas cubriendo más del 75% del área de piso, por lo que una carga - de 2500 Kg./M^2 es satisfactoria en general. Esta carga puede ser me-- nor para el caso de algodón o madera (1500 a 2000 Kg./M^2).

La carga viva uniformemente distribuida normalmente regirá para el diseño de losas, trabes, pilotes, etc., no obstante, es conveniente revisar por cargas de ruedas de montacargas, grúas móviles y camiones de las cuales se dán algunos valores en la figura 8. Para el caso de g fijas, giratorias, sobre rieles o de cualquier otro tipo, el fabricante proporcionará un plano de cargas para el diseño de la cimentación.

En el caso de muelles petroleros las cargas vivas se reducen tan solo al equipo necesario para maniobrar las garzas de carga y descarga, puesto que las descargas de las tuberías sobre sus apoyos son bien conocidas y pueden considerarse dentro de las cargas muertas.

Sobre todo en lugares como Mexico, es muy importante llevar a cabo el análisis sísmico de las estructuras considerando para ellos los coeficientes establecidos para cada lugar del país por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

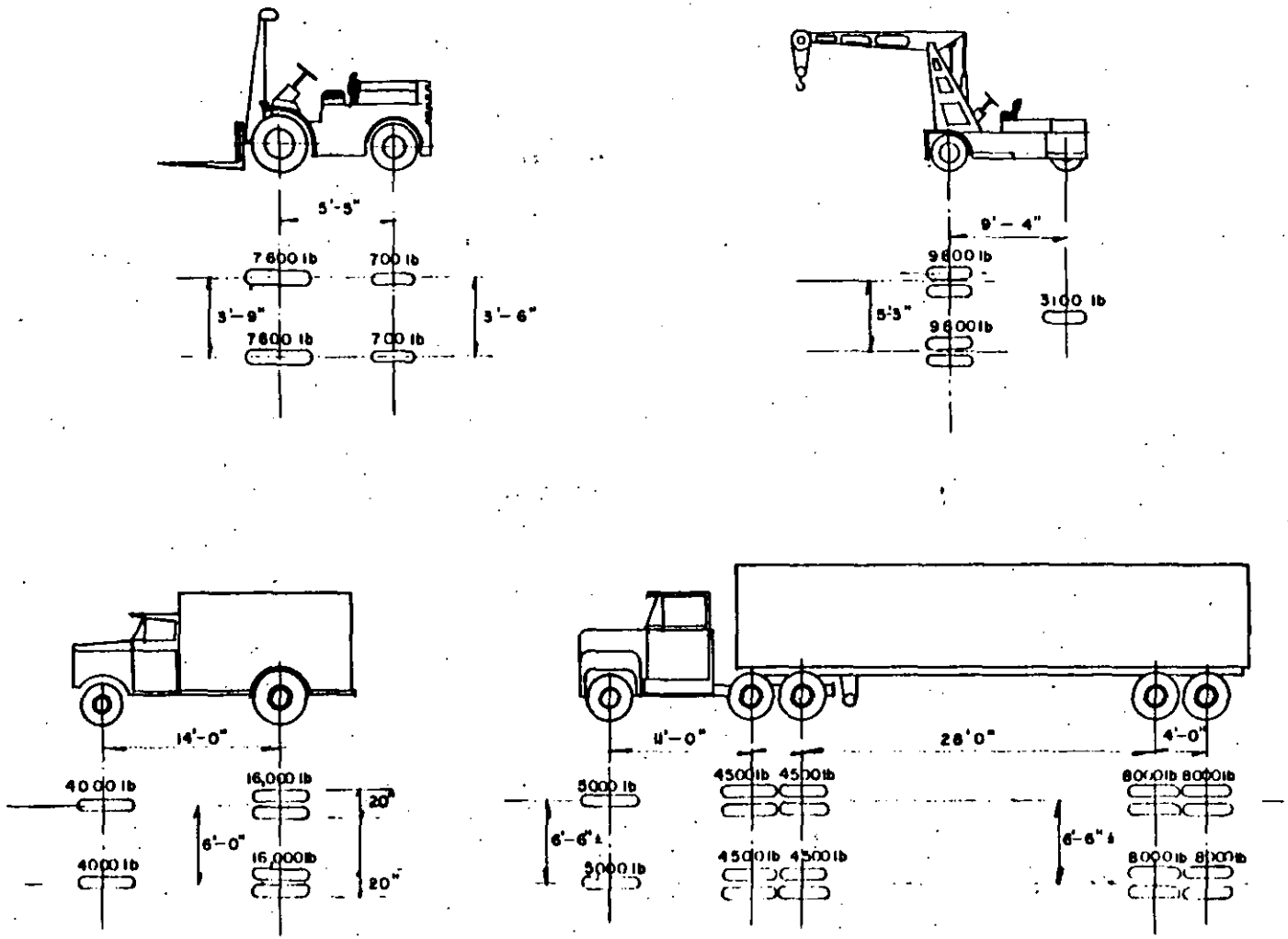

5'-5"
7600 lb
700 lb
3'-9"
3'-6"
7600 lb
700 lb
9'-4"
9600 lb
3100 lb
5'3"
9600 lb
14'-0"
40000 lb
16,000 lb
20"
6'-0"
40000 lb
16,000 lb
20"
11'-0"
28'0"
4'-0"
5000 lb
45001b 45001b
8000 lb 8000 lb
6'-6"±
9000 lb
45001b 45001b
6'-6"±
8000 lb 8000 lb

Fig. 8

IMPACTOS DE EMBARCACIONES

Las cargas laterales más importantes que debe soportar un muelle son debidas al impacto de las embarcaciones. Estas se presentan en dos formas:

a) Atraque bajo condiciones normales. Las fuerzas varían de acuerdo con las condiciones de la marea, pero en todos los casos puede considerarse el viento.

b) Atraque accidental en condiciones no normales o excepcionales.

Es económicamente injustificable diseñar una estructura capaz de soportar una colisión de punta a proa, u otra condición más excepcional sin daño -- (Ref.1)

Un análisis de la determinación de la estabilidad de muelles puede ser por consiguiente dividido en los siguientes problemas:

1) Determinación de la magnitud y dirección del impacto.

2) Estimación de la proporción de la energía cinética de la embarcación transmitida y absorbida por el muelle u otra estructura y defensas en el impacto.

3) Determinación del monto de esta energía que será absorbida por las defensas junto con el diseño de éstas.

4) Determinación de los esfuerzos en el muelle u otra estructura debido al impacto lateral que recibe.

Desafortunadamente los datos aprovechables son vagos e incompletos y el impacto puede ocurrir bajo un amplio rango de condiciones. Obviamente un -- buen tratamiento tiene que tomar en cuenta la velocidad de la embarcación atracando, el ángulo al cual el impacto es transmitido y la masa. Ha habido un cierto monto de investigación, observación y colección de datos de impactos reales en años recientes por observación práctica y medición.

El impacto entre dos cuerpos puede ser elástico o inelástico. Cuando --

éste es elástico, las deformaciones continúan mientras estos actúan uno sobre el otro y se moverán hasta que la energía cinética del cuerpo móvil, es decir, el que causa el impacto, se ha gastado en el trabajo de deformación interna. Así, el principio de la absorción de impactos de embarcaciones es que la energía cinética se utiliza en deformar la estructura o una parte de ella, de acuerdo con su movimiento, y si esto sucede elásticamente, ésta regresará a su posición original cuando el total de la energía se ha absorbido, o en otras palabras, la embarcación llega al reposo y ha cesado de apoyarse en la estructura. La masa de la estructura es efectiva en reducir la energía cinética de la embarcación ya que la inercia debe vencerse antes de que la estructura resista el movimiento. Así, en un muelle de muro con relleno en el respaldo, no es necesario considerar el impacto, excepto posiblemente para proteger la embarcación y preveer daño local en la estructura. En las estructuras soportadas sobre pilotes, el caso es diferente, ya que su masa es mucho menor.

Es deseable examinar la manera en la cual es posible para una embarcación atracar y hacer contacto con un muelle u otra estructura. Hay normalmente tres posibilidades:

a) Un impacto de Punta.

b) Un impacto de lado, es decir, paralelo a la banda de atraque

c) Por el cuarto de la embarcación a cierto ángulo con la estructura.

Excepto en el caso de accidentes, es muy raro que una embarcación llegue de punta. Con una marea considerable, una embarcación normalmente llega en la forma c) cabeceando contra la marea y sigue

en b) cuando la marea balancea a la embarcación hacia el muelle. La - embarcación puede rebotar en el primer impacto moviéndose hacia adelante una cierta distancia y llegar nuevamente a hacer contacto con el cuarto o puede deslizar a lo largo de la banda de atraque, y finalmente hace contacto a todo lo largo. En agua quieta en general el contacto se hace a todo lo largo, pero algunas veces la embarcación toca primero - en el cuarto con un ligero ángulo. Deberá notarse que debido a la forma del impacto de una embarcación, usualmente la parte superior de las defensas o cubierta del muelle rèciben el primer impacto. En realidad, excepto en el caso a), y posiblemente en ciertos casos de b), la energía cinética total de la embarcación no se transmite a la estructura. Al no usarse amarras de inmediato y rebotar el barco gran parte de la energía se transforma en resistencia del agua.

Para el cálculo del impacto con este criterio (ref. 1 y 4), l más común es considerar una velocidad de atraque de 6 in/seg=15cm/seg y un ángulo de 20^{o}. El desplazamiento cargado es usado en los cálculos y si no se conoce puede calcularse aproximadamente en la siguiente forma:

$$W = k \frac{LBD}{35} \qquad (3)$$

W - Desplazamiento cargado en ton. (1 ton = 2240 lb)

L, B Y D - en ft. (en promedio)

Valores de k: -

0.80 - 0.85 - pequeñas embarcaciones de carga

0.75 - 0.80 - pequeñas embarcaciones de carga más rápidaz.

0.70 - 0.75 - grandes embarcaciones de carga.

0.65 - 0.70 - grandes embarcaciones de carga rápidas

0.60 - 0.65 - grandes embarcaciones de pasajeros rápidas

Se pueden considerar dos componentes de la energía, una - - transversal $C_1 \frac{W}{2g}(V \operatorname{sen} \alpha)^2$, y otra longitudinal $C_2 \frac{W}{2g} (V \cos \alpha)^2$ en donde C_1 y C_2 son menores que la unidad, v y α son respectivamente la velocidad y el ángulo de atraque (fig. 9).

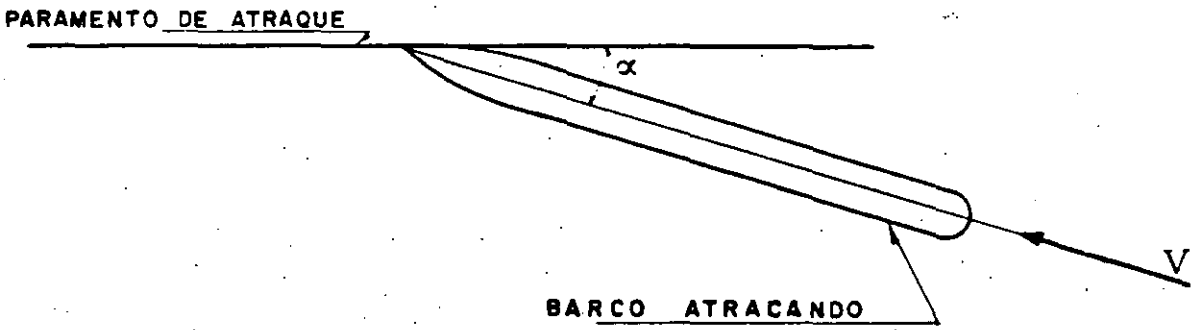


Fig. 9

La energía de la embarcación se absorbe en la siguiente forma para llegar al reposo:

1) Trabajo de deformación de la misma embarcación.

2) Resistencia de fricción del agua durante los cambios en -- dirección de la embarcación.

3) Calor debido a fricción entre el barco y la estructura o las defensas mientras se logra el reposo. Por ejemplo, durante el deslizamiento a lo largo del paramento de atraque.

4) Trabajo de deformación de la estructura y las defensas.

5) Restricción de los cables de las amarras.

Si se asegura una amarra de la parte delantera y se jala el barco hacia el muelle, se tiene un deslizamiento longitudinal, durante el cual la componente logitudinal de la energía se transforma en fricción de las defensas, tensión de los cables y resistencia del agua. Si después se despega el barco, la tensión de los cables sobre el muelle es de sentido transversal contrario al del impacto y longitudinalmente del mismo sentido, lo cual solo sucede en raros casos al igual que cuando no se usan amarras en cuyo caso rebota el barco y la energía se transforma en resistencia del agua.

Solo en casos calificados como "criminales" como cuando se pega con la popa o los llamados impactos de proa se tienen ángulos entre 40^{o} y 90^{o}.

Para calcular la fuerza de diseño producida por la embarcación en el momento más desfavorable se tiene lo siguiente:

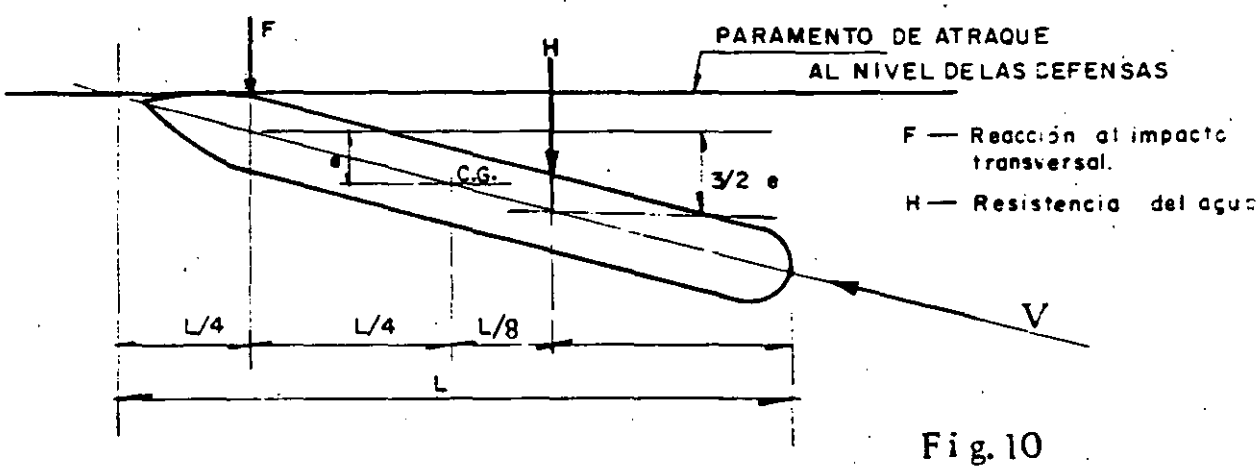


Fig. 10

Puesto que consideramos una velocidad angular constante, no se tiene aceleración angular y por lo tanto:

$$\Sigma M_{C.G.} = 0$$

$$F\,L/4 = H\,L/8$$

$$\therefore \quad H = 2F$$

$$F = \frac{H}{2} \qquad (4)$$

Para detener el barco se presenta un movimiento uniformemente decelerado y,

$2\,e\bar{a} = v^2$ $\qquad$ $\bar{a}$ = aceleración del C.G.

Energía Total = $E_T = \frac{1}{2}\,mv^2$ $\qquad$ m = masa

$$= \frac{1}{2}\,m\,(2\,e\bar{a})$$

$$E_T = m\,e\bar{a}$$

(5)

De acuerdo con el principio del movimiento del centro de masa se tiene:

$$F + H = m\bar{a} \qquad (6)$$

Sustituyendo (4) en (6)

$$\frac{3}{2}\,H = m\bar{a}$$

$$H = \frac{2}{3}\,m\bar{a}$$

Por lo que la energía absorbida por el agua es:

$$E_H = \frac{1}{2} H \left(\frac{3}{2} e\right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{2}{5} m\bar{a}\right)\left(\frac{3}{2} e\right)$$

$$E_H = \frac{1}{2} me\bar{a}$$

y de (5)

$$E_H = \frac{1}{2} E_T$$

Por lo que el impacto solo toma la energía restante, es decir:

$$E_F = \frac{1}{2} E_T \qquad (7)$$

De acuerdo con los experimentos de MiniKin, solo 0.18 a 0.27 de la energía cinética total del barco se transmite al muelle por un impacto de proa, con el peligro de que si la velocidad es baja, y el ángulo grande, el barco puede voltearse. Vemos así que utilizando la expresión (7) estaremos del lado de la seguridad.

A partir de esta energía puede calcularse la fuerza de impacto, por ejemplo considerando que el sistema con rigideces en serie del barco, defensas y estructura absorberá dicha energía. La rigidez del barco en general es muy pequeña y no se toma en cuenta, y la rigidez de las defensas dependerá de su tipo, pero en general es conveniente obtenerla por tateos a partir de las gráficas proporcionadas por el fabricante.

La fuerza transmitida longitudinalmente tiene mucha importancia en el diseño y para obtenerla puede considerarse un coeficiente de fricción de 0.5 entre el barco y las defensas. Principalmente para el caso de los duques de alba, pueden hacerse intervenir las rigices torsional y longitudinal en el sistema en serie que absorbe la energía de la embarcación.

Existe suficiente evidencia dice R.R.MiniKin y H.T.Horsfield, para mostrar que la energía cinética en aguas quietas, transmitida a la - estructura es no mayor de 0.5 de la total en un impacto de punta.

Arthur L. Baker haciendo purebas sobre duques de alba opina que para un atraque de punta se tome la energía cinética total, y para -- impactos laterales el 40% de ésta.

La velocidad máxima del viento para que un barco pueda atra-- car es 12.5 o 15 m/seg. y una fórmula confirmada sobre un modelo en - Francia es:

$$F = ks\ (V-U)^2 \qquad (8)$$

Donde:

F - Fuerza del viento en kg.

S - Superficie expuesta del barco en m^2

V - Velocidad del viento en m/seg.

U - Velocidad del barco en m/seg.

normalmente U es despreciable.

La fuerza retardante debido a la resistencia del agua puede - obtenerse como:

$$R = K\ 'S'\ U^2$$

$K' = 60$

S' = área de la superficie sumergida como plana.

A.Eggink en un artículo establece que en sus modelos de Delft U/V = 1/20, no obstante este valor debe depender de la forma del barco y el calado. Una buena aproximación es tomar V = 15 m/seg. y - - U = 0.30 m/seg.

A. Pagés, en su investigación de impactos oblicuos calcuó -- con una aproximación muy clara que la energía cinética es reducida a - la mitad cuando el barco pega de flanco, y a 1/5 cuando pega en uno de los extremos.

De acuerdo con las pruebas realizadas en la Shell Petroleum Co., se recomienda que para barcos de 10,000 ton. (DWT) o menos, se tome en el diseño de las estructuras 40 in-ton, y para embarcaciones - mayores, 40 in-ton para cada 10,000 ton adicionales.

Existe otra recomendación de diseñar en general con una -- energía de 400 in-ton, ya que embarcaciones pequeñas atracan con mayor velocidad que las de gran desplazamiento, y todas llegan aproximadamente con la misma energía.

Alonzo De F. Quinn en su libro Design and Construction of -- Ports and Marine Structures, recomienda para α un valor de 10^{o}, y una velocidad normal a la banda de atraque entre 0.15 y 1.00 ft/seg. correspondiendo este último valor aproximadamente a una velocidad de atraque de $3\frac{1}{2}$ nudos.

Algunas fórmulas dan en forma lógica la velocidad de atraque en función del desplazamiento de la embarcación y las condiciones de - abrigo del puerto. También existen gráficas en las cuales pueden obtenerse la energía e impacto durante el atraque en función del desplaza-- miento (o peso) y la velocidad.

Se tienen métodos téoricos consistentes en asociar masas y - rigideces con armónicos cuyo comportamiento amortiguado se estudia - llegando a ecuaciones diferenciales de poca aplicación práctica, por lo que se requiere hacer ciertas consideraciones simplificatorias y aplicar

coeficientes obtenidos con criterios semejantes a los antes mencionados. Posiblemente otra objeción a este tipo de métodos es que, en general se supone un comportamiento elástico lineal de los elementos que intervienen, lo cual principalmente en el caso de las defensas no siempre es real. - Desde luego la importancia de este tipo de desarrollos es que se tiene - con ellos una mejor interpretación del fenómeno.

El fenómeno de transmisión y absorción de energía requiere de más pruebas e investigaciones, pero se puede afirmar que nunca se - transmite a la estructura el total de la energía de la embarcación, excepto en casos de impactos de punta en los que se tenga incertidumbre de cómo se absorberá la energía. Tanto ésto, como considerar en general una - transmisión de la mitad de la energía nos coloca del lado de la seguridad.

FUERZAS DE LAS AMARRAS

En la Fig. 11, se muestra en general la posición de las amarras en un barco atracado en un muelle.

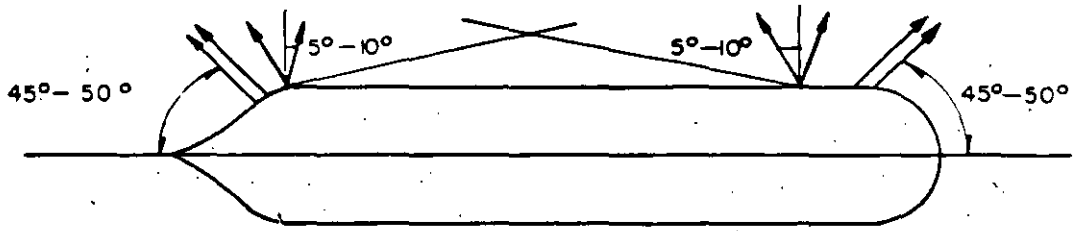
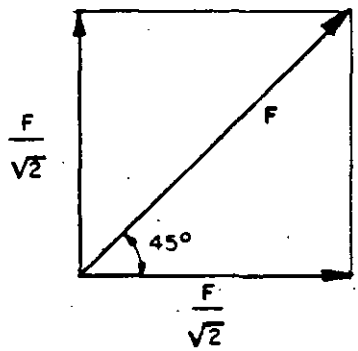


Fig.11

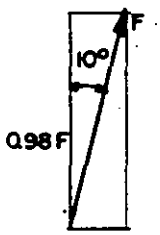
Fuerzas en las amarras de proa y popa.-

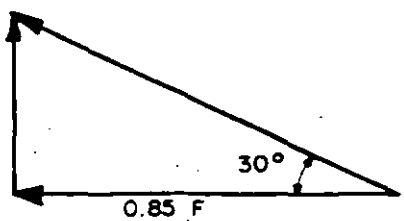


Fuerza soportada transversalmente = 0.69 Resistencia del cable

En el diseño se puede utilizar 0.5 Resistencia del cable

Fuerzas en las líneas de los lados.-





Fuerza soportada transversalmente = 0.85 Resistencia del cable

En el diseño se puede utilizar 0.8 Resistencia del cable.

Difieren mucho las opiniones respecto a si es conveniente utili_ zar cables de alambre o de fibra. (Refs. 7 y 8).

- Efecto del viento y la corriente.-

Cuando un fluido de velocidad V choca contra una superficie, se tiene transformación de carga de velocidad en carga de presión.

Si,

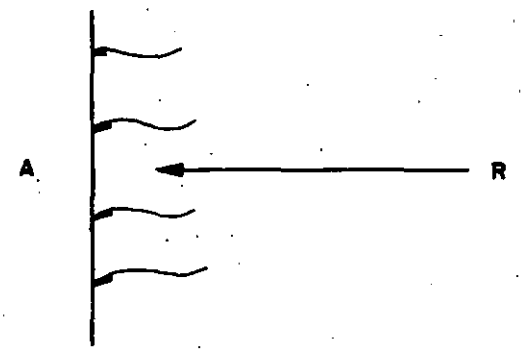
R = Fuerza contra la superficie

C = Coeficiente de arrastre

δ = Densidad del aire o agua

V = Velocidad del viento o corriente

A = Area del barco expuesta al viento o la corriente



Teóricamente

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{R/A}{\delta g}$$

Introduciendo el coeficiente de arrastre obtenido de experiencias

$$C \frac{V^2}{2g} = \frac{R/A}{\delta g}$$

$$R = \frac{1}{2} C \delta A V^2$$

Viento actuando perpendicularmente al eje de la embarcación.

$$R = 1.6 \times 10^{-6} L (D - d + 15) V^2 \qquad (10)$$

Donde:

R = Fuerza contra la superficie expuesta en ton.

L = Eslora en la línea de flotación en ft.

D = Profundidad de la cubierta principal en ft.

d = Calado medio en ft.

V = Velocidad del viento en nudos.

Corriente actuando perpendicularmente al eje de la embarcación

$$R = 1.6 \times 10^{-3} A V^2$$

Donde:

R = Fuerza contra la superficie expuesta en ton.

A = Area lateral proyectada bajo el agua en ft^2.

= Eslora al nivel de la flotación x calado medio

V = Velocidad de la corriente en nudos.

Corriente actuando en la dirección del eje de la embarcación.

$$R = 3 \times 10^{-6} S V^2$$

Donde:

R = Fuerza contra la superficie en ton.

S = Area de la superficie mojada en ft^2.

V = Velocidad de la corriente en nudos

Se puede utilizar la siguiente fórmula para obtener el área de la superficie mojada.

$$S = 15.6 V\sqrt{WL}$$

En donde:

W = Desplazamiento en toneladas para el dragado correspondiente

L = Eslora al nivel de flotación

En las referencias 7 y 8 se presentan gráficas para obtener áreas proyectadas y fuerzas de viento y corriente, así como algunas explicaciones y esquemas de la forma en que deben arreglarse las amarras y las bitas.

ANALISIS DE ESTABILIDAD GENERAL

Antes de abordar el análisis y diseño de la estructura en sí, es necesario realizar un análisis de estabilidad general. En seguida daremos algunos criterios prácticos para este objeto.

Caso de suelos no cohesivos - Teoría de la cuña.-

Suponiendo varios planos de deslizamiento se puede, por equilibrio, obtenerse las fuerzas sobre el muro y graficar los resultados para llegar al valor máximo de ésta (Fig.12).

En la ref. (3) se dan valor de $\emptyset$ y δ

Suelos cohesivos.-

Mostraremos en forma simplificada algunos ejemplos y posteriormente daremos una explicación más general de las bases de Mecánica de Suelos. En todos se procede por tanteos suponiendo círculos de falla - (Figs.13, 14 y 15) (Ref.3)

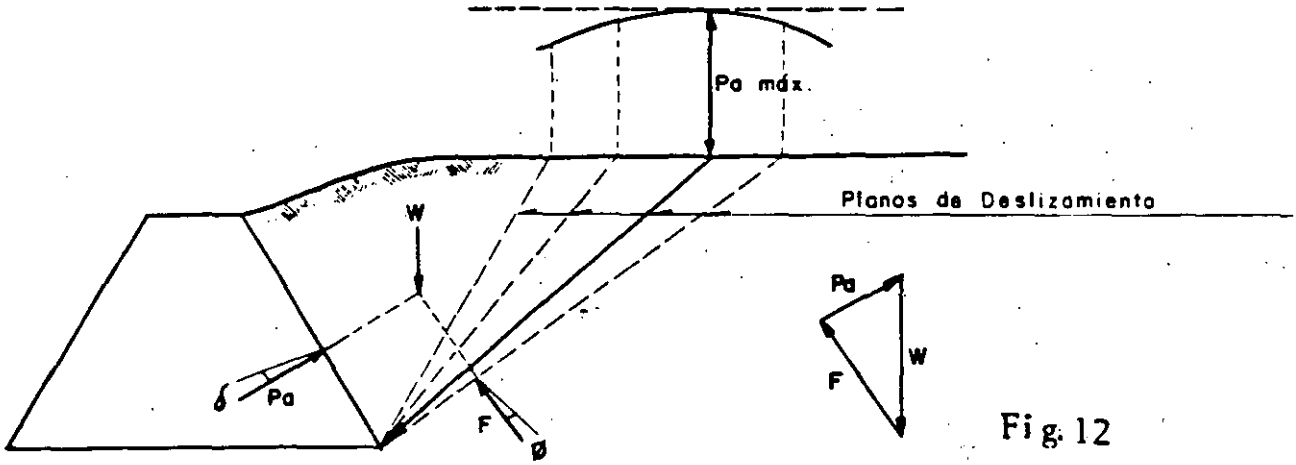
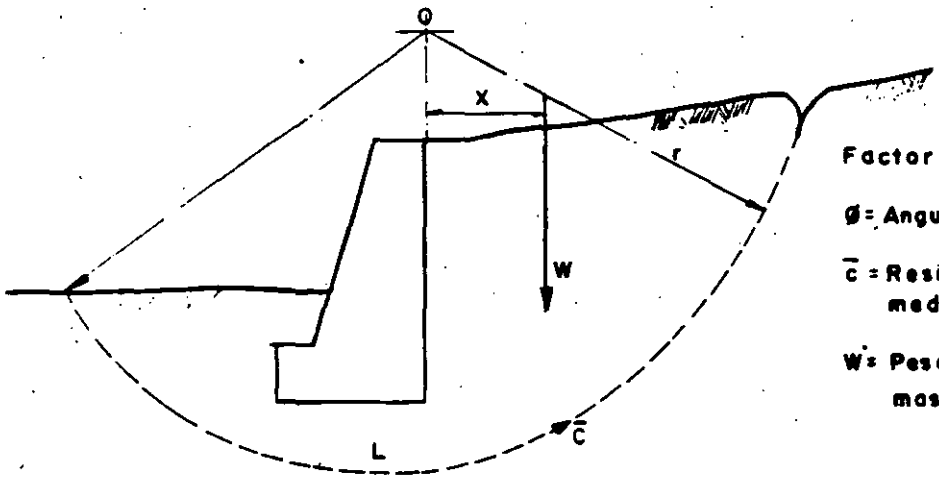


Fig. 12



Factor de seguridad = $\frac{r\bar{c}L}{WX}$

Ø = Angulo de fricción interna =0

$\bar{c}$ = Resistencia al cortante promedio a lo largo del arco.

W = Peso de la arcilla y el muro mas la carga superficial.

Fig. 13

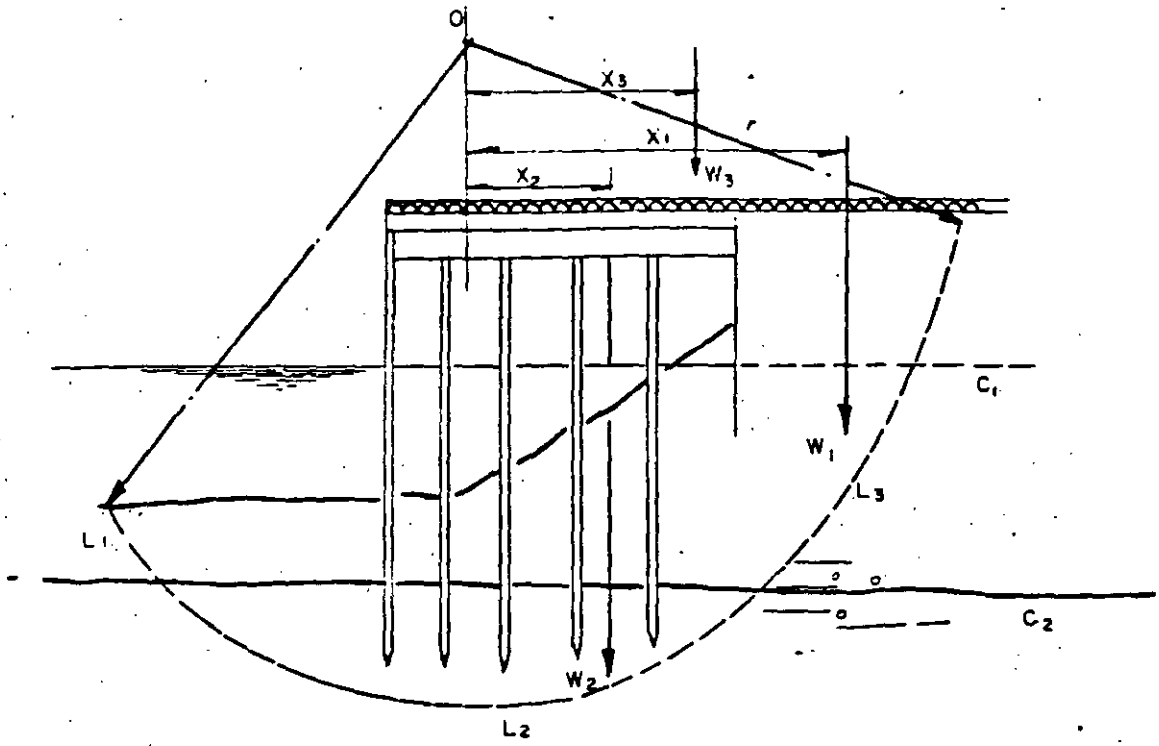


Fig. 14

FACTOR DE SEGURIDAD $= \dfrac{r\,[C_1 (L_1 + L_3) + C_2 L_2]}{W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3}$

$\phi = 0$

C_1 y C_2 = RESISTENCIA AL CORTANTE DE DOS ESTRATOS DIFERENTES DE ARCILLA.

L_1, L_2 y L_3 = LONGITUD DEL ARCO EN CADA ESTRATO.

W_1 = PESO DE ARCILLA SATURADA ARRIBA DEL NIVEL DEL AGUA.

W_2 = PESO DE ARCILLA SUMERGIDA ABAJO DEL NIVEL DEL AGUA.

W_3 = PESO DE LA ESTRUCTURA Y SOBRECARGA.

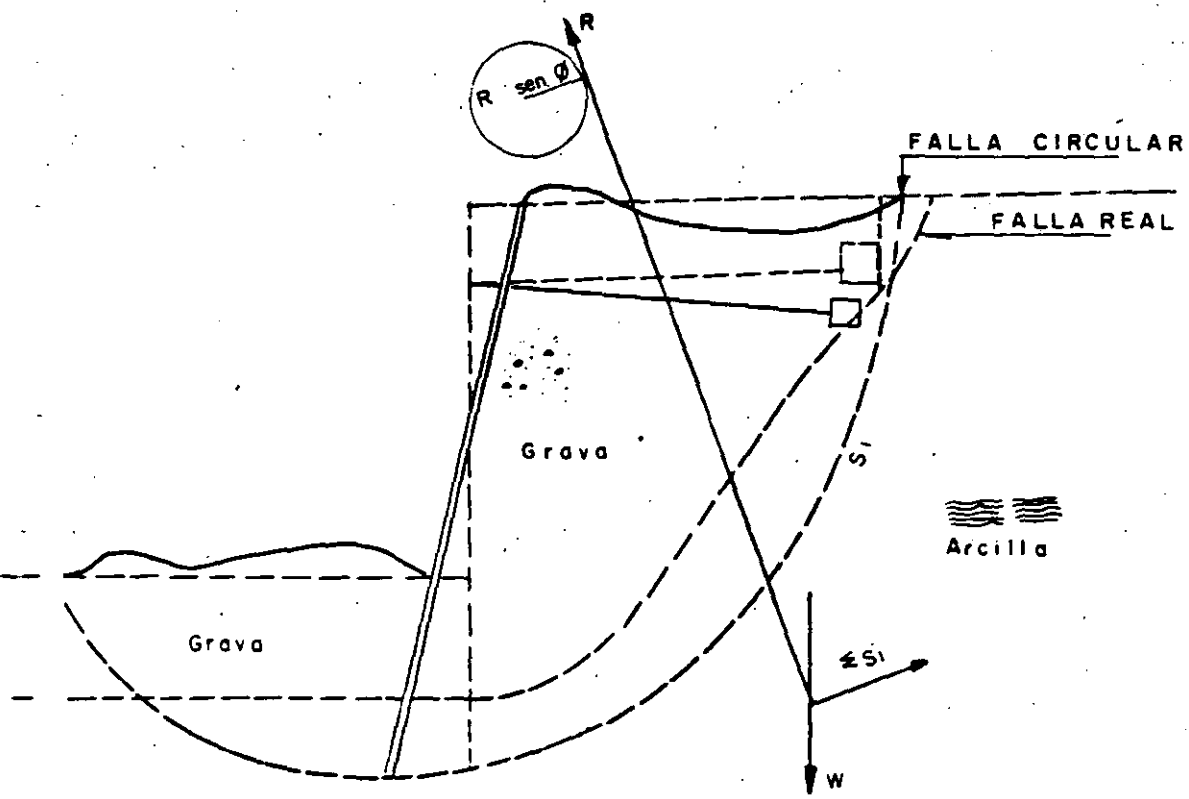


Fig.15

Método sueco para revisar la estabilidad de un talud.-

La consideración de Patterson referente a la forma de la falla es equivalente a la consideración de que la cuña A B C D localizada arriba de la línea de falla circular A B C, desliza girando alrededor del centro o de este arco (Fig 16) (Ref.12)

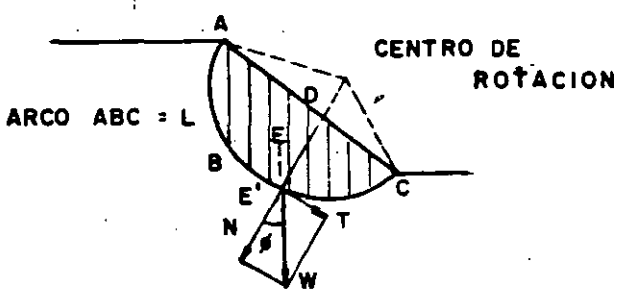


Fig. 16

Los tres pasos seguidos de acuerdo con el método sueco (Swedish-Method) son los siguientes:

a) Considerar el centro de rotación para la falla.

b) La cuña deslizante A B C D se divide con líneas verticales -- en un cierto número de segmentos, quizás 10 ó 12.

c) El peso de cada segmento se determina y se considera actuando en la -- proyección $E^{\prime}$ del centro de gravedad E del segmento sobre la línea de falla, y se descompone en una fuerza normal N pasando por el centro de la rotación, y una fuerza tangencial T actuando en dirección normal a N. Para calcular el peso de la cuña A B C D se supone un ancho unitario en el sentido normal al plano de la figura.

La fuerza que tiende a producir el deslizamiento o fuerza cortante en el punto E', es T. La fuerza resistente lo es en parte debido a la fricción y en parte a la cohesión. La primera igual a N tan ϕ , donde ϕ es el ángulo de fricción, y la última igual a la resistencia de cohesión C obtenida en una prueba de cortante multiplicada por el área de contacto del elemento dado con la línea de falla. Sumando todas las fuerzas cortantes o -

desplazantes para todos los elementos de la cuña que se desplaza, el total sería ΣT; y sumando las fuerzas resistentes, el total sería $\tan \phi \Sigma N + C$ donde L es la longitud total de la línea de falla A B C, entonces el factor de seguridad verdadero es:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\tan \phi \Sigma N + CL}{\Sigma T} \qquad (11)$$

El mismo resultado se obtiene igualando los momentos de las fuerzas desplazantes y resistentes alrededor del centro de rotación tal como se muestra en las figuras 13 y 14.

El método sueco considera esfuerzos cortantes promedio a lo largo de una trayectoria predeterminada y éstos se comparan con la resistencia cortante promedio a lo largo de la misma trayectoria. Puesto que el método sueco es sólo un diseño convencional, el factor de seguridad calculado con la fórmula no puede considerarse como absoluto. Se ha reportado ejemplo que en la construcción de bordos, pendientes con un factor de seguridad de 0.75 a 1.00 fueron en algunas ocasiones estables. Inconsistencias similares pueden explicarse en algunos casos por la poca aproximación en la estimación del factor de seguridad.

Otra objeción al método sueco (llamado también método de dovelas), es la consideración de que la interacción entre dovelas puede despreciarse. Así el punto E' dentro de la masa del suelo se considera cargado con el peso del terreno encima de él (ordenada E' E'' en la fig 17). Este punto llevaría exactamente el mismo monto de carga si se colocara terreno adicional en la parte superior de la masa dada, como se muestra con línea punteada, y esto es obviamente ilógico.

Fig.17

FACTOR DE SEGURIDAD

El método aceptado generalmente para calcular el factor seguridad contra deslizamiento es el dado por la expresión (11). La poca - - aproximación de este método ha sido demostrada, en efecto, parte de la - fuerza tangencial. $\sum T$ actua en favor de la estabilidad contra el deslizamiento. Esta parte debería restarse del denominador y aumentarse en el numerador lo que proporciona un aumento del factor de seguridad.

CENTRO DE ROTACION

Para localizar aproximadamente el centro de rotación, los ángulos α y β (fig.18), tomados de la siguiente tabla se trazan en la parte superior e inferior del talud respectivamente. La intersección de las - líneas correspondientes determina el punto 0, o centro de rotación.

Pendiente	Angulo con la horizontal (A)	α	β
1: 0.58	60°	40°	25°
1: 1.00	45°	37°	28°
1: 1.50	33° 47'	35°	26°
1: 2.00	26° 34'	35°	25°
1: 3.00	18° 26'	35°	25°
1: 5.00	11° 19'	37°	25°

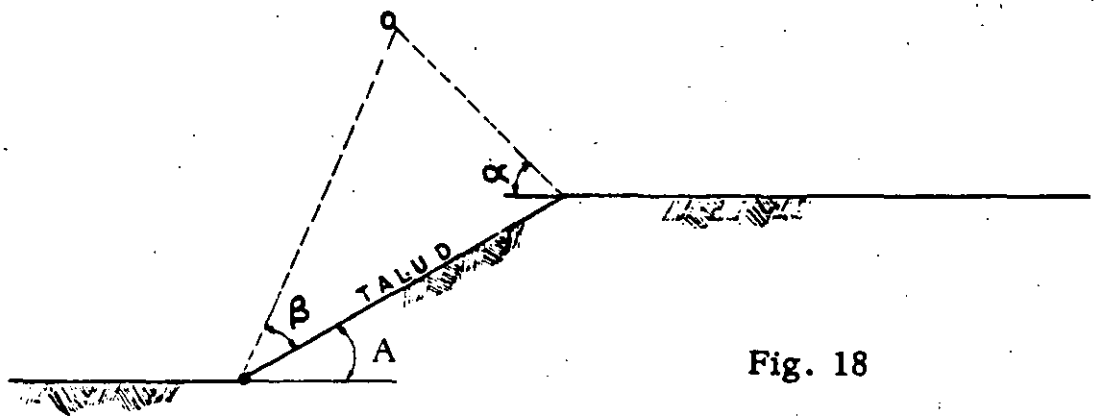


Fig. 18

Este método aproximado ha sido propuesto por Fellenius. El procedimiento aquí descrito debe repetirse para otros centros de rotación, localizados arbitrariamente, hasta que el centro de rotación y radio de curvatura den el valor mínimo del factor de seguridad. El arco correspondiente puede entonces aceptarse como el crítico, a lo largo del cual es más probable que ocurra la falla.

Método del círculo $\emptyset$.-

Este método está basado en la consideración de que la reacción resultante de la línea de falla circular toca a un círculo de radio rsen$\emptyset$ teniendo como centro el mismo que la línea de falla o (fig.19).En la Fig.15 se sigue este procedimiento.

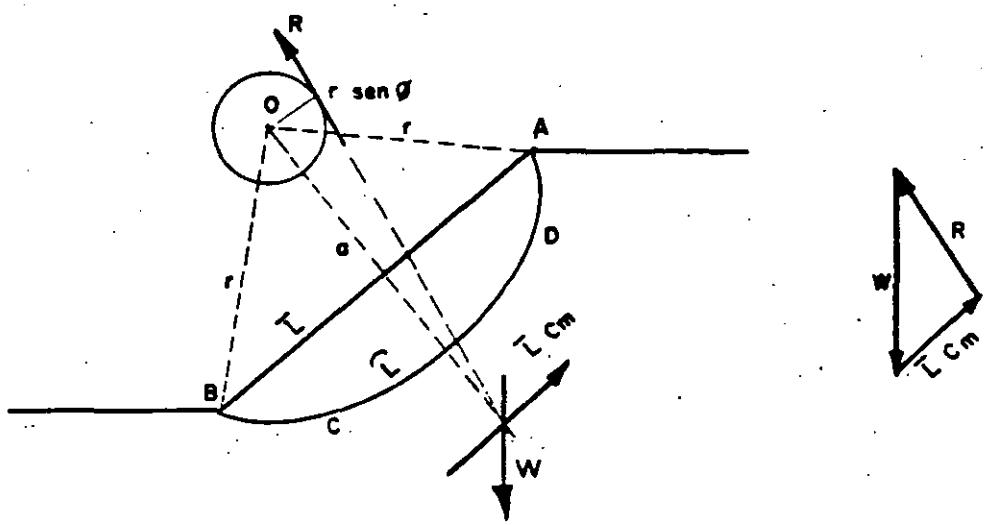


Fig. 19

La reacción en cada dovela, forma un ángulo ϕ con el radio y por lo tanto tiene un brazo de momento $r\,sen\,\phi$, y como consecuencia la resultante total deberá tener el mismo brazo.

Se considerará que la cohesión unitaria Cm requerida para mantener el equilibrio de la cuña deslizante es constante a lo largo de la línea de falla A B. Si el esfuerzo cortante Cm es constante a lo largo del arco deslizante A B = $\widehat{L}$, su resultante será $\overline{L}$ Cm, donde $\overline{L}$ es la longitud de la cuerda AB y es paralela a ésta. El brazo "a" de la resultante cortante puede determinarse tomando el momento de todas las fuerzas actuando a lo largo de $\widehat{L}$ alrededor del centro de rotación "o", e igualándolo al momento de la resultante $\overline{L}$Cm. alrededor del mismo punto.

$$\widehat{L}\,Cm\,r = \overline{L}\,Cm\,a$$

$$a = r\frac{\widehat{L}}{\overline{L}} \qquad (12)$$

En otras palabras, el valor del brazo de la resultante, no depende del valor de los esfuerzos Cm considerando a éstos constantes a lo largo de la línea de falla y la localización de la resultante $\overline{L}$Cm, puede determinarse fácilmente ya sea que se conozca o no la cohesión unitaria Cm.

La cuña A B C D está en equilibrio bajo la acción de las siguientes fuerzas:

a) Su peso

b) Resistencia cohesional $\overline{L}$Cm actuando paralela a la cuerda A B.

c) Resistencia friccional o reacción de la línea de falla circular.

El valor de la resultante cohesional $\bar{L}Cm$ que actuará en el terreno puede encontrarse por equilibrio, y la correspondiente cohesión unitaria - puede obtenerse simplemente dividiendo el valor total de $\bar{L}Cm$ entre $\bar{L}$. Si el valor de Cm así obtenido es menor que la cohesión máxima C que puede soportar el suelo dado según una prueba de cortante, no se presen-- tará deslizamiento, si sucede lo contrario la cuña deslizará. El significado del índice m es "movilizado".

Para encontrar el valor del peso W, el área A B C D se puede medir y multiplicarse por el peso unitario del material. La dimensión normal - al plano del dibujo debe ser la unidad. Encontrado el centroide, una línea vertical trazada a través de él intersectará a la cohesión resultante que se encuentre a una distancia "a" de "o" y es paralela a la cuerda A B, en un punto M.

La reacción R pasa a través del punto M y es tangente al círc

Los valores de $\bar{L}Cm$ y R. pueden medirse a escala en el polígono de fuerzas.

Los resultados de los dos métodos antes descritos, son prácticamen te los mismos.

Para el caso de zonas sísmicas deberán incluirse en el análisis -- fuerzas de inercia horizontales actuando en los centros de gravedad en el sentido más desfavorable, y cuya magnitud es igual al coeficiente sísmico de la zona por los pesos correspondientes.

SISTEMAS DE DEFENSAS

Es evidente la ventaja de las defensas, puesto que al ser más deformables en comparación con la estructura absorben energía con mayor desplazamiento y menor fuerza.

La inercia de una estructura contribuye a la absorción de la energía, por lo que en una estructura masiva el impacto importa más bien -- desde el punto de vista de efectos locales y del barco en sí. En los duques de alba que son estructuras especialmente diseñadas para absorber la energía de la embarcación y soportar el impacto, en general es conveniente tener un cabezal pesado.

Prácticamente se tienen los siguientes tipos de defensas:

a) Fijas

b) Colgantes

c) Con pilotes

d) de gravedad

e) Otras

En el tipo a), elementos flexibles fijos en la pantalla de atraque -- absorben energía al deformarse durante el impacto. Las más comunes -- consisten de grandes masas de hule.

En cuanto al tipo b), pueden estar constituidas de piezas colgantes de hule, pantallas de madera o una combinación de ambos.

Posiblemente el caso c), es el más aceptado en el caso de quererse absorber energía en una forma sencilla y económica. En general sobre los pilotes se apoya una pantalla de madera, y éstos a su vez se apoyan en sus cabezas sobre elementos elásticos como bloques de hule. Ca-

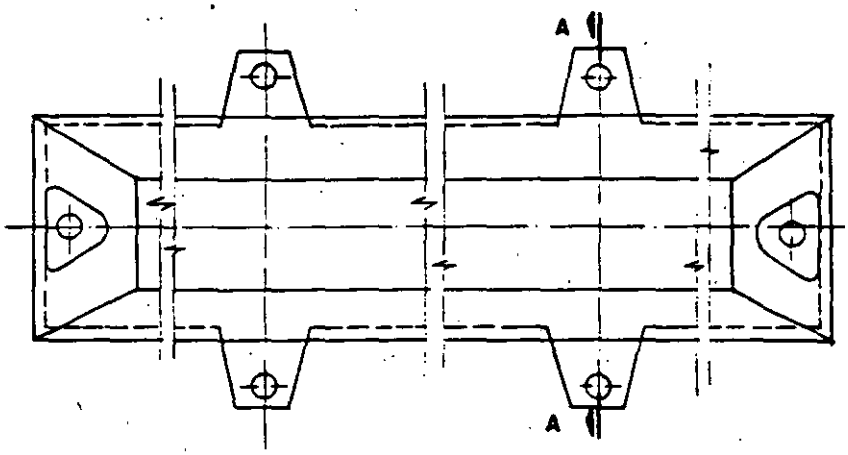
si siempre se prefiere utilizar pilotes de madera.

El tipo d) podría incluirse en el tipo b), ya que en general en defensas colgantes se absorbe energía al incrementar la energía potencial gravitatoria de masas y vencer la fricción. Existen varios sistemas de este tipo que, en los últimos años han demostrado gran efectividad principalmente para el atraque de grandes embarcaciones.

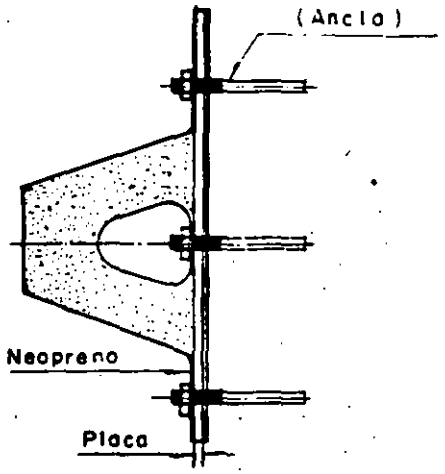
Refiriéndonos al inciso (e) podemos mencionar algunos tipos de defensas en las cuales se aprovecha la resistencia del agua para absorber energía y algunos sistemas poco comunes a base de arreglos complicados de resortes, muelles, pistones, piezas de hule, madera o cualquier elemento elástico que absorben energía combinados entre sí o con alguno de los tipos anteriores.

Es muy común que los fabricantes de defensas proporcionen gráficas y tablas muy útiles para el diseño.

En las figuras 20, 21 y 22 se muestran algunos ejemplos de los tipos de defensas antes mencionados.

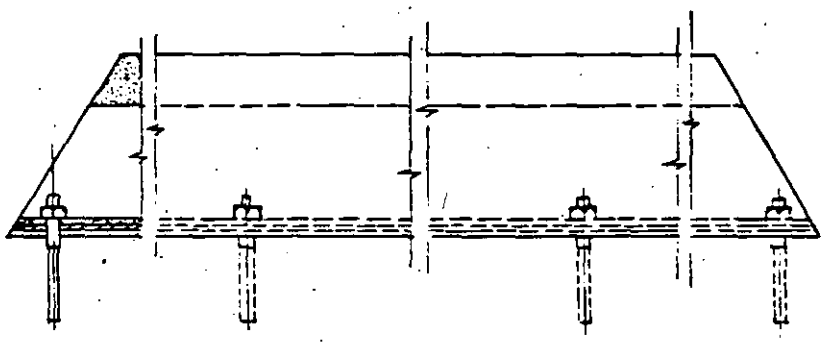


E L E V A C I O N



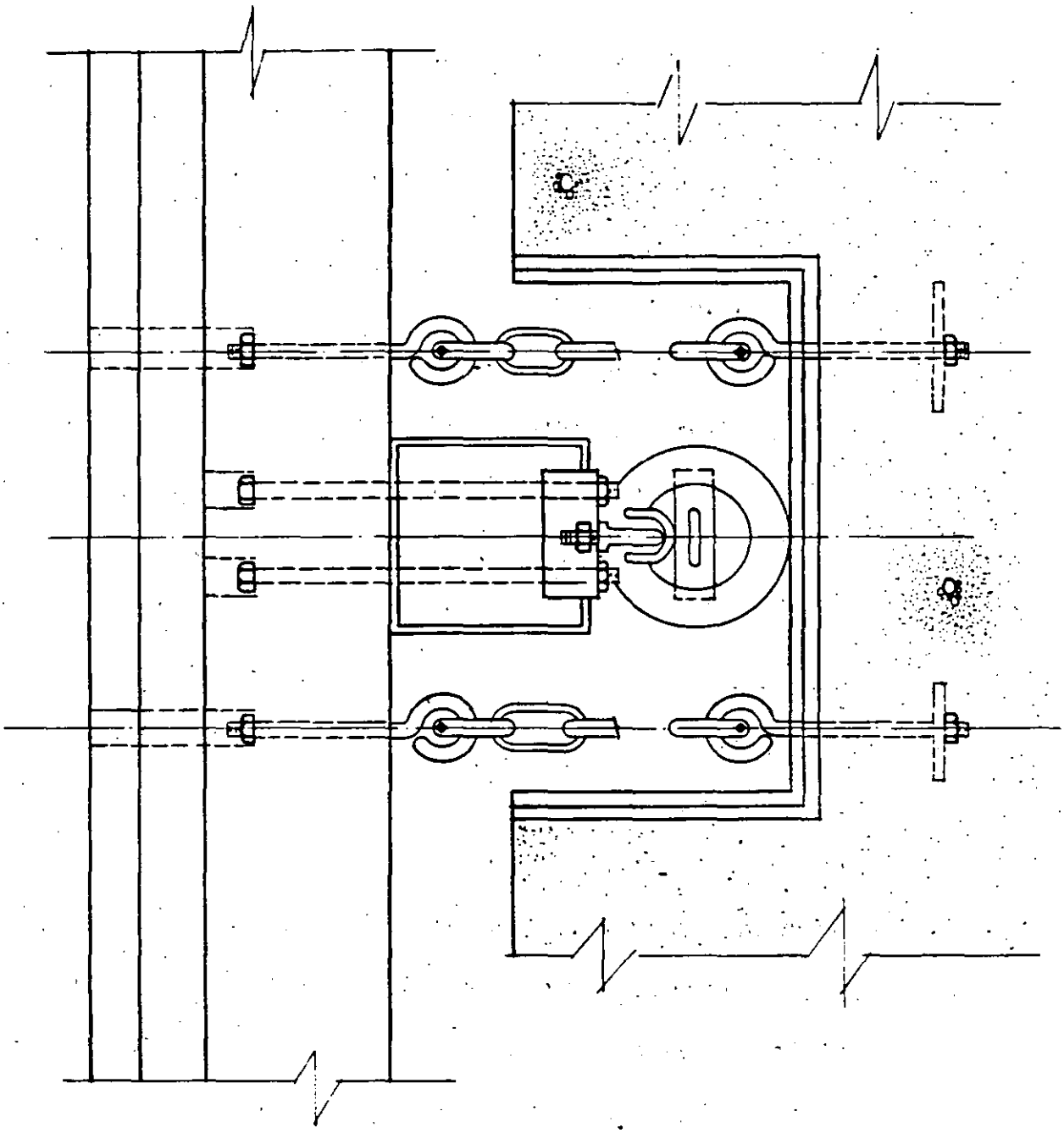
SECCION A-A

Fig. 20



P L A N T A

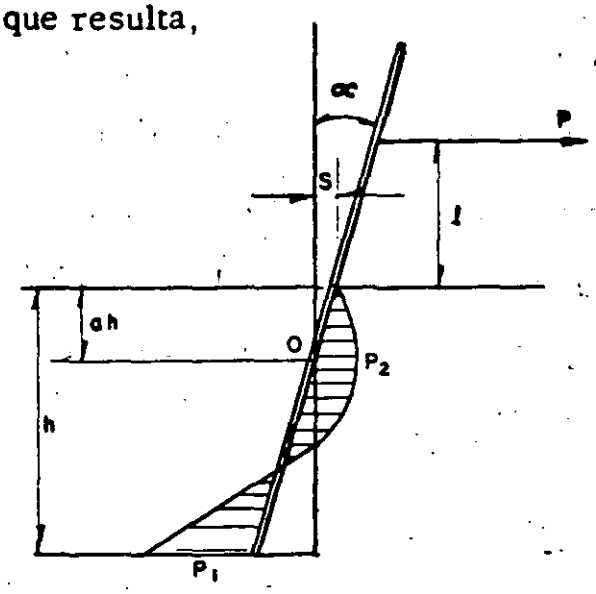
EJEMPLO DE DEFENSAS FIJAS



EJEMPLO DE DEFENSAS CON PILOTES

Fig. 21

que resulta,



$$a = \frac{4l + 3h}{6l + 4h}$$

$$n = (2l/h + 1)$$

$$P_1 = 6\frac{Pn}{hd}$$

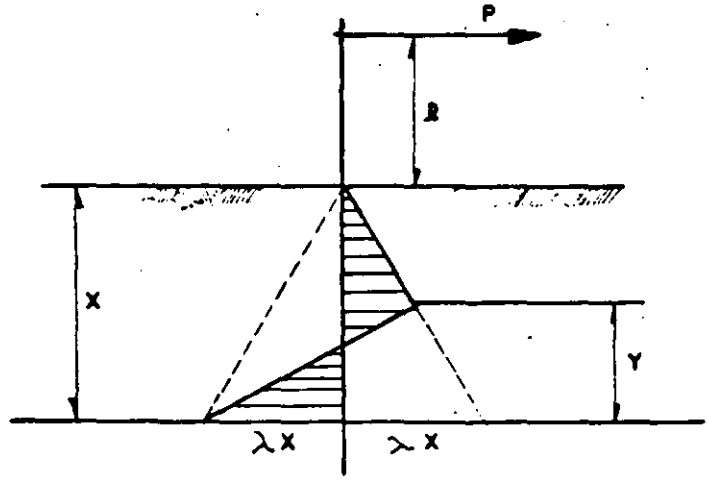
$$P_2 = \frac{a}{4(1-a)} P_1 \qquad (13)$$

Fig. 25

Los coeficientes de pilotes aislados son mayores que para una pared y se encontró en las pruebas para arena de 2.3 a 3.4 veces, y para arena y arcilla minada de 1.3 a 1.7 esto es debido a que los planos de falla por cortante son en abanico aproximadamente a 45^{o}.

Según las experiencias, el pilote no recobra su posición original cuando la deformación en la superficie del terreno es 0.3 ah senα y se puede considerar esta como deformación crítica. Trazando el diagrama de momentos flexionantes se puede notar que el punto virtual de fijación se encuentra aproximadamente a una profundidad 0.3 ah.

Se puede notar a partir de este estudio, que un diagrama de presiones simplificado y del lado de la seguridad es el lineal de la Fig.26.



$$\lambda^2 X^4 - 8P\lambda X^2 - 12Pl\lambda X - 4P^2 = 0$$

$$Y = \frac{1/2\,\lambda X^2 - P}{\lambda X} \qquad (14)$$

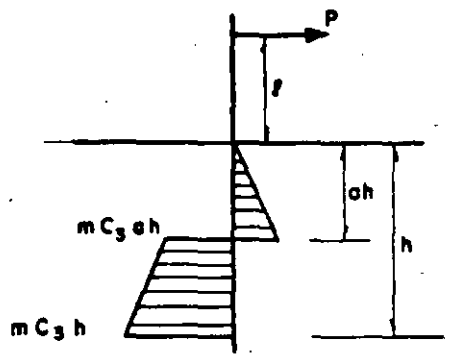
Fig. 26

solo inclinados. La longitud no soportada se puede reducir colocando contraventeo transversalmente y longitudinalmente.

Cuando un impacto es soportado por un sistema de pilas o pilotes la energía al final es absorbida por el terreno. La resistencia de un pilote no es solamente debida a considerarlo como columna sino de la capacidad del terreno para tomar la carga.

En ocasiones se acepta el criterio de considerar para el punto virtual de fijación una profundidad 5 ft. en un buen terreno como arena, y de 10 ft. en terreno pobre como arcilla, limo, etc....

R. R. MiniKin realizó algunos experimentos con modelos para obtener datos respecto al comportamiento de pilotes verticales simples sujetos a fuerzas laterales. (Ref. 4). Como la mayoría de los suelos son comprensibles y de baja resistencia al cortante, la tendencia de un pilote sujeto a carga lateral será a desplazarse alrededor de un punto "o" a una profundidad ah abajo de la superficie. Sabemos que la resistencia pasiva de los suelos no se presenta hasta que existe movimiento y que el desplazamiento varía con la distancia a "o" por lo que la resistencia pasiva del suelo al principio del movimiento será menor a la dada por el siguiente diagrama (Fig.24).



C_s = EQUIVALENCIA HIDRÁULICA DEL TERRENO.

m = Coeficiente

Fig. 24

En suelos homogéneos de naturaleza suave se puede suponer que el pilote se conserva recto, y el desplazamiento a una profundidad x es $s\left(1-\frac{x}{ah}\right)$ en donde s es el desplazamiento en la superficie, con lo

Tomando equilibrio de momentos respecto al extremo inferior en el 2o. y 3er diagrama, suma de fuerzas igual a cero en el 2o. dia-- grama y haciendo

$$\alpha_1 = \frac{h}{t_1} \qquad \alpha_0 = \frac{h}{t_0}$$

se obtuvo sin tomar en cuenta las cuñas laterales (Fig.27)

α_1	0.250	0.500	0.750	1.000	2.000
α_0	0.300	0.606	0.916	1.227	2.400
$\frac{\alpha_0}{\alpha_1} = \frac{t_1}{t_0}$	1.200	1.212	1.221	1.227	1.240

por lo que aparece apropiado tomar

$$\frac{t_1}{t_0} = 1.20 \qquad (15)$$

Se puede demostrar experimentalmente que pueden considerarse cuñas laterales en la siguiente forma (Fig.28).

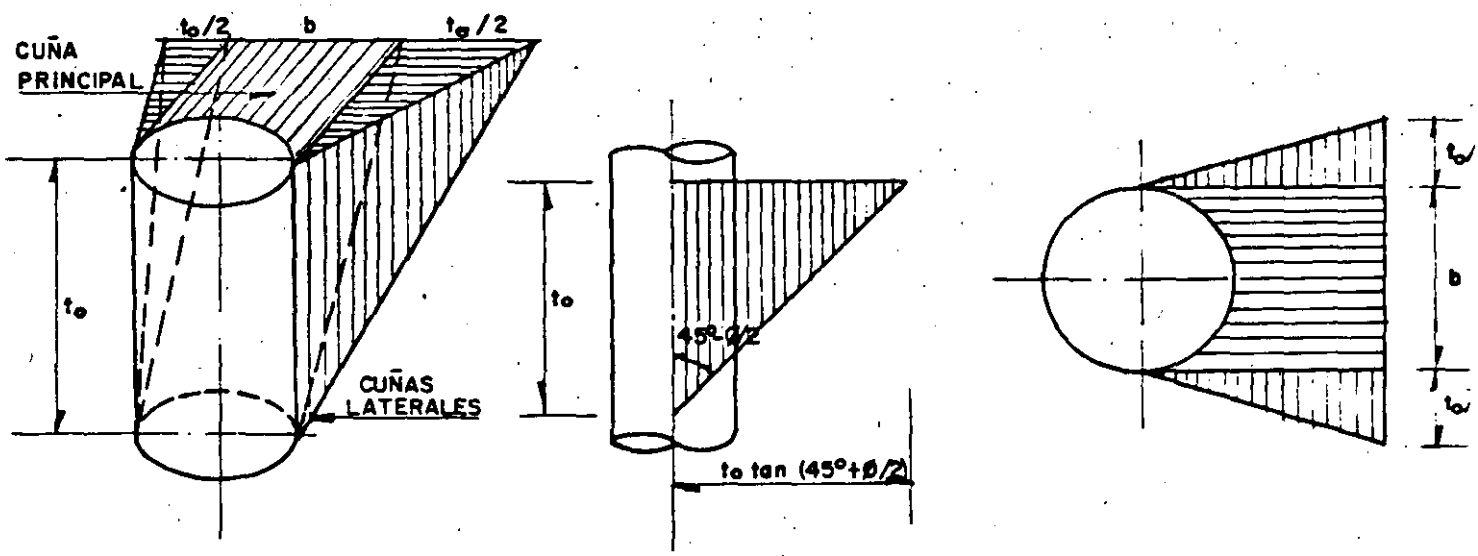


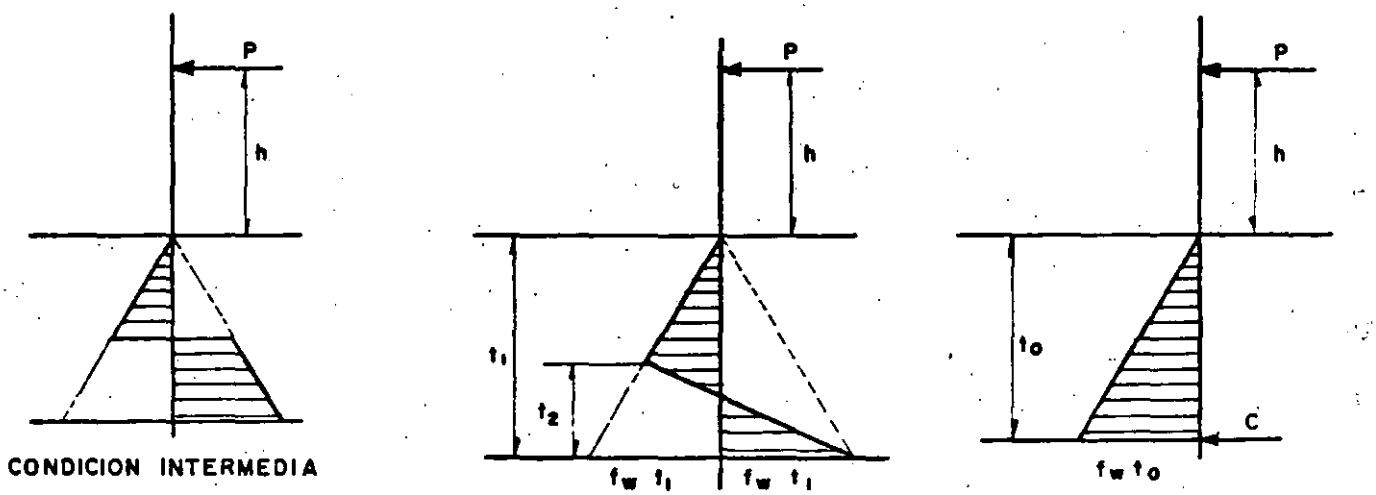
Fig. 28

Si el terreno no es suave, el pilote no permanece recto y su deformación está dada por $(1 - x/h)^2 s$. El punto fijo "o" es el extremo inferior.

Existen algunos otros desarrollos teóricos de este problema suponiendo cimentación elástica tales como el de HopKins.

Se puede también proceder haciendo una prueba de medición de deformaciones con strain gauges o bien llevando un registro de cargas aplicadas con gatos hidráulicos y deformaciones leidas en extensómetros.

En especial para el caso del diseño de duques de alba, el Dr. Blum propone el siguiente procedimiento:



Distribución de Presiones.

Fig. 27

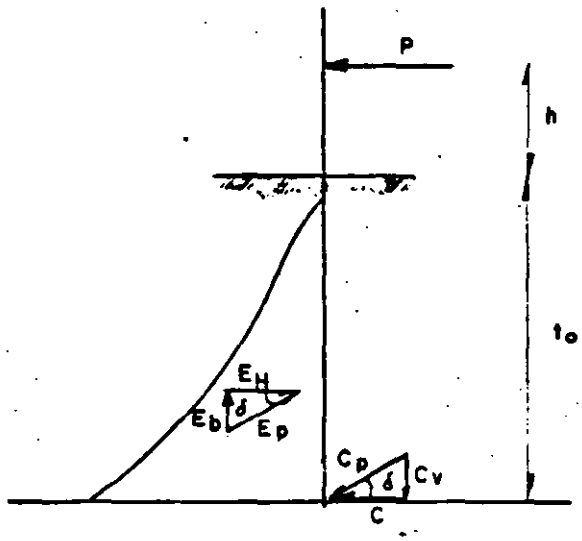


Fig. 30

Si existe la posibilidad de realizar pruebas de campo sobre dos pilotes de prueba separados o que formarán parte de la misma estructura, cargándolos lateralmente hasta llegar a mover el terreno, se obtienen los valores de la carga P y la deformación Δ , con lo que pueden obtenerse las características promedio del terreno de cimentación para posteriormente procederse al diseño. El factor de seguridad en duques de alba es bajo, y puede hacerse trabajar los pilotes con 0.9 de la carga de falla.

Las cargas verticales actuando en la estructura se pueden distribuir sobre los pilotes utilizando la fórmula de la escuadria, pudiéndose utilizar para la resistencia la siguiente expresión:

$$R = 2W = \frac{u\ W_1\ h_1}{S + q\ tan\ \phi} \qquad (16)$$

en donde:

R = Resistencia última del terreno a penetración (ton)

W = Carga de seguridad (ton)

W_1 = Peso del martillo (ton)

Con lo que se obtienen los siguientes diagramas:

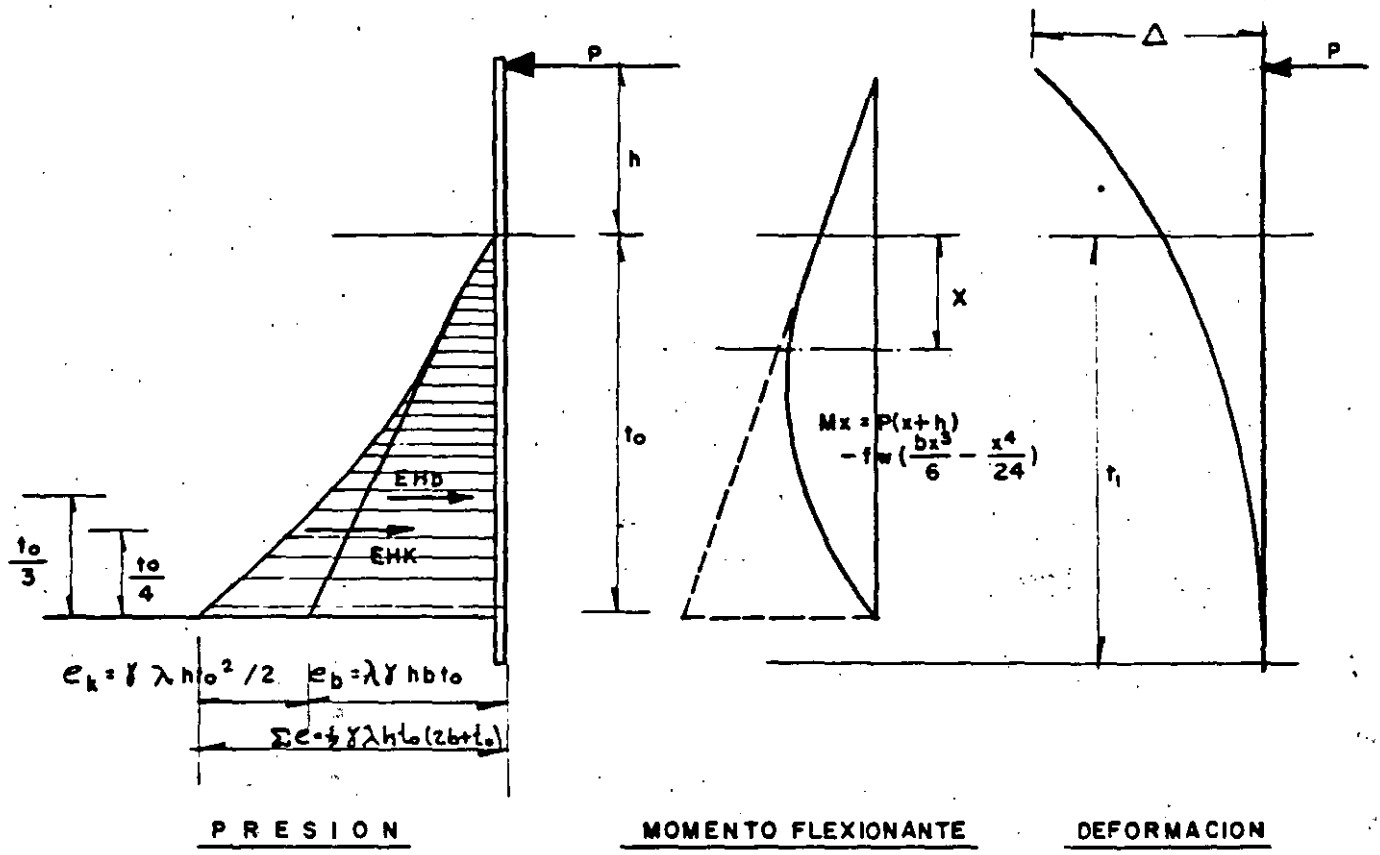


Fig. 29

Se ha supuesto que la resistencia ofrecida por el terreno actúa paralela a la superficie; es decir, el ángulo de fricción entre suelo y pilote es cero. En realidad, sin embargo, la línea de acción de esta resistencia está inclinada con respecto a la horizontal un ángulo δ , principalmente en materiales como arena. Algunos experimentos indican que este ángulo depende del de fricción interna y su valor está entre 1/3 y 2/3. Así, sobre el pilote actuarán verticalmente el peso de la estructura, el peso del relleno en el caso de que sea hueco y las fricciones indicadas en la Fig. (30).

En la ref. 3 se dice:

Para pilotes de punta tómese la longitud entre el cabezal y en punto de apoyo en el terreno.

Para pilotes de fricción la posición de la articulación inferior depende de la resistencia encontrada. Para resistencia uniforme de fricción puede mostrarse que la longitud de un pilote por fricción es 2/3 de la total.

El punto de fijación en el caso de pilotes hincados en un material firme estará entre el fondo y a una distancia de 1/3 de la longitud hincada.

En el caso de un pilote hincado en un material uniforme que ofrece resistencia por fricción a cargas verticales y resistencia lateral a la componente horizontal de la carga aplicada, la longitud efectiva, es decir la longitud a la articulación inferior, puede no coincidir con la longitud al punto de fijación Lr que Cummings ha obtenido como:

$$L_r = \sqrt[5]{\frac{216\ EIN}{\gamma}} \qquad (17)$$

N - Coeficiente no dimensional para el cual él sugirió 0.005 para arena muy densa. Para este módulo de elasticidad lateral Tcheboteriof recomienda un valor entre 0.003 y 0.0003

γ - Densidad del suelo

E - Módulo de elasticidad del pilote

I - Momento de inercia del pilote

Quinn recomienda varios valores de la longitud crítica de diseño en función del terreno de cimentación (Ref.5)

Es un hecho conocido que cuando se está hincando un pilote y pasa

h = Altura de caída (in)

s = Hincado permanente (in)

u = Proporción efectiva de energía de hincado

$$= \left(0.3 + \frac{W_1}{SP}\right)$$

$$q = \left(\frac{mp}{l} + \frac{L}{n}\right)$$

n = 200 para arcillas suaves y medias

100 para arcillas durás, arenas compactas y gravas

ϕ = Angulo de fricción interna virtual del terreno

l = Longitud hincada del pilote (ft)

L = Longitud total del pilote (ft)

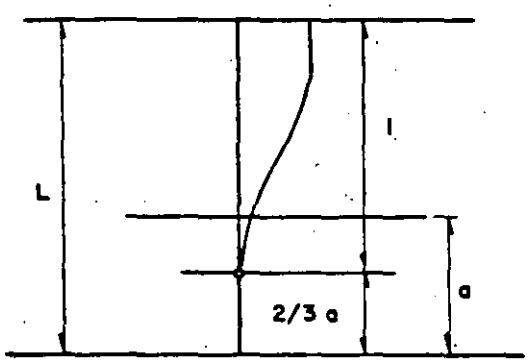
p = Perímetro del pilote

P = Peso del pilote

Angulo de reposo	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Valores de m	3.2	2.8	2.5	2.0	1.7	1.5

El diseño deberá hacerse considerando a los pilotes como columnas sujetas a flexo-compresión o flexo-tensión.

En la Ref. 1, se dá como un buen criterio para analizar pilotes -- verticales en terreno firme el siguiente:



L = Longitud total del pilote.

l = Longitud libre

Fig. 31

El diseño de la cubierta o superestructura, dependerá de su tipo, pero en general debido a su gran rigidez en comparación a la subestructura se podrán considerar vigas continuas.

No debemos olvidar considerar los efectos del sismo en zonas donde se presente, muy comunes en México.

a través de un estrato suave hacia y penetrando a otro más duro y más -- compacto, la presión en la punta se incrementa en proporción a la mayor resistencia al cortante del nuevo material penetrado, o en otra forma, - pasando de un estrato firme a otro más suave se disminuye la resisten-- cia. Se puede observar que la resistencia total al hincado está gobernada en general por el monto de resistencia en la punta más bien que por la - - fricción en la superficie del pilote siempre y cuando éste se encuentra en movimiento. Así si un pilote atraviesa varios estratos de diferentes ca-- racterísticas, el estrato en el cual se apoya la punta tiene la mayor influencia sobre su capacidad. En arcillas minadas se observa frecuentemente - que no hay incremento en resistencia después de considerable penetración. Esto es debido a que la expulsión del agua de poro forma una película en la superficie del pilote y que el modulamiento temporal del terreno hueco rodeando el pilote se conserva por la presión hidráulica ocasionada en el --- hincado. Después de algún período de suspender el hincado en este tipo de arcilla, frecuentemente se cierra sobre el pilote, así que al comenzar nuevamente el hincado mostrará resistencia adicional.

En pruebas sobre pilotes inclinados se llegó a las siguientes cargas de falla (Fig.32)

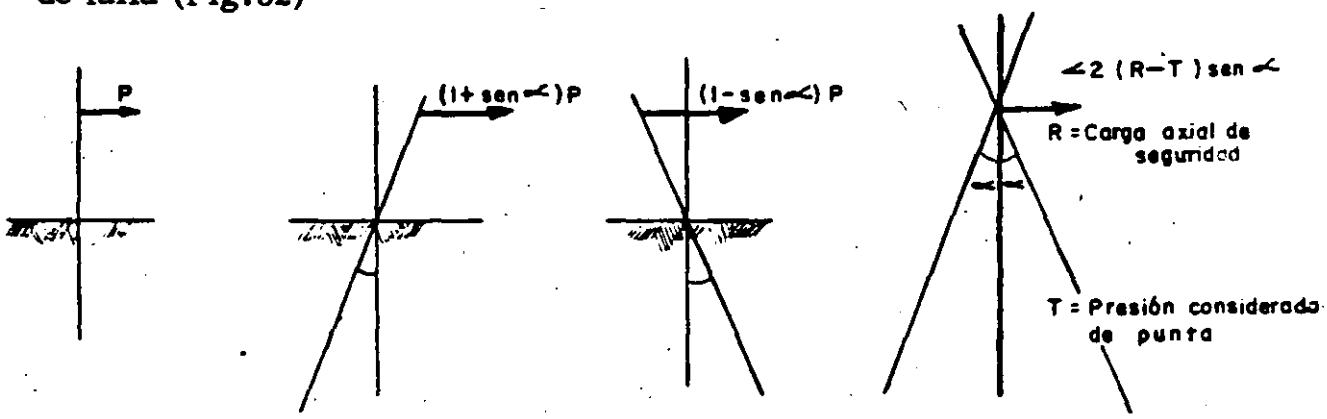


Fig. 32

en donde $ki = \frac{12\ EI}{l_i^{\ 3}}$ (2)

absorbiendo el conjunto de estos la energía del impacto

$$E_F = \frac{1}{2}\ (\sum P_i)\Delta = \frac{(\sum P_j)^2}{2\ (\sum ki)}$$

$$\sum P_i = \sqrt{2\ E_F\ (\sum ki)}$$

obteniéndose la fuerza lateral $P_i = \sqrt{\frac{2\ E_E}{\sum ki}}\ ki$ (25)

y el momento flexionante $M_j = \frac{P_i\ l_i}{2} = \sqrt{\frac{E_F}{2\sum ki}}\ ki\ l_i$

Desde luego, los esfuerzos se reducen enormemente mediante defensas que pueden ser almohadas de cables, resortes, piezas de hule, madera o una combinación de éstos.

Solamente en casos muy raros, un barco navegando golpea a un muelle o duque de alba en dirección tal que transmita el total de su energía cinética y aún entonces, se pierde un porcentaje apreciable. La longitud hincada del pilote está soportada elásticamente en el terreno, lo cual, dentro de ciertos límites, contribuye a la deformación reduciendo la intensidad del impacto del choque.

A menudo los esfuerzos estructurales calculados cuidadosamente no tendrán validez con un diseño inadecuado de las defensas. Es muy peligroso asegurar tramos de hule pesados y de extremos angulosos a las defensas, puesto que ponen en peligro su funcionamiento. Para tomar el primer impacto, es conveniente utilizar espirales de cable pesadas o madejas de cable viejo suspendidas.

El Doctor Blum recomienda, por economía, duques de alba de la mayor flexibilidad posible para absorber la energía con la máxima deformación y por lo mismo con la menor fuerza. De manera muy amplia, estudia las secciones más conveni.

Duques de alba

(1)

Los factores principales a considerar durante el análisis de un duque de alba - son: la elasticidad y la capacidad del terreno; la elasticidad de la estructura sujeta al impacto de las embarcaciones y el peso propio de la estructura.

Un duque de alba cimentado sobre pilotes verticales puede estar constituido de uno o varios de éstos.

Según se ha explicado, puede considerarse aproximadamente el punto de fija-- ción localizado a 0.3ah bajo el nivel del terreno o bien obtenerse con alguno - de los otros procedimientos.

Cuando se tiene un solo pilote, éste actúa como cantiliver, resorteando para tomar la fuerza horizontal debida al impacto de la embarcación. Si dicha fuerza es P y la longitud del cantiliver l, la deformación máxima será $\Delta = Pl^3/3EI$ y - el trabajo hecho por la fuerza sobre el pilote igual $\Delta P/2$. E representa el módulo de elasticidad del material del pilote. Si la energía de la embarcación es $Wv^2/2g$, siendo W el tonelaje de desplazamiento del barco y v la componente de - la velocidad normal al paramento de atraque, solo se transmitirá al duque de - alba una fracción ($\eta < 1$) que depende del criterio utilizado.

$$\eta \frac{Wv^2}{2g} = E_f$$

$$\frac{\Delta P}{2} = \frac{P^2 l^3}{6 EI} = \eta \frac{W v^2}{2g} = E_f$$

$$P = \sqrt{\eta \frac{W}{g} \frac{3EI}{l^3}}\, v \qquad (24)$$

Si se tienen varios pilotes de longitud l_i y de la misma sección, es decir - I = constante, unidos a un cabezal rígido, estos reciben una fuerza lateral P_i que se obtiene de la siguiente manera:

$$P_i = \frac{k_i}{\sum k_i} \sum P_i$$

Los pilotes tienen rigideces kx y ky en las direcciones X y Y, siendo el momento polar de inercia de las rigideces respecto al centro de torsión el siguiente:

$$J = \sum k_y x^2 + \sum k_x y^2$$

Por equilibrio, las componentes de la reacción de dichos pilotes en las direcciones X y Y son:

$$Px = \left[\frac{\pm 0.5\ F}{\sum kx} + \frac{Fe \pm 0.5\ Fb}{J}\ y \right] \quad kx$$

$$Py = \left[\frac{F}{\sum ky} + \frac{Fe \pm 0.5\ Fb}{J}\ x \right] \quad ky$$

y la reacción total

$$Pi = \sqrt{Px^2 + Py^2} \qquad (25\ A)$$

Considerando un comportamiento elástico lineal de la estructura y las defensas, $F = k\Delta$, en donde k es la rigidez y Δ el desplazamiento, la energía de deformación será:

$$E_F = \frac{1}{2}\ F\Delta = \frac{F^2}{2k}$$

y por consiguiente la fuerza de impacto puede obtenerse con la expresión:

tes y económicas y recomienda, especialmente, las secciones en cajón o en caso de no ser muy costosas, tubos huecos. En general, este tipo de pilotes no llevarán contraventeo y éste sólo se pondrá en el cabezal. (3)

Las estructuras de madera fueron muy usadas con excelente eficacia, no obstante, un duque de alba flexible de acero, es superior en vida útil a uno de madera.

Existen desarrollos para demostrar que es más efectivo absorber energía con pilotes inclinados, que se deforman longitudinalmente, que con pilotes verticales y contraventeo superior, pero esto no siempre está de acuerdo con los resultados prácticos.

En los desarrollos anteriores hemos considerado impactos centrados en las estructuras de los duques de alba; pero es muy importante en algunos casos considerar la torsión alrededor del centro de rigidez tal y como se presenta a continuación.

Dependiendo del tipo y distribución de las defensas, asi como de la curvatura en el casco de la embarcación, la fuerza del impacto (F) actúa normalmente con cierta excentricidad (e) respecto al centro de rigidez o de torsión (CT) de la estructura del duque de alba (Figura 27 A).

También consideraremos en el análisis el efecto de fricción (0.5F) sobre el paramento de atraque, la cual actuará hacia uno u otro lado dependiendo del atraque.

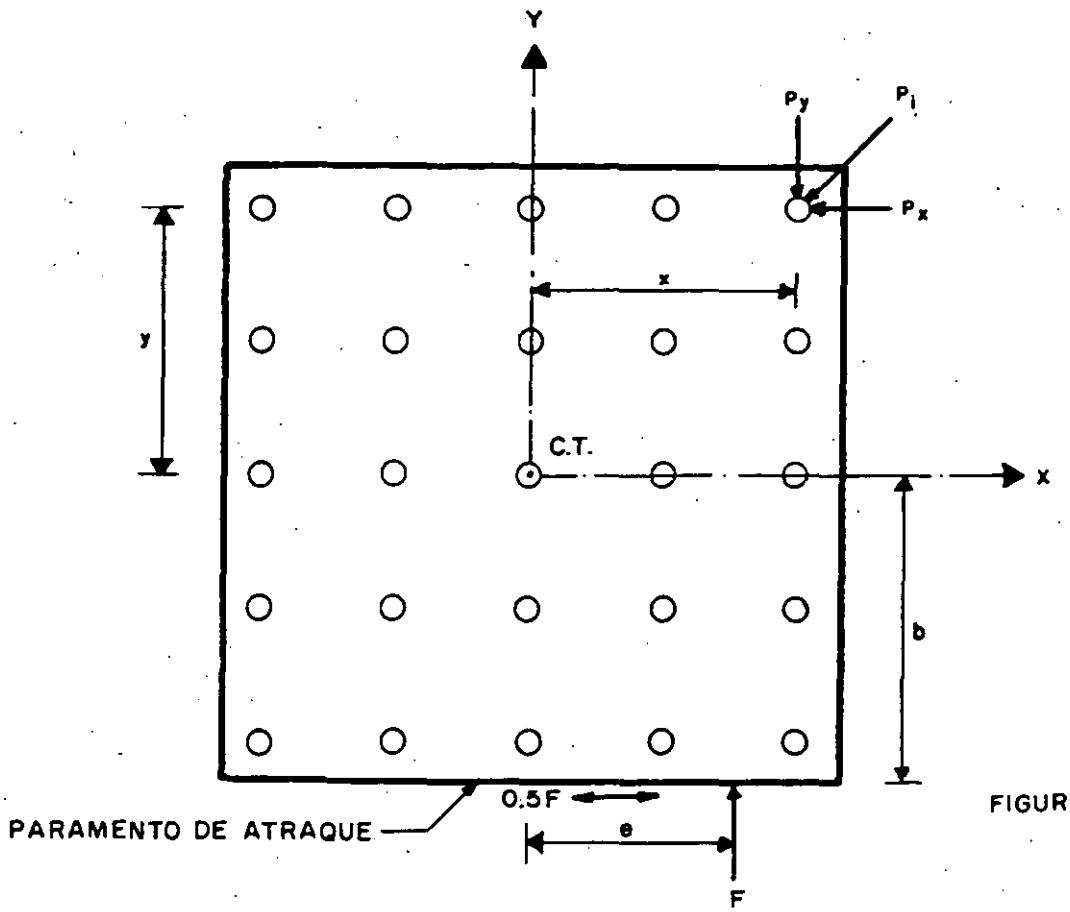


FIGURA 27 A

es decir, se considera que las defensas absorben toda la energía y transmitiendo el impacto a la estructura el cual es a su vez resistido por los pilotes que trabajan a carga axial (6)

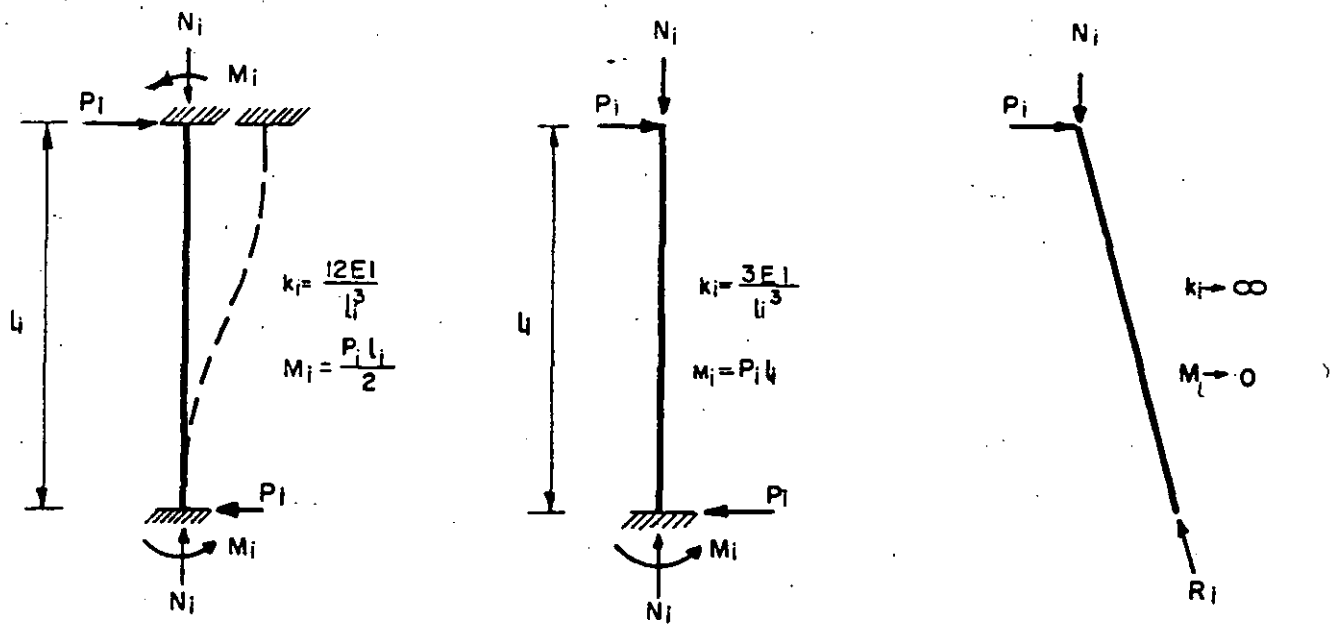


FIGURA 36A

El diseño de los pilotes normalmente se traduce en el diseño de columnas largas sujetas a flexión y carga axial.

$$F = \sqrt{2kE_T} \qquad (5)$$

Si k_D es la rigidez de las defensas, la rigidez del sistema será:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k_D} + \frac{1}{\sum ky} + \frac{e^2}{J}}$$

Tal y como se presenta en la Figura 36 A, si el terreno permite el empotramiento de pilotes verticales y el cabezal es rígido:

$$ki = \frac{12EI}{l^3}$$

en donde:

I - Momento de inercia de la sección del pilote.

l - Longitud entre apoyos.

E - Módulo de elasticidad.

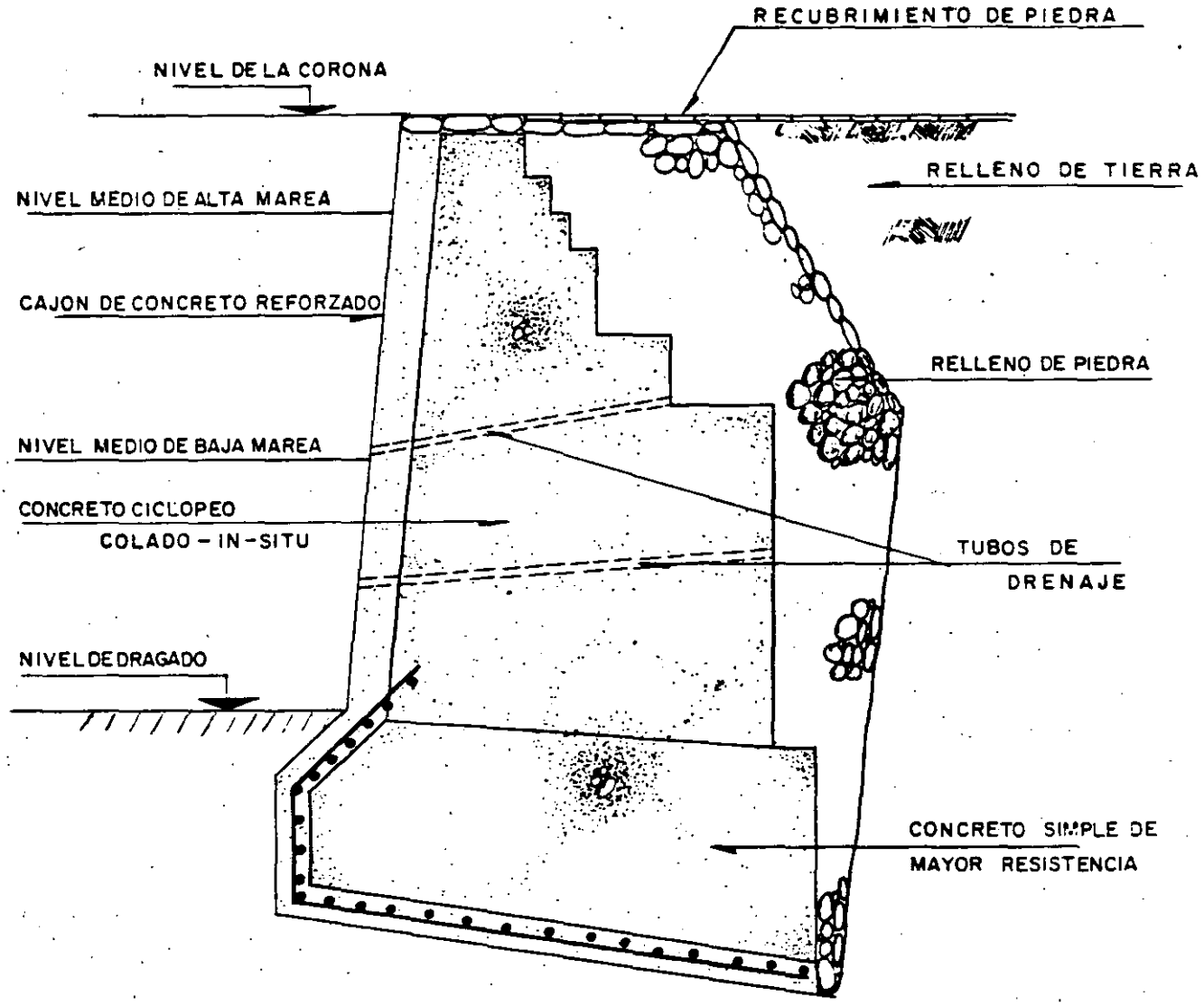
si el extremo superior está libre, trabajará como cantiliver:

$$ki = \frac{3\ EI}{l^3}$$

En el caso de pilotes inclinados se tiene:

$$ki \rightarrow \infty$$

y $\quad k = k_D$



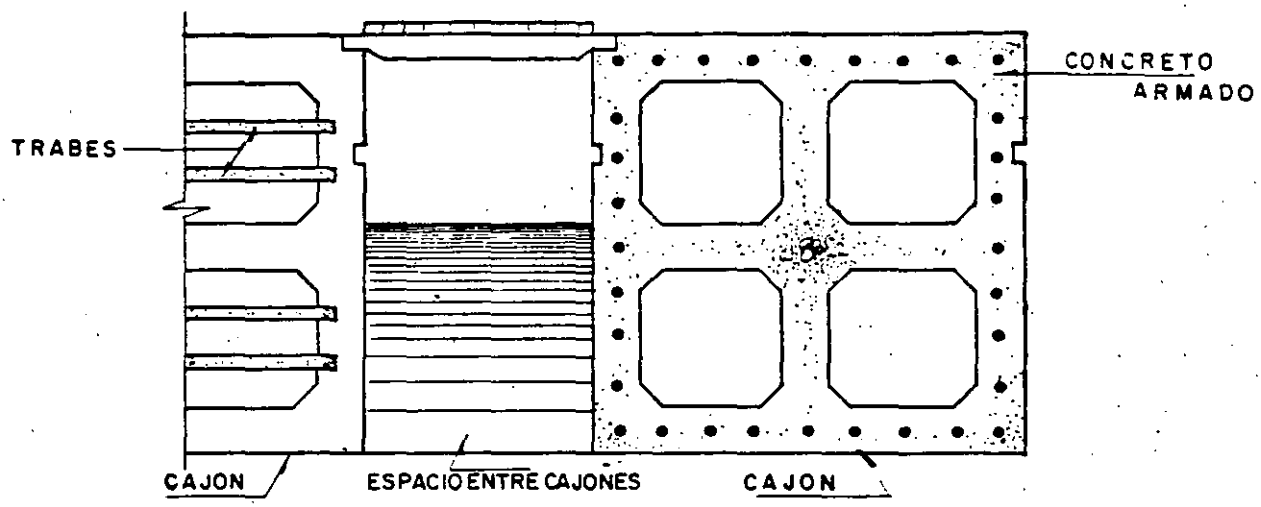
SECCION TRANSVERSAL

Fig. 33

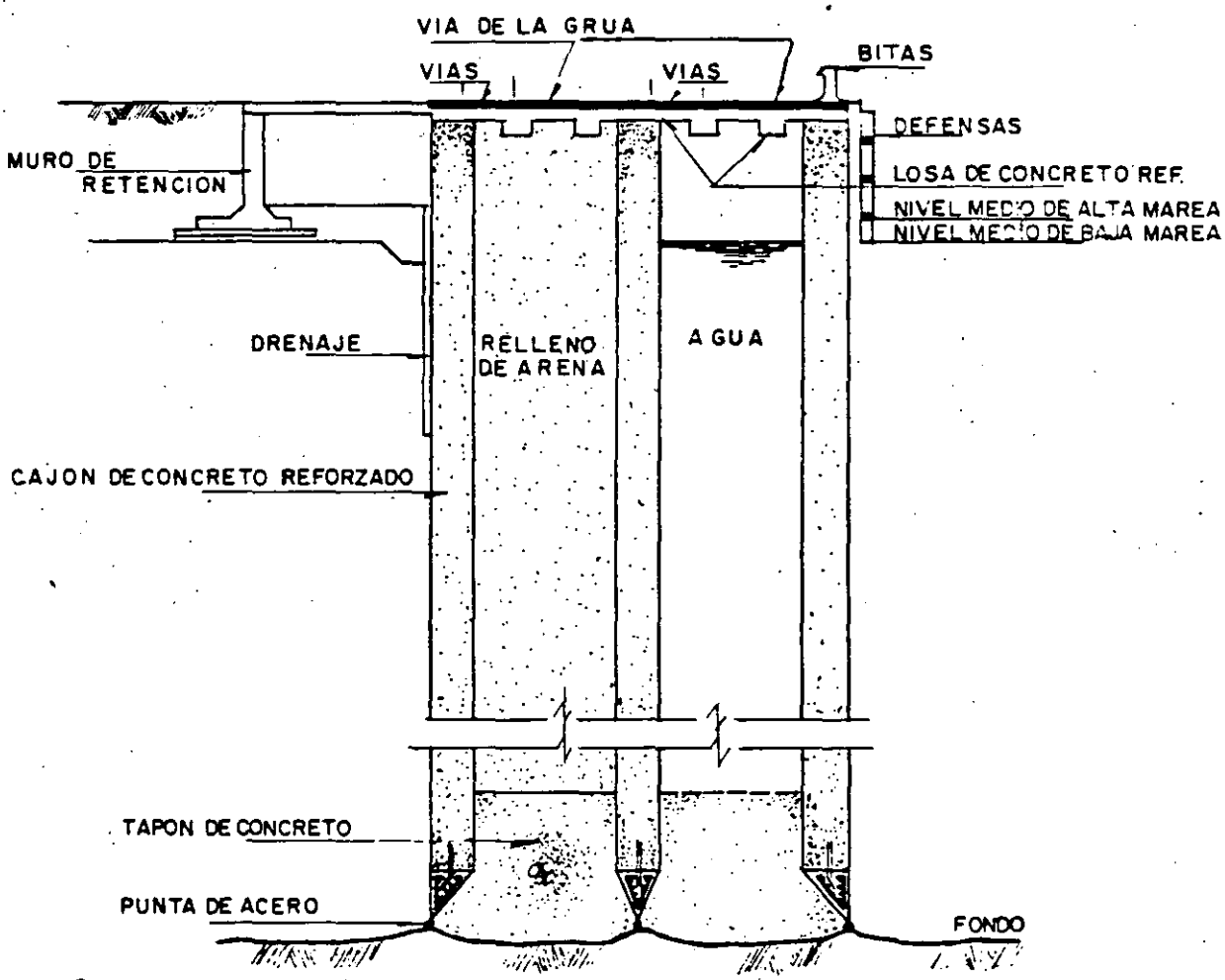
MUROS DE GRAVEDAD

Su análisis es ya bien conocido, y consiste en suponer secciones y revisar el equilibrio en diferentes niveles que debe resultar con un factor de seguridad adecuado, así como aplicar la fórmula de la escuadría y -- obtener esfuerzos máximos que no deben exceder los permisibles de los materiales. Se considerarán cargas verticales muertas y vivas, empujes del terreno, presión hidrostática y la flotación o subpresión de los elementos que se encuentren sumergidos.

La forma de construir el muro de concreto salvo en algunas excepciones es a base de bloques de diferentes formas, colocados en hileras - horizontales y en ocasiones en planos inclinados. En otros casos se utilizan grandes cilindros de concreto o cajones colocados por secciones que se hincarán al excavarse el material del centro y cargarse, rellenándose posteriormente. En las Figs. 12, 13, 33, 34, 35 y 36 se muestran algu-- nos ejemplos de muros de gravedad.

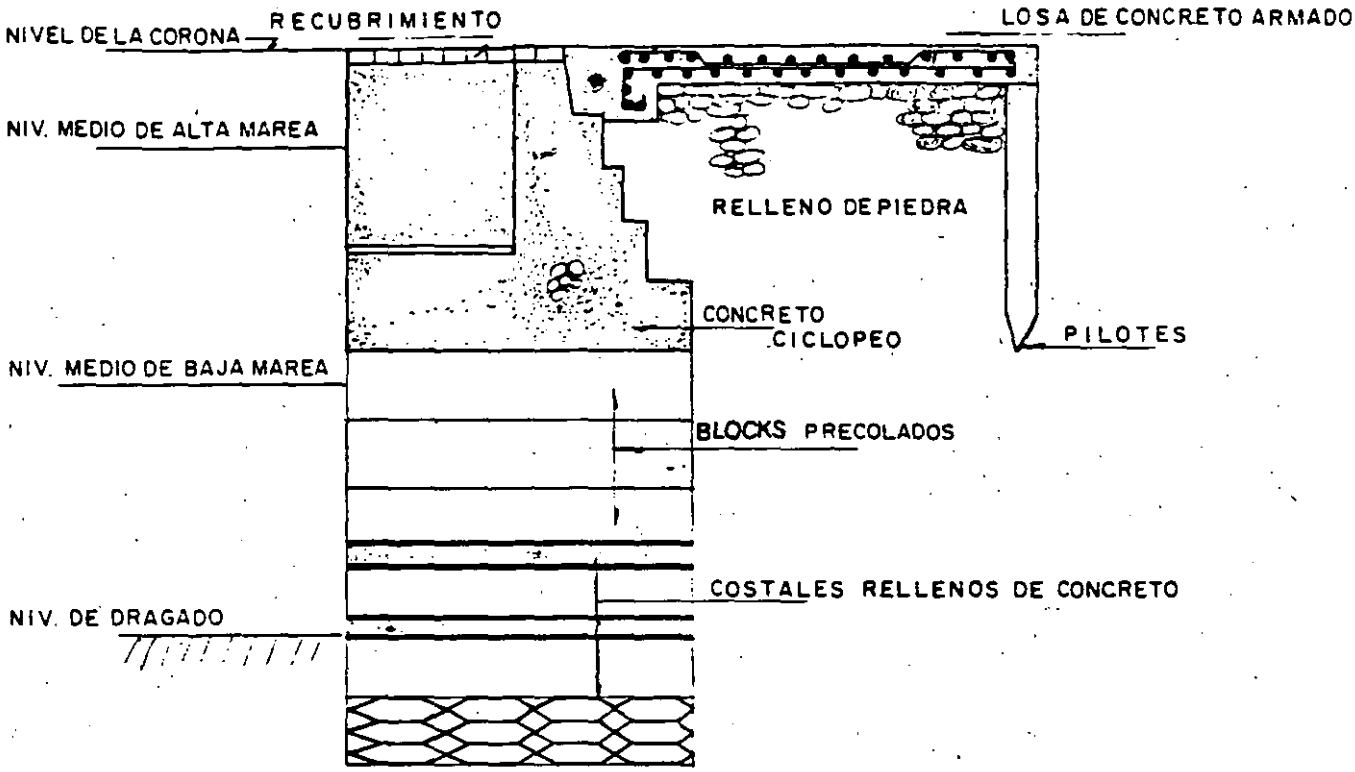


P L A N T A

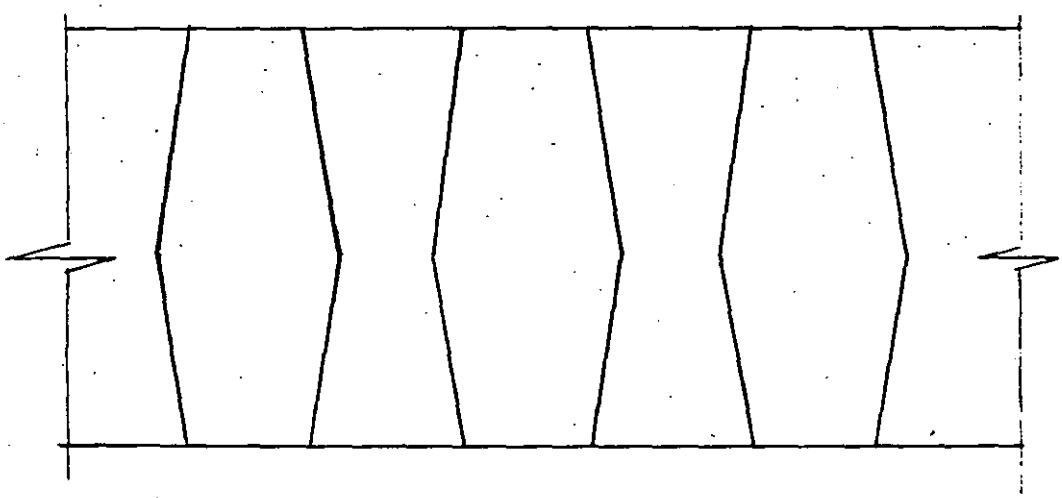


S E C C I O N T R A N S V E R S A L

Fig. 35



SECCION TRANSVERSAL



PLANTA DE BLOCKS

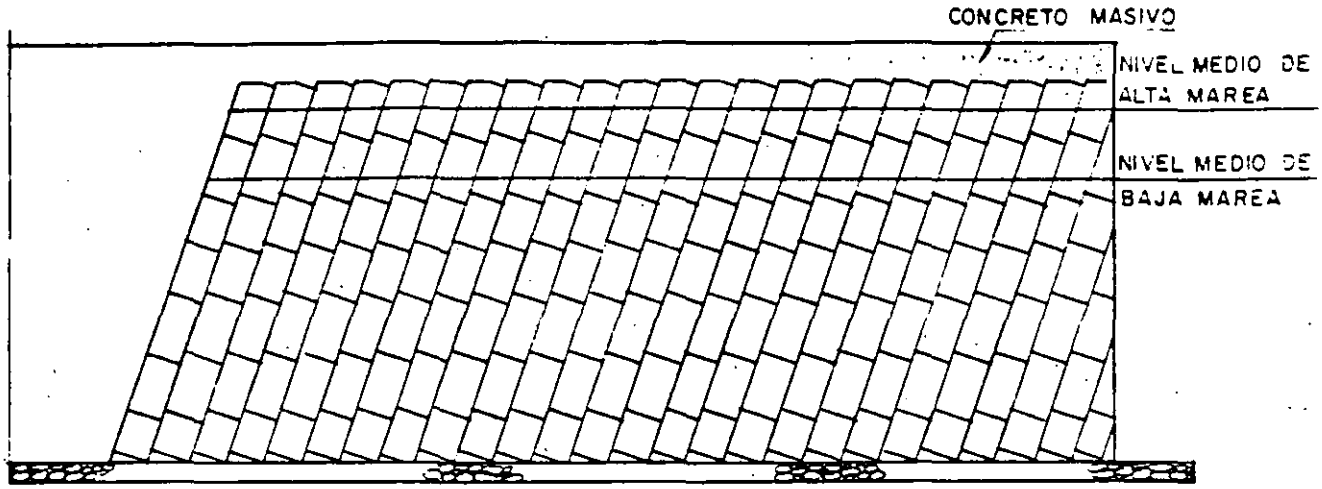
Fig. 34

PAREDES DE TABLESTACA

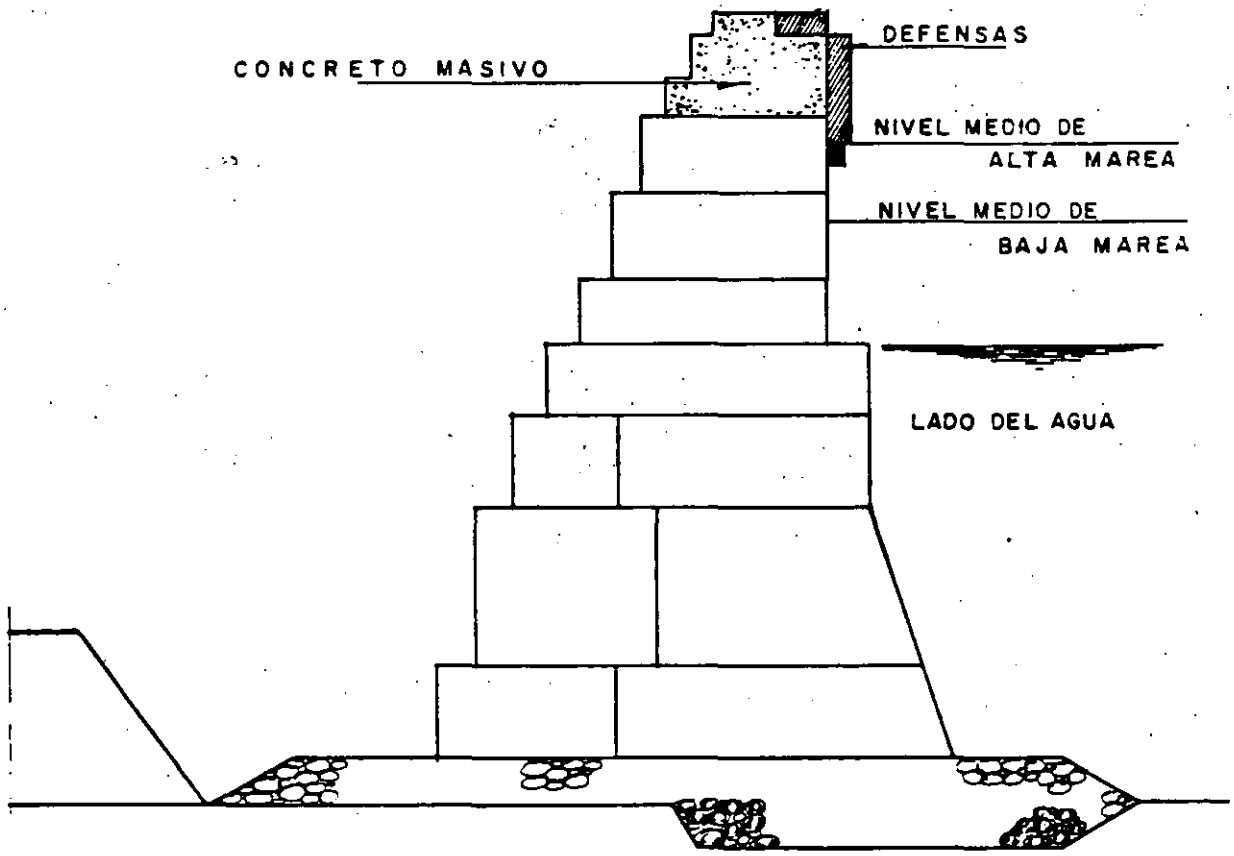
El primer paso a seguir para calcular una pared de tablestaca es c tener las presiones horizontales que actúan sobre ella. Para suelos granu_ lares y no cohesivos estas presiones se obtienen multiplicando la presión vertical por coeficientes de presión activa o pasiva. La presión total es - la diferencia de estas dos. Para suelos cohesivos las gráficas son también líneas rectas pero con ordenadas al origen o presiones adicionales debidas a la cohesión, (Véase la siguiente Tabla).

FORMULAS Y VALORES DE PRESIONES EN EL TERRENO

		RANKINE	COULOMB	BELL	JENKIN
	Tipo de suelo	Granular	Granular	Cohesivo	Sin cohesión granular
SUPERFICIE SUPERIOR A NIVEL	Presión activa horizontal a - una profundi- dad h.	$Wh\left(\frac{1-\text{sen}\phi}{1+\text{sen}\phi}\right)$	$Wh\tan^2(45°-\phi/2)$	$Wh\tan^2(45°-\phi/2)$ $-2C\tan(45°-\phi/2)$	Valor Tabul
	Resistencia ho rizontal pasi- va máxima a - una profundi-- dad d.	$Wd\left(\frac{1+\text{sen}\phi}{1-\text{sen}\phi}\right)$	$Wd\tan^2(45°+\phi/2)$	$Wd\tan^2(45°+\phi/2)$ $+2C\tan(45°+\phi/2)$	
	Resistencia - vertical pasi- va máxima a - presión hacia abajo en una - profundidad d	$Wd\left(\frac{1+\text{sen}\phi}{1-\text{sen}\phi}\right)$	$Wd\tan^4(45°+\phi/2)$	$Wd\tan^4(45°+\phi/2)$ $+2C\tan^3(45°+\phi/2)$ $+2C\tan(45°+\phi/2)$	
SUPERFICIE INCLINADA	Presión activa a una profundi dad h con án- gulo de sobre- carga $i=\phi$	$WhQ\left(\frac{1-\text{sen}\phi}{1+\text{sen}\phi}\right)$	SE USA COMUNMEN- TE METODO GRA- FICO.		
	Resistencia pa siva máxima a una profundi-- dad d	METODO GRAFICO	SE USA COMUNMEN- TE METODO GRA- FICO.		Valores Graf



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL

Fig. 36

En general también deberá considerarse la presión resultante debido a la diferencia de niveles del agua del lado de tierra y del lado de agua.

Obtenido el diagrama de presiones, una manera muy práctica de proceder es utilizando el procedimiento gráfico del Dr. Blum.

Como antes dijimos para desarrollar la resistencia pasiva debe haber movimiento y, puesto que dicho movimiento en el frente del muro será mayor al aumentar la flexibilidad habrá diferencia entre la distribución triangular de la resistencia generalmente considerada y la que realmente se desarrolla en el terreno que serán función del módulo de elasticidad del suelo y las propiedades del muro. Puesto que el módulo de elasticidad del suelo es raras veces conocido y no constante para un suelo dado, en la etapa presente de nuestro conocimiento no es muy útil tratar de predecir las variaciones de la reacción del suelo.

La consideración usual de distribución triangular de presiones ignorando propiedades cohesivas del suelo está probablemente del lado de la seguridad si el suelo es cohesivo, pero si no se conoce esto en la condición de carga más seria, se sugiere que la resistencia pasiva se considere comenzando 1ft. ó 2ft. abajo de la superficie del terreno, como una tolerancia tosca contra erosión y grandes esfuerzos en el terreno cerca de la superficie.

Obtenido el diagrama de presiones, se divide en áreas convenientes tales como a b c etc., numerándose las secciones a partir de la parte superior 1, 2, ..., y calculándose la fuerza sobre la tablestaca en cada una de las áreas. Se trazan líneas horizontales por los centroides y sobre ellas se marcan las fuerzas respectivas. Se traza el polígono de fuerzas horizontales a una escala adecuada con un polo centrado después de

Al pasar de un estrato a otro de diferente ángulo de fricción interna ϕ se presenta un cambio brusco en las presiones, y si cambia el peso específico se obtiene un cambio de pendiente. Debido a la fricción se presenta un incremento de presión pasiva en tal forma que la obtenida con la fórmula de Rankine debe multiplicarse por un coeficiente M que es función de ϕ (Ref.2)

Al no tomar en cuenta la fricción y suponer una distribución lineal de presiones se está del lado de la seguridad dando un márgen adicional para otros datos aproximados. En otros casos es común considerar -- M = 1.5.

De acuerdo con las fórmulas de Rankine y para que exista equilibrio los diagramas de presiones son del tipo que se indica en la Fig.37.

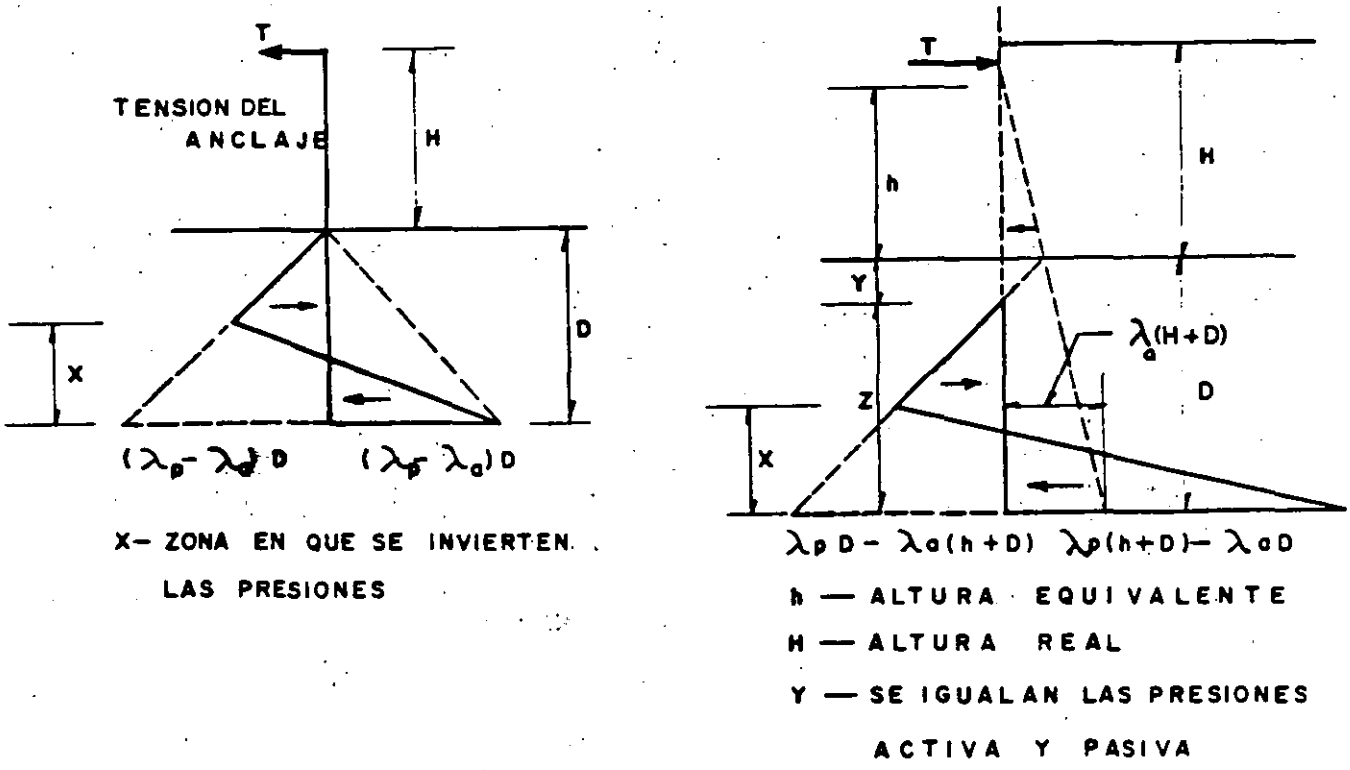
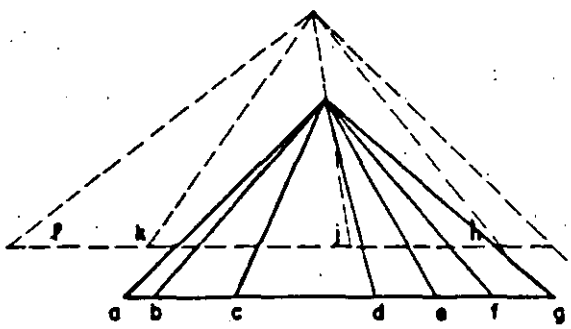
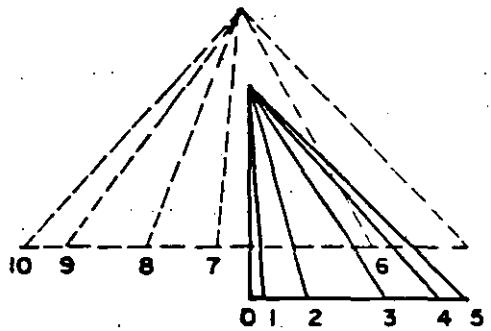


Fig. 37



MOMENTO FLEXIONANTE



DEFORMACION

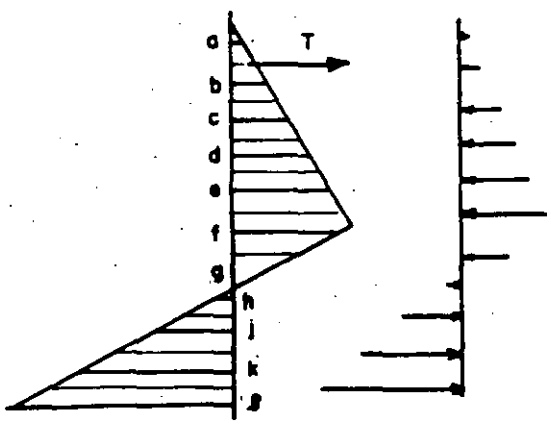
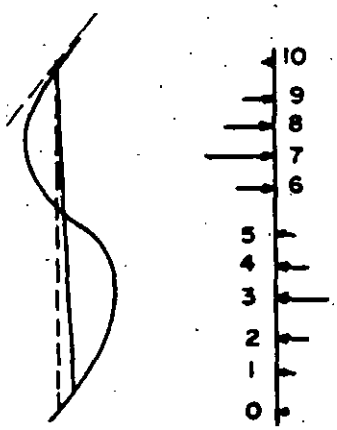
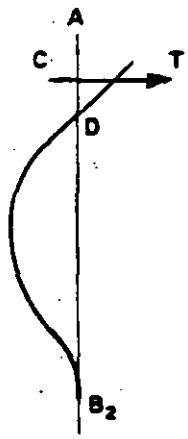


DIAGRAMA DE PRESIONES



POLIGONO DE MOMENTO FLEXIONANTE



POLIGONO DE DEFORMACION

Fig. 38

seleccionar la distancia polar y se obtienen los rayos polares. El diagrama de presiones activas puede tener diferente escala que el de las pasivas y dibujarse en diferentes lugares. Se puede así trazar el polígono funicular de momento flexionante que tendrá una línea base uniendo el punto de anclaje y el extremo inferior de la tablestaca. Habrá entre estos puntos otra ordenada cero, el punto de inflexión, arriba del cual el momento flexionante es positivo y abajo negativo. Se repite el mismo proceso trazando el polígono de fuerzas para el diagrama de momentos flexionantes, y el polígono funicular con la fuerza en el extremo inferior, vertical (fig.38). Este diagrama corta el eje A B_2 en D abajo del anclaje C, esto indica que se requiere algo más de penetración si la línea hubiera cortado el eje arriba de C o no lo cortara entonces se requeriría menos penetración, la línea punteada sobre el polígono de momento flexionante muestra el efecto de penetración adicional. El momento positivo disminuye y el negativo aumenta, el punto de inflexión sube y la tensión en el anclaje disminuye.

El ingeniero por consiguiente dará consideración a dos soluciones: Tablestaca ligera hincada una longitud suficiente para obtener empotramiento, o sección pesada únicamente hincada para obtener fijación parcial. Generalmente este no es un argumento para decir que el factor de seguridad es mayor en el primer caso y permitir sobrecarga, puesto que el factor gobernante es el del anclaje. Teóricamente el factor de seguridad del terreno es 1 y el anclaje tiene uno mayor.

tablestaca en C, dá la produndidad de penetración E C para la condición de extremo fijo. La fuerza en el anclaje se puede obtener en el polígono - de vectores con una paralela trazada desde el polo a FJH. El análisis se hace por m. de muro longitudinalmente. El momento flexionante se mide a partir de la base FJH.

Evidencia experimental indica que el momento flexionante real en -- una tablestaca anclada es menor al calculado con el procedimiento anterior. Esto se atribuye al arqueo del suelo flexible atrás de la pared y a la redistribución consecuente de la presión, la cual tiende a concentrarse en los - soportes superior e inferior sin que se produzca un cambio en la magnitud total. La redistribución se limita a la presión del terreno, cualquier presión hidrostática sobre la tablestaca no es afectada. Sin embargo, ninguna información basada en el comportamiento de los muros actuales ha sido obtenida. Se sugiere que mientras no se obtenga evidencia de muros construidos, el momento flexionante calculado se reduzca 25% para terreno uniforme que no contenga estratos de arcilla o limo, siempre y cuando, el respaldo no esté sujeto a vibración severa. Esta reducción que es comunmente usada en la práctica, está condicionada a que la deformación de la tablestaca no sea menor a 0.5% del claro. Para menores deformaciones la reducción puede tomarse pro-rata.

La deformación o flecha de la pared de la tablestaca anclada, puede calcularse con la expresión:

$$\Delta = \frac{ML^2}{10EI}$$

Otra manera de proceder.-

Donde la curva del polígono de momento flexionante corta la horizontal del anclaje en F (Fig.39), se traza una línea tangente a la curva en algún punto G, una línea horizontal a través de G corta a la línea de la tablestaca en B. Entonces EB es la profundidad de penetración para soporte libre. Una línea trazada paralelamente a F G en el diagrama polar al cortar a la base nos dará la tensión en el anclaje. La línea F G es la -- base del diagrama de momentos flexionantes para esta condición, y el momento flexionante máximo puede obtenerse a escala. La escala para medir la ordenada es:

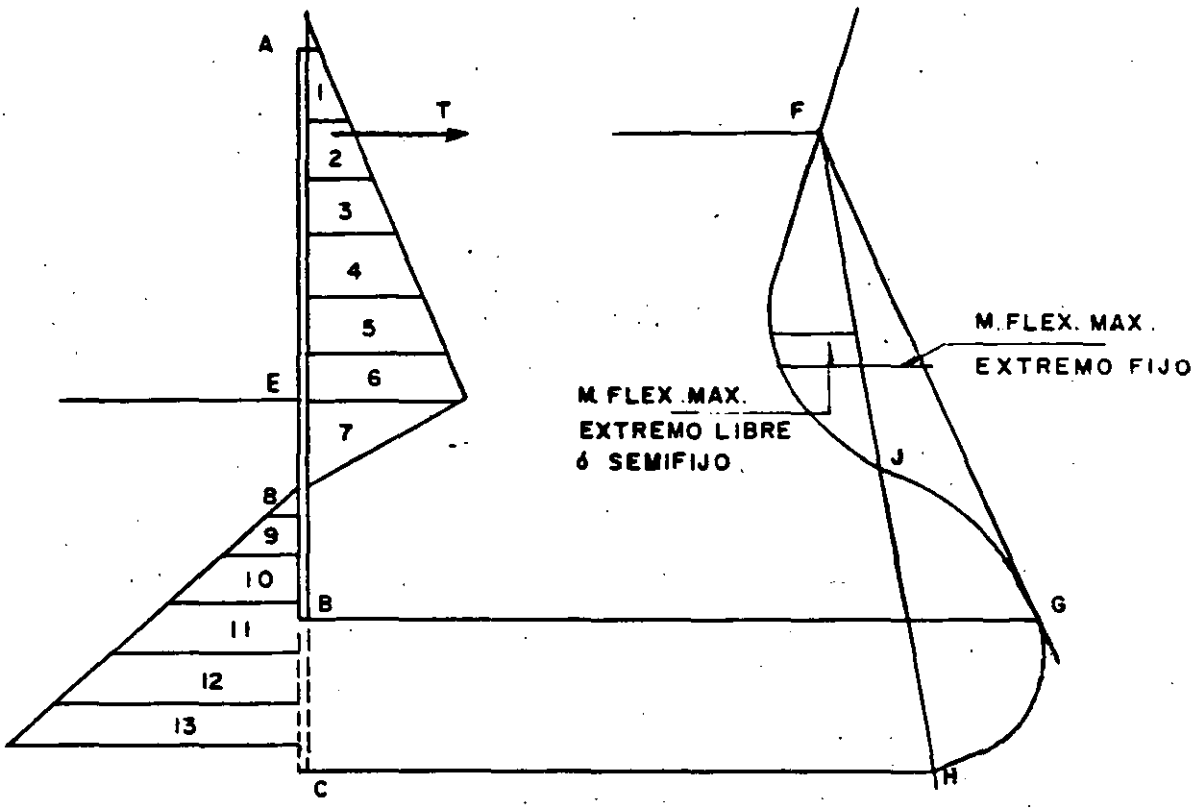
P x S x F = Momento

P = Distancia polar

S = Escala lineal

F = Escala de fuerzas

La otra condición de soporte fijo en el extremo significa una reducción del momento flexionante máximo, una reducción de la tensión en el anclaje pero un aumento en la penetración. De acuerdo con expedientes matemáticos podemos con buena aproximación obtener la base del polígono funicular para condición de extremo libre. Con la inversión de los momentos flexionantes de positivo a negativo existe una condición gobernante que es que la suma de los momentos alrededor de un punto fijo debe -- ser cero. Puesto que el punto de anclaje se considera rígido, el momento de la presión pasiva alrededor de este punto debe ser igual al de la presión activa. Se puede establecer fácilmente por pruebas que el máximo de la parábola superior FJ es 1.2 veces la ordenada máxima de la parábola inferior JH. La línea horizontal trazada por H y que corta a la ---


A
1
T
2
3
4
5
E
6
7
8
9
10
B
11
12
13
C
F
M.FLEX. MAX.
EXTREMO FIJO
M. FLEX. MAX.
EXTREMO LIBRE
ó SEMIFIJO
J
G
H

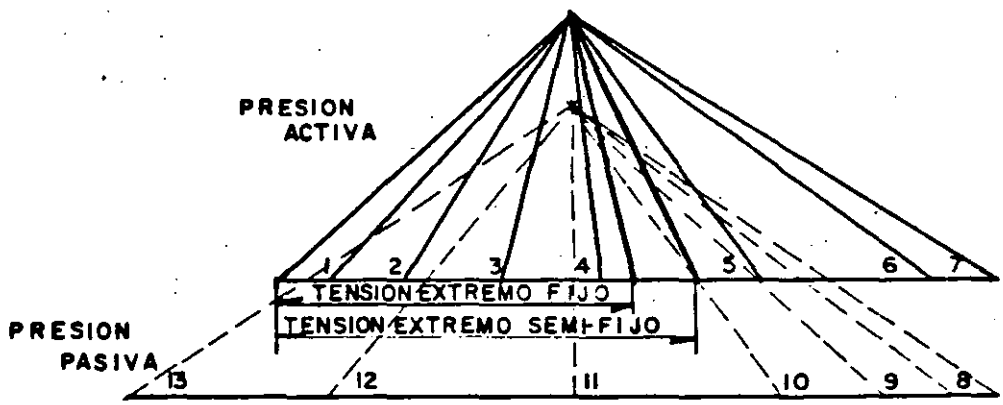

PRESION
ACTIVA
1
2
3
4
5
6
7
TENSION EXTREMO FIJO
TENSION EXTREMO SEMI-FIJO
PRESION
PASIVA
13
12
11
10
9
8

Fig. 39

donde:

M = Momento flexionante máximo en la tablestaca bajo el tirante de anclaje.

L = Claro desde el tirante al punto de momento flexionante nulo en la tablestaca.

E = Módulo de elasticidad del material de la tablestaca.

I = Momento de inercia de la tablestaca.

Esta fórmula puede aplicarse a cualquiera de las dos condiciones de extremo inferior enpotrado o semi-fijo.

Respecto a los anclajes del tirante existen principalmente cuatro tipos: concreto masivo, tablestacado balanceado arriba y abajo de la apli-- cación del tirante, tablestacado cantiliver y grupos de pilotes.

Detalles para el diseño de paredes de tablestaca aparecen en todos los manuales proporcionados por los fabricantes.

En este tipo de problemas son de aplicación muy efectiva los métodos de integración numérica.

yado sobre elementos flexibles, en general macizos de hule. Se pensó en reducir el tiempo costoso de trabajo marino colocando sobre los pilotes hincados en el lugar trabes precoladas formándose así marcos que a su vez soportan transversalmente losas precoladas haciendo un colado final de concreto sobre dichas losas lográndose en esta forma continuidad.

En las figuras 46 y 47 se presenta un proyecto similar al último mencionado en el párrafo anterior, pudiéndose apreciar en la figura 47 — los marcos que soportan las tuberías que como dijimos son a base de trabes precoladas unidas mediante pernos a los pilotes y columnas, pudiéndose aumentar la longitud de estas últimas al requerirse apoyar un mayor número de trabes que constituyan niveles adicionales para soportar nuevas tuberías, colando tramos a partir de la parte en que se dejaron varillas ancladas.

No obstante todas las ventajas en los diseños de las figuras 46 y 47, por las razones mencionadas al referirnos a la Fig. 40, este tipo de estructura se ha aplicado para barcos de desplazamiento mas bien reducido.

Hasta ahora no hemos hecho referencia a las instalaciones de amarre que indiscutiblemente debe llevar todo muelle, y que constan de bitas o ganchos de escape anclados en la estructura del muelle, de los duques de alba de atraque o en duques de alba de amarre especiales.

En las figuras 48 y 49 tenemos otro tipo de puelle en el cual el atraque lo reciben dos puntos rígidos constituídos por gaviones construídos con una pared de tablestaca metálica y relleno interior de concreto, que deberán estar cimentados en un terreno bastante resistente a poca

a cabo sobre duques de alba separados A y B, los cuales absorben el total de la energía cinética de la embarcación, quedando la plataforma de operación que está unida al acceso, soportando únicamente carga verticales. En esta forma un atraque accidental con velocidad mayor a la de diseño sería tomado únicamente por los duques de alba sin transmitirse el resto de la estructura. No obstante que antiguamente se utilizaron pilotes de madera con gran efectividad en duques de alba, en la actualidad se ha comprobado que el material ideal para absorber energía es el acero, material bastante homogeneo, flexible y resistente. Deberán elegirse secciones en cajón con momento de inercia constante en cualquier dirección y de preferencia tubos circulares que son los más económicos en cuanto a peso de acero necesario, pero si se dificulta su fabricación la sección cuadrada es la indicada. En ocasiones muy frecuentes, el concreto tiene ventaja con respecto al acero por ser un material más barato y disminuir problemas de corrosión.

En las figuras 44 y 45 se muestran dos tipos de estructuraciones que han tenido gran aceptación en los últimos años tanto por su sencillez como por su efectividad. En de la Fig. 45 es esencialmente el antes analizado, y consiste de un acceso y una plataforma de operación separadas por juntas de plataformas de atraque laterales adaptadas además con defensas de gravedad. Otra ventaja que se puede observar es que la cubierta es una losa plana cuyo colado en la obra es muy sencillo, y se puede realizar en corto tiempo, lo cual se traduce en ahorro de dinero. El arreglo mostrado en la Fig. 44 posee un sistema de defensas muy económico y efectivo a base de un tablero de madera apoyado sobre pilotes verticales muy flexibles y en general también de madera cuyo extremo superior está apo-

blestaca metálica unidos por pares mediante un cabezal de concreto obteniendo en esta forma un conjunto muy estable no obstante que se tenga e este lugar un gran calado necesario para grandes barco-tanques.

Se mencionarán a continuación algunas de las instalaciones para - muelles, modernas o que han demostrado a través de los años tener buena efectividad.

Ha sido muy común mover las garzas para carga o descarga de -- productos petroleros mediante grúas instaladas en la plataforma de ope-- ración. En la actualidad se cuenta con un sistema de garzas operadas -- hidraúlicamente, con lo cual se reduce el tiempo de operación y el perso_ nal necesario,ya que prácticamente solo se requiere de una persona ope-- rando los controles y otra que coloca la boca de la garza en su posición - correcta. Estos tipos de garzas se utilizan para mover una gran varie dad de productos e inclusive hechas con una aleación especial de aluminio para fluídos corrosivos.

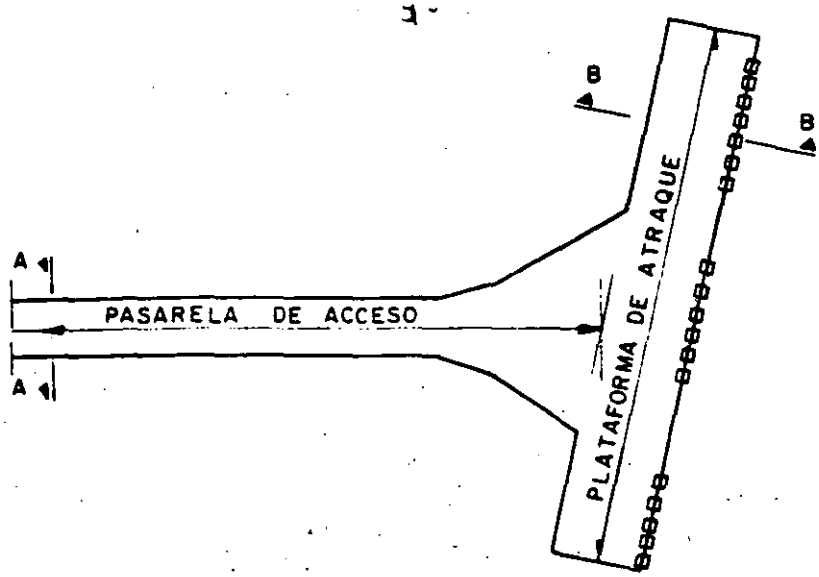
Es evidente la gran ventaja que se obtiene al proteger una estructura de atraque utilizando defensas, ya que siendo estas en general más - deformables, absorben la mayor parte de la energía disminuyendo la fuer za de impacto. Los sistemas de defensas pueden ser tan efectivos y --- complicados o costosos como se quiera, no obstante algunos de ellos se - han ido prefiriendo por su simplicidad o buen funcionamiento, tales como los indicados en las figuras 20, 21 y 22.

En cuanto a la forma de fijar las amarras en las plataformas de - atraque o en los duques de alba de amarre, conviene mencionar la ventaja de bitas adaptadas con ganchos de desprendimiento rápido, evitándos- ...

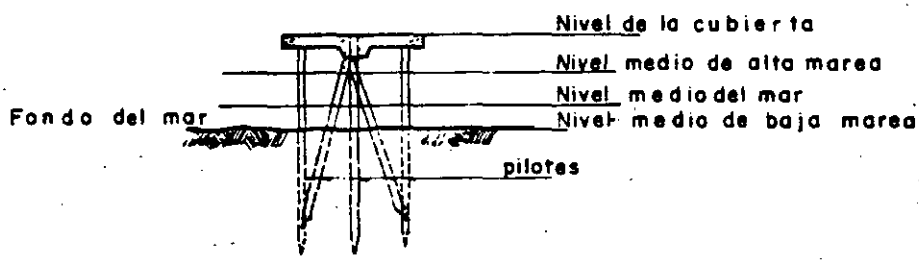
profundidad, pues en otra forma serían excesivamente costosos. La rigidez de esta estructura masiva hace que se requiera un sistema de defensas muy especial que absorba por si solo toda la energía de la embarcación, pues la carencia de este ha originado en algunos casos que lleguen al gavión cargas muy grandes que lo hacen fallar. En el caso de la figura se colocaron defensas de gravedad conectadas a pistones hidraúlicos. En este tipo de estructuras atracan actualmente grandes barco-tanques.

En las figuras 50, 51 y 52 tenemos varias ilustraciones de una instalación muy original e ingeniosa utilizada para recibir barco-tanques de gran desplazamiento en un lugar en que la variación de mareas es muy grande. Cada uno de los muelles consiste de un pontoon de atraque guiado en su posición por columnas, conectado mediante armaduras trianguladas que tienen libertad de moverse verticalmente durante las variaciones de la marea, a defensas del tipo gravedad soportadas por duques de alba muy flexibles. La energía cinética del barco se absorbe por fricción entre el agua y el pontoon, fricción e incremento de energía potencial de las defensas de gravedad y energía potencial elástica al deformarse los duques de alba. Los duques de alba de amarre consisten de flotadores que deslizan durante las variaciones del nivel del agua alrededor de grandes tubos verticales hincados en el terreno la profundidad necesaria.

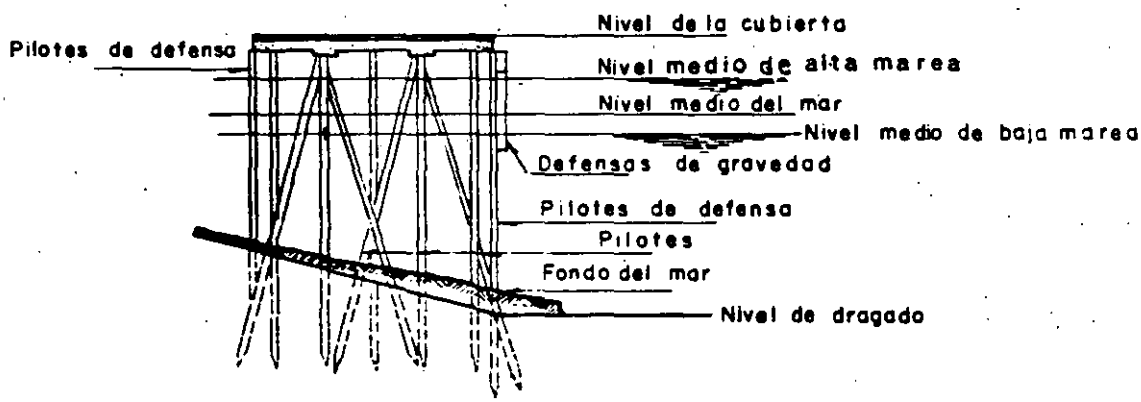
En la figura 53 aparece una instalación a donde llegan algunos de los barcos petroleros más grandes del mundo y con bastante frecuencia, por lo que fué necesario pensar en instalaciones adecuadas aprovechadas al máximo, construyendo muelles normales a la costa con bandas de atraque en ambos lados, pudiéndose en esta forma atracar dos barcos a la vez en cada muelle. Los duques de alba de atraque son gaviones de ta---



P L A N T A



S E C C I O N A – A



S E C C I O N B – B

Fig. 40

esta forma el traslado de los operarios hasta el lugar de fijación que en - ocasiones es de difícil acceso, puesto que estos ganchos se pueden operar desde la embarcación.

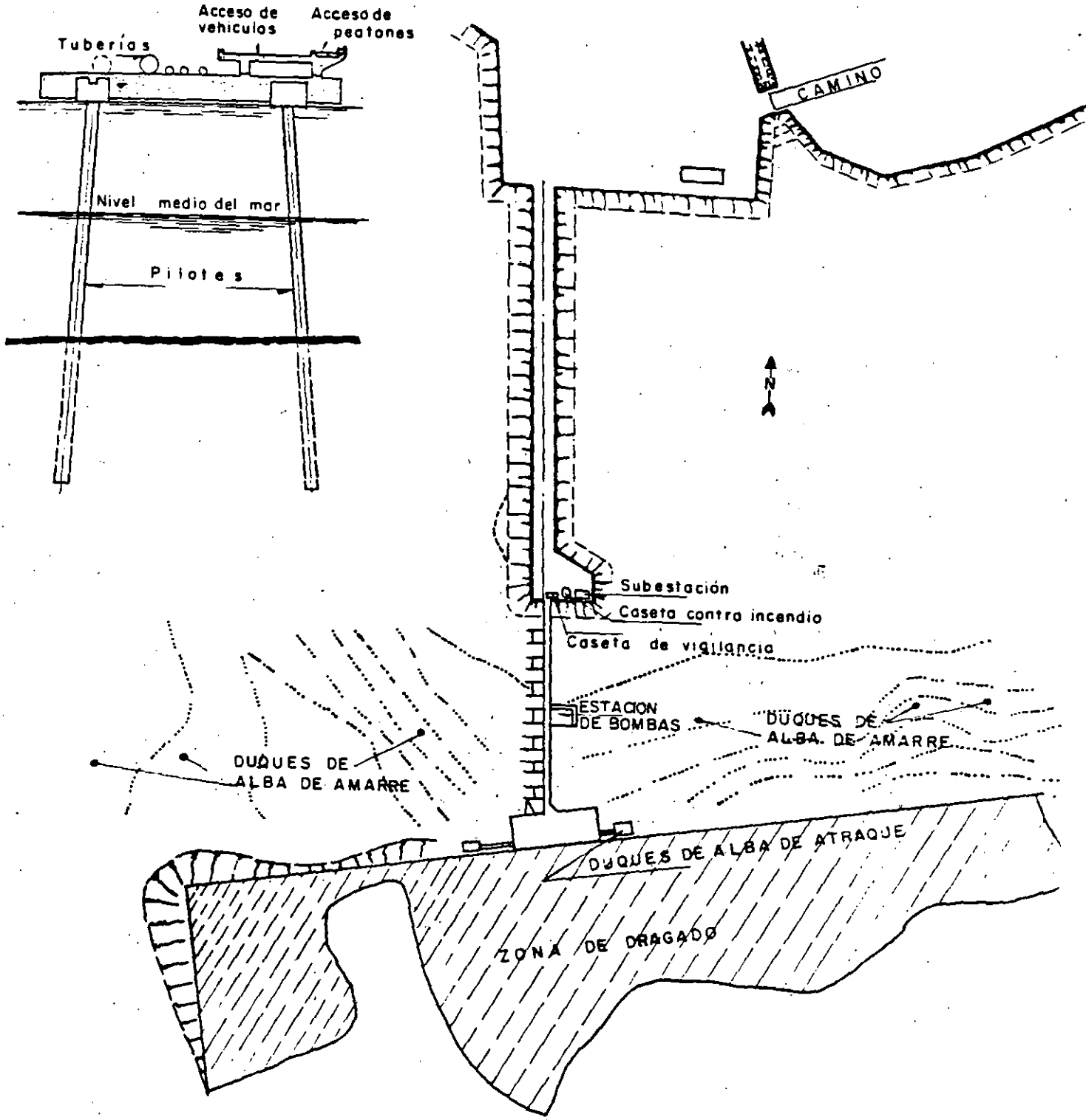

Acceso de vehiculos
Acceso de peatones
Tuberías
Nivel medio del mar
Pilotes
CAMINO
N
Subestación
Caseta contra incendio
Caseta de vigilancia
ESTACION DE BOMBAS
DUQUES DE ALBA DE AMARRE
DUQUES DE ALBA DE AMARRE
DUQUES DE ALBA DE ATRAQUE
ZONA DE DRAGADO

Fig. 42

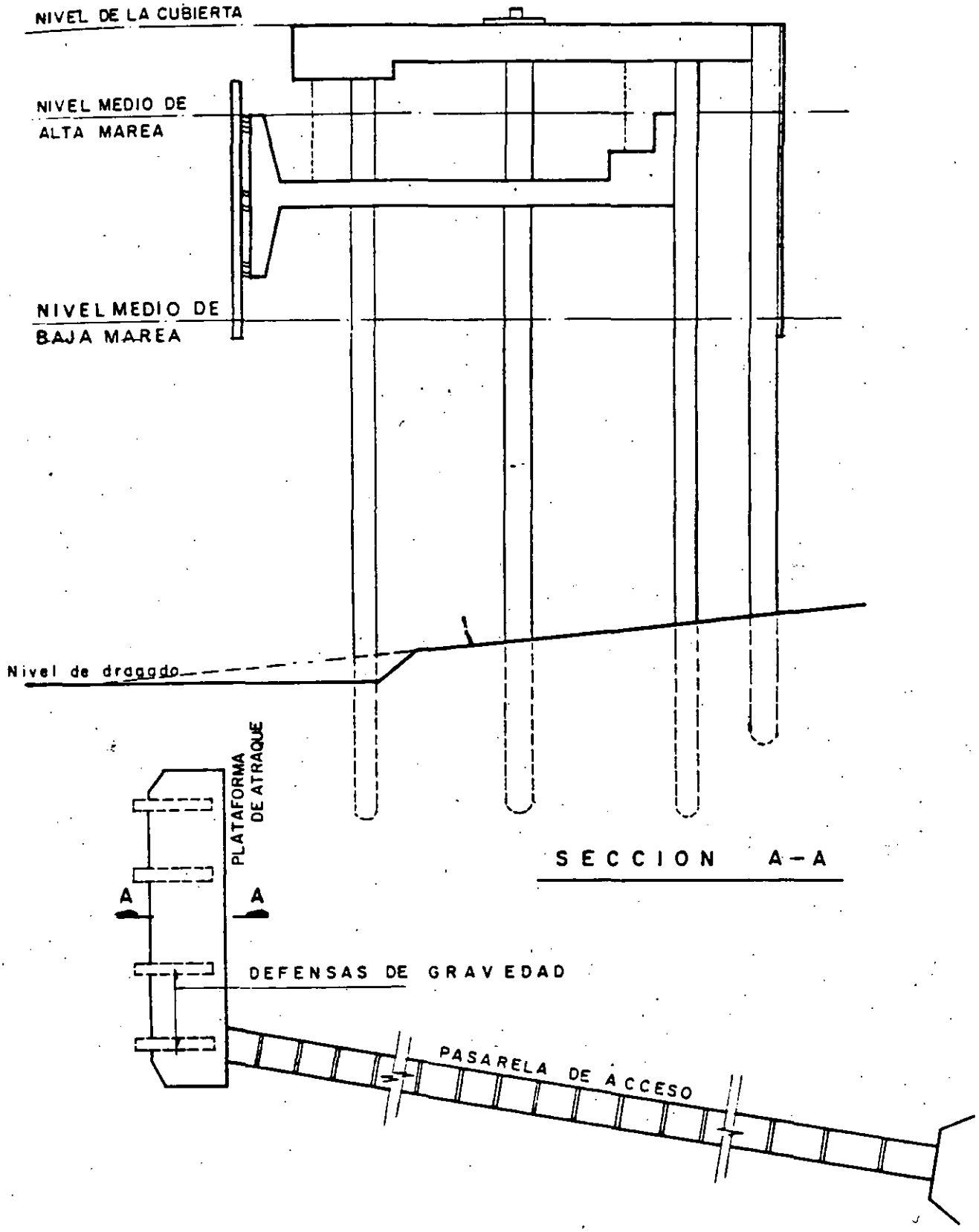

NIVEL DE LA CUBIERTA
NIVEL MEDIO DE
ALTA MAREA
NIVEL MEDIO DE
BAJA MAREA
Nivel de dragado
PLATAFORMA
DE ATRAQUE
A
A
SECCION A-A
DEFENSAS DE GRAVEDAD
PASARELA DE ACCESO

Fig. 41

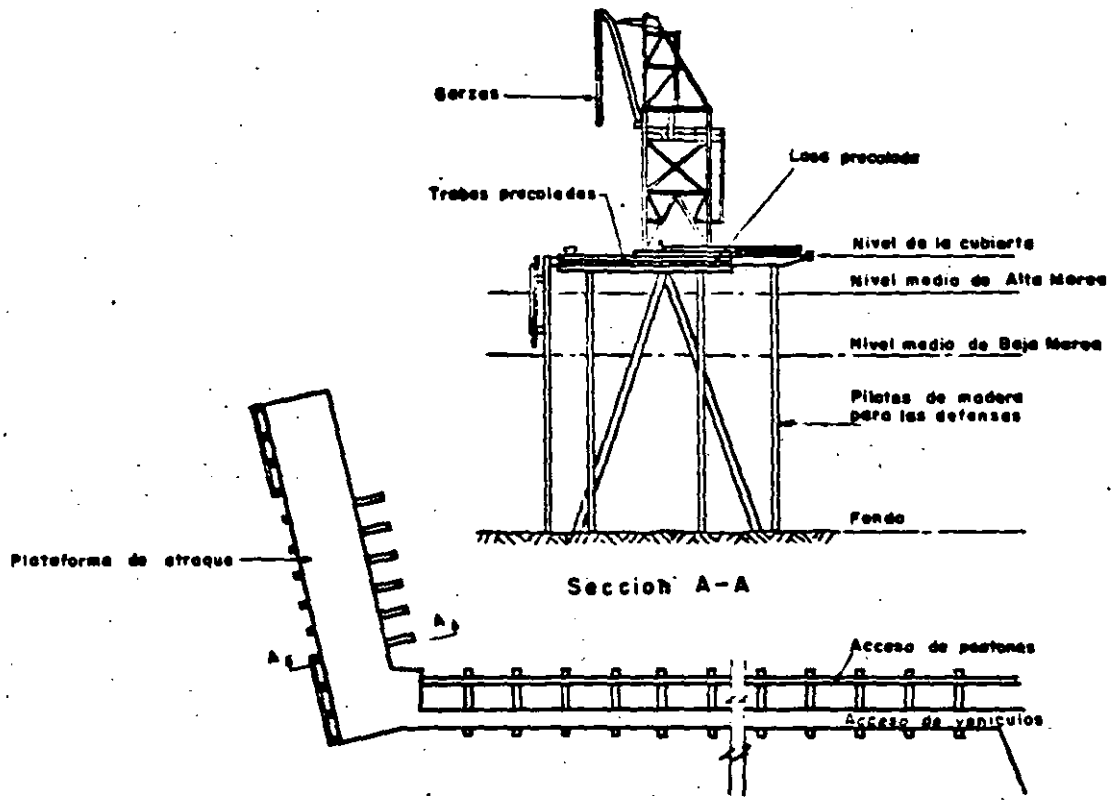

Gruas
Losa precolada
Trabes precoladas
Nivel de la cubierta
Nivel medio de Alta Mares
Nivel medio de Baja Mares
Pilotes de madera para las defensas
Fondo
Plataforma de atraque
Seccion A-A
Acceso de peatones
Acceso de vehiculos
Planta

Fig. 44

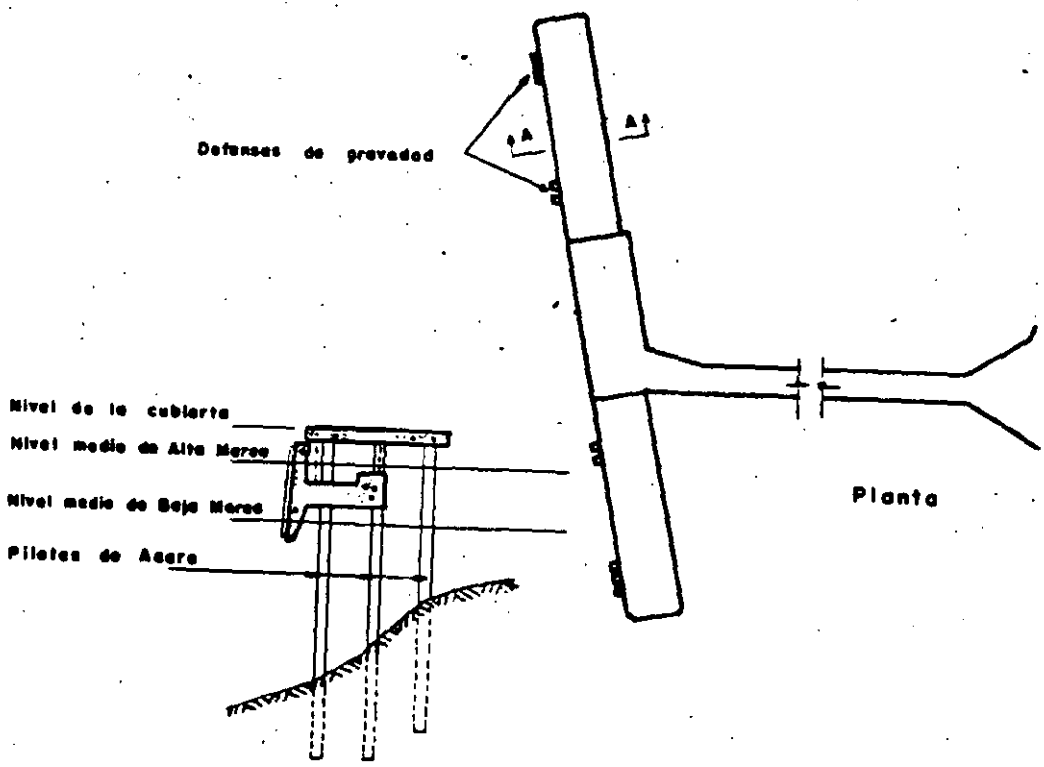
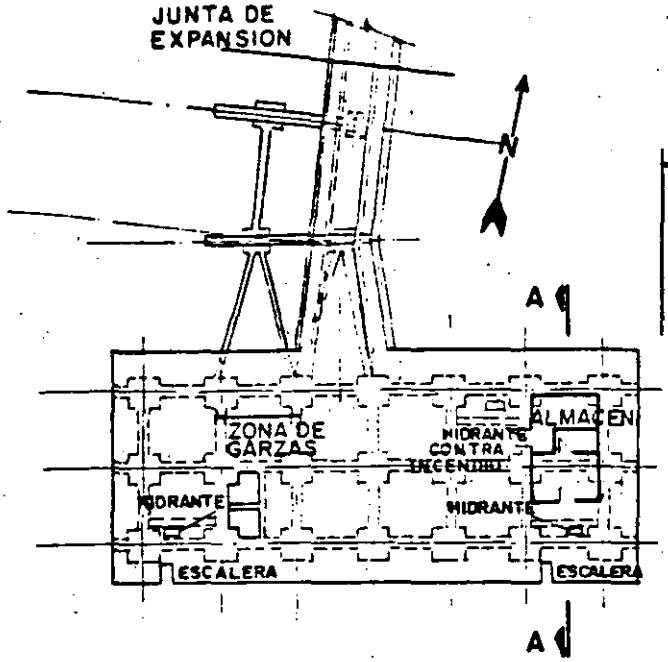
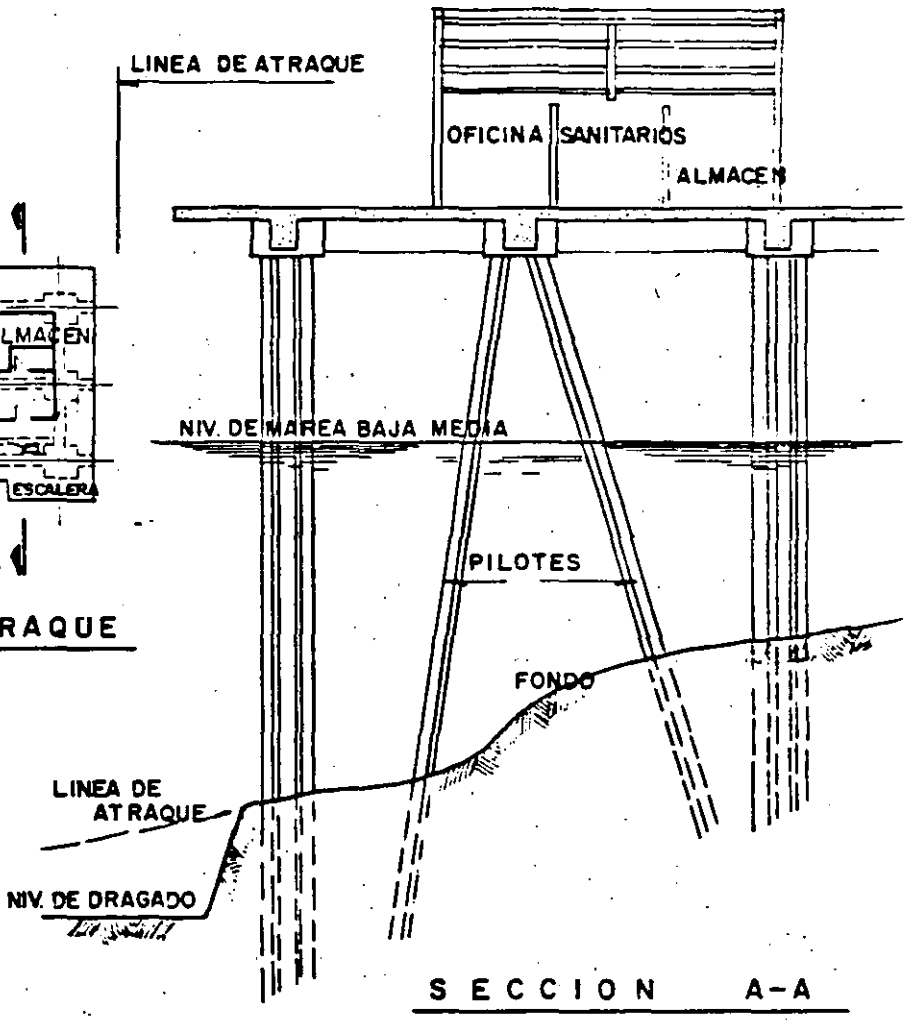

Defensas de proveedad
Nivel de la cubierta
Nivel medio de Alta Mares
Nivel medio de Baja Mares
Pilotes de Acero
Planta
Seccion A-A

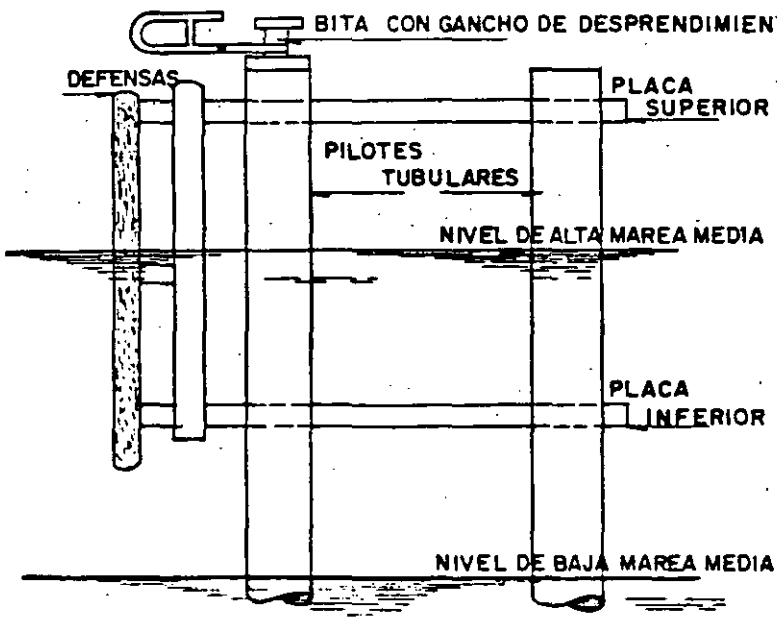
Fig.45



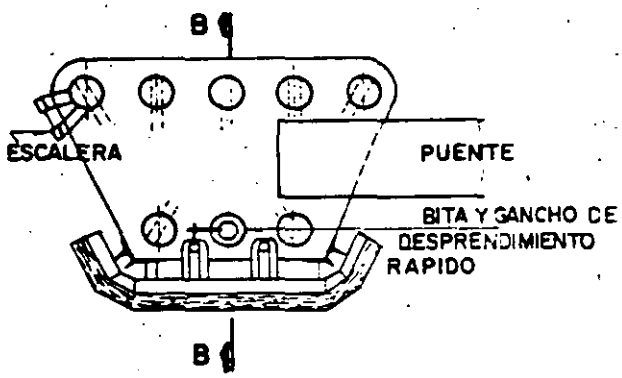
PLATAFORMA DE ATRAQUE



SECCION A-A



SECCION B-B



DUQUE DE ALBA

Fig. 43

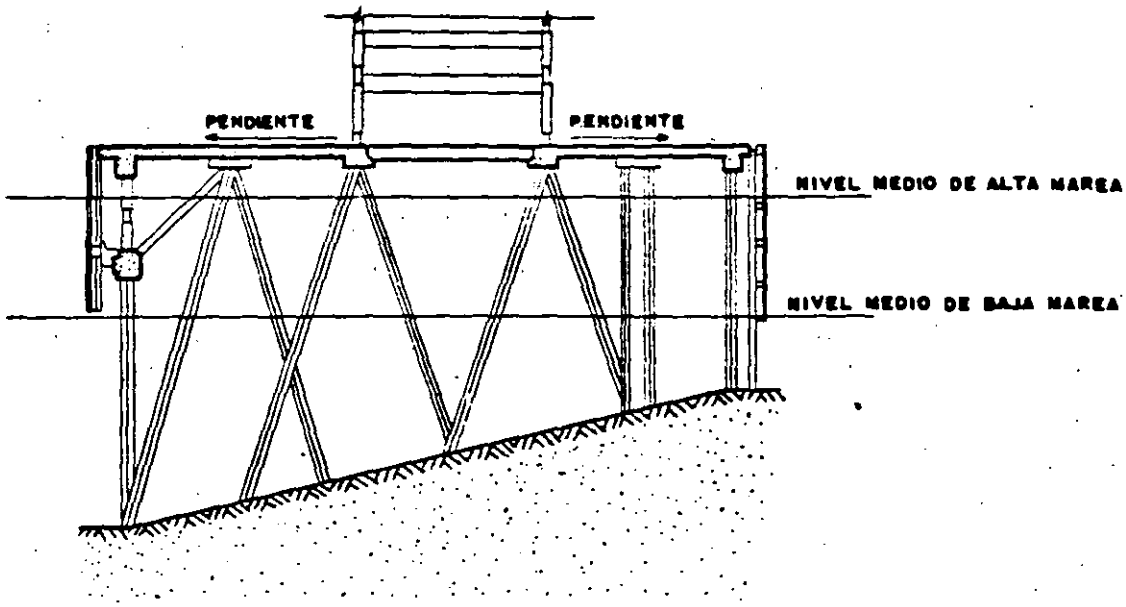
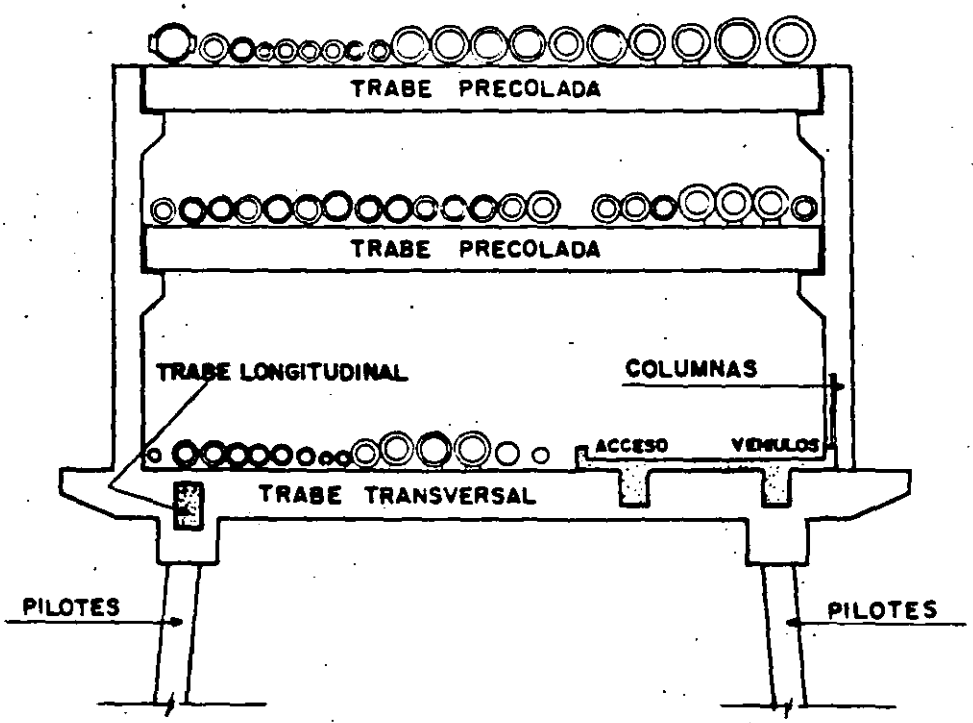

PENDIENTE
PENDIENTE
NIVEL MEDIO DE ALTA MAREA
NIVEL MEDIO DE BAJA MAREA

Fig. 47


TRABE PRECOLADA
TRABE PRECOLADA
TRABE LONGITUDINAL
COLUMNAS
ACCESO
VEHICULOS
TRABE TRANSVERSAL
PILOTES
PILOTES

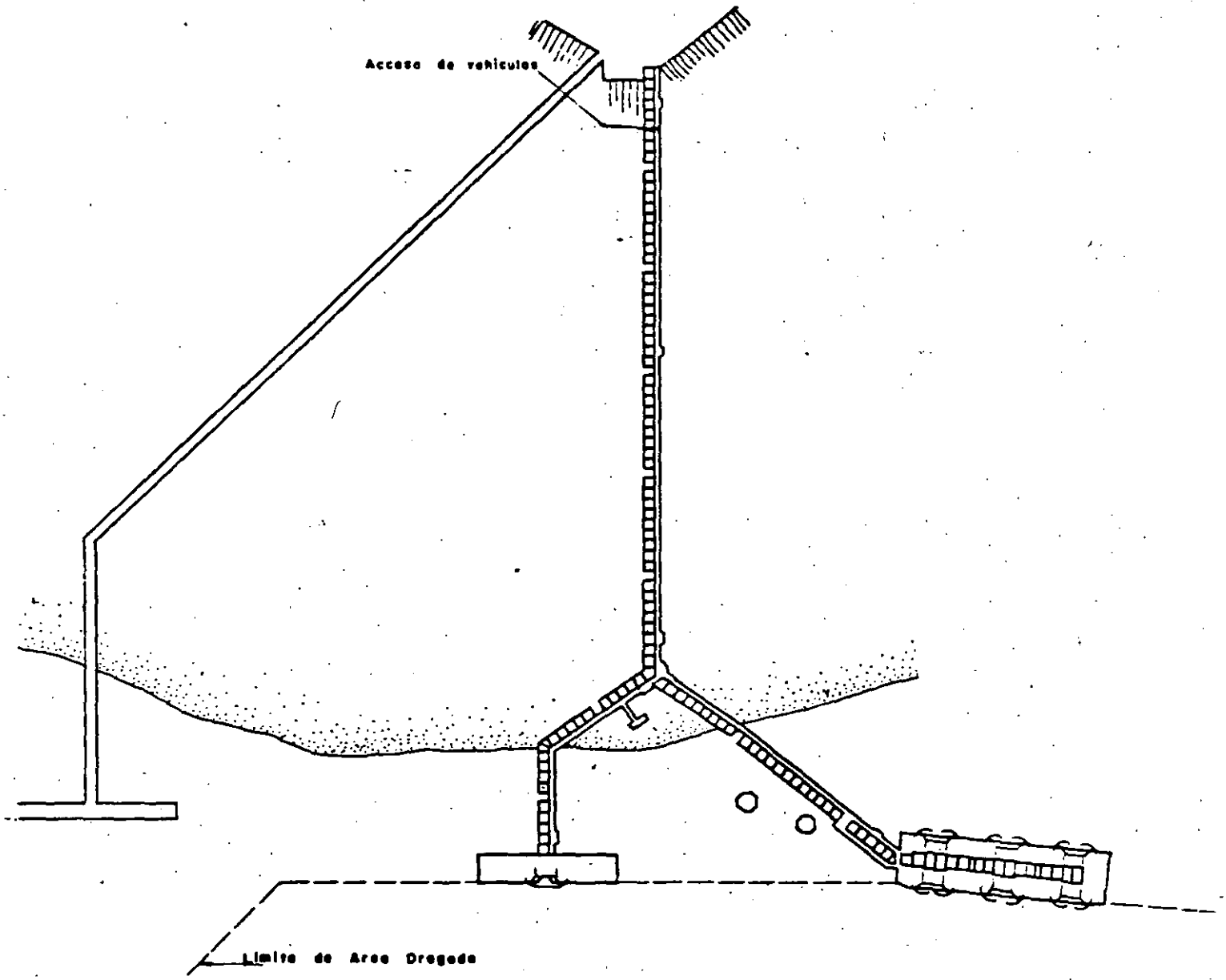


Fig. 46

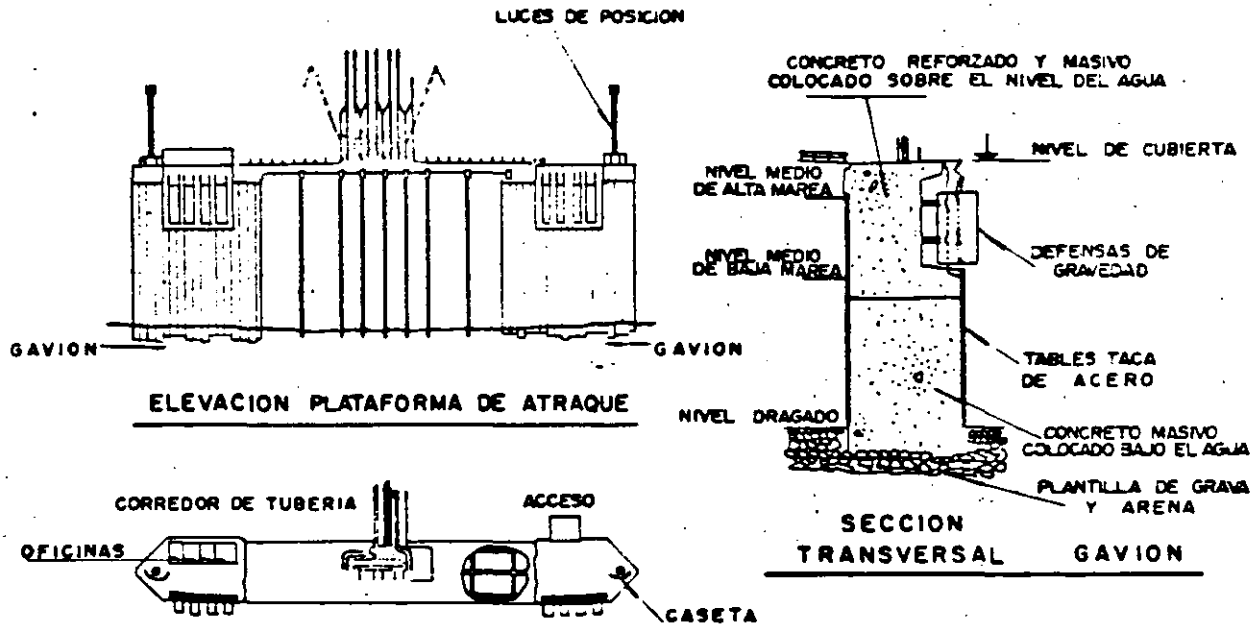

LUCES DE POSICION
GAVION
GAVION
ELEVACION PLATAFORMA DE ATRAQUE
CONCRETO REFORZADO Y MASIVO COLOCADO SOBRE EL NIVEL DEL AGUA
NIVEL DE CUBIERTA
NIVEL MEDIO DE ALTA MAREA
NIVEL MEDIO DE BAJA MAREA
DEFENSAS DE GRAVEDAD
TABLESTACA DE ACERO
NIVEL DRAGADO
CONCRETO MASIVO COLOCADO BAJO EL AGUA
PLANTILLA DE GRAVA Y ARENA
SECCION TRANSVERSAL GAVION
CORREDOR DE TUBERIA
ACCESO
OFICINAS
CASETA
PLANTA PLATAFORMA DE ATRAQUE
PILOTES DE ACERO
DUCTOS PARA CABLES
PILOTES DE ACERO
SECCION TRANVERSAL DE ACCESOS

Fig. 49

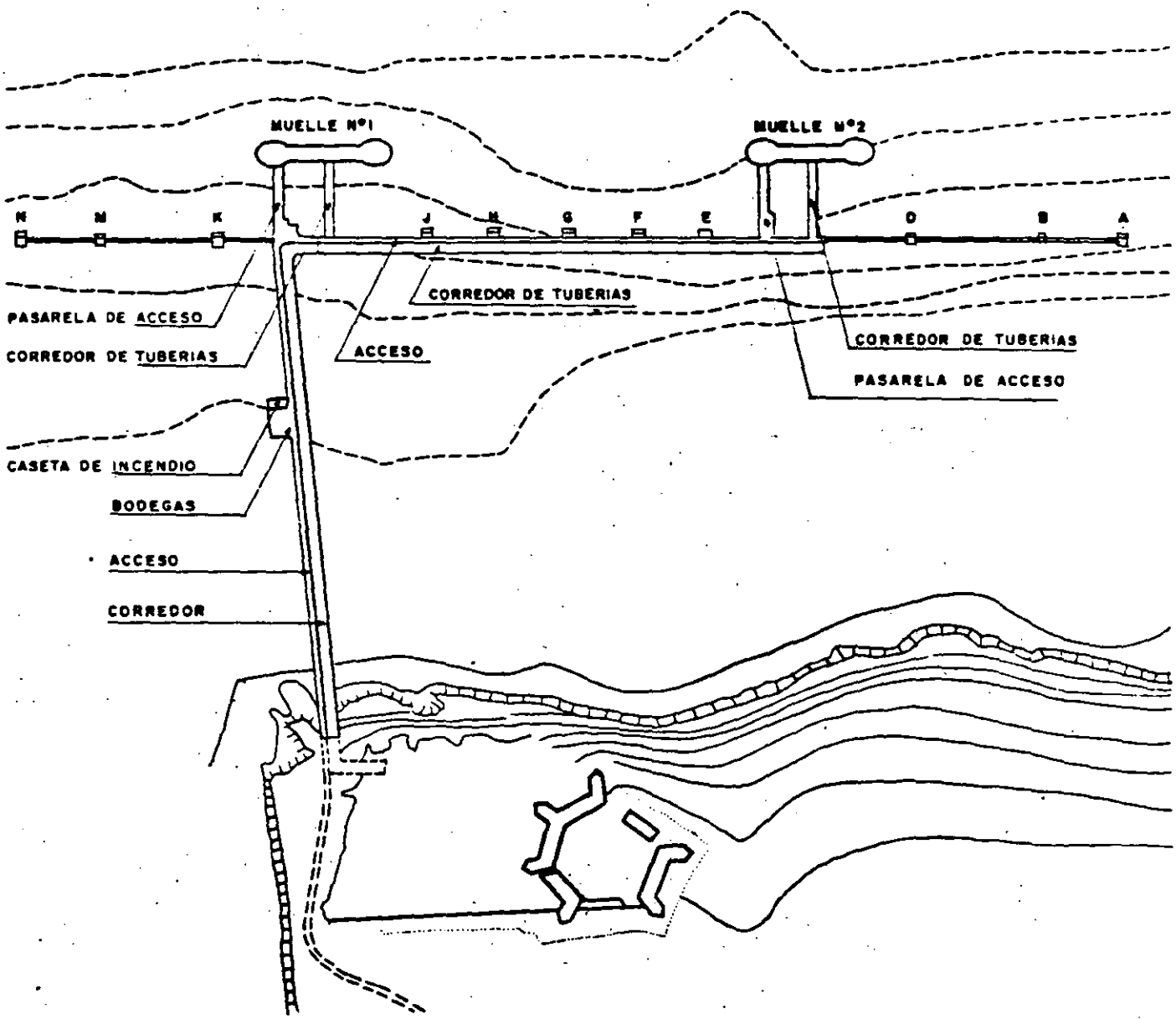
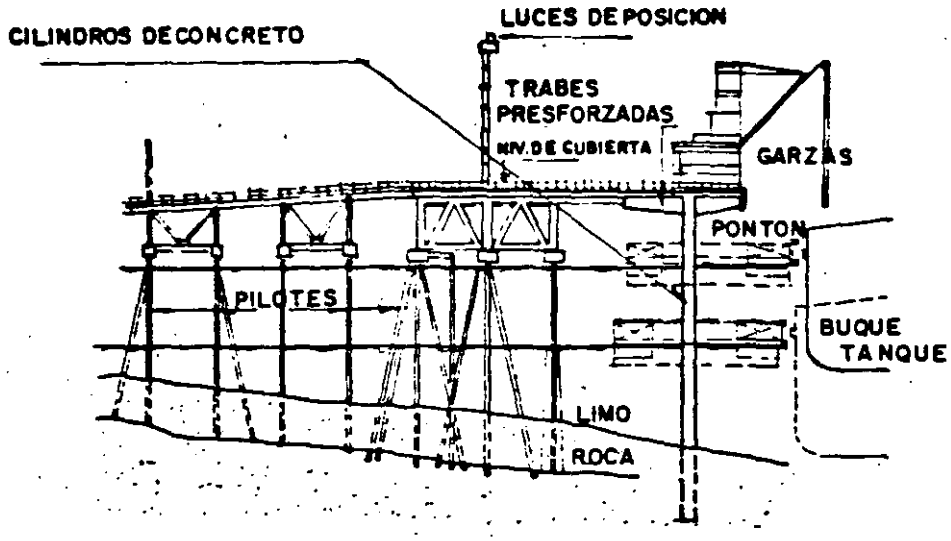
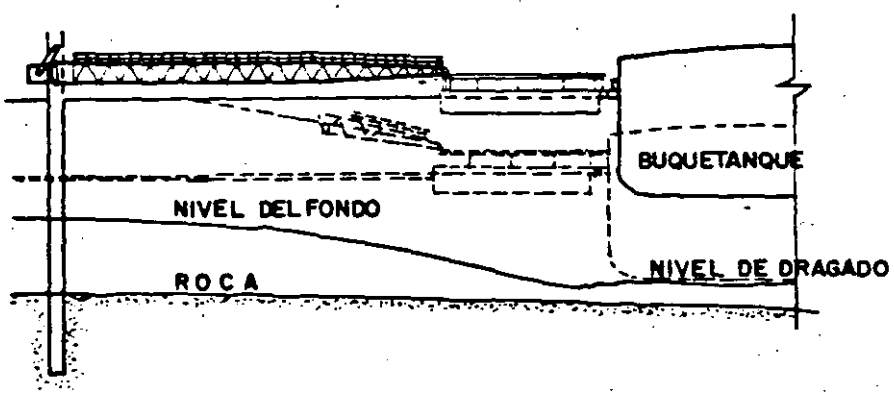

MUELLE Nº1
MUELLE Nº2
N
M
K
J
H
G
F
E
D
B
A
PASARELA DE ACCESO
CORREDOR DE TUBERIAS
ACCESO
CORREDOR DE TUBERIAS
CORREDOR DE TUBERIAS
PASARELA DE ACCESO
CASETA DE INCENDIO
BODEGAS
ACCESO
CORREDOR

Fig. 48





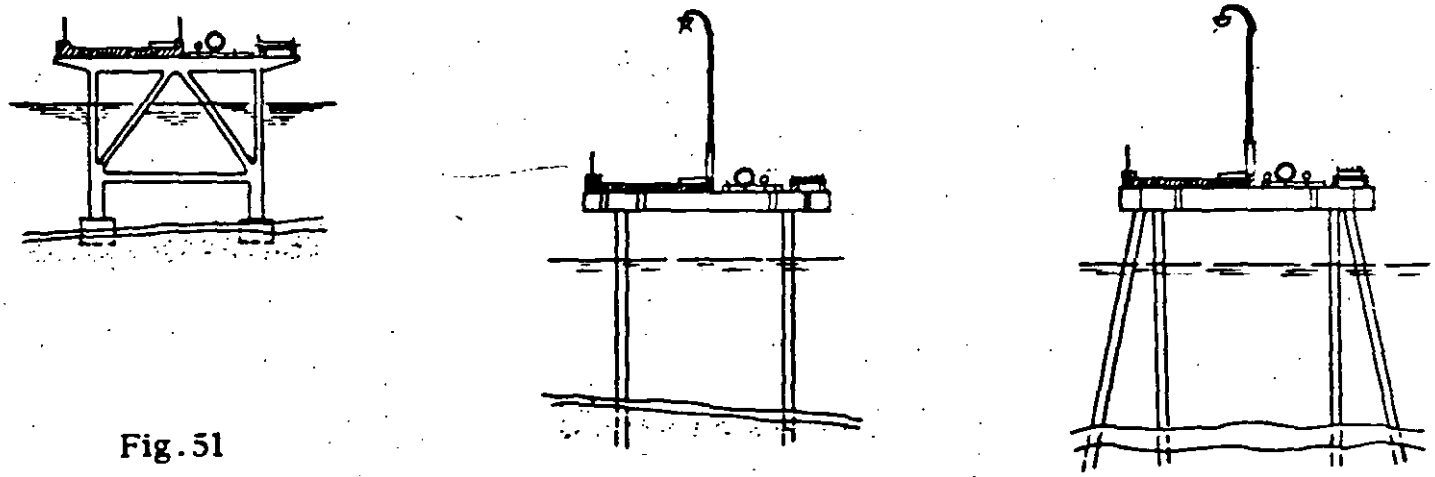


Fig. 51

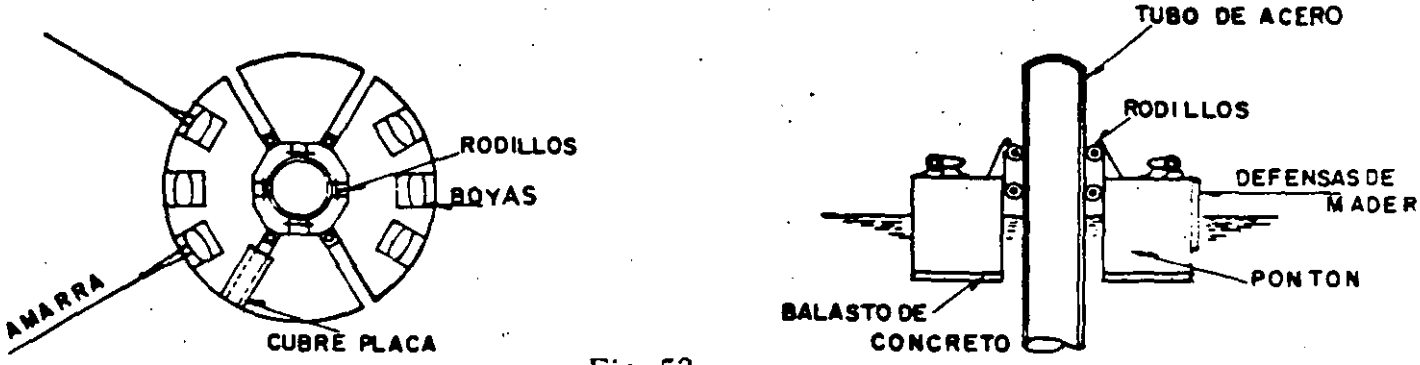


Fig. 52

PLANTA

ELEVACION

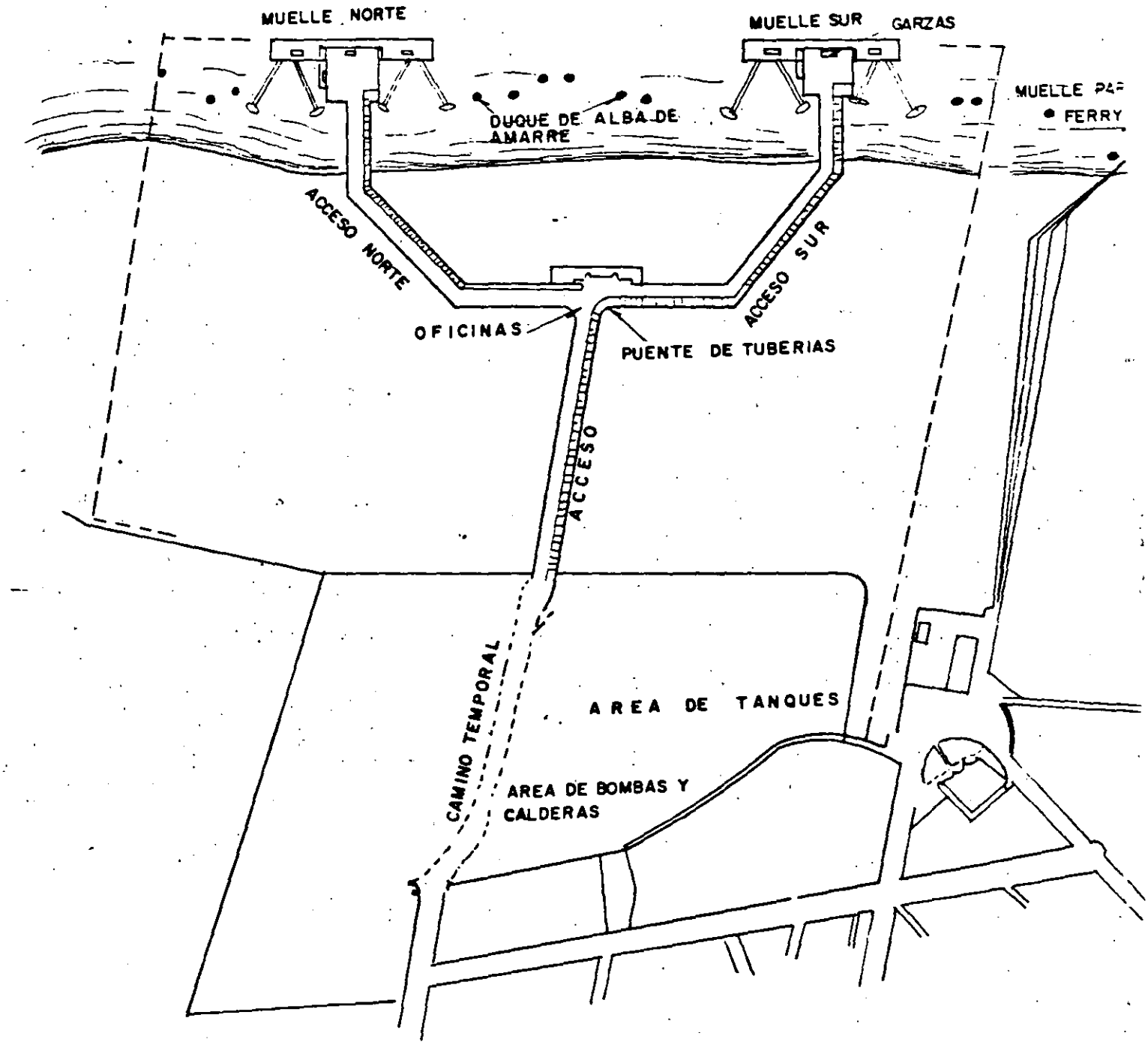

MUELLE NORTE
MUELLE SUR
GARZAS
MUELLE PAF
FERRY
DUQUE DE ALBA DE AMARRE
ACCESO NORTE
ACCESO SUR
OFICINAS
PUENTE DE TUBERIAS
ACCESO
CAMINO TEMPORAL
AREA DE TANQUES
AREA DE BOMBAS Y CALDERAS

Fig. 50

MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA ALEJADAS DE LA COSTA

Cuando no se cuenta con muelles o dársenas de maniobras tales que permitan atracar los barcos cerca de la costa, será necesario tener instalaciones alejadas que permitan cargar o descargar los productos -- conducidos con las tuberías adecuadas.

Dentro de estas podemos incluir el duque de alba aislado mostrado en la figura 54, constituido de una plataforma fija protegida con un -- sistema de defensas muy efectivo, cuyas ventajas ya antes mencionamos.

Muy recientemente se ha comenzado a utilizar el tipo de boya de atraque anclada para impedir movimientos en cualquier dirección mostrada en la fig. 56, en sustitución a la operación de lograr la fijación del barco mediante varias anclas y boyas (fig. 55), cargándolo o descargando - con una tubería que flota y cuyo extremo se indica, haciendo uso de otr boya. Este tipo de boya tiene varias ventajas: su instalación y mantenimiento son muy simples y económicos, permite al barco girar alrededor acomodándose en la posición más conveniente y trabajar en condiciones - del tiempo imposibles para hacerlo con cualquier otra instalación, puede moverse fácilmente y cambiarse a otro lugar que se considere más conveniente, etc. En la figura 57 se presentan algunos detalles de la boya de atraque IMODCO.

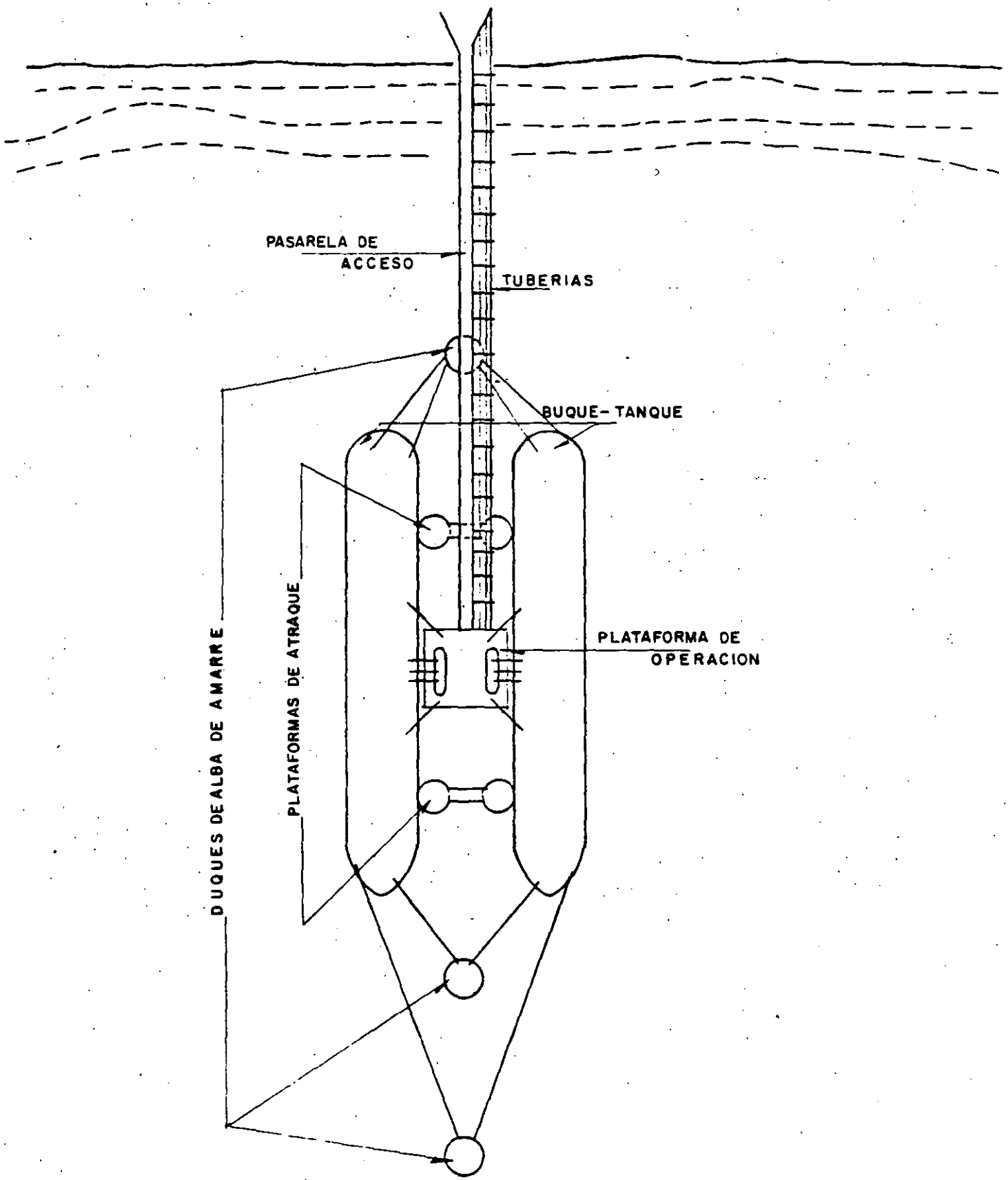

PASARELA DE ACCESO
TUBERIAS
BUQUE-TANQUE
PLATAFORMA DE OPERACION
PLATAFORMAS DE ATRAQUE
DUQUES DE ALBA DE AMARRE

Fig. 53

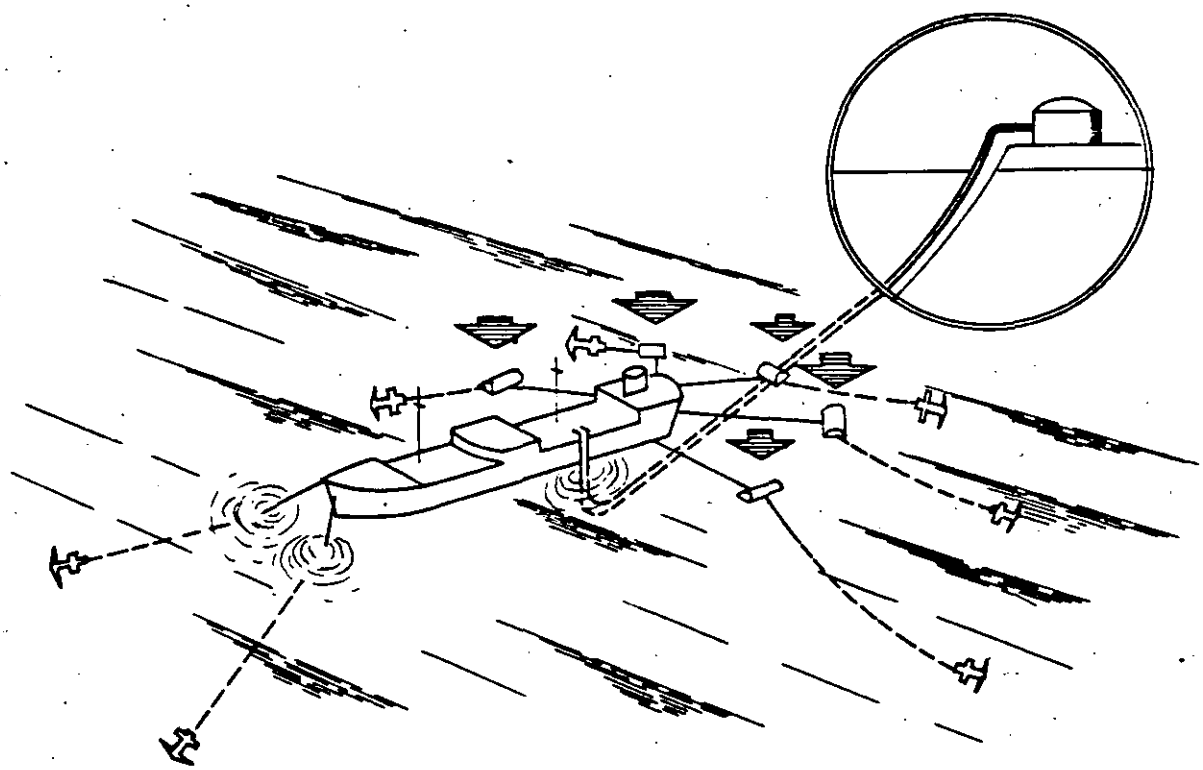


Fig. 55

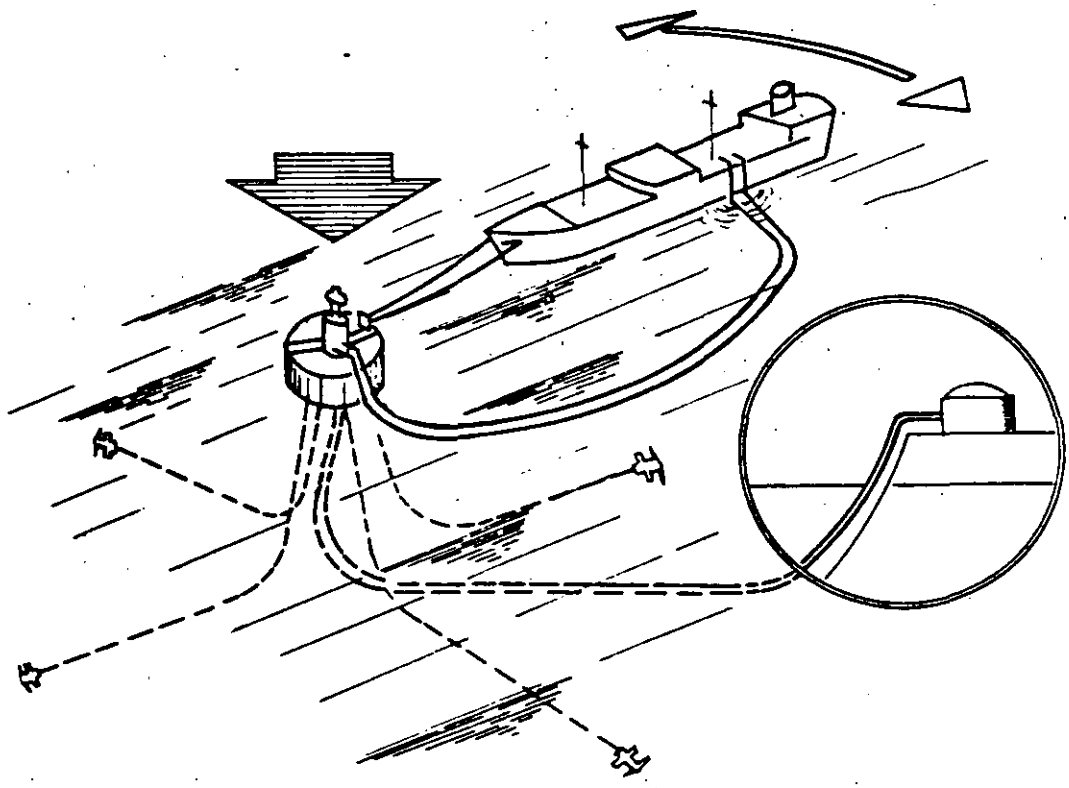
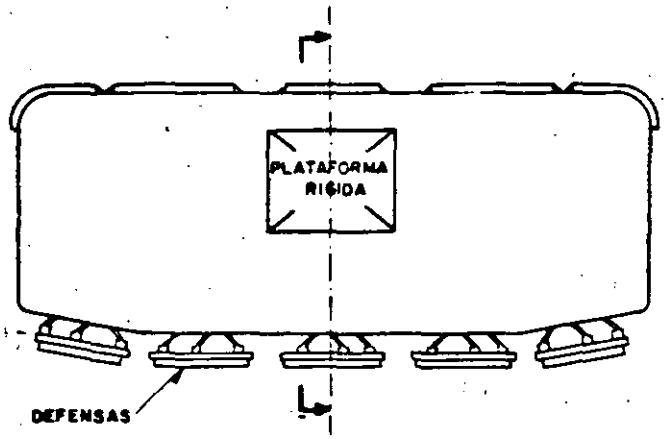
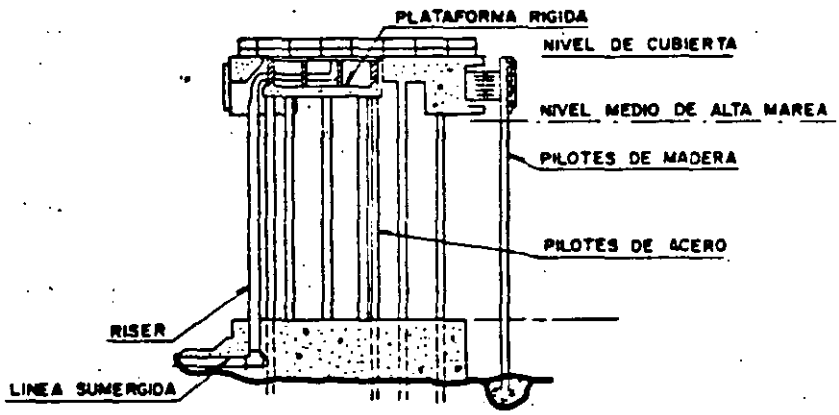


Fig. 56



PLANTA



SECCION TRANSVERSAL

Fig. 54

ROMPEOLAS O ESCOLLERAS

Un rompeolas es una estructura construida con el propósito de - - formar un puerto artificial que nos proporcione una dársena de maniobras suficiente para llevar a cabo con seguridad las maniobras de las embarcaciones durante su acomodo en el puerto.

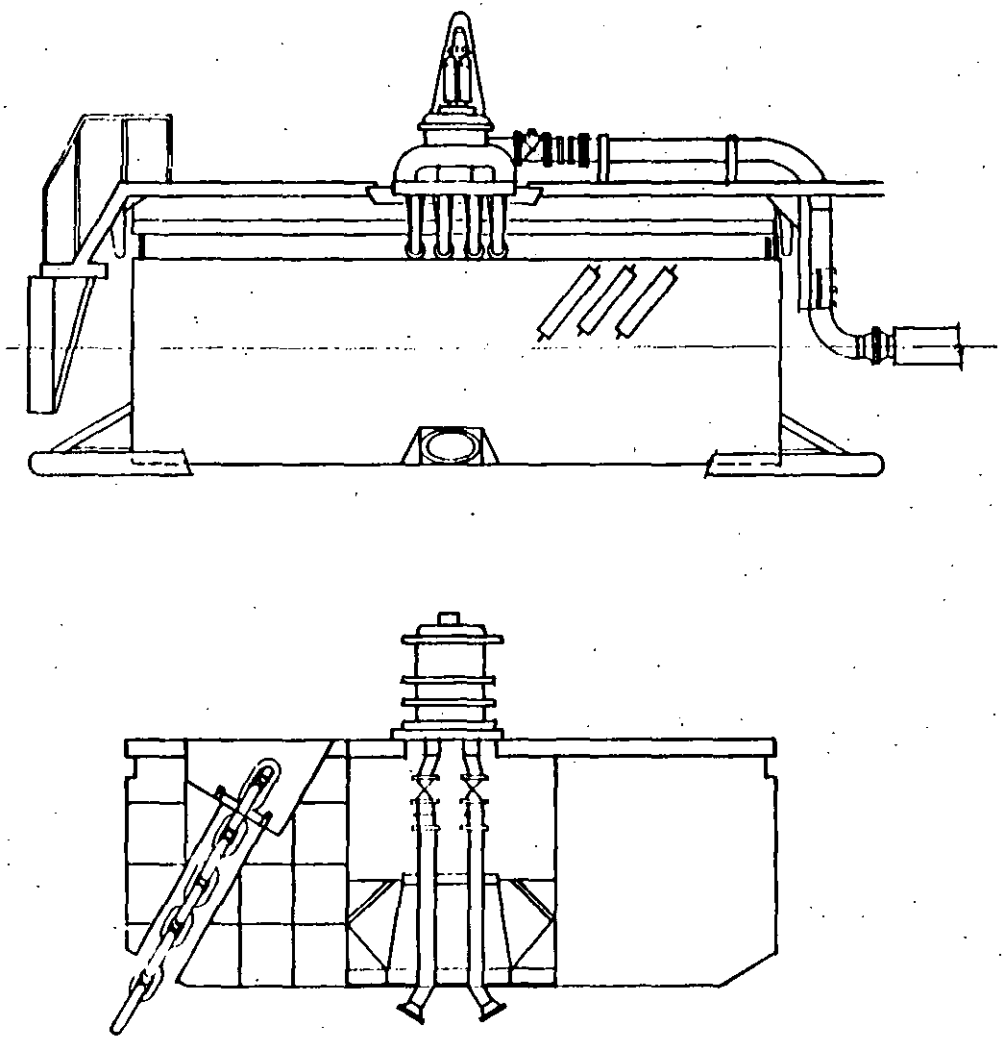
En ocasiones el rompeolas no forma en sí el puerto, sino que tan solo protege la entrada, en tal forma de que los barcos escapen de la violencia de fuertes tormentas, durante la entrada o cuando se espera turno para recibir órdenes de entrar a diques.

Cabe mencionar que un dique constituye también una dársena de — maniobras para las embarcaciones, pero se construye a base de dragar tierra adentro y lograr la estabilidad de taludes con estructuras gener mente masivas, con una esclusa para la entrada y salida de las embarcaciones.

Muchos tipos de rompeolas se han construido en todo el mundo, - pero un 95% de ellos han sido a base de roca natural, concreto o una --- combinación de ambos, teniéndose terraplenes de: roca natural, bloques de concreto, combinación de roca y bloques de concreto y tetrapodos de - concreto o elementos semejantes; o bien muros a base de: bloques de concreto, gaviones de concreto, celdas de tablestaca y con paredes de tablestaca de concreto o acero.

La mayoría de los rompeolas proporcionan protección, pero en -- ocasiones se construyen con el propósito de servir además como parte del muelle o de apoyo para un camino.

Puesto que el propósito principal de los rompeolas es proporcio- -



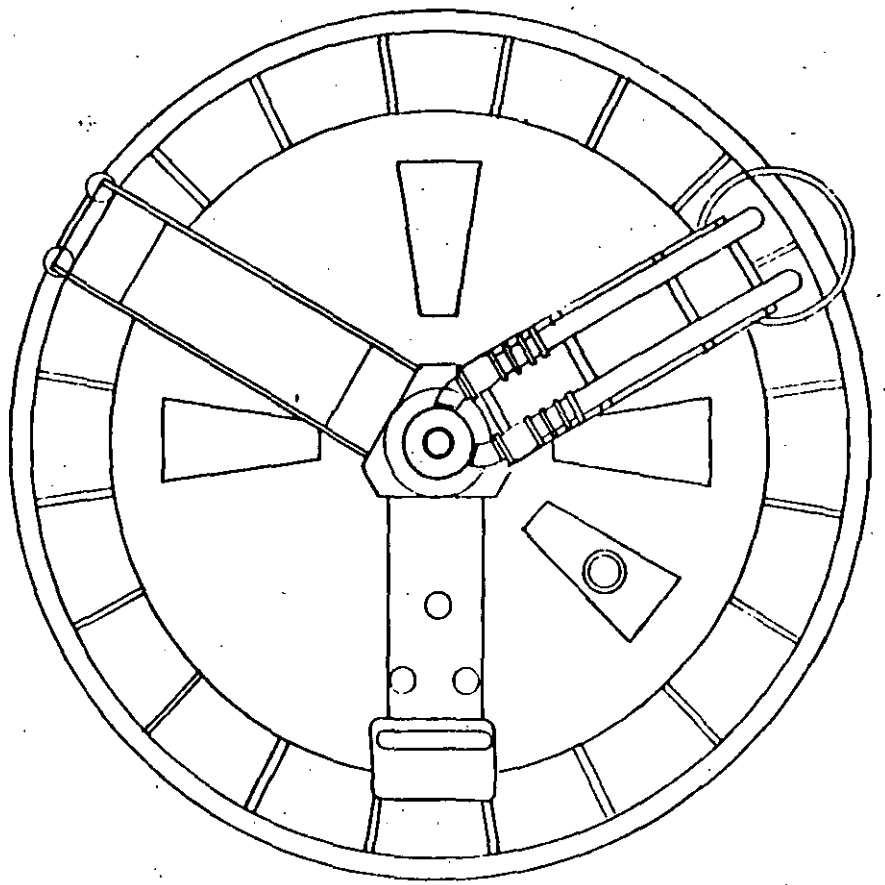
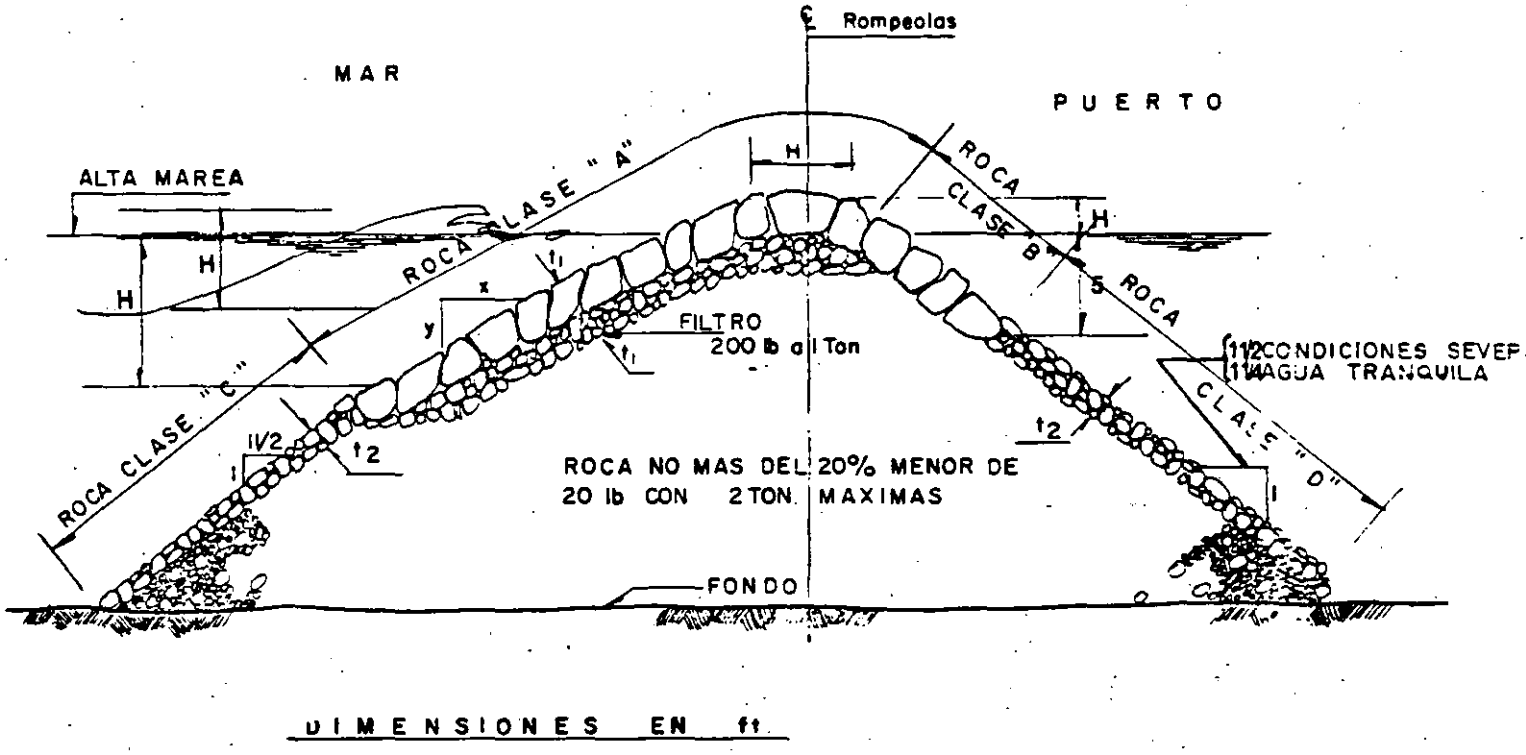


Fig. 57



DIMENSIONES EN ft

ALTURA DE OLA H	PENDIENTE		ROCA CLASE "A" TAMAÑO-TON	t_1	ROCA CLASE "B" TAMAÑO-TON	t_2	CORAZA CLASE "C" TAMAÑO-TON	CORAZA CLASE "D" TAMAÑO-TON
	X	Y						
1 – 5	1 1/2	1	2	3	2	3	2	2
6 – 10	2	1	4	4	4	4	2-4	2
11 – 15	2 1/2	1	7	5	5	4	2-6	2-4
16 – 20	3	1	16	6	10	5	2-8	2-6
21 – 25	3 1/2	1	23	7	15	6	2-10	2-6

Fig. 59

nar protección contra el oleaje, es obvio que los efectos del este son de - primordial importancia para el análisis, no obstante, para referirnos a - dicho tema, tenemos que recurrir a un curso de Hidráulica Marítima tal como el de la Ref.13. Otros factores también importantes para el diseño del rompeolas son la profundidad del agua y las características del fondo que debe tomar al final, la acción de las olas sobre la estructura construi da para absorber la energía de éstas. Puesto que la mayoría de los - - rompeolas son estructuras de gravedad, su estabilidad depende del peso. Consideraciones prácticas limitan la altura del rompeolas con una profun didad de 18M bajo el nivel medio del mar, y cuando la profundidad es ma_ yor, el apoyo se hace sobre un relleno de roca abajo de este nivel, lo cual en terreno suave es muy costoso puesto que en ocasiones se requiere un volúmen de material casi igual al del rompeolas en sí.

En las figuras 59 y 60 se presentan dos tipos de rompeolas cuyo - uso ha sido muy común principalmente en el Continente Americano.

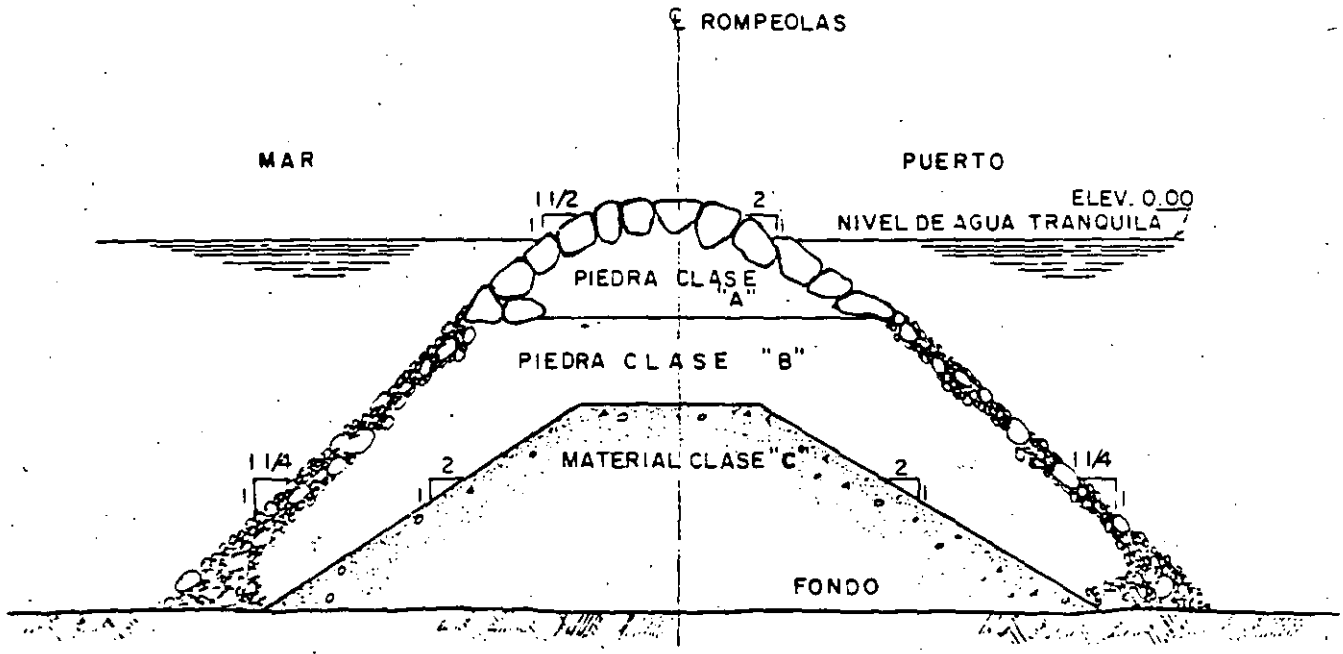
La construcción de plataformas marítimas y de amarraderos en el mar, trae como consecuencia la necesidad de tender tuberías de conducción submarinas de comunicación a tierra.

El cruzamiento de ríos y lagos por líneas de conducción terrestres, trae como consecuencia el tendido de tuberías subfluviales y sublacustres.

Los procedimientos de construcción o tendido son similares en ambos casos, dependiendo principalmente del tipo y diámetro de la línea de conducción y de la profundidad de tendido. A continuación mencionaremos algunos de los procedimientos que se han seguido en México:

El procedimiento posiblemente más económico, es colocando flotadores en tal forma que la tubería pueda arrastrarse flotando cerca de la superficie del agua. Dicho procedimiento es más bien aplicable a casos de aguas tranquilas y poco profundas como lo son los cruzamientos de ríos. Para grandes diámetros de tubería y aguas profundas es prácticamente imposible seguir este camino.

En ocasiones la tubería se arrastra por el fondo del mar evitando en gran parte los efectos de oleaje y corrientes (Fig.61), pero teniéndose el peligro de que las condiciones del terreno impidan en un momento dado el arrastre o produzcan graves daños. En el caso de líneas de corta longitud tendidas cerca de la playa se puede lograr buen éxito no obstante que el diámetro sea grande y las condiciones del tiempo severas, si se tiene mucho cuidado en emparejar el terreno de la rampa de lanzamiento y en controlar la intensidad del jalón sobre la tubería arrastrada tan solo una distancia igual a su corta longitud.



PIEDRA CLASE "A" – SE SELECCIONA DE LA CANTERA CON PIEZAS NO MENORES DE 1 TON. Y AL MENOS EL 95% EN PESO DE 10 TON. ó MAS CADA UNA

PIEDRA CLASE "B".– DE CANTERA CON NO MAS DEL 25% EN PESO DE PIEZAS MENORES DE 20 lb. Y NO MENOS DEL 40% DE PIEZAS DE 1 TON. O MAS.

MATERIAL CLASE "C" .– ES UN RESIDUO DE CANTERA O MATERIAL DE DRAGADO.

Fig. 60

corrientes y a la acción de tormentas, y suficientemente ligera para evitar que se hunda en el terreno del fondo. Es bastante frecuente proporcionar el recubrimiento para darle a la línea una densidad relativa neta de 1.3.

Experimentalmente se ha comprobado que los efectos del oleaje se transmiten hasta una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud de la ola. Puesto que la longitud de las olas de huracán alcanzan hasta 300 m., el efecto del oleaje puede actuar en profundidades hasta de 150 m.

Las líneas bajo el agua pueden protegerse contra corrientes y oleaje ya sea enterrándolas en el fondo con un recubrimiento mínimo de terreno de 3 ft., o mediante anclas fijas en el terreno.

Como primer paso para un proyecto de este tipo se deberá hacer un levantamiento topohidrográfico de la zona en que se pienza llevar a cabo el lanzamiento, eligiéndose una localización en tal forma que el terreno del fondo sea lo más regular posible, y de inmediato se obtendrán muestras del terreno en la localización elegida. En cuanto a las mareas, corrientes y oleajes, se podrán obtener mediante mediciones directas en el lugar, datos estadísticos y modelos matemáticos o de laboratorio.

Los esfuerzos debidos a flexión durante la construcción son el factor más importante para diseñar una línea de conducción que funcione bajo el agua.

Tres tipos de fallas pueden presentarse en la línea durante la construcción:

1) Pandeo o debilitamiento del tubo

2) Desprendimiento del recubrimiento de concreto debido a flexión excesiva.

En otros casos las lingadas previamente construidas se colocan en el fondo, levantándose posteriormente los extremos para soldarse (Fig.62), pero existe el peligro de que al utilizar este procedimiento al tender tuberías de gran diámetro en aguas profundas, se induzcan curvaturas tales que produzcan el pandeo o estrangulamiento en algunas secciones.

Quizaś el procedimiento más efectivo para tender tuberías sobre todo si el diámetro es grande (de 12" en adelante), y se tiene aguas muy profundas (de 30m. en adelante), es mediante un chalán de tendido con una rampa de deslizamiento (stinger) que se va desplazando haciendo uso de los winches y las anclas, con lo cual se puede tener un buen control de curvaturas (Fig.63). Un lanchón especial va suministrando la tubería, que se transporta al chalán de tendido mediante una grúa montada sobre el mismo; y a medida que se va lanzando se lleva a cabo la operación de soldar. En la mayoría de los casos mediante un dispositivo especial se aplica en el chalán tensión a la tubería para disminuir las curvaturas en ésta. La embarcación se debe fijar mediante varias anclas tal y como se indica en la Fig.64.

Los recubrimientos que lleva la tubería son para tres propósitos: 1) protección exterior; 2) protección interior, y 3) lastre. El recubrimiento exterior se usa junto con el sistema de protección catódica para prever corrosión y es en general un material asfáltico igual que el usado para líneas en tierra. El recubrimiento interior se usa generalmente cuando el producto a ser transportado es corrosivo o bien para reducir la rugosidad del tubo. El lastre generalmente consiste de un recubrimiento de concreto para darle a la línea el peso requerido, en tal forma de vencer la flotación más fuerzas de arrastre horizontal y vertical debidas a

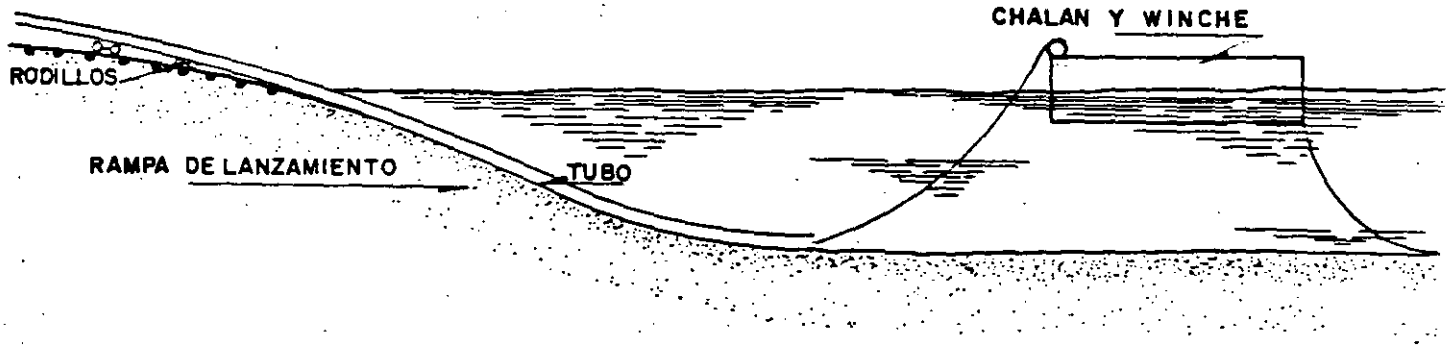


Fig. 61

3) Agrietamiento excesivo del recubrimiento de concreto.

En todos los casos la tercera condición se presenta primero, por lo que puede decirse que si se evita un agrietamiento excesivo del recubri-- miento de concreto los otros dos tipos de fallas quedan eliminadas, ade-- más es importante para la estabilidad de la línea ya colocada que el con- trapeso de concreto permanezca intacto para que el tubo conserve su ali- neamiento y profundidad de diseño.

Adoptando la convención:

M - Momento flexionante en la sección Kg-cm

σ - Esfuerzo en la fibra más alejada, Kg/cm^2

R - Radio de curvatura, cm.

E - Módulo de elasticidad, Kg/cm^2

r - Distancia del eje neutro a la fibra más alejado, cm.

I - Momento de inercia de la sección transversal, cm^4

entonces,

$$\sigma = \frac{M}{I} r \qquad \therefore \qquad M = \frac{\sigma I}{r}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI} = \frac{\sigma}{Er}$$

$$\sigma = \frac{Er}{R} < \sigma \text{ perm.} \qquad (19)$$

Es conveniente en cada caso revisar que los esfuerzos no alcancen valores capaces de producir una falla de inestabilidad elástica o estrangu lamiento del tubo debido a excesiva curvatura que produzca un esfuerzo - mayor que el crítico:

$$\sigma_{cr} = 1.3 \frac{E h}{r \sqrt{3(1-\mu^2)}} \qquad (20)$$

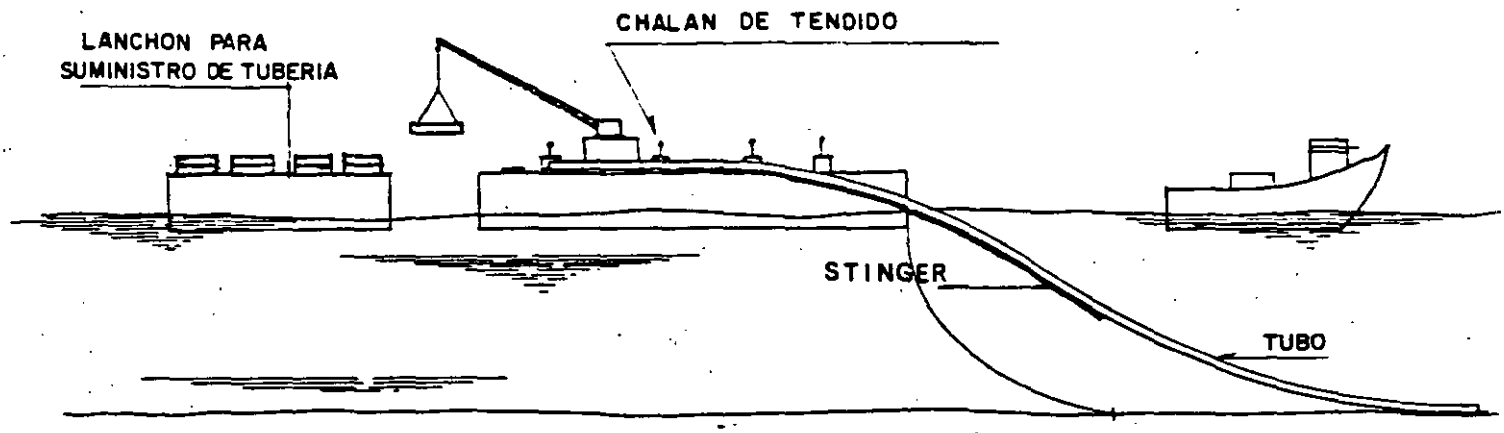

LANCHON PARA
SUMINISTRO DE TUBERIA
CHALAN DE TENDIDO
STINGER
TUBO

Fig. 63

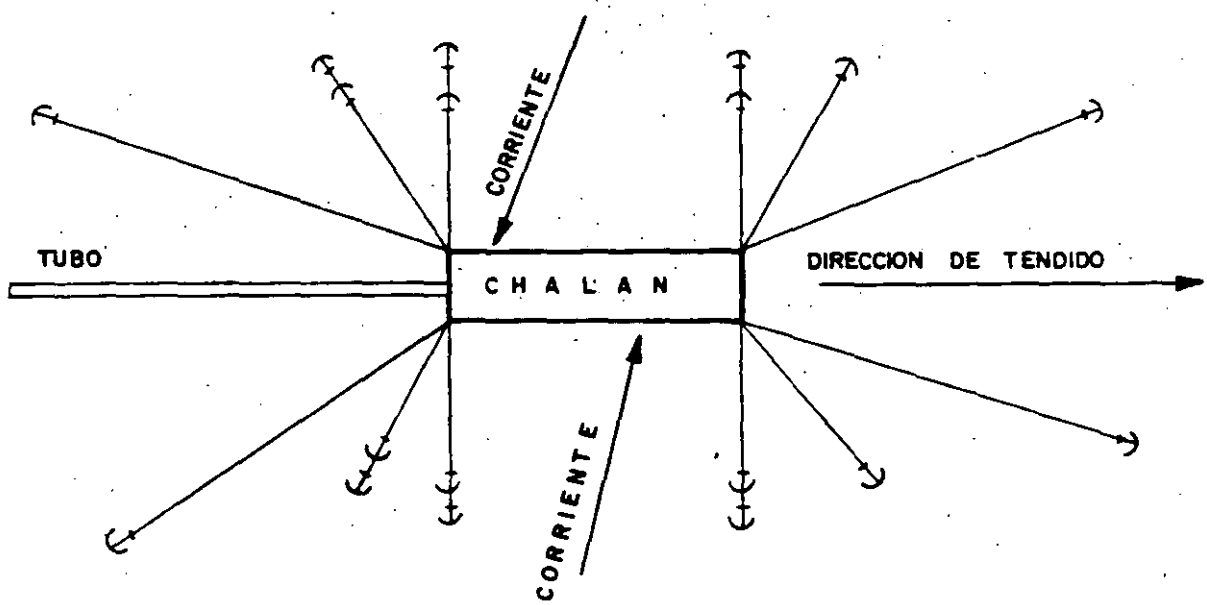

CORRIENTE
TUBO
CHALAN
DIRECCION DE TENDIDO
CORRIENTE

Fig. 64

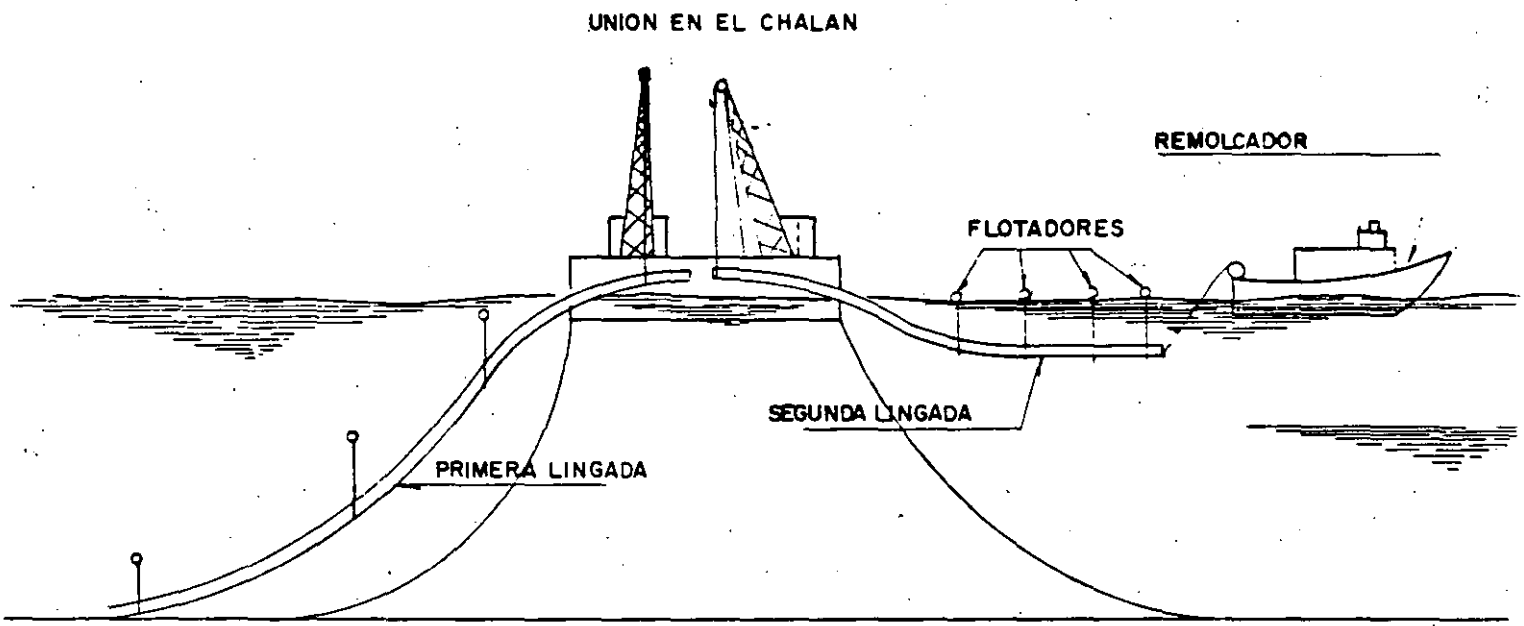

UNION EN EL CHALAN
REMOLCADOR
FLOTADORES
SEGUNDA LINGADA
PRIMERA LINGADA

Fig. 62

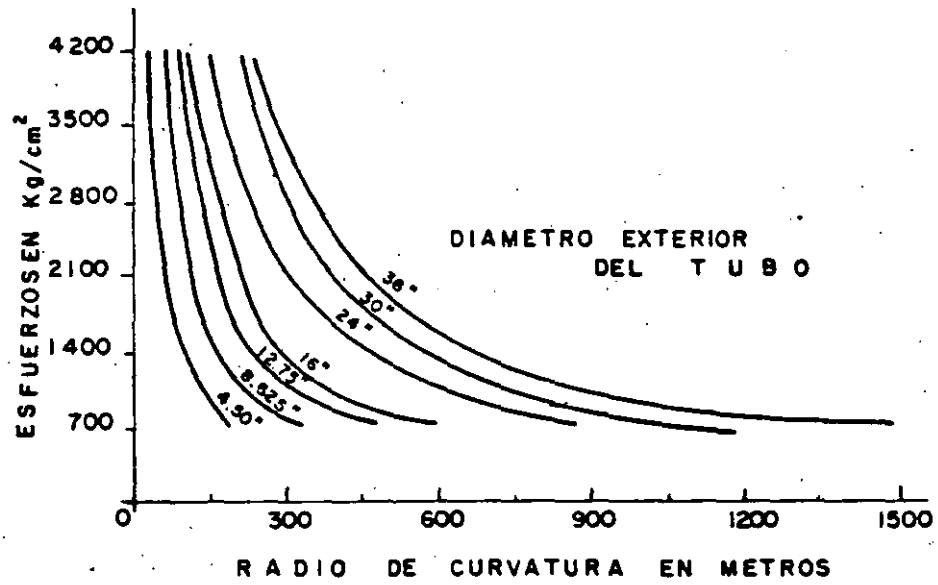

4200
3500
2800
2100
1400
700
ESFUERZOSEN Kg/cm²
DIAMETRO EXTERIOR
DEL TUBO
36"
30"
24"
16"
12.75"
8.625"
4.50"
0
300
600
900
1200
1500
RADIO DE CURVATURA EN METROS

Fig. 65

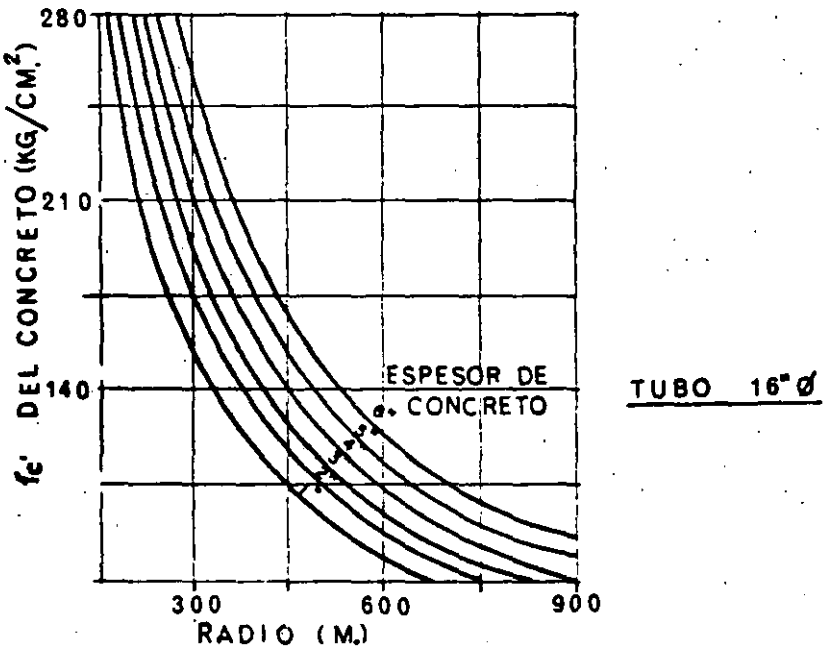

280
210
140
f'c DEL CONCRETO (KG/CM.²)
ESPESOR DE
CONCRETO
TUBO 16"Ø
300
600
900
RADIO (M.)

Fig. 66

Conviniendo que:

ω - Peso unitario de la línea en Kg/cm.

h - Profundidad del agua en cm.

L - Longitud no apoyada en cm.

θ_A y θ_B - Pendientes en A y B

M - Momento flexionante en la sección en Kg-cm.

R_A - Radio de curvatura en A en cm.

r - Distancia del eje neutro a la fibra más alejada en cm.

I - Momento de inercia de la sección transversal en cm^4.

V_A y V_B - Reacciones en A y B en Kg.

X - Distancia desde el apoyo izquierdo en cm.

Y - Flecha en cm.

Se puede llevar a cabo un análisis aproximado del problema en la siguiente forma.

$$M = M_A + V_A X - \frac{\omega X^2}{2} \qquad M_A = -\frac{EI}{R_A}$$

$$M = -\frac{EI}{R_A} + V_A X - \frac{\omega X^2}{2} \quad ; \quad \text{Si} \quad X = L, \quad M = 0 \qquad (21)$$

$$0 = -\frac{EI}{R_A} + V_A L - \frac{\omega L^2}{2}$$

$$V_A = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} \qquad (22)$$

Substituyendo en (21)

$$M = -\frac{EI}{R_A} + \left(\frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2}\right) X - \frac{\omega X^2}{2}$$

$$M = \frac{EI}{R_A}\left(\frac{X}{L} - 1\right) + \frac{\omega X}{2}(L - X) \qquad (23)$$

h = espesor de la pared del tubo, cm

μ = módulo de Poisson

obtenido de desarrollos teóricos afectando el resultado por el factor 1.3 con base a experiencias sujetando tramos de tubo a cargas axiales y -- excentricas.

En la figura 65 se presentan para diferentes diámetros de tubo esfuerzos flexionantes en función de radios de curvatura.

Aunque el concreto fluye plásticamente bajo esfuerzos de compresión y prácticamente no tiene resistencia a la flexión, se puede utilizar la misma expresión (19) para obtener esfuerzos en el concreto en --- función del radio de curvatura; en la figura 66 se presentan gráficas al - respecto para un tubo de 16" Ø con espesores de recubrimiento de concreto de 1" a 6".

Durante el tendido de la tubería es muy común que ésta se deforme adoptando una doble curvatura bajo las condiciones indicadas en la figura 67.

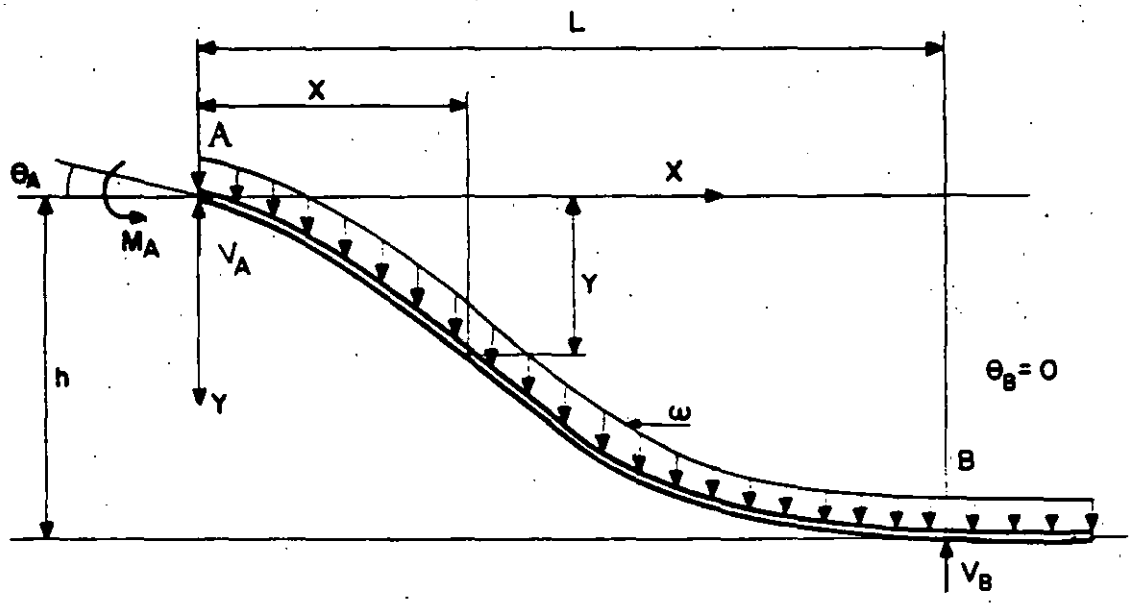


Fig. 67

Resolviendo la ecuación (28) se puede encontrar el valor de L en función de las características de la tubería, la curvatura en el chalán, la carga unitaria y la profundidad del agua, valor que sustituido en (2 nos dará el momento flexionante en cualquier sección y en (22) la --- reacción del chalán.

Derivando respecto a "x" e igualando a cero

$$\frac{dM}{dX} = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} - \omega X = 0$$

$$X = \frac{L}{2} + \frac{EI}{R_A L \omega}$$

que nos dá el punto en el cual se presenta el momento máximo, el cual se puede obtener sustituyendo en (23)

Si $M = 0$ tendremos el punto de inflexión resolviendo la ecuación.

$$\frac{\omega}{2} X^2 - \left(\frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} \right) X + \frac{EI}{R_A} = 0$$

Como un caso particular tenemos la condición de una sola curvatura de la figura 68, la cual se presenta como etapa intermedia antes de - llegar a la anterior, pero que también conviene analizar por las fuertes curvaturas que también se presentan. Para dicho caso la curvatura en el extremo A es nula y por lo tanto:

$$V_A = \frac{\omega L}{2} = V_B$$

$$M = \frac{\omega L}{2} X - \frac{\omega X^2}{2} \quad ; \quad M_{MAX} = \frac{\omega L^2}{8}$$

$$L^4 - \frac{24 EIh}{\omega} = 0 \quad ; \quad L = \sqrt[4]{\frac{24 EIh}{\omega}}$$

Puesto que

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M}{EI} = -\frac{1}{R_A}\left(\frac{X}{L} - 1\right) - \frac{\omega X}{2EI}(L - X) \qquad (24)$$

Integrando respecto a x

$$\theta = \frac{dy}{dx} = -\frac{1}{R_A}\left(\frac{X^2}{2L} - X\right) - \frac{\omega X^2}{12EI}(3L - 2X) + C_1$$

Si $X = 0$, $\theta = \theta_A$ $\therefore$ $C_1 = \theta_A$

$$\theta = -\frac{1}{R_A}\left(\frac{X^2}{2L} - X\right) - \frac{\omega X^2}{12EI}(3L - 2X) + \theta_A \qquad (25)$$

Si $X = L$, $\theta = 0$

$$0 = -\frac{1}{R_A}\left(\frac{L}{2} - L\right) - \frac{\omega L^2}{12EI}(3L - 2L) + \theta_A$$

$$0 = \frac{L}{2R_A} - \frac{\omega L^3}{12EI} + \theta_A$$

$$\theta_A = -\frac{L}{2R_A} + \frac{\omega L^3}{12EI} \qquad (26)$$

Integrando nuevamente respecto a x

$$y = -\frac{1}{R_A}\left(\frac{X^3}{6L} - \frac{X^2}{2}\right) - \frac{\omega X^3}{24EI}(2L - X) + \theta_A X + C_2$$

Si $X = 0$, $y = 0$ $\therefore$ $C_2 = 0$

$$y = -\frac{1}{R_A}\left(\frac{X^3}{6L} - \frac{X^2}{2}\right) - \frac{\omega X^3}{24EI}(2L - X) + \theta_A X \qquad (27)$$

Si $X = L$, $y = h$

$$h = -\frac{1}{R_A}\left(\frac{L^2}{6} - \frac{L^2}{2}\right) - \frac{\omega L^3}{24EI}(2L - L) + \theta_A L$$

$$h = \frac{L^2}{3R_A} - \frac{\omega L^4}{24EI} + \theta_A L$$

Sustituyendo el valor de (26)

$$h = \frac{L^2}{3R_A} - \frac{\omega L^4}{24EI} - \frac{L^2}{2R_A} + \frac{\omega L^4}{12EI}$$

$$h = -\frac{L^2}{6R_A} + \frac{\omega L^4}{24EI}$$

$$24EIR_A h = -4EIL^2 + \omega R_A L^4$$

$$L^4 - \frac{4EI}{\omega R_A}L^2 - \frac{24EIh}{\omega} = 0 \qquad (28)$$

En ocasiones mediante un dispositivo especial se le aplica una tensión a la tubería, del orden de 5 a 20 toneladas, con el objeto de disminuir curvaturas, en cuyo caso las condiciones son las presentadas en la figura 69

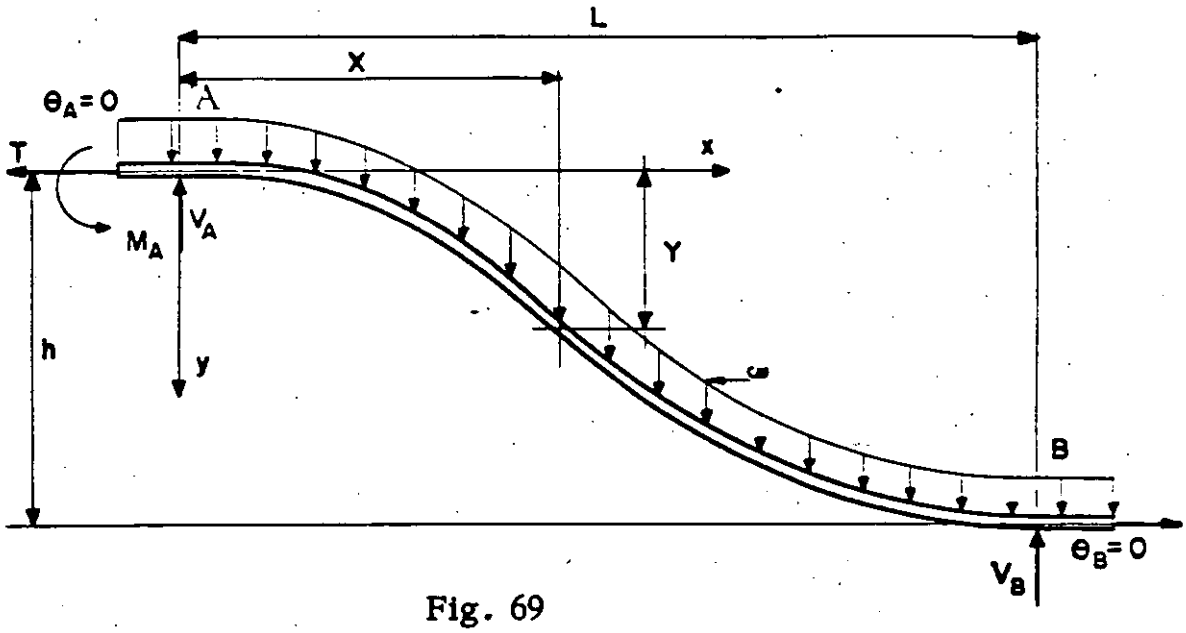


Fig. 69

$$M = -\frac{EI}{R_A} + V_A X - \frac{\omega X^2}{2} - TY$$

Si $X = L$, $Y = h$, $M = 0$

$$0 = -\frac{EI}{R_A} + V_A L - \frac{\omega L^2}{2} - Th$$

$$V_A = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} + T\frac{h}{L} \qquad (29)$$

$$M = -\frac{EI}{R_A} + \left(\frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} + T\frac{h}{L}\right)X - \frac{\omega X^2}{2} - TY \qquad (30)$$

Puesto que

$$\frac{d^2Y}{dX^2} = -\frac{M}{EI} = \frac{1}{R_A} - \left(\frac{1}{R_A L} + \frac{\omega L}{2EI} + \frac{Th}{EIL}\right)X + \frac{\omega}{2EI}X^2 + TY$$

$$\frac{d^2Y}{dX^2} - \frac{TY}{EI} = \frac{\omega}{2EI}X^2 - \left(\frac{1}{R_A L} + \frac{\omega L}{2EI} + \frac{Th}{EIL}\right)X + \frac{1}{R_A}$$

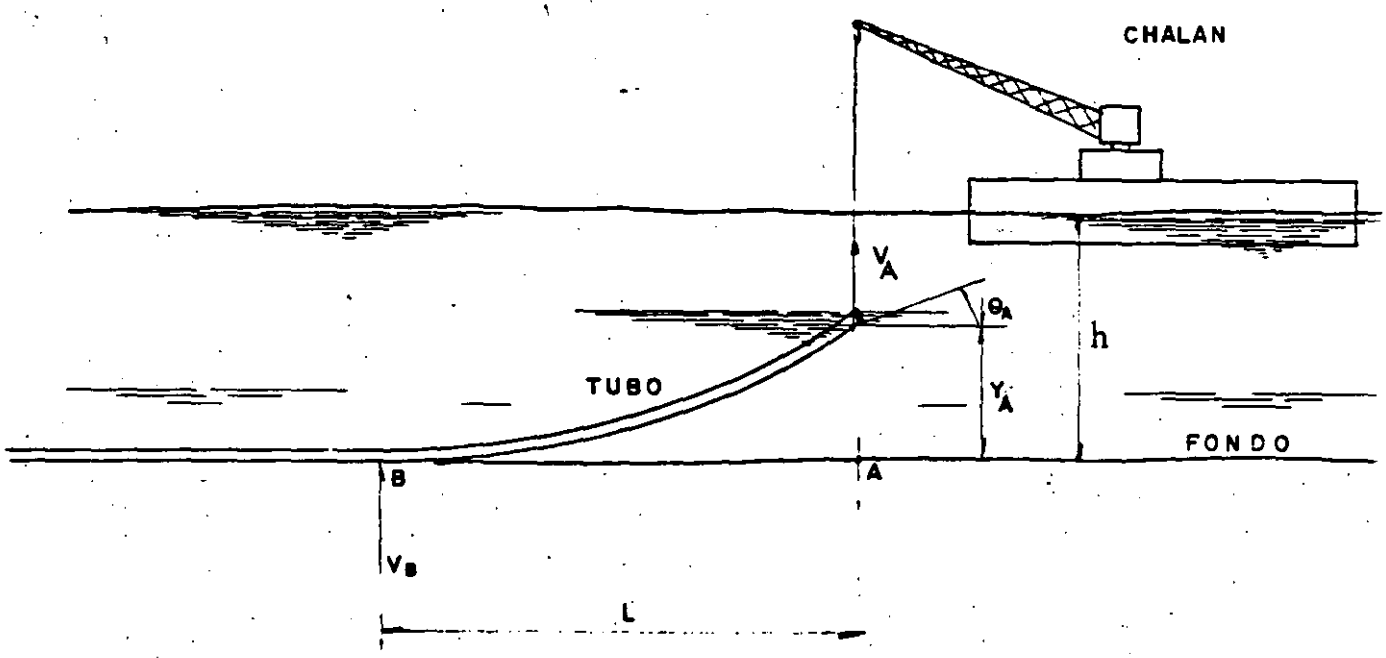


Fig. 68

Derivando (34) respecto a X y tomando en cuenta que si - - $X = L$, $\frac{dy}{dx} = 0$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{\omega L^2 + 6hT^2}{2T^2L^2 + 6EIT} \qquad (36)$$

Resolviendo la ecuación (35) se puede encontrar el valor de - la L en función de las características de la tubería, la curvatura en el chalán, la carga unitaria, la profundidad del agua y la tensión en el chalán, valor que sustituido en (30) nos dará el momento flexionante en cualquier sección, sustituyendo en (29) nos dará la reacción - del chalán y en (34) la curva del eje deformado de la tubería. Es posible también obtener el momento máximo y el punto de inflexión procediendo en la misma forma del caso anterior.

Durante el planteamiento del problema hemos hecho varias - - simplificaciones que conviene mencionar: En primer lugar no integramos a lo largo de la curva del eje del tubo deformado; por otro lado, estamos considerando el problema plano despreciando la torsión producida principalmente por los movimientos del chalán durante el tendido. Prácticamente se ha comprobado que, la aproximación de los - resultados obtenidos bajo dichas consideraciones, es suficiente para - la determinación del equipo necesario para llevar a cabo las maniobras durante el tendido.

Ecuacion diferencial cuya solución es :

$$Y = C_1 e^{\sqrt{\frac{T}{EI}}X} + C_2 e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}}X} - \frac{\omega}{2T}X^2 + \left(\frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L}\right)X - \frac{EI}{R_A T} - \frac{\omega EI}{T^2} \qquad (31)$$

Si $X = 0$, $Y = 0$

$$C_1 + C_2 = \frac{EI}{R_A T} + \frac{\omega EI}{T^2} \qquad (32)$$

$$\frac{dY}{dX} = \sqrt{\frac{T}{EI}}\, C_1 e^{\sqrt{\frac{T}{EI}}} - \sqrt{\frac{T}{EI}}\, C_2 e^{\sqrt{\frac{T}{EI}}X} - \frac{\omega}{T}X + \frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L}$$

Si $X = 0$, $\frac{dY}{dX} = 0$

$$C_2 - C_1 = \left(\frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L}\right)\sqrt{\frac{EI}{T}} \qquad (33)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones (32) y (33)

$$C_1 = \frac{EI}{2R_A T} + \frac{\omega EI}{2T^2} - \frac{(EI)^{3/2}}{2R_A L T^{3/2}} - \frac{\omega L (EI)^{1/2}}{4T^{3/2}} - \frac{h(EI)^{1/2}}{2LT^{1/2}}$$

$$C_2 = \frac{EI}{2R_A T} + \frac{\omega EI}{2T^2} + \frac{(EI)^{3/2}}{2R_A L T^{3/2}} + \frac{\omega L (EI)^{1/2}}{4T^{3/2}} + \frac{h(EI)^{1/2}}{2LT^{1/2}}$$

Tomando en cuenta estos valores y los desarrollados en serie

$$e^{\sqrt{\frac{T}{EI}}X} = 1 + \sqrt{\frac{T}{EI}}X + \frac{T}{2EI}X^2 + \frac{T^{3/2}}{6(EI)^{3/2}}X^3 + \frac{T^2}{24(EI)^2}X^4$$

$$e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}}X} = 1 - \sqrt{\frac{T}{EI}}X + \frac{T}{2EI}X^2 - \frac{T^{3/2}}{6(EI)^{3/2}}X^3 + \frac{T^2}{24(EI)^2}X^4$$

Se puede obtener sustituyendo en (31)

$$Y = \left(\frac{T}{24EIR_A} + \frac{\omega}{24EI}\right)X^4 - \left(\frac{1}{6R_A L} - \frac{\omega L}{12EI} - \frac{hT}{6EIL}\right)X^3 + \frac{1}{2R_A}X^2 \qquad (34)$$

Puesto que si $X = L$, $Y = h$

$$\left(\frac{T}{24EIR_A} - \frac{\omega}{24EI}\right)L^4 - \left(\frac{1}{3R_A} - \frac{hT}{6EI}\right)L^2 - h = 0 \qquad (35)$$

PLATAFORMAS MARITIMAS

La perforación de pozos petroleros en varios países, incluyendo México, tiende a seguirse en el mar, por lo que en los últimos años se ha iniciado la construcción de plataformas para dicho propósito.

En la actualidad se construyen plataformas marítimas localizadas en lugares de gran profundidad del fondo marino con un procedimiento muy práctico y bastante estudiado. El equipo utilizado consiste de chalanes, remolcadores y una grúa de gran capacidad. En general se usan cuatro chalanes transportando la subestructura prefabricada, la superestructura también prefabricada, los pilotes y la grúa que son movidos por los remolcadores que a su vez se utilizan durante las maniobras de construcción. Las etapas constructivas son esencialmente las siguientes: a) Colocación de la subestructura consistente de guías para los pilote piezas de contraventeo. b) Hincado de los pilotes. c) Colocación de la superestructura. d) Colocación del equipo que servirá para operar la plataforma.

Como puede observarse en la figura 70 la estructura es a base de secciones tubulares bastante robustas soldadas en forma continua utilizando mano de obra de primera calidad.

Varios tipos de plataformas fijas como la antes presentada se han construido con muy buenos resultados, y se ha experimentado con otros tipos tales como las flotantes y las oscilantes que absorben la energía del oleaje mediante cambios de energía potencial y disipación por fricción, pero su efectividad no ha sido aún confirmada.

Aplicando un procedimiento de diferencias finitas es posible hacer un análisis más aproximado del problema, tomando en cuenta los efectos torsionantes y la carga que en realidad actúa a lo largo del eje deformado.

En todos los casos resulta de gran ayuda la aplicación del cálculo electrónico puesto que, se puede elaborar un programa que nos dé con bastante rapidez diagramas de momento flexionante y deformación para diferentes condiciones de la línea.

Modelos de laboratorio o mediciones directas en el lugar utilizando medidores de deformación, podrán confirmar la aproximación de los resultados obtenidos aplicando las fórmulas antes presentadas, que con base a las observaciones que se hagan podrán ser afinadas en el futuro.

El oleaje es determinante en el diseño de las plataformas, por lo cual es necesario poder definir sus características para poder asegurar que la estructura diseñada podrá resistir las condiciones más severas aún en el caso de tormentas y huracanes. Para ésto se puede proceder a llevar a cabo análisis de registros de oleaje, lo cual es adecuado siempre y cuando los datos con que se cuente sean los obtenidos en un período largo de tiempo y en el sitio preciso donde se instalará la plataforma. - - También se puede hacer una predicción del oleaje ya sea utilizando datos metereológicos de cartas de tiempo o suponiendo un modelo. Con cualquiera de los métodos descritos se tratará de definir la máxima altura de la ola que se utilizará en el proyecto con una probabilidad de ocurrencia entre 10 y 15 años.

Para definir la altura de la estrutura se tomarán en cuenta además del oleaje, la marea astronómica, marea de tormenta y un bordo lib - generalmente de 1.00 m., con el fin de prever un cierto márgen de seguridad a la estructura.

Con base a los desarrollos de Morison, O'Brien y Shaaf para obtener las fuerzas que se ejercen sobre los miembros de una plataforma de perforación, presentaremos algunas fórmulas aplicables en un análisis de este tipo.

Se parte de la expresión de la Hidrodinámica que nos dá la fuerza que un fluído ejerce sobre un cuerpo sumergido en su seno:

$$F = C_M \rho V \frac{\partial u}{\partial t} + 1/2\ C_D \rho A |u| u \qquad (37)$$

el primer término correspondiendo a la fuerza de inercia del fluído de -- masa ρV y aceleración $\frac{\partial u}{\partial t}$ actuando sobre el cuerpo de volúmen V, y el segundo término a la fuerza de arrastre que el fluído con velocidad u,

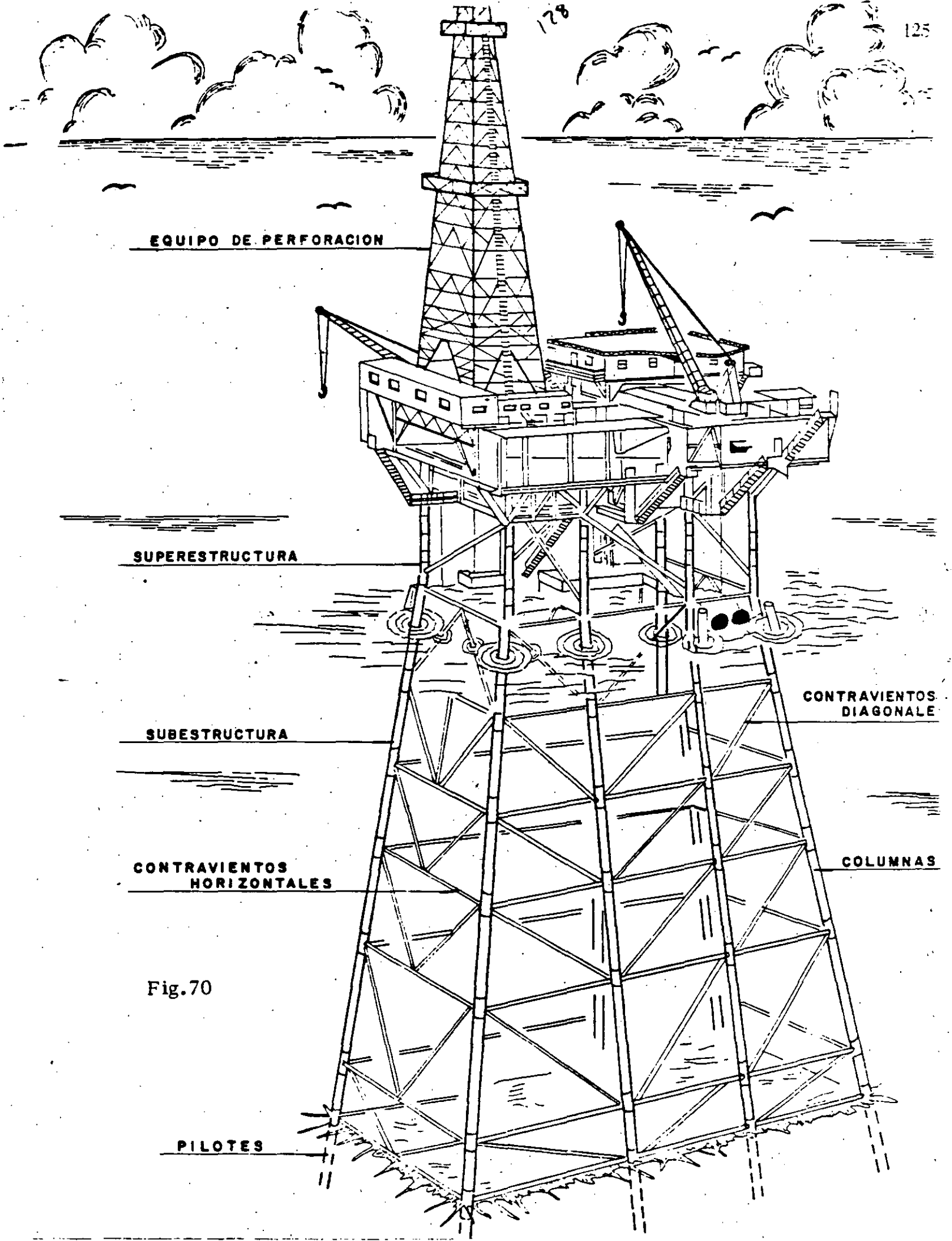

EQUIPO DE PERFORACION
SUPERESTRUCTURA
SUBESTRUCTURA
CONTRAVIENTOS HORIZONTALES
CONTRAVIENTOS DIAGONALE
COLUMNAS
PILOTES

Fig.70

en donde:

C_M = coeficiente de masa = 2

C_D = coeficiente de arrastre, de 1.2 a 1.6

ρ = densidad del agua de mar

D = diámetro de la columna

$\frac{\partial u}{\partial t}$ = componente horizontal de la aceleración local del fluido.

u = componente horizontal de la velocidad de las partículas del agua.

H = altura de la ola

L = longitud del oleaje

T = periodo del oleaje

Fuerza horizontal en los contravientos horizontales Fig.72

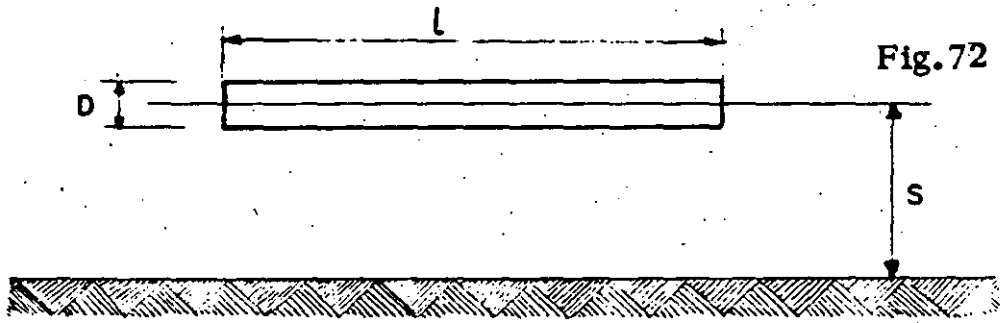


Fig.72

$$Fn = \frac{\rho D l}{2}\left(\frac{\pi}{2} D C_M \frac{\partial u}{\partial t} + C_D |u| u\right)$$

l = Longitud del contraviento

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh\left[2\pi(Y+d)/L\right]}{\operatorname{sen} h\, 2\pi h/L} \operatorname{sen}\theta$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh\left[2\pi(Y+d)/L\right]}{\operatorname{sen} h\, 2\pi h/L} \cos\theta$$

$$\operatorname{sen}\theta = \pm \frac{C_M D \pi}{2 C_D H} \frac{\operatorname{sen} h\, 2\pi h/L}{\cosh 2\pi s/L}$$

para la condición más desfavorable

ejerce en el área expuesta A del cuerpo, al transformarse la carga de velocidad en carga de presión. Los coeficientes C_M y C_D corresponden a los efectos de la fricción entre el fluído y el cuerpo.

Para el cálculo de la velocidad u y la aceleración $\frac{\partial u}{\partial t}$, en las expresiones que presentamos a continuación se aplica la teoría lineal de oleaje Ref. 12.

También puede tomarse en cuenta el efecto de las corrientes aplicando la expresión (37) en la forma que se explicó al referirnos a la expresión (9).

Distribución de fuerzas horizontales en las columnas Fig.71

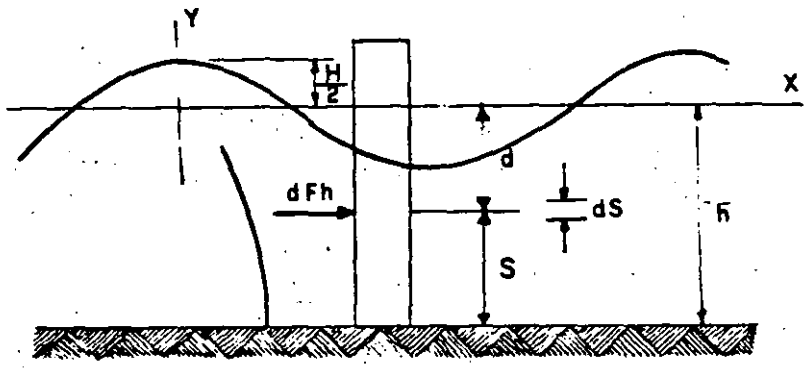


Fig.71

$$dFh = \left(C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} + 1/2\ C_D \rho\ D|u|u \right) dS$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh\left[2\pi(Y+d)/L\right]}{\operatorname{senh} 2\pi h/L} \operatorname{sen}\theta$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh\left[2\pi(Y+d)/L\right]}{\operatorname{senh} 2\pi h/L} \cos\theta$$

$$Y = \frac{H}{2} \cos\theta$$

$$\theta = 2\pi\left(\frac{X}{L} - \frac{t}{T}\right) = \text{angulo de fase}$$

$$Fh = \frac{\pi \rho H^2 L}{T^2 \operatorname{sen} \alpha}\left[\frac{\pi D}{4H} C_M K_2 \operatorname{sen}\theta + C_D K_1 |\cos\theta| \cos\theta\right]$$

$$K_1 = \frac{\operatorname{sen} h\ \frac{4\pi S_2}{L} - \operatorname{sen} h\ \frac{4\pi S_1}{L} + \frac{4\pi S_2}{L} - \frac{4\pi S_1}{L}}{16\left(\operatorname{sen} h\ \frac{2\pi h}{L}\right)^2}$$

$$K_2 = \frac{\operatorname{sen} h\left(\frac{2\pi S_2}{L}\right) - \operatorname{sen} h\left(\frac{2\pi S_1}{L}\right)}{\operatorname{sen}\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$$

$$\operatorname{sen}\theta = \pm \frac{D C_M K_2}{8 H C_D K_1} \quad \text{para la condición más desfavorable} \qquad \text{ó } \cos\theta = 0$$

$$Fv = \pi \rho D \frac{H^2 L}{T^2}\left[-\frac{\pi D C_M}{4H \operatorname{sen}\alpha} K_2' \cos\theta + \frac{C_D}{\tan\alpha} K_1' |\operatorname{sen}\theta| \operatorname{se}\theta\right]$$

$$K_1' = \frac{\operatorname{sen} h\ \left(\frac{4\pi S_2}{L}\right) - \operatorname{sen} h\left(\frac{4\pi S_1}{L}\right) - \frac{4\pi S_2}{L} + \frac{4\pi S_1}{L}}{16\ \left(\operatorname{sen} h\ \frac{2\pi h}{L}\right)^2}$$

$$K_1' = \frac{\cos h\ \frac{2\pi S_2}{L} - \cos h\ \frac{2\pi S_1}{L}}{\operatorname{sen} h\ \frac{2\pi h}{L}}$$

$$\cos\theta = \mp \frac{\pi D C_M}{8 H C_D \cos\alpha} \frac{K_2'}{K_1'} \qquad \text{Para la condición más desfavorable}$$

ó sen = 0

Durante el análisis de una plataforma se tienen que realizar varios tanteos para obtener la condición de carga más desfavorable, no obstante, actualmente es posible disponer de las computadoras electrónicas, y hacer un programa que nos proporcione los esfuerzos en todos los elementos de la estructura tridimensional para diferentes condiciones de carga, y llegar en esta forma a la más desfavorable, que determinará el diseño definitivo.

Contravientos diagonales Fig. 73

Fuerza vertical total en los contravientos horizontales.-

$$Fv = \frac{\rho D l}{2} \left(\frac{\pi}{2} D C_M \frac{\partial v}{\partial t} + C_D |v.v| \right)$$

v = Velocidad vertical

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\text{sen } 2\pi S/L}{\text{sen } 2\pi h/L} \cos \theta$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\text{sen h } 2\pi S/L}{\text{sen} \pi h/L} \text{sen } \theta$$

$$\cos \theta = \frac{-}{+} \frac{C_M D \pi}{2 C_D H} \frac{\text{sen h } 2\pi h/L}{\text{sen h } 2\pi S/L}$$

para la condicion más desfavorable

Tendremos como condición más desfavorable al contraviento en un plano vertical perpendicular a la dirección del oleaje.

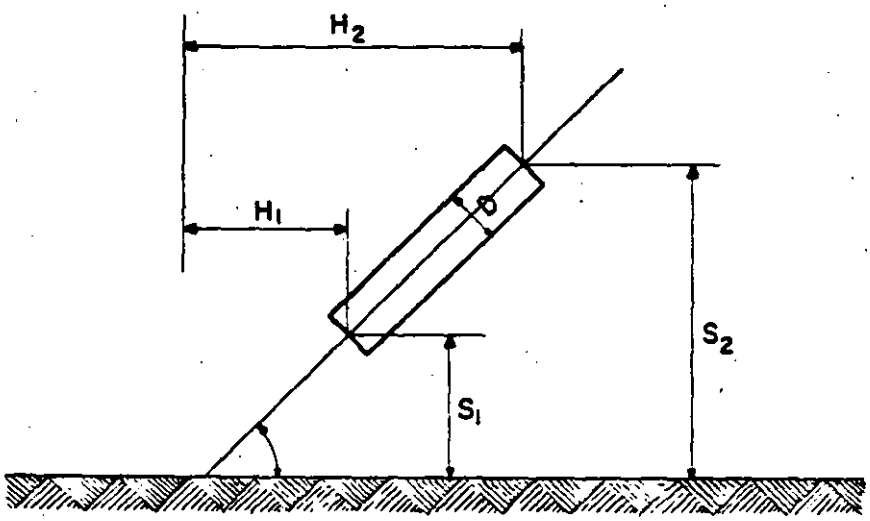


Fig.73

GENERALIDADES

I. Un Estudio de este tipo debe proporcionar básicamente, información de los siguientes aspectos:

a) Topohidrografía.

b) Vientos

c) Mareas

d) Oleaje

e) Corrientes

f) Muestreo de los materiales del fondo.

g) Levantamiento estratigráfico.

II. Con las conclusiones que se obtengan en los puntos anteriores se elaborarán recomendaciones de:

a) Alternativas para solucionar el problema para el cual va a servir el estudio.

b) Diseño, en su caso, de la línea submarina tanto para las condiciones de operación como de construcción con el menor riesgo posible.

III. Analizar los costos y aspectos técnicos de la construcción es esencial, aunque sea en forma aproximada, para poder seleccionar la alternativa más conveniente.

ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS

mediante visuales a la plataforma o a balizas colocadas en tierra al navegar en uno y otro sentido. La posición horizontal de la embarcación en el momento de un sondeo puede fijarse mediante la intersección de las visuales de dos tránsitos colocados en tierra. La experiencia ha demostrado conveniente llevar a cabo sondeos a cada 500 m. de distancia horizontal a lo largo del trazo reportando profundidades en metros referidas al nivel de marea baja media en sicigias.

VIENTOS

El viento al soplar sobre el océano origina corrientes y oleajes, merced al esfuerzo tangencial que ocasiona sobre la superficie, que junto con las variaciones de presión hace que el agua se mueva. Por otro lado, las instalaciones marítimas reciben la presión del viento que viene a ser una carga básica de diseño.

Por las razones anteriores es necesario contar con registros de viento reinante y de intensidad máxima.

Dichos registros pueden obtenerse de datos estadísticos del lugar o bien recurriendo a las cartas de la Hydrographic Office of the U.S. Navy.

MAREAS

Las mareas son importantes no solo por los niveles que alcanzan sino también por las corrientes que originan.

TOPOHIDROGRAFIA

Se deberá obtener un levantamiento general de la zona, de preferencia haciendo sondeos por medios acústicos y trazando curvas de nivel, - puesto que la configuración del fondo normalmente sufre cambios frecuentes en ocasiones muy considerables.

Si lo anterior no puede hacerse, en una forma más aproximada y económica se tratarán de aprovechar levantamientos existentes llevados a - cabo por la Gerencia de Exploración, la Secretaría de Marina, The Hydrographic Office of the U.S. Navy, etc.

Para el caso de una línea submarina, se elegirá una localización en que el fondo sea lo más regular posible, siendo necesario levantar el perfil tipo a lo largo del trazo que se elija, así como otros dos perfiles adyacentes que tan solo confirmarán las características de la franja elegida, en la cual quedará alojada la tubería y cuya aproximación más - que cuantitativa es cualitativa. Tomando en cuenta que los efectos del oleaje se transmiten hasta una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud de la ola, un criterio para elegir la distancia de los perfiles adyacentes al central es que, esta sea el doble de la máxima profundidad que se tenga.

Para la obtención de los perfiles del fondo se harán sondeos cada determinado intervalo de tiempo manteniendo constante la velocidad de la embarcación al navegar, controlando la posición utilizando la brújula y --

rán para determinar la forma en que las condiciones superficiales -- afectan las maniobras. De ser posible, es del todo recomendable llevar a cabo un modelo físico o matemático.

La información en cuanto a la dirección del frente de olas y la forma de su ocurrencia es de vital importancia para poder determinar el período en que el equipo puede trabajar. Para diseño se recomienda elegir una ola con una probabilidad de ocurrencia entre 10 y 15 años. También en este caso puede recurrirse a la información aproximada que proporcionan las cartas de la Hydrographic Office de la U.S. Navy.

Experimentalmente se ha comprobado que los efectos del oleaje se transmiten hasta una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud de la ola. Puesto que, las longitudes de las olas de huracán alcanzan hasta 300 m., el efecto del oleaje puede actuar en profundidades hasta de 150 m., lo cual raramente sucede en nuestro país en que la longitud de las olas es del orden de 60 m. en profundidades de 30 m., y tan solo se requiere tener precauciones con la erosión en la playa desde la costa hasta una profundidad de 10 m. aproximadamente. No obstante, en cuanto a lo que respecta al efecto de las condiciones superficiales en la operación del equipo, olas con alturas de 2 m. o mayores ya son significantes en dificultar el trabajo y éstas se presentan con mucha frecuencia en las costas mexicanas, recomendándose como mejor época para trabajar el período comprendido entre los meses de abril y julio y prácticamente prohibitivo trabajar entre los meses de noviembre y febrero.

Es costumbre en las obras marítimas de México referir las elevaciones al nivel de marea baja media en sicigias, siendo muy importante conocer la pleamar máxima registrada, la bajamar mínima registrada y el nivel medio del mar.

Estos datos pueden obtenerse de las Tablas de Predicción de Mareas - que publica el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

OLEAJE

Un efecto muy importante en la instalación de líneas submarinas en aguas profundas es la condición de la superficie en que se requiere que opere el equipo de tendido, lo cual es también determinante para el diseño de obras marítimas exteriores, incluyendo las plataformas de perforación.

Por esto, se requiere realizar un análisis del oleaje para obtener su altura, longitud, dirección, período y probabilidad de ocurrencia, y poder definir los programas de trabajo con base a las condiciones del mar bajo las cuales pueden trabajar los diferentes tipos de equipo o estructuras. Para un diseño racional se requeriría obtener registros de un año cuando menos, lo cual raras veces es posible.

El procedimiento más común consiste en instalar un *ológrafo*, el cual mide amplitud y longitud. Esta información junto con las olas observadas y datos estadísticos, proporcionarán las olas de diseño que se utiliza

MUESTREO DE LOS MATERIALES DEL FONDO

Para propósitos de diseño es necesario obtener muestras de los materiales del fondo; existen varios tipos de equipo para llevar a cabo este tipo de trabajo hasta profundidades del orden de 400 m. a razón de 50 muestras por día.

La longitud del sondeo depende desde luego del tipo de terreno y será del orden de 3.00 m. para arcilla blanda, 1.00 a 2.00 m. en arena, 50 cm. en arcilla compacta y prácticamente nada en roca.

Para poder determinar la estabilidad del fondo se requiere información de las siguientes propiedades del terreno: resistencia al esfuerzo cortante, densidad natural, densidad del suelo seco, límites de Atterberg, contenido de agua, peso específico, factor de erosión del suelo, densidad líquida de la arena, relación de vacíos, etc.

LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO

En el caso de líneas submarinas, para que el perfil del terreno sea lo más completo posible, es conveniente además del levantamiento topográfico y muestreo del fondo, obtener las densidades de los estratos subyacentes. Esto puede también llevarse a cabo por medios acústicos. Todos estos datos combinados en el perfil tipo nos permitirá reducir al mínimo o eliminar claros que causarían esfuerzos excesivos en la tubería que los cruce.

Con base en los principios de la Hidrodinámica y la teoría del oleaje es posible determinar la fuerza sobre un cuerpo sumergido en el mar.

CORRIENTES

Las corrientes pueden ser producidas por la acción del viento, la variación de mareas y el oleaje, y en ocasiones llegan a ser oscilatorias. Sus efectos en las obras marítimas son determinantes para el proyecto de éstas.

Existen varias maneras de determinar las velocidades de las corrientes y en orden de conveniencia recomendaremos: la colocación de corrientómetros en diferentes localizaciones y profundidades, la aplicación de las expresiones teóricas conocidas y las cartas de la Hydrographic Office of the U.S. Navy.

Con base a los principios de la Hidrodinámica, se puede obtener la fuerza de arrastre de la corriente al actuar sobre una tubería submarina, ya sea durante su tendido o su operación. La socavación en las zonas cercanas a una tubería submarina y el claro máximo que puede soportar entre dos prominencias del fondo están también íntimamente ligados con las corrientes que se presentan. Todo esto determina la protección necesaria que puede ser: a base de lastre, enterrarla en el fondo con un recubrimiento de terreno mínimo de 1.00 m., mediante anclas fijas en el terreno o colocando material grueso en la zona afectada.

c) Tipo de anclas en caso de que se requieran.

d) Protecciones interior, exterior y con lastre.

e) Espesor y densidad del recubrimiento de concreto para lastre (Es bastante frecuente proporcionar dicho recubrimiento para darle a la tubería una densidad relativa del orden de 1.3).

f) Velocidades de las corrientes

g) Variación de mareas

h) Características del oleaje

i) Características del viento

j) Materiales del fondo y los estratos subyacentes

k) Procedimientos constructivos

l) Esfuerzos máximos durante la operación y el tendido.

m) Equipo necesario.

Todo esto acompañado en el caso de ser posible, de cálculos y gráficas o tablas en cuanto a:

a) Fuerzas hidrodinámicas.

b) Peso específico requerido para la acción de fuerzas hidrodinámicas.

c) Esfuerzos de flexión debidosa las fuerzas hidrodinámicas y peso propio durante la operación y la construcción.

d) Estabilidad del terreno

e) Fallas probables de colapso o inestabilidad elástica.

Para el caso de la cimentación de una obra marítima en general, incluyendo las plataformas, es necesario llevar a cabo varios sondeos distribuídos en tal forma de poder determinar las características del área en estudio y poder trazar pefiles en ejes principales, en los cuales además de describir las características de cada material de los estratos subyacentes, se indique: densidad del suelo sumergido, densidad del suelo saturado, densidad del suelo seco, ángulo de fricción, cohesión, capacidad de carga, resistencia por fricción en el caso de pilotes, curvas de consolidación, etc. En el caso de que se opte por utilizar pilotes, es del todo recomendable llevar a cabo pruebas de carga vertical y horizontal y presentar los resultados de varias de estas distribuídas en tal forma de abarcar toda el área en estudio.

PRESENTACION DE RECOMENDACIONES.

En general se presentarán varias alternativas de como solucionar problemas tales como: construír una estructura de operación o protección, evitar azolves, evitar socavaciones, tender una línea submarina, etc. Para el caso de una línea submarina, se presentarán recomendaciones dando resultados numéricos y de preferencia referidos al perfil tipo de los siguientes aspectos:

a) Tipo de zanja en el caso de que se requiera

b) Profundidad a la que debe quedar enterrada (tomando en cuenta que el recubrimiento mínimo de terreno debe ser 1.00 m.).

escala natural) o bien en un modelo físico o matemático. La información que se presentaría en este caso sería: esfuerzos o deformaciones obtenidas con medidores especiales, elementos mecánicos, efectos corrosivos, etc... Se recomienda en este caso la aplicación de los métodos variacionales y la computación electrónica.

COSTOS Y ASPECTOS TECNICOS

Como ya se dijo al principio, los costos de las diferentes alternativas y la capacidad técnica con que se cuente para llevar a cabo los trabajos son definitivos para elegir la solución más conveniente al problema.

ESTUDIOS ESPECIALES

En lo anterior, nos hemos referido a los estudios que proporcionan la información básica previa a la realización de un proyecto marítimo. Dicha información será más útil mientras mejores bases tenga, es por ello que los estudios del tipo estadísticos y de investigación son muy valiosos.

Los estudios estadísticos consisten en colocar por un período largo de tiempo, mínimo de un año, aparatos que nos proporcionen continuamente información en cuanto a las condiciones oceanográficas en las zonas en que se piensen construír obras marítimas en el futuro, tal como: velocidad del viento, variación de mareas, corrientes, oleaje, arrastres litorales, socavación, azolve, topohidrografía, etc.

Por lo que respecta a los trabajos de investigación, que de hecho también pueden ser del tipo estadístico, consisten en obtener además de la información en cuanto a condiciones oceanográficas, la correspondiente al comportamiento de la estructura en condiciones reales (modelo a

REFERENCIAS

(1) DOCK & HARBOUR ENGINEERING -- H. F. Cornick -- Charles Griffin & Co.

(2) Sheet piling, Cofferdams & Caissons -- Donovan H. Lee.

(3) EARTH RETAINING STRUCTURES--The Institution of Civil Engineers, England.

(4) WINDS, WAVES & MARITIME STRUCTURES -- R.R. Minikin

(5) Design and Construction of Ports and Marine Structures -- Alonzo De I Quinn.

(6) BULLETIN OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES

(7) MOORING PANEL REPORT -- Investigations and subsequent recommendations on the mooring of tankers and the necessary equipment to effect such mooring.

(8) P.I.A.N.C. British National Committe Memorandum on "Suitable Mooring and Strenght of Mooring Attachment for Varios Sizes of Ships.

(9) Subestructure Analysis and Design -- Paul Andersen.

(10) Piling for Foundations -- R. R. Minikin

(11) Explanatory Handbook on the B.S. CODE OF PRACTICE for reinforced concrete.

(12) Reinforced Concrete Designer's Handbook by Chas. E. Reynolds.

(13) OBRAS MARITIMAS,OLEAJE Y DIQUES por Ramón Iribarren Cavanill

(14) Publicaciones de la Offshore Technology Conference

III CURSO INTERNACIONAL
SOBRE DESARROLLO MARITIMO, COSTERO Y PORTUARIO

MARCO DE REFERENCIA

La profundidad es el elemento básico de la Infraestructura Portuaria, cuando la profundidad se pierde, la Infraestructura Portuaria no puede servir al barco. La profundidad exige un mantenimiento cuidadoso, todos los materiales que se depositan en el fondo deben ser retirados para disponer de las profundidades de proyecto en forma contínua.

Los trabajos de dragado para retirar los materiales que se depositan, los azolves, representan para algunos puertos inversiones sumamente cuantiosas, es por ello que la Ingeniería Portuaria da mucha atención al estudio de los fenómenos que producen los azolves y a las soluciones para evitarlos o reducirlos y en su caso para encontrar los procedimientos más eficientes para retirarlos.

Las técnicas recientes para la selección de sitio para los puertos aconseja buscar la ausencia de aportes de azolve provenientes de tierra, lo que se consigue en un sitio costero, fuera de los cauces de ríos y de lagunas; en donde se registren los arrastres litorales de menor cuantía posible y que facilite la construcción de obras necesarias para su control. Un puerto diseñado bajo estos conceptos requerirá de inversiones mínimas para el mantenimiento de sus profundidades.

En el pasado, cuando no se disponía de equipo de dragado de alto rendimiento y eficiencia, debieron buscarse sitios abrigados en donde la obtención de las profundidades fuera mínima y preferiblemente donde las profundidades ya existían. Es en esos puertos, entre los que se cuentan los mayores del mundo, en donde la conservación de las profundidades requiere de investigación y de estudio continuo para tratar de hacer dragados más eficientes para reducir sus costos.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS

D R A G A D O

ING. JUAN VALERA ADAM.
ING. JUAN PIZA ORTIZ.

OCTUBRE- 1992

1.- CLASIFICACION DEL DRAGADO

Se entiende por dragado, la extracción de materiales (fango, arena, grava, etc.) del fondo del mar en los puertos, así como en ríos y canales navegables, con el fin de aumentar la profundidad y descargar estos azolves en las zonas de depósito, que pueden ser en agua, o utilizarlos en el relleno de áreas bajas, para asiento de instalaciones industriales y de urbanización o simplemente para sanear terrenos pantanosos que originan condiciones insalubres en algunas localidades.

Las operaciones de dragado deben cumplir una doble función: extraer el material y conducirlo hasta el lugar de descarga.

Existen dos tipos de dragados a saber, el de construcción y el de conservación.

El dragado de construcción, se realiza cuando es necesario crear o aumentar profundidades, las dimensiones en planta, o ambos. Es conveniente emplear el material extraído para relleno si éste es adecuado para tal fin, ya que es práctica usual y además económica, la combinación de estas dos funciones, la excavación del material subacuático para aumentar el tirante de agua y el aprovechamiento de estos azolves que se descargan directamente en la zona con objeto de elevar las cotas de un terreno.

El dragado de conservación, se efectúa con la finalidad de retirar los azolves que originan corrientes, marejadas, acarreos litorales, etc. Este puede ser periódico o permanente.

En el periódico, los sondeos indicarán la periodicidad con que debe efectuarse el dragado, para conservar las tres dimensiones de proyecto, particularmente la profundidad.

Los dragados contínuos se requieren principalmente en los canales de navegación, dársenas y barras de los puertos fluviales, en los que frecuentemente los depósitos de sedimentos son permanentes y de mucha consideración.

2.- TIPOS DE DRAGAS.

Podemos definir a la draga, como una embarcación especialmente dispuesta para montar en ella, las herramientas para extraer o excavar material de los fondos marinos, lacustres o de los ríos.

Las dragas se clasifican en dos grandes grupos: mecánicas e hidráulicas.

Al primer grupo pertenecen las de cangilones o de rosario, las de grúa (con almeja, granada o garfios) y las de cucharón. Todas estas podemos considerarlas como tipos básicos de las dragas mecánicas, que debido a su construcción relativamente sencilla, fueron las primeras que se usaron y en ciertas clases de obras son insustituibles a pesar de que su alcance de descarga es muy limitado, por lo que se impone el uso de chalanes-tolvas y remolcadores para tirar el material en las zonas de depósito.

Corresponden al segundo grupo, las dragas hidráulicas, que combinan la operación de extraer el material con el de su transporte hasta el lugar de depósito, mezclándolo con el agua y bombeándolo como si fuera fluído. Estas dragas resultan más versátiles, económicas y eficientes que las mecánicas, ya que realizan las dos operaciones por medio de una unidad integral.

Los tipos básicos de este grupo son las dragas estacionarias y las de autopropulsión con tolva.

Al primer grupo corresponden las dragas estacionarias de succión simple y las estacionarias de succión con cortador.

Este último tipo de dragas se ha venido utilizando a últimas fechas, con mucho éxito dentro de la industria minera.

El segundo tipo comprende las dragas de autopropulsión con tolva, cuyo tubo o tubos de succión, están en la escala o escalas de dragado colocadas en las bandas, a proa, al centro o, a popa.

Las dragas hidráulicas estacionarias llevan como unidades básicas: la bomba de dragado, la escala con el tubo de succión, el cortador, los zancos y el winche o central de winches con sus motores correspondientes. Estas unidades para ser eficaces deben estar perfectamente equilibradas en lo que respecta a dimensiones y potencia.

La bomba de dragado debe ser lo suficientemente potente para succionar el material removido por el cortador y descargarlo hasta el lugar de depósito.

El diseño del cortador debe ser adecuado al tipo de material a dragar y tener potencia suficiente para cortar y desalojar el material que se va a dragar.

El winche que acciona los traveses debe tener la potencia necesaria para forzar el cortador en el material a dragar.

Si alguno de los componentes es desproporcionadamente potente en relación con los otros, se desperdiciará inútilmente su potencia y tamaño adicional.

Por lo anterior, el diseño de una draga es factor básico y determinante en su economía y eficiencia de funcionamiento.

Las bombas de dragado, trabajan succionando y descargando materiales pesados, irregulares y abrasivos, que la acabarían rápidamente si no se emplearan en su construcción -

aleaciones especiales, que le permitan resistir y durar bajo las más severas condiciones de trabajo.

Los winches, la escala y el cortador están sometidos a --- fuerzas constantes y a cargas excesivas durante su funcionamiento, por lo que los materiales con que están fabricados y su diseño deben permitir ese trabajo extremadamente duro.

Al mismo tiempo, todas las piezas deben ser diseñadas y -- construidas lo más sencillamente posible, para permitir su reemplazo con el mínimo tiempo de paro.

La energía necesaria para la operación de las dragas en general, puede ser suministrada por medio de:

Motores eléctricos.- Las ventajas de confiabilidad, limpieza de operación y de costos reducidos de mantenimiento, de estos motores, se ven limitados al usarse en las dragas estacionarias por las dificultades de abastecimiento de energía; por ello son dragas especialmente indicadas para los trabajos de minería y son utilizables en los dragados de - construcción cuando los volúmenes son importantes, y el -- plan de trabajo requiere desplazamientos relativamente reducidos y que den lugar a situar convenientemente el banco de transformación.

La alimentación desde el banco en tierra se logra por un - cable aislado sumergido o bien soportado por flotadores.

Unidades diesel eléctricas.- En este caso, los motores diesel van acoplados a generadores y la energía eléctrica producida impulsa los motores que operan los mecanismos necesarios para el dragado. En esta forma se obtiene economía en el funcionamiento y aplicación instantánea de la fuerza

sin pérdida de tiempo, así como una total autonomía.

Motores diesel.- Estos se usan frecuentemente en dragas de cualquier tipo y capacidad, debido a la economía de su combustible y la aplicación instantánea de la fuerza necesaria para ponerlas en operación.

DRAGAS MECANICAS

Dragas de cangilones o de rosario.- Las dragas de este tipo llevan un pozo en el eje del casco, por el cual se arría la escala para efectuar el dragado.

La escala es una estructura de acero, que sirve de apoyo y guía a la cadena de cangilones, que en el lado de carga descansa sobre una serie de rodillos para facilitar su movimiento.

La cadena de cangilones es accionada por una rueda motriz, situada en una estructura alta o torre que sostiene también los canales de descarga. (Figs. 1 a 6).

En la parte inferior lleva una rueda guía para apoyo del extremo de trabajo de los cangilones durante su llenado.

Los cangilones son una cazoletas de acero con bordo reforzado en el lado de ataque. El agua se elimina mediante unos barrenos que llevan con ese fin. Cuando el material que se draga es muy duro, van provistos de dientes, semejantes a las que llevan las palas excavadoras terrestres.

Los cangilones se llenan con material del fondo al pasar por la parte inferior de la escala y al llegar a la parte superior de su recorrido, son vertidos en unos canales -

transversales que descargan en chalanes-tolva acoderados a los costados de la draga.

El rendimiento de una draga de cangilones o rosario, es -- siempre mayor que las de grúa (con almeja o granada) y las de cucharón, debido a que su ciclo de trabajo es continuo.

Draga de grúa.- Este tipo de draga (Figs. 7 a 12) consta fundamentalmente de un chalán que lleva montada una grúa o pluma que oscila de babor a estribor y va provista de almeja, granada o garfio, de acuerdo con el trabajo que se vaya a realizar, y se suspenden de la pluma mediante un aparejo guarnido con cables de acero.

Las almejas y granadas son de acero y de mucho peso para - que al efectuar el dragado, se arríe de golpe hasta el fondo y muerda el material, bien para depositarlo en su tolva, si la tiene, o chalanes-tolvas o a los lados del canal.

Para extraer el material de fango o arena o mezclado con - grava es indicado utilizar la almeja normal y para material - compactado se usa la almeja con dientes.

Existen tres tipos de almejas: pesadas, medianas y ligeras. La primera se utiliza en excavación de material duro o compacto, la segunda para usos generales y la última para - material ligero.

Para rocas ya quebradas se emplea la granada. Los garfios son usados para extraer grandes rocas, pudiendo ser éstas hasta de 18 Ton. según la capacidad de la grúa.

Estas dragas pueden ser estacionarias o de autopropulsión con tolva de simple, doble, triple o cuádruple grúa.

En el caso de las dragas estacionarias se disponen de zancos colocados a ambas bandas a proa y uno a popa destinados a fijar la draga a fin de que no se mueva por efecto del viento o la corriente, aunque en muchos casos sólo se utilizan cables de acero con ese objeto.

Este tipo de draga se emplea para completar los dragados efectuados por otras unidades, en rincones y sitios a los que no llega fácilmente la boca de succión de las dragas hidráulicas, o los cangilones de las dragas de rosario. También tiene aplicación en pequeños dragados de limpieza al pie de los muelles, extracción de productos rocosos, limpieza de troncos y raíces y otras faenas en que se tenga que trabajar exclusivamente en dirección vertical.

Draga de cucharón.- Este tipo de draga consta de un casco que soporta el mecanismo de excavación y éste es análogo a las de las palas terrestres. Fundamentalmente se compone de un cucharón que va montado en el extremo de un brazo de ataque o aguilón, diseñado para poder deslizarse por el plano central de una pluma, con lo que se consigue una absoluta regulación en los movimientos del cucharón. ---- (Figs. 13 y 14).

La capacidad de una draga de cucharón depende del tamaño de éste, expresado en metros, yardas o pies cúbicos y se mide al ras del borde superior, o volumen enrasado a diferencia del copeteado que se obtiene en las dragas terrestres.

Las dragas de cucharón van provistas de dos zancos a proa que sujetan el casco a fin de formar una plataforma estable de trabajo y otro a popa que sirve de punto de giro para mantener la draga en posición adecuada para el dragado.

Para efectuar el dragado, se introduce el cucharón en el material del fondo y se le fuerza a través de la flecha, al mismo tiempo se aplica la tensión del cable que va al malacate y que jala el cucharón hacia arriba del corte. Una vez que se encuentra a suficiente altura sobre el nivel del agua es vaciado en chalanes-tolva, o depositado en la orilla.

La profundidad óptima del corte es aquella en que se obtiene mayor rendimiento, el cual depende de los siguientes factores:

1.- De la calidad del material.
2.- De la profundidad total del dragado.
3.- Del ángulo de oscilación.
4.- De la habilidad del operador.

DRAGAS HIDRAULICAS DE SUCCION.

Este grupo es el de las dragas de desarrollo tecnológico más avanzado, son actualmente las más numerosas, son también las más versátiles.

La idea central de su diseño es la utilización de una bomba, la bomba dragadora, que recoge, succionándolos, los materiales del fondo o del frente de ataque y en la misma operación los impulsa al sitio donde deben depositarse.

El transporte de material así obtenido, se hace a través de una tubería mezclado con agua, es decir la bomba mane-

ja una mezcla de agua y sólidos. (Figs. 15 y 16)

La bomba dragadora y todos los componentes y sistemas deben montarse en una unidad flotante, lo que permite la movilidad del equipo con sencillez, tanto para trasladarla de una obra a otra, como para posicionar el equipo y completar el dragado del área en que este trabajando.

La mayor eficiencia en la operación de las dragas de succión se logra cuando el contenido de sólidos de la mezcla que se bombea es el máximo posible. El operador se sirve de un vacuómetro que le da indicación de la proporción de sólidos en la mezcla, si no hay suficiente agua para mantener los sólidos en movimiento la tubería se tapará, el vacuómetro indicará entonces un vacío muy alto, si por el contrario se esta bombeando una mezcla muy pobre, o solo agua, el vacío será cero. En general se bombean mezclas de entre 8 y 15% de sólidos dependiendo naturalmente de la calidad de los materiales dragados.

Hay dos modalidades básicas de las dragas de succión, respondiendo cada una a las exigencias particulares de los diversos trabajos de dragado: la draga estacionaria o de corte y la draga autopropulsada o de tolva. Hay algunas dragas que tienen ambos sistemas, las dragas mixtas equipadas con cortador, tienen tolva, zancos y propulsión propia.

Las características de cada uno de los dos tipos básicos pueden describirse en forma resumida como sigue:

Dragas estacionarias.

Requieren para desplazarse de un sitio a otro, de un remolcador, carecen de propulsión generalmente. Para avanzar en el frente de ataque se valen de un par de zancos colocados a popa, uno de los cuales le servirá también como eje para el movimiento circular o abaniqueo según el cual realiza el

ataque; para lograr ese movimiento circular alrededor del zanco de trabajo se vale de dos cables anclados a tierra que se cobran alternadamente por medio de malacates instalados a bordo.

La succión se realiza a través de un tubo cuyo extremo -- recoge el material a dragar, este tubo va sostenido por - una estructura, la escala;ésta tiene movimiento vertical según un eje colocado a bordo y es izada o abatida por un cable accionado por un malacate y con el apoyo de una cabria.

Casi todas estas dragas tienen en el extremo de la escala y adelante de la boca del tubo de succión, una herramienta de ataque, el cortador giratorio, cuya flecha esta accionada por el motor cortador. El cortador tendrá diferentes diseños acordes con el tipo de suelos que deben -- atacarse y con la forma de ataque que deberá seguirse; en general, empleará cuchillas para los materiales blandos y dientes para los materiales compactos y los materiales duros; ambos, las cuchillas y los dientes están dispuestos siguiendo formas helicoidales.

Los tamaños de estas dragas se identifican usualmente por el diámetro de la tubería de succión o del de la tubería de descarga, ambas frecuentemente iguales. Las hay desde diámetros muy pequeños de 10 cm. (4") usadas en pequeños canales, arroyos o lagunas, hasta dragas de gran diámetro del orden de 110 cm. (44"), diseñadas para materiales difíciles.

Otra característica que califica a estas dragas es su potencia del cortador; en las más pequeñas se encuentran potencias del orden de 50 H.P. mientras que en las mayores, las especialmente diseñadas para trabajos en materiales - muy díficiles tienen potencias del orden de 5 000 a - - - - 6 000 H.P.

Muchos de los sistemas que componen las dragas se accionan con motores hidráulicos, es muy frecuente que los cortadores se accionen con este tipo de motor, diseñados además - para trabajar bajo el agua y de esa manera reducir al máximo la longitud de la flecha.

La unidad flotante de la draga es posible formarla, cuando se trata de dragas pequeñas, hasta 35 cm., (14" de diámetro), con secciones transportables por tierra que se unen - entre sí. El elemento flotante de las dragas mayores, que en algunos casos suelen tener propulsión propia, son chalanes modificados que sólo pueden ser transportados por agua.

El conjunto escala-cortador, hace de la draga estacionaria una herramienta de excavación muy adecuada para dragados - de construcción, es decir la excavación por ejemplo de canales o dársenas; son especialmente eficaces para estos -- trabajos y también cada vez es más usada en trabajos de minería y de producción de agregados pétreos. En menor grado se les utiliza en dragados de conservación, en los que frecuentemente pueden prescindir de cortador, para retirar azolves en lugares de acceso difícil; en general puede decirse que el 85% de sus usos están relacionados con los -- dragados de construcción y el resto para dragado de conservación. (Figs. 17 y 18).

La conducción y depósito del material dragado por medio de la tubería de descarga es un elemento muy valioso para su aprovechamiento si son suelos de buena calidad o bien para su depósito o en sitios controlados cuando se trata de materiales contaminantes. Como éstos últimos son una proporción muy pequeña de los totales dragados en el mundo y se localizan principalmente en los países muy industrializados se señala solamente la necesidad de diseñar cuidadosamente su manejo en los sitios de tiro si estos han de ser en tierra firme, para evitar los daños consecuentes.

Como ya se dijo, la gran mayoría de los suelos dragados son utilizables en tierra para crear áreas para diversos usos. Los suelos de muy baja calidad para propósitos de edificación, son casi siempre ideales para la creación de áreas -- verdes, suelos agrícolas o mejoramientos ecológicos.

Con los suelos de buena calidad, es posible crear por ejemplo patios para el manejo de carga en las terminales portuarias, zonas para la implantación de industrias y la - - creación y reconstrucción de playas.

Dependiendo del tipo de material, de la potencia de la bomba dragadora y del diámetro de la tubería de descarga, el rango de la longitud de tiro es muy amplio desde distancias de orden de 200 m. para las dragas de 10 cm. (4") hasta distancias del orden de 8 a 10 km. con las dragas más - grandes actualmente en uso; una draga de 75 cm. (30") en - la descarga con una bomba dragadora de 1470 HP, manejando un suelo compuesto de arena, grava y partículas rocosas de hasta 20 cm. puede alcanzar 1 200 m. de longitud de tiro.

El manejo del sitio de tiro, particularmente cuando se trata de rellenar zonas bajas, es importante para obtener todas las ventajas que brinda la conducción del producto de dragado por tubería; planeando adecuadamente los puntos de descarga, debe buscarse la forma de equilibrar los costos de los movimientos de tubería y los que significa extender el material a la cota de proyecto con equipo terrestre.

Para la operación eficiente de estas dragas, uno de los aspectos más importantes es contar con una existencia suficiente de las partes sujetas a desgaste por las propias -- condiciones del trabajo, que suelen ser muy severas o por - el efecto de dragar suelos muy abrasivos ya que producen desgastes excesivos en el cortador, la tubería de succión, la carcaza y los impelentes de la bomba dragadora y finalmente la tubería de descarga, por nombrar los principales.

En los casos extremos es necesario tener en el sitio de la obra, suficientes repuestos para bajar al mínimo los tiempos de paro que pueden constituir al final un cargo de mucho peso en el costo unitario.

En los suelos suaves como puede ser la turba, las arcillas, en general suelos no compactados, que no tienen un efecto abrasivo importante sobre las superficies de contacto durante la excavación, la succión y el transporte, esa necesidad se reduce en forma muy sustancial y por tanto no tiene un peso de consideración en el costo unitario final. (Fig. 19)

Dragas autopropulsadas.- El propósito principal de su diseño es la realización de dragados de conservación, son muy eficientes para recolectar los azolves depositados en el fondo, pueden sin embargo ejecutar algunos trabajos de profundización y de ampliación de canales y dársenas siempre que se trate de materiales sueltos o muy poco cementados.

El principio de su operación es recolectar los materiales a dragar, mientras se desplaza avante, depositar los mismos en una tolva integrada y navegar, una vez llena la tolva, al sitio de tiro para descargar la tolva por el fondo.

Alguna de estas dragas, pueden también lanzar el material lateralmente por un tubo que va en una estructura especialmente diseñada, o conectarse a una estación de descarga en tierra o en otra embarcación mediante un tubo de descarga lateral.

En el primer caso el lanzamiento del material lo hace directamente la bomba de dragado (a cañón), en el segundo -

caso, la estación de descarga succiona el material que se depositó en la tolva previamente.

La unidad de flotación, es un barco con propulsión propia en cuyo casco se aloja también la tolva y el equipo de -- dragado. En general, la propulsión (máquinas y puente de mando) se sitúan a popa mientras que en el resto del casco están la tolva y el equipo de dragado; en ciertos casos los motores principales suministran la energía para - la propulsión y para el dragado.

La succión tiene lugar a través de tubos cuyo extremo superior se conecta a la bomba de dragado y que llevan en - el extremo inferior la rastra cuya función es la de recolectar el azolve durante el desplazamiento. Los tubos de succión, uno o dos, se disponen en las bandas, a popa o al centro del casco, en su eje longitudinal; el primer arreglo es el más común.

Las rastras o colectores son de diseños diferentes para - los diferentes tipos de suelos que deben manejarse; para mejorar su eficiencia en los suelos compactos o cementados en algún grado, utilizan chiflones de disgregación -- que van colocados en ella misma. Algunos diseños llevan elementos de ataque: dientes o patines.

Las aberturas de las rejillas de las rastras de succión, - son generalmente cuadradas o rectangulares e impiden el - paso de piedras o escombros que puedan alojarse en la bomba de dragado, o en los conductos del sistema de distribución de la descarga a la tolva.

Tipos básicos de rastras.- Al analizar el contacto y presión de la rastra sobre el fondo, resultan tres tipos básicos:

a) Fija
b) Ajustable (3 posiciones)
c) Autoajustable

Tubo lateral de succión.- Este tiene menor peso que la escala de acero estructural, y mayor flexibilidad debido a dos conexiones esféricas tipo cardán, que se intercalan con ese fin, las que van protegidas con manguitos de hule reforzados en la parte intermedia y en la inferior, asegurados con brazos articulados, para evitar que durante el dragado se separen. La primera conexión sólo permite el movimiento horizontal y la segunda únicamente el vertical de la rastra.

Estas conexiones flexibles de los tubos de succión y las innovaciones introducidas en el sistema de los pescantes, permiten aguantar las arfadas provocadas por el oleaje.

Amortiguadores de oleaje.- Estos dispositivos tiene por objeto:

a) Evitar daños a los dispositivos de suspensión causados por el oleaje.

b) Hacer más flexible la unión de la draga, con el tubo de succión y que la rastra se mantenga constantemente sobre el fondo, a pesar de las arfadas del buque.

c) Mantener la tensión en los cables del aparejo del pescante del tubo lateral de succión, permitiendo pequeñas variaciones dentro de los límites predeterminados.

La capacidad de la tolva caracteriza el tamaño de estas dragas, las menores tienen capacidades del orden de 300 metros cúbicos y las hay hasta de 10 000 metros cúbicos.

Usualmente, el sitio de tiro del producto de estos dragados es fuera de la costa a profundidades y situación en los que puede asegurarse que el material no será arrastrado por el mar de regreso a la zona dragada; esta circunstancia permite la descarga de las tolvas por el fondo, sirviéndose de compuertas abatibles en cuyo diseño se procura el menor tiempo de vaciado y, reducir al mínimo lo que el bordo inferior se proyecta abajo del casco; esto, para posibilitar el tiro lo más cerca de la costa y reducir así los tiempos de navegación.

Con ese mismo propósito de descarga, a menor profundidad y también para reducir el tiempo de dragado se han construido dragas con tolvas bivalvas, que pueden abrirse separando sus dos mitades, según una charnela en el eje longitudinal a la altura de la cubierta principal.

La bomba de dragado y los elementos relacionados, se proyectan procurando reducir el tiempo de llenado de la tolva lo más posible.

El tiempo de llenado no depende sólo de la potencia y características de la bomba sino de los materiales a dragar; los más nobles son los más densos, limpios y de partículas de los tamaños que comprenden a las arenas, gravas y boleos medianos, puesto que se decantarán rápidamente permitiendo un desalojo rápido del agua de la mezcla.

Los materiales de granulometrías del rango de las arcillas por ejemplo, tienen un tiempo de decantación muy largo y una proporción importante se pierde junto con el agua desalojada por los vertederos. Con materiales de éstos, no es posible, económicamente, llenar totalmente las tolvas lo que llevaría a ciclos de dragado demasiado largos.

Este problema es frecuente en los puertos fluviales; en la mayor parte del canal de navegación del río Pánuco - (puerto de Tampico) por ejemplo, se manejan tolvas conteniendo sólidos por sólo el 12%/15% de su capacidad -- total.

Una draga de 4000 m3 de capacidad, con una potencia de dragado de 6 300 H.P., con dos tubos de succión de 100 cm. (40") de diámetro, trabajando materiales granulares limpios puede llenar su tolva totalmente en tiempos del orden de 20 minutos. (Figs. 20 a 22)

La operación eficiente de estas dragas depende de va- - rios factores, pero es esencial la determinación del -- ciclo de dragado (llenado-traslado-vaciado y regreso) - más económico y dentro de ello, la determinación del -- tiempo de llenado más eficiente, lo que a su vez determina el volumen límite que puede depositarse en la tolva, antes de que la proporción de sólidos succionados que - se decanta sea insignificante. Esto se puede determi-- nar fácilmente en la gráfica de llenado (volumen de sólidos depositados vs. tiempos).

El plan de dragado, se hace procurando la mayor longitud posible del desplazamiento durante el llenado de la tolva, procurando también el menor tiempo de maniobra para regresar y continuar el llenado. Entre dos franjas contiguas de ataque, debe considerarse un traslape sufi- - ciente para evitar que queden protuberancias.

Es imprescindible en los dragados de conservación, con-- tar con medios que aseguren el posicionamiento correcto de la draga en las zonas de trabajo, particularmente -- cuando éstas son de grandes dimensiones, por ejemplo canales o lugares fuera de la costa, de otra forma se corre el riesgo de dragar volúmenes fuera de las áreas -- contratadas, que no son cobrables.

Existen en el mercado numerosos equipos de radioposicionamiento y por satélite, en los que su precisión va de 5 a 10 m. Si se pretenden realizar trabajos nocturnos, es necesario contar siempre con balizamientos luminosos.

Es importante determinar mediante pruebas en el sitio y con la propia draga, la altura a la que debe llevarse la rastra, sobre todo en los fondos con suelos ligeros, para evitar sobredragados superiores a los límites de proyecto y/o contrato. Debe tenerse en cuenta que la succión, mientras más potente sea la bomba, tiene mayor radio de influencia hacia abajo y a los lados.

La velocidad de desplazamiento en el recorrido de succión, debe también ajustarse para participar positivamente junto con el revolucionado de la bomba y el posicionamiento de la rastra, para conseguir la mezcla sólidos - agua más eficiente.

3.- CLASIFICACION DE SUELOS.

Es definitivo, para la obtención del rendimiento en un dragado, conocer las características del suelo que se va a -- extraer, ya que debido a la enorme variedad de su naturaleza, cada uno demanda diferentes condiciones de ataque.

El primer criterio es el conocimiento del diámetro de las partículas, ya que esto es básico para distinguir entre -- arcillas, sedimentos, arenas, gravas y boleos.

Una base para la identificación de suelos en dragado, fue propuesta por PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) en su publicación de 1972 denominada Report of the international comission for classification of soils to be dredged.

Dentro de los materiales cohesivos tenemos arcillas, limos y materia orgánica, siendo sus principales propiedades las siguientes:

La distribución del tamaño de los granos, siendo los mayores de 10 micras, lo que tendrá influencia en el desgaste de la cabeza del cortador.

Su resistencia al esfuerzo cortante es el principal factor para determinar la fuerza en el cortador.

Su peso volumétrico es factor determinante para calcular - su capacidad de transporte tanto vertical como horizontal.

En los materiales cohesivos debemos obtener los valores -- del contenido de humedad de Atterberg, ya que en función -

del mismo, se determinará el comportamiento del suelo durante el ciclo de dragado.

El porcentaje de materia orgánica tiene influencia sobre el peso unitario, causando también gasificación, lo que nos ocasionará problemas de vacíos durante el ciclo de dragado.

La consistencia da una medida de la compactación del suelo, y consecuentemente de la fuerza del cortador.

Los suelos fuertemente cohesivos, pueden llegar a necesitar ser barrenados y volados antes de su excavación. (Ej. Tepetates).

Los materiales no cohesivos son arenas, gravas, boleos o una mezcla de estos, siendo sus principales propiedades las siguientes:

El tamaño de los granos es importante para determinar la velocidad crítica mínima, de tal forma que estos permanezcan en suspensión. En un relleno es determinante para el material que se deposita, el talud que forma y la calidad del mismo relleno.

En el caso del transporte en la tolva de una draga autopropulsada, el tamaño del grano será decisivo para el tiempo de descarga y por tanto del ciclo de dragado.

Cuando los granos de arena son mayores de 300 micras, estos causarán mayor desgaste en la parte inferior de la tubería de descarga de una draga.

La mayor o menor compactación de arena, grava y algunas arcillas, será determinante en la fuerza que debe ejercer el cortador, así como en el consumo de energía del mismo.

El desgaste en la tubería y bomba dragadora, dependerán también de la forma redondeada o angular de los granos de ---- arena, siendo mayor con estos últimos.

La permeabilidad es una propiedad determinante, ya que durante el proceso de corte, el volumen del suelo se incrementa debido a que cambia la densidad al pasar de un material con menor porcentaje de vacíos, a uno con mayor porcentaje. Durante este proceso se crea un vacío entre los poros del material y el agua, debiendo los mismos poros nivelar esta diferencia de presión, lo que ocasiona que la fuerza en el cortador se incremente considerablemente.

Cuando tenemos un suelo cementado, debe clasificarse dentro de los materiales cohesivos ya que durante el proceso de corte, las fuerzas que se originan son mayores a la de una arena normal.

Si se tiene una pequeña porción de arcilla en la arena, esta originará que el material sea menos permeable y adopte un talud más pronunciado, en cambio tendrá una influencia positiva en la tubería por un menor desgaste.

El peso específico del suelo influye determinantemente en la resistencia al corte y en el cambio de la velocidad crítica en la tubería. En la tabla 1 se presentan las bases generales de identificación y clasificación de suelos, para efecto de dragado.

— —

TABLA 1 BASES GENERALES PARA LA IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE SUELOS PARA EFECTO DE DRAGADO.

P I A N C

TIPO DE SUELO		IDENTIFICACION SEGUN EL TAMAÑO RANGO EN mm.	MALLA	I D E N T I F I C A C I O N	RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES.
Boleo	GRANULAR (NO COHESIVO)	mayor de 200 mm. entre 60 y 200 mm.		Examen y medida visual	N.A.
Grava		Gruesa 20-60 mm. Media 6-20 mm. Fina 2-6 mm.	3/4-3" 1/4-3/4" No.7-1/4"	Facilmente identificable con un examen visual.	Es posible encontrar algunos estratos cementados de grava con boleos. La grava puede existir mezclada con arena.
Arena		Gruesa 0.6-2 mm. Media 0.2-0.6 mm. Fina .06-0.2 mm.	7-25 25-72 72-200	Partículas visibles con pequeña cohesión al estar secas.	Algunos depósitos pueden estar compactos y cementados aumentando su resistencia. Estructura homogénea o estratificada, -- puede estar mezclada con arcilla aumen-- tando su dureza.
Sedimento o (limos)	COHESIVO	Gruesa .02-.06 mm. Media .006-.02 mm. Fina .002-.006 mm.	Pasa malla 200	Generalmente son partículas invisibles. Puede tener alguna plasticidad. Una vez seco, los terrones se convierten en polvo con la presión de los dedos.	Esencialmente no son plásticas, con caracte rísticas similares a las arenas. El más fino se aproxima a la arcilla en su plasticidad. Mezclado con arena o arcilla puede - estar homogéneo o estratificado. Su consistencia varía de fluído espeso a sólido.
Arcilla		Menor de .002 mm. La distinción entre arcilla y sedimento no se basa en el tamaño de las partículas sino en sus propiedades físicas. Indirectamente se - relacionan el tamaño de las partícu-- las.	N.A.	Fuerte cohesión, plasticidad y dilatación, fácilmente se presiona con los dedos poniéndose liso y grasoso. Estando seca se rompe durante el proceso de dragado.	Consistencia / Comportamiento / Esf.Cort.Kg/cm Muy suelto — Se escurre entre los dedos. — menos 0.17 Suelto — Fácilmente moldeable con los dedos. — 0.17-0.45 Firme — Requiere fuerte presión para -- moldearse con - los dedos. — 0.45-0.90 Rígido — No se moldea -- con los dedos. — 0.90-1.34 Duro * — Se presiona con dificultad con el pulgar. — más de 1.34
Materia Orgánica		N.A.	N.A.	Generalmente se identifica por el color café o negro, fuerte olor, con presencia de fibras y madera.	Puede ser firme o como esponja en la naturaleza. Su resistencia varía considerablemente en las direcciones vertical y horizontal.

N.A. No aplicable

* La estructura del material puede estar intacta, fisurada, homogénea o estratificada.

La densidad de sólidos es la relación entre el peso específico de un material y el del agua, por lo tanto carece de unidades.

Por otro lado el peso volumétrico depende del peso específico de los componentes (partículas de suelo, --- agua, cantidad de vacíos, etc.).

El peso volumétrico puede ser medido en diferentes estados dentro del proceso de dragado.

La densidad en sitio se obtiene midiendo el peso volumétrico en el terreno, antes de dragar.

La densidad en la tolva, se obtiene midiendo el peso volumétrico a bordo del equipo utilizado para ir a tirarlo.

La densidad en el sitio de depósito, se obtiene mi--- diendo el peso volumétrico al final del ciclo de dragado, una vez depositado el material o algún tiempo después en que se ha consolidado el mismo. Las tres medidas anteriores nos darán diferentes valores para la variación del porcentaje de vacíos para cada caso, como podemos observar en la tabla 2.

T A B L A 2

CAMBIO EN VOLUMEN Y DENSIDAD DURANTE EL DRAGADO Y RELLENO, DE UN MATERIAL CON UN CONTENIDO CONSTANTE DE SOLIDOS

SITUACION DEL MATERIAL	% DE VACIOS	CAMBIO EN VOLUMEN CON UN CONTENIDO CONSTANTE DE SOLIDOS m3./m3.	DENSIDAD DE LA MEZCLA
Material en sitio	45	1.00	1.88
Material después de un dragado mecánico (transporte)	55	1.22	1.72
Material una vez depositado.	45	1.00	1.88
Material parcialmente consolidado.	40	0.92	1.96

4.- LA GEOTECNIA EN LAS OBRAS DE DRAGADO

INTRODUCCION

Los estudios geotécnicos realizados con fines de dragado difieren con respecto a los destinados a las cimentaciones de estructuras, tanto en su ejecución como en su destino. Se comentan las etapas que constituyen un estudio para dragado, y se describen los equipos y métodos de exploración y muestreo más empleados. También se mencionan las propiedades índice, mecánicas o químicas que se deben determinar en el laboratorio, señalando su importancia en relación al dragado y su destino en las distintas fases de éste. -- Así mismo se comenta sobre el equipo de dragado y sobre el contenido del reporte técnico que debe entregarse a los dragadores.

La expansión de la infraestructura portuaria de México implica la necesidad de efectuar importantes obras de dragado, tanto para su construcción como para su mantenimiento. La extensión y el costo de las primeras, así como la inexistencia de un criterio bien definido para la realización de los estudios geotécnicos previos, hace necesario establecer cuales son los procedimientos de exploración y muestreo más adecuados, y cuales son las propiedades del subsuelo que deben determinarse. Esto es importante porque la información geotécnica para dragado difiere de la empleada regularmente, además de que la falta de información adecuada tiene un peso considerable sobre el costo total de este tipo de obras.

Los objetivos por alcanzar en un estudio de este tipo son fundamentalmente dos :

- Identificar los materiales por dragar, y definir sus extensiones y volúmenes.
- Proporcionar la información del subsuelo destinada a resolver correctamente los problemas técnicos correspondientes a las tres fases principales del dragado. Estas son :

    a) Disgregar y remover el material.

    b) Transportar a éste hasta los puntos de tiro.

    c) Colocarlo y tratarlo con fines constructivos.

Por otra parte, debido a la estrecha liga existente entre la naturaleza del subsuelo y el equipo de dragado por emplear, el ingeniero geotécnico encargado de un estudio destinado a estas obras debe conocer los diversos tipos de dragas, además de sus diversas finalidades en el dragado de construcción.

El programa de exploración y muestreo derivado de la planeación debe contemplar dos etapas de trabajo, de manera que la información obtenida en la primera defina el modo de ejecución de la segunda; esto redundará en un estudio económico y preciso. En el caso de estudios poco extensos o localizados en sitio de acceso difícil, las dos etapas pueden fundirse en una sola.

Exploración con muestreo

LOs procedimientos de exploración con muestreo más comunes en las exploraciones destinadas al dragado se describen someramente a continuación, principiando por los más sencillos y menos efectivos.

El método más simple corresponde a los sondeos de lavado con chiflón, utilizados para definir espesores de estratos cohesivos blandos o de suelos arenosos poco compactos, que sobreyacen capas duras o muy compactas. Estos se efectuan inyectando agua, a través de tubería metálica de 2½" de diámetro, con chiflón de 1½" que desliza dentro de un ademe. El material disgregado sube entre el ademe y el tubo hasta la embarcación, donde se deposita en un tanque de sedimentación. Este método sólo proporciona ideas muy generales de la resistencia y del tipo de suelo.

Prueba de penetración estandar

La prueba de penetración estandar, consiste en ver el número de golpes que se le necesitan dar a un cilindro hueco metálico de pared gruesa de 2 pulgadas de diámetro exterior, con un peso de 64 Kg. y una caída libre de 75 cm., para que se introduzca 30 cm. en el terreno natural, permitiéndonos además obtener muestras de material alterado a diferentes profundidades. (Tabla 3).

Un perfil de un pozo, nos permitirá ver los diferentes estratos del subsuelo, los valores a diferentes profundidades para la penetración estandar y un perfil geológico del suelo que se obtiene uniendo varios pozos.

Una escala muy representativa es la que a continuación se indica :

TABLA 3

COMPARATIVO ENTRE LAS CARACTERISTICAS DEL MATERIAL Y SU RESISTENCIA AL CORTE PARA LOS EFECTOS DE DRAGADO

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	PENETRACION ESTANDAR No. DE GOLPES /30 cm.
MUY SUELTO	0 - 4
SUELTO	4 - 10
MEDIO COMPACTO	10 - 30
COMPACTO	30 - 50
MUY COMPACTO	ARRIBA DE 50

Los valores anteriores son aplicables a todo tipo de material ya - sea cohesivo o no cohesivo, exceptuando boleos gruesos o roca.

En la tabla 4 veremos las principales pruebas en el sitio y en el laboratorio, aplicadas en dragado.

Estos reportes fueron preparados por INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL MECHANIES AND FOUNDATION ENGINEERING (I.S.S.M.F.E.) y por INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (I.A.D.C.) e impresos por P.I.A.N.C. en el boletín No. 11, Vol. I del año 1972, habiendo sido revisados en 1981.

T A B L A 4

DIVERSAS PRUEBAS EFECTUADAS EN EL SITIO Y EN EL LABORATORIO CON APLICACION A DRAGADO.

PROPIEDADES O CARACTERISTICAS DEL SUELO	PRUEBA EN EL SITIO	PRUEBA DE LABORATORIO DE CAMPO O CENTRAL
Análisis del tamaño de la partícula.	N.A.	Tamizado sobre suelos granulares, sedimentación de suelos cohesivos. Correlación en mezclas de suelos como arcillas arsas. Evaluación rústica por comparación con muestras normales, con microscopio o contador de rejilla.
Agudeza de la partícula.	N.A.	Comparación con muestras normales y fotográficas.
Peso volumétrico en el sitio.	N.A. exceptuando medición en cantos rodados.	La unidad de suelo como se encontró en el sitio, o sea la relación entre el peso total y el volumen total del suelo.
Gravedad específica de partículas sólidas	N.A.	Es la proporción entre la unidad de peso de las partículas sólidas y la unidad de peso del agua.
Compactación en el sitio.	Prueba de penetración estandar, penetrómetro holandes u otros basados en pruebas estandar.	N.A.
Contenido de mezcla	Método de medición radioactivo.	Determinación del contenido de sólidos en la mezcla.
Plasticidad	N.A.	Determinación límites líquido y plástico.
Resistencia al corte.	Penetrómetro manual, prueba de paleta, otros penetrómetros.	Prueba de compresión en muestras no confinadas o prueba de compresión triaxial.
Contenido de cal.	N.A.	Aplicación de ácido hipoclorhídrico para indicar efervescencia.
Contenido orgánico.	N.A.	Determinación del contenido orgánico.

Exploración Indirecta

La exploración indirecta en los estudios para dragado se apoya principalmente en el perfilador de reflexión acústica contínua de gran resolución y en las pruebas de prospección sísmica tipo cross hole.

El primer procedimiento se emplea para obtener un cuadro general de la estratigrafía, mediante la generación de ondas acústicas con frecuencias de 3.5 a 7 Khz., capaces de proporcionar resoluciones de 0.5 a 20 cm. y penetraciones en el suelo de 15 a 60 m. La interpretación de los registros proporciona información sobre los espesores de suelos, la profundidad de la roca y los afloramientos de ésta, necesarios para elaborar un plano de isopacas del área por dragar.

El segundo procedimiento consiste en abrir y ademar dos o más perforaciones en el subsuelo, para colocar explosivos en uno de ellos y grupos de geófonos en los restantes. Si se conocen las distancias entre la perforación generadora y las perforaciones receptoras, se puede determinar la velocidad de propagación de las ondas de compresión y cortante de los diferentes suelos o rocas, y calcular su rigidéz dinámica y sus espesores aproximados.

La factibilidad de disgregar rocas, y el procedimiento para hacerlo, puede definirse a partir de las velocidades de propagación usando las correlaciones propuestas por Meyer y Lessa (1978).

La tabla 5 nos presenta los procedimientos de exploración y muestreo para diferentes tipos de materiales.

TABLA 5

Procedimientos de exploración y muestreo en estudios para dragado.

MATERIALES / METODO	SUELOS					ROCAS	
	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas	Cantos y/o bolos	Suaves	Duras
Sondeos de lavado	Chiflón Buril Broca tricónica						
Muestreo por gravedad	Muestreador delgado 38 mm. $< \phi <$ 152 mm. Muestreador grueso $\phi >$ 152 mm.						
Muestreo con varillaje	Tubo shelby Tubo shelby afilado Pistón muestreador Penetrométro estándar Barril Denisson						
	Barril muestreador con tubo interior partido						
Muestreo sin varilloje	Vibromuestreador Muestreador DOSP Automuestreador marino MAS - 78						
Exploración y pruebas con varillaje	Cono dinámico Cono estático Veleta						
Exploración y pruebas sin varillaje	Cono estático Geodof o SEACAF Veleta de cable o veleta "Halibut" Prueba de bombeo						
Exploración indirecta	Perfilador de reflexión sísmica continua prospección sísmica						

PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio para dragado, además de determinar las propiedades que permiten seleccionar el equipo adecuado para disgregar y remover el suelo, deben proporcionar la información necesaria para evaluar el desgaste del equipo y definir la calidad del relleno que, posteriormente, pueda formarse con el material dragado. Su importancia relativa depende del material, del método de transporte y el destino del relleno.

La tabla 6 indica cuales parámetros son indispensables y cuales son complementarios para las tres fases principales del dragado, en base a la clasificación general del material.

Los fines de estas pruebas se comentan a continuación indicando la forma de realizarlas cuando el procedimiento difiere respecto a lo usual, o cuando la prueba sea poco común, respetando los tres grupos mencionados en la tabla 6.

Pruebas en suelos no cohesivos

Compacidad relativa.- Esta información es indispensable para seleccionar la herramienta apropiada para disgregar el suelo, ya que ésta puede variar desde un tubo de succión, hasta el empleo de cortadores con dientes de ratón que desprendan el suelo con capas delgadas y con un gran consumo de energía.

TABLA 6

Propiedades determinadas en laboratorio con fines de dragado.

Fase del proceso	Suelos no cohesivos	Suelos cohesivos	Rocas
Disgregación y remoción del Material	*Compacidad relativa *Granulometria *Permeabilidad Densidad de solidos Contenido de agua Contenido de carbonato de carcio Contenido de materia orgánica Forma de los granos	*Cohesión *Peso volumétrico saturado *Límites de consistencia y contenido de agua *Viscosidad de la suspensión agua-suelo *Adhesión	*Origen geológico estructura mina *Resistencia a la compresión *Resistencia a la tensión *Peso volumétrico *Grado de alteración Dureza Tenacidad
Transporte del Material	*Peso volumétrico *Granulometría Forma y dureza de los granos Contenido de carbonato de calcio Contenido de materia orgánica	*Peso volumétrico *Viscosidad de la suspensión agua-suelo Contenido de materia orgánica Contenido de carbonato de calcio Límites de consistencia.	*Peso volumétrico
Depósito y Tratamiento del Material	*Granulometría Peso volumétrico *Forma de los granos Contenido de carbonato de calcio Contenido de materia orgánica	*Límites de consistencia *Contenido de materia orgánica Peso volumétrico seco máximo	*Peso volumétrico

* Pruebas imprescindibles para la determinación de las características del material

Si se definen los valores de las relaciones de vacíos máxima y mínima en caída sumergida y se obtiene el valor de la relación de vacíos naturales a partir del contenido de agua de la muestra, podrá determinarse la compacidad relativa del suelo.

Granulometría.- Esta información se requiere porque la distribución granulométrica del material afecta a :

a) la magnitud de energía de corte utilizada para disgregar el suelo, a través de su efecto sobre el ángulo de fricción interna y sobre la permeabilidad de éste;

b) la velocidad crítica de succión y las pérdidas de carga que se inducen durante ésta.

c) al desgaste de la tubería de transporte y el rendimiento de éste, ya que los granos mayores de 0.3 mm. pueden depositarse en el fondo de la tubería y reducir su área útil. En contraste, la fracción de arcilla contribuirá a disminuir su desgaste, incrementando la viscosidad del fluído y reduciendo la resistencia al bombeo.

d) el tiempo de carga y descarga cuando el material se transporta en tolva o barcaza, está influenciado en forma muy importante por este parámetro, ya que los suelos gruesos se depositarán en el fondo rápidamente. En cambio, las arenas finas y los limos permanecerán en suspensión y serán arrastrados al mar nuevamente.

Por otra parte, al emplear el producto de dragado como relleno, la granulometría será determinante para estimar las pérdidas de material, la pendiente de éste y su calidad, además de que el porcentaje de finos influirá en su permeabilidad y compresibilidad.

Permeabilidad.- Su determinación a través de permeámetros es importante porque el proceso de corte afloja el suelo y crea un vacío - en la zona disgregada, que hace fluir el agua contenida en el suelo hacia ésta.

Densidad de sólidos.- Esta influye sobre la velocidad crítica de - succión, y en la potencia del equipo de bombeo, en función del peso volumétrico del fluído por bombear. Así mismo influye sobre el desgaste del equipo cortador o de los cucharones y almejas.

Forma y dureza de los granos.- Estas son importantes porque tienen gran influencia en el desgaste de la tubería de transporte y en --- bomba, además de afectar el desgaste de las herramientas de corte. La forma puede estimarse y describirse cualitativamente; la dureza puede definirse con la escala de Mohr.

Contenido de agua.- El valor de este parámetro índice es un auxiliar en la identificación del suelo, a la vez que permite calcular su relación de vacíos, cuando se considera que el suelo está saturado y se conoce su densidad de sólidos.

Contenido de cal.- Este factor es importante en la disgregación y remoción del suelo porque se refleja como cohesión, que incrementa las fuerzas de corte. Cuando esta cohesión alcanza valores extremos se llega al caso de las rocas suaves (areniscas).

Contenido de materia orgánica.- Este afecta el proceso de corte y disgregación en las dragas de arrastre. En el caso de dragas de -- succión afecta el transporte del suelo, produciendo gases que ocasionan problemas de vacíos dentro de las tuberías.

Así mismo, ocasiona problemas de compresibilidad y capacidad de carga en los rellenos formados con el material dragado.

Pruebas en suelos cohesivos

Cohesión.- Este parámetro es el principal factor en la determinación de la resistencia al corte y en la elección del equipo más adecuado para disgregar y remover el material. Su importancia al estimar el rendimiento es fundamental.

Granulometría con hidrómetro.- Es importante para definir la velocidad de sedimentación del suelo y la viscosidad de la suspensión formada por el agua y los granos menores a 0.010 mm., para transportar y depositar el material producto del dragado.

Peso volumétrico natural.- Este es un factor importante para determinar tanto la fuerza de succión que debe inducirse en la boca del tubo, como la potencia necesaria para el transporte hidráulico horizontal, cuando se forman terrones de material.

Límites de consistencia y contenido de agua.-La combinación de sus valores determina el comportamiento de los suelos cohesivos a lo -- largo de todo el ciclo de dragado, influyendo sobre :

a) la posibilidad de obstrucción del cortador o de la cabeza del tubo de succión;

b) la formación de terrones arcillosos durante la disgregación y el transporte hidráulico;

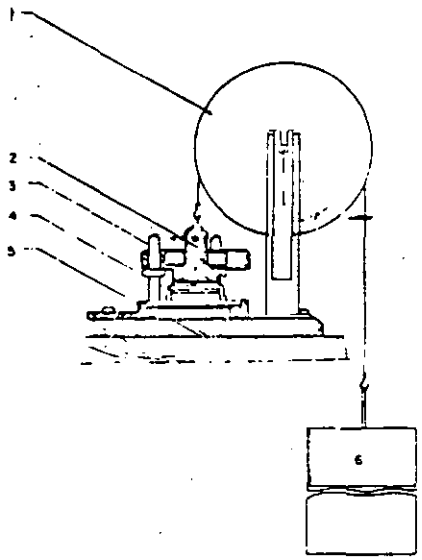
c) el grado de dificultad para vaciar los cucharones, botes o - almejas de dragado;

d) las pérdidas de materiales durante el proceso de carga en la barcaza o tolva;

e) la calidad del relleno formado con el producto dragado.

Por otra parte, la resistencia del suelo se puede estimar en forma indirecta y aproximada a través de dichos límites, empleando el índice de plasticidad y el índice de fluidez. Los valores de la resistencia obtenidos así deben emplearse con precaución porque generalmente son un poco menores a los reales, y quedan al lado opuesto al conservador para el dragado.

Adhesión.- Este parámetro también está ligado con el grado de dificultad para vaciar los cucharones de los cortadores. Su determinación puede hacerse por medio del aparato propuesto por Sakharov -- con tal fin. Esta consta de las siguientes partes principales: 1) polea, 2) cabeza móvil con dado circular, 3) guía, 4) anillo -- confinante, 5) base y dado interior, 6) contrapeso.



Aparato para determinar la adhesión del suelo (Sakharov).

Clasificación de los suelos según su adhesión.

Clasificación	Esfuerzo de adhesión (Kg/cm2)
Poco adhesivo	0.1
Moderadamente adhesivo	0.1-0.25
Adhesividad importante	0.25-0.40
Adhesividad muy importante	0.4

De acuerdo con el mismo autor la prueba de adhesión se efectúa en muestras inalteradas de 10 cm2. de área y 1 cm. de espesor, montadas en un anillo semejantes a los empleados en pruebas de consolidación. Este anillo y el dado inferior permiten que la muestra sobresalga 5 mm., para que el dado superior la aplaste hasta deformarla 2 mm., gracias a una carga aplicada en forma creciente y -- uniforme, en un lapso de 10 seg. Posteriormente, debe aplicarse - una fuerza creciente lenta y uniforme en el contrapeso hasta despegar a éste de la pastilla.

Viscosidad.- La viscosidad del fluído es un parámetro muy impor-- tante en el transporte hidráulico del suelo, y debe determinarse en soluciones salinas al 3%, con porcentajes de sólidos tomados - de una muestra representativa que varíen del 5 al 25%. Deben de-- terminarse los valores correspondientes a diferentes porcentajes de sólidos para definir una curva viscosidad - porcentaje de sólidos en solución.

APLICACION DE LA INFORMACION EN EL DRAGADO

La información obtenida durante los trabajos de campo y laboratorio debe permitir tanto la elección de las herramientas de corte o disgregación, como la del equipo de remoción y transporte. Adicionalmente, debe definirse si el producto del dragado es apropiado para formar un relleno.

Aprovechamiento del material dragado

El material que se ha removido en un proyecto de dragado puede ser utilizado como relleno, para agregados pétreos en la elaboración de concreto, para pavimentos, dependiendo de sus características.

Cuando se emplea como relleno, previamente a su colocación deben construirse, en caso necesario, bordos de contención a base de arcilla debidamente colocada y compactada con la altura necesaria para contener el material y previendo el drenaje para conducir los finos en suspensión. Debe prevenirse la remoción de suelos vegetales y lodos de dragado en la superficie donde se vaciará el relleno, así como la existencia de materiales compresibles o licuables bajo la zona, observando la posibilidad de construir futuras instalaciones sobre ellos.

En general los materiales granulares son adecuados para la construcción de rellenos, llevando un control eficiente de la compacidad relativa, principalmente si se contemplan construcciones sobre el área. Por otro lado, los suelos granulares, generalmente limpios de finos durante la extracción por succión, pueden ser empleados como agregados pétreos una vez verificada su granulometría y sometida a un proceso de lavado.

Los materiales finos no son recomendables como relleno debido a su deformabilidad. Es práctica común colocar este tipo de materiales mar adentro o en zonas que no se requerirán a corto plazo.

5.- ELABORACION DEL REPORTE TECNICO

Aunque la elaboración del reporte técnico es una de las partes más importantes de la ejecución de un estudio de mecánica de suelos, - frecuentemente es la parte a la que se le dedica menos atención y tiempo. Esto ocasiona algunas veces que la información resulte difícil de entender e insuficiente.

El contenido técnico del reporte debe concentrarse en dos puntos - fundamentales :

1) definir la calidad y distribución de los diferentes tipos de -- suelos y rocas en el área por dragar.

2) definir completamente las propiedades que afectan la eficiencia del dragado.

5.- CONDICIONES QUE AFECTAN EL DRAGADO

Dentro de las principales condiciones que afectan directamente al dragado, tenemos las siguientes :

V I E N T O S

Se define al viento, en general, como el movimiento de las masas de aire; sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es : corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre; una variación a esta definición está representada por los "vientos orográficos" que circulan en forma ascendente.

El viento se atribuye a las desigualdades de la densidad del aire, y a las presiones bajas y altas; el excesivo calentamiento del aire hace que éste se dilate y se anime de un movimiento ascendente dejando un lugar vacío en el lugar en donde se dilató, o centro de baja presión barométrica; este vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

El viento es el principal generador de oleaje y su efecto sobre la costa es permanente, provocando, además, mareas de vientos y fuerzas sobre las estructuras; de ahí la importancia de su estudio desde el punto de vista de las obras marítimas y la ingeniería de costas.

A la velocidad con que sopla se le denomina intensidad y se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo (m/seg, Km/hr, nudo); para su medición se utiliza la escala internacional llamada de BEAUFORT (modificada) que se presenta en la tabla 7 .

T A B L A 7

ESCALA DE BEAUFORT

GRADO	NOMBRE	VELOCIDAD (Km./hr.)	CONDICIONES DEL MAR
0	CALMA	0.0 - 0.72	MAR LLANA
1	VENTOLINA	1.08 - 5.4	ONDULACION PEQUEÑA EN LA SUPERFICIE, SIN PRODUCCION DE ESPUMA
2	FLOJITO	5.76 - 11.88	OLAS CORTAS Y BAJAS QUE NO ROMPEN; - MAR RIZADA
3	FLOJO	12.24 - 19.44	OLEAJE QUE EMPIEZA A ROMPER; POCA ESPUMA; MAR RIZADA
4	BONACIBLE	19.8 - 28.44	OLAS DE POCA ALTURA PERO DE MAYOR -- LONGITUD; BORREGOS DE ESPUMA; MAREJADILLA
5	FRESQUITO	28.8 - 38.52	SE ACENTUA LA LONGITUD DE LAS OLAS; GENERALIZACION DE BORREGOS DE ESPU-- MA; ESPORADICAMENTE ROCIONES DE ESPUMA; MAREJADA
6	FRESCO	38.88 - 49.68	SE INICIA LA FORMACION DE GRANDES -- OLAS, QUE ROMPEN; ROCIONES DE ESPUMA AL AIRE; MAR GRUESA.
7	FRESCACHON	50.04 - 61.56	CRECE LA MAR; MAR MUY GRUESA
8	DURO	61.92 - 74.52	OLAS DE ALTURA NOTABLE; LAS CRESTAS DESPIDEN ESPUMA PULVERIZADA; MAR ARBOLADA
9	MUY DURO	74.88 - 87.84	OLAS MUY GRANDES; BALANCES PRONUNCIADOS; LA ESPUMA EMPIEZA A AFECTAR LA VISIBILIDAD
10	TEMPORAL	88.20 - 102.24	OLAS CONSIDERABLES; MAR BLANCA DE ESPUMA, BALANCES FUERTES
11	BORRASCA	102.6 - 117.36	OLAS EXTRAORDINARIAMENTE ALTAS; VISIBILIDAD ESCASA A CAUSA DE LA ESPUMA
12	HURACAN	117.72 - 132.84	ATMOSFERA Y MAR COMPLETAMENTE LLENA DE ESPUMA; VISIBILIDAD CASI NULA

Salvo condiciones de protección muy específicas, en la generalidad de los casos al llegar el viento al grado **6 FRESCO**, será necesario suspender la operación del dragado, al dificultarse permanecer en posición y como medida de seguridad al equipo y accesorios.

M A R E A S

Cuando se trate de mareas, surgirán dos preguntas :

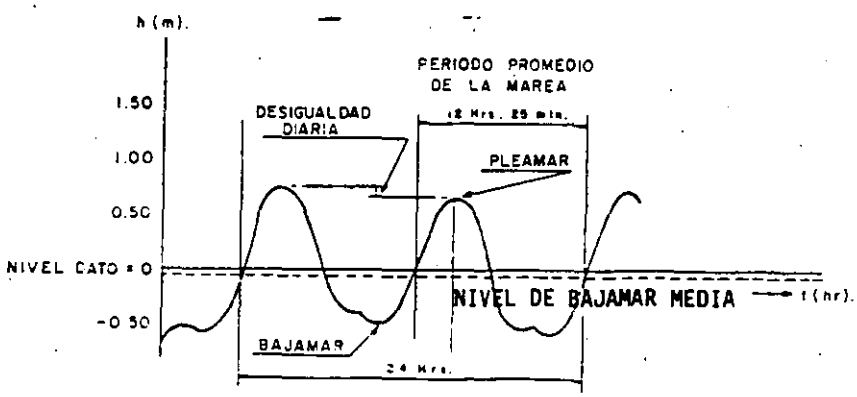
¿Por qué es importante tener conocimiento acerca de las mareas?

¿Qué es exactamente una marea?

Contestar la primera pregunta es muy simple. Las razones pueden -- ser :

- Reclamación de áreas costeras
- Cierre o apertura de bocas
- Problemas de seguridad de estructuras
- Problemas de instrusión salina
- Generación de energía
- Transporte de sedimentos
- Etc.

La segunda pregunta se contesta parcialmente observando la siguiente figura :marea es la oscilación periódica del nivel del mar, producida principalmente por la atracción de los astros y la rotación de la tierra.



La variación de las mareas, ocasionará diversas corrientes con dirección variable, que se deben tener en consideración al realizar cualquier trabajo de dragado.

El dragador deberá contar con el calendario o el cálculo detallado de la fluctuación de la marea, ya que al llegar a la profundidad que indica el proyecto, no deberá rebasar más allá de la tolerancia que se ha concedido.

Un erróneo conocimiento de la marea puede ocasionar no llegar a la profundidad de proyecto, teniendo que regresar posteriormente a redragar el área, o profundizarse más allá de la tolerancia, volumen este que no podrá ser cuantificado para efecto de cobro. Ambos aspectos encarecerán la operación.

Las profundidades en los puertos están referidas al Nivel de Bajamar Media (N.B.M.) para el Golfo de México y Mar Caribe, y a Nivel de Bajamar Media Inferior (N.B.M.I.) para el Oceáno Pacífico. Ambas se obtuvieron tomando el promedio de las medidas más bajas registradas diariamente durante un período.

C O R R I E N T E S

En general se pueden definir a las corrientes como el desplazamiento de una masa de agua, determinadas por dos características: dirección y velocidad.

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirigen; es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en éstos se considera de donde sopla y no hacia donde sopla. La velocidad de una corriente se expresa tradicionalmente en nudos, cuando se trata de aspectos relativos a la navegación (1 nudo = 1 milla náutica por hora = 1 853 m/h), o bien en m/seg.

Las corrientes para su estudio se pueden dividir en cuatro apartados : corrientes oceánicas, corrientes inducidas por el viento, corrientes por marea y corrientes en la costa producidas por oleaje. Aunque en relación a su ámbito también pueden clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su área relativa de influencia, resultando obvia su diferenciación.

En relación a la corriente, se presentarán problemas cuando la dirección de la draga y la corriente sean diferentes.

Cuando la corriente es en sentido transversal a una draga de succión con cortador, pueden existir problemas en el winche que hace abanicar la draga en el sentido contrario a dicha corriente. Para una draga grande, una velocidad de 2 nudos puede ser el límite para no tener dificultades, en cambio para una draga de cangilones, esta velocidad puede subir a 3 nudos.

En dragas autopropulsadas, los motores propulsores deberán tener la potencia necesaria para vencer la resistencia de la corriente.

En el caso de ríos, generalmente las corrientes fuertes son producidas por avenidas, existiendo además el peligro de los obstáculos flotantes que pueden averiar seriamente al equipo al golpearlo, llegando incluso a producir vías de agua.

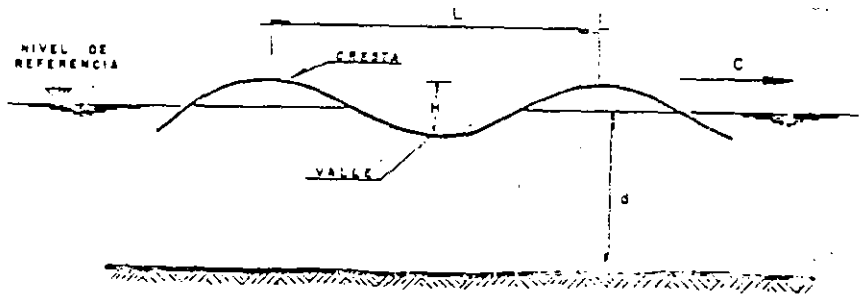
En este caso la operación deberá suspenderse.

O L E A J E

Si se para una persona en la playa y observa el mar, podrá ver que arriban a ella olas de diversos períodos y alturas; horas después, en la misma playa, el observador notará que la línea de costa ha retrocedido o avanzado, con respecto a la primera posición vista,

debiéndose ello al efecto de la variación del nivel del mar induci da por las mareas, mismas que tienen un relativo largo período y - no son perceptibles en pequeños lapsos de observación. Las olas, - por el contrario, no han variado prácticamente en nada y pueden -- distinguirse con tan sólo unos instantes de observarlas; ello es - debido a que son de "corto período".

Con la finalidad de describir el oleaje, se ha idealizado la si--- guiente onda :



Los principales problemas que se pueden presentar en una draga debido al oleaje, son deformaciones o roturas en la escala o en los zancos, los mismos fenómenos se pueden presentar en la tubería.

Si tenemos arena suelta, al extraerla con una draga de succión con cortador, podremos tener un magnífico rendimiento, el cual se desplomará si tenemos oleaje fuerte en un lapso del 50 al 75% del --- tiempo.

En la tabla 8 se observan ciertas recomendaciones de alturas máximas de ola para diversos equipos de dragado.

T A B L A - 8

MAXIMA ALTURA DE OLA PARA DRAGADOS.

TIPO DE DRAGA	OLA DE TORMENTA (m) (PERIODO 5 SEG.)	OLA EN MAREJADA (m) (PERIODO 10-15 SEG.)
Chalán pequeño equipado	0.3 - 0.5	0.2 - 0.4
Chalán grande equipado	0.5 - 1.0	0.4 - 0.8
Draga estacionaria pequeña con tubería	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Draga estacionaria media con tubería	0.5 - 1.0	0.3 - 0.6
Draga estacionaria grande con tubería	1.0 - 1.5	0.8 - 1.2
Draga autopropulsada	0.6 - 1.0	0.4 - 0.8
Draga autopropulsada con compensador de oleaje	2.0 - 4.0	2.0 - 4.0

TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta se transportan a lo largo de ella; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente entre la línea de playa y la zona de rompientes, aunque también -- fuera de ésta existe transporte.

El estudio del transporte de sedimentos es importante para diferentes aspectos :

- En ingeniería de costas el acarreo litoral, determina el - diseño de protecciones costeras.
- En el dragado es importante por los problemas de volumen acarreado en función del tiempo, ocasionando azolves en zonas -- previamente dragadas.

Por otra parte, es importante asentar que el principal objetivo en el estudio de transporte de sedimentos es predecir si se tendrá -- una condición de equilibrio o existirá erosión o depósito y determinar las cantidades involucradas. La cantidad de transporte de sedimentos, expresada como masa, peso o volumen por unidad de tiempo, puede ser determinada por medio de mediciones de campo o por métodos analíticos.

Las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje; provocan esfuerzos cortantes sobre los sedimentos sólidos y hacen que sean transportados en suspensión o por el fondo a distancias más o menos grandes y depositados en zonas tranquilas. Por ello antes de emprender la realización de una obra es preciso tomar en cuenta las posibles interacciones entre el fluído en movimiento y los sedimentos del fondo sobre los que éste actúa.

Por otro lado las vías navegables en desembocaduras de ríos están sujetas además del acarreo litoral en su desembocadura, al transporte de sedimentos en suspensión (arcillas, limos) que bajan de la cuenca, principalmente en época de avenidas, depositándose en las zonas de mayor profundidad, donde al aumentar el área hidráulica disminuye la velocidad.

T E M P E R A T U R A

Referente a la temperatura, ésta puede ser muy alta o muy baja. - Cuando se tiene un trabajo en condiciones tropicales (alta temperatura), nuestra atención debe estar enfocada al consumo de die-- sel en los motores, ya que éste se ve afectado, en cambio cuando tenemos un trabajo en condiciones de muy baja temperatura, tene-- mos que vigilar la lubricación de los motores, con el fin de prever cualquier posible daño.

T O P O H I D R O G R A F I A

La topohidrografía del terreno, es la condición que en una forma prioritaria afecta el dragado, ya que resultan evidentes las condiciones más o menos sinuosas del fondo marino, sus pendientes, - etc.

En el caso de un dragado con cortador y succión, las condiciones del frente pueden impedir que la draga abanique de acuerdo a su - máxima capacidad.

En dragas autopropulsadas, pueden existir obstáculos que dificul-- tan ponerse en posición o, que el recorrido sea muy corto, lo cual incrementará el costo del dragado.

Existen zonas muy difíciles de dragar, como pueden ser los rincones o esquinas de dársenas, donde no se puede acercar ningún otro equipo que no sea una draga estacionaria pequeña.

TRAFICO MARITIMO

Otra condición que afecta el dragado, es el tráfico marítimo en canales de acceso a los puertos, ya que éste, ocasionará la suspensión de las actividades al tener que retirar la tubería flotante, en el caso de las dragas estacionarias.

Todavía será más crítico el caso, cuando además de la tubería deba retirarse la propia draga con sus anclas y traveses, debiendo posicionarla posteriormente al paso de la embarcación.

En igual forma, una draga autopropulsada tendrá también que retirarse del sitio de trabajo, al cruzar un buque por el puerto, siendo este paro menos crítico que el de la draga estacionaria.

6.- ESTUDIOS TOPOHIDROGRAFICOS

RESUMEN.

Se dan las principales características de los diferentes métodos para realizar levantamientos batimétricos, con especial enfásis en el sistema de posicionamiento, comparandolos y dando ventajas y desventajas.
Adicionalmente se describe el método más moderno de posiciona- - miento por medio de satélite, describiendo sus principales características.

CONTENIDO.

Como se sabe para realizar el levantamiento topográfico de una zona cubierta por agua, es necesario contar con una embarcación en la cual se coloque un equipo capaz de medir la profundidad bajo la misma y, a determinados interválos de tiempo o de distancia, hacer coincidir la medición de la profundidad con el posicionamiento por algún medio del vehículo portador del equipo de medición de la profundidad.

La forma de medición de la profundidad puede ser muy diversa, - desde la zondaleza que consiste en un pedazo de cuerda con nudos a cada 50 cm. o 1 pie, hasta las ecosondas digitales que miden la profundidad por medio del cálculo del tiempo que tardan las - ondas de sonido de alta frecuencia en ir desde la embarcación hasta el fondo y regresar (eco), pasando por simples estadales de madera o aluminio de 4 o 5 m. de longitud.

En lo que respecta al posicionamiento, éste se puede realizar, - para el caso de mediciones muy puntuales y en donde la precisión del posicionamiento no sea muy relevante, con un sextante visua-

lizando dos puntos conocidos en la costa de los cuales se conoce la distancia entre ellos, pudiendose obtener precisiones de los décimos de minuto los cuales significan algunos cientos de metros. Otro método es el de colocar dos tránsitos en dos puntos de posición conocida en tierra y con éstos posicionar a la embarcación midiendo los dos ángulos de la base del triángulo formado por los aparatos y la embarcación en el momento de realizar la medición de la profundidad, ésto es, la medición de la profundidad y de los ángulos debe de ser simultánea y sincronizada.

Este método tiene el inconveniente de que la densidad de puntos de medición que se obtiene no puede ser muy alta, ya que cuando mucho la embarcación se puede posicionar cada 30 segundos y ésto sólo si se cuenta con personal con mucha práctica para seguir a la embarcación, medir los ángulos rapidamente y apuntarlos. Otro inconveniente consiste en que, en cuerpos de agua muy amplios, éste método solo puede cubrir franjas de agua cuando más de 3 Kilómetros y ésto sólo en casos excepcionales de muy buena visibilidad y oleaje no muy severo. Y por último la trayectoria de la embarcación es difícil de conservarla recta lo cual provoca que algunos de los transectos o secciones que recorre el vehículo se traslapen y queden algunas zonas con una densidad mas alta de puntos y otras con poca información.
Adicionalmente éste método solo funciona durante el día y la ventaja es que se puede utilizar cualquier tipo de embarcación inclusive no cubierta, ya que el único equipo a bordo es la ecosonda, equipo que soporta bastante bien la brisa y no es muy costoso de 1 a 20,000U.S. Dlls., dependiendo de la marca y modelo, siendo la normal una del tipo Raytheon de 5,000 a 6,000 U.S. Dolares.

Una variación del método de los dos tránsitos, consiste en colocar uno solo de ellos en uno de los puntos y medir el ángulo entre la embarcación y la línea base en tierra y sobre el tránsito

un equipo capaz de medir la distancia entre el tránsito y la embarcación, ya sea por medio de estadía, en el caso de cuerpos de agua pequeños y sin oleaje, ondas de radio u ondas de luz.

En la actualidad se han desarrollado algunos muy modernos con alcances de hasta 5 kilómetros, los que son muy adecuados en zonas confinadas tales como canales de navegación o en trabajos que requieren una pronta movilización.

Una aplicación interesante de este tipo de equipos es en el posicionamiento exacto de bloques en una escollera, colocando prismas en la punta del brazo de la grua que los está colocando, permitiendo con ello, darle las instrucciones necesarias al operador para colocar el bloque en un determinado lugar.

El método, digamos más reciente, es aquel que consiste en colocar en lugar de los transitos antenas respondedoras de radar, las cuales son interrogadas a cada cierto interválo de tiempo por un equipo que va dentro de la embarcación; el mencionado equipo que va en el vehiculo en movimiento es capaz de reconocer a cada una de las antenas respondedoras colocadas en tierra y de calcular la distancia que existe entre el equipo maestro y las mismas, por lo que, conocida la posición de los puntos de colocación de dichas antenas en tierra y las distancias de éstos dos puntos a la embarcación, es posible resolver el triángulo y calcular la posición de la embarcación. El método es bastante preciso y pueden conseguirse equipos que graven las distancias en cinta magnética o discos flexibles o duros, junto con la información de la profundidad ya digitalizada o cualquier otro tipo de información susceptible de digitalizarse como puede ser la salida de un perfilador sismico del subfondo, de un perfilador lateral o de un termógrafo, etc.

Como inconvenientes del método estan los siguientes:

- Necesidad de contar con una poligonal de apoyo terrestre para la colocación de las antenas, la cual puede, en muchas ocaciones, resultar más costosa o del orden del levantamiento batimétrico-mismo.

- El equipo requiere de energía eléctrica tanto en la lancha como en tierra para su operación la cual es normalmente proporcionada por baterias o motogeneradores, piezas ambas que normalmente dan muchos dolores de cabeza, no obstante que con las nuevas tecnologias los consumos son cada vez menores, del orden de pocos amperes o incluso décimas de Amper. Para varios equipos la alimentación debe tener un voltaje de 24 Volts, lo que implica tener que usar dos baterías de automóvil pesadas y delicadas en su manejo.

- Como para la medición es necesario que exista línea de vista entre la embarcación y las dos antenas en tierra, es necesario, frecuentemente cambiar de posición las antenas o colocar varias y, en muchas ocaciones, el acceso a los puntos de colocación es difícil, ya que frecuentemente éste es sólo por mar y en puntos escarpados como sucede en muchas presas, recordando que adicionalmente a las antenas hay que llevar baterias y al menos una - gente para que las cuide, instale, desinstale u oriente.

- Si no se graba la información en algún medio magnético como el cassette o discos suaves o duros, es necesario en forma manual transferir la información a una computadora y calcular en base a las distancias las coordenadas de los puntos de medición, situación costosa y tardada y sujeta a errores.

- Hay algunos equipos a los cuales es posible alimentarles las coordenadas de las estaciones en tierra y en base a éstas, el - mismo calcula las coordenadas y las graba o imprime. En el últi-

mo caso, es decir, en el de optar por la impresión de los resultados, el paso de éstos al plano para la configuración es bastante tardado ya que es una gran cantidad de puntos, en general uno cada segundo. Por lo anterior lo más recomendable es gravar la información y utilizar algún paquete para computadora que pilotee los datos y que obtenga y dibuje las líneas de nivel o batimétricas, es decir que las configure.

- Este tipo de equipos por su alto costo no es recomendable montarlos en embarcaciones descubiertas ya que normalmente soportan una brisa severa, siendo mas adecuado emplear una embarcación -- cubierta y con espacio para colocar la antena maestra a 3 ó 4 m. de altura sobre el nivel del agua para tener una mejor covertura.

Los sistemas de posicionamiento por satélite que, desde su apa-- rición en los años sesentas, han venido mejorando mucho en sim-- plicidad y su costo ha venido descendiendo sensiblemente.

Los primeros equipos eran bastante pesados y requerían algunas - veces de horas para poder calcular la posición en las tres coordenadas de algún punto, actualmente existen algunos que pesan menos de 2 Kg. y obtienen posición hasta con interválos de un segundo, además de consumir poca energía.

Una de las grandes ventajas de éste sistema es que pueden conec-- tarse directamente con una microcomputadora portátil e ir almacenando la información en discos flexibles, además de que el posi-- cionamiento sirve también para guiar a la embarcación y obtener - una mejor covertura del área bajo levantamiento.

Como principal ventaja de dichos sistemas está el hecho de que no es necesario colocar antenas de referencia en tierra. Si se quiere una mejor presición, se coloca un equipo de posicionamiento en tierra en algún punto que domine toda el área y el otro viaja en la embarcación, existiendo comunicación entre equipos por ondas VHF o UHF. Lo anterior implica la utilización de menor cantidad de vehículos y de gente.

Los equipos de posicionamiento son sensores que reciben en la banda L1 [illegible] nales de código C/A, enviadas por los 17 satélites actuales del sistema global de posicionamiento NAVSTAR, número [illegible] satélites que en un futuro será incrementado a 24.

El sistema de posicionamiento global o GPS, por sus siglas en Inglés, es una red de posicionamiento y navegación de 10 Mil millones de dólares, desarrollado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica y fue originalmente concevido como un control de blancos para el sistema de armamento. Desde hace algunos años, su uso se ha extendido al ámbito civil en la navegación terrestre, aérea y marina.

El GPS por el momento, tiene libre acceso para cualquier usuario. Cuando el sistema esté totalmente concluído, contará con 21 satélites operacionales y tres de repuesto.

Cada uno de los mencionados satélites, orbita la tierra a 17,700 Kilómetros de altura dos veces al día, transmitiendo constantemente su posición en el espacio y en el tiempo usando relojes atómicos con una precisión de 1 segundo cada 300,000 años o de 1 a 10 billones.

Con la información que envian los satélites, un equipo receptor es capaz de computar su posición (la del receptor) en cualquier punto de la tierra en cualquier momento del día.

La precisión del posicionamiento del equipo receptor depende de varios factores, principalmente de la recepción de información de diferentes satélites y de la altura de los mismos sobre el horizonte (a mayor altura, mejor presición).

Los equipos receptores "leen" un mínimo de 3 satélites para posicionamiento en dos dimensiones y 4 para tridimensional. Basicamente todos los equipos comparan el tiempo en el cual la señal de un satélite se recibe, con el tiempo en que la señal fue transmitida, pudiéndose calcular con ésto la distancia entre el satélite y el receptor.

Para aumentar la presición se pueden usar dos equipos GPS intercomunicados, uno en tierra y el otro sobre la embarcación, llegándose a obtener precisiones hasta de 1 metro RMS.

Como desventajas del método, es el hecho de que no se sabe si en el futuro el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica seguirá permitiendo el acceso total al sistema o si codificará la señal para cobrar alguna cuota por su uso. En general los fabricantes de equipo arguyen que ya hay un número considerable de equipos civiles como para que se tome una medida -- demasiado drástica y se perjudique a todos esos usuarios, por el momento es mi opinión que dadas las grandes ventajas del sistema habría que correr el riesgo.

La mayor parte de los equipos de los tres últimos métodos descritos que llamaremos de Distancias, Distancia-Rumbo y GPS, se Pueden conectar directamente a una computadora y en conjunto con un equipo de medición que proporcione información digital directa-- mente a través de una interfase para poder alimentar también a - la computadora, como puede ser una ecosonda, un perfilador, un termográfo, etc., es posible con un programa para el manejo de la información ir obteniendo en tiempo real la trayectoria de la embarcación o perfiles, o datos para seguir caminos predefinidos o encontrar puntos, así como realizar postprocesos para obtener volúmenes o planos batimétricos o planos con isolineas de cual-- quier tipo o vistas tridimensionales.

— —

APLICACION DE LA GEOFISICA EN EL DRAGADO

Actualmente se han desarrollado avanzadas técnicas de exploración en el mar, encaminadas para conocer las características geológicas del subsuelo marino en áreas extensas de estudio; para tal objeto se aplican estudios geofísicos de alta resolución acústica - que aunados con la mecánica de suelos, proporcionan el comportamiento estratigráfico de las diferentes capas marinas.

Introducción

Debido al gran desarrollo que se ha tenido en la construcción de obras portuarias, se han suscitado diferentes disciplinas y técnicas que se aplican a los recientes proyectos de ingeniería civil en el mar, siendo una de estas disciplinas la aplicación de estudios geofísicos y geotécnicos que precisan analizar los rasgos geológicos someros del subsuelo marino.

La finalidad de estos estudios es obtener datos de la columna de agua, características geológicas del subsuelo marino, localización de eventos importantes que dificultan el dragado convencional (roca o arrecifes sepultados) y por último conocer la geología somera de toda el área de estudio.

Metodología

Campo

Son todas las actividades y equipos utilizados en el levantamiento geofísico, para determinar los resultados y el tipo de dragado conveniente.

Trabajos Previos

Se localizará el área de estudio mediante coordenadas, determinando el tipo de levantamiento adecuado, en función del detalle que se requiera. Después se situarán las estaciones de posicionamiento, una vez ubicados los vértices por coordenadas por medio de un levantamiento topográfico.

Planeación del Levantamiento

Se realiza de acuerdo a la figura I debiendo programarse por cada línea, puntos de evento o tiro a cada 25 ó 50 m., con el fin de localizar por coordenadas todo lo existente en el área de estudio.

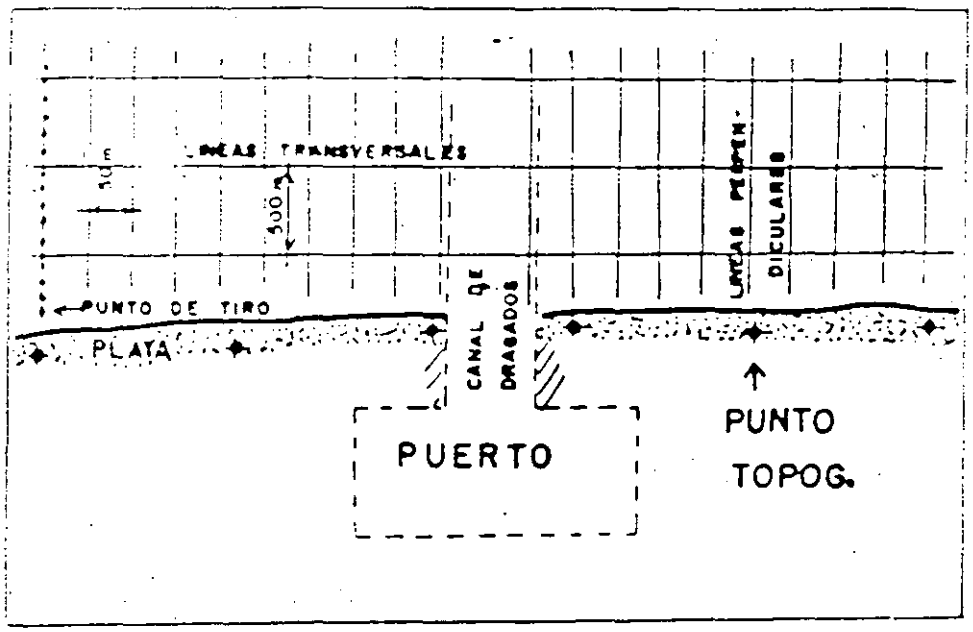


Fig. 1 Representación esquemática de la planeación de las líneas de recorrido para seleccionar el canal de dragado

Equipo

La exploración geofísica se realizará utilizando tres sistemas a - bordo de una embarcación, operando simultáneamente: posicionamiento, medidor de profundidad y perfilador somero de registro contí-- nuo. (Fig II).

Sistema de posicionamiento.- Mediante un dispositivo, se localizan los seguimientos precisos de las trayectorias de la embarcación, a partir de las estaciones fijas en tierra y la móvil en la embarcación, imprimiéndose las distancias de todos los puntos requeridos.

Sistema medidor de profundidad.- Este equipo registra las profundidades mediante ondas de sonido a través de un transductor dirigido verticalmente al fondo obteniéndose los registros correspondientes en el ecosonda.

Sistema perfilador somero.- Es para obtener los datos estratigráficos someros, por medio del "profiler", con el cual se penetran las capas de sedimentos hasta 60 m. mediante ondas acústicas, las que al regresar a la superficie, se amplifican y grafican para imprimir el perfil.

Apoyo a la Geotecnia Marina

Con el fin de correlacionar los horizontes geológicos obtenidos - con el perfilador, se realizan 2 ó 4 sondeos geotécnicos los cuales apoyarán el cálculo para realizar el proceso de identifica--- ción de los espesores. (Fig III).

[illegible] los [illegible]
[illegible] obtener los [illegible]
[illegible] permitan [illegible]
[illegible].

[illegible]

Con los registros de campo tomados de los equipos que [illegible] los tres sistemas, se procede a efectuar la interpretación, [illegible] cionando los datos en base a la información obtenida, par[illegible] dicar las fronteras de los estratos (figs. III y IV, [illegible] perfil estratigráfico de la zona de estudio.

[illegible]

[illegible] amiento indicado de los datos, se efectúan los [illegible] batimétricos y de isopacas de cada una de las [illegible] estratigráficas.

[illegible] área de estudio se elaboran 3 perfiles [illegible] de, con el fin de observar gráficamente el comportamiento [illegible] del manto, así como la cima correspondiente a cada unidad estratigráfica (fig. [illegible].

En el caso de la determinación del lugar más adecuado para [illegible] un canal, se procederá a realizar el cálculo del volumen a dragar, seccionando el área, con taludes calculados con la relación [illegible] cuada para estratos no consolidados y para estratos resistentes -- (fig. VII).

CONCLUSIONES

Dentro del campo de la geotecnia marina, es necesario emplear estudios geofísicos de alta resolución acústica, cuando se trata de abarcar áreas grandes de estudio, teniéndose como ejemplo, el estudio para dragar el canal de acceso a puertos. La geotecnia marina constituye un método de exploración aún cuando factible muy costoso y lento, proporcionando únicamente información puntual; en cambio la geofísica marina da información integrada y continua de las características geológicas del subsuelo marino. Es conveniente aclarar que el éxito de la geofísica aplicada a la geotecnia marina, se logra mediante la combinación de ambas exploraciones, permitiendo resolver los problemas involucrados en la obra.

La aplicación de la geofísica marina, aporta una valiosa ayuda en los diferentes proyectos de ingeniería civil, tales como : cuantificación de dragado, cimentación de pilas para puentes, aumento de profundidad en puertos, tendido de tuberías marinas y el caso más común para instalación de plataformas marinas.

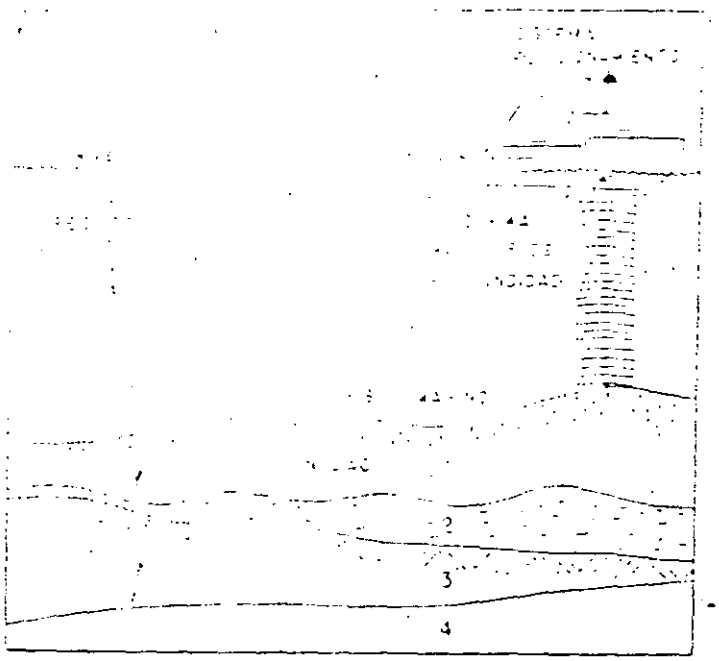


Fig. II Representación esquemática de los equipos posicionados en el agua

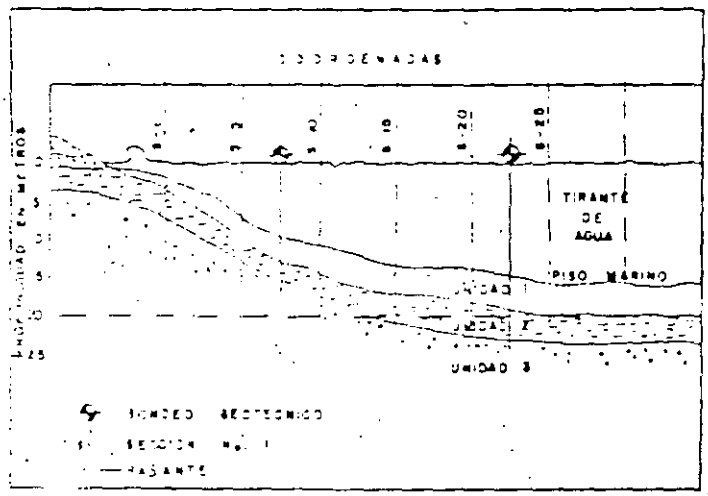


Fig. Perfil de representativo mostrando los [illegible] del bisquelo marino

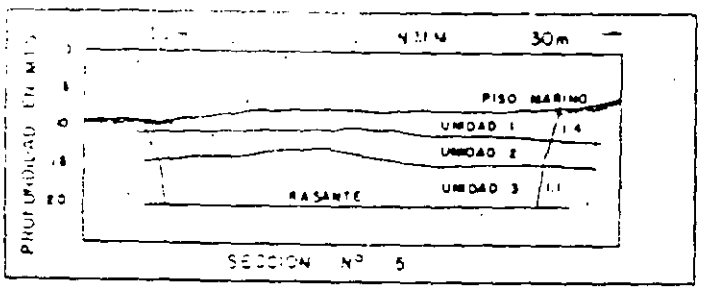


Fig. Sección tipo para el cálculo de volúmenes

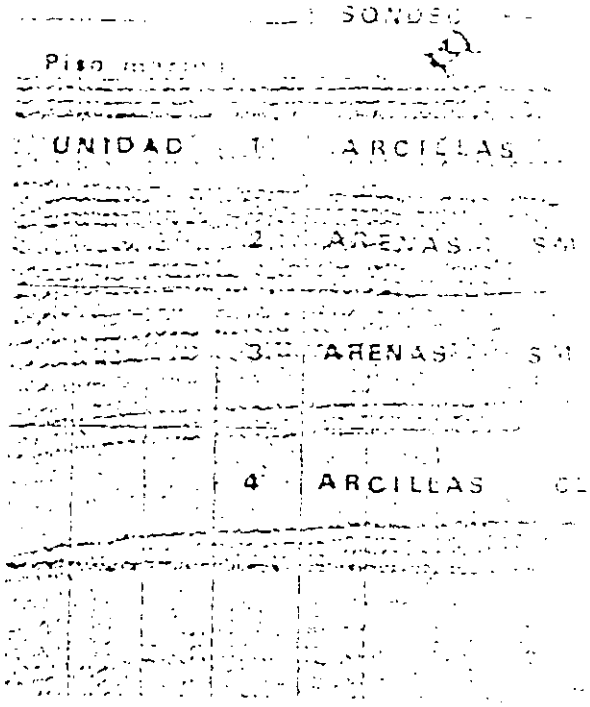


Fig. III Registro del [illegible] sentándose las diferentes [illegible] ficas

SONDEO E 5

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO	CLASIFICACION SUCS
CLASIFICACION Y DESCRIPCION	
UNIDAD Nº 1 ARCILLA LIMOSA CAFE AMARILLENTO MUY BLANDA	CL
UNIDAD Nº 2 ARENA FINA LIMOSA CAFE CLARO SEMI-COMPACTO	SM
UNIDAD Nº 3 ARENA LIMOSA CAFE CLARO, COMPACTO A MUY COMPACTO	SM
UNIDAD Nº 4 ARCILLA ARENOSA CAFE CLARO, MUY COMPACTO	CL

Fig. Perfil estratigráfico [illegible] ción de datos sísmicos

7.- AYUDAS EXTERIORES AL DRAGADO

Las ayudas o señalamientos que facilitan el dragado pueden estar situados en tierra o en agua, dependiendo de las condiciones físicas de cada trabajo.

Cuando se va a dragar un canal, es indispensable contar en tierra con un señalamiento adecuado (balizas) y en agua (boyas), que nos indique los veriles o límites de la plantilla de dragado, así como el eje del canal, lo cual se consigue también por medio de las imágenes en pantalla en la que la computadora procesa las coordenadas del canal o dársena, y la posición de la draga proporcionada por el radio-posicionador.

Los señalamientos en tierra, pueden ser a base de estructuras fácilmente detectables a simple vista, normalmente se utilizan estructuras metálicas con un tablero superior, en forma de rombo pintado en un color llamativo que contraste con el fondo. Una enfilación constará de dos señales una más baja en el frente y la más alta en la parte posterior, con una separación aproximada de 30 m. entre una y otra.

Existen algunos posicionadores electrónicos como es el tipo Mini-Ranger, para lo cual cuando menos en tres puntos de la triangulación, que tengan visibilidad hacia el área a dragar, se colocan antenas cada una con un transmisor de alta frecuencia con su correspondiente batería, los que emitirán una señal a un receptor que se encuentra a bordo de la lancha donde se va a efectuar la batimetría, el que además está conectado al transductor que emite la señal de la profundidad al ecosonda y registra automáticamente las coordenadas de la lancha, cada vez que el operador presiona el botón de registro. Asimismo los posicionadores, son también de gran utilidad, para posicionar la draga durante su operación.

Toda la información anterior, se procesa e imprime en un equipo de cómputo que nos graficará la planta del área sondeada, con la localización de las fijas y su profundidad.

Las señales en agua, son a base de boyas flotantes de fibra de vidrio o de tambores vacíos de 200 Lt. pintados en un color llamativo. La colocación de estas señales se hace a una determinada distancia fuera del límite de la plantilla, en función de las características del equipo que se utiliza, como es su manga y la posición de la rastra.

Para el dragado nocturno, las señales visuales deben contar con luces alimentadas por ejemplo; con baterías solares, las cuales deben ser intermitentes y de diferentes colores para fácil identificación.

Cuando no se cuenta con luces, deberán adaptarse a las señales tanto terrestres como flotantes, mechones alimentados con diesel, o farolas de gas butano.

Pueden existir algunas estructuras en tierra como pueden ser las escolleras, en las que es muy sencillo pintar los cadenamientos y poner señales luminosas nocturnas.

Adicionalmente las dragas autopropulsadas cuentan con radar, en el que se observan los límites de la costa y los obstáculos flotantes, permitiéndonos en forma aproximada situar la unidad en la zona a dragar.

8.- PARTES PRINCIPALES DE UNA DRAGA DE SUCCION CON CORTADOR

LA BOMBA DE DRAGADO

Generalidades.- La bomba de dragado diseñada especialmente para este propósito, es la pieza más importante de las dragas hidráulicas de succión y su construcción y funcionamiento son determinantes en su economía y efectividad.

La construcción de las bombas de dragado, es el resultado de continuos estudios y experimentos, no sólo de la aplicación de las leyes de la hidráulica; sino que experimentalmente se determinan las dimensiones más convenientes para permitir el paso de los solidos, evitar el desgaste excesivo y proporcionarle resistencia suficiente en todas sus partes.

Las partes principales de que se compone la bomba de dragado son:

a) El impelente o impulsor.

b) La envolvente o carcaza.

c) Tapas de desgaste de la bomba.

d) Eje impulsor.

Impelente.--Este se construye de una aleación de acero al manganeso que resiste en alto grado la abrasión.

Los impelentes de nuevo diseño tienen el cubo roscado, y en él se atornilla el eje a fin de evitar que la tuerca y cubierta de ésta, se proyecten dentro de la entrada de la corriente de la mezcla, -

creando turbulencias y remolinos que causarían restricción o resistencia en la sección de la bomba como sucede en las antiguas.

Las aspas del impelente, son las que efectúan la función fundamental de servir de guía a la mezcla dragada al pasar a través de la bomba. Teóricamente un mayor número de aspas, guía mejor al material succionado, pero aumenta grandemente las pérdidas por fricción y también se restringe el paso de los sólidos a través de la bomba, particularmente en el centro del impelente, donde convergen las aspas. Se han hecho pruebas de impulsores de tres, cuatro, cinco y seis aspas, habiendo obtenido mejores resultados con el de cinco.

Las aspas del impelente se extienden siempre hasta la periferia, pero no hacia el centro, pues estorban el paso de las piedras, basuras y otros sólidos.

La presión diferencial desarrollada por el impelente, causa una corriente que va de atrás de la descarga a la succión del mismo, a través del sello de la bomba. La cantidad de fuga que tiene lugar, depende de la sobrepresión diferencial y de las dimensiones y forma de la trayectoria.

En una bomba correctamente diseñada, la cantidad de derrame es del 1% al 2% del total de lo que ha sido bombeado. Debido a este derrame, el sello es una de las áreas de más rápido desgaste. El derrame permitido usualmente puede ser del 5% al 10%.

El espacio mínimo que debe existir entre el impelente y la envolvente es de 3 mm. aproximadamente. (1/8")

En el lado del eje de la bomba, lleva un casquillo para prevenir el derrame. El servicio de agua al sello, es proporcionado a una presión mayor que la carga creada por la bomba, a fin de asegurar

una corriente positiva. La función del sello de agua, es prevenir el desgaste del material del eje y empaque del collarín por la acción abrasiva de la arena.

Envolvente o carcaza.- La envolvente o carcaza,es la pieza más costosa de la bomba de dragado, no sólo por ser la más voluminosa y pesada, sino también debido a la cantidad de maquinado requerido.
Por tal motivo se diseña para hacerla resistente y duradera. Con ese fin el material empleado en su construcción,es usualmente una aleación de acero al manganeso que resiste el desgaste y de secciones gruesas para mayor solidez al impacto de piedras y otros materiales,que suelen pasar por la rastra o por la boquilla de succión. Se construye en dos mitades, la inferior va acondicionada para poderla afirmar a la base o polines. En la superior se dispone la descarga con su brida correspondiente para acoplar la tubería.

Las bombas modernas llevan por el interior de la carcaza, placas de desgaste intercambiables para aumentar la vida de la primera.

El diseño de la envolvente afecta grandemente la eficiencia de las bombas, pues en ella la energía de velocidad producida por el impelente,debe ser convertida eficientemente en energía de presión.

Las turbulencias, remolinos y pérdidas por choques son inevitables en estas piezas, pero siempre se procura reducirlas al mínimo.
La curvatura de la carcaza,es una espiral o voluta que provee al canal de un aumento gradual en sección transversal. La forma de ésta puede determinarse matemáticamente, pero se procede más fácilmente por métodos empíricos.

Tapas de la bomba.- Son dos, de fundición o de placas de acero especial, una corresponde a la succión y lleva al centro la brida o flangue de acoplamiento de la tubería, y la otra al lado del eje.
LLeva el prensa-estopas y sello de agua, para evitar el desgaste del eje por abrasión de la arena. Las tapas generalmente están divididas en sentido diametral, formando una pieza superior y una inferior para facilitar el desmontaje. (Figs. 23 a 25).

Eje.- El eje es de acero y por un extremo va roscado para acoplarlo al impelente, por el otro lado está la brida de acoplamiento al motor o máquina de impulsión. Lleva una chumacera de empuje para contrarrestar el empuje axial.

Las bombas de las dragas de autopropulsión con tolva son generalmente proyectadas en lo referente a la carga, para succionar una mezcla de agua y arena cuyo peso específico es de 1,700 a 2,000 Kgs./m^3. Los límites prácticos del contenido de sólidos para bombear esta mezcla, son del 8 al 15% del volumen de la succión. Un proyecto de bomba sobre esta base, es capaz de dragar con eficiencia otros materiales, como arcillas y limos.

Para diseños prácticos, la velocidad de la bomba de dragado debe ser de 150 a 300 r.p.m.; es aconsejable usar la velocidad más alta posible dentro de este rango, midiéndola con la carga que debe ser desarrollada.

Para obtener un rendimiento efectivo máximo en el dragado, la capacidad de la bomba debe elegirse para que la tolva se llene en el menor tiempo posible, y sin que una cantidad apreciable de sólidos se pierda por el derrame o rebosadero.

Si la bomba no fue diseñada con la capacidad adecuada, tardará -

mucho tiempo para llenar la tolva y si está excedida, causará turbulencia en la tolva y mayor velocidad en el derrame, lo que ocasionará que el porcentaje de material retenido sea bajo, aumentando consecuentemente el tiempo de dragado.

El rendimiento en el dragado en metros cúbicos por hora en la descarga, es función del diámetro de la tubería de descarga, la velocidad de la mezcla y el % de concentración de la misma.

La eficiencia en la bomba dragadora no es sinónimo de la eficiencia de la draga.

La eficiencia en la bomba dragadora, es el movimiento de una unidad de material por abajo del costo de la fuerza motriz, en cambio la eficiencia de la draga, es el movimiento de una unidad de material por abajo del costo total. El movimiento del material al mínimo costo en la planta de fuerza, no necesariamente representa una buena operación de la draga.

La eficiencia de la bomba es su eficiencia hidráulica, la que se ve afectada por pérdidas mecánicas.

Las pérdidas hidráulicas son ocasionadas por remolinos, turbulencia, choques y fricción de la mezcla. Estas se pueden reducir, pero no eliminar, teniendo grandes radios de curvatura en la bomba, evitándose un repentino cambio en la sección o un abrupto cambio de dirección.

Las pérdidas por fugas de agua, llamada pérdida en el gasto a la descarga, son causadas por tener una alta presión en zonas donde debe existir baja presión.

Estas pérdidas pueden llegar a ser fuertes, tanto en la succión como en la descarga, cuando no tienen buenas condiciones de funcionamiento las juntas de la línea.

Las pérdidas de carga mecánicas tienen lugar en conexiones, cajas de prensa-estopas y fricción en la tubería al desplazarse el fluído por ella.

Una longitud adicional equivalente a tubería recta, puede ser encontrada para los codos y partes del equipo.

Las pérdidas por fricción a través de las conexiones esféricas y en las rastras y boquillas de succión, se pueden calcular por la fórmula siguiente:

$$hf = C \frac{v^2}{2g}$$

hf = Pérdida de carga en pies
v = Velocidad en la tubería en pies por seg.
g = Aceleración debida a la gravedad en pies por seg^2
C = Coeficiente de fricción en la carga de succión.

El valor de C no ha sido determinado experimentalmente, pero los valores de 0.4 a 0.5 para las rastras y 0.075 a 0.10 para las conexiones esféricas son muy cercanos a la realidad. La magnitud de las pérdidas de fricción a través de estas partes, son pequeñas y los errores ocasionados por el uso de valores aproximados de C, son despreciables.

Variación de la velocidad de carga en la descarga.- Este es el cambio en la velocidad de la carga que ocurre en el sistema de descarga, si la tubería de succión es de mayor diámetro que la de descarga.

En las bombas modernas, el diámetro de la succión es usualmente mayor que el de descarga, lo que origina que la velocidad de carga se incremente ligeramente.

CORTADOR DE LA DRAGA

El cortador realiza la desintegración del suelo, removiendo los sólidos hidráulicamente por la bomba.

El desprendimiento del suelo es debido a fuerzas externas, las- que deben ser mayores a las fuerzas internas del suelo. Las fuerzas externas dependen de la geometría del movimiento y de la -- fuerza producida por el cortador.

Las fuerzas internas dependen de las características del suelo, el que al ser atacado por los dientes del cortador, genera un - esfuerzo a lo largo del plano principal de corte.

La potencia y la fuerza en un cortador están determinadas por :

La fuerza cortante a lo largo del plano de corte.

La fuerza de penetración.

La fuerza de fricción a lo largo de las cuchillas del cortador.

La fuerza de inercia al acelerarse el suelo.

En general en el borde del cortador, se presenta la combinación- de movimientos de rotación y traslación, teniéndose una variación del ángulo entre ambos movimientos, que depende de las características del suelo.

En arcillas, la influencia de la velocidad del cortador sobre - la fuerza cortante, no es muy grande, en cambio en arena, la influencia es significante.

La potencia del cortador depende de la fuerza y la velocidad del corte. Al aumentar la velocidad se incrementará la fuerza.

Durante el proceso de corte en el suelo, se presentan varios tipos de esfuerzos, como es el caso de las arcillas donde ocurrirán deformaciones plásticas.

El esfuerzo cortante que se presenta en un suelo, depende de la cohesión del mismo y el esfuerzo normal del ángulo de fricción interna.

El proceso del corte, es la combinación del movimiento de rotación del cortador sobre su eje y el desplazamiento horizontal (abanicar) debido a la operación de los winches.

El corte en un terreno normal es hacia abajo, sin embargo en un terreno muy duro (rocoso o una arena muy cementada), el corte debe ser hacia arriba, debido a que la componente vertical de la resistencia a la excavación, puede llegar a ser mayor que el peso de la escala, entonces el cortador rebotará.

El diámetro de un cortador por lo general debe ser de 3 a 3.5 veces el diámetro de la tubería de succión. La distancia en sentido axial del anillo del cortador a los dientes más alejados de la espiral, debe ser del orden de 0.7 a 0.8 del diámetro del cortador.

La forma de la cuchilla o dientes dependerá del tipo y dureza del material a dragar.

Para terrenos muy compactos, el cortador va provisto de dientes que pueden reemplazarse cuando se desgasten. La velocidad del cortador variará de 15 a 40 r.p.m., regulándose en función de la dureza del material.

Angulos de corte y espacio libre: Estos son los ángulos formados entre la cara superior de la cuchilla y la tangente al movimiento de corte, y entre la cara inferior de ésta y la tangente al movimiento citado.

El valor usual del primero oscila entre 20° y 45° de acuerdo con el tipo de suelo, empleándose los más agudos en los suelos suaves y los más abiertos en las arenas compactas y rocas suaves. El segundo generalmente oscila alrededor de 10° para minimizar las fuerzas de fricción entre el cortador y el suelo (fig.26 a 30)

Elección del tipo de cortador: El tipo de material, y su compacidad o consistencia, influyen en la elección del borde y curvatura más adecuados para las cuchillas, además de determinar el diámetro del cortador. En relación con esto, se sabe que el cortador de bordes planos, mostrado en la fig. 27, es el adecuado para suelos suaves o sueltos; el idóneo para rocas suaves, o para suelos muy duros o muy compactos, es el cortador de dientes. Los cortadores con bordes y vástagos en sierra son los indicados para reducir el embotamiento de las cuchillas cuando se corta arcilla firme.

Sección y curvatura de cuchillas: La plasticidad y la consistencia de la arcilla permite elegir la sección y curvatura más adecuada para evitar la formación de terrones o reducir su tamaño, así como reducir las fuerzas de fricción entre el cortador y el suelo.

Fuerzas de fricción y adherencia: Están ligadas con la adhesividad del suelo y el ángulo de fricción existente entre éste y el acero a través de la relación:

$$T = a + \theta \tan \delta$$

que proporciona el esfuerzo constante generado sobre las cuchillas. En ella:

a; adhesividad del suelo

θ; esfuerzo normal sobre la cuchilla

δ; ángulo de fricción entre la cuchilla y el suelo.

TABLA 9

RENDIMIENTO EN EL DRAGADO EN FUNCION DE LA VELOCIDAD DE LA DESCARGA Y EL DIAMETRO DE LA TUBERIA

VELOCIDAD DESCARGA m./seg.	FLUIDO EN LA DESCARGA EN m3. / hr. (DIAMETRO EN PULGADAS)										
	6	8	10	12	14	16	18	20	24	27	30
3.0	210	370	580	830	1 010	1 340	1 700	2 120	3 070	3 910	4 800
3.3	220	400	640	920	1 120	1 470	1 870	2 320	3 380	4 300	5 280
3.7	240	440	700	1 000	1 220	1 610	2 040	2 540	3 690	4 690	5 760
4.0	270	470	760	1 090	1 310	1 740	2 220	2 750	3 990	5 080	6 240
4.3	290	510	820	1 170	1 420	1 870	2 390	2 960	4 300	5 470	6 720
4.6	300	550	880	1 250	1 520	2 000	2 550	3 170	4 600	5 860	7 200
4.9	330	590	930	1 340	1 620	2 140	2 720	3 380	4 920	6 260	7 680
5.2	350	630	990	1 420	1 720	2 270	2 900	3 590	5 220	6 640	8 160
5.5	370	660	1 050	1 500	1 830	2 400	3 070	3 810	5 530	7 030	8 640
5.8	390	700	1 110	1 580	1 930	2 540	3 230	4 020	5 840	7 420	9 120
6.1	410	730	1 170	1 670	2 030	2 670	3 400	4 230	6 140	7 810	9 600
6.4	430	770	1 220	1 750	2 130	2 810	3 580	4 440	6 450	8 200	10 080
6.7	450	810	1 280	1 840	2 230	2 940	3 750	4 650	6 760	8 600	10 560
7.0	470	840	1 350	1 920	2 330	3 070	3 920	4 860	7 070	8 990	11 040
7.3	490	880	1 400	2 000	2 430	3 200	4 090	5 080	7 370	9 380	11 520
7.6	510	920	1 460	2 090	2 530	3 340	4 260	5 290	7 680	9 770	12 000

NOTAS : Para obtener los m3./hr. de material sólido multiplique los valores de la tabla por el % de concentración.

En tubería de 6 a 12 pulgadas de diámetro, el espesor de la pared es el nominal de mercado y para diámetros de 14 a 30 pulgadas, el espesor de la pared del tubo es de ¼ de pulgada, como mínimo.

En términos generales y con base en la experiencia se han logrado obtener los siguientes valores (por cada abanicada):

H_B = Altura del corte que puede hacer el cortador

En arena suelta o semicompacta 3 diámetros del cortador.

En arcilla compacta 1.5 diámetros del cortador

En material tepetatoso 1 diámetro del cortador

La relación entre la velocidad de abaniqueo y la velocidad del cortador, ambas en m./seg., para diferentes materiales son las siguientes:

Vh/Vc = 0.02 a 0.08 materiales duros como coral, tepetate.

Vh/Vc = 0.08 a 0.15 materiales normales como arena, arcilla.

Vh/Vc = 0.15 a 0.25 materiales como arcilla blanda, arena suelta.

Zancos.- Los zancos son piezas cilíndricas de acero reforzado, y de longitud suficiente para que el extremo inferior cónico o puyón, pueda penetrar en el fondo.

Los zancos se situan a popa de la draga y trabajan verticalmente enunas guías dispuestas al efecto.

Se emplean dos zancos, uno para avanzar la draga en el corte o paso, y el otro como punto de giro para abanicar la draga al efectuar el corte, denominándosele zanco de trabajo. La posición de éste, es siempre del lado en que va situado el codo giratorio o cuello de ganso, con objeto de que al bornear éste, tenga poca amplitud de movimiento.

Traveses.- Los cables de acero de los traveses, laboran en poleas colocadas a ambos lados de la escala de dragado, próxima al extremo inferior de la misma, y se emplean para bornear o abanicar la draga al efectuar el corte.

Cada cable se afirma por un extremo al anclote y por el otro al tambor correspondiente de la central de winches, que se opera desde la cabina de control.

Las anclas en las dragas estacionarias tienen una función primordial, ya que deberán estar sujetas firmemente al fondo para garantizar el borneo de la draga, a través de los cables de acero y winches correspondientes.

Para una mayor efectividad, es conveniente que el ángulo que forma el cable con la horizontal, no sea mayor de 20°

Los tipos más comunes de anclas son: Danforth, Pool, Delta, Stevin y Flipper Delta.

El ancla tipo Flipper Delta, puede resistir un tirón sin moverse del orden de 10 veces el peso del ancla. Es sin duda, la más eficiente de todas (Figs. 31 y 32).

EMPLEO DE CABLES DE ACERO EN EL DRAGADO

Generalidades.- El cable de acero es un poderoso auxiliar en el dragado, cuyo uso a bordo en los aparejos de la escala, tubos laterales de succión en maniobras de los zancos, traveses, tirantes de la cabria, vientos de las chimeneas, etc., es tan extenso, que sin él, el dragado no podría realizarse.

Recomendaciones.- Los cables están construidos por numerosos alambres de acero con características especiales y torcidos en cierta forma, para obtener en conjunto, la mayor resistencia, flexibilidad y, como consecuencia, seguridad en el servicio.

Mientras más numerosos sean los alambres que componen un cable de diámetro determinado, se aumentará su flexibilidad y conforme vaya disminuyendo el número, irá siendo más rígido, pero a la vez se incrementará la resistencia a la tensión, soportando mayores cargas, y menor será el desgaste por fricción (abrasión) Es decir, la flexibilidad está en relación inversa al diámetro de los alambres individuales que lo componen, a mayor diámetro de éstos, el cable tendrá menor flexibilidad.

Los cables se construyen de varias trenzas llamadas torones, que van torcidos alrededor de un núcleo o alma de fibra, que los mantiene en su sitio y evita la fricción entre ellos. El alma de fibra puede ser de manila, sisal o henequén, impregnada de un lubricante adecuado. En casos especiales puede ser de algodón, plástico, fibras artificiales o acero.

El alma de fibra, es conveniente cuando el cable va a estar sometido a aplastamientos intensos. La fibra no debe contener humedad y no ser de naturaleza ácida.

El alma de plástico se debe elegir, cuando se necesite que reúna condiciones de impermeabilidad y resistencia a los ácidos y al calor.

Los cables con alma de acero, se recomiendan para trabajos en que van a estar sujetos a aplastamientos severos, evitando que se deformen, ya que una vez aplastados se deteriorarían rápidamente al pasar por las poleas. También se emplea este tipo de cable, en aquellos lugares expuestos a muy elevadas temperaturas. (figs. 33 y 34).

TUBERIAS

La tubería metálica se fabrica en tramos con una longitud de 12 m. generalmente, y un espesor que puede variar de 8 a 15 mm. con el fin de que pueda resistir el momento flexionante que se presentará en el claro libre, al estar apoyada en dos pontones o flotadores.

La tubería flexible es a base de tramos metálicos rígidos de 12 m. de longitud, pero sus conexiones son a base de juntas esféricas o de manguitos de hule. Este tipo de tubería generalmente se usa como flotante sobre pontones.

Para la tubería en tierra se usan generalmente juntas bridadas, unidas con tornillo y tuerca con empaques de hule. En tierra la tubería se apoya sobre caballetes de madera.

Existen también tuberías de diversos materiales ahulados, con longitudes que pueden variar de 3 a 6 m. siendo algunos tipos rígidos y otros semiflexibles que pueden llegar a formar un arco de 30°. Esta tubería va unida por medio de juntas esféricas especiales, que deben ser resistentes al desgaste.

Existe también tubería de polietileno de alta densidad, la que debe usarse en materiales finos como arcillas o limos, ya que la abrasión de un material grueso como arenas o gravas, la desgastaría rápidamente (Figs. 35 y 36.)

La tubería metálica en la descarga de la draga estará sujeta a una cierta presión, por lo que es necesario que tenga un determinado espesor que podrá calcularse de la siguiente manera:

$$d\ min. = \frac{p \times D}{2E_T}$$

d = Espesor mínimo de la pared de la tubería.
D = Diámetro interior de la tubería.
p = Presión a la descarga de la línea.
E_T = Esfuerzo de tensión del acero.

Los pontones son elementos metálicos o de fibra de vidrio, que sirven para apoyar la tubería flotante, pudiendo ser de diferente forma, según el trabajo a realizar. Es de primordial importancia su diseño para su estabilidad y absorber fuerzas de oleaje y viento de tal manera que no se giren, ya que destruirían la tubería sujeta en su parte superior.

La tubería sumergida se usa en el paso de canales o ríos, que tienen un intenso tráfico de embarcaciones.

Esta será tubería de acero con uniones soldadas para darle hermeticidad, forrado con mortero lanzado, el que se adhiere al tubo con una malla de gallinero.

9.- INSTRUMENTACION DE AYUDA A BORDO.

Vamos a ver una breve descripción del tablero de mando de una draga, con los principales indicadores y palancas que se tienen para facilitar operaciones.

Palancas de winches y zancos.- Las posiciones centrales de las palancas son las posiciones neutrales. Cuando las palancas de los zancos son colocadas en la posición "caer", estos caen libre y rápidamente.

Borneo.- Una vez que el cortador está bajado hasta el fondo, se debe bornear la draga hacia babor mediante el cable del winche correspondiente, aflojándose un tanto, mediante el freno, el cable del winche de estribor.

Nunca debe iniciarse el borneo mientras los DOS zancos estén bajados en el fondo.

Motores diesel.- El tacómetro indica el número de revoluciones por minuto; generalmente la velocidad será más o menos constante durante el trabajo, para lograr la máxima eficiencia.

Vacuómetro de la bomba de dragado.- Se debe tratar de alcanzar y mantener al máximo vacío, para la distancia de descarga empleada. La velocidad de la mezcla y por tanto el vacío de la bomba, para longitudes mayores de descarga, serán inferiores a las correspondientes a una tubería más corta, en situaciones normales.

El manómetro indica la presión existente en el tubo de descarga. El manómetro de la bomba de prensa-estopas y de la bomba de la tapa de aspiración, indica la presión del agua suministrada a la prensa-estopas de la bomba de dragado. La presión debe ser del 65 al 80% a la presión de la bomba de dragado.

Accionamiento del cortador.- El manómetro indica la presión del aceite hidráulico y, por ello; la carga del cortador.

Manómetro de la bomba de dragado.- Indica la presión en la tubería de descarga. Al comienzo del dragado la presión se eleva generalmente, según el porcentaje de material que contiene la mezcla transportada. Es díficil mencionar un valor máximo admisible, porque difieren las posibilidades de un lugar a otro, y varían para las diferentes distancias de depósitos. La experiencia enseñará al dragador, cómo conseguir el resultado óptimo.

Existen otras ayudas para el dragador, como es el giro compás que nos dará los grados de borneo, los manómetros de presión para los winches de los traveses para abanicar o bornear, mandos electrónicos de botón para activar o desactivar el embrague de la bomba dragadora, indicador de la profundidad de la rastra o succión, ya sea por medio de una regla o escala vertical o por medio de un sistema electrónico con representación gráfica en una pantalla, la cual permite efectuar correcciones por marea, indicador en pantalla e impresora del registro del desplazamiento de la draga contra el tiempo, mediante una línea contínua que nos indicará cuando la tolva ya no retiene más carga, así como la duración del ciclo. (Figs. 37 a 42).

10.- OPERACION DEL DRAGADO

Al observar los resultados de cálculo, entre el material en tolva y el medido en sitio a base de levantamientos batimétricos, en teoría deberían ser iguales, pero en la práctica acusan una gran diferencia, aún en lugares donde no existen azolves.

Por lo anterior es necesario afinar al máximo, capacitando al personal que realiza la medición en tolva, para que esta sea lo más apegada a la realidad.

Método para medir la carga en la tolva.- La cantidad de sólidos que se asientan en la tolva, se puede medir sondeando después de parar el bombeo. Para este propósito se emplea un disco en forma de cazuela sujeto a una sondaleza. El disco generalmente usado es de 15 cm. con un peso de 510 gramos aproximadamente, y se supone que podrá reposar en el nivel superior de los sólidos asentados.

De 6 a 8 sondeos deberán ser efectuados en cada tolva, obteniendo un promedio de lecturas y en consecuencia el volumen de sólidos asentados, valor que se obtendrá al entrar con la lectura promedio en la gráfica de la tolva, que el fabricante elabora para cada unidad.

Simultáneamente con las sondas de la mezcla, se toman muestras arriba del plano de los sólidos asentados. Para este propósito se ha diseñado un aparato muy sencillo, que consiste en un recipiente cilíndrico que va asegurado a una regla graduada. Se baja hasta tocar el material asentado, y mediante la varilla que va unida a la tapa, se quita ésta, llenándose el recipiente con el material obtenido a esa profundidad, y tapándolo de nuevo para que no sufra alteración alguna.

Todas las muestras así tomadas, se mezclan para obtener el promedio, lo cual nos dará porcentaje de sólidos en suspensión contenidos en la carga.

La cantidad de sólidos en suspensión en cada carga, es calculada multiplicando el volumen total de la tolva, menos la porción asentada, por el promedio del porcentaje de material en suspensión.

El total de metros cúbicos de material en cada carga, es la suma de los sólidos asentados más los que se encuentran en suspensión.

En las dragas autopropulsadas más modernas, existen algunos otros métodos para cuantificar el volumen de material depositado en la tolva, como es el indicador electrónico del peso en toneladas que registra la tolva, para lo cual primeramente al terminar ade dragar, se espera a que se asiente la mayor parte del material en la tolva mientras navega a la descarga, para posteriormente expulsar por medio de bombeo el agua que se encuentra en la parte superior del material. Con el peso que registre en ese momento y el conocimiento previo de la densidad del material que se está dragando, podremos conocer el volumen depositado en a tolva. Como complemento a lo anterior, también se registran los calados en proa, medio y popa.

Existe otro indicador que nos registra en pantalla e imprime posteriormente una gráfica de desplazamiento de la unidad en miles de toneladas, contra el tiempo; la cual es una línea contínua que nos permitirá ver el inicio del llenado y el tiempo que tarda, y cuando la gráfica prácticamente se vuelve horizontal es que la tolva ya no recibe carga, o sea el material que está entrando es el mismo que sale por los vertederos laterales, lo que indica la necesidad de suspender el bombeo e ir a tirar el material, siendo esta la carga económica de la tolva.(fig. 43).

Para fines de programación y control de las obras de dragado es determinante conocer los parámetros y operación de las dragas - que cumplen con su respectiva función.

Por lo que a continuación se reflejan los resultados obtenidos del muestreo en tolva y ciclo de operación de una draga autopropulsada con capacidad de tolva de 1100/ 1500 m3. Estos se derivan de la compilación de una serie de datos de campo que bajo un sistema establecido, son ordenados y analizados en gabinete.

El sistema aplicado al muestreo en tolva, son pruebas primarias de laboratorio y los datos del ciclo de operación, cálculos --- analíticos de producción.

Esto permite conocer el peso específico del material extraído, depositado en tolva, y el comportamiento de la carga de sólidos durante su ciclo de operación. Este último es obtenido por incremento de calados, (midiendo con una regla graduada a partir de la cubierta al espejo del agua), ya que esta draga no cuenta con aparatos de medición directa.

Al término del tiempo efectivo de dragado se efectúa el aforo - directo en tolva, con el objeto de medir el volumen de sólidos decantados y compararlo con el volumen analítico.

DESCRIPCION DEL MUESTREO EN TOLVA Y MEDICION DE CALADOS

Para iniciar las pruebas de laboratorio, es necesario contar - con las muestras.

Estas se obtienen directamente de la tolva de la draga. La toma de muestra se efectúa mediante recipiente metálico de 20 litros de capacidad, sujeto a una cuerda de polipropileno que resista el tirante de tensión, posteriormente se vierte la cantidad - requerida en recipientes de un litro, la realización del muestreo se hace de una forma contínua hasta suspender el dragado.

Las muestras tomadas deben ser: agua de la zona de dragado, -- mezcla o suspensión arriba de los sólidos decantados en tolva y material decantado, extraído en la zona de operación.

Las pruebas de laboratorio aplicadas al muestreo son:

a) Peso específico del material saturado
b) Peso específico del agua de la zona del dragado
c) Porcentaje de sólidos en suspensión arriba del plano decantado.

Simultáneamente al muestreo se realiza la medición de calados, por ambas bandas de la draga.

El incremento de calados se obtiene por sustracción de las lecturas anteriores al puntal de la draga.

ANALISIS DE LABORATORIO DEL MUESTREO EFECTUADO A BORDO DE LA DRAGA OPERANDO EN LA DARSENA DE CIABOGA DE TUXPAN, VER.

PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL SATURADO $\left(\gamma s = \frac{Wvs - Wv}{Vs}\right)$

γs = peso específico del material
Wvs = peso del vaso lleno de material
Wv = peso del vaso vacío
Vs = volumen que ocupa el material

PESOS DE LOS RECIPIENTES VACIOS

W1 =	145. 7 gr.	V1 =	300 cm3
W2 =	142.55 gr.	V2 =	300 cm3
W3 =	150.85 gr.	V3 =	300 cm3

$s1 = \frac{586.1 - 145.7 \text{ grs.}}{300 \text{ cm3}} = 1.47 \text{ gr/cm3} = 1.47 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$s2 = \frac{601.7 - 142.55 \text{ gr}}{300 \text{ cm3}} = 1.53 \text{ gr/cm3} = 1.53 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$s3 = \frac{605.3 - 150.85 \text{ gr.}}{300 \text{ cm3}} = 1.51 \text{ gr/cm3} = 1.51 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$s4 = \frac{561.3 - 145.7 \text{ gr.}}{275 \text{ cm3}} = 1.51 \text{ gr/cm3} = 1.51 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$s5 = \frac{607.00 - 150.85}{300 \text{ cm3}} = 1.52 \text{ gr/cm3} = 1.52 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$s6 = \frac{603.4 - 142.55 \text{ gr.}}{255 \text{ cm3}} = 1.81 \text{ gr/cm3} = 1.81 \text{ ton./m3}$ (Arena)

$s7 = \frac{531.6 - 145.7 \text{ gr.}}{275 \text{ cm3}} = 1.79 \text{ gr/cm3} = 1.79 \text{ ton./m3}$ (Arena)

$s8 = \frac{368.3 - 142.55 \text{ gr.}}{125 \text{ cm3}} = 1.81 \text{ gr/cm3} = 1.81 \text{ ton./m3}$ (Arena)

$s9 = \frac{582.5 - 150.85 \text{ gr.}}{250 \text{ cm3}} = 1.73 \text{ gr/cm3} = 1.73 \text{ ton./m3}$ (Lodo y conch.)

$s10 = \frac{577.45 - 145.7 \text{ gr.}}{250 \text{ cm3}} = 1.73 \text{ gr/cm3} = 1.73 \text{ ton./m3}$ (Lodo y conch.)

$s11 = \frac{578.75 - 142.55 \text{ gr.}}{250 \text{ cm3}} = 1.74 \text{ gr/cm3} = 1.74 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$s12 = \frac{594.2 - 150.85 \text{ gr.}}{275 \text{ cm3}} = 1.61 \text{ gr/cm3} = 1.61 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$s13 = \frac{577.25 - 145.7 \text{ gr.}}{275 \text{ cm3}} = 1.57 \text{ gr/cm3} = 1.57 \text{ ton./m3}$ (Lodo)

$sa = \frac{1}{3}(1.81 + 1.79 + 1.81) = 1.80$ ton./m3 (Promedio en arena)

$sl = \frac{1}{10}(1.47 + 1.53 + 1.51 + 1.51 + 1.52 + 1.73 + 1.73 + 1.74 + 1.61 + 1.57) = 1.59$ ton./m3 (promedio en lodo)

$sm = \frac{1}{2}(1.8 + 1.59) = 1.70$ ton/m3 (Promedio de la mezcla)

PORCENTAJE DE SOLIDOS EN SUSPENSION ($\% ss = \frac{Wm - Ww}{Ws - Ww} \times 100\%$)

Wm = Peso de la mezcla arriba del material decantado en tolva
Ww = Peso del agua de la zona de dragado
Ws = Peso del material dragado en promedio

NOTA: Incluye el peso del vaso en las siguientes operaciones

$\% ss1 = \frac{454.6 - 436.3}{655.55 - 436.3} \times 100\% = \frac{18.3}{219.25} \times 100\% = 8.34\ \%$

$\% ss2 = \frac{466.8 - 442.25}{658.7 - 442.25} \times 100\% = \frac{24.55}{216.45} \times 100\% = 11.34\ \%$

$\% ss3 = \frac{464.6 - 443.5}{663.85 - 443.5} \times 100\% = \frac{21.1}{220.35} \times 100\% = 9.57\ \%$

$\% ss4 = \frac{455.9 - 442.25}{658.7 - 442.25} \times 100\% = \frac{13.65}{216.45} \times 100\% = 6.30\ \%$

$\% ss5 = \frac{459 - 436.3}{655.55 - 436.3} \times 100\% = \frac{22.7}{219.25} \times 100\% = 10.35\ \%$

$\%ss = \frac{1}{5}(8.34 + 11.34 + 9.57 + 6.30 + 10.35) = 9.18\ \%$ (Promedio)

PESO ESPECIFICO DEL AGUA DE LA ZONA DE DRAGADO ($\gamma w = \frac{Wvw - Wv}{Vw}$)

γw = Peso específico del agua

Ww = Peso del vaso lleno de agua

Wv = Peso del vaso vacío

Vw = Volumen que ocupa el agua

$w1 = \frac{436.3 - 142.55 \text{ gr.}}{300 \text{ cm3}} = 0.98 \text{ gr/cm3} = 0.98 \text{ ton./m3}$

$w2 = \frac{442.25 - 145.70 \text{ gr.}}{300 \text{ cm3}} = 0.99 \text{gr/cm3} = 0.99 \text{ ton./m3}$

$w3 = \frac{443.5 - 150.85 \text{ gr.}}{300 \text{ cm3}} = 0.98 \text{ gr/cm3} = 0.98 \text{ ton./m3}$

$\gamma w = \frac{1}{3}(w1+w2+w3) = \frac{1}{3}(0.98+0.99+0.98) = 0.98 \text{ ton./m3}$

OBTENCION DE LA TOLVA ECONOMICA

Para llevar a cabo la medición de los parámetros de producción a través del sistema de franco bordo en las dragas autopropulsadas que no cuentan con sistema de medición electrónico, se procede de la siguiente manera:

1.- Se llena la tolva con agua y se mide ambos franco bordo obteniendo así una altura promedio, por ejemplo: 1.58 mts. - que sustraídos a los 5.8 m. que es el puntal de la draga, - dará como resultado 4.22 mts., lo cual sirve para entrar en la tabla No. 10, donde obtenemos el peso de la draga llena de agua Wdw = 3507 ton.

2.- Una vez obtenido el peso anterior se tira el agua de la tolva hasta quedar con agua residual.

3.- Al concluir el proceso del punto 2 se cierran las compuertas y se inicia el llenado de la tolva con mezcla.

4.- Al iniciarse el llenado de la tolva habrá personal tomando - sus lecturas en ambas bandas, así como el muestreo en la tolva para obtener todos los datos necesarios que nos permitan determinar el comportamiento de la carga de sólidos en tolva.

5.- Obtenido el peso con agua de 3 507 ton., al suspender las - operaciones se toma la última lectura de franco bordo, obteniendo un promedio de 1.11 mts. que restado al puntal - - pd= 5.80 m. nos da un calado de 4.69 mts., con esto entramos en la tabla número 10 y nos da 3 947 ton. de peso.

6.- Finalmente realizando una operación simple, aplicando el principio de Arquímides, llegamos a la siguiente conclusión

$$Vs = \frac{Wdm - Wdw}{s - w}$$

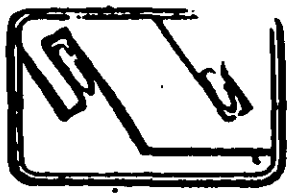
EJEMPLO:

$$Vs = \frac{3\ 947 - 3\ 507}{1.70 - 0.98} = 611\ m3$$

Tomando como base los resultados de laboratorio y las mediciones en campo, se elaboran las tablas que se muestran a continuación, donde se obtiene el volumen de sólidos en tolva, para diferentes tiempos, hasta determinar la carga óptima, así como la gráfica correspondiente.

SIMBOLOGIA

Vs = Volumen de sólidos en tolva
Wdm = Peso de la draga con mezcla
Wdw = Peso de la draga llena de agua
γs = Peso específico de sólido
γw = Peso específico del agua
pd = Puntal de la draga



S.C.T. - PUERTOS MEXICANOS.
DELEGACION TAMPICO - ALTAMIRA.
SUPERINTENDENCIA REGIONAL DE DRAGADO.
DEPARTAMENTO TECNICO.
OFICINA DE ESTUDIOS Y COSTOS.

TABULADOR DE LA CARGA DE SOLIDOS EN TOLVA POR INCREMENTO DE CALADO DE LA DRAGA "PUEBLA", EL DIA 7 DE AGOSTO DE 1992, EN LA DARSENA DE CIABOGA, TUXPAN, VER., (B=-5+600/-B=-4+500).

γ_s = 1.70 TON./m3. **Pd** = 5.80 γ_w = 0.98 TON./m3. **Wdw** = 3,507 TONELADAS.

TIEMPO (MINUTOS)	FRANCO BORDO ESTRIBOR Fe. (m.)	FRANCO BORDO BABOR Fb (m.)	FRANCO BORDO MEDIO Fm = ½ (Fe + Fb)	CALADO Pd - Fm	Wdm	Wdm - Wdw	$V_s = \frac{Wdm - Wdw}{\gamma_s - \gamma_w}$
0	2.40	2.55	2.47	3.33	2692	- 815	
1	2.30	2.00	2.15	3.65	2980	- 527	
2	2.09	1.65	1.87	3.93	3241	- 266	
3	1.95	1.65	1.80	4.00	3305	- 202	
4	1.80	1.65	1.72	4.08	3377	- 130	
5	1.61	1.65	1.63	4.17	3459	- 48	
6	1.37	1.60	1.48	4.32	3598	91	126
7	1.30	1.59	1.44	4.36	3634	127	176
8	1.28	1.55	1.41	4.39	3663	156	216
9	1.30	1.55	1.41	4.39	3663	156	216
10	1.30	1.50	1.40	4.40	3673	166	230
11	1.28	1.50	1.39	4.41	3682	175	243
12	1.28	1.47	1.37	4.43	3701	194	269
13	1.28	1.47	1.37	4.43	3701	194	269
14	1.26	1.45	1.35	4.45	3720	213	295
15	1.26	1.45	1.35	4.45	3720	213	295
16	1.27	1.45	1.36	4.44	3710	203	281
17	1.28	1.45	1.36	4.44	3710	203	281
18	1.25	1.42	1.33	4.47	3778	231	320
19	1.25	1.42	1.33	4.47	3738	231	320
20	1.25	1.40	1.30	4.50	3765	258	358
21	1.25	1.40	1.30	4.50	3765	258	358
22	1.25	1.40	1.30	4.50	3765	258	358
23	1.25	1.39	1.32	4.48	3747	240	333
24	1.25	1.39		4.48	3747	240	33

CONTINUA HOJA DOS...

TIEMPO (MINUTOS)	FRANCO BORDO ESTRIBOR Fe. (m.)	FRANCO BORDO BABOR Fb (m.)	FRANCO BORDO MEDIO Fm = ½ (Fe + Fb)	CALADO Pd - Fm	Wdm	Wdm - Wdw	Vs = Wdm - Wdw / γs - γw
25	1.24	1.39	1.31	4.49	3756	249	345
26	1.25	1.37	1.31	4.49	3756	249	345
27	1.26	1.37	1.31	4.49	3756	249	345
28	1.26	1.37	1.31	4.49	3756	249	345
29	1.25	1.35	1.30	4.50	3765	258	358
30	1.24	1.35	1.29	4.51	3774	267	370
31	1.25	1.35	1.30	4.50	3765	258	358
32	1.25	1.35	1.30	4.50	3765	258	358
33	1.25	1.32	1.28	4.52	3783	276	383
34	1.25	1.32	1.28	4.52	3783	276	383
35	1.25	1.32	1.28	4.52	3783	276	383
36	1.26	1.30	1.28	4.52	3783	276	383
37	1.25	1.30	1.27	4.53	3793	286	397
38	1.25	1.30	1.27	4.53	3793	286	397
39	1.30	1.30	1.30	4.50	3765	258	358
40	1.26	1.30	1.28	4.52	3783	276	383
41	1.22	1.30	1.26	4.54	3802	295	409
42	1.22	1.30	1.26	4.54	3802	295	409
43	1.23	1.29	1.26	4.54	3802	295	409
44	1.23	1.29	1.26	4.54	3802	295	409
45	1.23	1.29	1.26	4.54	3802	295	409
46	1.23	1.29	1.26	4.54	3802	295	409
47	1.24	1.27	1.25	4.55	3812	305	423
48	1.23	1.27	1.25	4.55	3812	305	423
49	1.20	1.27	1.23	4.57	3831	324	450
50	1.20	1.27	1.23	4.57	3831	324	450
51	1.20	1.27	1.23	4.57	3831	324	450
52	1.20	1.27	1.23	4.57	3831	324	450
53	1.20	1.25	1.22	4.58	3840	333	462
54	1.20	1.25	1.22	4.58	3840	333	462
55	1.19	1.20	1.19	4.61	3869	362	502
56	1.17	1.20	1.18	4.62	3879	372	516
64	1.20	1.29	1.24	4.56	3821	314	436

CONTINUA HOJA TRES...

TIEMPO (MINUTOS)	FRANCO BORDO ESTRIBOR Fe. (m.)	FRANCO BORDO BABOR Fb (m.)	FRANCO BORDO MEDIO Fm = ½ (Fe + Fb)	CALADO Pd - Fm	Wdm	Wdm - Wdw	Vs = Wdm - Wdw / δs - δw
65	1.15	1.20	1.17	4.63	3888	381	529
66	1.16	1.17	1.16	4.64	3898	391	543
67	1.19	1.17	1.18	4.62	3879	372	516
68	1.19	1.17	1.18	4.62	3879	372	516
69	1.16	1.17	1.16	4.64	3898	391	543
70	1.15	1.13	1.14	4.66	3917	410	569
71	1.15	1.13	1.14	4.66	3917	410	569
72	1.16	1.13	1.14	4.66	3917	410	569
73	1.16	1.10	1.13	4.67	3927	420	583
74	1.15	1.10	1.12	4.68	3937	430	597
75	1.13	1.10	1.11	4.69	3947	440	611
76	1.15	1.10	1.12	4.68	3937	430	597
77	1.13	1.10	1.11	4.69	3947	440	611
78	1.13	1.10	1.11	4.69	3947	440	611
79	1.13	1.10	1.11	4.69	3947	440	611
80	1.15	1.10	1.12	4.68	3937	430	597
81	1.15	1.10	1.12	4.68	3937	430	597
82	1.20	1.10	1.15	4.65	3908	401	556
83	1.16	1.10	1.13	4.67	3927	420	583
84	1.13	1.10	1.11	4.69	3947	440	611 TOLVA ECO.
85	1.15	1.10	1.12	4.68	3937	430	597
86	1.13	1.08	1.10	4.70	3957	450	625
87	1.12	1.08	1.10	4.70	3957	450	625
88	1.12	1.08	1.10	4.70	3957	450	625
89	1.12	1.08	1.10	4.70	3957	450	625
90	1.12	1.08	1.10	4.70	3957	450	625
91	1.12	1.08	1.10	4.70	3957	450	625
92	1.10	1.00	1.05	4.75	4005	498	691
93	1.10	1.00	1.05	4.75	4005	498	691
94	1.10	1.00	1.05	4.75	4005	498	691
95	1.10	1.00	1.05	4.75	4005	498	691

GRAFICA DE LA TOLVA ECONOMICA

DRAGA :

PUEBLA

DIAGRAMA DEL CICLO DE OPERACION

LUGAR:

TUXPAN, VERACRUZ.

DARSENA DE CIABOGA SECCION (5-600/4-500)

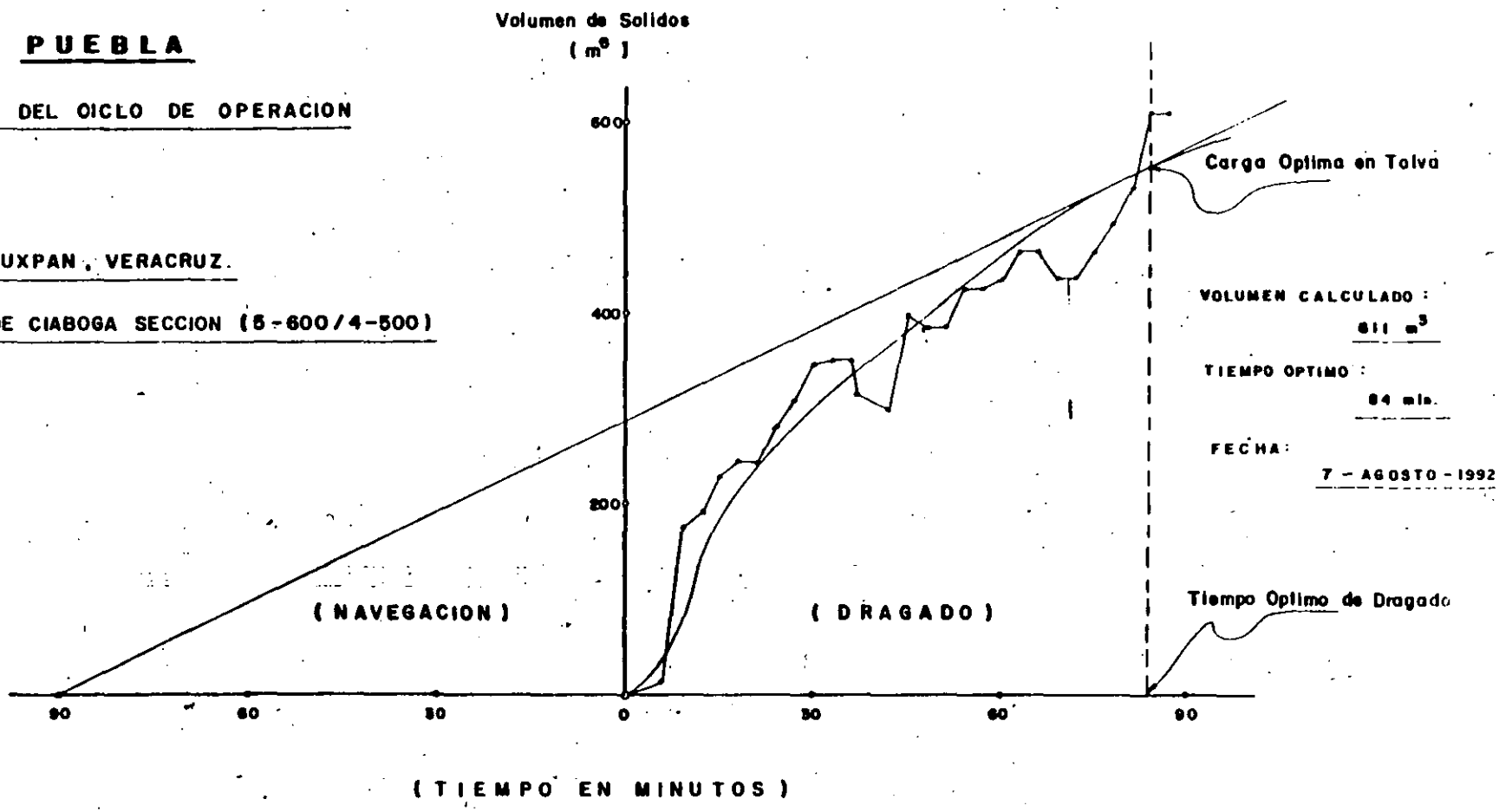


TABLA No. 10

Peso de las Dragas "CHIAPAS", "TRES. JUAREZ", "TRES. MADERO", "TLAXCALA" y "TABASCO" en función al calado.

CALADO (mts)	PESO (Kgs)	CALADO (mts)	PESO (Kgs)	CALADO (mts)	PESO (Kgs)	CALADO (mts)	PESO (Kgs)	CALADO (mts)	PESO (Kgs)	CALADO (mts)	PESO (Kgs)
3.30	2,665	3.71	3,037.00	4.12	3,413.	4.53	3,793.20				
3.31	2,679	3.72	3,046.	4.13	3,422.	4.54	3,802.60				
3.32	2,683	3.73	3,055.	4.14	3,431.	4.55	3,812.				
3.33	2,692	3.74	3,064.	4.15	3,440.	4.56	3,821.00				
3.34	2,701	3.75	3,073.	4.16	3,449.60	4.57	3,831.20				
3.35	2,710	3.76	3,082.	4.17	3,459.20	4.58	3,840.80				
3.36	2,719	3.77	3,091.	4.18	3,468.80	4.59	3,850.40				
3.37	2,728	3.78	3,100.	4.19	3,478.40	4.60	3,860.00				
3.38	2,737	3.79	3,109.	4.20	3,488.	4.61	3,869.60				
3.39	2,746	3.80	3,118.	4.21	3,497.60	4.62	3,879.20				
3.40	2,755	3.81	3,127.40	4.22	3,507.60	4.63	3,888.80				
3.41	2,764	3.82	3,136.80	4.23	3,517.40	4.64	3,898.40				
3.42	2,773	3.83	3,140.20	4.24	3,527.20	4.65	3,906.				
3.43	2,782	3.84	3,155.60	4.25	3,537.	4.66	3,917.80				
3.44	2,791	3.85	3,165.	4.26	3,545.60	4.67	3,927.00				
3.45	2,800	3.86	3,176.	4.27	3,554.20	4.68	3,937.40				
3.46	2,809	3.87	3,187.	4.28	3,562.80	4.69	3,947.20				
3.47	2,818	3.88	3,196.	4.29	3,571.40	4.70	3,957.				
3.48	2,827	3.89	3,209.	4.30	3,580.	4.71	3,966.60				
3.49	2,836	3.90	3,220.	4.31	3,589.	4.72	3,976.20				
3.50	2,845	3.91	3,227.	4.32	3,598.	4.73	3,985.80				
3.51	2,854	3.92	3,234.	4.33	3,607.	4.74	3,995.40				
3.52	2,863	3.93	3,241.	4.34	3,616.	4.75	4,005.				
3.53	2,872	3.94	3,248.	4.35	3,625.	4.76	4,014.40				
3.54	2,881	3.95	3,255.	4.36	3,634.60	4.77	4,023.80				
3.55	2,890	3.96	3,265.	4.37	3,644.20	4.78	4,033.20				
3.56	2,899	3.97	3,275.	4.38	3,653.80	4.79	4,042.60				
3.57	2,908	3.98	3,285.	4.39	3,663.40	4.80	4,052.				
3.58	2,917	3.99	3,295.	4.40	3,673.00	4.81	4,061.60				
3.59	2,926	4.00	3,305.	4.41	3,682.60	4.82	4,071.20				
3.60	2,935	4.01	3,314.	4.42	3,691.80	4.83	4,080.80				
3.61	2,944	4.02	3,323.	4.43	3,701.20	4.84	4,090.40				
3.62	2,953	4.03	3,333.	4.44	3,710.60	4.85	4,100.				
3.63	2,962	4.04	3,341.	4.45	3,720.						
3.64	2,971	4.05	3,350	4.46	3,729.						
3.65	2,980	4.06	3,359.	4.47	3,738.						
3.66	2,989.60	4.07	3,368.	4.48	3,747.						
3.67	2,999.20	4.08	3,377.	4.49	3,756.						
3.68	3,008.80	4.09	3,386.	4.50	3,765.						
3.69	3,018.40	4.10	3,395.	4.51	3,774.40						
3.70	3,028.00	4.11	3,404.	4.52	3,783.60						

MEDICION DIRECTA DE VOLUMEN EN TOLVA

Para la cuantificación del volumen de sólidos en tolva, se realizaron un total de doce aforos con escandallo, seis del lado de -- estribor y seis en babor, obteniéndose los siguientes resultados:

ESTRIBOR	BABOR
5.00	5.00
5.75	5.90
6.30	6.50
6.00	5.60
6.50	6.50
6.90	7.00
36.45	**36.50**

$\frac{36.45 + 36.5}{12}$ = 6.08 m. promedio

Haciendo uso de la gráfica de la tolva que elabora el fabricante, encontramos que a este promedio de lecturas corresponde un volumen de 530 m3 de material sólido decantado.

Posteriormente, conociendo la capacidad de tolva (1 400 m3), el volumen de material decantado y el porcentaje de sólidos obtenido previamente en laboratorio, se está en condiciones de calcular el volumen total en tolva:

1 400 m3 - 530 m3= 870 m3	MEZCLA ARRIBA DEL PLANO DECANTADO
870 m3 x 9.18% = 80 m3	MATERIAL SOLIDO EN SUSPENSION
530 m3 + 80 m3 = 610 m3	VOLUMEN TOTAL EN TOLVA

Como se podrá apreciar, el volumen calculado es prácticamente - igual al que se obtuvo mediante el sistema de franco bordo, que fue de 611 m3

Finalmente se midió el ciclo de operación de la draga, quedando de la siguiente forma:

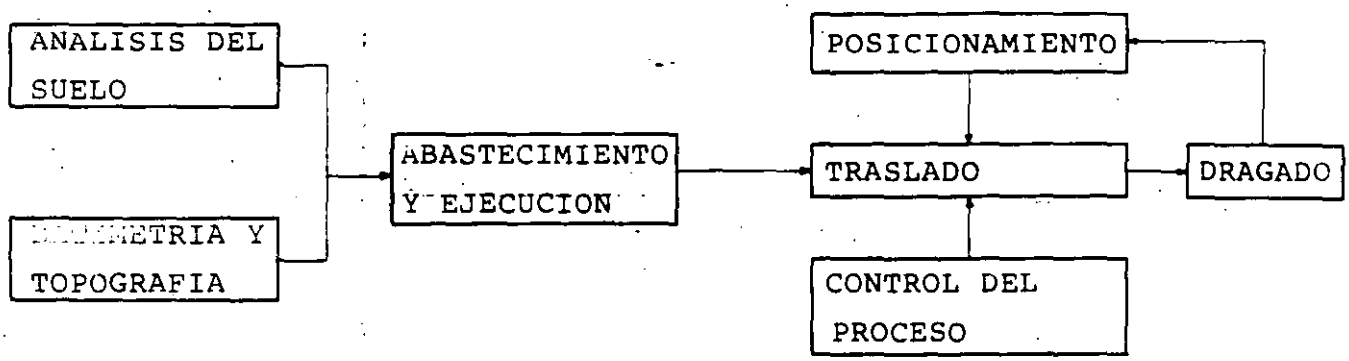
ACTIVIDAD	TIEMPO (HRS.)
Dragando	1:21
Navegación a descarga	0:45
Navegación retorno	0:45
Maniobras	0:05
T O T A L :	**2:56**

por lo anterior, el rendimiento horario logrado fue:

$$\frac{610 \text{ m3}}{2.93 \text{ hr}} = 208 \text{ m3/hr.}$$

ANALISIS OPERATIVO DE UNA DRAGA AUTOPROPULSADA

El análisis operativo para una draga de este tipo se puede resumir en el siguiente flujograma que por sí sólo se explica.



Se conoce como Eficiencia Operativa, el cociente de dividir el -- tiempo real de operación entre el tiempo total transcurrido, ex - presando el resultado en %.

El tiempo real de una draga autopropulsada, lo integran la suma de horas utilizadas en bombeo, navegación a la descarga y maniobras,- en cambio para una draga estacionaria será únicamente la suma de - horas de bombeo y maniobras.

Los estándares internacionales aceptan como eficiencia operativa - un 70% para dragas autopropulsadas y un 60% para dragas estacionarias.

Desde luego los estándares anteriores, son bajo el sistema de operación contínua que significa trabajar dos turnos diarios de 12 hr. cada uno, los siete dias de la semana. Al trabajar menos turnos -

la eficiencia operativa disminuye, como se observa en la gráfica - (fig. 44).

Es muy difícil por lo expuesto anteriormente, que el fondo y taludes dragados queden exactamente con la geometría que marca el proyecto, por lo que siempre existirán tolerancias en el dragado, tanto vertical como horizontal.

La tolerancia vertical será como máximo de 30 cm. para dragado en ríos y dársenas, y de 50 cm. para dragados en mar abierto.
Por lo que corresponde a la tolerancia horizontal, está será variable y dependerá del tipo de material por dragar.

Las tolerancias anteriores, serán aplicadas en la totalidad del área a dragar.

PLAN DE OBRA

Toda obra de dragado debe tener un programa previamente establecido, este se denomina PLAN DE OBRA.

En este documento del cual al final anexamos una copia, se detalla la obra a realizar suponiendo de acuerdo al equipo que se usará el rendimiento del mismo, la forma de atacar la obra, las metas a alcanzar, el equipo auxiliar básico y de descarga, el personal, la memoria de cálculo y el calendario de trabajo.

Lo más importante de este documento, es la retroalimentación que nos permita comparar los parámetros supuestos contra los que se hayan medido en obra, pudiendo detectar las desviaciones que se tuvieron, para corregirlas en futuros trabajos.

Existen dos formatos diferentes para medir la producción por turno, uno para dragas estacionarias y otro para autopropulsadas. (figs. 45, 46 y 47).

INFORMES DE AVANCE EN EL TRABAJO

Dentro de los diferentes tipos de informes que se tienen, destaca por su claridad y contenido el CONTROL DIARIO DE PRODUCCION, en el que se puede ver la distribución del tiempo, los conceptos que integran la operación y los paros programados y no programados, el volumen dragado, tipo de material, el detalle de la operación y zona de tiro. En la parte posterior de la hoja se pondrá el número de tolvas, por turno, así como el volumen por tolva y también un mayor detalle de las observaciones, principalmente si hubo paros por otras causas y que mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo se está realizando, ya sea en cubierta o en máquinas

Tomando como base este Control Diario de Producción y el programa de actividades se pueden elaborar reportes semanales, los cuales reflejan de manera clara y precisa los avances logrados en cada una de las obras en ejecución, indicando volúmenes programados, realizados y desviaciones.

Este informe incluye también una serie de comentarios breves de las incidencias o acontecimientos más relavantes que se presentaron durante el desarrollo de los trabajos de cada una de las dragas y, de ser necesario, una explicación de las causas que motivaron las desviaciones.

En el resumen, se indica la desviación global que ha sufrido el programa original, la cual se origina por tres causas principales:

- Prolongación del mantenimiento mayor de la draga
- Modificaciones del programa
- Eficiencia operativa

En términos generales y dependiendo de las condiciones físicas de una draga, el mantenimiento mayor de la misma requiere una perma-

nencia de dos a tres meses en Astillero.

Sin embargo, por diversas razones, existe la posibilidad de que este período se prolongue, lo que implica un déficit en la producción, siendo ésta más sensible cuanto mayor sea el potencial de la draga. Las desviaciones por esta causa siempre son negativas.

Es común que algunas de las obras consideradas en el programa original se modifiquen o en ocaciones se cancelen y asímismo, que se realicen otras no programadas.

- Así por ejemplo, pueden presentarse azolvamientos inesperados, provocados por perturbaciones meteorológicas, que ponen en peligro la seguridad de las embarcaciones, haciéndose necesaria la movilización de una draga para la atención inmediata del puerto.
Debido a lo anterior, se presentan desviaciones, que en este caso pueden ser positivas o negativas.

En toda actividad de dragado, invariablemente se presentan un sinnúmero de imponderables que tienen un efecto directo en la eficiencia operativa y por lo tanto, dan origen a desviaciones que también en este caso pueden ser favorables o desfavorables.

Algunas de las alteraciones que afectan el plan de trabajo de una draga pueden ser corregidas de inmediato por la tripulación, sin embargo, existen otras que no pueden ser controladas con la misma rapidez, en cuyo caso deben tomarse las medidas necesarias para reanudar las operaciones lo antes posible. A continuación, se enlistan una serie de casos fortuitos que se presentan con más frecuencia: mantenimientos correctivos de fallas menores (son lo más significativos), retiro de escombros y basura encontrados en la zona de trabajo, paro de actividades para dar paso a buques, por encontrar material no dragable o fuera de especificación, mal tiempo, etc.

Con cierta medida, todo programa de dragado debe tomar en cuenta el factor "imponderables", y la eficiencia lograda dependerá en - alto grado de la sapiencia y habilidad del personal operativo.

Para efectos de consulta y principalmente para verificar la medida en que se van cumpliendo las metas previstas, es necesario elaborar un reporte mensual de operaciones, el cual, para mayor claridad, puede hacerse a base de formatos. (figs. 49 a 56)

Básicamente, la información recopilada en dichos formatos es la - siguiente:

- Volúmenes dragados durante el mes y acumulados, por puerto, - obra y draga
- Desglose de tiempos utilizados en cada una de las actividades - desarrolladas por las dragas.
- Gráficas comparativas de volúmenes programados-realizados -- (individual por cada draga y global por toda la flota).
- Croquis de localización, donde se indican las zonas dragadas.

Cabe destacar la importancia de incluir en este informe, una descripción del estado físico que guardan las obras en cuanto profundidades y dimensiones mínimas aprovechables que se lograron en los canales de navegación y dársenas; así como resaltar los beneficios que obtienen los usuarios de los puertos con los avances alcanzados en el período.

Otro de los aspectos relevantes que debe tomarse en consideración para llevar un buen control de las obras, es la determinación de - los rendimientos obtenidos por las dragas.
Esta información no solamente refleja la productividad de las unidades, sino que también es de gran utilidad para la realización de diversos trabajos, entre los que destacan: análisis de precios unitarios, elaboración de planes de obra y estructuración de programas a largo plazo.

Es evidente que el rendimiento de una draga, varía de acuerdo al puerto donde trabaja, ya que cada uno de ellos presenta una problemática muy particular. Por ello, es recomendable obtener sistemáticamente los parámetros de producción, en todos los sitios donde operan las dragas y crear una serie de estadísticas de productividad lo más completa posible.

Respecto a la obtención de estos parámetros, cuando las mediciones se hacen directamente en campo, los resultados se apegan más a la realidad y por lo tanto son más confiables. Cabe mencionar, que dada la complejidad inherente a este tipo de mediciones, el tiempo requerido para efectuarlas es significativo y no siempre se está en la posibilidad de hacerlas a bordo de la draga.

Sin embargo, cuando no se cuenta con el personal y tiempo suficiente para realizar la medición directa, los rendimientos se pueden calcular por medios análiticos, tomando como base el CONTROL DIARIO DE PRODUCCION, lográndose resultados aceptables.

En las tablas adjuntas, se puede apreciar el cúmulo de información que es posible obtener para cada una de las dragas, tanto autopropulsadas como estacionarias, lo cual es producto de la recopilación diaria de los datos que intervienen en las operaciones matemáticas.

RESUMEN DE RENDIMIENTOS 1991
(DRAGAS DE ALTA PRODUCTIVIDAD)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DRAGA	PUERTO	ZONA	TIEMPO OPER. /DIA (HRS)	DURACION /CICLO (HRS)	TOLVAS /DIA 4 x 5	VOLUMEN /TOLVA (M3)	PRODUCC. /DIA (M3) 6 x 7	DIAS /MES	RENDIMIENTO OPERATIVO (M3/HR.) 8 x 4	M3/MES 000 (1000) 8 x 9	TIPO DE OPERACION	TURNOS /DIA	EFICIENCIA OPERATIVA	TIPO DE MATERIAL	DISTANCIA A ZONA DE TIRO (DESDE ZONA DE OPERACION)
PRES. MADERO	PTO. MADERO	CANAL PRINCIPAL INT. Y DARSENA FISCAL	19.31	2.45	7.9	621	4,906	25	254	120	C	3		Arena Fina Suelta y Fango	3 Millas E. al mar.
	"	"	7.20	2.68	2.7	726	1,950	18	271	35	N	1	47%	"	"
	SALINA CRUZ	DARSENA DE PEMEX.	17.84	2.74	6.5	299	1,944	25	109	(*1) 50	C	3		Arena Fina y Fango	3 Millas S-E. al mar.
MANZANILLO II	MANZANILLO	NUEVA DARS.DE CONTENEDORES	19.41	1.60	12.1	1,196	14,447	25	744	(*2) 360	C	3		F a n g o	1.5 Millas W. al mar.
	"	"	17.56	2.60	6.8	1,510	10,193	25	580	255	C	3		"	3 Millas W. al mar.
	ENSENADA	CANAL Y DARSENA FISCAL	16.12	3.62	4.5	2,128	9,470	25	587	235	C	3		Arena Fina Suelta y Conch.	5 Millas S-W. al mar.
	TOPOLOBAMPO	NVA.DARSENA DE CONTENEDORES	18.07	3.70	4.9	2,250	11,025	25	610	275	C	3	61%	Arena Fina Suelta y Fango	3 Millas Punta Copas
	"	ENTRADA A BAHIA DE OHUIRA (CANAL DE ACCESO A 5 KM. DEL NUEVO MUELLE)	19.47	2.49	7.8	3,800	29,640	25	1,522	(*3) 740	C	3		Arena Gruesa Suelta,Conch.	1.7 Millas (Material depositado a 200 mts. del Nuevo Muelle.)
TABASCO	LAZARO CARDENAS	DARSENA DE GRANOS	17.28	3.60	4.8	500	2,400	25	139	60	C	3		Fango A. G. Gravilla.	2 Millas S-E. al mar.
	PICHILINGUE	MUELLE DE CONTENEDORES	22.42	3.20	7.0	387	2,710	25	121	65	C	3		Arena semi Gruesa y Conchuela Compactas y Boleo	3.5 Millas, W. al mar.
	MANZANILLO	NVA.DARSENA DE CONTENEDORES	20.05	1.71	11.7	327	3,826	25	191	95	C	3	52%	Fango y Arcilla.	2 Millas E. al mar.
	GUAYMAS	CANAL DE NAVEGACION DARSENA DE CEMENTOS MEXICANOS	20.51	3.00	6.8	700	4,760	25	232	120	C	3		Fango y Arcilla.	3.5 Millas S-W. al mar.
(*4) MORELOS II	PTO.ALTAMIRA	CANAL DE NAVEGACION	15.95	2.39	6.7	650	4,355	25	273	110	C	3		Arc. Comp. Arena F. Suelta	3 Millas N.W. al mar.
	TAMPICO	CANAL FISCAL (0+000/2+500)	18.64	1.75	10.7	550	5,830	25	313	145	C	3		Fango y Arena Fina Compac.	3.5 Millas N.E. al mar.
	"	DARSENA FISCAL (11+400/13+000)	18.55	4.25	4.4	900	3,960	25	213	100	C	3	55%	Fango y Arena Fina Suelta.	9.5 Millas N.E. al mar.
	TUXPAN	CANAL EXT. Y ENTRE ESC. (0+000/2+800)	18.25	2.99	6.1	978	5,965	25	327	150	C	3		Arcilla y Arena F. Suelta.	4 Millas E. al mar.
PRES. CARDENAS	FRONTERA	CANAL DE ACCESO EXTERIOR	17.83	2.15	8.3	265	2,199	25	123	55	C	3		Arena F. con Limos y Arcs.	1.5 Millas S-W. al mar.
	"	"	12.61	2.31	5.5	250	1,375	18	109	25	N	2	33%	"	"
	TUXPAN	TRANSF. GRANELERAS	17.15	2.42	7.1	240	1,680	25	98	40	C	3		A r c i l l a	3 Millas S-E. al mar.
PUEBLA	FRONTERA	CANAL DE ACCESO EXTERIOR	18.64	1.90	9.8	456	4,469	25	240	110	C	3		Arena F. con Limos y Arcs.	1.5 Millas S-W. al mar.
	"	"	11.86	1.98	6.0	530	3,180	18	268	60	N	2	33%	"	1.5 Millas S-W. al mar.
	TUXPAN	CANAL INT. Y DARSENA FISCAL	18.95	2.50	7.6	554	4,210	25	222	105	C	3		Arc. y Arena Fina Suelta	5.5 Millas E. al mar.
GPE. VICTORIA	ALTAMIRA	2da. POSICION DE ATRAQUE (CONSERVACION)	19.69	2.95	6.7	650	4,355	25	221	110	C	3		Arcilla,Arena Fina Suelta	3 Millas S. al mar.
	TAMPICO	CANAL FISCAL (0+000/13+800)	19.95	4.79	4.2	1,342	5,636	25	283	140	C	3		Fango y Arena Fina Suelta	9 Millas N. al mar.
	"	DARSENA FISCAL (11+400/13+000)	19.95	4.59	4.3	1,255	5,396	25	270	135	C	3	65%	"	9.5 Millas N. al mar.
	COATZACOALCOS	CANAL DARSENAS FISCAL Y BOCA	18.80	3.93	4.8	1,235	5,928	25	315	150	C	3		"	7.5 Millas N-W. al mar.
CD. DEL CARMEN	TUXPAN	CANAL EXTERIOR Y ENTRE ESC.	17.59	4.07	4.3	300	1,290	25	73	30	C	3.	49 %	Arena Fina Suelta.	3 Millas E. al mar.

NOTAS:

1) El rendimiento operativo/hora, incluye los conceptos de bombeo, navegación y maniobras.

2) Para efectos de programación se consideraron 18 días efectivos de trabajo en operación normal y 25 en continua.

3) Las columnas 9 y 11 se ajustaron para efectos de programación.

(*1) .- Se obtuvo un bajo rendimiento debido a que se encontró material rocoso, que la draga no pudo remover.

(*2) .- Al reducir la distancia de tiro, se redujo el ciclo y aumentó la producción.

(*3) .- Debido a la corta distancia entre la obra y la zona de explotación del banco y a que la draga cargaba material suelto en tolvas al 95% de su capacidad, la producción fue altamente satisfactoria.

(*4) .- La draga " MORELOS " tuvo un bajo rendimiento, ya que durante todo el año trabajó con una sola escala y en el caso de Tampico, dragó material compacto en la bocana.

NOMENCLATURA:

"N" OPERACION NORMAL
"C" OPERACION CONTINUA

RESUMEN DE RENDIMIENTOS DE 1991.
(DRAGAS ESTACIONARIAS)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DRAGA	PUERTO	ZONA	TIEMPO BOMBEO /DIA	TIEMPO OPER./DIA (HRS)	PRODUCC. /DIA (M3)	DIAS /MES	RENDIMIENTO OPERATIVO (M3/HR.) 6 X 5	M3/MES POR (1000) 6 x 7	TIPO DE OPERACION	TURNOS /DIA	EFICIENCIA OPERATIVA (%)	TIPO DE MATERIAL	ZONA DE TIRO
B.CALIFORNIA	EL TOBARI	CANAL DE LLAMADA	14.01	18.95	1,554	25	82	40	C	3	42%	Arcilla Comp. Arena F.y Conch.	Hasta 350 mts. a ambos lados del canal.
	"	"	13.65	18.68	1,628	18	87	30	N	3		"	"
VERACRUZ II	PICHILINGUE	CANAL Y DARSENA	10.68	14.51	3,553	25	245	90	C	3	63%	Arena Semi-Gruesa y Conchuela Compactas y Boleo	1000 mts. E. en la playa.
	TOPOLOBAMPO	DARSENA COMERCIAL (RELLENOS DE PATIOS)	12.49	19.67	7,610	25	387	(*1) 190	C	3		Arena Gruesa Suelta y Conchuela	600 mts. N. a Tierra en zona de relleno.
TAMAULIPAS II	TAMPICO	DARSENA FISCAL	13.61	18.18	1,445	18	79	25	N	3	38%	Fango y Arena Fina Suelta.	50 mts. S. al rio.
SINALOA	TAMPICO	DARSENA FISCAL	14.50	19.60	1,457	25	74	35	C	3	58%	Fango.	40 mts. Sur al rio.
	ALTAMIRA	3ra.POSICION DE ATRAQUE (CAPA SUPERIOR)	14.67	20.50	1,800	25	88	45	C	3		Arc.Comp. y Arena G. Suelta	800 mts. S-E.a Tierra.
ALTAMIRA	ALTAMIRA	3ra. POSICION DE ATRAQUE CAPA INTERMEDIA	11.63	14.59	1,000	25	69	25	C	3	65%	Arena Gr., Arc. Comp. y Material Travertino.	1,300 mts. S-E a Tierra .
	"	CAPA INFERIOR	12.53	18.68	1,850	25	99	45	C	3		Arena Gruesa Compactada.	"
GUAYMAS	ENSENADA	NVA. DAR. C. GUADALAJARA.	10.99	16.14	1,100	18	68	(*2) 20	N	3	58%	Arena Fina Compactada.	200 mts. S. al Mar.
COLIMA	ALTAMIRA	3ra. POSICION DE ATRAQUE CAPA SUPERIOR	16.74	21.80	1,800	25	83	45	C	3	75%	Arc. Comp. y Are. Gr. Suelta.	800 mts. S.E. a Tierra.
		CAPA INFERIOR	16.90	21.20	180	25	8	(*3) 5	C	3		Arena Gruesa Compactada.	"
	TAMPICO	DARSENA FISCAL	15.32	20.46	1,850	25	90	45	C	3		Arena Fina Suelta y Fango	40 MTS. Sur al rio.
PERICUE	IXTAPA	MARINA-IXTAPA	11.63	19.05	4,108	25	216	(*4) 105	C	3	50%	Arena Fina Fango y Piedra.	1000 mts. N-W. a Tierra.
	MANZANILLO	RELLENO PARTE POSTERIOR NUEVO MUELLE	12.86	19.60	2,780	25	142	70	C	3		Arena Gruesa Suelta	400 mts. N-E a Tierra en zona de relleno.
GUAYCURA	IXTAPA	MARINA-IXTAPA	10.28	20.98	3,005	25	143	(*5) 75	C	3	50%	Arena Fina Suelta y Fango	1000 mts. N-W. a Tierra.
SONORA	EL CUYO	CANAL Y DARSENA	11.36	16.42	1,110	18	68	20	N	3	50%	Arena Gruesa Suelta.	350 mts. W. a la Playa.
	BOCA CHICA	CANAL DE NAVEGACION	15.75	21.95	2,200	25	100	55	C	3		Fango y Arena Fina Suelta.	170 mts. W. a la Laguna.
	"	"	12.83	19.58	1,920	18	98	35	N	3		"	170 mts. W. a la Laguna.

NOTAS:

1 .- El tiempo operativo/dia y rendimiento operativo/hora, incluye los conceptos de bombeo y maniobras.

2 .- Para efectos de programación se consideraron 18 días efectivos de trabajo en operación normal y 25 en continua.

(*1) .- La fuerte producción se debió a que la draga rebombeó el material suelto, acarreado por la draga "MANZANILLO II" y depositado frente al nuevo muelle.

(*2) .- Se obtuvo una baja producción al encontrar elementos extraños en la zona de operación.

(*3) .- La producción bajó sustancialmente, por encontrar material muy comp[illegible] profundidades mayores de 8.0 mts.

(*4) .- Se consideró el periodo total de operaciones: oct/90 a jul/91.

(*5) .- Se consideró el periodo total de operaciones: dic/90 a ab[illegible]/91.

CLAVE:RESUP 11

11.- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento, es el conjunto de actividades desarrolladas con el objeto de conservar las propiedades físicas de la draga, en - condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico.

Su objetivo es optimizar la disponibilidad de equipo, para la -- operación.

El proceso del mantenimiento debe ser contínuo, ya que las interrupciones provocan pérdidas y la corrección de condiciones defectuosas, origina un incremento de costos y una disminución en - la productividad.

A continuación presentamos una relación de los equipos de dragado más usuales que deben ser considerados para su mantenimiento.

EQUIPOS DE DRAGADO:

- Dragas
- Remolcadores
- Chalanes
- Embarcaciones auxiliares: lanchas topohidrográficas, de servicio, de salvamento
- Grúas
- Tienue tubos, cargadores frontales.
- Estaciones de rebombeo
- Equipo auxiliar de descarga: tubería, flotadores, conexiones radiales.
- En general cualquier equipo que contribuya a realizar la labor de dragado.

PLANEACION DEL MANTENIMIENTO

La planeación del mantenimiento puede ser tan simple como la identificación de las actividades a realizar, sin embargo el objetivo de la planeación es lograr desarrollos futuros, obtener metas sobre todo a plazos medianos y largos que se puedan cuantificar determinando sus repercusiones en la empresa.

Las fases que debe tener la planeación del mantenimiento son:

IDENTIFICACION DE FINES: Consistiendo en determinar los objetivos y metas que se desean alcanzar a corto, mediano y largo plazo, entre las que podemos mencionar como importantes:

- Prolongar la vida económica de los equipos
- Obtener permanentemente de los equipos, rendimientos próximos a los de diseño.
- Evitar al máximo reparaciones y trabajos de emergencia
- Reducir los costos del mantenimiento correctivo y de la adquisición de refacciones.

PERIODO QUE DEBE ABARCAR LA PLANEACION

La planeación del mantenimiento por el tiempo que contempla puede ser:

A LARGO PLAZO: La que se encuentra íntimamente ligada con los pronósticos de demanda y la planeación estratégica de alta gerencia en la administración total. El tiempo físico para el que se elabora el plan puede variar. En la administración pública normalmente es un sexenio.

A MEDIANO PLAZO: Son aquellos planes que están vinculados con los objetivos, política y procedimientos del mantenimiento a efecto de que estos sean afines con la problemática de la empresa. Estos planes normalmente se ligan a los presupuestos y se conocen como Planeación Táctica.

A CORTO PLAZO: Esta contempla la planeación operativa, ya que está íntimamente ligada al desarrollo de los proyectos, por lo que viene a ser una planeación específica de los trabajos de mantenimiento.

Este tipo de planes abarca tanto el mantenimiento que hay que efectuar diariamente como el que hay que efectuar de manera periódica en forma cíclica.

Este tipo de planeación se elabora por los técnicos del grupo de control del mantenimiento por ser de carácter rutinario.

PRESUPUESTO

Este se integra con base en las necesidades del parque de maquinaria para su operación y conservación durante cierto período u obra que en el caso de la Administración Pública es el ejercicio presupuestal (anual) pudiento dividirse en los siguientes capítulos:

MANTENIMIENTO MAYOR

a) En seco
b) A flote
c) Refaccionamiento

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

a) Refaccionamiento
b) Mano de Obra (en su caso)

MANTENIMIENTO RUTINARIO

a) Materiales (consumibles)
b) Refacciones menores
c) Mano de obra (en su caso)

GASTOS ADMINISTRATIVOS DEL MANTENIMIENTO

a) Salarios
b) Supervisión
c) Viáticos y pasajes

ADQUISICION DE BIENES COMPLEMENTARIOS

a) Tubería, flotadores, conexiones
b) Dientes, bases

No existe un factor preestablecido para el cálculo del costo del Mantenimiento Preventivo y Mayor, la estimación de éste debe basarse en la experiencia y los antecedentes de reparaciones anteriores. Algunos expertos en este campo mencionan con muchas reservas, ya que puede variar importantemente de draga a draga dependiendo de su tamaño y de su antiguedad, como aceptable una estimación del costo del 7.5 % anual del precio de adquisición del equipo.

La diferencia fundamental entre el mantenimiento preventivo y el correctivo, es ejecutar el trabajo antes o después de presentarse la falla.

El mantenimiento rutinario es el que se realiza sistemáticamente, con la fuerza laboral propia como la limpieza de la unidad, pintura, chequeo de niveles y relleno de ser necesario, calibraciones, engrases, etc.

El mantenimiento preventivo, es aquel en el que se toman las medidas necesarias anticipadamente y en fechas preestablecidas, para tratar de evitar al máximo la presentación de fallas en los equi-

pos, para lo anterior se deberá hacer una programación detallada la cual en gran medida estará basada en la experiencia y en los tiempos de operación que fijan los fabricantes de los diversos - equipos.

El logro de la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo, a través de una justificación económica, raramente es factible, ya que el impacto inicial refleja una elevación de costos, Este mantenimiento se vuelve más necesario mientras más mecanizado y automatizado sea el equipo.

Para realizar el trabajo, existen además de la programación, algunos otros formatos de control como pueden ser las órdenes de - trabajo, las requisiciones de almacén, etc. No siempre será necesario parar la unidad para realizar el mantenimiento preventivo, dependiendo del motor o sistema que se trate.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MAYOR

En virtud de que las Sociedades Clasificadoras norman que todo - barco debe entrar a dique para inspección de casco, sistema de propulsión y gobierno cada 18 meses o como máximo cada dos años, resulta económico restituir al equipo sus características de operación originales en un período similar.

El mantenimiento mayor es similar al preventivo, o sea que es - programado, debiendo parar la unidad por un tiempo más o menos largo (1 a 3 meses), ya que será necesario que suba a astillero o entre a dique seco, para realizar trabajos que no es posible hacer a flote, como pueden ser el sandblast, protección anticorrosiva y colocación de ánodos de sacrificio en el casco, - cambio de planchas en mal estado, reparación de propelas golpeadas, etc.

En este tipo de reparación, es necesario efectuar un conjunto de inspecciones, servicios y cambio de partes de largo período de - duración, las que están incluidas en los principales sistemas de la draga.

Estas reparaciones se llevan a cabo por tiempo calendario o por horas de operación de cada sistema.

Otra posibilidad que genera reparaciones mayores la constituyen los accidentes que puede sufrir una draga, con la salvedad que esta acción no es planeada.

SUPERVISION: La magnitud, complejidad y costo que representa - la ejecución del mantenimiento mayor a un equipo de dragado además del costo que representa el tener un equipo inactivo, hacen indispensable que se asigne un supervisor a cada reparación.

Esta supervisión puede ser interna, esto es pertenecer a la em - presa o puede ser contratada.

CORRECCION DE FALLAS

Este tipo de reparaciones se origina por un desperfecto que sufre la maquinaria en operación, el que deberá ser evaluado por el supervisor de maquinaria.

Si se trata de un daño menor, se realizará la reparación inmediata, consiguiendo en el mercado local la pieza de repuesto. Si el -- daño es mayor, la draga debe suspender su operación, con el consiguiente retraso en su programa de ejecución, mientras las piezas afectadas se envían al taller o se adquieren las que no sean susceptibles de reparar, muchas de ellas de importación, lo que originará varios días o semanas de demora.

MEMORIAS Y REPORTES DE EJECUCION DEL MANTENIMIENTO

El objetivo de mantener un archivo de memorias y reportes de trabajos en donde se deberá indicar el tipo de falla, orígen, forma de reparación, costo y materiales empleados es tener un "Historial de cada equipo".

Del análisis de este registro histórico se obtendrá:

- Detección de partes sensibles o débiles de los equipos
- Determinación de rendimientos y tiempos de reparación
- Determinación de necesidades de refaccionamiento
- Calificación del trabajo
- Costeabilidad de la reparación

REHABILITACION

La rehabilitación incluye aquellos trabajos de inspección, ajuste, servicio y cambio de partes y repuestos que se ejecutan en las unidades, cuando estas sobrepasan el período de su vida económica. Estos trabajos se aplican, si no a todas, si a la gran mayoría de sistemas que integran una draga, incluyendo el casco, su limpieza y protección anticorrosiva y su ejecución deberá ser en un astillero o dique seco. El objetivo es tratar que los sistemas reparados, regresen lo más cerca posible de su estado original.

Es importante recalcar esta actividad en el ámbito portuario de los países en desarrollo, donde se tiene falta de divisas y restricción a las importaciones, lo que ha dado como resultado proceder a rehabilitar en lugar de hacer nuevas adquisiciones.

Para esta actividad debemos verificar lo siguiente:

1.- Justificación económica al comparar el costo de rehabilitar contra el que tiene una unidad nueva.

2.- Ventajas en el ahorro de divisas

3.- Análisis financiero

Es conveniente pensar en rehabilitar una unidad cuando se pueden lograr los objetivos siguientes:

50% del costo de la unidad nueva
80% de la vida de una unidad nueva

12.- COSTOS EN EL DRAGADO

El aspecto medular dentro del dragado, es el costo del mismo, - el cual tiene que ser competitivo, para lo cual se plantean --- tres preguntas:

1.- ¿Qué tipo de draga es la más apropiada para un determinado trabajo?

2.- Habiendo escogido la draga idónea, ¿cómo ejecutar el trabajo de manera de obtener los máximos rendimientos y el menor costo?

3.- Son especialmente importantes los costos de acondicionamiento y traslado de la draga y su equipo auxiliar, los que se cargan a la obra a realizar.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DE UNA DRAGA

Para efectos del costo, el rendimiento de una draga depende de los siguientes factores:

1.- El tipo de draga.

2.- La naturaleza del material.

3.- El volumen de material a dragar.

4.- La profundidad del dragado.

5.- La distancia entre los sitios de dragado y depósito.

6.- Accesibilidad al sitio de dragado.

7.- Las condiciones físicas del lugar.

8.- El manejo del material desde el punto de vista de la contaminación.

DRAGAS AUTOPROPULSADAS DE TOLVA

Carga económica de la tolva.- El tiempo que dura el bombeo, depende de la clase de material que se dragué. Si consiste en arena o grava que se asienta rápidamente, se bombeará hasta la capacidad máxima de carga en la tolva; si se draga material ligero, arcillas por ejemplo, deberá prolongarse el bombeo por algún tiempo ya que una parte del material dragado se desbordará por los vertederos, en mayor volumen a medida que se va llenando la tolva.

Por lo anterior podremos definir como carga económica de la tolva, aquella en la que se obtenga el máximo volumen depositado por unidad de tiempo.

Siempre se deberá suspender el dragado cuando la tolva ha recibido la carga económica, ya que de seguir bombeando para completar la capacidad faltante, significaría un exceso de tiempo en depositarse, con un rendimiento muy bajo.

Se llama pérdida por desbordamiento, la relación entre la cantidad de material que sale por los vertederos y la que se bombea a la tolva, por unidad de tiempo. En el caso más desfavorable esta relación será la unidad. La representación gráfica de la tolva económica la podemos ver en la figura 57 donde se observa el ciclo completo del dragado, pudiéndose detectar que la mayor producción se obtendrá cuando la tan.α sea la máxima.

Por lo mismo dicha tangente, indicará el momento en que el bombeo debe suspenderse para ir a vaciar la tolva.

En material fino como limos y arcillas, a veces conviene continuar el bombeo a pesar de estar derramando por la tolva parte de los sólidos contenidos en la mezcla, con el fin de que la corriente los arrastre fuera de la zona por dragar. Este proceso se denomina dragado por agitación y en el mismo no tendrá sentido hablar de la tolva económica.

En la tabla siguiente, se muestran en forma estimativa los equipos idóneos para diversas condiciones de dragado, sin tomar en consideración la movilización y desmovilización del mismo, pero si la reposición al término de su vida económica.

CONVENIENCIA DE USO DE ALGUNOS EQUIPOS EN RELACION A SUS COSTOS PARA DIVERSOS LUGARES Y DISTANCIAS

TIPO DE DRAGA	AREAS ESTRECHAS. MUELLES RINCONES	DARSENAS PEQUEÑAS. RIVERAS	AREAS PROTEGIDAS. CANALES	AREAS COSTERAS	MAR ABIERTO	DISTANCIA DE ACARREO			
						<3 Km.	<5 Km.	<10 Km.	>10 Km.
ESTACIONARIA CON SUCCION Y CORTADOR	R	E	B	C	N.A.	E	R	C	N.A.
AUTOPROPULSADA CON SUCCION	C	R	B	E	R	E	R	R	C

SIGNIFICADO DE LAS LITERALES:

B	BAJO
E	ECONOMICO
R	RAZONABLE
C	COSTOSO
M.C.	MUY COSTOSO
N.A.	NO APLICABLE

Dentro de las operaciones de excavación y transporte de materiales, el dragado hidráulico es sin discusión, y en general, el - de menor costo.

Se logra lo anterior por la magnitud de los volúmenes que pueden dragarse por unidad de tiempo, aún cuando los equipos que se utilizan, hablando de los mayores, son de alto valor, tanto por los tamaños que alcanzan, como por su alta tecnología.

En la estructura del costo, los cargos relativos al equipo son los mayores, suelen andar entre el 70 a 80% en los -- equipos mayores, por ello es evidente que para obtener costos - competitivos debe tenderse, a que los paros de inactividad sean cero, y debe obtenerse la mayor producción de material sólido -- por unidad de tiempo. Adicionalmente debe contarse con una administración muy cuidadosa y muy eficiente de los recursos.

Los tres puntos anteriores pueden considerarse básicos para conseguir menores costos.

Si se ha de lograr que los tiempos de paro sean mínimos; la draga como unidad de producción, es la que requiere de la atención más cuidadosa. Algunas acciones dirigidas a lograr esto son las siguientes:

- Siempre que sea posible el equipo debe operar 24 horas al día, 7 días a la semana y 10 meses al año, permitiendo 2 meses como promedio anual dedicado al mantenimiento mayor, en el que se considera su carenado en lapsos de 24 a 30 días.

- Conservar en óptimas condiciones el estado físico de la draga y de los remolcadores, y todo su equipo periférico. Es aconsejable el mantenimiento preventivo sistemático y es indispensable la atención diaria, por rutina, del funcionamiento del estado físico de todos los componentes de la draga.

- Las operaciones de dragado no están exentas de riesgos, sin embargo, los accidentes se reducen si hay una operación profesional, experimentada y hábil. Ayuda mucho una exploración de los fondos que van a atacarse, y retirar todo género de obstáculos: embarcaciones hundidas, cables, trozos metálicos y todo aquello en donde el casco, las propelas, las rastras o el cortador puedan dañarse. En este tema, y hablando de la operación nocturna en particular, pero no en forma exclusiva, es necesario contar con un eficiente y bien planeado sistema de señalamiento y de ayuda a la navegación.

- El abastecimiento oportuno y eficiente de todo lo necesario para atender a bordo la vida y trabajo de las tripulaciones: alimentación, ropa y equipo de trabajo, alojamiento, ventilación y calefacción; así como los materiales necesarios para la operación misma de la draga; como pueden ser combustibles, lubricantes, cables y materiales diversos.

- Para la atención pronta y eficiente de cualquier falla, descompostura y hasta accidentes que pueda tener la draga, es indispensable que a bordo haya una existencia de las refacciones y repuestos de mayor consumo, es también indispensable en las dragas mayores tener un taller montado con las máquinas-herramienta indispensables.

  Para estos casos deberá contarse también, con la disponibilidad inmediata de servicios técnicos expertos y talleres para los casos de mayor complejidad.

  Hablando de obtener la mayor producción por unidad de tiempo no puede dejar de señalarse la importancia de los siguientes aspectos entre otros:

- La planeación y programación esmerada de los trabajos por ejecutar. Ayuda a reducir los tiempos perdidos y aumenta la eficiencia, la utilización de los procedimientos y técnicas más adecuadas para el material por atacar, y para las condiciones en que se desarrollará el dragado.

- Para planear con éxito los trabajos, es obvia la necesidad de contar con una exploración previa de los suelos que constituyen los fondos, para conocer sus cualidades y su localización. Este conocimiento previo permitirá con anticipación, programar los tipos más adecuados de las herramientas de ataque, con los que se conseguirá incrementar la producción.

- Es evidente que la participación de operadores profesionales de amplia experiencia y habilidosos, es también un factor importante para realizar los dragados con eficiencia y por tanto con una alta producción. En este punto vale la pena hacer notar, que la alta tecnología y sofisticación que han alcanzado los equipos de dragado, permite reducir en forma importante el número de tripulantes; esto a su vez permite pagar salarios altos, para tener a cambio la operación más experimentada y profesional.

- Por último, pero sin pretender que se han mencionado todos los puntos importantes, se enfatiza en la necesidad de contar con señalamientos abundantes y eficaces, posicionamiento electrónico, radares, apoyo batimétrico en tierra. Todo esto aumentará la seguridad de trabajar exclusivamente dentro de los límites de la obra, con sólo los sobredragados permitidos; en otras palabras, reducir al mínimo los volúmenes que no podrán cobrarse y por ende aumentar la producción eficiente.

Costo unitario.- El costo unitario del dragado se integra con el costo directo, el costo indirecto y la utilidad.

El costo directo es aquel que se aplica a la operación de la draga.

El costo indirecto lo integran los gastos de oficinas centrales y de campo, aplicándose como un porcentaje del directo.

Vamos a ilustrar lo anterior con un ejemplo:

Para mostrar el efecto que tiene en el costo unitario de un dragado con draga autopropulsada, operar o no la tolva económica y el tiempo de llenado consecuente, se comparan los costos del ciclo operativo de tres alternativas, una de ellas la que corresponde a operar la tolva económica. En todas, la distancia de tiro es de 3 millas, se usa la misma draga cuyo costo directo horario se supone en 1 230 dólares y cuya velocidad de navegación al tiro es de 5 nudos y el retorno, vacía, de 8 nudos.

1.- Tiempo de llenado 2.0 horas, tolva al 80% de la capacidad -- total.

2.- Tiempo de llenado 1.4 horas, tolva económica (70% de la capacidad total).

3.- Tiempo de llenado 1.2 horas, tolva al 60% de la capacidad -- total.

ALTERNATIVA 1

Tiempo del ciclo

Llenado	2.000	hr./ciclo
Navegación 3 mill/5 nudos+3 mill/8 nudos	0.975	hr./ciclo
Tiro, maniobras y posicionamiento.	0.500	hr./ciclo
	3.475	hr./ciclo

Rendimiento

4 000 m3. (cap. tolva)X 0.8 (factor de llenado)= 3 200 m3./ciclo

Costo unitario directo

$$\frac{1\ 230\ \text{dl./hr.} \times 3.475\ \text{hr./ciclo}}{3\ 200\ \text{m3./ciclo}} = 1.33\ \text{dl./m3.}$$

ALTERNATIVA 2

Tiempo del ciclo

Llenado	1.400 hr./ciclo
Navegación, tiro, maniobras y posicionamiento (0.975 + 0.500)	1.475 hr./ciclo
	2.875 hr./ciclo

Rendimiento

4 000 m3. (cap. tolva) X 0.7 (factor de llenado) = 2 800 m3./ciclo

Costo unitario directo

$$\frac{1\ 230\ \text{dl./hr.} \times 2.875\ \text{hr./ciclo}}{2\ 800\ \text{m3./ciclo}} = 1.26\ \text{dl./m3.}$$

ALTERNATIVA 3

Tiempo del ciclo

Llenado	1.200 hr./ciclo
Navegación, tiro, maniobras y posicionamiento (0.975 + 0.500)	1.475 hr./ciclo
	2.675 hr./ciclo

Rendimiento

4 000 m3. (cap. tolva) X 0.6 (factor de llenado) = 2 400 m3./ciclo

Costo unitario directo

$$\frac{1\ 230\ \text{dl./hr} \times 2.675\ \text{hr./ciclo}}{2\ 400\ \text{m3./ciclo}} = 1.31\ \text{dl./m3.}$$

C o m p a r a c i ó n :

Alt. 1.- 80% en 2.0 hr.; costo 1.33 dl./m3.

Alt. 2.- 70% en 1.4 hr.; costo 1.26 dl./m3.

Alt. 3.- 60% en 1.2 hr.; costo 1.31 dl./m3.

La tolva económica (alternativa 2), da un costo directo del ciclo que es 6% menor que la alternativa 1 y 4% menor que la alternativa 3.

Análicemos ahora el costo unitario directo para una draga estacionaria de 20 pulgadas de diámetro

Costo horario activa draga 20"	140	dls.
Costo horario inactiva draga 20"	85	dls.
Costo horario remolcador 1750 H.P.	40	dls.
Costo horario Chalán de 300 ton.	15	dls.
Tubería de 20" por metro lineal	115	dls.
Conexiones esféricas, pieza	5 325	dls.
Flotadores, pieza	4 260	dls.
Codos giratorios de 20" pza.	5 650	dls.
Factor de reposición	1.20	
Movilización y maniobras	24	hrs.
Volumen a dragar	12 000	m^3
Rendimiento esperado	115	m^3/hr.

Tipo de material fango y arena fina
Unicamente tubería flotante (100 m.)

MOVILIZACION DEL EQUIPO

Draga de 20" inactiva	24 hr. x 85 dls/hr.=	2 040
Remolcador	24 hr. x 40 "	960
Chalán	24 hr. x 15 "	360
	S U M A	3 360

$$\frac{3{,}360 \text{ dls.}}{12\,000 \text{ m3}} = 0.28 \text{ dl/m}^3$$

OPERACION

Linea de tiro flotante de 20" x 100 m.

$$\frac{115 \text{ dl.} \times 100 \text{ m.} \times 1.20}{8{,}000 \text{ hr.}} = 1.72 \text{ dl/hr.}$$

FLOTADORES

$$\frac{4260 \text{ dl.} \times 16 \text{ pza.} \times 1.20}{18{,}375 \text{ hr.}} = 4.45 \text{ dl/hr.}$$

CODO GIRATORIO DE 20 "

$$\frac{5{,}650 \text{ dl.} \times 1 \text{ pza.} \times 1.20}{8{,}000 \text{ hr.}} = 0.85 \text{ dl/hr.}$$

CONEXIONES ESFERICAS

$$\frac{5{,}325 \text{ dl.} \times 8 \text{ pza.} \times 1.20}{8{,}000 \text{ hr.}} = 6.39 \text{ dl/hr.}$$

S U M A = 13.41 dl/hr.

EQUIPO DE DRAGADO

Draga activa	140	dl/hr.
Remolcador	40	dl/hr.
Chalán	15	dl/hr.
S U M A	**195**	**dl/hr.**

$$\frac{195 \text{ dl/hr.} + 13.41 \text{ dl/hr.}}{115 \text{ m}^3/\text{hr.}} = 1.81 \text{ dl/m}^3$$

COSTO DIRECTO 0.28 + 1.81 = 2.09 dl/m^3

R E F E R E N C I A S

T I T U L O	A U T O R
MANUAL DE DRAGADO	LAVALLE ARGUDIN
INVESTIGACION OPERATIVA EN EL DRAGADO	H.A. VAN OOSTRUM
DRAGADO DE MANTENIMIENTO EN CANALES NAVEGABLES DE LECHO SUAVE	I.M.D.C.
MANUAL PARA EL MANDO DE DRAGAS	I.H.C. - BEAVER
CURSO DE DRAGADO 1982	I.M.D.C.
CLASIFICACION DE SUELOS Y ROCAS A SER DRAGADOS. BOLETIN 14/88	P.I.A.N.C.
HIDRAULIC DREDGING	JOHN HUSTON, P.E.
ECONOMIC METHODS OF CHANNEL MAINTENANCE. REPORTE DE TRABAJO GRUPO 14, COMITE TECNICO II.	P.I.A.N.C.
MANTENIMIENTO DE EQUIPO PORTUARIO	PROYECTO TRAINMAR-UNTAD

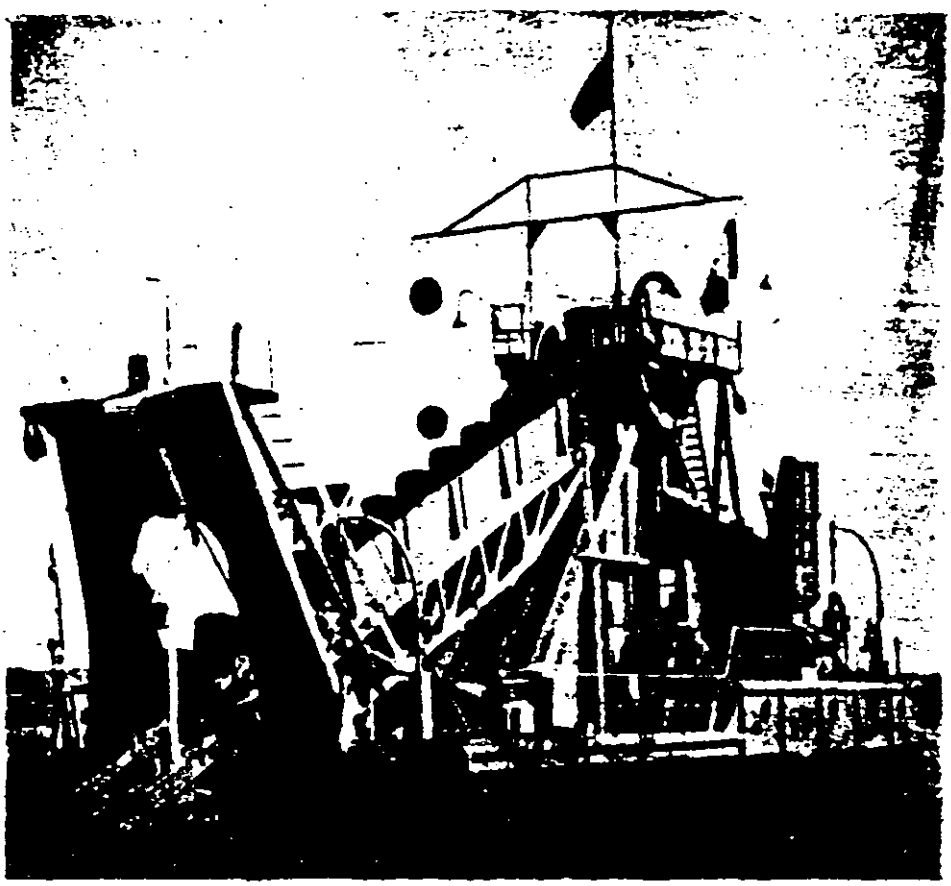


Fig. 1 – Draga estacionaria de cangilones o de rosario.

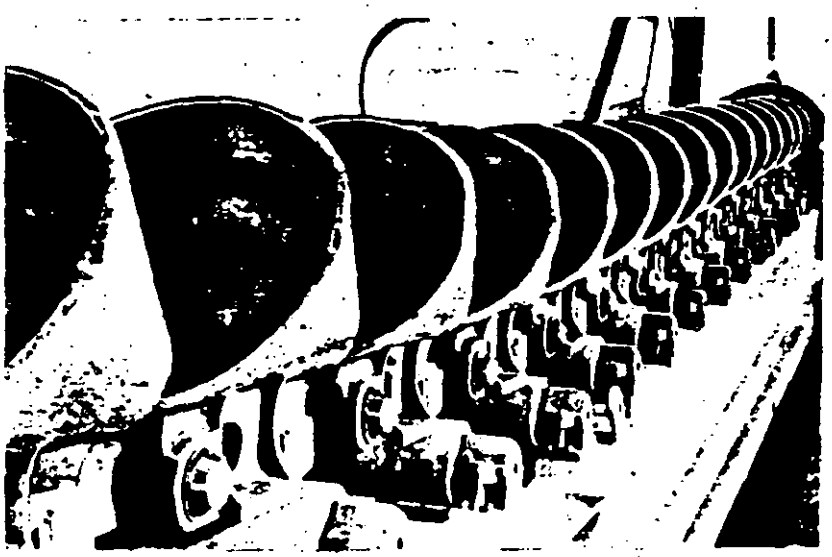


Fig. 2 – Cadena de cangilones

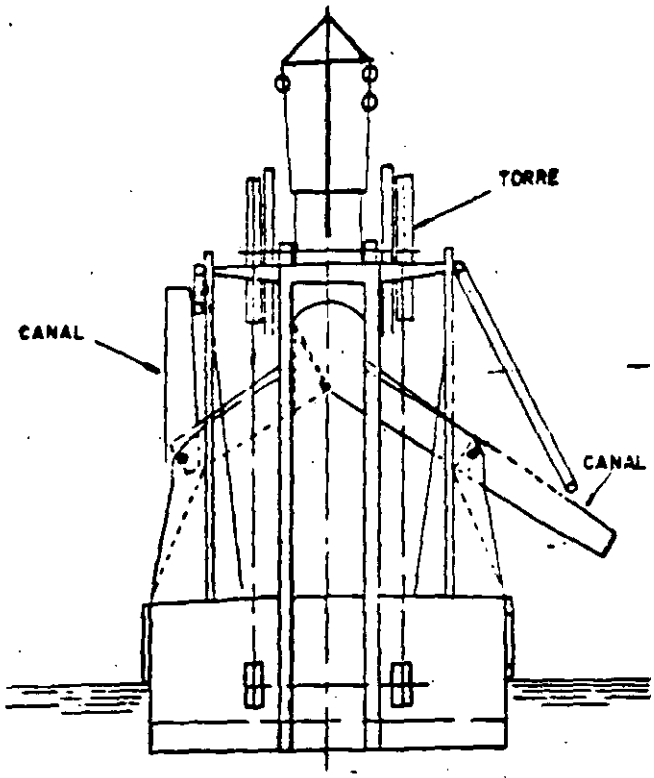


Fig. 3 - Sección transversal de una draga de - cangilones mostrando la torre y canales de descarga.

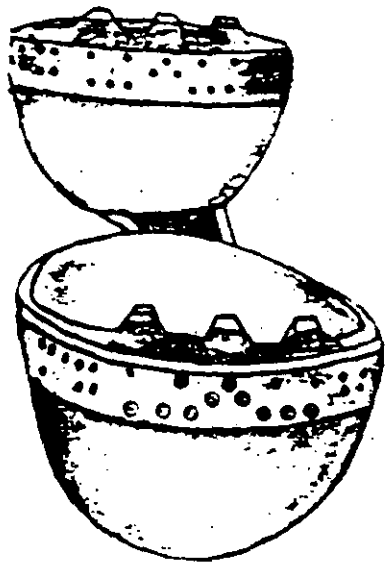


Fig. 4 - Cangilones con dientes para el material duro.

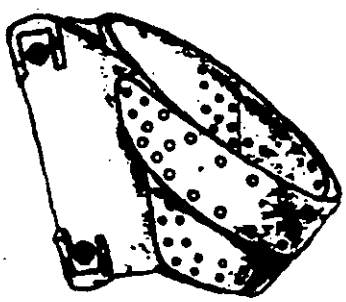


Fig. 5 - Cangilón normal

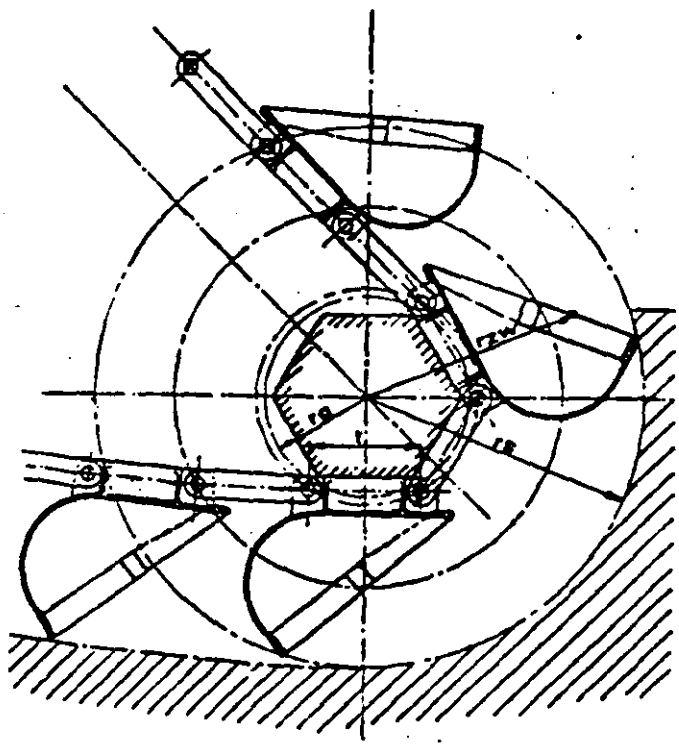


Fig. 6 - Llenado de los cangilones con material - del Fondo

Fig. 7 – Almeja normal

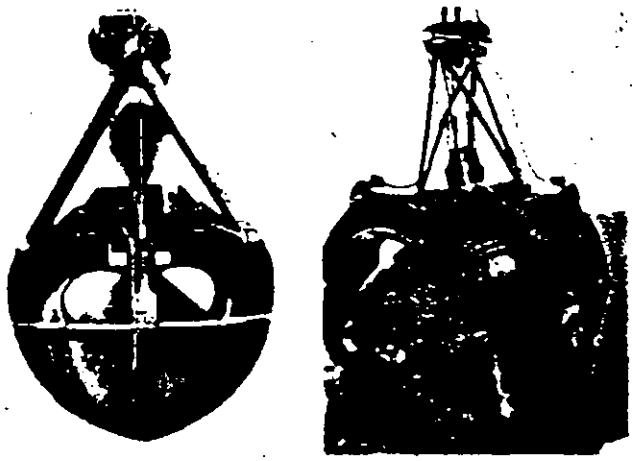


Fig. 8 – Granada

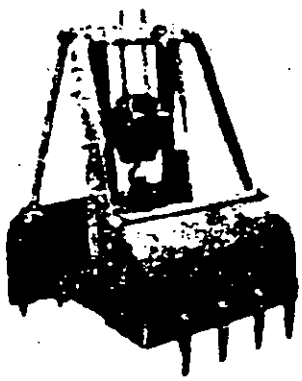


Fig. 9 – Almeja con dientes.

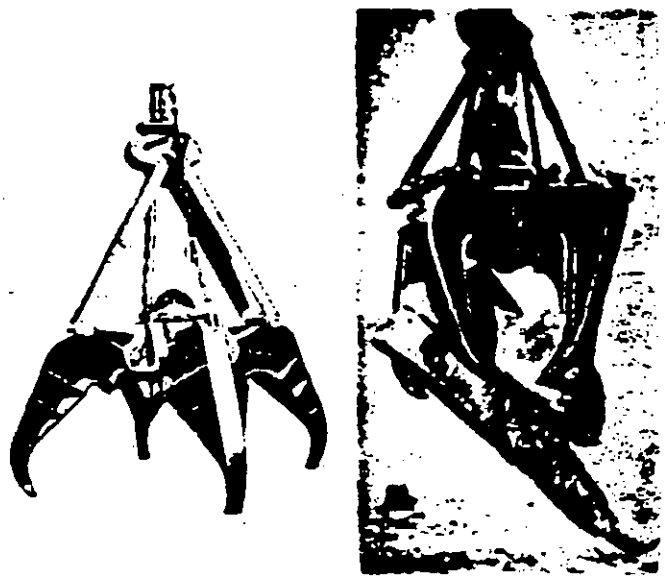


Fig. 10 – Garfios.

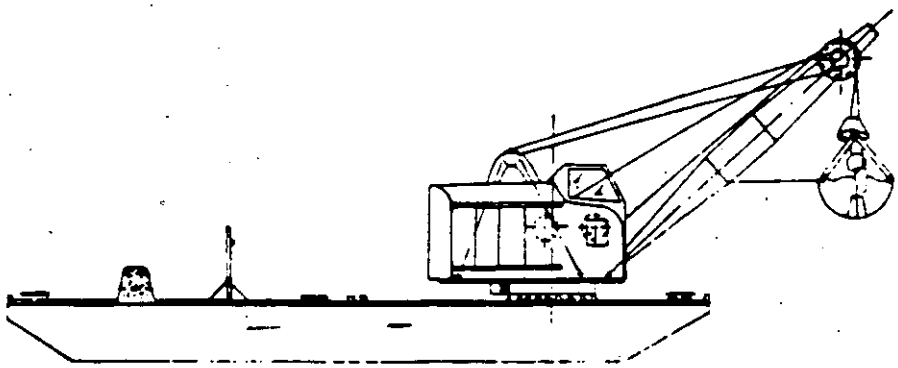


Fig. 11 — Draga de grúa . estacionaria.

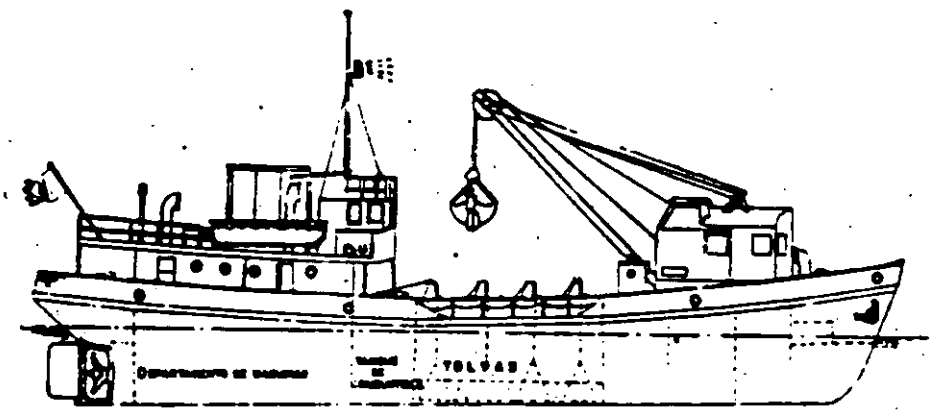


Fig. 12 — Draga de grúa autopropulsada con tolva

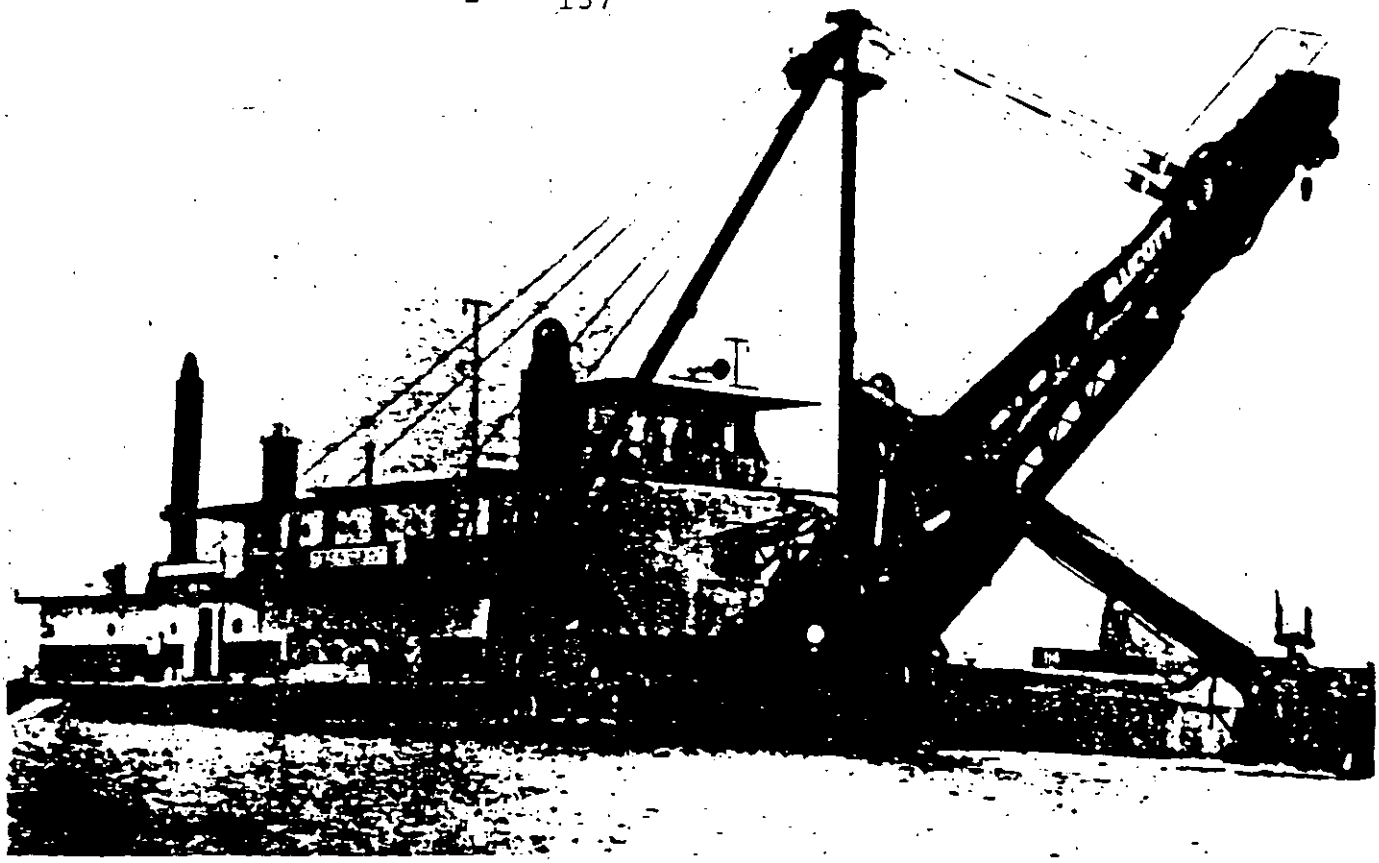


Fig. 13 – Draga de cucharón.

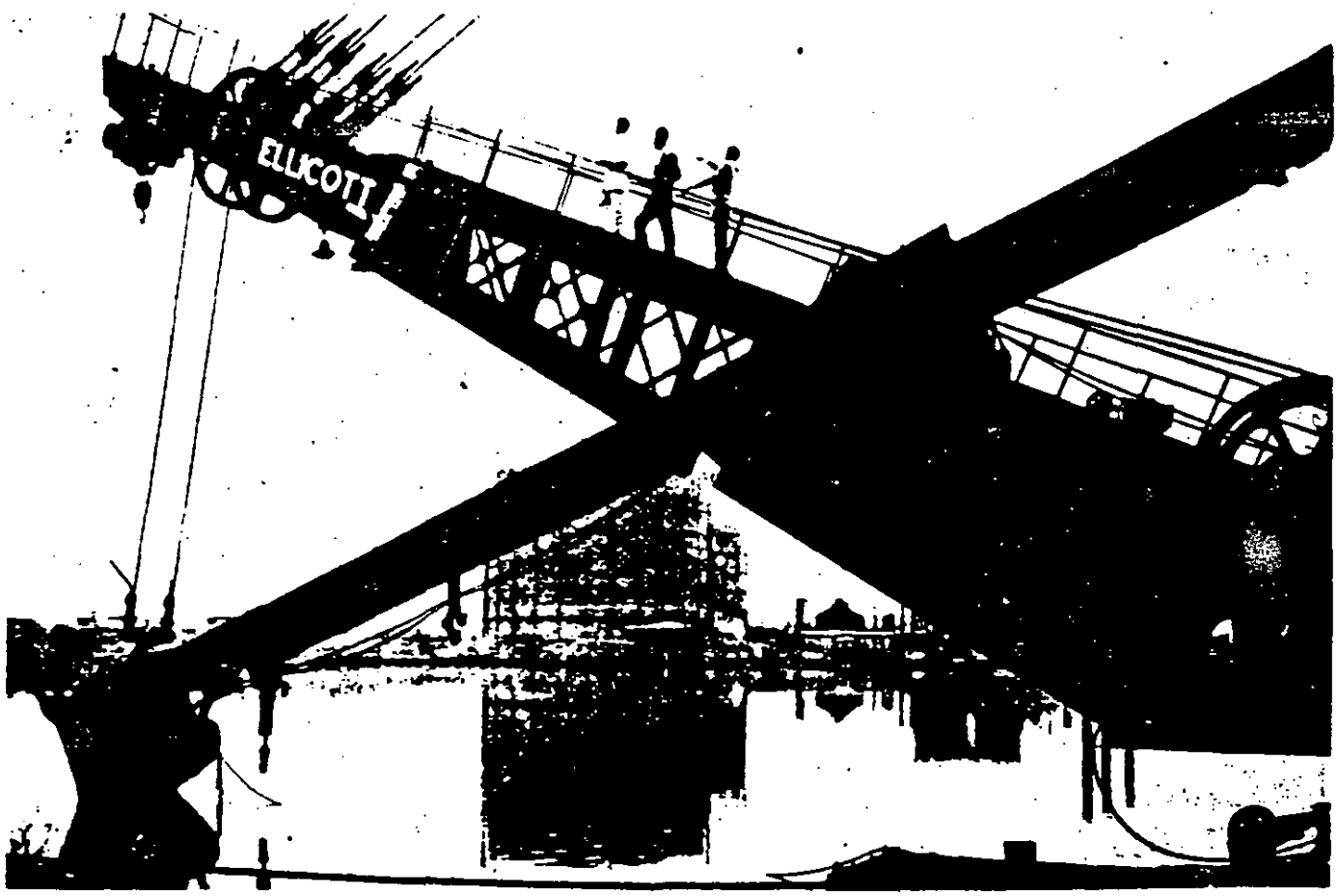


Fig. 14 — Brazo de ataque de una draga de cucharón.

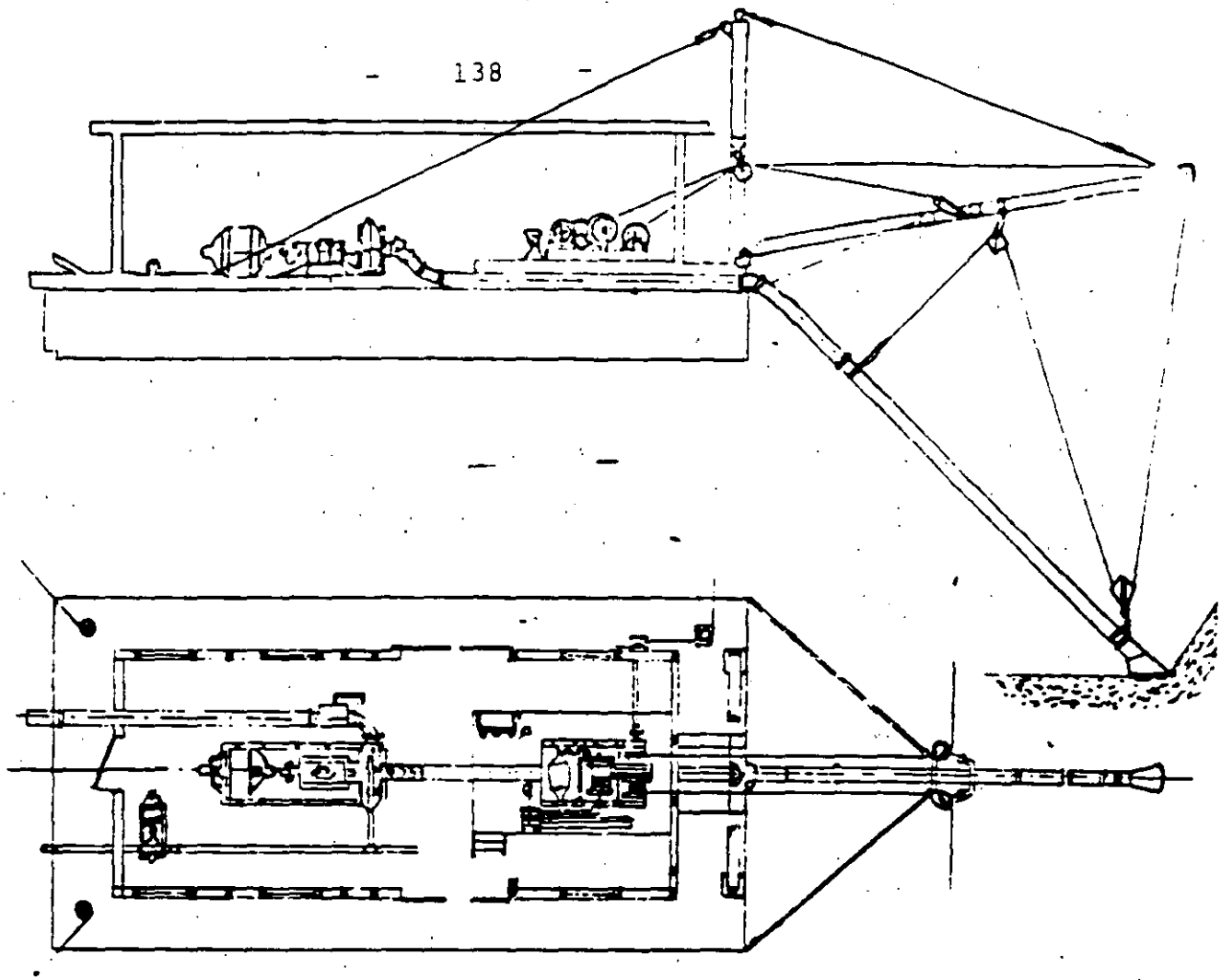


Fig. 15 Draga estacionaria de succión simple

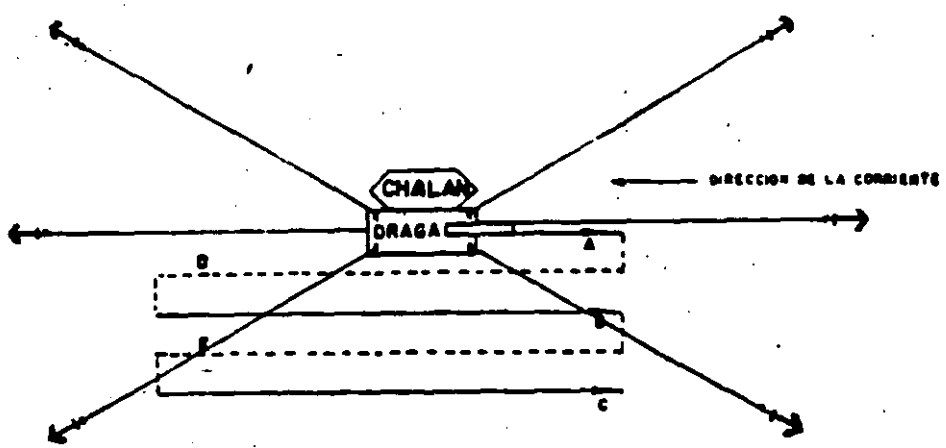


Fig. 16 Operación de una draga de succión simple

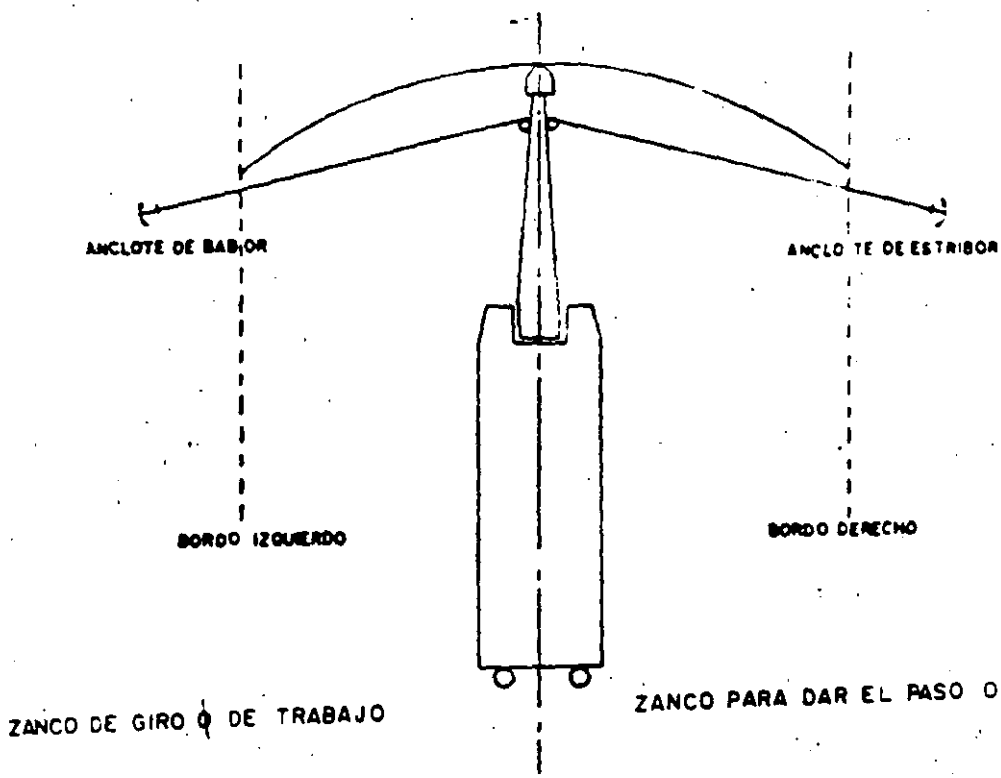


Fig. 17 Colocación de los anclotes de los traveses al comenzar la draga su operación.

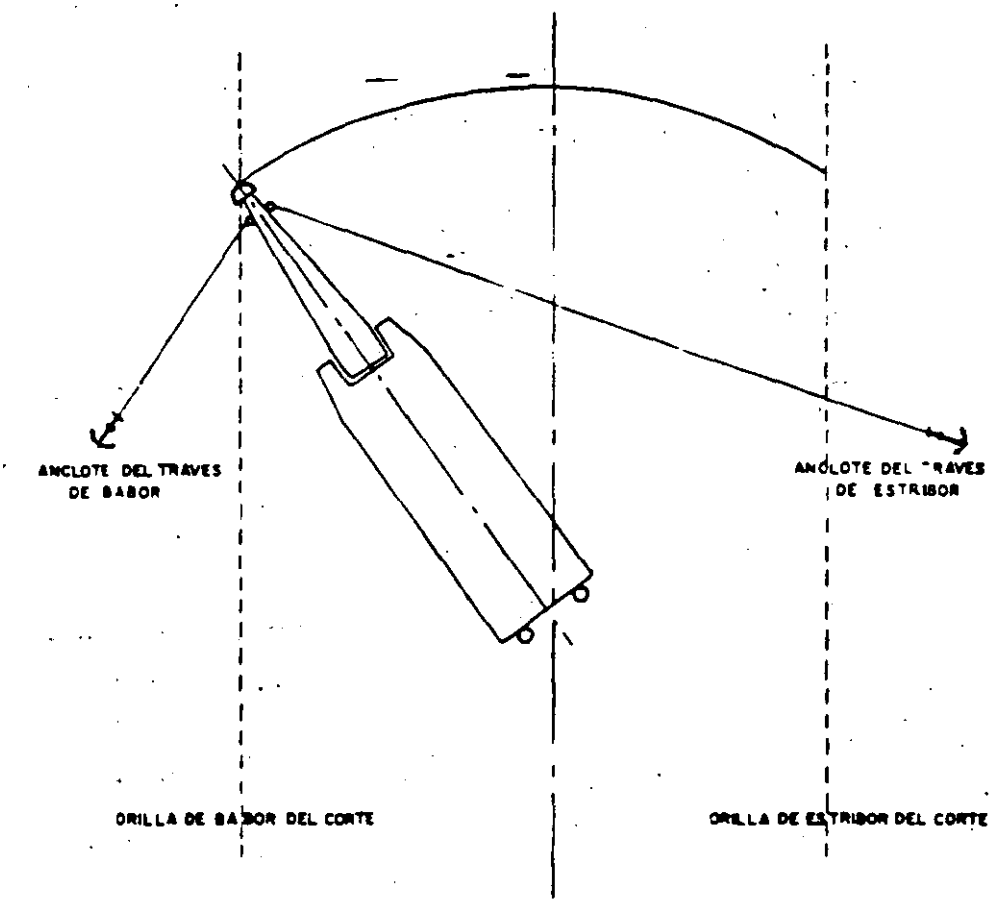
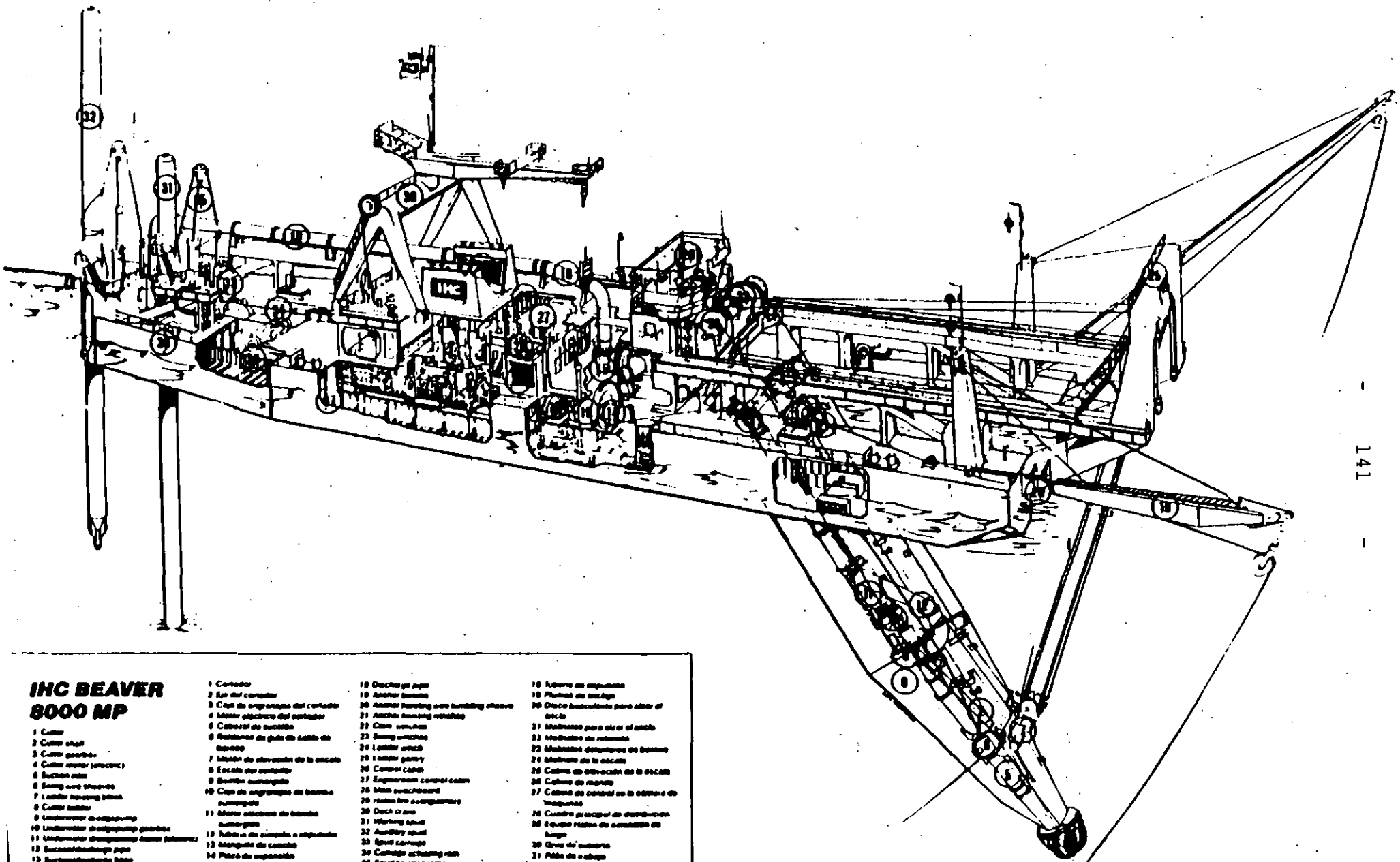


Fig. 18 Al quedar a popa los anclotes de los traveses deben enmendarse para evitar que la draga se retire del corte o se tuerzan los zancos.



IHC BEAVER 8000 MP

1 Cutter
2 Cutter shaft
3 Cutter gearbox
4 Cutter motor (electric)
5 Suction pipe
6 Swing wire drawing
7 Ladder hoisting block
8 Cutter ladder
9 Underwater dredgepump
10 Underwater dredgepump gearbox
11 Underwater dredgepump motor (electric)
12 Suction/discharge pipe
13 Suction/discharge hose
14 Expansion joint
15 Double walled dredgepumps
16 Gearbox
17 Diesel engines
18 Discharge pipe
19 Anchor winch
20 Anchor hoisting wire handling sheave
21 Anchor hoisting winches
22 Clam winches
23 Swing winches
24 Ladder winch
25 Ladder gantry
26 Control cabin
27 Engineroom control cabin
28 Main switchboard
29 Hydraulic submersible
30 Deck crane
31 Working spud
32 Auxiliary spud
33 Spud carriage
34 Carriage actuating ram
35 Spud housing ram
36 Carriage wheels
37 Aft bollard
38 Ventilation inlet
39 Exhaust system
40 Tubing on ship side
41 Platform on ship
42 Deck hatch/door for lower of spuds
43 Mooring for lower of spuds
44 Mooring for retrieval
45 Mooring dynamometer for bollard
46 Mooring for the winch
47 Cabins for elevation of the winch
48 Cabins for mooring
49 Cabins for control on the bottom of the hopper
50 Control panel for distribution
51 Equipment for connection of hose
52 Crane for outboard
53 Pipe on shore
54 Pipe outlet
55 Crane on pillars
56 Cabin for control of pillars
57 Cabins for elevation of pillars
58 Fixation for crane on pillars
59 Depositor for counterweights
60 Entrance to one of ventilation
61 Exhaust to one of ventilation

FIG. 19

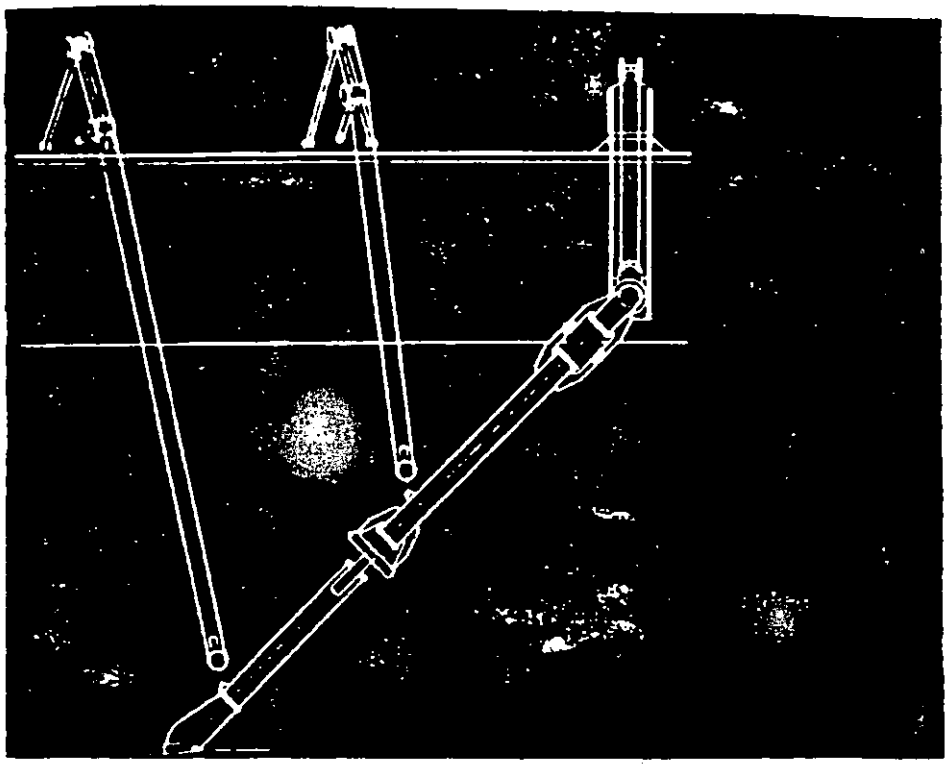


Fig. 20 Pescante del tubo lateral de succión

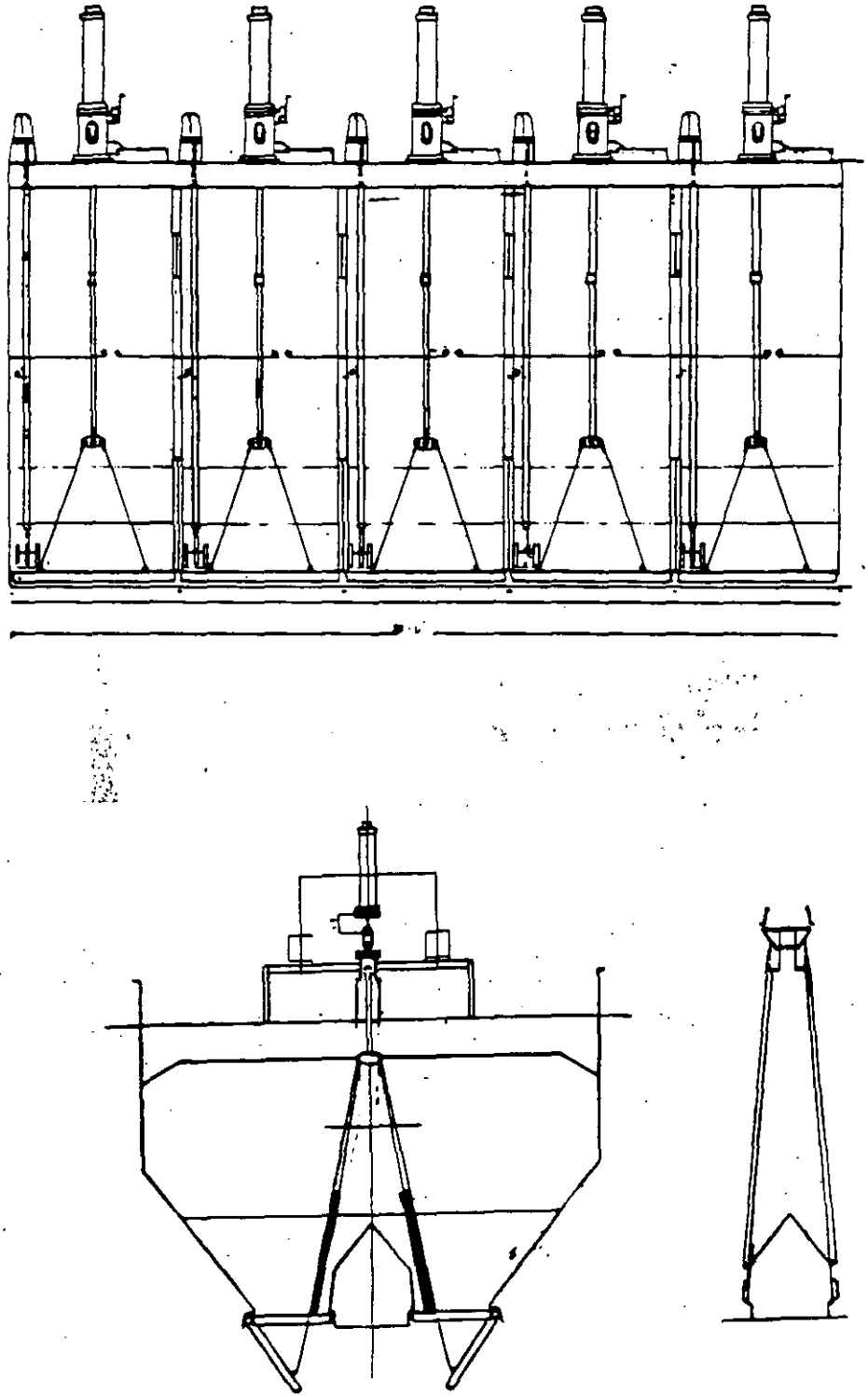


Fig. 21 Corte longitudinal y transversal de la tolva de una draga autopropulsada

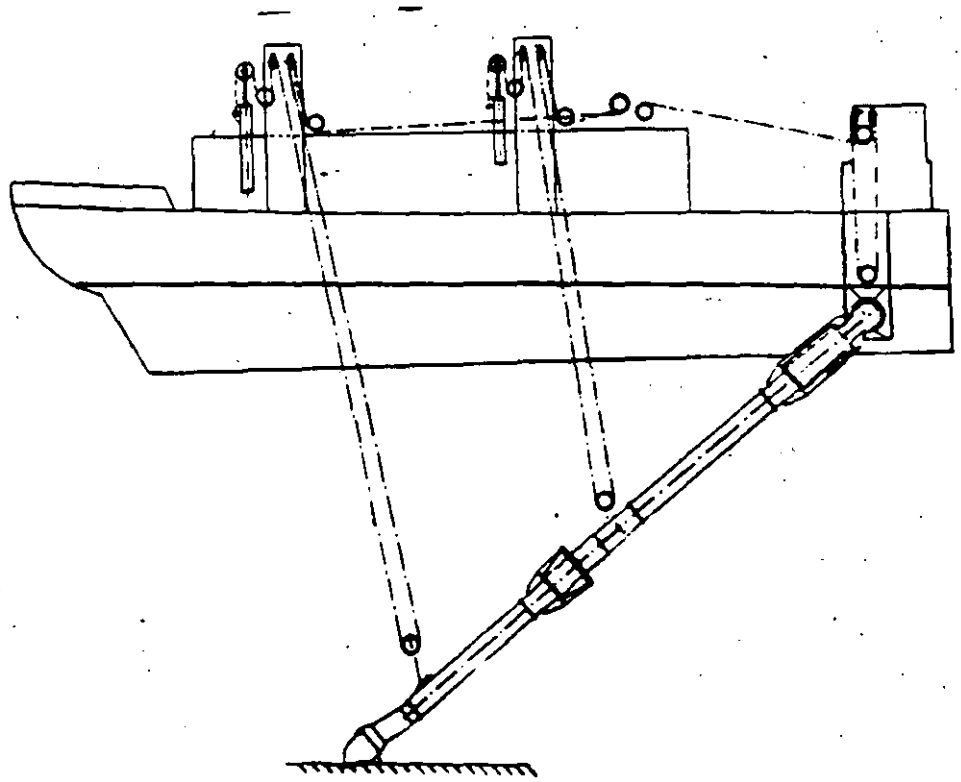


Fig. 22 Amortiguador de oleaje instalado en una draga autopropulsada

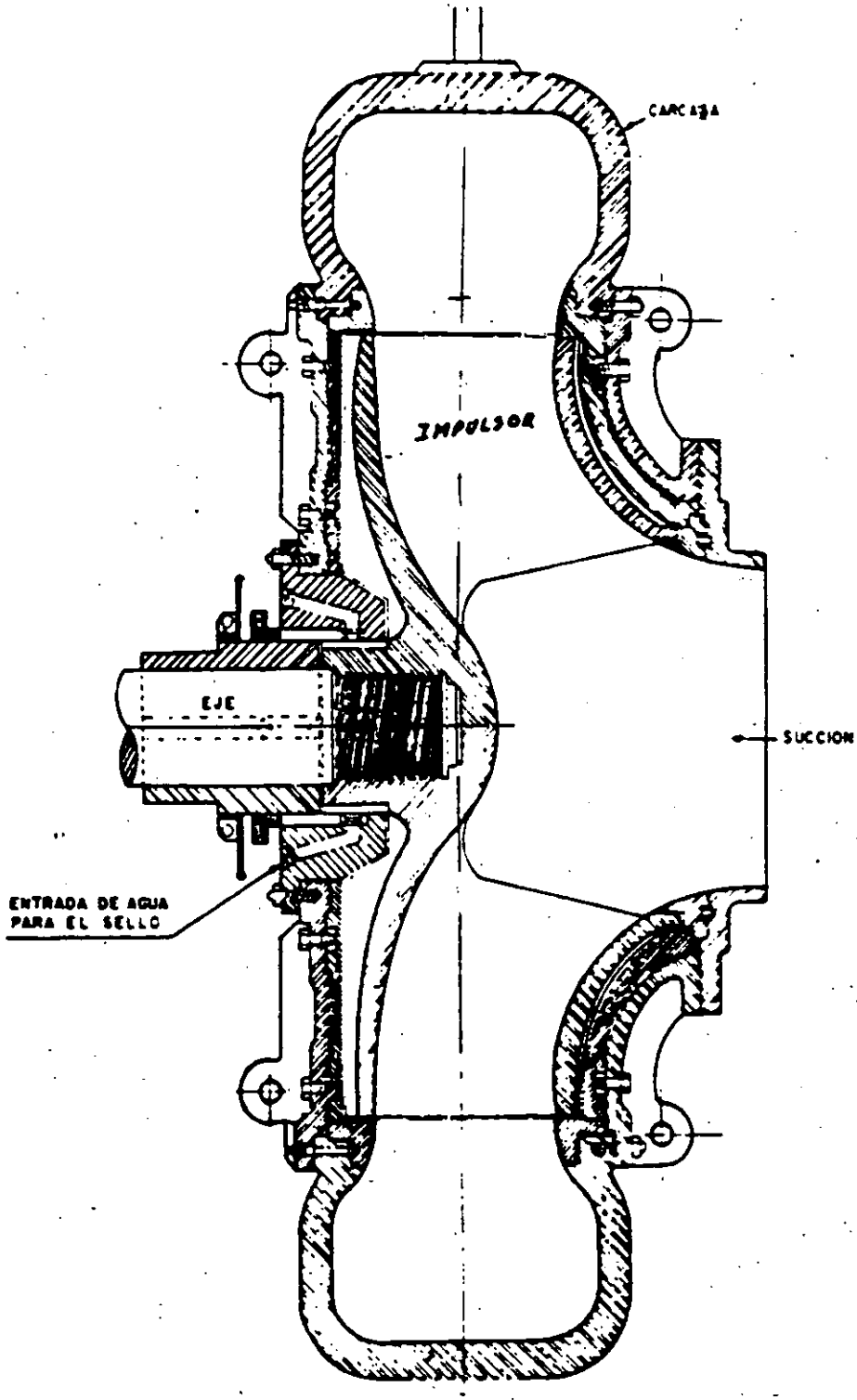


Fig. 23 Sección transversal de la bomba centrífuga de dragado.

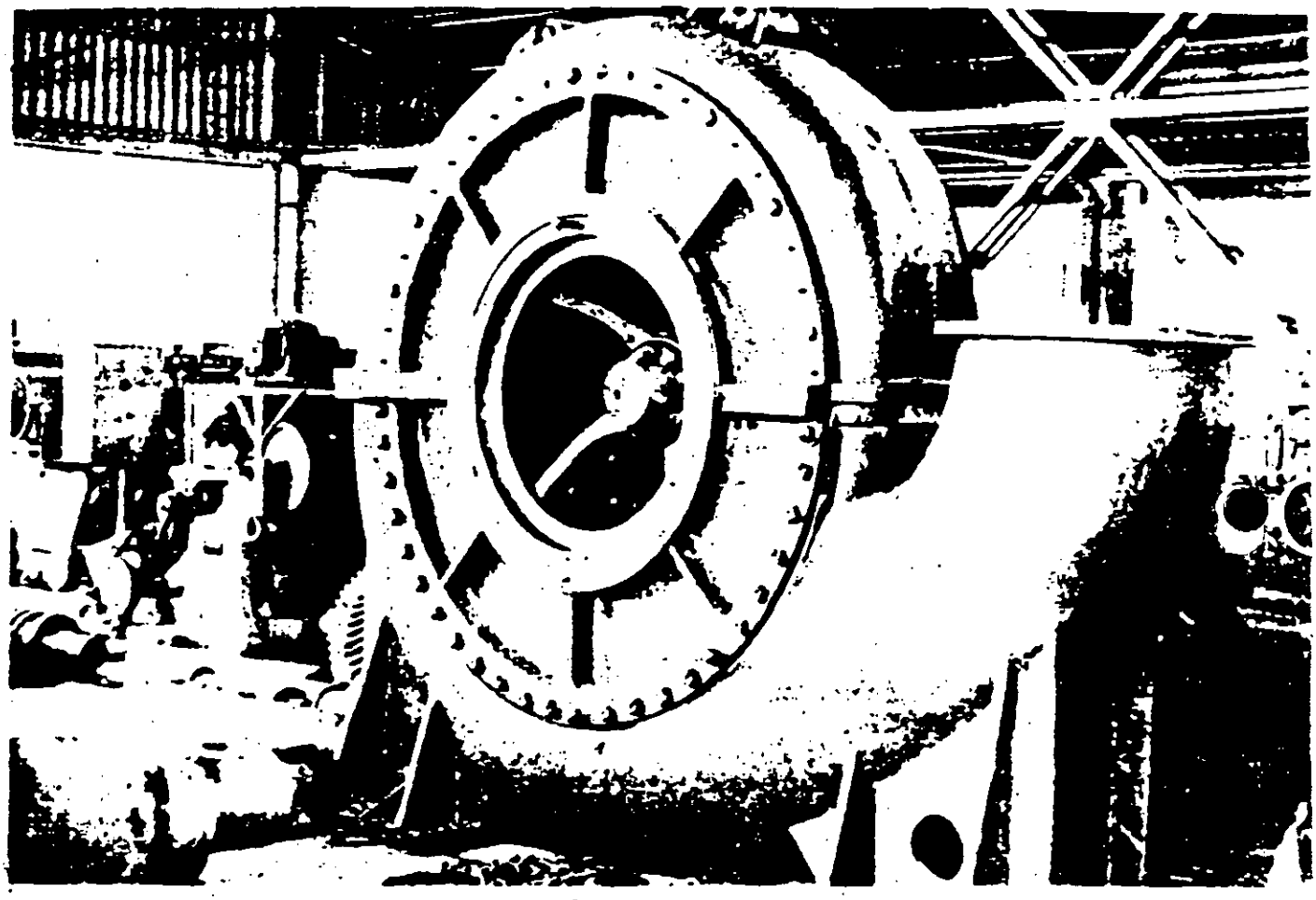


Fig. 24 Carcaza de la bomba de dragado

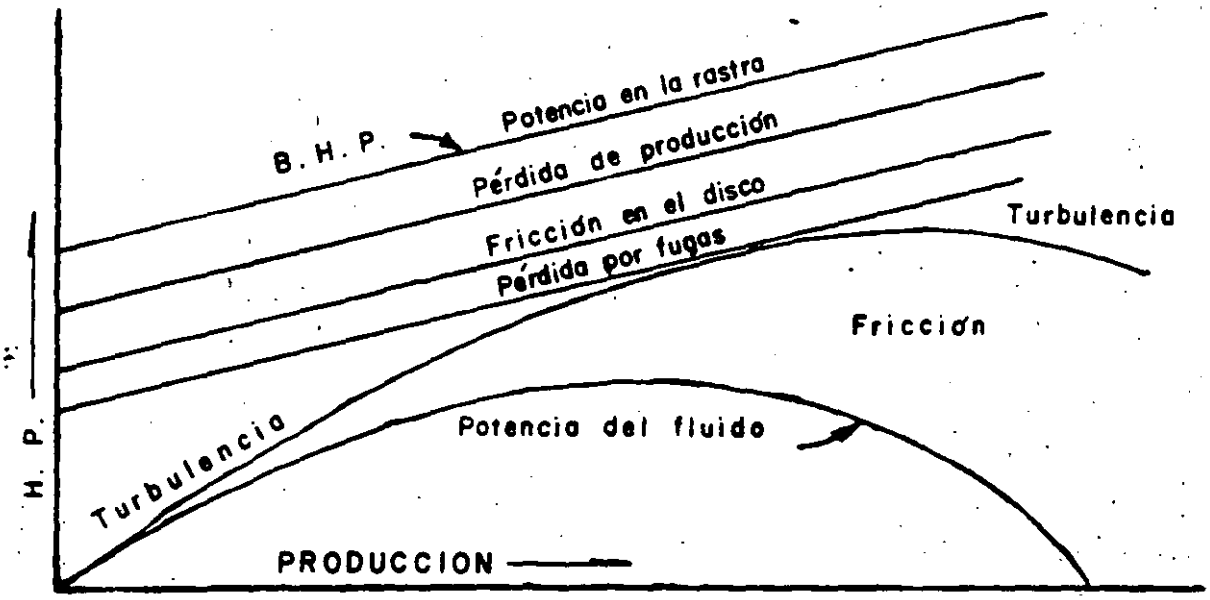
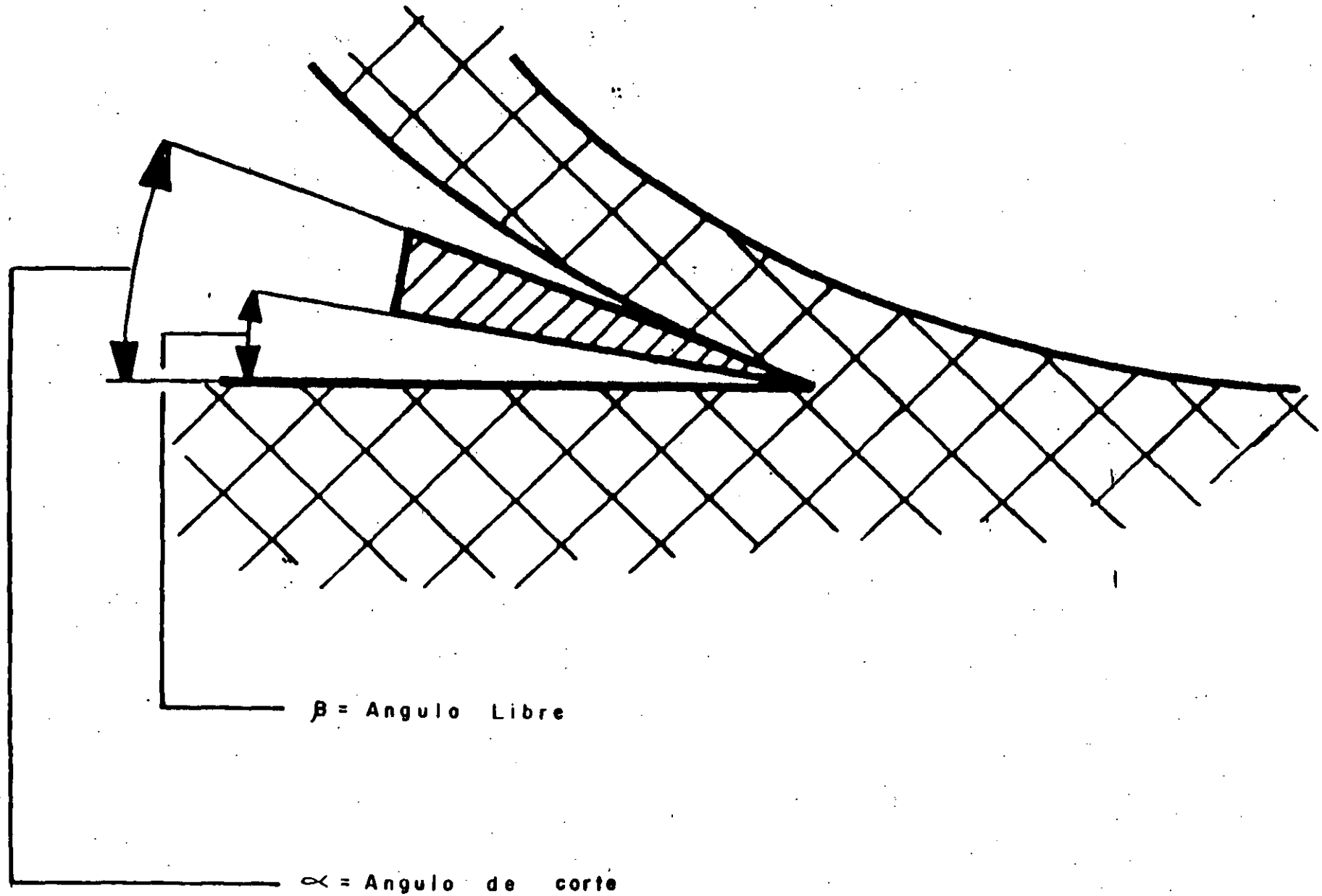


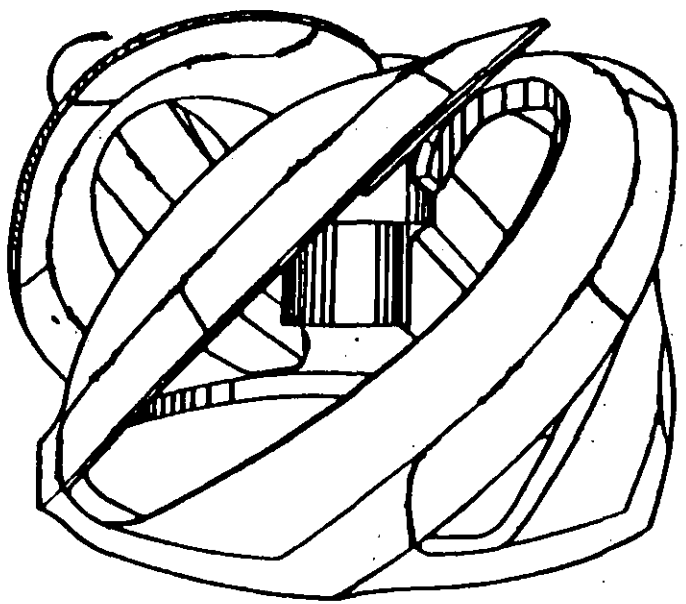
Fig. 25 – Pérdidas en la bomba de dragado



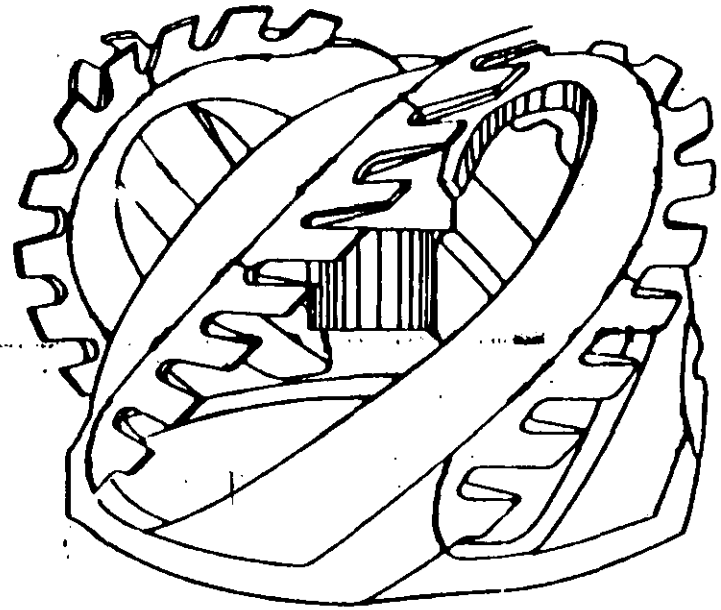
ANGULOS DE CORTE Y LIBRE DE LOS DIENTES DEL CORTADOR

FIG. 26

DIVERSOS CORTADORES



Bordo Plano (Arena o Material Blando)



Bordo de Sierra (Material Compacto)

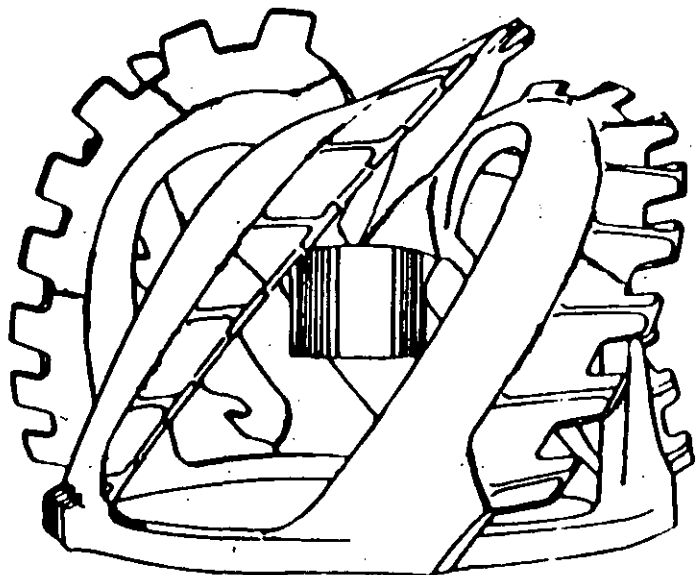
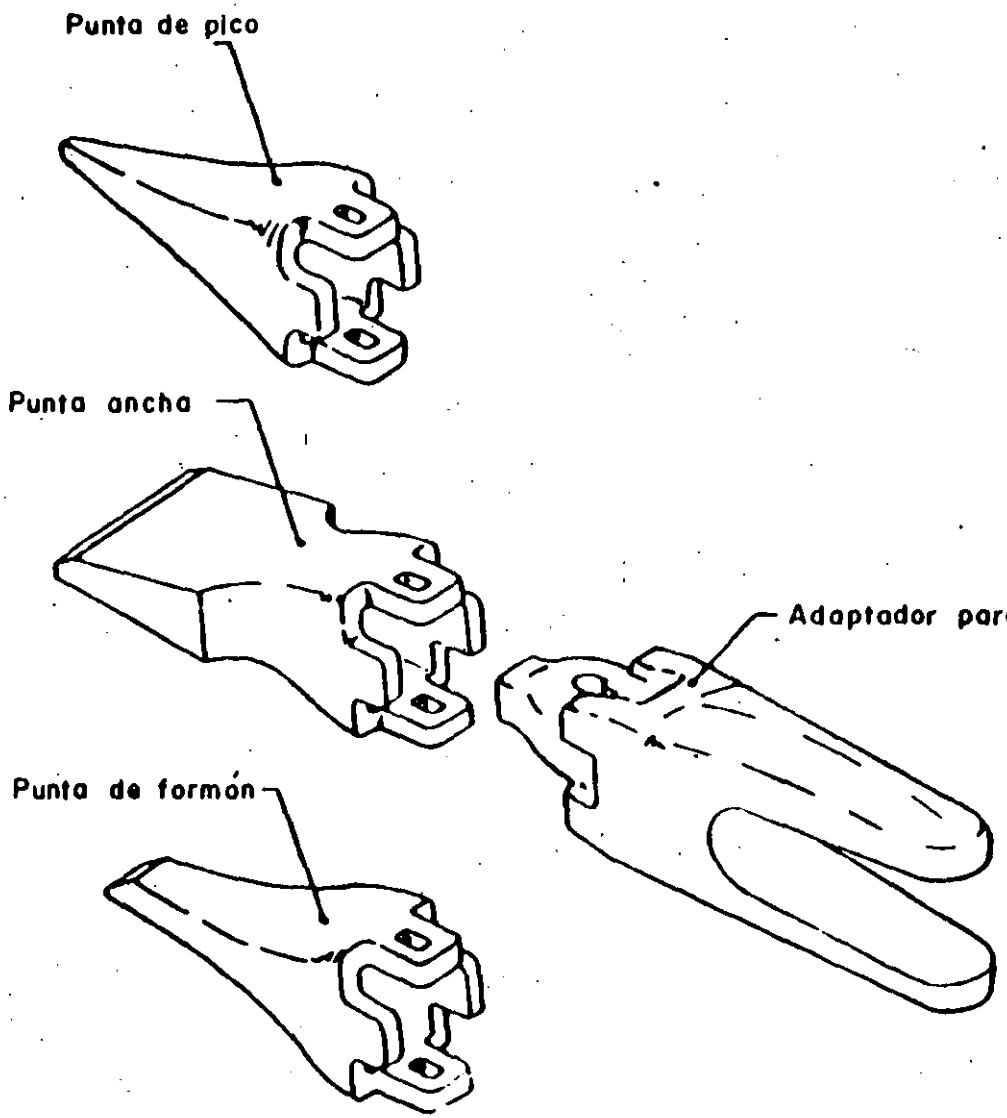
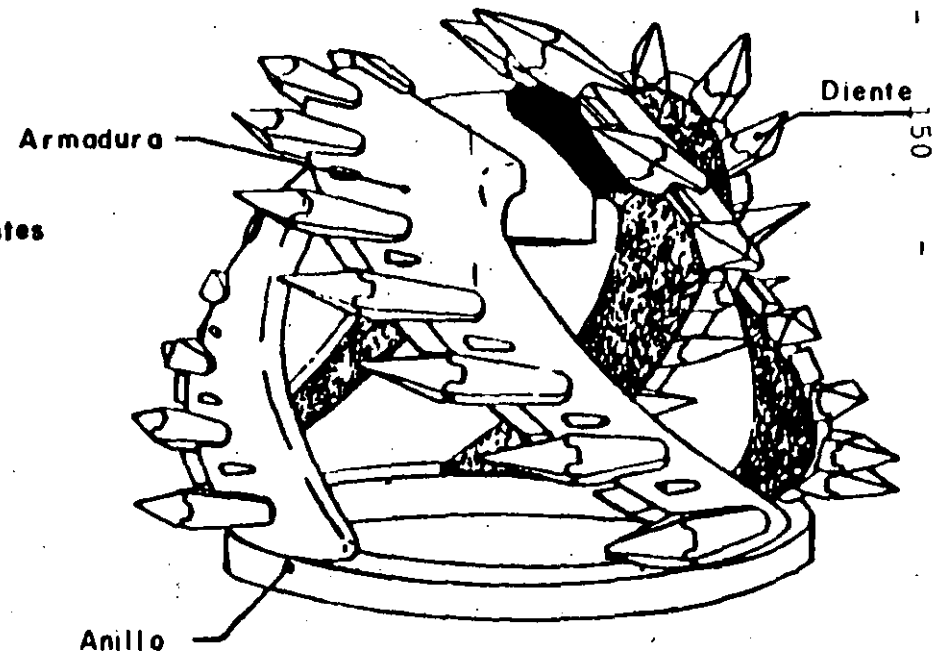


FIG. 27

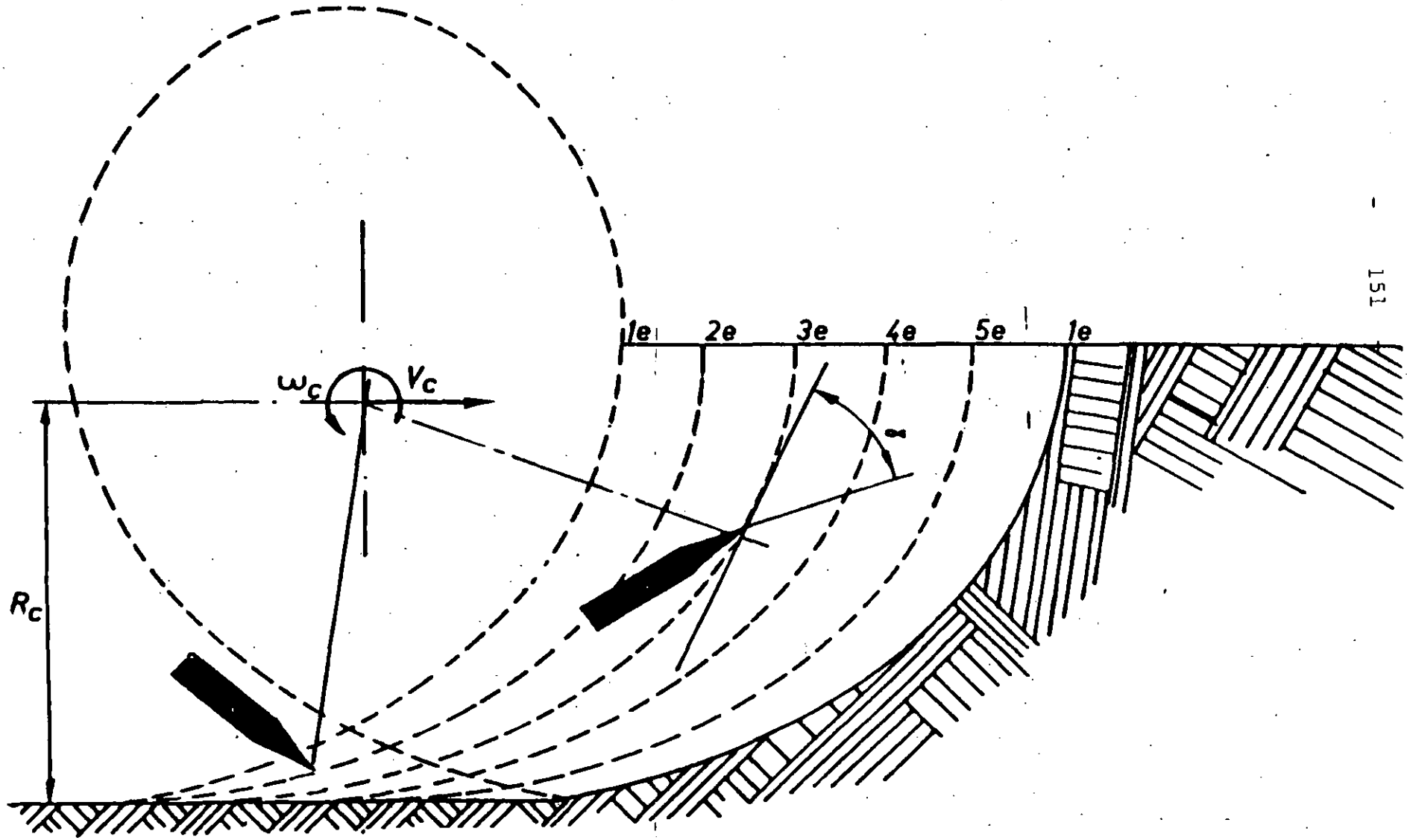


DIENTES DEL CORTADOR



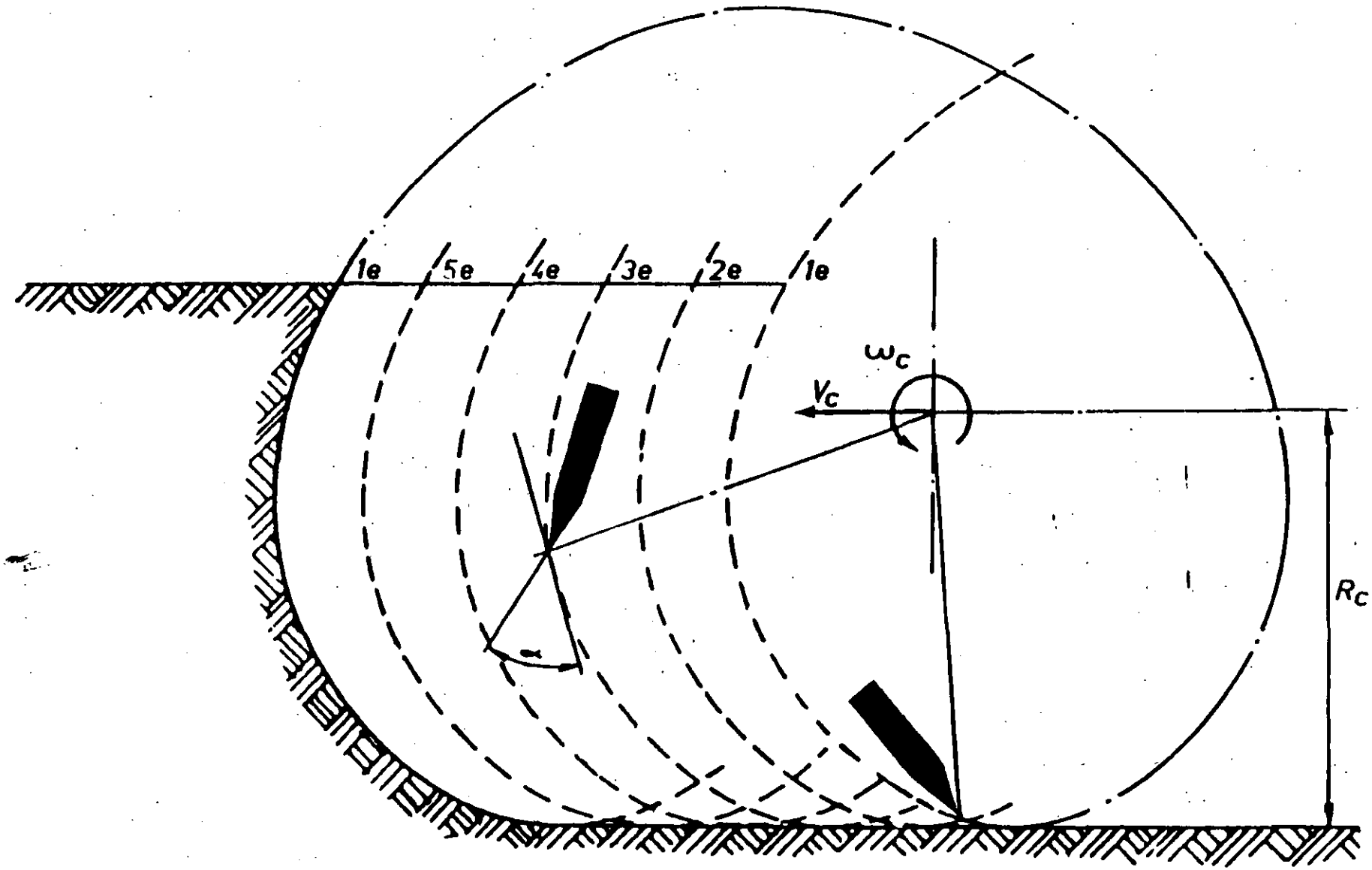
DIENTES PARA MATERIAL MUY COMPACTO

FIG. 28



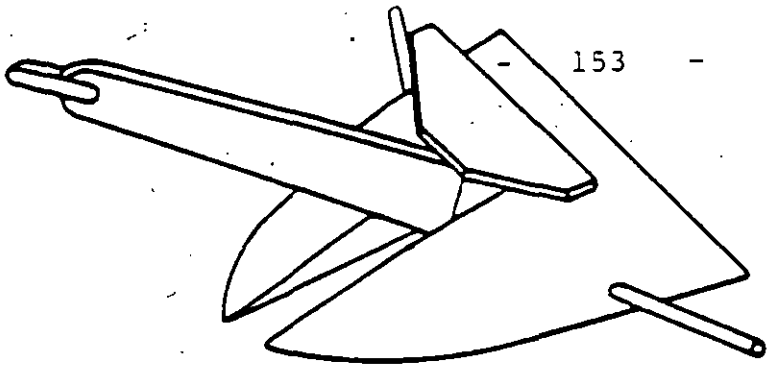
CORTE HACIA ARRIBA

FIG. 29

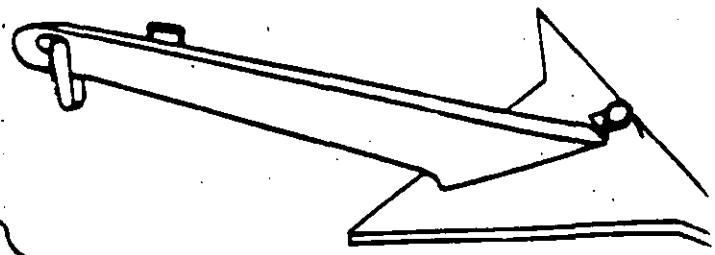


CORTE HACIA ABAJO

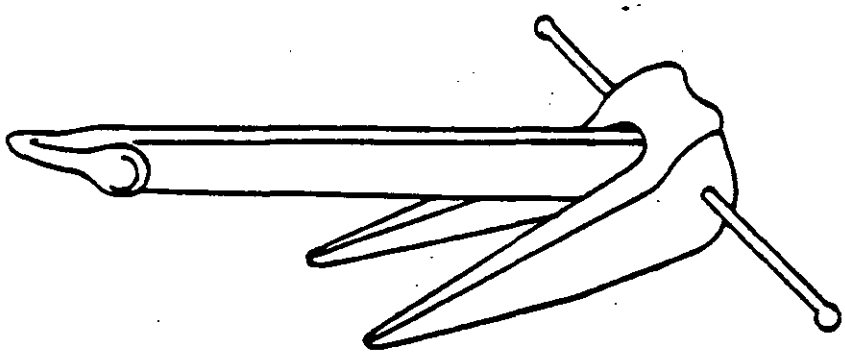
FIG. 30



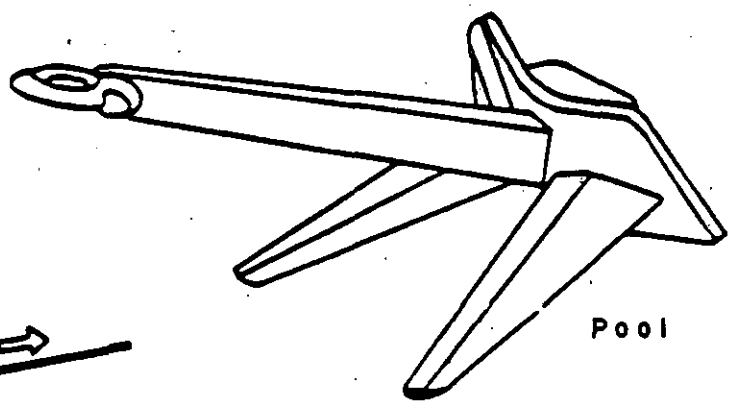
Stevin



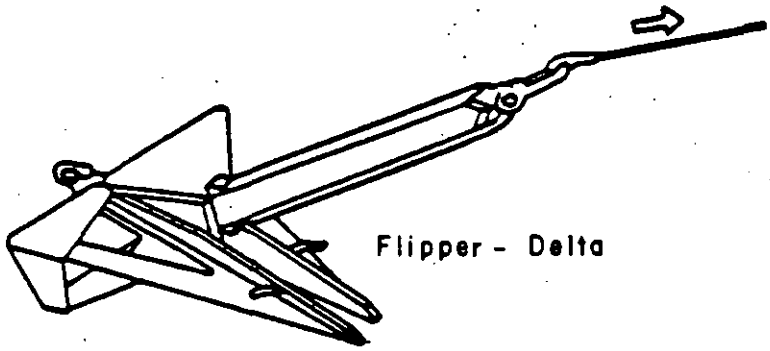
Delta



Danforth



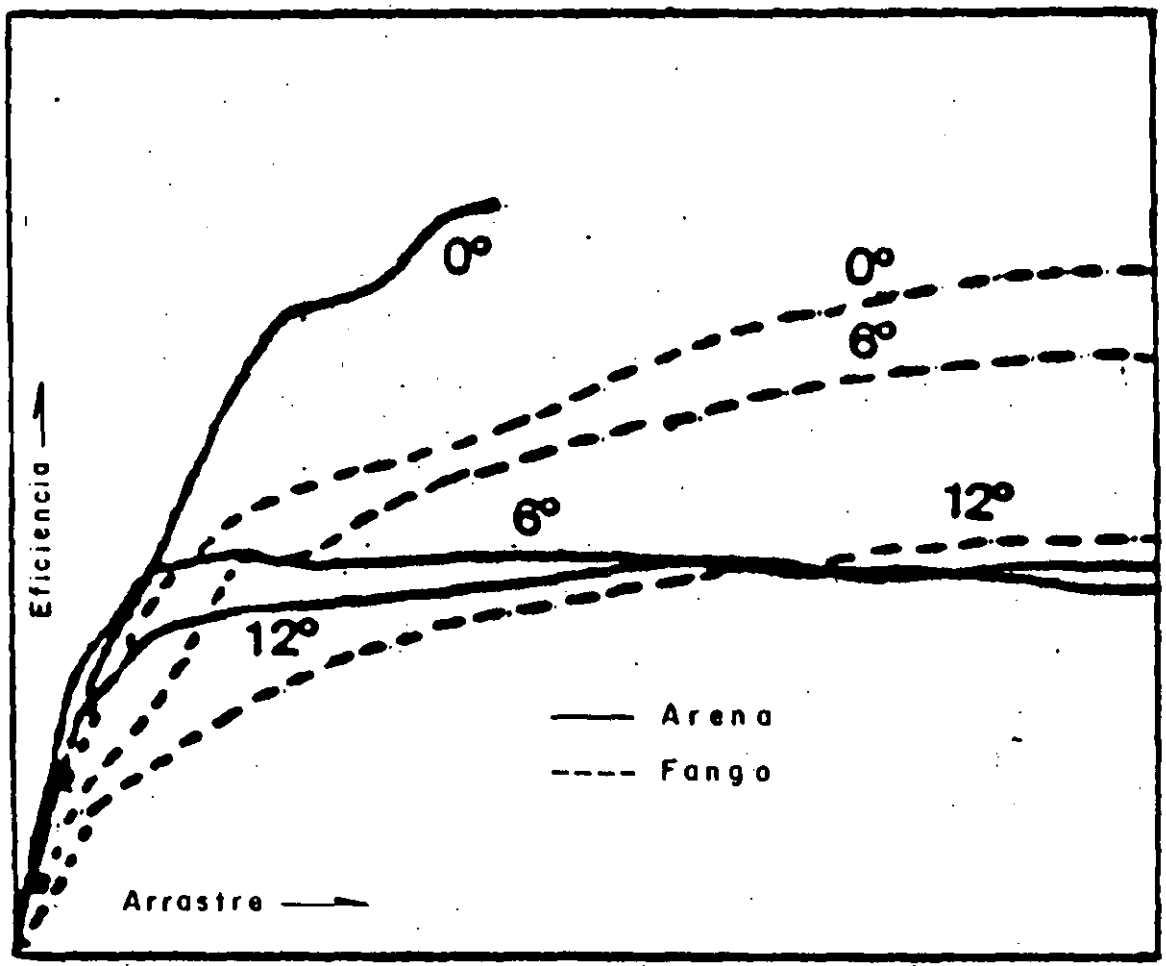
Pool



Flipper - Delta

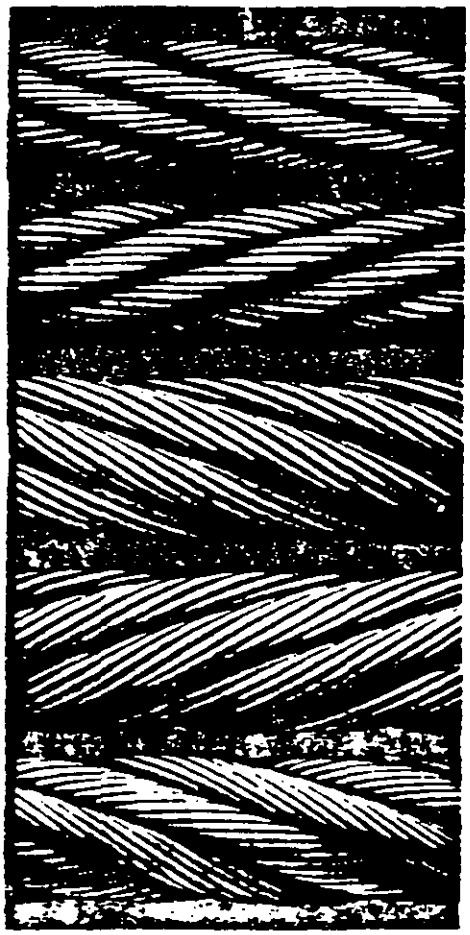
DIVERSOS TIPOS DE ANCLA

VARIACION DE LA FUERZA DE RETENCION EN ARENA O FANGO SEGUN EL ANGULO DE TIRO



$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Fuerza de Retención}}{\text{Peso de Ancla}}$$

FIG. 32



REGULAR DERECHO

REGULAR IZQUIERDO

LANG DERECHO

LANG IZQUIERDO

ALTERNADO O HERRINGBONE

Fig. 33 – Torcido de los cables de acero.

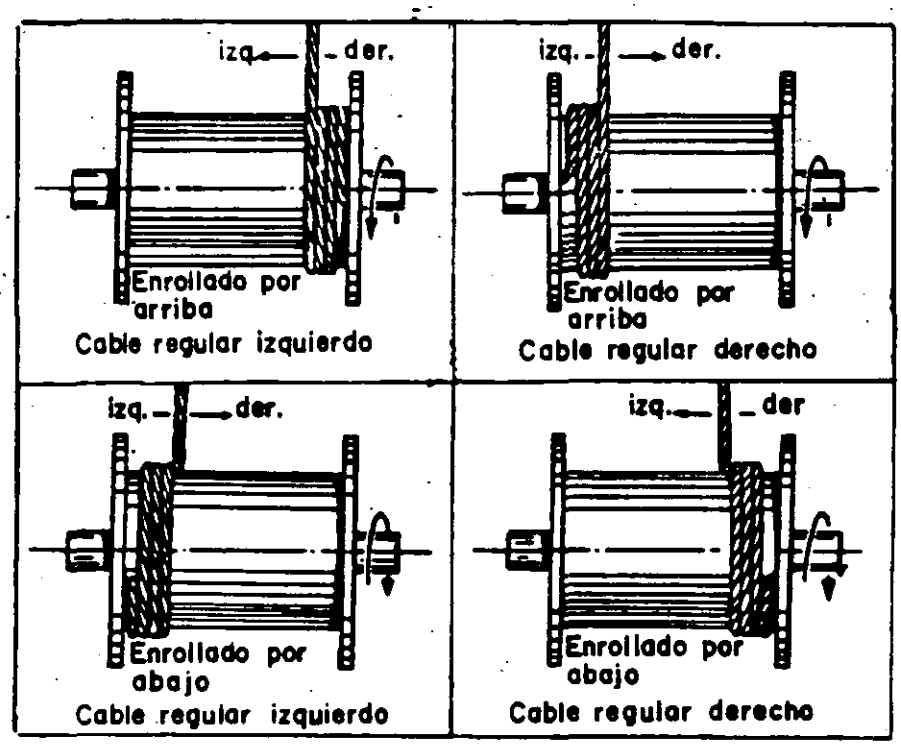


Fig. 34 Recomendaciones para enrollado en el tambor

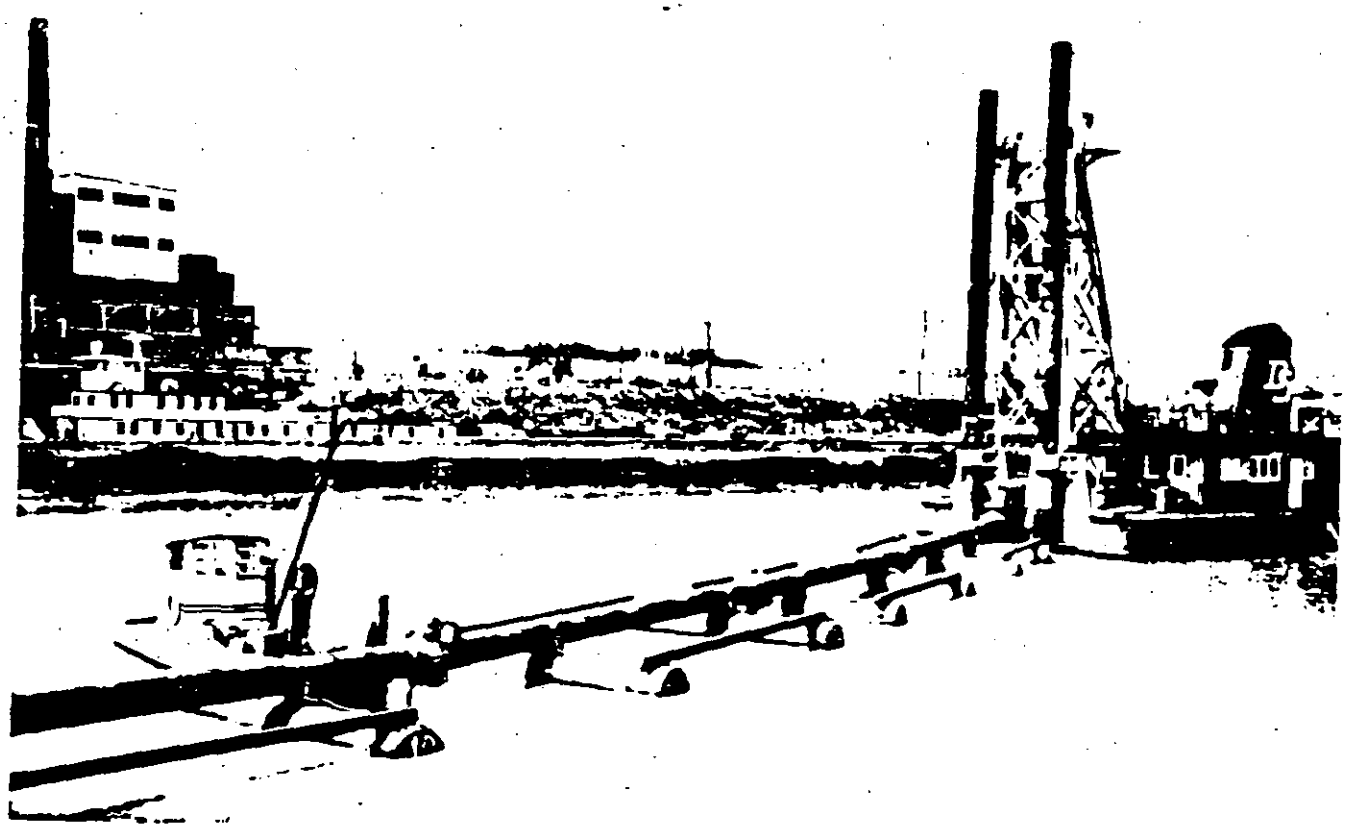
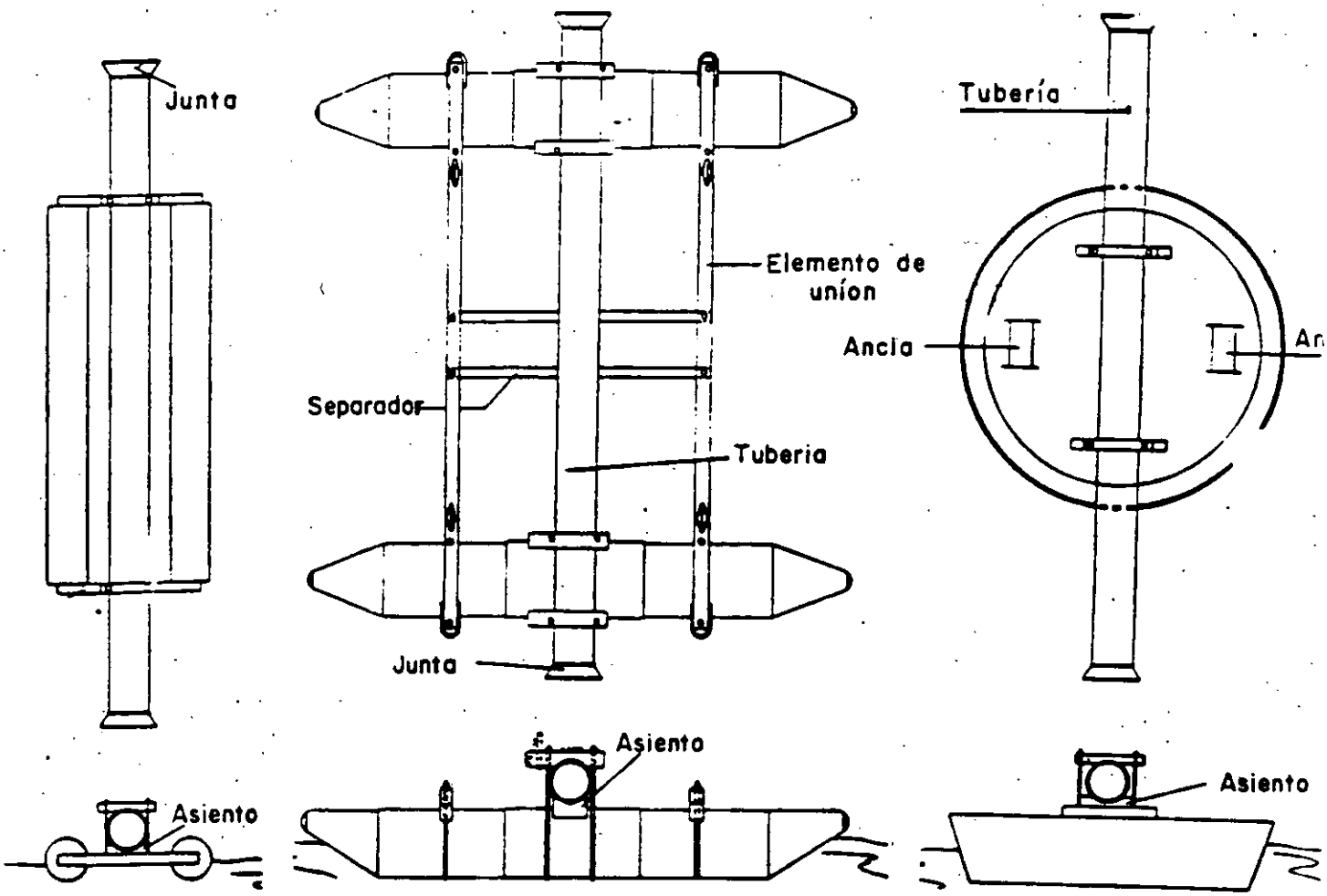


Fig. 35 – Tuberia flotante sobre pontones.


Junta
Elemento de unión
Separador
Tubería
Junta
Asiento
Tubería
Ancla
Asiento
Asiento

PONTONES

PROCESADORA CENTRAL DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO

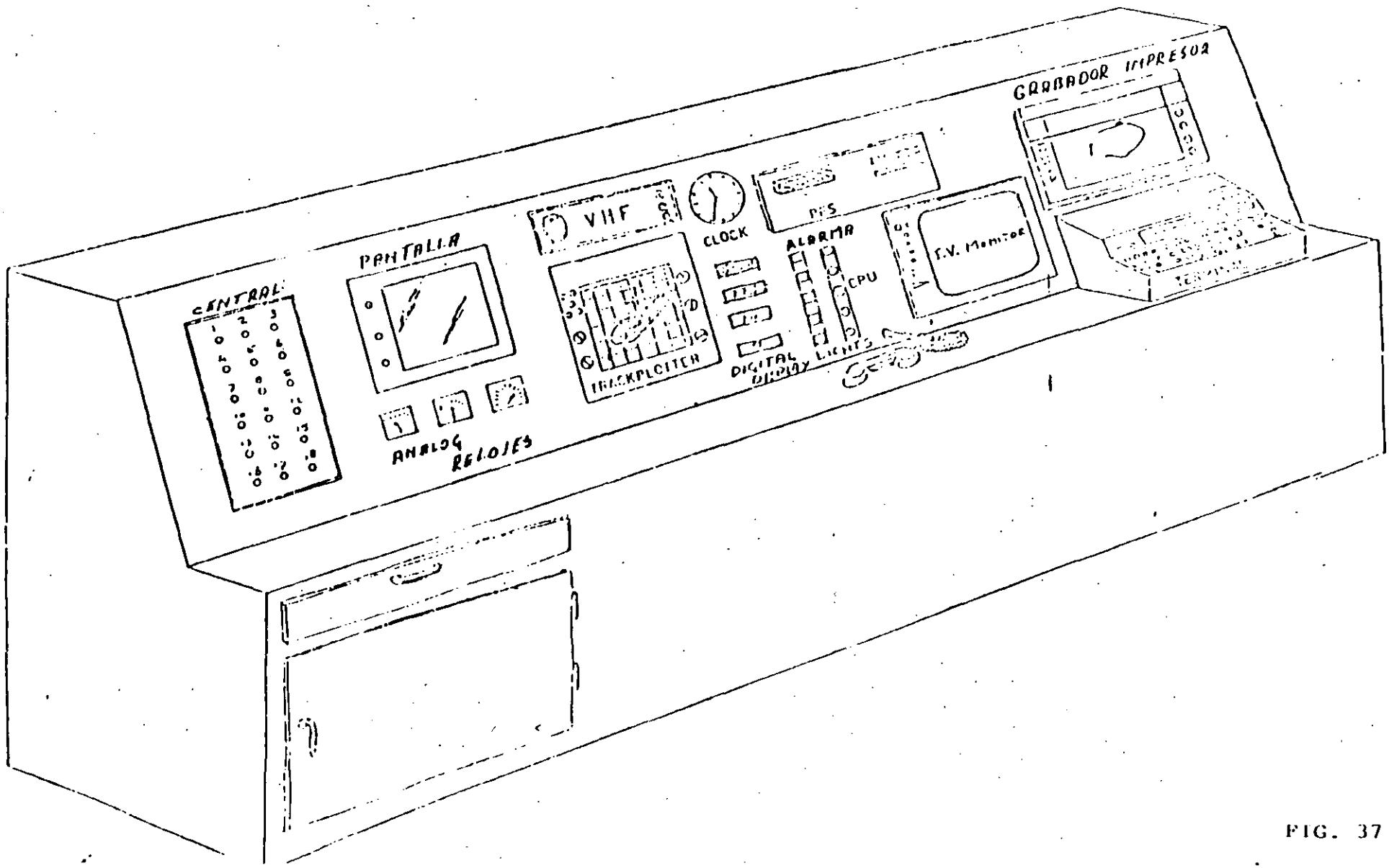


FIG. 37

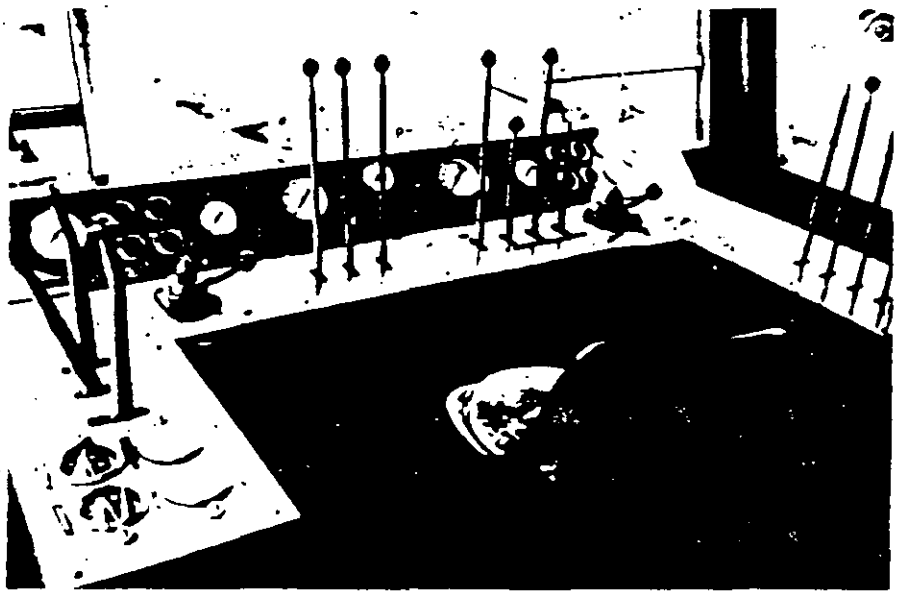


Fig. 38 – Consola de dragado, draga estacionaria

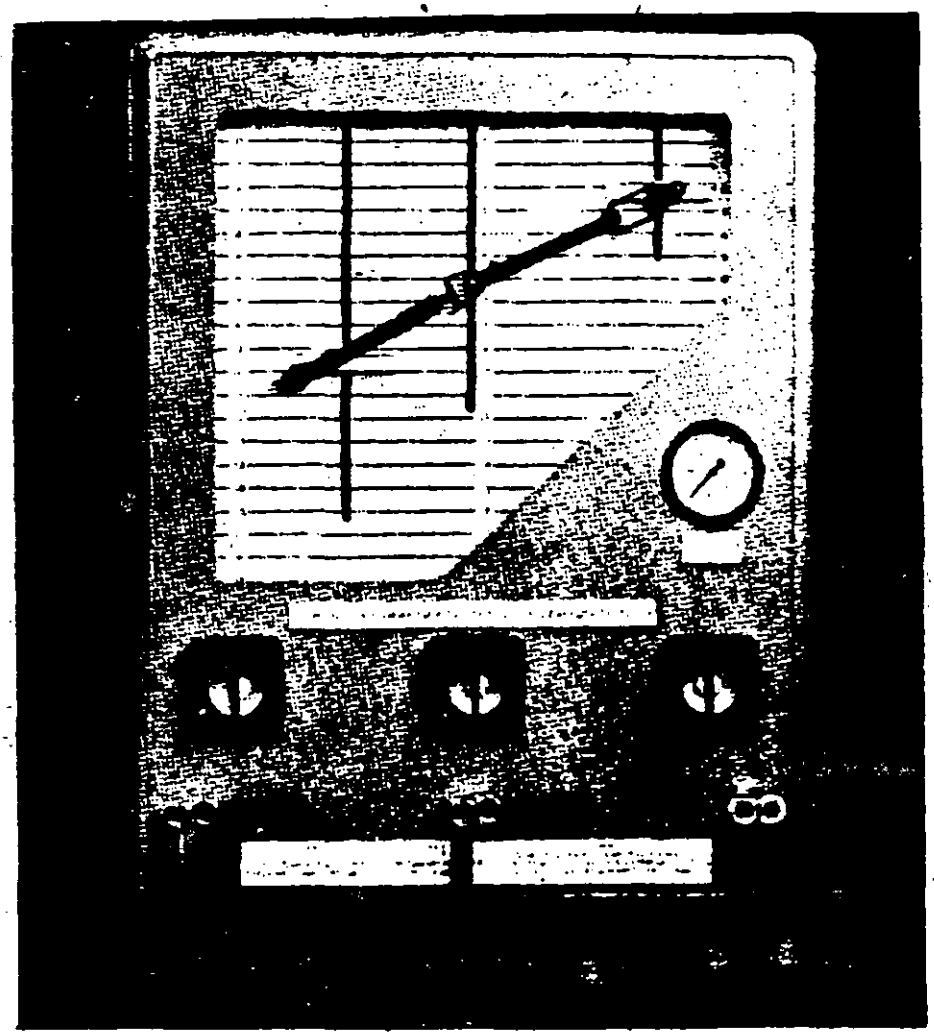


Fig. 39 Indicador de posición del tubo lateral de succión

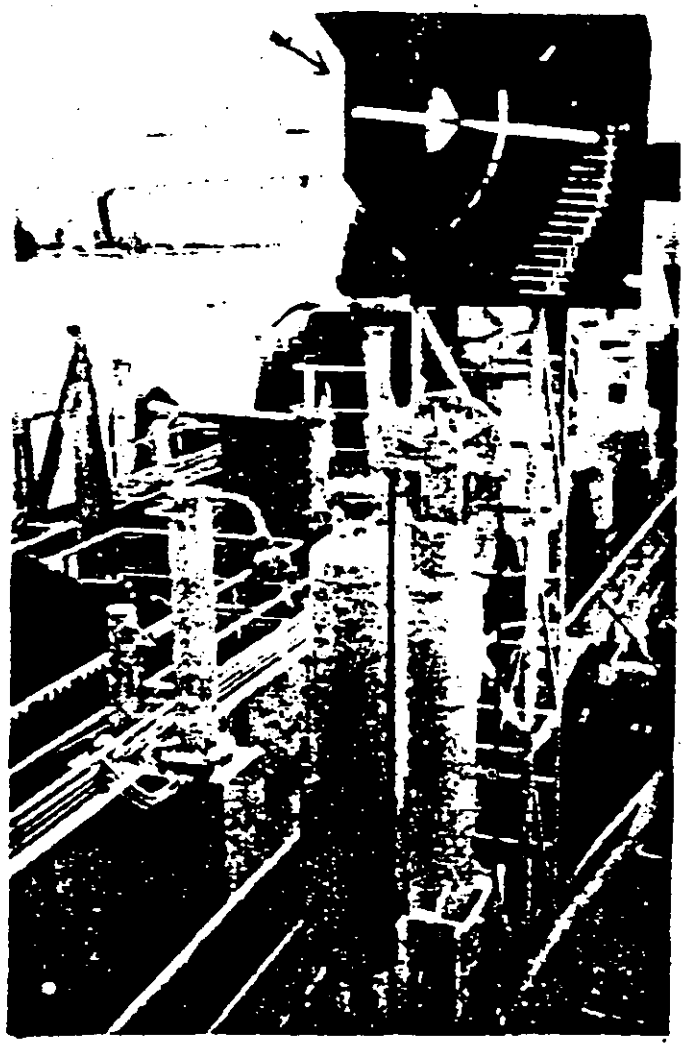


Fig. 40 Indicador de la posición del tubo lateral de succión

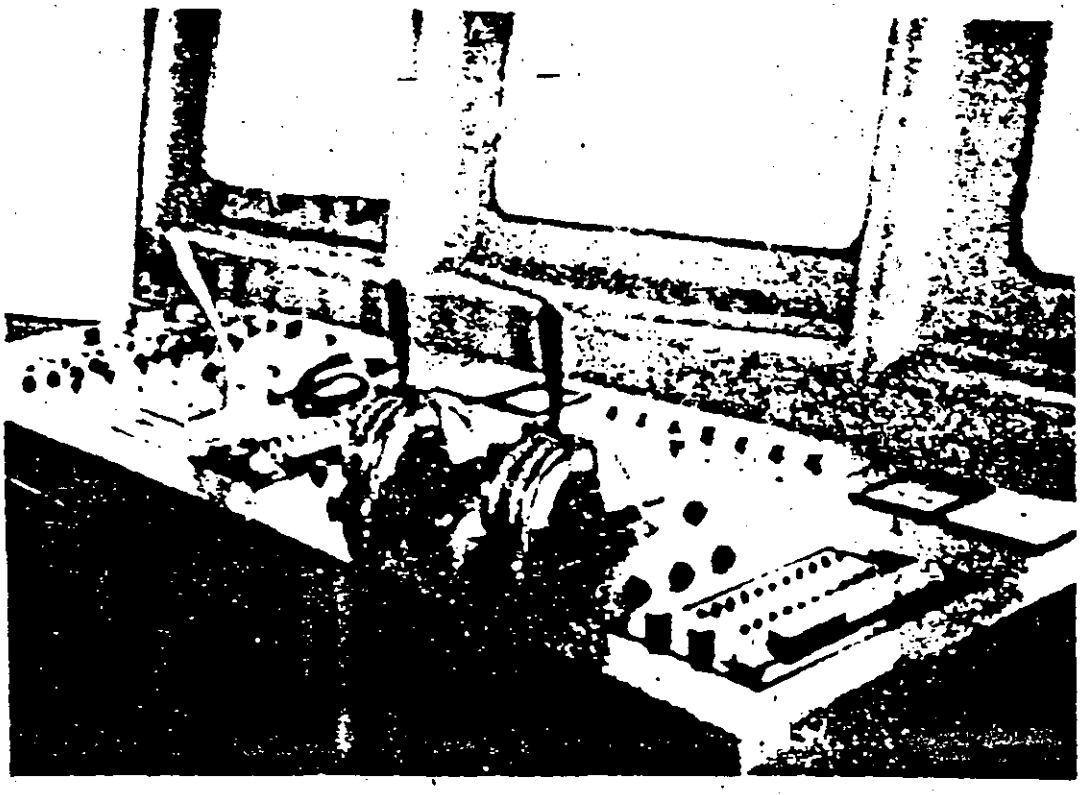


Fig. 41 Consola de navegación situada en el puente

Fig. 42 Ecosonda, Radar y Consola de Dragado

GRAFICA DE LA OPERACION CONTINUA DE UNA DRAGA AUTOPROPULSADA

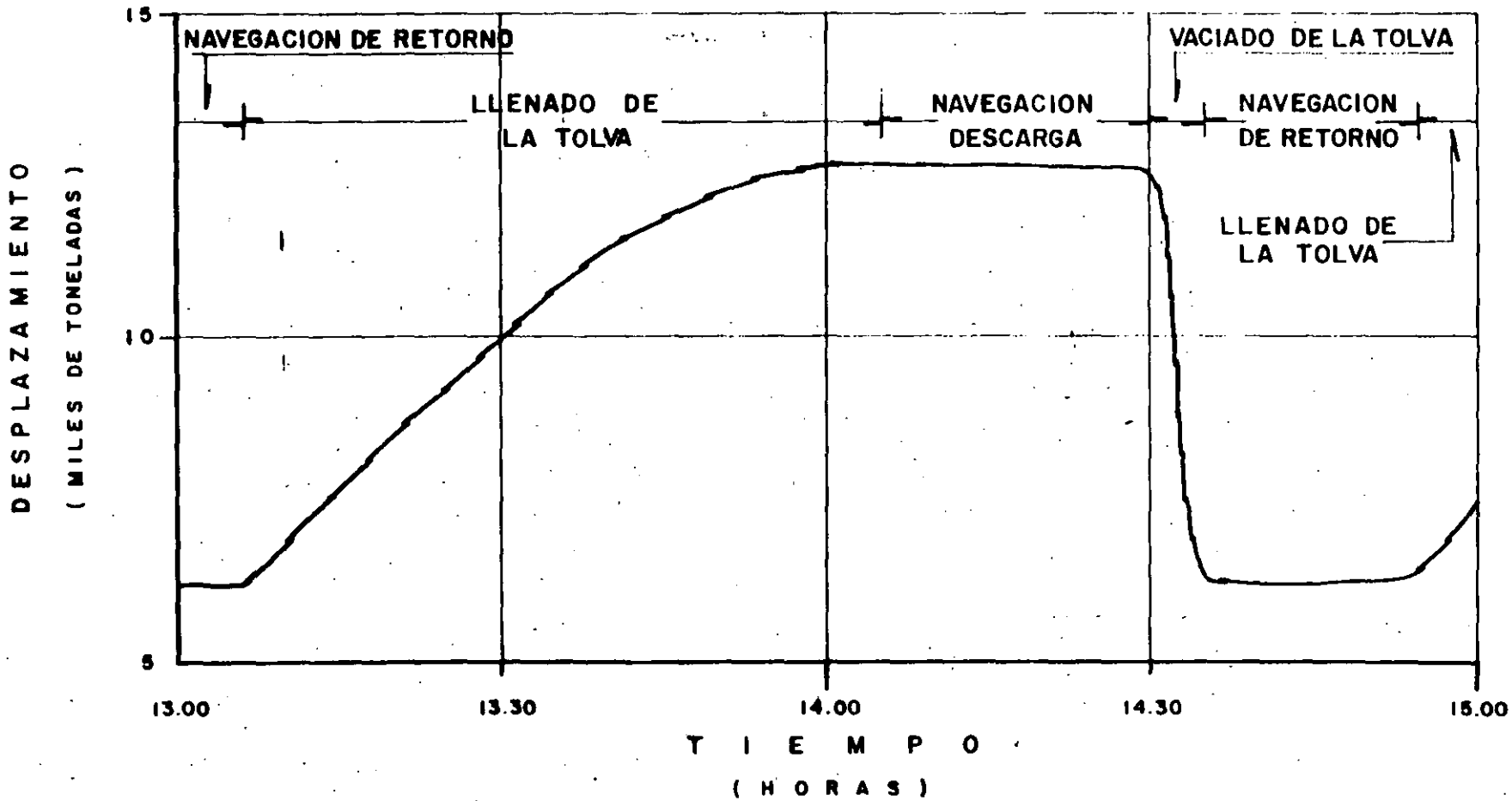


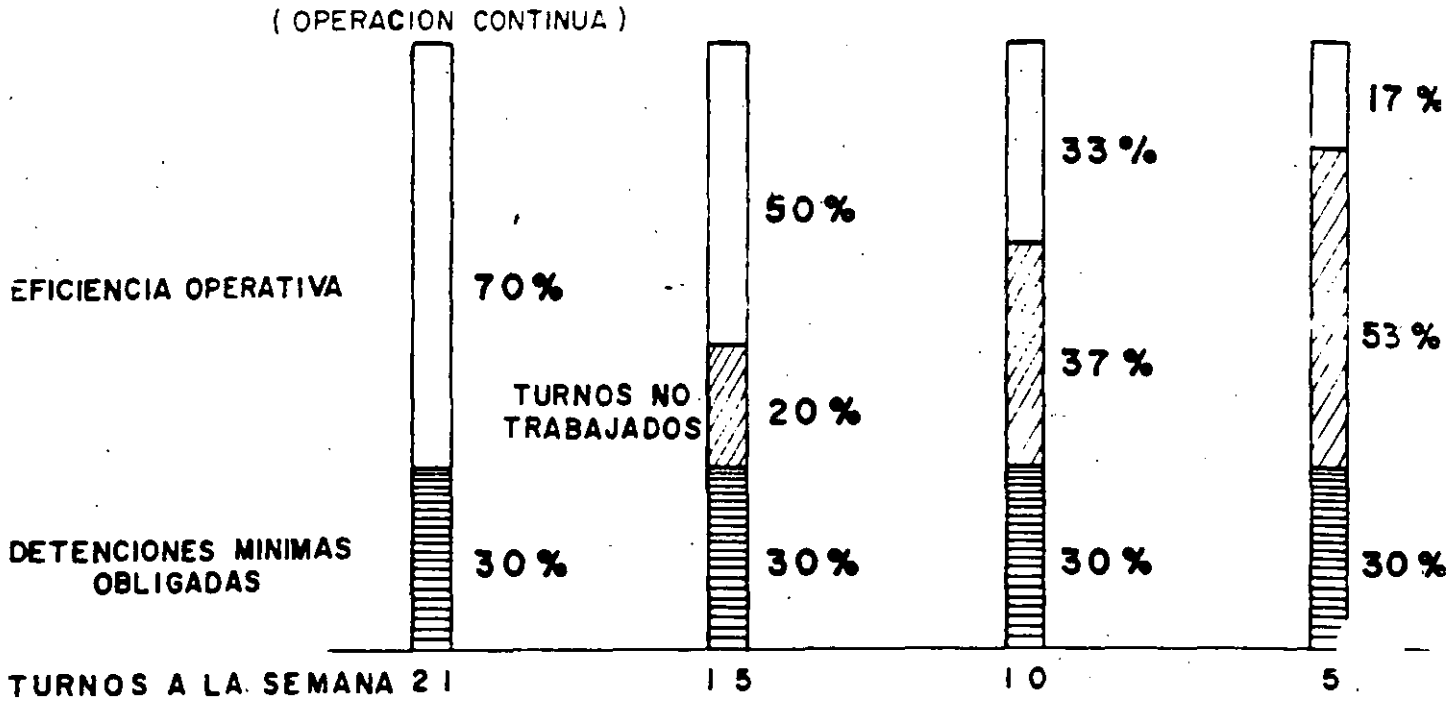
FIG. 43

Fig. 4

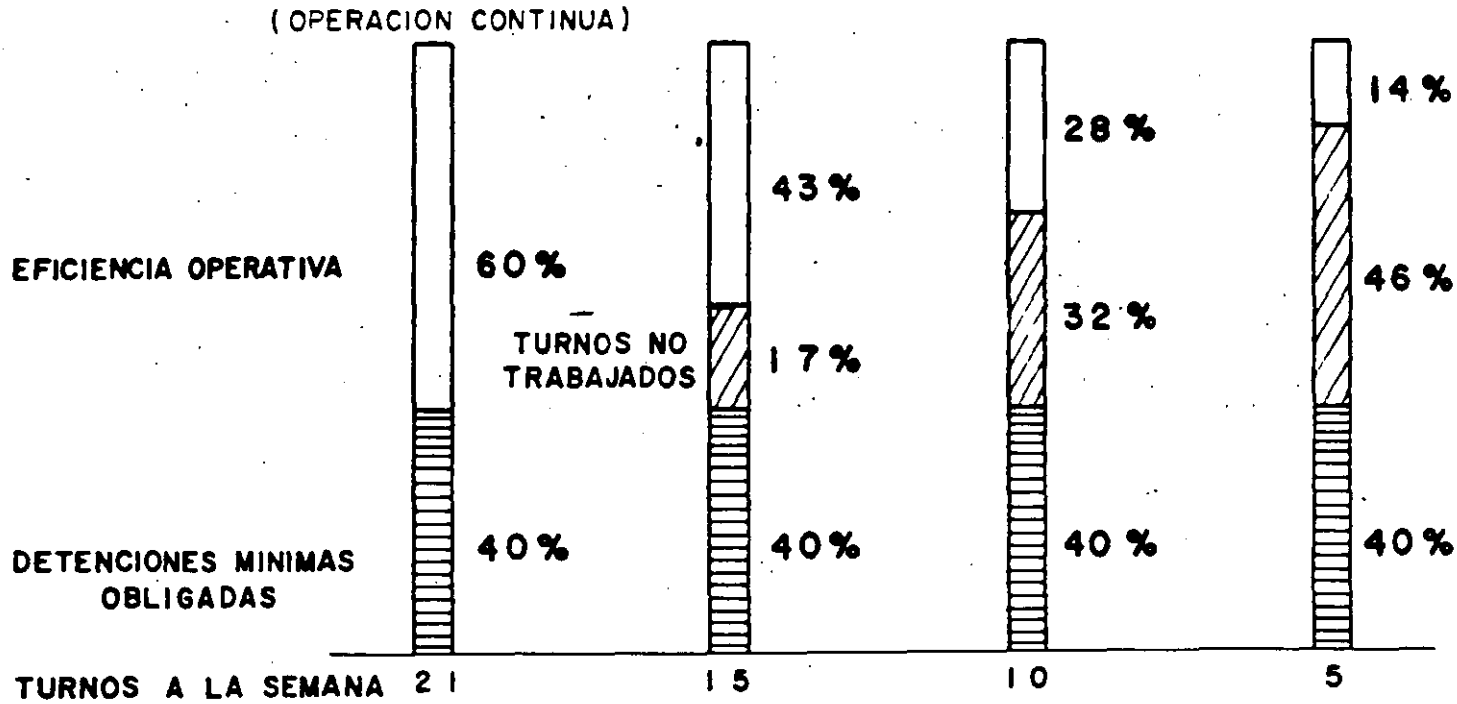
EFICIENCIA OPERATIVA EN FUNCION DEL NUMERO DE TURNOS TRABAJADOS EN PORCIENTO

OPTIMOS INTERNACIONALES

AUTOPROPULSADAS



ESTACIONARIAS



S C T

PUERTOS MEXICANOS

VOCALIA DE DRAGADO

PLAN DE OBRA No. _____

1) LOCALIZACION CLAVE

Estado

Municipio

Lugar

Zona

Zona de tiro

2) TIPO DE OBRA.

3) DESCRIPCION

4) JUSTIFICACION

5) OBJETIVO

6) METAS

7) COSTO TOTAL $

DRAGA AUTOPROPULSADA

MEMORIA DE CALCULO DE LA PRODUCCION POR TURNO:

DRAGA _____ CAPACIDAD DE LA TOLVA _____

LUGAR _____ ZONA _____

TIPO DE MATERIAL _____ _____ CLAVE _____

_____

PARAMETROS CONSIDERADOS	FORMA DE OBTENCION DE PARAMETROS		
	ESTIMADOS POR :		MEDIDOS POR:
		SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA
FECHA			
DURACION DEL CICLO t (hrs)			
VOLUMEN SOLIDOS EN TOLVA V (m3)			
TIEMPO UTIL POR TURNO T (hrs)			
PRODUCCION POR TURNO P (m3)			

ECUACION DEL CALCULO: $P = \frac{T}{t} V$

VOLUMEN m3	TURNOS		CALENDARIO DE OPERACIONES Y PRODUCCION MENSUAL (MILES M3)											
	POR DIA	POR MES	ENE.	FEB.	MAR	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.

DRAGA ESTACIONARIA
PROGRAMA

MEMORIA DE CALCULO DE LA PRODUCCION POR TURNO

Draga: _____ Area Seccion Descarga = A (m^2) _____

Lugar: _____ Zona _____

Tipo Material _____ _____ Clave _____

_____

PARAMETROS CONSIDERADOS	FORMA DE OBTENCION DE PARAMETROS	
	ESTIMADOS POR GERENCIA REGIONAL	MEDIDOS POR
Fecha		
Velocidad de descarga en el sentido de corte V (m/seg.)		
Porcentaje de sólidos en el sentido del corte (%)		
Tiempo de bombeo en el sentido del corte T (hrs)		
Producción por turno P (m^3)		

Ecuación del cálculo $P = 3600\ A\ V\ \%\ T$

3 600 seg = 1 hora, ya que la velocidad esta dada en m/seg

VOLUMEN (m^3)	DURACION TURNOS	TURNOS		CALENDARIO DE OPERACIONES Y PRODUCCION MENSUAL (miles m.)											
		POR DIA	POR MES	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

COSTOS:

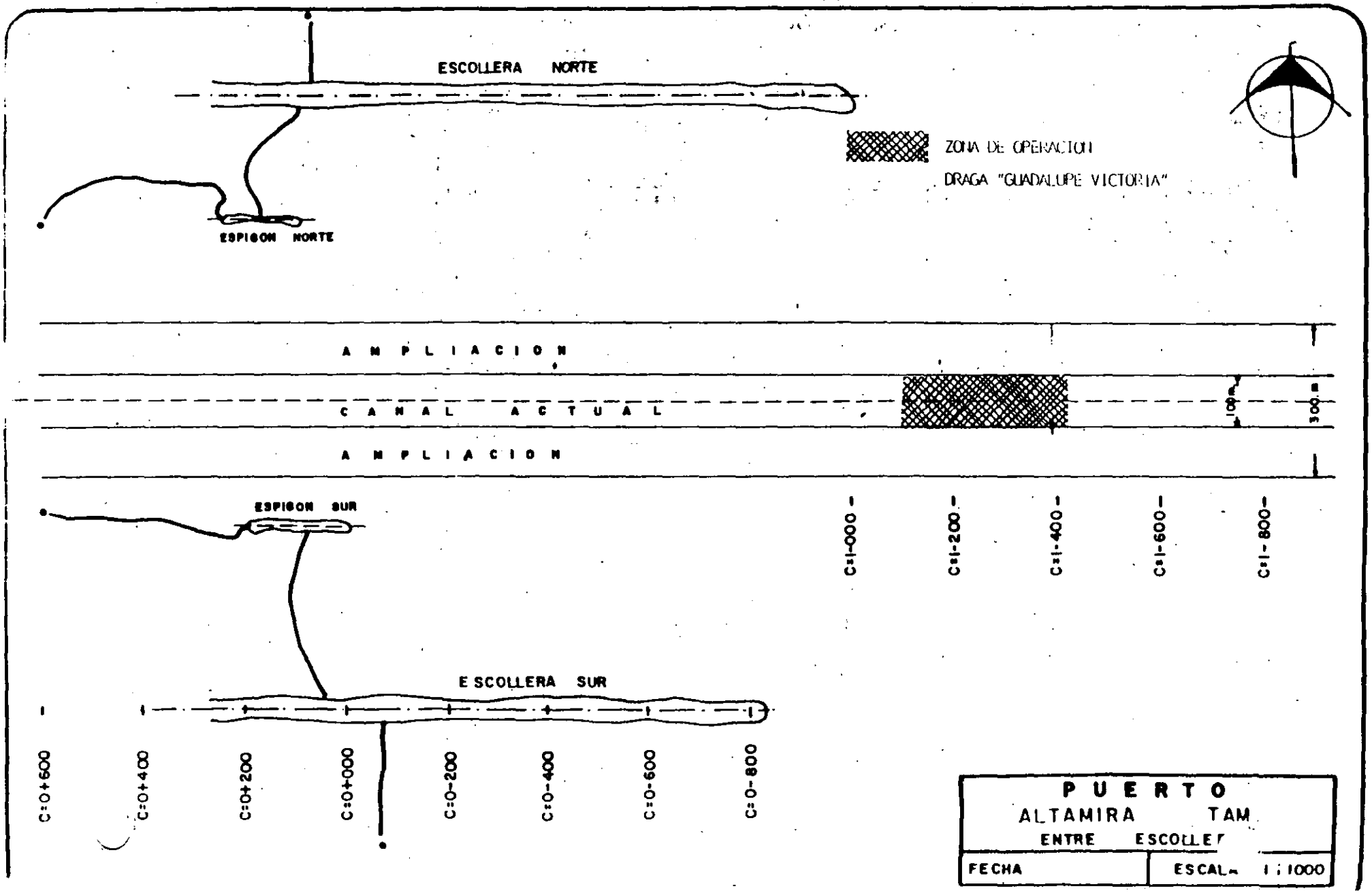
UNITARIO $ _____ POR TURNO $ _____ TOTAL $ _____

S C T
PUERTOS
MEXICANOS

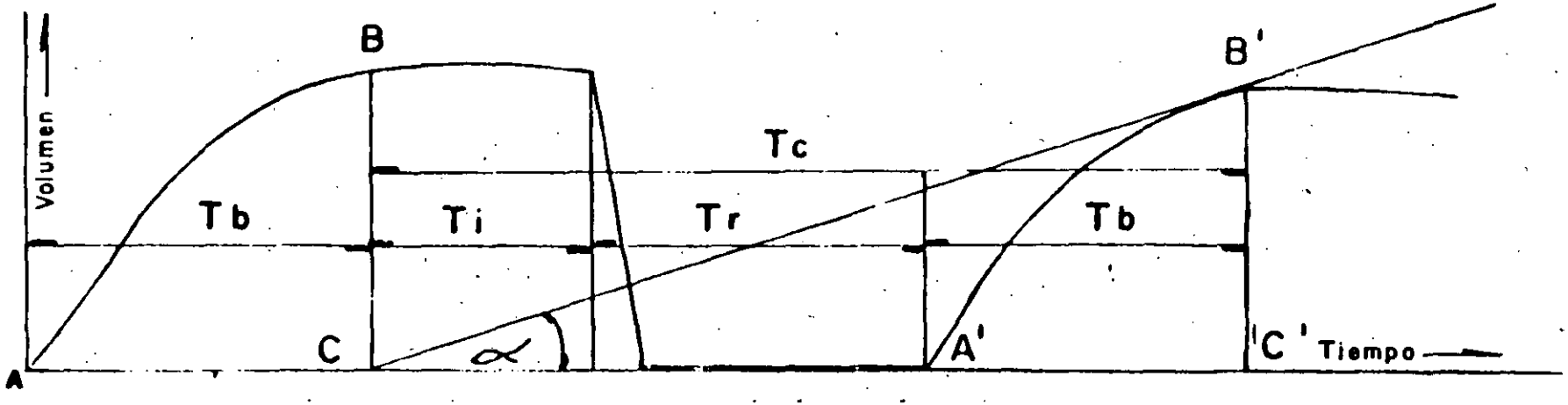
GERENCIA REGIONAL GOLFO
DEPARTAMENTO TECNICO

VOCALIA DE DRAGADO

CROQUIS DE LOCALIZACION

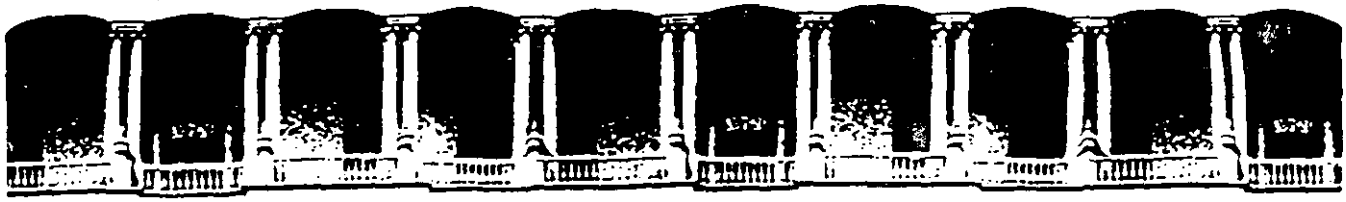


PUERTO	
ALTAMIRA TAM	
ENTRE ESCOLLE	
FECHA	ESCALA 1:1000



Ti = Tiempo Navegación a la descarga
Tr = Tiempo Navegación de retorno
Tb = Tiempo de bombeo
Tc = Tiempo total del ciclo

Fig. 57 Gráfica del ciclo de operación de una draga autopropulsada con tolva.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS

13 AL 23 DE OCTUBRE DE 1992

DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO

ING: JULIO PINTER VEGA

OCTUBRE – 1992

SECRETARIA
DE COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

PUERTOS
MEXICANOS

Manual de

DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO

Vocalía de Planeación

© Derechos Reservados
conforme a la ley
con un registro número 827592
ante el Registro Público del Derecho de Autor

PUERTOS MEXICANOS
Organo Desconcrentrado de la
Secretaría de Comunicaciones y Transportes

MANUAL DE DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO

CONTENIDO

PRESENTACION	VIII
INTRODUCCION	X
CAPITULO 1. MARCO DE REFERENCIA	
1.1. Definiciones generales	1.3
1.2. Bases regulatorias	1.7
CAPITULO 2. DEFINICION Y CLASIFICACION	
2.1. Definición de puerto	2.3
2.2. Clasificación	2.3
2.3. Desarrollo de los puertos mexicanos	2.5
2.4. Elementos físicos constitutivos de los puertos	2.6
CAPITULO 3. CONDICIONANTES FISICAS	
3.1. Condicionantes físicas normales	3.3
3.2. Condicionantes físicas extraordinarias	3.34
CAPITULO 4. MODOS DE TRANSPORTE	
4.1. Introducción	4.7
4.1.1. Zonas de influencia	4.8
4.1.2. Transbordos y coordinación del transporte	4.9
4.2. Embarcaciones	4.10
4.2.1. Definición	4.10
4.2.2. Clasificación	4.10
4.2.3. Características y dimensiones	4.12
4.2.4. Tendencias	4.15
4.2.5. Buques de carga general	4.16
4.2.6. Buques portacontenedores	4.17
4.2.7. Graneleros, cereales, y minerales	4.19
4.2.8. Tanqueros (petroleros, licuables, metaneros)	4.20
4.2.9. Varios Transbordadores	4.22
4.2.10. Pesqueros de altura y costeros	4.25
4.2.11. Turísticos. Cruceros, deportivos y recreativos	4.25
4.2.12. De servicios, vigilancia y especiales	4.30

4.3. Autotransporte 4.32
4.3.1. Dimensiones y capacidades generales 4.32
4.3.2. Vehículos de carga 4.34
4.3.3. Vehículos de pasajeros 4.39
4.4. Ferrocarril 4.40
4.4.1. Datos Generales 4.40
4.4.2. Locomotoras (fuerza tractiva) 4.41
4.4.3. Carros de ferrocarril (equipo de arrastre) 4.42
4.4.4. Sistemas terrestres de F.C. 4.46
4.5. Transporte Integrado o sistema multimodal 4.48
4.5.1. Descripción y Componentes 4.48

CAPITULO 5. PUERTOS GENERALES
5.1. Introducción 5.11
5.2. Areas de agua 5.13
5.2.1. Clasificación 5.13
5.2.2. Factores que afectan al dimensionamiento 5.15
5.2.2.1. Factores físicos 5.16
5.2.2.2. Factores de control 5.22
5.2.3. Condiciones de operatividad. Metodología 5.23
5.2.4. Acceso al puerto 5.30
5.2.4.1. Bocana 5.30
5.2.4.2. Canal de acceso 5.31
5.2.4.3. Antepuerto y fondeadero 5.37
5.2.5. Areas de maniobras 5.38
5.2.5.1. Dársena de ciaboga 5.38
5.2.5.2. Dársena de maniobras 5.41
5.2.5.3. Canales secundarios 5.42
5.2.6. Dársena de servicios 5.43
5.3. Areas Terrestres 5.45
5.3.1. El puesto de atraque (P.A) generalidades y sus partes 5.45
5.3.2. Tipos de puestos de atraque 5.46
5.3.2.1. Criterios y recomendaciones para optimizar el número de posiciones de atraque 5.58
5.3.2.2. Criterios para la definición de solicitaciones (fuerzas actuantes) 5.63

5.3.3. Tipos de muelles 5.71
5.3.3.1. Por su forma 5.71
5.3.3.2. Por su estructura 5.75
5.3.3.3. Elementos complementarios de muelles: elementos de amarre, escalas de desembarque y defensas 5.76
5.3.4. Criterios de dimensionamiento de las áreas terrestres 5.82
5.3.5. Dimensionamiento de los diversos tipos de puestos de atraque (P.A). 5.87
5.3.5.1. Puesto de atraque para carga fraccionada y/o unitizada 5.87
5.3.5.2. Puesto de atraque para contenedores 5.97
5.3.5.3. Puesto de atraque terminales polivalentes (varias operaciones) 5.113
5.3.5.4. Puesto de atraque buques de operación por rodadura (Roll on-Roll of denominado, Ro.Ro) 5.122
5.3.5.5. Puestos de atraque para carga a granel 5.129
5.3.5.6. Puesto de atraque de fluidos 5.149
5.3.5.7. Puesto de atraque de terminales de puertos industriales 5.166
5.3.6. La operación portuaria, equipo de transbordo y esquemas operativos 5.176
5.3.6.1. Clasificación de equipo y descripción técnica básica 5.182
5.3.6.2. Estandares nacionales de rendimiento 5.204
5.3.6.3. Esquemas operativos y carga asociada 5.209
5.3.6.4. Contenedores estandares ISO y procesos operativos 5.214
5.4. Servicios generales y especiales 5.225
5.4.1. Servicios generales 5.225
5.4.1.1. Suministro de agua potable 5.225
5.4.1.2. Suministro de energía eléctrica y de iluminación 5.228
5.4.1.3. Suministro de combustible 5.231
5.4.1.4. Drenaje sanitario y pluvial 5.232
5.4.1.5. Comunicaciones 5.233
5.4.1.6. Manejo de desechos 5.233
5.4.1.7. Equipo contra incendio 5.234
5.4.1.8. Sanitarios y médico de urgencia 5.237
5.4.1.9. Avituallamiento 5.238

4.2. Servicios especiales 5.238
5.4.2.1. Conservación y mantenimiento de embarcaciones y de áreas de agua 5.238
5.4.2.2. Pilotaje-Remolcadores 5.241
5.4.2.3. Capacitación y laborales 5.241

CAPITULO 6. OTROS PUERTOS
6.1. Puertos Pesqueros 6.5
6.1.1. Esquema General del Puerto 6.5
6.1.2. Clasificación y esquema operativo 6.6
6.1.3. Areas de agua 6.6
6.1.3.1. Accesos al puerto 6.6
6.1.3.2. Areas de maniobras 6.8
6.1.3.3. Fondeadero 6.9
6.1.3.4. Condiciones de operatividad 6.10
6.1.4. Areas Terrestres 6.10
6.1.4.1. Esquemas de operación y equipamiento 6.10
6.1.4.2. Obras de atraque y amarre 6.11
6.1.4.3. Areas de transferencia de productos 6.14
6.1.4.4. Industrialización y procesamientos 6.16
6.1.5. Servicios Generales 6.22
6.2. Puertos Turísticos 6.29
6.2.1. Clasificación y esquema general 6.29
6.2.2. Areas de agua 6.31
6.2.2.1. Accesos al puerto 6.31
6.2.2.2. Dársena 6.32
6.2.2.3. Fondeadero 6.32
6.2.2.4. Condiciones de operatividad 6.33
6.2.3. Areas terrestres 6.33
6.2.3.1. Obras de atraque y amarre 6.33
6.2.3.2. Servicios a embarcaciones y usuarios 6.38
6.2.3.3. Almacenamiento en seco 6.41
6.2.3.4. Talleres de reparación y mantenimiento 6.42
6.2.3.5. Servicios generales 6.43

CAPITULO 7. SEÑALIZACION

7.1 Señalamiento marítimo 7.5
- 7.1.1. Definición, clasificación y esquema general 7.5
- 7.1.2. Faros 7.7
- 7.1.3. Boyas y Balizas 7.8
- 7.1.4. Luces de situación y enfilación 7.17
- 7.1.5. Sistemas de radiocomunicación 7.19
- 7.1.6. Sistemas de posicionamiento 7.20

7.2. Señalamiento Terrestre 7.23

CAPITULO 8. RECOMENDACIONES SOBRE USO DEL SUELO, VIALIDAD Y ASPECTOS URBANO PORTUARIOS.

8.1. Plan director del puerto y plan de desarrollo urbano del centro de población 8.5

8.2. Recomendaciones sobre zonas industriales, áreas ecológicas y accesos generales al puerto 8.7

CAPITULO 9. RECOMENDACIONES SOBRE IMPACTO AMBIENTAL

9.1. Antecedentes 9.3

9.2. Estructura operacional del procedimiento de impacto ambiental 9.4

9.3. Técnicas de identificación de impactos ambientales 9.8

9.4. Modelo de análisis para un desarrollo portuario. 9.11

GLOSARIO DE TERMINOS G.1

BIBLIOGRAFIA B.1

PRESENTACION

El proceso de modernización general del país emprendido por la administración del Presidente Carlos Salinas de Gortari, ha sido instrumentado con decisión en el Sector Comunicaciones y Transportes.

En el subsector marítimo portuario, estas acciones se inician con la creación del órgano desconcentrado Puertos Mexicanos al que se responsabilizó de todos aspectos relativos al desarrollo del Sistema Portuario Nacional.

Los objetivos que el C. Lic. Andres Caso Lombardo, Secretario de Comunicaciones y Transportes determinó para Puertos Mexicanos pueden resumirse de la siguiente manera: la planeación integral del sistema portuario a efecto de que se incorpore plenamente a los mecanismos que incentiven el comercio exterior el desarrollo regional; la construcción, conservación, mantenimiento y modernización de la infraestructura incluyendo el dragado, así como el mejoramiento de la productividad general de las terminales marítimas para abatir los costos operativos del transporte y el estímulo de la participación privada para impulsar y ampliar el desarrollo del Sistema Portuario Nacional.

A dos años de haberse iniciado este proceso se observan resultados importantes. Tres nuevos puertos promotores del desarrollo regional han sido puestos en operación: Progreso, Pichilingue y Topolobampo; cuatro puertos más habrán sido dotados para 1992, del equipo y la infraestructura necesarios para alcanzar en su operación niveles internacionales de servicio, Manzanillo y Lázaro Cárdenas en el Pacífico y Altamira y Veracruz en el Golfo de México. Además la productividad del sistema se ha incrementado considerablemente; 100 % en la en contenedores y 50% en graneles, comparando cifras de 1991 contra las de 1988.

INTRODUCCION

Introducción.

Puertos Mexicanos tiene como atribuciones en el ámbito de la planeación y el proyecto portuario:

- Planear, programar y ejecutar acciones para el desarrollo portuario
- Establecer políticas y estrategias operativas
- Construir, ampliar y mantener las obras marítimas y portuarias
- Supervisar las obras que se ejecuten
- Proyectar, programar y ejecutar los trabajos de dragado
- LLevar un catastro de las instalaciones portuarias
- Dirigir o presentar, según sea el caso, todos los servicios públicos portuarios
- Promover y coordinar las actividades portuarias a cargo de particulares.

Con este propósito, se estimó necesario reunir en un documento de fácil consulta los métodos y criterios disponibles para el dimensionamiento de las obras marítimas y portuarias. El resultado de ello en este manual que contiene aquellos que son los mejor probados en la práctica de la ingeniería portuaria hasta la fecha, habiéndose consultado diversas fuentes de información tanto nacionales como extranjeras, entre las que destacan publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas, de la UNCTAD, de la Asociación Internacional Permanente de Congresos de Navegación, de la Agencia Internacional de Cooperación Técnica de Japón y muchos otros libros, estudios y revistas especializadas de las que se da amplia referencia al final de este manual.

El manual debe tomarse como una guía o fuente de consulta e información para los interesados en la materia y no pretende, de manera alguna, suplir el criterio y experiencia del proyectista como tampoco imponer criterios sobre técnicas de proyecto, pudiendo emplearse otros diferentes a los aquí presentados, con la sola condicionante de sustentar dicho criterio.

El manual está organizado en nueve capítulos, un glosario de términos y un anexo bibliográfico.

En el capítulo primero se establece un marco de referencia en el que se describe el ámbito del medio marino y terrestre, donde se desarrollan la totalidad de las actividades portuarias y se complementa con una relación de las bases regulatorias previstas en la normatividad mexicana sobre el tema y que, por otra parte, pueden consultarse con todo detalle en la Compilación de Legislación Portuaria, recientemente publicada por Puertos Mexicanos.

El segundo capítulo contiene una serie de definiciones y clasificaciones de los puertos, así como la descripción y principales características de la infraestructura portuaria nacional. En el mismo quedan contenidos una serie de definiciones sobre los elementos generales que sirven posteriormente para establecer los criterios correspondientes de dimensionamiento.

Lo relativo a las condiciones físicas normales, vientos, oleajes, mareas, corrientes, en las diversas porciones de nuestro litoral, se tratan en el capítulo tercero. En este mismo capítulo se hace referencia también a los casos extremos de fenómenos ciclónicos y sísmicos en aquellas partes de la costa mexicana en que ellos tienen relevancia.

El capítulo cuarto comprende lo relativo a los modos de transporte, haciendo una mención inicial sobre la relevancia que tiene su adecuada coordinación en la operación de los puertos, para enseguida analizar a los distintos tipos de embarcaciones y de vehículos terrestres, autotransporte y ferrocarril en cuanto a su clasificación, sus características, capacidades y dimensiones. El capítulo se cierra con consideraciones sobre el transporte multimodal.

La parte medular del manual la constituye el quinto capítulo, en donde se trata específicamente todo lo relativo al proyecto portuario en el caso de los puertos generales, agrupando los criterios de acuerdo con las distintas zonas de una terminal, iniciando con las áreas de agua que incluyen canales de acceso y dársena. Se continua con el análisis de las áreas terrestres, partiendo de los puestos de atraque hasta las instalaciones para la transferencia de carga a vehículos terrestres.

Se concluye con todo lo relativo a servicios generales y en especial como son los suministros de agua potable, energía eléctrica, combustible, lubricantes, drenajes, etc., y los de conservación y mantenimiento de embarcaciones, pilotaje, remolque, etc.

Enseguida se tratan en el capítulo seis los puertos pesqueros y turísticos, siguiendo el mismo esquema, haciendo además algunas consideraciones relativas a cuestiones de comercialización de instalaciones y servicios relacionados con ambas actividades.

El capítulo siete describe y establece criterios vinculados con el señalamiento marítimo y servicios de ayuda a la navegación así como el señalamiento terrestre, tomando en cuenta su importancia para la vialidad portuaria y la correcta operación del equipo portuario y manejo de mercancías.

Los últimos capítulos se orientan, el octavo, a analizar los problemas relativos

al uso del suelo, la vialidad y los aspectos urbano-portuarios con objeto de destacar la importancia que tiene concatenar adecuadamente el plan director del puerto, con el correspondiente de desarrollo urbano del centro de población que lo sirve.

Por su parte, el capítulo nueve presenta recomendaciones sobre el impacto ambiental, planteando algunas técnicas aplicables para dar atención adecuada a los problemas ecoógicos y su interrelación con lo puertos.

El glosario de términos constituye una guía adecuada ya que presenta los términos que más frecuentemente se emplean en México para tratar las distintas cuestiones relacionadas con la planeación y dimensionamiento portuario.

Por último, en la sección bibliográfica se hace una relación de las principales fuentes de consulta sobre los temas tratados.

Se estima que la primera edición de este manual debe servir de base para recibir opiniones y observaciones que permitan enriquecerlo y actualizarlo, puesto que la intención es que se disponga de una herramienta amplia y actualizada en español para su uso tanto en la vida práctica como académica.

En la realización de este manual participaran técnicos de Puertos Mexicanos y de fuera del organismo, conjuntando esfuerzos para culminar este primer intento de formulación de un manual de dimensionamiento portuario en español. Los participantes fueron:

Por Puertos Mexicanos:

Coordinador:

Ing. Héctor López Gutiérrez

Supervisor Técnico:

Ing. Antonio Moreno Gómez

Ing. Salvador García Burgos
Arq. Ma. Azalea Ríos González
Ing. Marcial Guzmán Díaz
Ing. Jorge Limón Flores
Ing. Julio Pindter Vega
Ing. Juan José Sánchez Esqueda

Participantes externos:

Coordinador externo:

Ing. Guillermo Macdonel Martínez

Ing. Celso Morales Muñoz
Arq. Héctor Robledo Lara
Ing. Rodrigo Caballero Ortega
Ing. Ma. Elena Becerril Cabrera
Ing. Sofio Hernández Lorenzo
Pas. Ing. Fernando Guerrero Olivares
Pas. Arq. Romeo Pérez Gómez
Cap. Srita. Lina Venegas Morales.

CAPITULO 1

MARCO DE REFERENCIA

1. Definiciones generales

México posee un enorme potencial para el desarrollo de sus costas, tomando en cuenta la extensión y recursos que se dan en ellas.

Basta para esto analizar los datos asentados en la tabla 1.1, en donde se indican las longitudes y áreas de los recursos físicos de nuestros mares.

Podemos observar de dicha tabla que nuestro litoral tiene una longitud total de 11,593 km., distribuídos 8,475 km. para el litoral del Pacífico y 3,118 km. para el Golfo de México y Mar Caribe.

Es conveniente definir algunos de los conceptos indicados en dicha tabla y para mejor aclaración se ilustran gráficamente en la figura 1.1

Mar Territorial

Franja de mar adyacente a las costas nacionales, sean continentales o insulares; tiene una anchura de 12 millas náuticas (22,224 m.). Sobre esta zona el estado ribereño ejerce la plenitud de su soberanía incluyendo el lecho y el subsuelo de ese mar, así como el espacio aéreo suprayacente con la única excepción del derecho de paso inocente a favor de otros estados.

Zona Contigua

Es la zona marítima contigua al mar territorial, donde el estado ribereño puede adoptar las medidas de fiscalización necesarias para:

a) Prevenir la infracciones de sus leyes y reglamentos aduaneros, fiscales, de inmigración o sanitarios que se cometan en su territorio o en su mar territorial;

b) Sancionar las infracciones de esas leyes y reglamentos cometidas en su territorio o en su mar territorial.

La zona contigua no podrá extenderse más allá de 24 millas marinas contadas desde las líneas base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial.

Zona Económica Exclusiva (ZEE)

De acuerdo a la Tercera Conferencia sobre el Derecho del Mar, la zona económica exclusiva es un área situada más allá del mar territorial adyacente

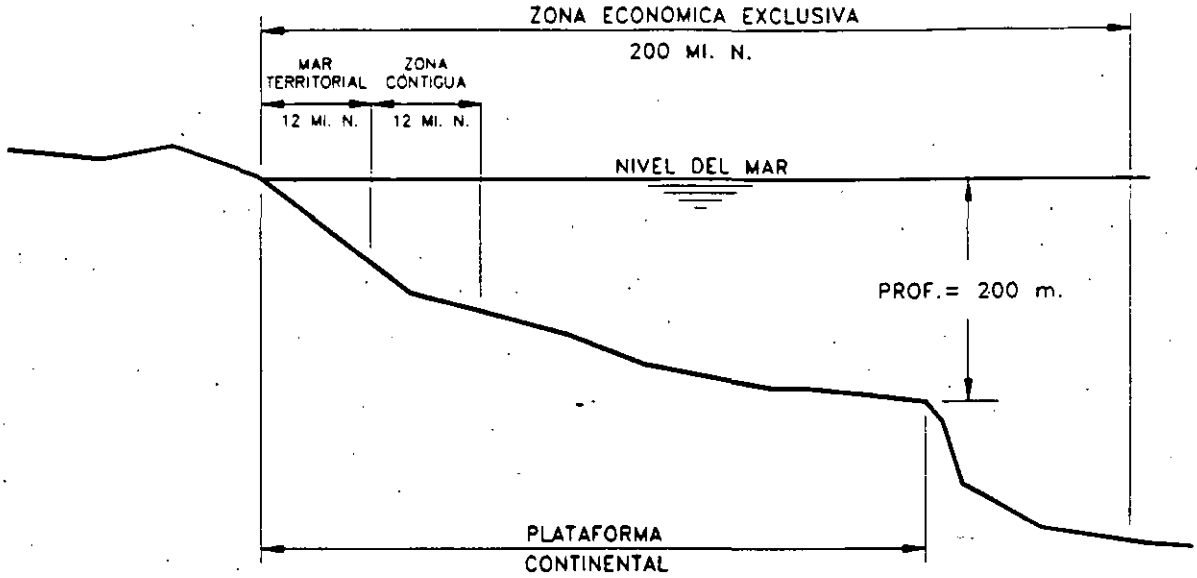


FIG. 1.1 DEFINICIONES VARIAS RELATIVAS A ZONAS DEL MAR.

TABLA 1.1 RECURSOS FISICOS DE LOS MARES MEXICANOS

CONCEPTO	L I T O R A L		TOTALES
	OCEANO PACIFICO	G. DE MEXICO Y M. CARIBE	
LITORAL	8,475 Km.	3,118 Km.	11,593 Km.
MAR TERRITORIAL	163,940 $Km.^2$	53,373 $Km.^2$	231,813 $Km.^2$
ISLAS	—	—	14,500 $Km.^2$
PLATAFORMA CONTINENTAL	123,100 $Km.^2$	234,695 $Km.^2$	357,795 $Km.^2$
ZONA EC. EX. (ZEE)	2,175,325 $Km.^2$	771,500 $Km.^2$	2,946,825 $Km.^2$

FUENTE: INEGI.

a éste, sujeta al régimen jurídico específico establecido en esta parte de acuerdo con el cual los derechos y libertades de los demás estados se rigen por las disposiciones pertinentes de esta disposición. La zona económica exclusiva no se extenderá más allá de 200 millas náuticas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial.

Es importante mencionar, que dentro de esta zona tal y como lo dispone el Art. 56 de la CONFEMAR, el estado costero tiene derechos de soberanía para los propósitos de exploración, explotación, conservación y administración de los recursos naturales, vivientes o no, del suelo marino y del subsuelo, así como la explotación de energía por agua, corrientes o viento. La jurisdicción se extiende al posible establecimiento de islas artificiales, instalaciones, estructuras y centros de investigación científica para la protección del medio ambiente marino.(En la figura 2.2 Localización de Puertos Pesqueros, se muestra el alcance y dimensiones de esta zona).

Plataforma Continental

Es la porción del continente que se encuentra bajo el agua hasta una profundidad aproximada de 200 m., comprende el lecho del mar y el subsuelo de las zonas marítimas adyacentes

Alta Mar

Zona marítima no perteneciente al mar territorial, ni a la zona económica exclusiva o las aguas interiores de un estado ribereño; abierto a todas las naciones, ningún estado podrá pretender legítimamente someter cualquier parte de él a su soberanía. Por consiguiente todos los estados tendrán las siguientes facultades:

a) Libertad de Navegación

b) Libertad de Sobrevuelo

c) Libertad de colocar cables y tuberías submarinas

d) Libertad de construir islas artificiales y otras instalaciones autorizadas por el Derecho Internacional

e) Libertad de Pesca

f) Libertad de Investigación Científica

Aguas Marinas Interiores

Son aquéllas comprendidas entre la costa y las líneas de base, normales o rectas a partir de las cuales se mide el mar territorial, incluyen; la parte Norte del Golfo de California, las de las bahías internas, las de los puertos, las internas de los arrecifes y las desembocaduras o deltas de los ríos, lagunas y estuarios comunicados permanentemente o intermitentemente con el mar. Estas aguas es donde se construyen las marinas turísticas y las terminales marítimo portuarias.

Playa

La parte de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua desde los límites de mayor flujo anuales.

Zona Federal Marítima Terrestre

Se entiende que es la franja de 20 m. de ancho de tierra firme que no cubre la marea, contigua a las playas del mar o las riberas de los ríos, medida a partir del nivel de pleamar máxima registrada. En el caso de marinas o desarrollos náuticos, se acepta una reducción hasta un ancho mínimo que permita el libre tránsito a través de ello.

Recinto Portuario

Se entiende por Recintos Portuarios las áreas sujetas al régimen de los bienes del dominio marítimo, destinadas al establecimientos de las instalaciones y la prestación de los servicios a que se refiere la Ley de Vías Generales de Comunicación.

Recinto Fiscalizado

Area o zona del recinto portuario fuera de la jurisdicción de la aduana.

Terrenos Ganados al Mar.

Se entiende por terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme en aguas marítimas, aquélla superficie de tierra que se encuentre entre los límites de la Zona Marítimo Terrestre nueva y la original que existía antes de que por causas naturales o artificiales se descubran y ganen los terrenos.

1.2 Bases Regulatorias

Como complemento al aspecto físico de los temas presentados en este manual, cabe destacar: el orden legal que regula la actividad portuaria en donde se encuentran los ordenamientos que norman la prestación de los servicios portuarios y la operación de la terminales marítimas, así como las disposiciones que determinan la creación y operación de algunas de las entidades que intervienen en dichos servicios como son:

- Ley de Vías Generales de Comunicación
- Ley de Navegación y Comercio Marítimos
- Decreto de Creación de Puertos Mexicanos.
- Acuerdo de Creación de la Comisión de la Marina Mercante.

Asímismo se encuentran las disposiciones de reglamentarias de los servicios portuarios en:

- Reglamento de Operación en los puertos de Administración Estatal.
- Reglamento para el Servicio de Maniobras en Zonas Federales Terrestres.
- Reglamento para el Servicio de Remolque en Aguas y Puertos Nacionales.
- Reglamento General para el Sistema de Organización y Control de Tráfico Marítimo Nacional.
- Reglamento para el Servicio de Pilotaje.
- Reglamento General de la Policía de los Puertos.
- Reglamento para el Servicio Público de Autotransporte Federal de Pasajeros.
- Reglamento para el Transporte Multimodal Internacional
- Acuerdo Secretarial por el que se crea el Comité de Desarrollo del Puerto.
- Acuerdo que regula el Ejercicio de las funciones a cargo de los

Delegados de Puertos Mexicanos

- Reglamento para el Servicio de Maniobras en Zonas Federales de los Puertos.

- Acuerdo que establece las Reglas de Administración y Operación de Puerto de Veracruz.

- Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.

El desarrollo de dicha reglamentación se encuentra en la publicación por Puertos Mexicanos titulada Compilación de Legislación Portuaria.

CAPITULO 2

DEFINICION Y CLASIFICACION

2.1 Definición de puerto

Podemos definir al puerto como "el conjunto de obras, instalaciones y organizaciones que permite al hombre aprovechar un lugar de la costa más o menos favorable para realizar operaciones de intercambio de mercancía entre el tráfico terrestre y marítimo, añadiendo el embarque y desembarque de pasajeros".

En la actualidad, y en especial en los países en vías de desarrollo como en México, el puerto es también un polo de desarrollo desde el punto de vista económico-social, pues en él y sus respectivas ciudades se gestan actividades que procuran empleos al desarrollar las riquezas que potencialmente tienen las costas y esteros donde se ubican. También el puerto en algunos casos se ha convertido en centro de consolidación de mercancías, materias primas y productos elaborados en un área industrial que en mayor escala forma los Puertos Industriales. Para las actividades que se desarrollan se requiere de obras e instalaciones cuyas dimensiones puedan satisfacer requerimientos de una tecnología del transporte internacional y estar en posibilidades de prestar servicios eficientes.

2.2 Clasificación.

Para claridad y simplicidad en el contenido del manual se determinó clasificar a los puertos en:

Puertos Generales.

Los que están en posibilidad de recibir embarcaciones de altura y operar el tráfico comercial internacional, a estos puertos, por las características físicas que deben satisfacer se han agrupado con los dedicados al movimiento petrolero y granelero (minerales y granos) los industriales para analizar sus dimensiones generales en sus áreas de agua y áreas terrestres de cada uno de ellos, incluyendo los servicios generales y especiales que deben prestar.

Industriales.

En los que se combina el tráfico marítimo con la manufactura de diversos productos y su comercialización portuaria a través de la vía marítima. Es importante mencionar que en este concepto existe un "frente de agua" asociado al terreno industrial.

Otros Puertos.

Se han agrupado los pesqueros, turísticos e instalaciones portuarias como las navales militares, aunque estos últimos son motivo de una planeación estratégica y por lo tanto fuera de los alcances de este manual.

CLASIFICACION	TERMINALES	TIPO DECARGA
GENERALES	Carga General	Fraccionada Unitizada
	Contenedores	Contenedores de 20' o 40'
	Polivalente	Varias
	Rodadura	Contenedores Vehículos
	Graneles	Minerales Agrícolas
	Fluidos	Petróleo Otros
INDUSTRIALES	Varias	Varios
OTROS PUERTOS	Pesqueros	Productos Pesqueros
	Turísticos	Visitantes

Por otra parte, si hacemos participar al transporte terrestre, se deben considerar que los puertos pueden ser:

Concentradores.

Que como su nombre lo indica, concentran las cargas de un área de amplia cobertura, ya sea por medio de transporte terrestre o marítimo. El flujo de mercancías se da hacia el puerto y deben estar equipados para el manejo de grandes volúmenes con alta eficiencia alimentados.

Alimentadores

Que es el caso contrario al anterior, es decir el flujo se da hacia el exterior del puerto y también puede utilizar el transporte terrestre o marítimo.

Puente Terrestre.

En el caso de que 2 puertos esten localizados en diferentes océanos o mares y de alguna manera se ligan por medio de un transporte terrestre eficiente, se constituye lo que se denomina un puente terrestre, como podría ser el caso de los puertos de Salina Cruz, Oax. en el litoral del Pacífico y Coatzacoalcos, Ver. en el litoral del Golfo de México, los cuales están separados por tan sólo 250 km. aproximadamente.

2.3 Desarrollo de los puertos mexicanos

Como información de tipo general y para dar una mayor idea del desarrollo que nuestros puertos han alcanzado en los últimos años, hemos incluido información relativa al año de 1989.

TABLA 2.1 EQUIPO PORTUARIO

OBRAS	PACIFICO	GOLFO
OBRAS DE PROTECCION (m)	50,109	63,885
Rompeolas	17,254	12,704
Escolleras	6,303	22,774
Espigones	8,827	9,496
Protecciones Marginales	17,725	18,911
OBRAS DE ATRAQUE (m)	47,960	59,373
Fiscales	30,304	43,664
Privadas	17,656	15,709
ALMACENAMIENTO (m2)	1,164,924	1,202,142
Patios	986,861	1,007,064
Cobertizos	42,828	19,113
Bodegas	135,235	175,965

Fuente: Puerto Mex.

El sistema de ayuda a la navegación al mismo año.

TABLA 2.2. SEÑALAMIENTO MARITIMO

CONCEPTO	TOTAL
Faros	126
Balizas	625
Boyas	266
Racones	14
Total	1,031

Fuente: Puerto Mex.

El movimiento de carga en los puertos nacionales durante el período de 1980 a 1989 se muestra a continuación.

TABLA 2.3. MOVIMIENTO DE CARGA EN PUERTOS NACIONALES

AÑOS	ALTURA	CABOTAJE	TOTAL
1980	65,055,953	58,519,868	123,575,821
1981	70,781,067	60,257,188	131,038,255
1982	100,822,280	49,622,084	150,444,364
1983	103,011,591	44,901,763	147,913,354
1984	107,080,180	46,001,417	153,081,597
1985	100,060,921	52,167,578	152,228,499
1986	95,953,729	46,358,824	142,312,553
1987	102,389,824	51,253,757	153,643,581
1988	106,902,108	53,439,625	160,341,733
1989	104,483,352	56,202,649	160,686,001

Fuente: Puerto Mex.

Asimismo se presentan las figuras 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 las localizaciones de los puertos comerciales, pesqueros, turísticos y petroleros.

2.4 Elementos físicos constitutivos de los puertos

Desde el punto de vista de las obras portuarias se consideran Obras exteriores, aquellas que se realizan en el mar, como las rompeolas, escolleras, espigones de protección, obras de protección marginales y dragados exteriores.

Las obras interiores, son las realizadas en zona terrestre como son: el dragado interior de canales y dársenas, obras de atraque, áreas de maniobra, áreas y edificios de almacenamiento, accesos y controles de la zona portuaria así como los edificios o servicios de reparación y mantenimiento necesarios para el funcionamiento del puerto.

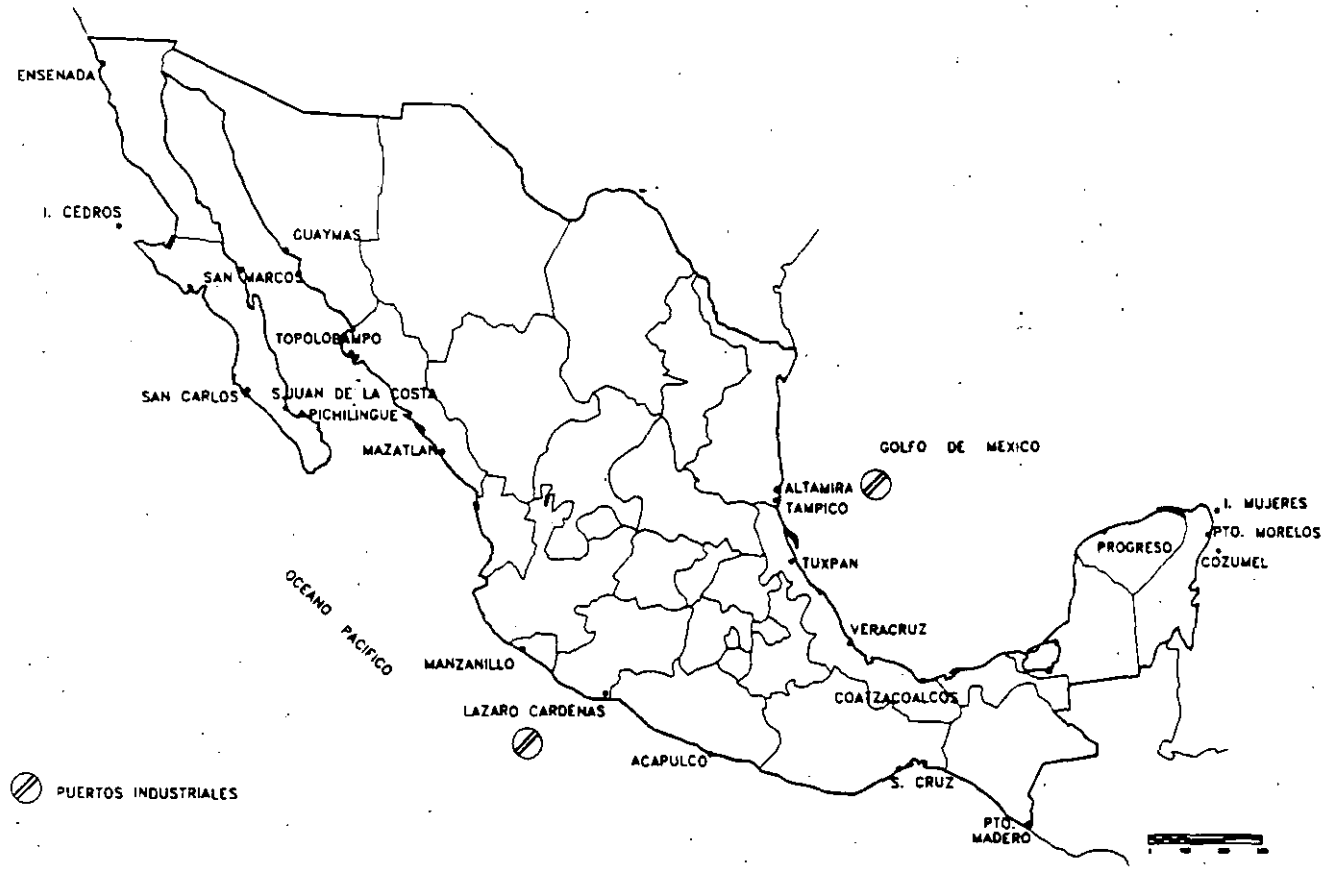


Figura 2.1 Localización de puertos comerciales

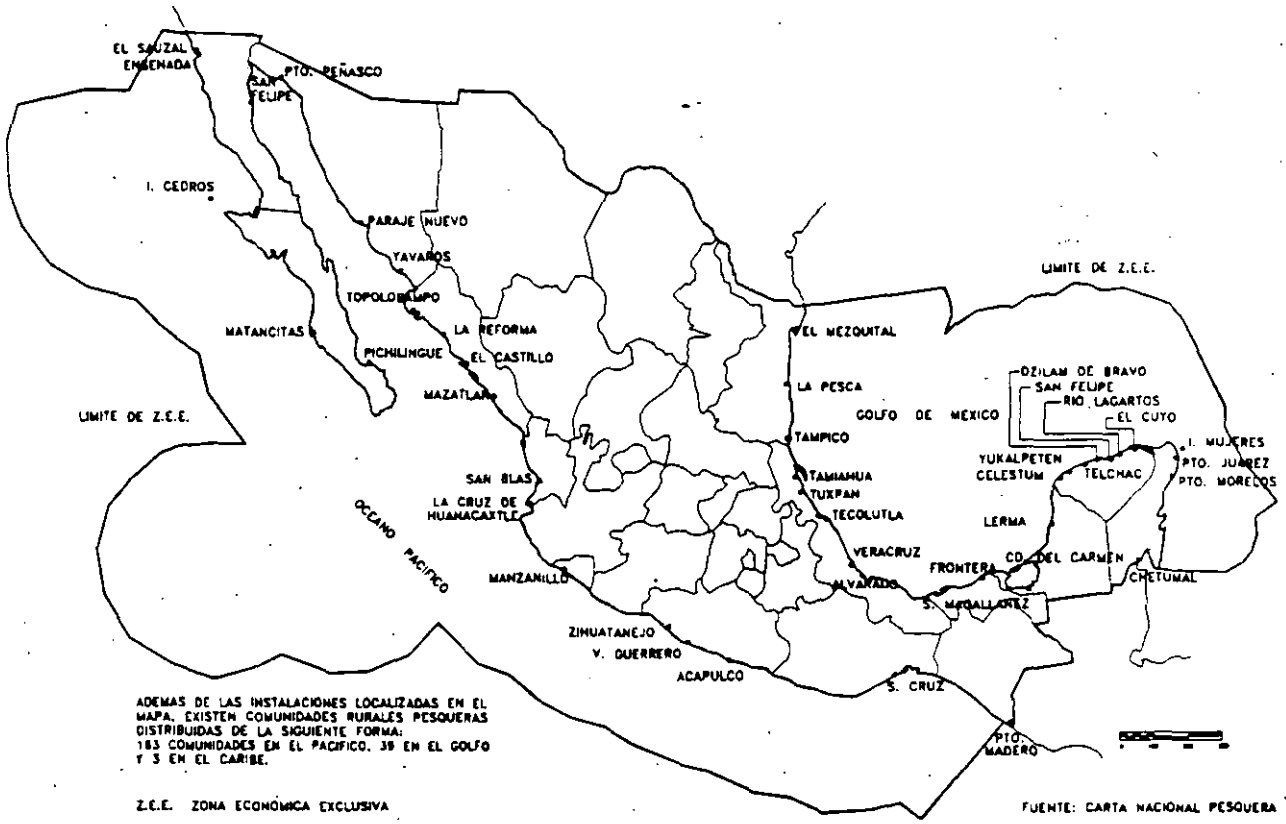


Figura 2.2 Localización de puertos pesqueros

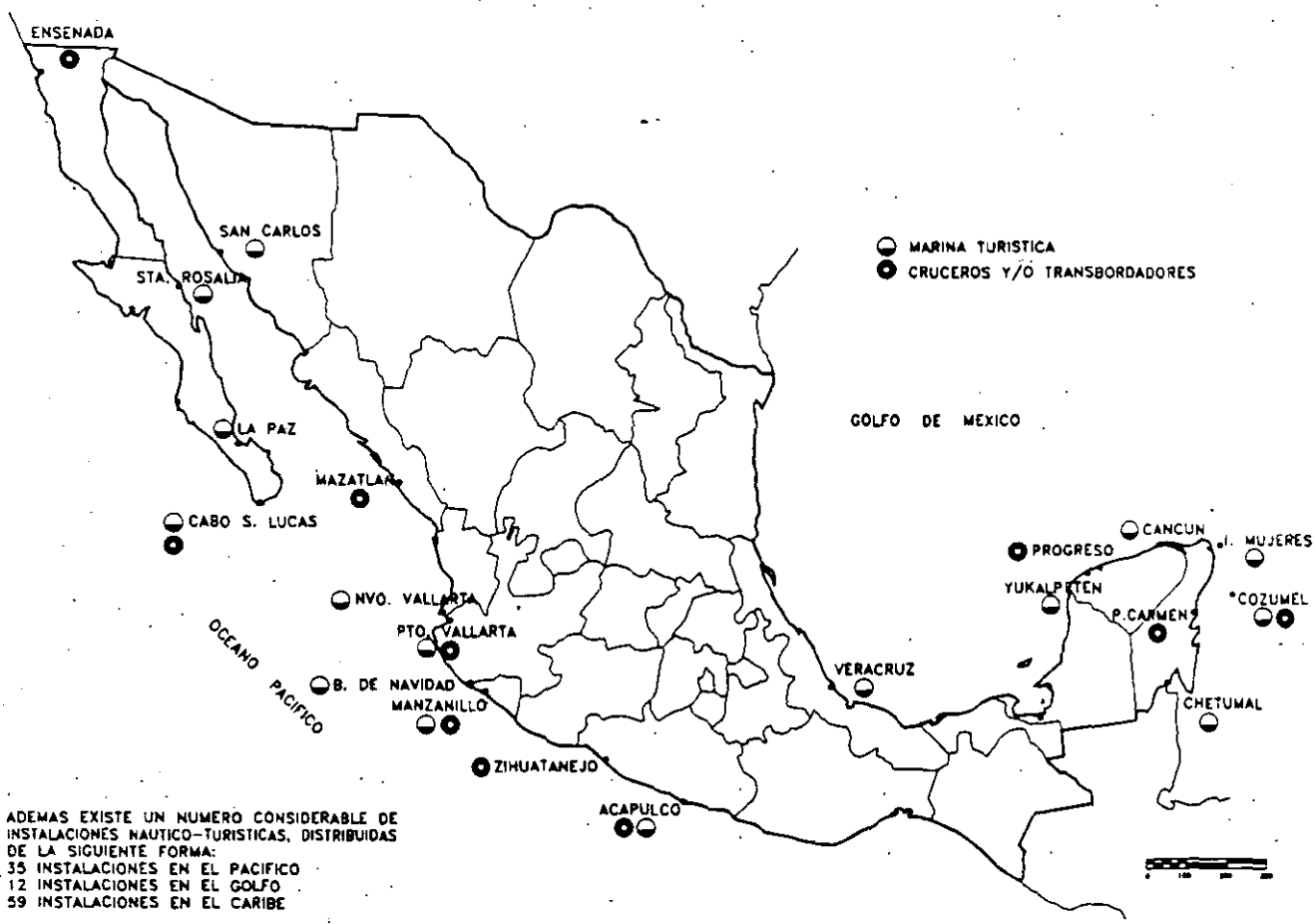


Figura 2.3 Localización de puertos turísticos

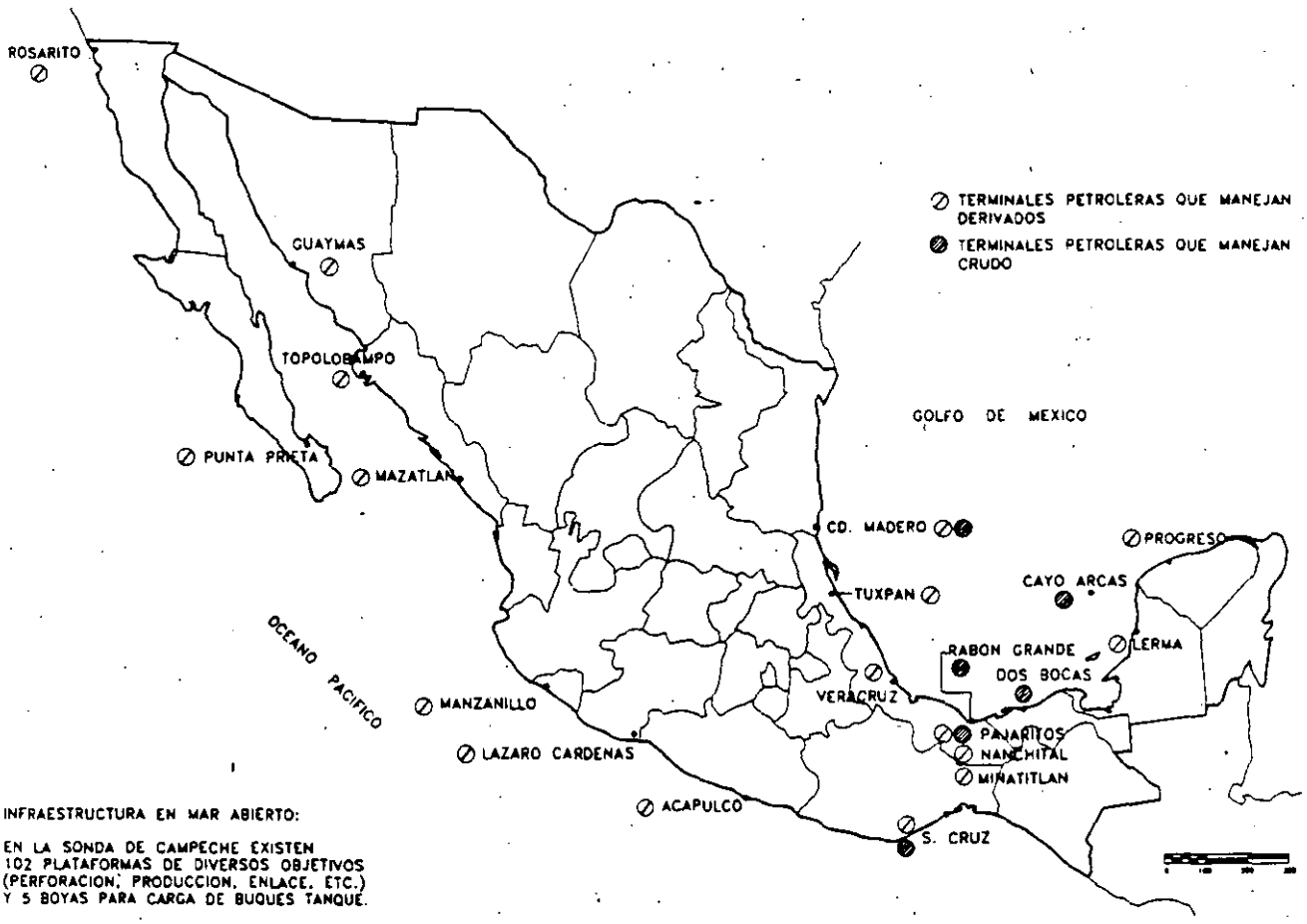


Figura 2.4 Localización de puertos petroleros

La clasificación objetiva de los elementos constitutivos es dividirlos por: áreas de agua y terrestres.

AREAS DE AGUA	Accesos al puerto	- Bocana - Canal de navegación - Fondeadero y Antepuerto - Obras Exteriores
	Areas de Maniobra	- Canales Secundarios - Dársena de ciaboga - Dársena de maniobra
	Areas de Servicios	- Dársena de servicio - Varios
AREAS TERRESTRES	Muelles y Atracaderos	- Diversos tipos
	Zona de transferencia	- Carga y Descarga - Maniobras
	Almacenamiento	- Bodegas - Patios - Otros
	Accesos Terrestres	- Vialidades - Vías, espuelas y patios FF.CC - Estacionamientos - Controles
	Reparación y Control	- Patios - Talleres de reparación y mantenimiento - Bodegas de maquinaria y equipo
	Servicios Portuarios Generales y Esp.	- Abastecimientos y avituallamiento - Médicos y sanitarios - Contraincendio, desechos y plantas de tratamiento - Laborales y comerciales - Autoridades y pilotaje

En la figura se muestra la clasificación anterior de una manera gráfica.

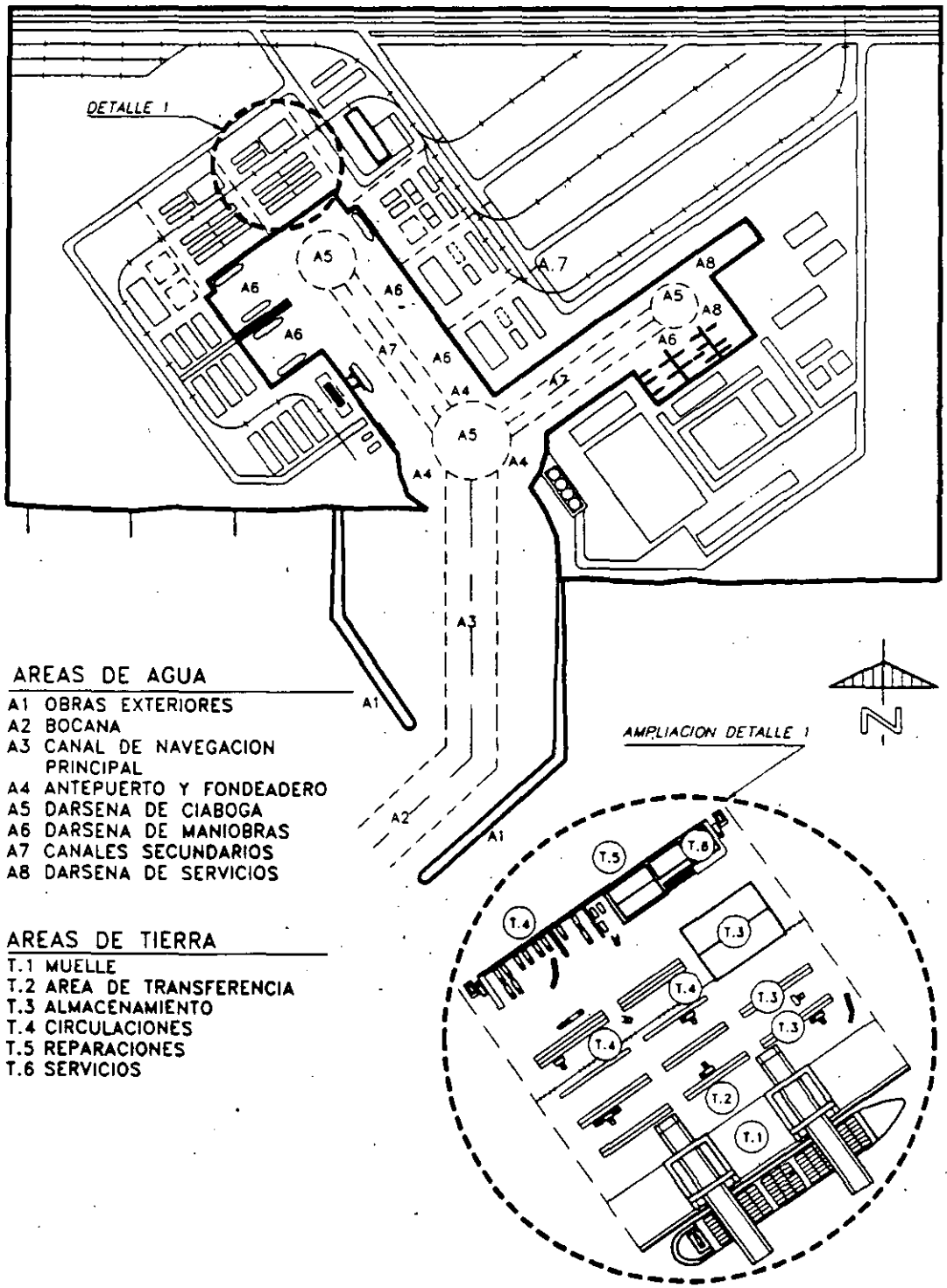


Figura 2.5 Elementos generales de un puerto

CAPITULO 3

CONDICIONANTES FISICAS

3 .1 Condicionantes físicas normales

Para cualquier proyecto de ingeniería, las condicionantes físicas de la zona de emplazamiento son básicas para la planeación y definición del mismo.

En el caso de las obras marítimas, las condiciones de viento, oleaje, mareas, corrientes, sismicidad, etc. son de vital importancia para su dimensionamiento.

En este capítulo se ha agrupado y procesado la información disponible de los diversos fenómenos de acuerdo con la siguiente descripción y fuentes de información.

Las condicionantes físicas normales se refieren a las condiciones de todos los días, sin la presencia de fenómenos extraordinarios.

Meteorológicas

Dentro de las variables meteorológicas se incluyen las características de vientos y climas.

La información de vientos locales en régimen anual, misma que fue obtenida en el Servicio Meteorológico Nacional; está representada por una gráfica que incluye las frecuencias por dirección de procedencia y las velocidades medias. En algunas zonas aparece más de una gráfica de vientos, esto se debe a que existen varias estaciones climatológicas dentro de la zona.

La información de climas se obtuvo de las cartas de climas para la República Mexicana, que edita el INEGI. La cual está representada en el mapa general de la zonificación.

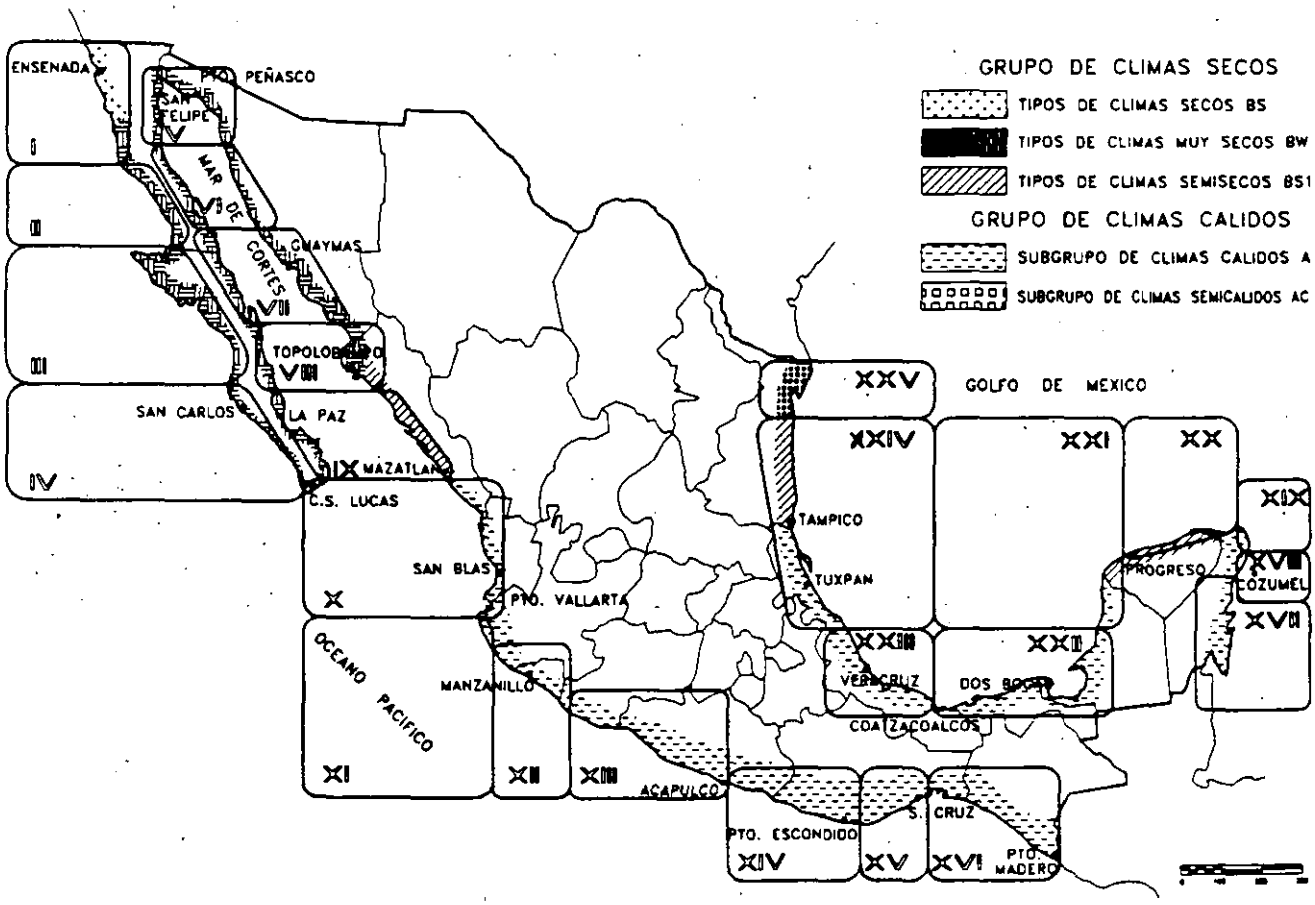
Oceanográficas

Las variables oceanográficas consideradas son: oleaje, corrientes y mareas

Oleaje.- Se presenta un régimen anual de oleaje, el cual fue obtenido por análisis y procesamiento de la información estadística editada por el Sea and Swell; este régimen de oleaje es en aguas profundas, por lo que es importante darle una correcta interpretación, según sea la orientación de la costa. La información se presenta en forma gráfica con frecuencias y rangos de oleaje para cada dirección de procedencia.

Corrientes.- Para el régimen anual de corrientes se recurrió a la información de Pilots Charts (Pacífico) y Atlas Oceanográfico que edita la Secretaría de Marina a través de la Dirección General de Oceanografía y señalamiento marítimo (Golfo de México). Las corrientes son del tipo superficial en ambos casos y la dirección indica hacia donde se dirigen. También están representadas en forma gráfica por frecuencias e intensidad.

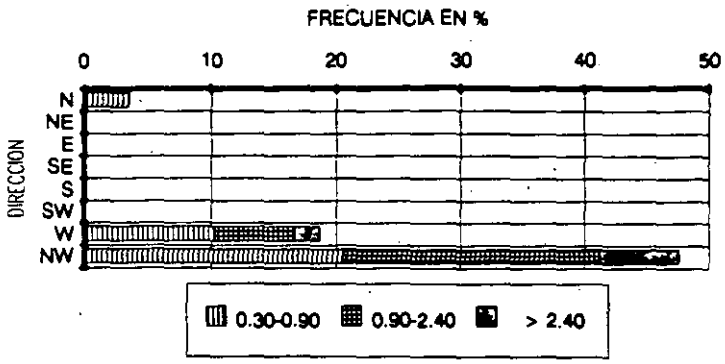
Mareas.- Se presenta la información de mareas de tipo astronómico, indicando los planos de referencia de una estación característica por zona; para la definición de alturas se debe tomar como cero de referencia el N.B.M.I. (Nivel de Bajamar Media Inferior) para el Pacífico y el N.B.M. (Nivel de Bajamar Media) para el Golfo de México. La información es la recabada por el Servicio Mareográfico Nacional, dependiente del Instituto de Geofísica de la UNAM.



Zonificación de acuerdo a Condicionantes Físicas

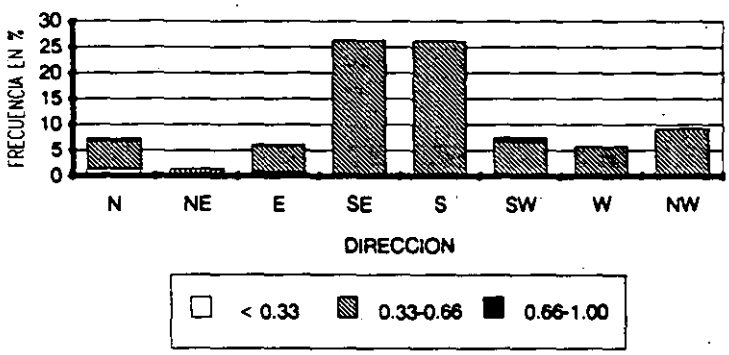
CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA I

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



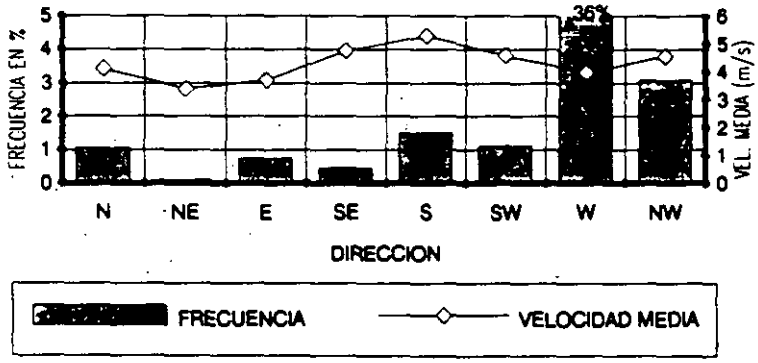
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS.
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 13%
CALMAS 17%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES

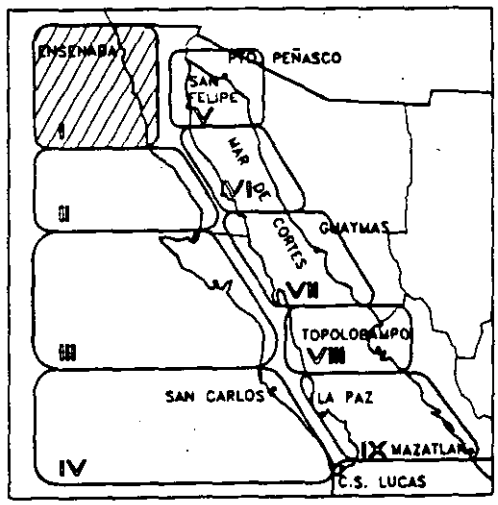


REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 10%

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 56%
VIENTO REINANTE W
ESTACION: ENSENADA



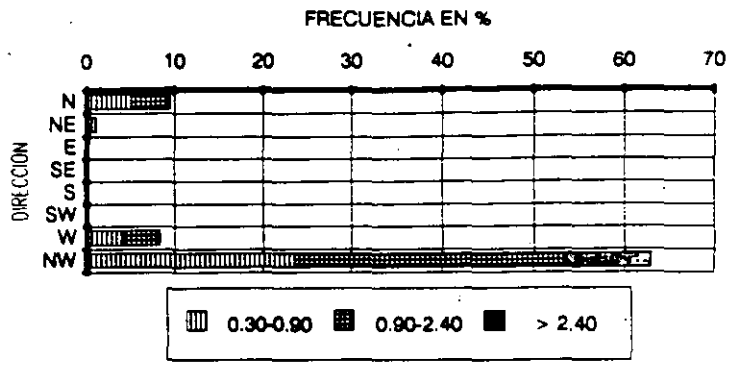
MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: ENSENADA

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.487
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.871
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.577
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.003
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.572
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.822
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.409

CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA II

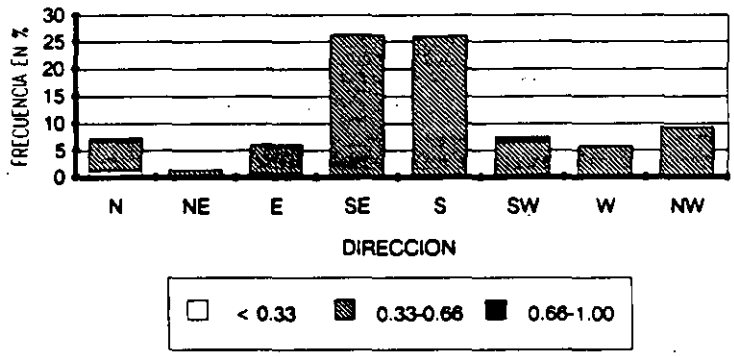
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
INDETERMINADOS 9%
CALMAS 9%

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE

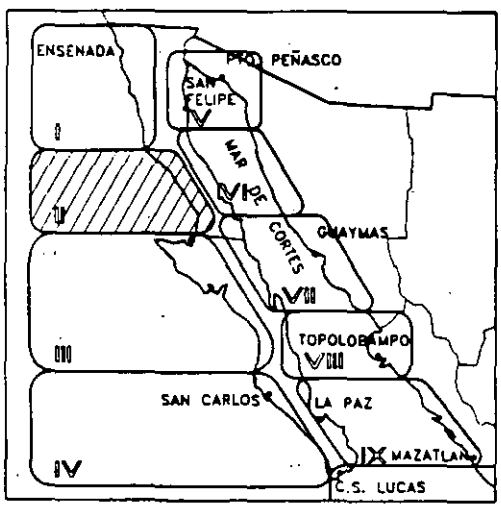


REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 10%

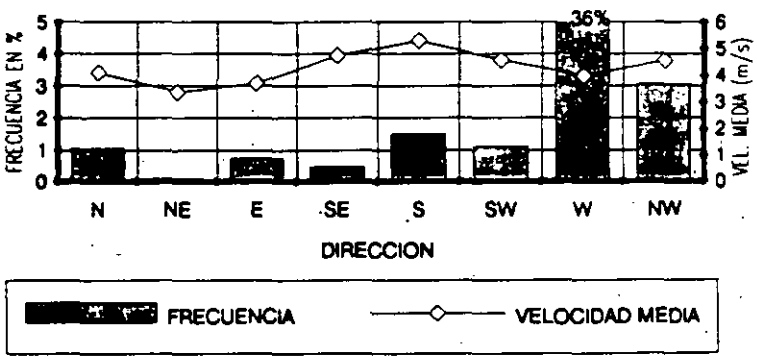
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 56%
VIENTO REINANTE W
ESTACION: ENSENADA



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

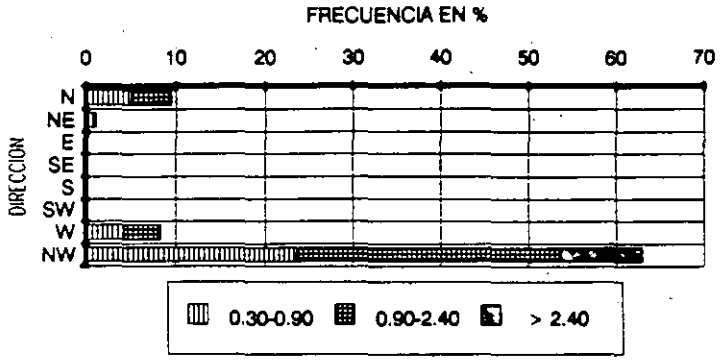


MAREA ASTRONOMICA

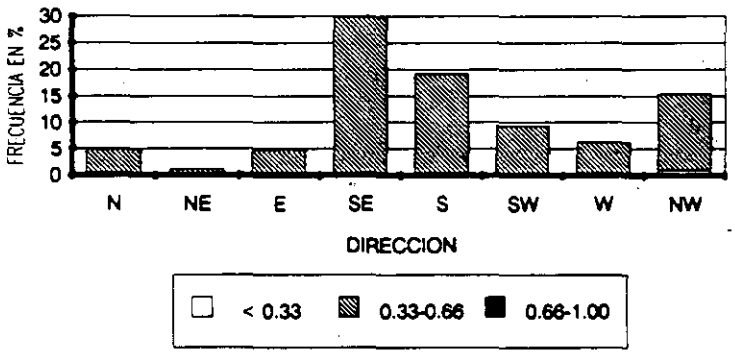
ESTACION: ISLA GUADALUPE

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.174
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.718
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.501
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.006
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.489
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.696
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.264

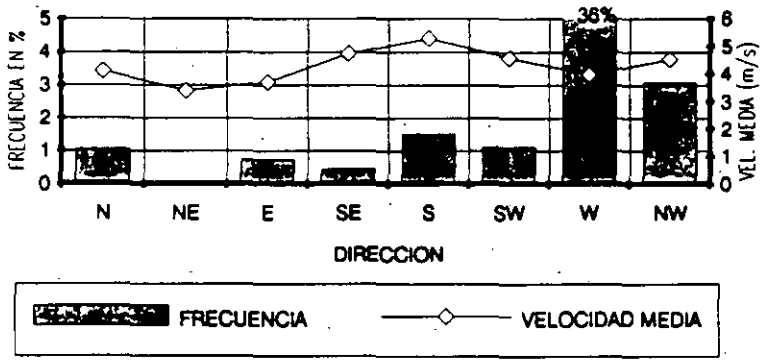
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



MAREA ASTRONOMICA

ESTACION: GUERRERO NEGRO

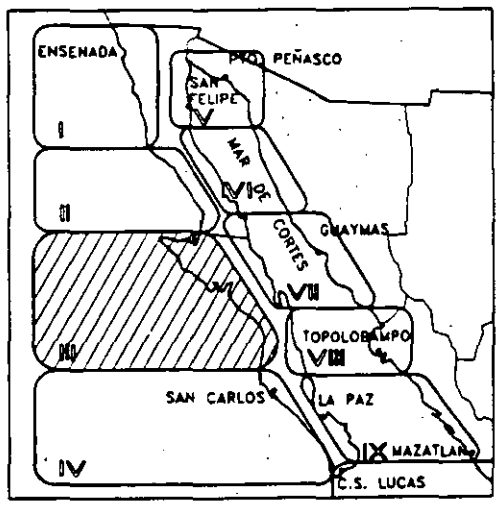
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.374
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.826
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.633
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.006
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.645
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.826
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.247

CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA III

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 9%
CALMAS 9%

REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTE EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 9%

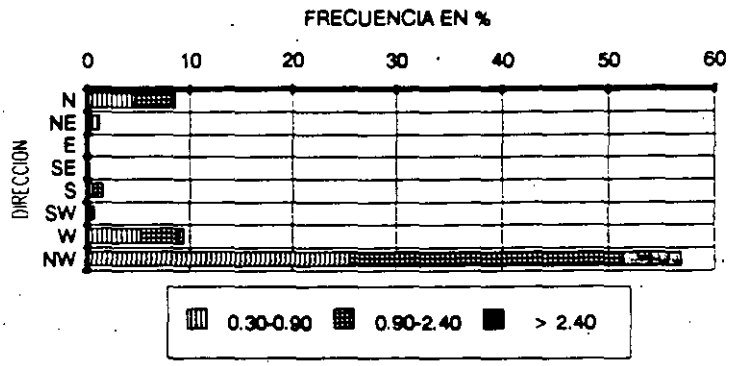
REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 56%
VIENTO REINANTE W
ESTACION: ENSENADA, B.C.



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA IV

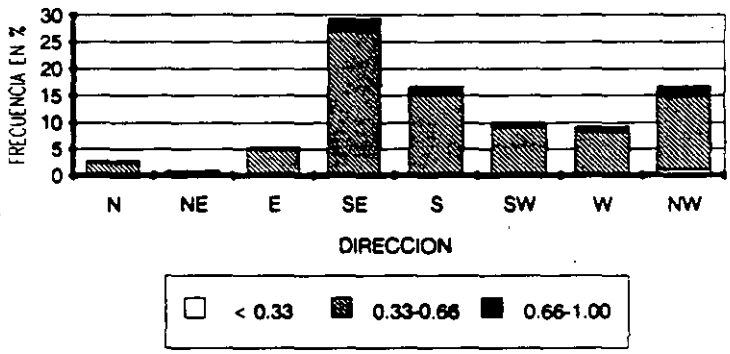
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 7%



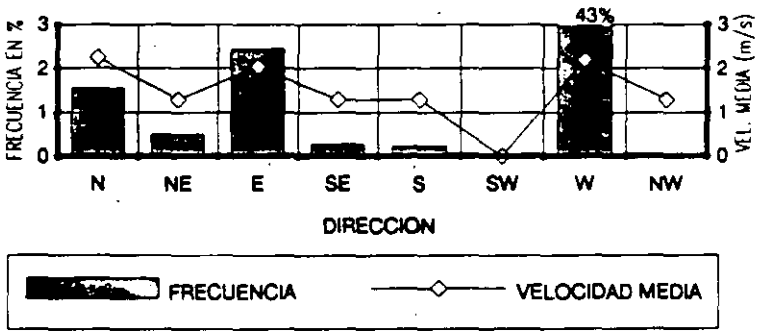
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES

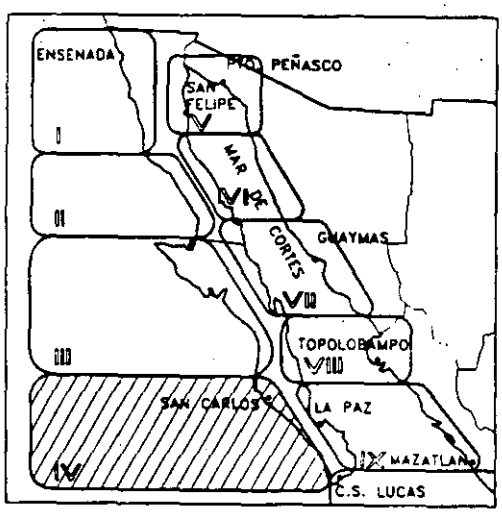
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE LA CORRIENTE EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 9%



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 52%
VIENTO REINANTE W
ESTACION: CABO SAN LUCAS, B.C.S.



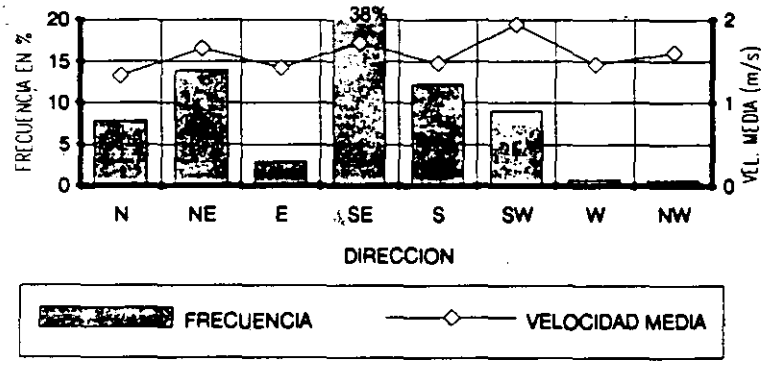


MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: SAN CARLOS

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.563
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.833
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.656
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.007
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.672
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.868
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-2.003

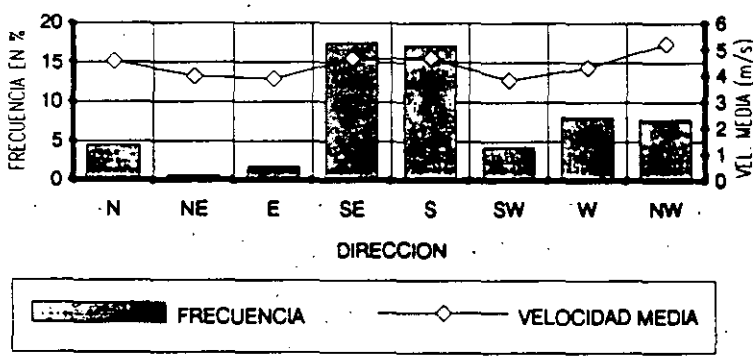
NO SE DISPONE DE INFORMACION DE OLEAJE
Y CORRIENTES

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 14%
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: SAN FELIPE, B.C.

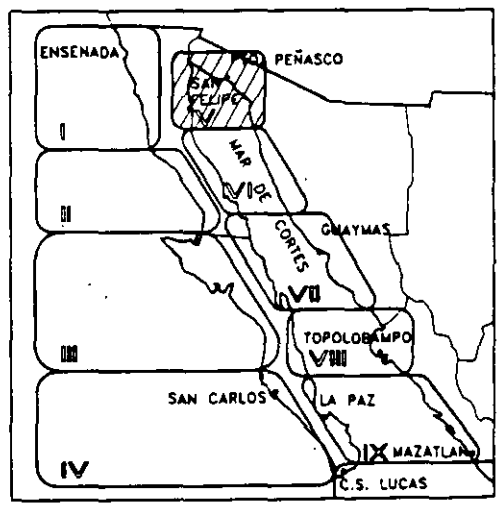
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 38%
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: PTO. PEÑASCO, SON.

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: PTO. PEÑASCO

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	3.816
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	2.148
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	1.800
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.010
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-1.780
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-2.140
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-3.926



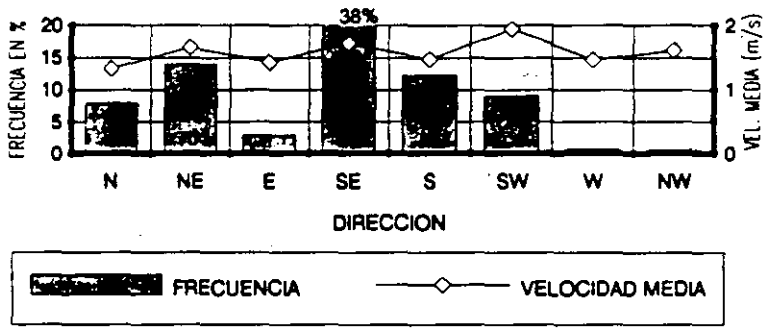
CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA VI

NO SE DISPONE DE INFORMACION DE OLEAJE

NO SE DISPONE DE INFORMACION DE CORRIENTES

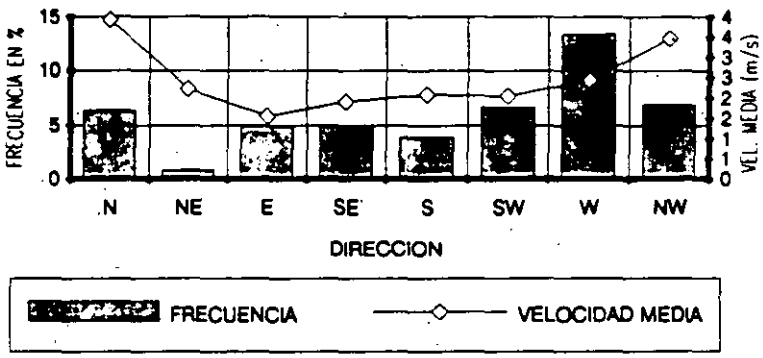
REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 14%
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: SAN FELIPE, B.C.

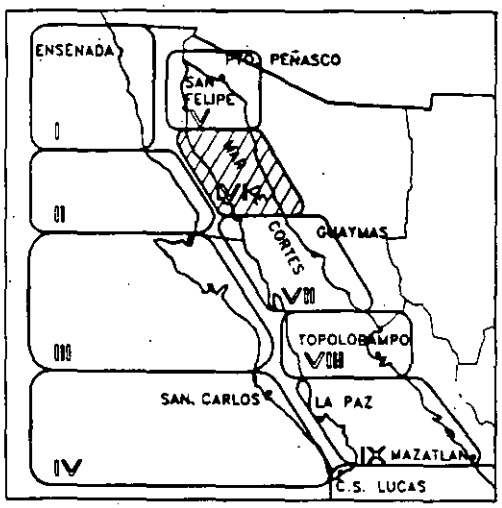
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 52%
VIENTO REINANTE W
ESTACION: GUAYMAS, SON.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS





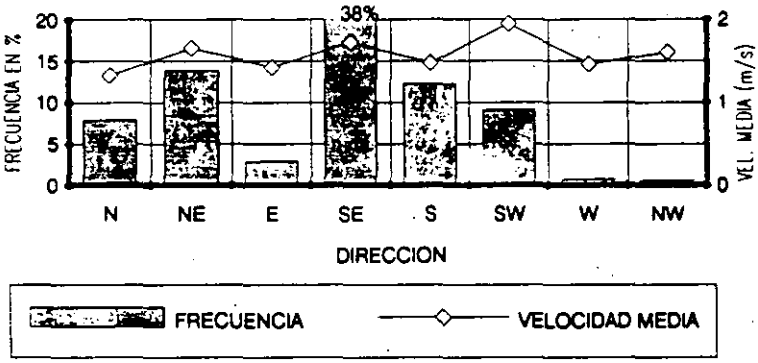
MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: B. DE LOS ANGELES

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.745
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.986
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.786
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.002
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.972
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-1.010
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.761

NO SE DISPONE DE INFORMACION DE OLEAJE

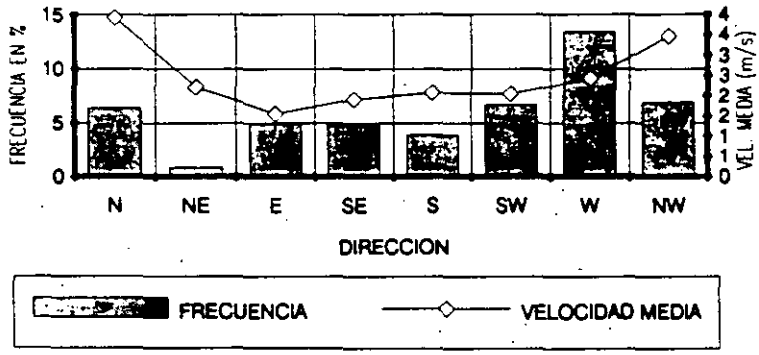
NO SE DISPONE DE INFORMACION DE CORRIENTES

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

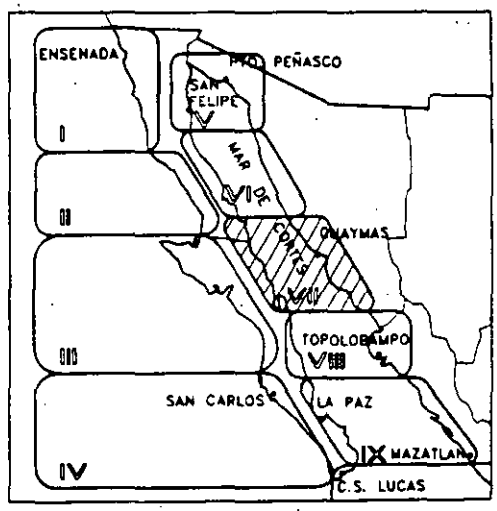


REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 14%
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: SAN FELIPE, B.C.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 52%
VIENTO REINANTE W
ESTACION: GUAYMAS, SON.



MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: GUAYMAS

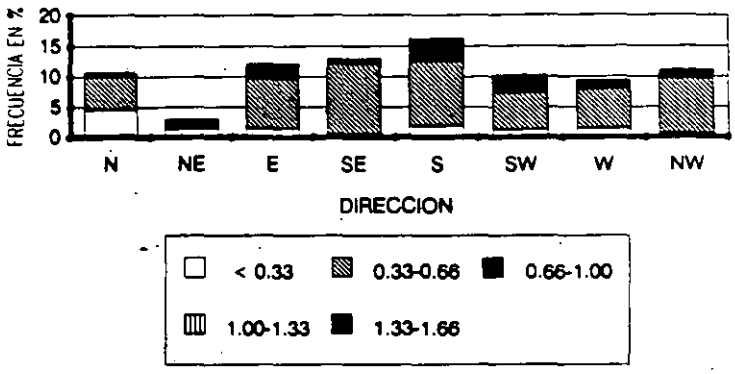
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.854
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.357
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.305
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.011
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.302
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.474
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.188

CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA VIII

NO SE DISPONE DE INFORMACION DE OLEAJE

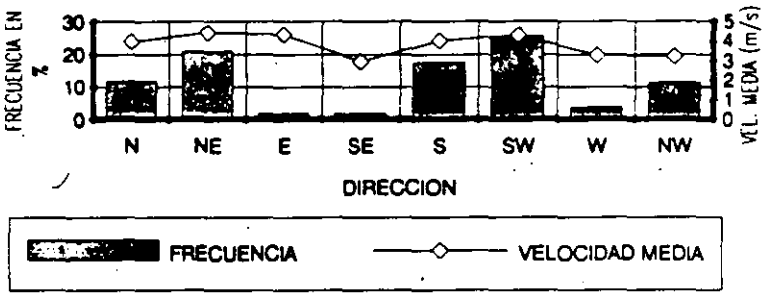
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES

REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 15%



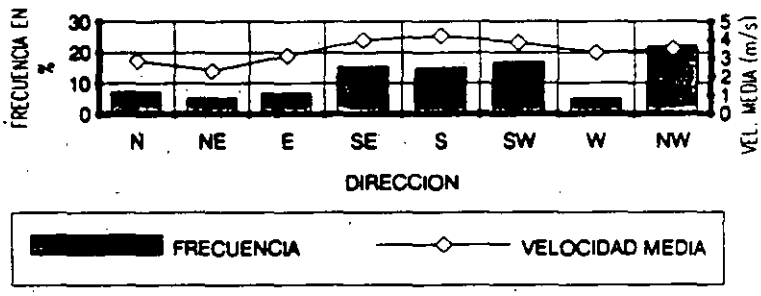
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

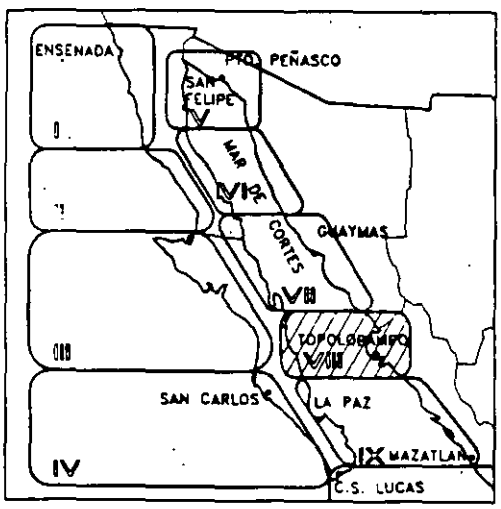
REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 6%
VIENTO REINANTE SW
ESTACION: LA PAZ, B.C.S.



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 6%
VIENTO REINANTE NW
ESTACION: TOPOLOBAMPO, SIN.

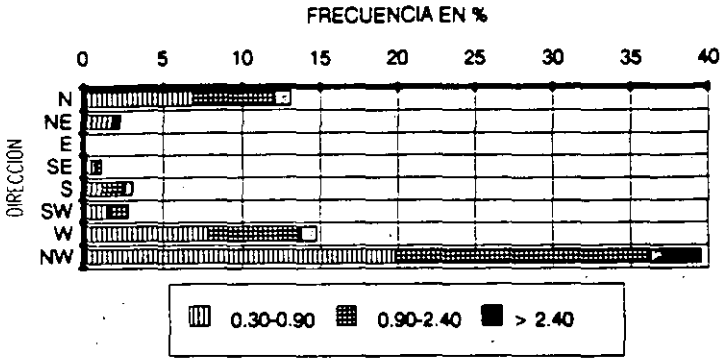




MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: TOPOLOBAMPO

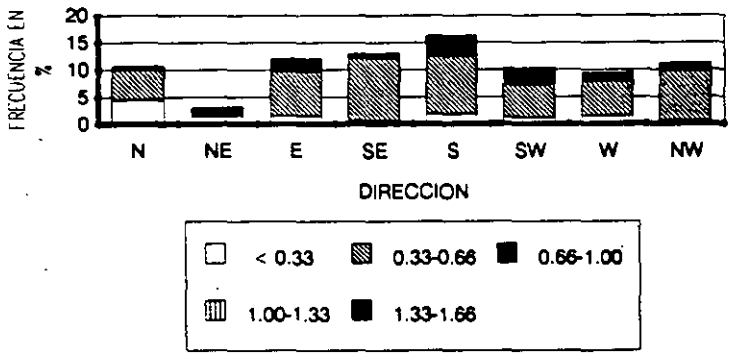
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.149
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.528
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.421
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.004
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.412
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.610
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.228

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



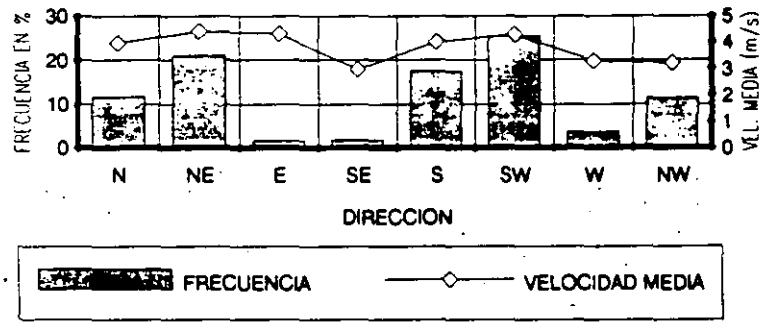
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 13%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



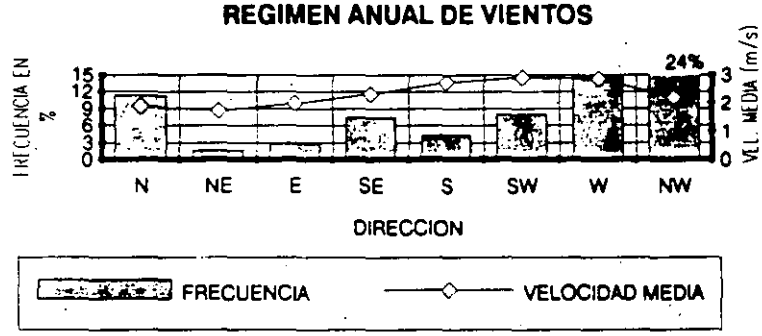
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 15%

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 6%
VIENTO REINANTE SW
ESTACION: LA PAZ, B.C.S.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

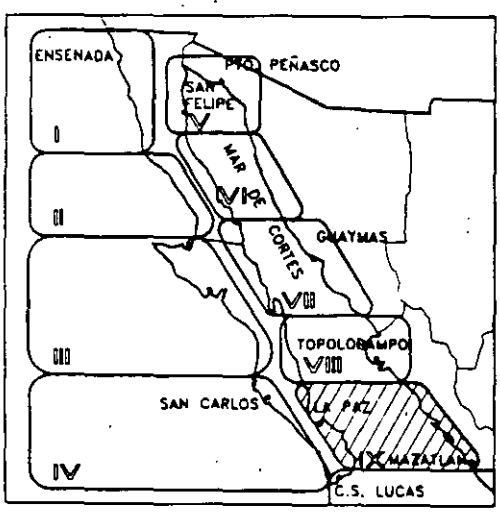


REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 25%
VIENTO REINANTE NW
ESTACION: MAZATLAN, SIN.

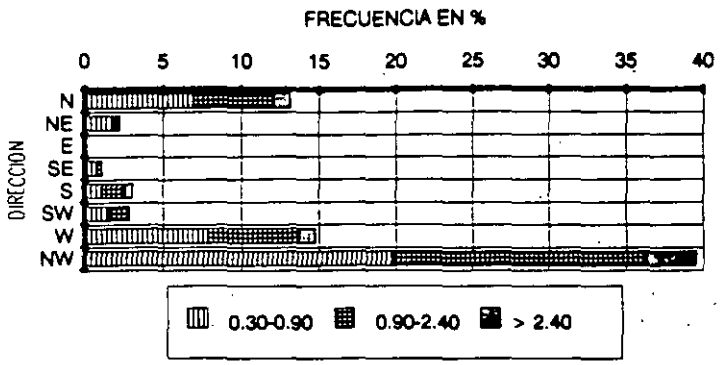
CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA IX

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: LA PAZ, B.C.S.

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.024
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.509
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.385
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.008
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.369
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.536
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.987

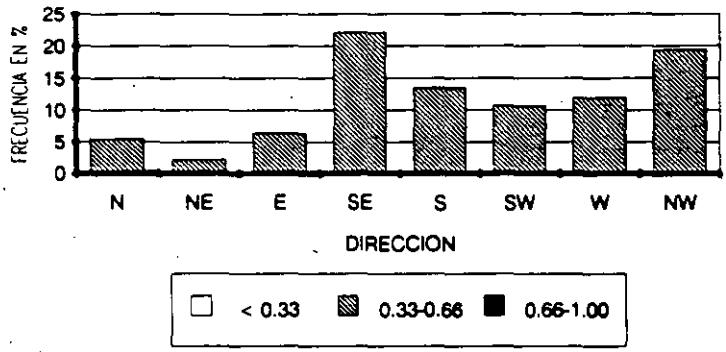


REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



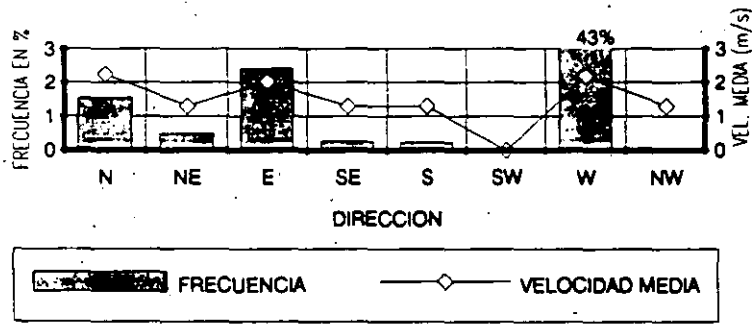
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 13%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



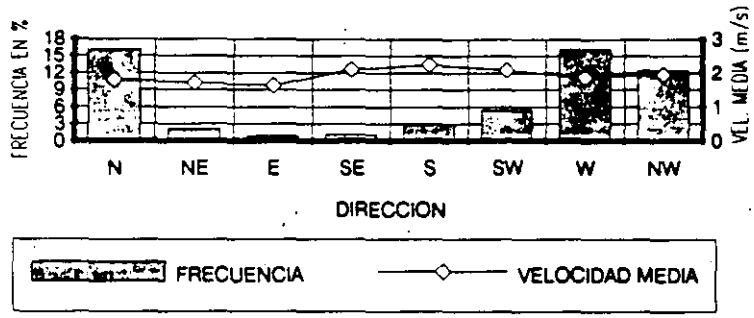
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE LA CORRIENTE EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 8%

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 52%
VIENTO REINANTE W
ESTACION: CABO SAN LUCAS, B.C.S.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

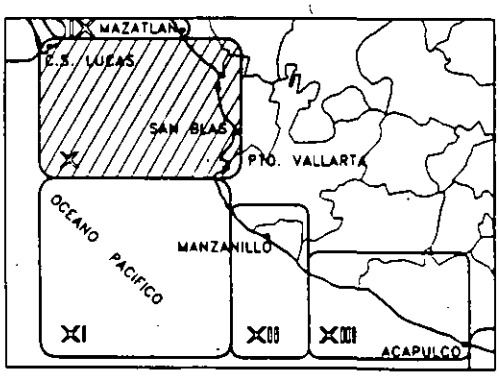


REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 43%
VIENTO REINANTE N
ESTACION: SAN BLAS, NAY.

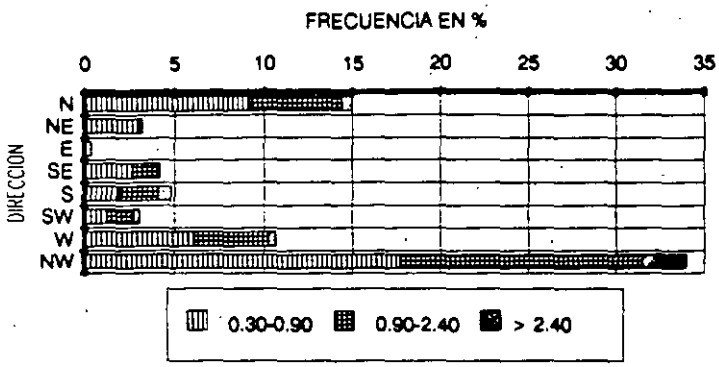
CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA X

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: CABO SAN LUCAS

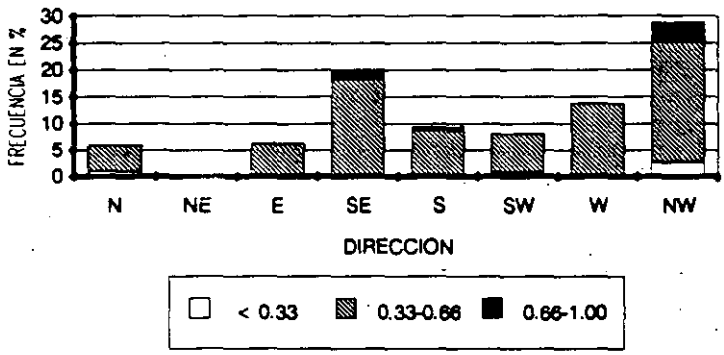
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.068
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.591
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.458
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.002
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.454
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.602
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.127



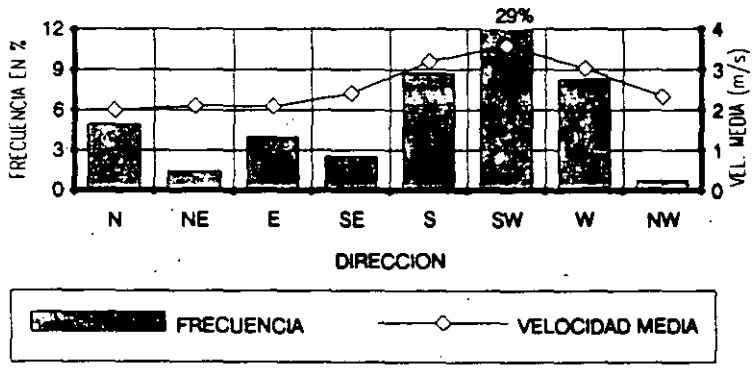
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



MAREA ASTRONOMICA

ESTACION: PTO. VALLARTA

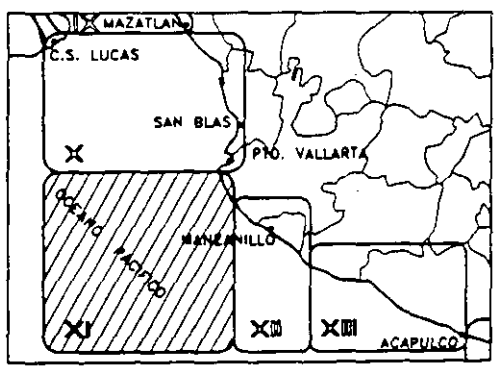
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.065
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.480
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.390
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.390
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.512
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.007

CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XI

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 14%

REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE LA CORRIENTE EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 8%

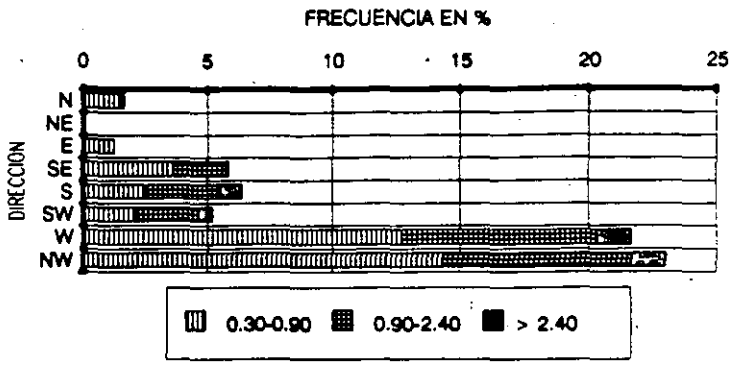
REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 40 %
VIENTO REINANTE SW
ESTACION: PTO. VALLARTA, JAL.



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XII

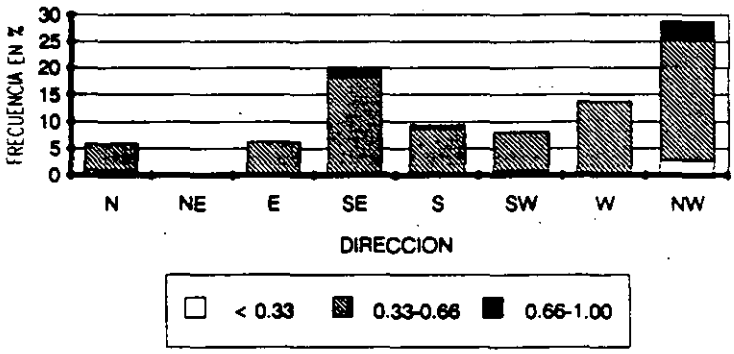
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 13%
CALMAS 22%

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



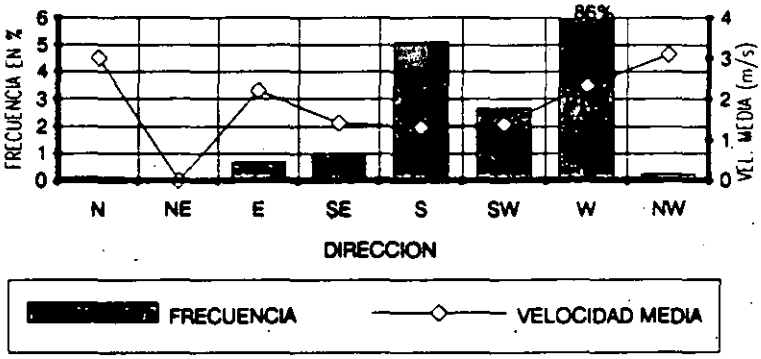
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 8%

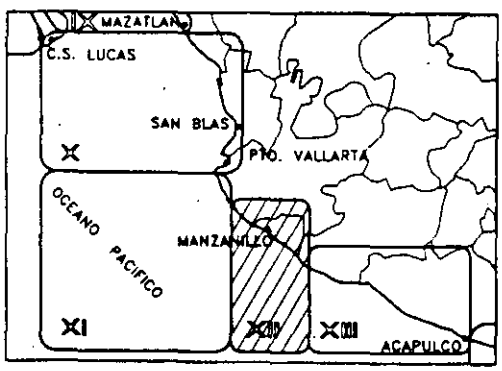
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 4 %
VIENTO REINANTE W
ESTACION: MANZANILLO, COL.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

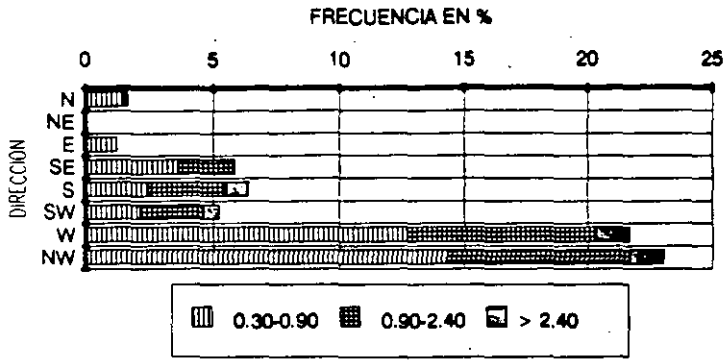




MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: MANZANILLO

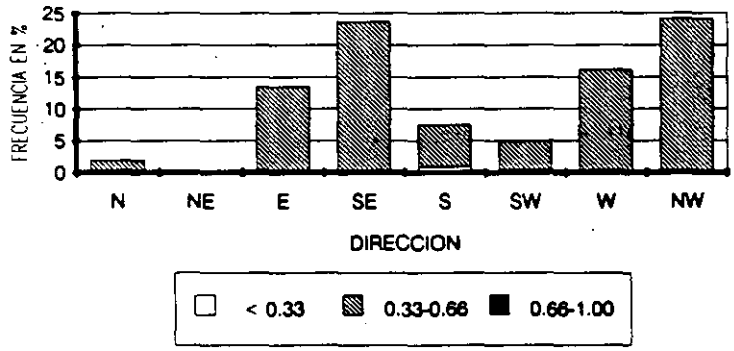
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.848
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.333
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.272
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.005
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.264
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.398
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.889

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



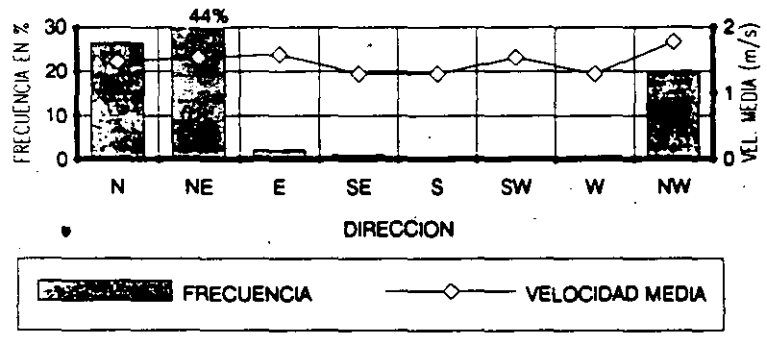
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 13%
CALMAS 22%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



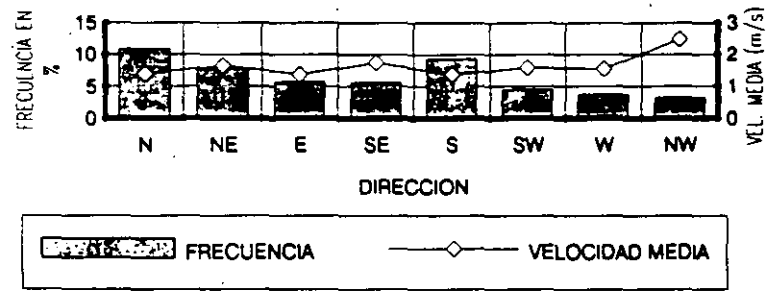
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 8%

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 5 %
VIENTO REINANTE NE
ESTACION: L. CARDENAS, MICH.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

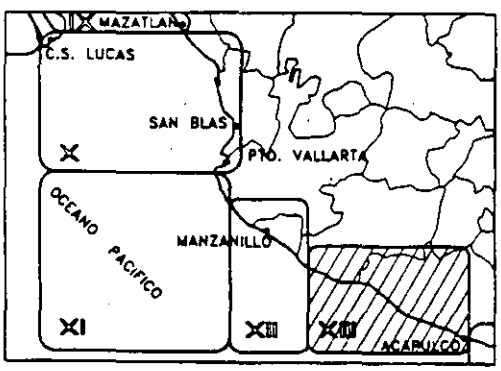


REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 49 %
VIENTO REINANTE N
ESTACION: ZIHUATANEJO, GRO.

CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA XIII

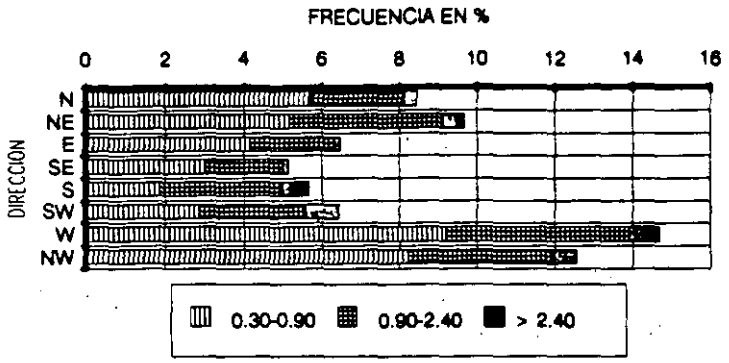
MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: ACAPULCO

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.909
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.342
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.236
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.001
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.238
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.306
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.770



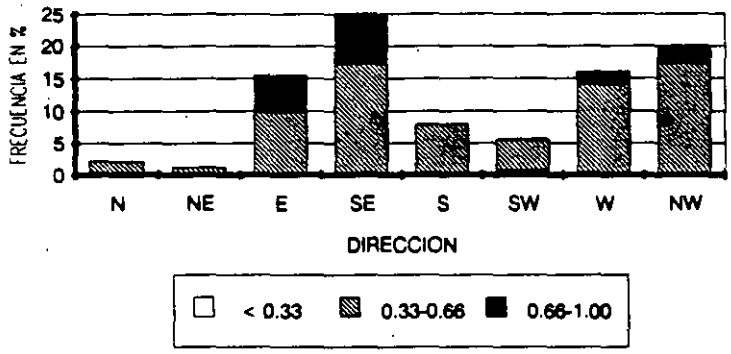
CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA XIV

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



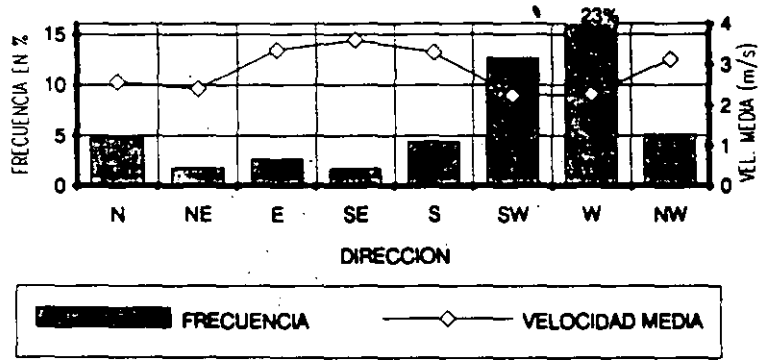
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 11%
CALMAS 19%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 7%

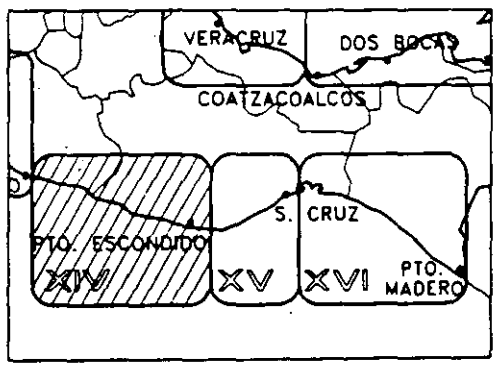
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 44 %
VIENTO REINANTE W
ESTACION: ACAPULCO, GRO.

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: PTO. ANGEL

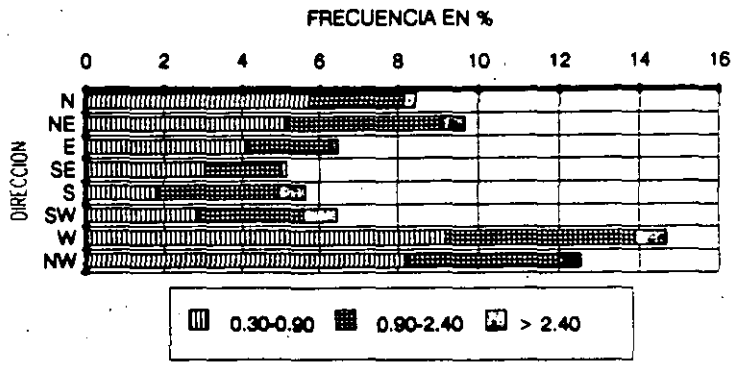
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.058
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.546
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.441
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.002
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.444
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.477
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.923



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XV

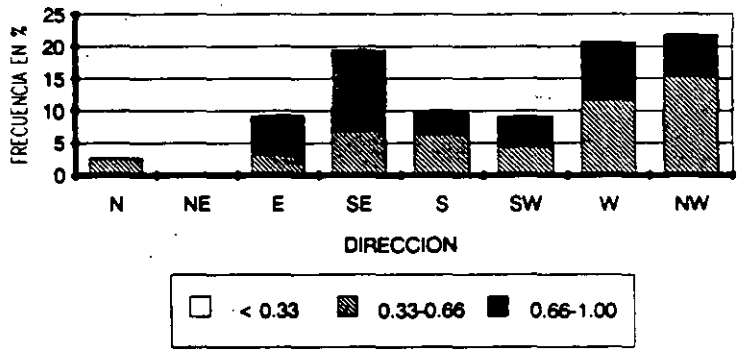
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 11%
CALMAS 19%



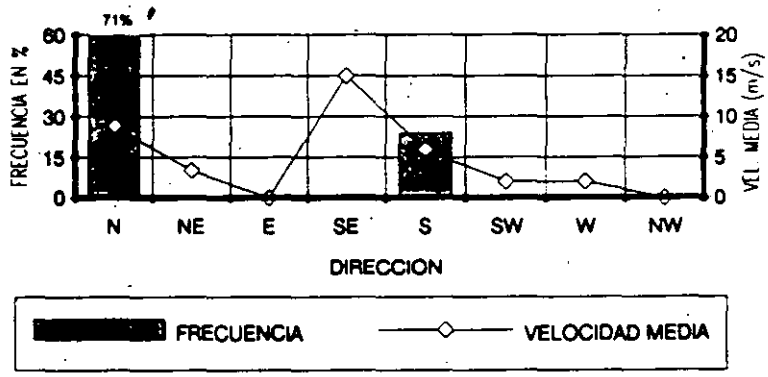
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES

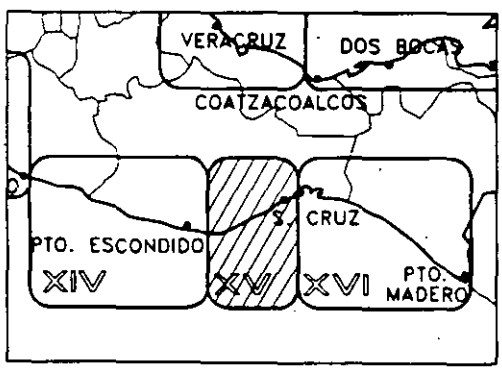
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 6%



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 16 %
VIENTO REINANTE N
ESTACION: SALINA CRUZ, OAX.

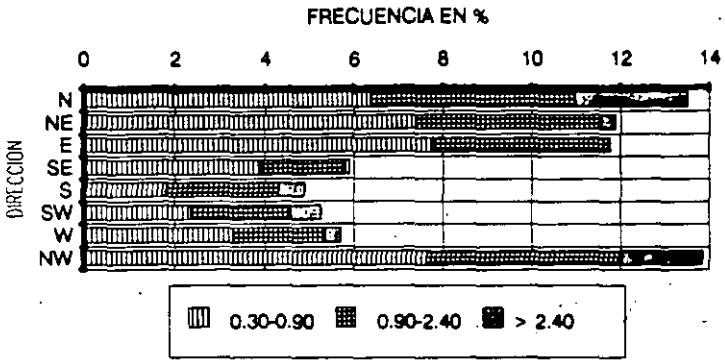




MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: SALINA CRUZ

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.174
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.645
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.536
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.006
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.536
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.574
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.112

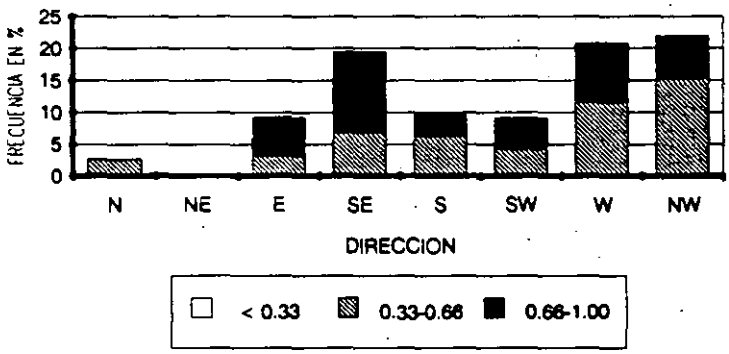
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XVI

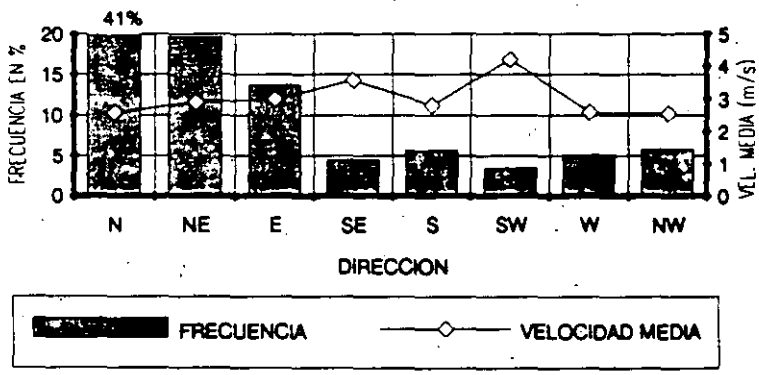
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 11%
CALMAS 16%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 6%

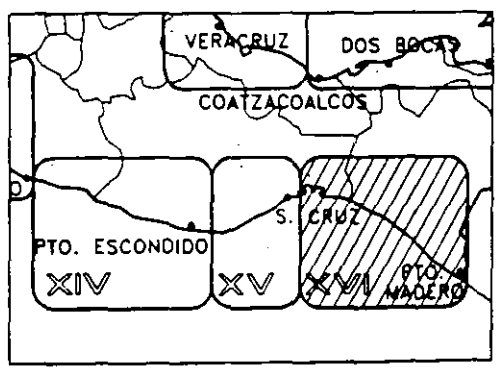
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 1 %
VIENTO REINANTE N
ESTACION: PTO. MADERO, CHIS.

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: PTO. MADERO

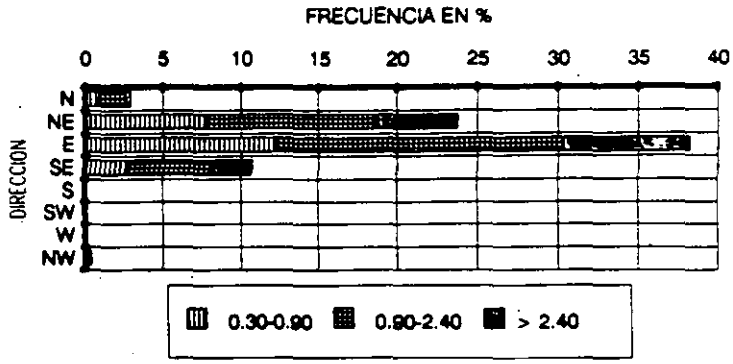
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	1.311
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.775
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.662
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.002
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.655
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.693
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-1.098



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XVII

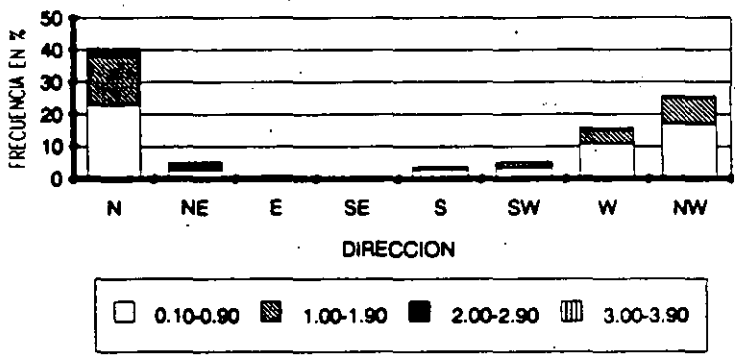
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 14%



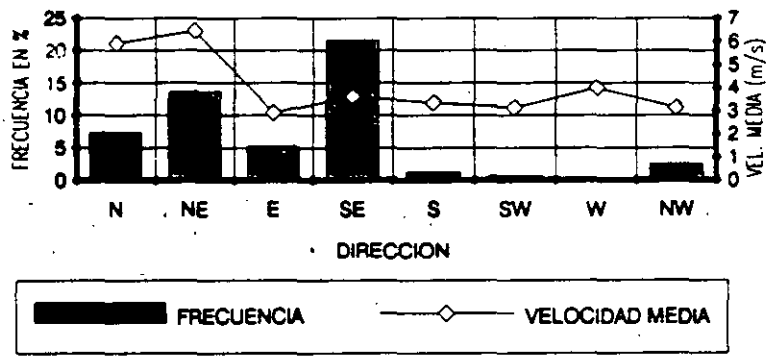
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES

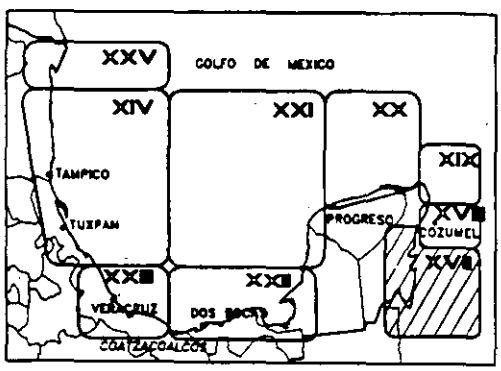
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 2%



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 47 %
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: COZUMEL, Q.ROO.



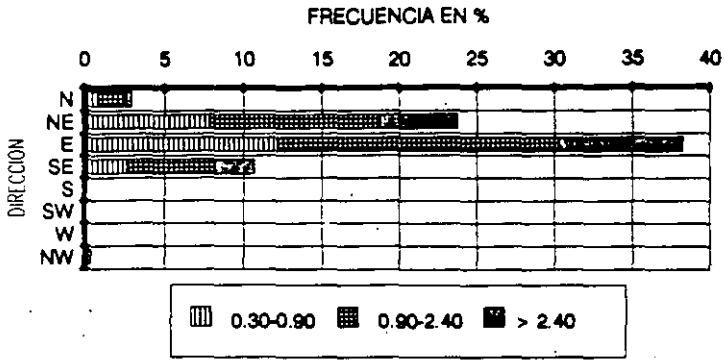


MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: COZUMEL

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.342
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.111
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.088
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.002
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.093
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.125
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.334

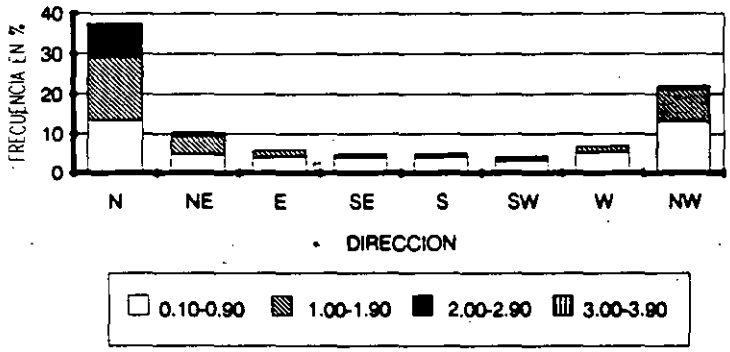
CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA XVIII

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



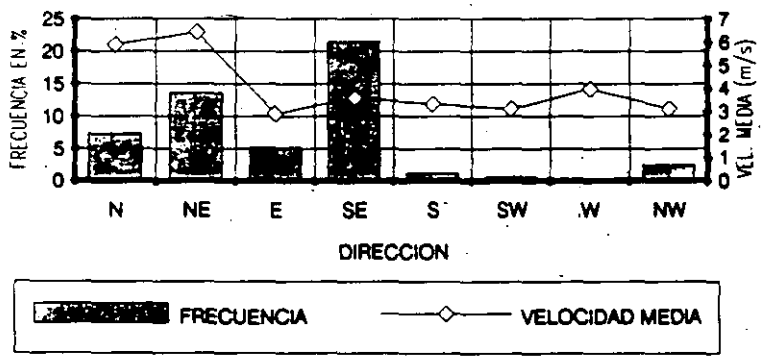
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 14%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 3%

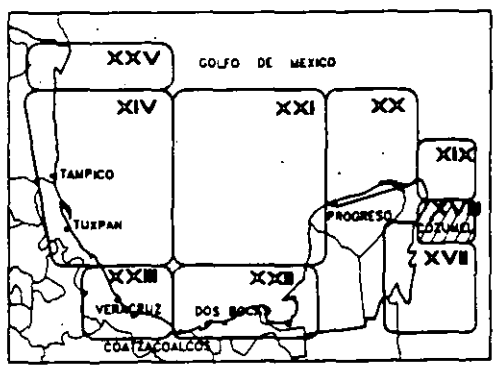
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 47 %
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: COZUMEL, Q.ROO.

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: COZUMEL

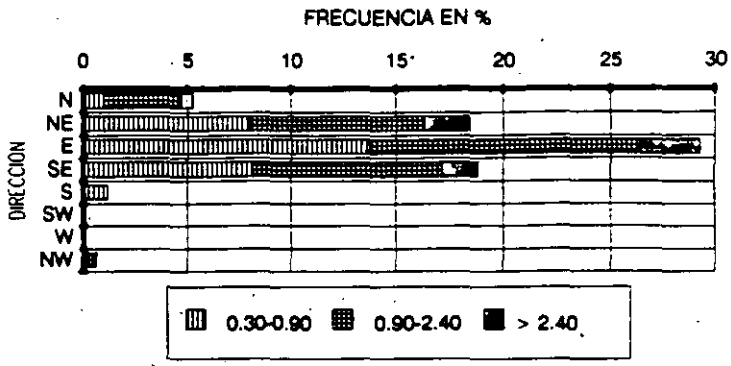
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.342
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.111
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.088
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.002
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.093
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.125
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.334



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XIX

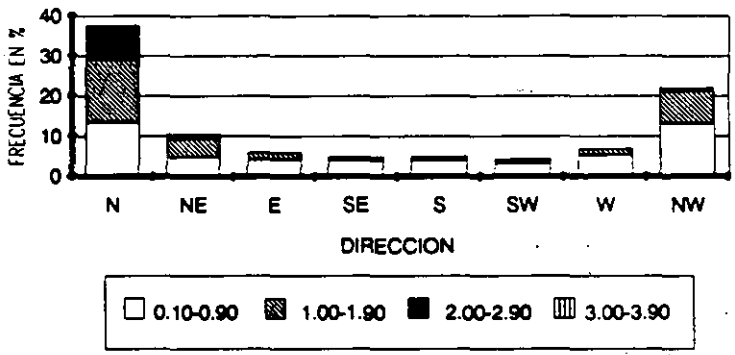
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 16%

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



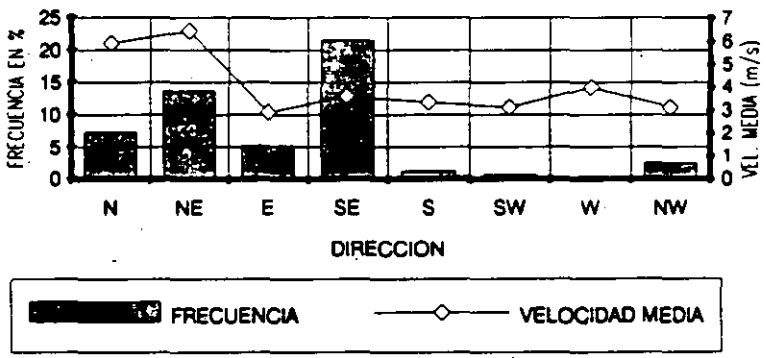
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 3%

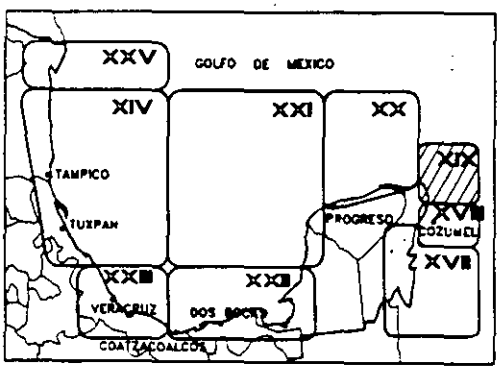
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 47 %
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: COZUMEL, Q.ROO.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

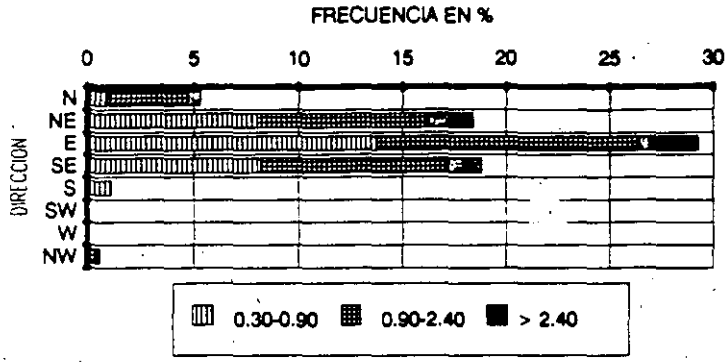




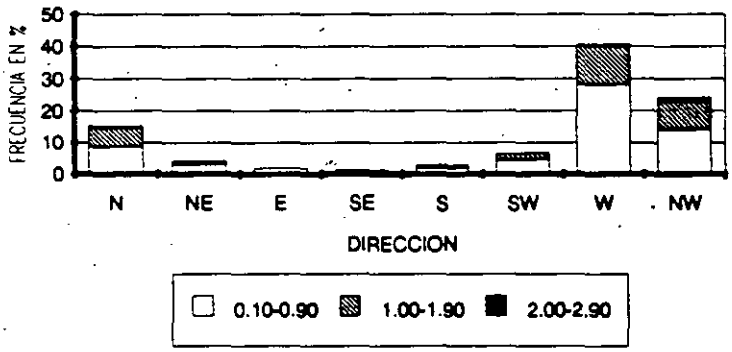
MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: PTO. JUAREZ

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.236
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.100
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.070
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.001
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.072
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.090
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.204

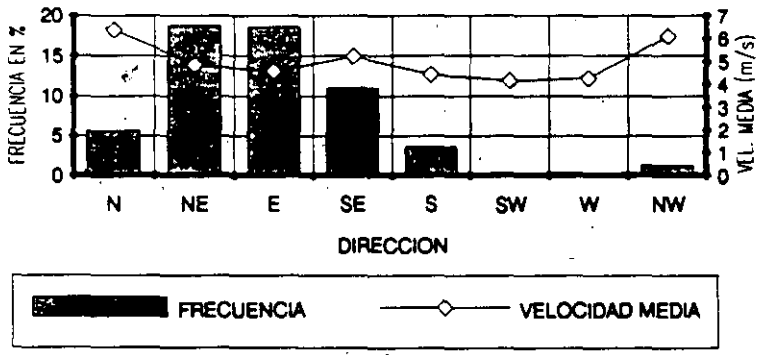
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



MAREA ASTRONOMICA

ESTACION: PROGRESO

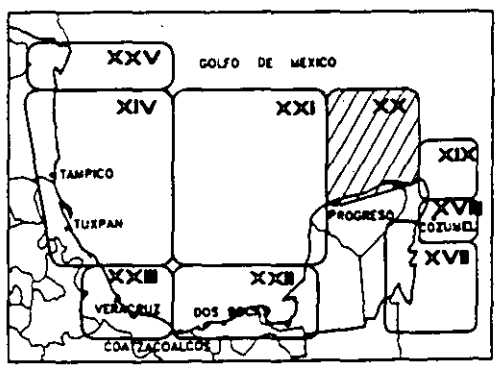
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.916
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.259
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.020
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.308
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.913

CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XX

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS.
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 10%
CALMAS 16%

REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 3%

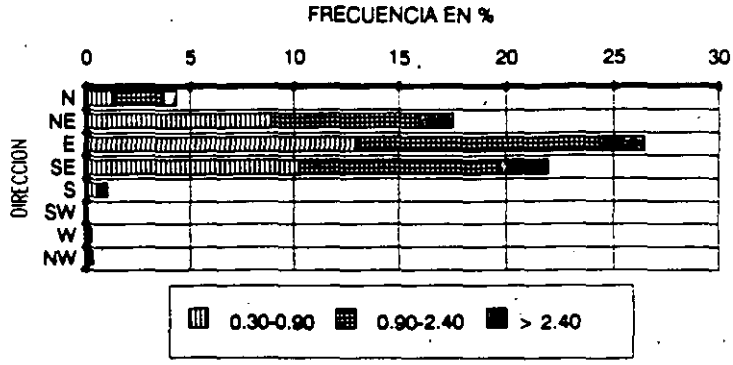
REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 41 %
VIENTO REINANTE E
ESTACION: PROGRESO, YUC.



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XXI

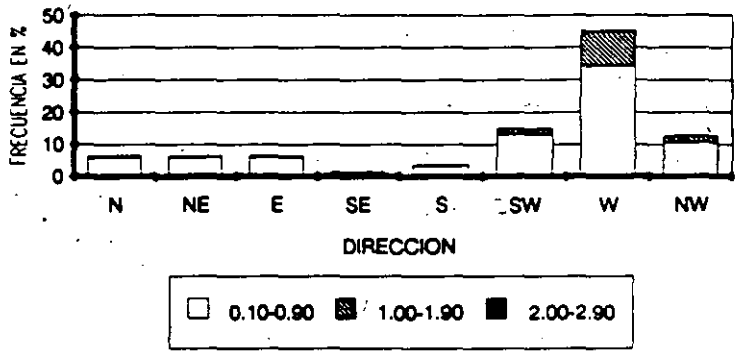
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 12%
CALMAS 16%



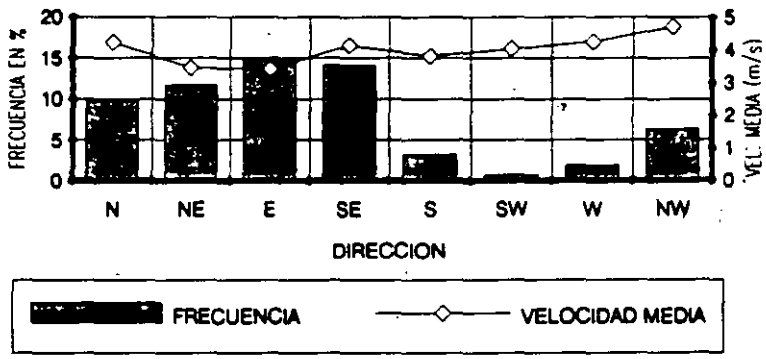
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES

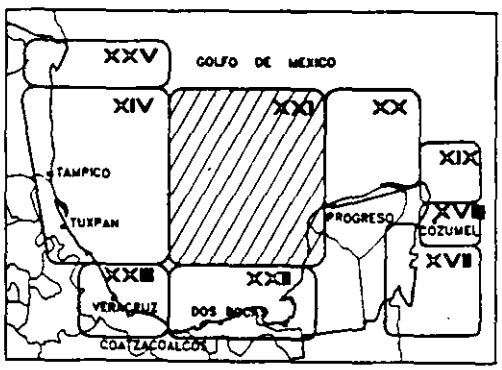
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 2%



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 37 %
VIENTO REINANTE E
ESTACION: CAMPECHE,CAMP.

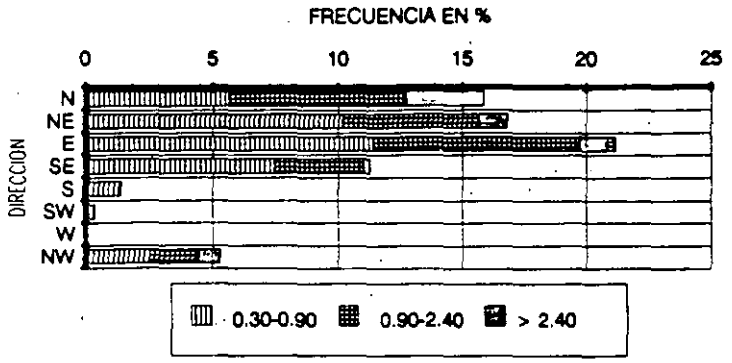




MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: CAMPECHE

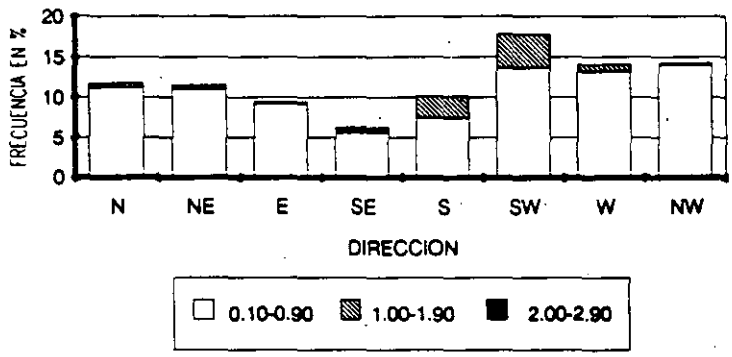
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.508
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	(N.P.M.S.)	0.332
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.298
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	0.004
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.290
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	(N.B.M.I.)	-0.453
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.772

REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



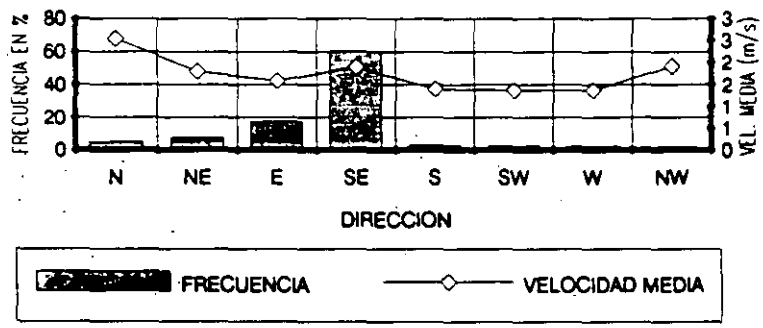
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 9%
CALMAS 19%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



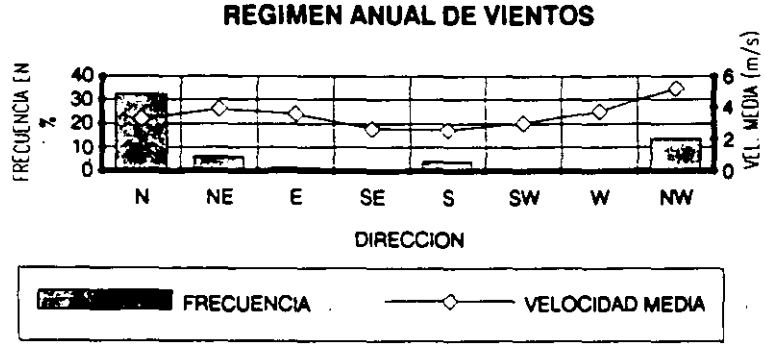
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 5%

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 0 %
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: CD. DEL CARMEN, CAMP.

REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

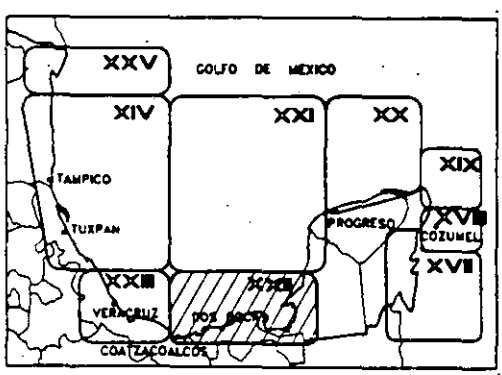


REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 40 %
VIENTO REINANTE N
ESTACION: COATZACOALCOS, VER.

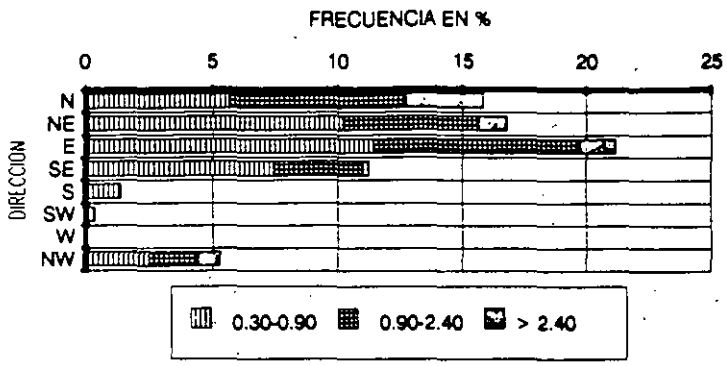
CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA XXII

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: CD. DEL CARMEN

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.923
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.180
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.032
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.244
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.662



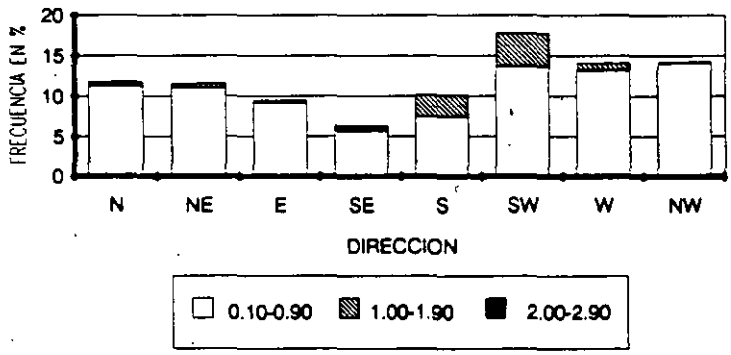
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XXIII

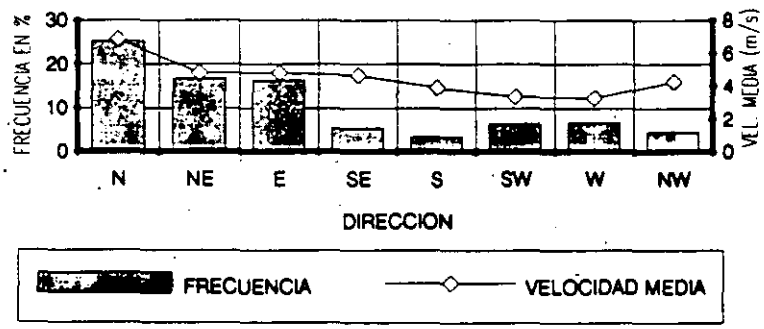
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS.
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 9%
CALMAS 19%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 5%

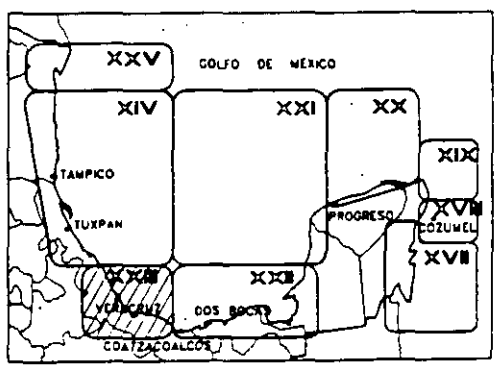
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 15 %
VIENTO REINANTE N
ESTACION: VERACRUZ, VER.

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: VERACRUZ

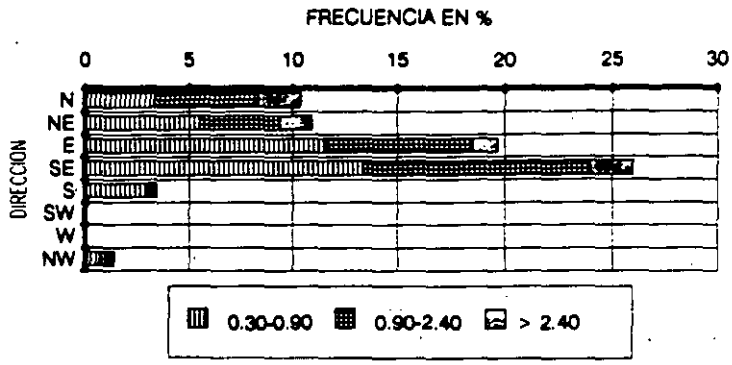
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.929
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.221
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.040
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.301
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.778



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES ZONA XXIV

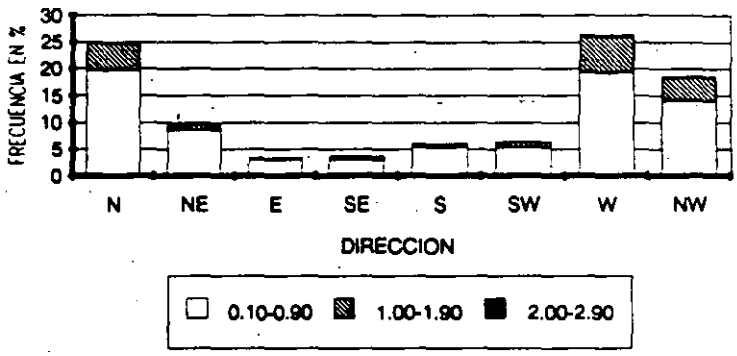
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE

REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 9%
CALMAS 19%



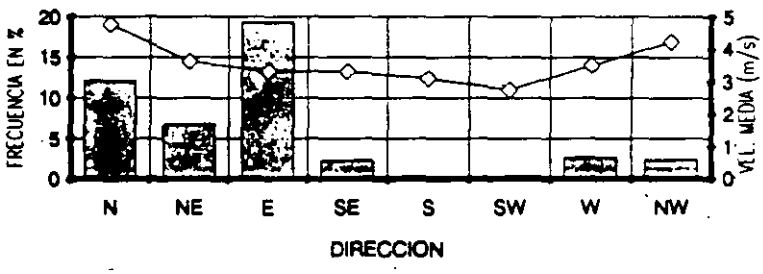
REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES

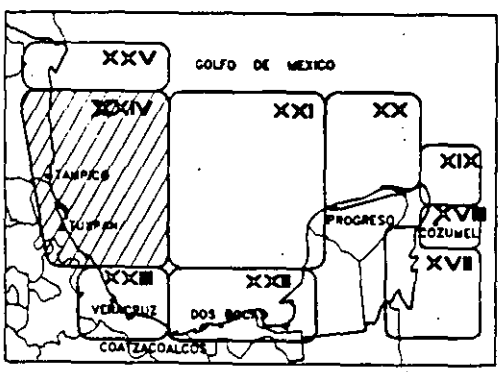
REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 1%



REGIMEN ANUAL DE VIENTOS

REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 54 %
VIENTO REINANTE E
ESTACION: TAMPICO, TAMP.

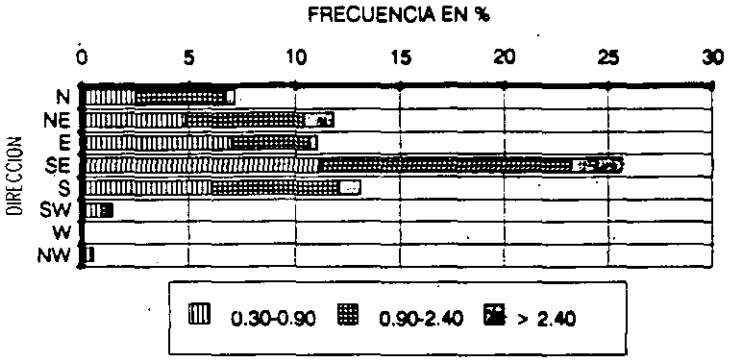




MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: TUXPAN

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.833
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.219
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.033
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.284
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.782

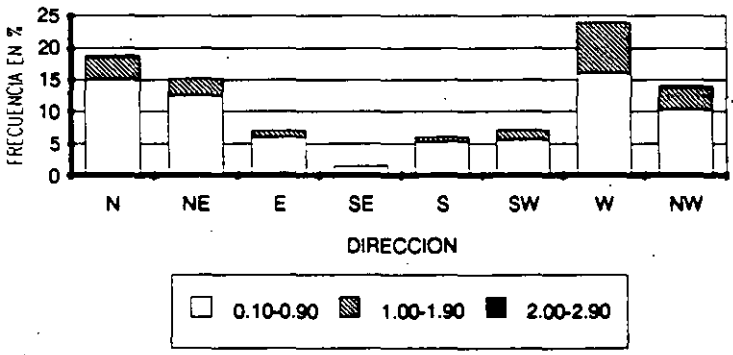
REGIMEN ANUAL DE OLEAJE



CONDICIONANTES FISICAS NORMALES
ZONA XXV

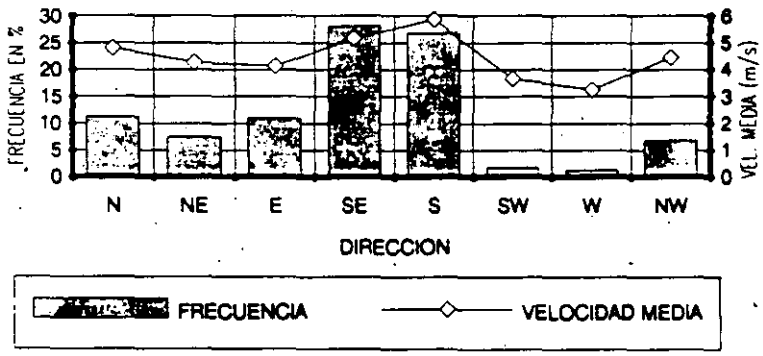
REGIMEN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS,
LOCAL + DISTANTE
ALTURA DE OLA EN METROS
INDETERMINADOS 9%
CALMAS 20%

REGIMEN ANUAL DE CORRIENTES



REGIMEN DE CORRIENTES SUPERFICIALES
INTENSIDAD DE CORRIENTES EN NUDOS
INDETERMINADOS 0%
CALMAS 6.5%

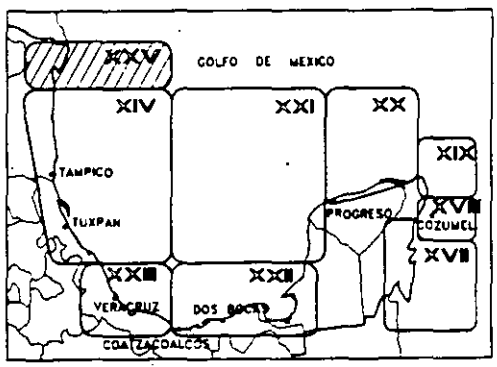
REGIMEN ANUAL DE VIENTOS



REGIMEN DE VIENTOS LOCALES
CALMAS 6 %
VIENTO REINANTE SE
ESTACION: MATAMOROS, TAMPS.

MAREA ASTRONOMICA
ESTACION: CD. MADERO, TAMPICO

PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	(P.M.R.)	0.925
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	(N.P.M.)	0.208
NIVEL MEDIO DEL MAR	(N.M.M.)	0.000
NIVEL DE MEDIA MAREA	(N.M.M.)	-0.027
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	(N.B.M.)	-0.262
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	(B.M.R)	-0.720



3.2 Condicionantes físicas extraordinarias

Estas condiciones se dan por la presencia de fenómenos especiales como es el caso de los ciclones, nortes, sismos, etc. Las perturbaciones meteorológicas aparecen en nuestras costas durante todo el año ya que los ciclones inciden en el período de mayo a noviembre, acompañados de lluvias abundantes y de carácter torrencial sobre las vertientes que entran directamente en contacto con el ciclón hasta un radio de 300 Km; y los nortes inciden en el período de octubre a abril.

Meteorológicas

Lo referente a vientos máximos, que maneja la Vocalia de Obras Marítimas de Puertos Mexicanos.

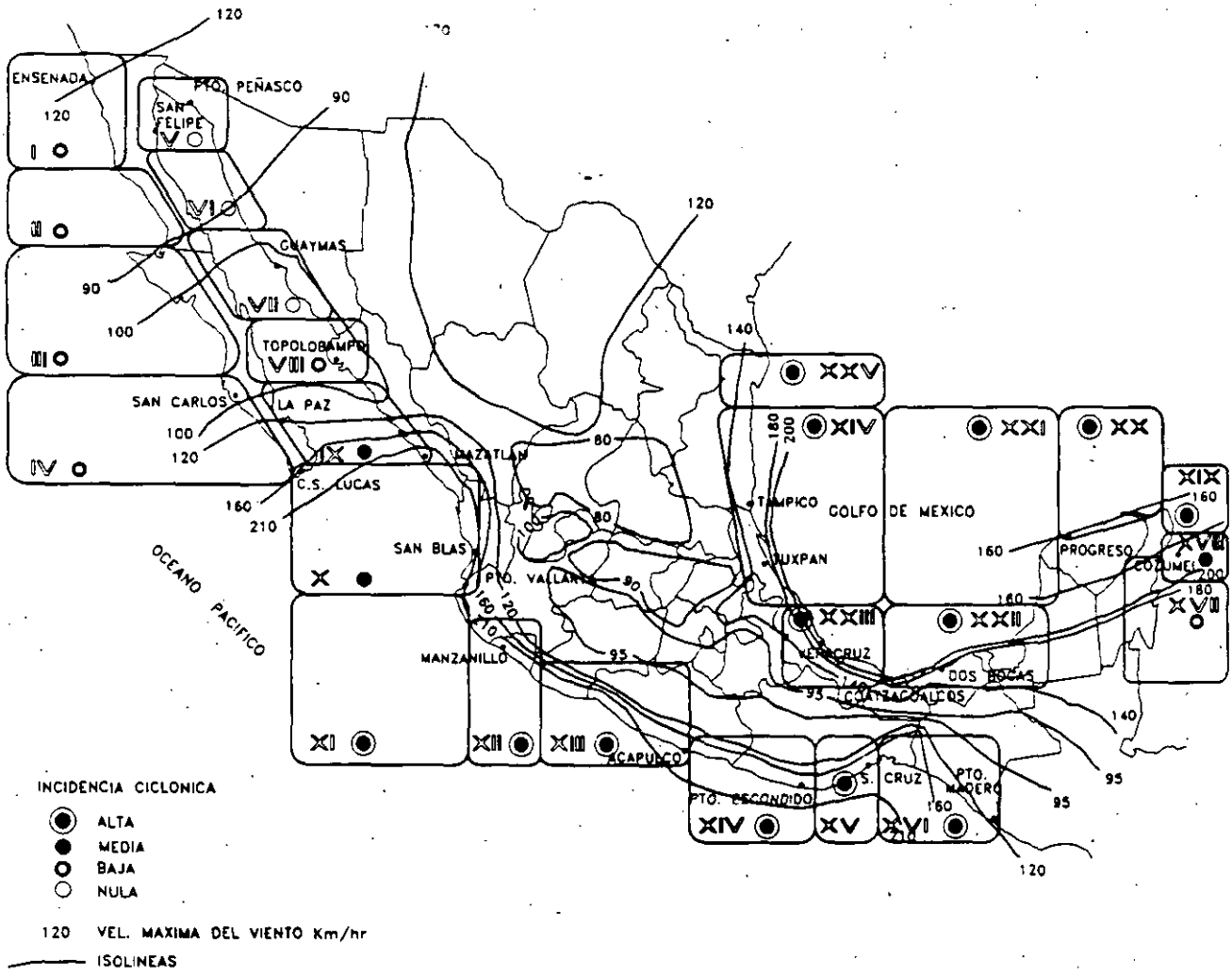
Oceanográficas

El oleaje generado por huracán, tomando como referencia un huracán crítico en el Golfo-Caribe y en el Pacífico, representando la trayectoria y los valores de vientos máximos, altura de ola significante y período significante, para la posición indicada.

Las alturas de ola mostradas no deben de ser consideradas para diseño puesto que aún están en la zona de generación y deben de pasar por una distancia de decaimiento y afectarse por el fenómeno de refracción.

Sismicidad

Se presenta la regionalización sísmica dada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, la cual esta identificada en el mapa general de la zonificación.



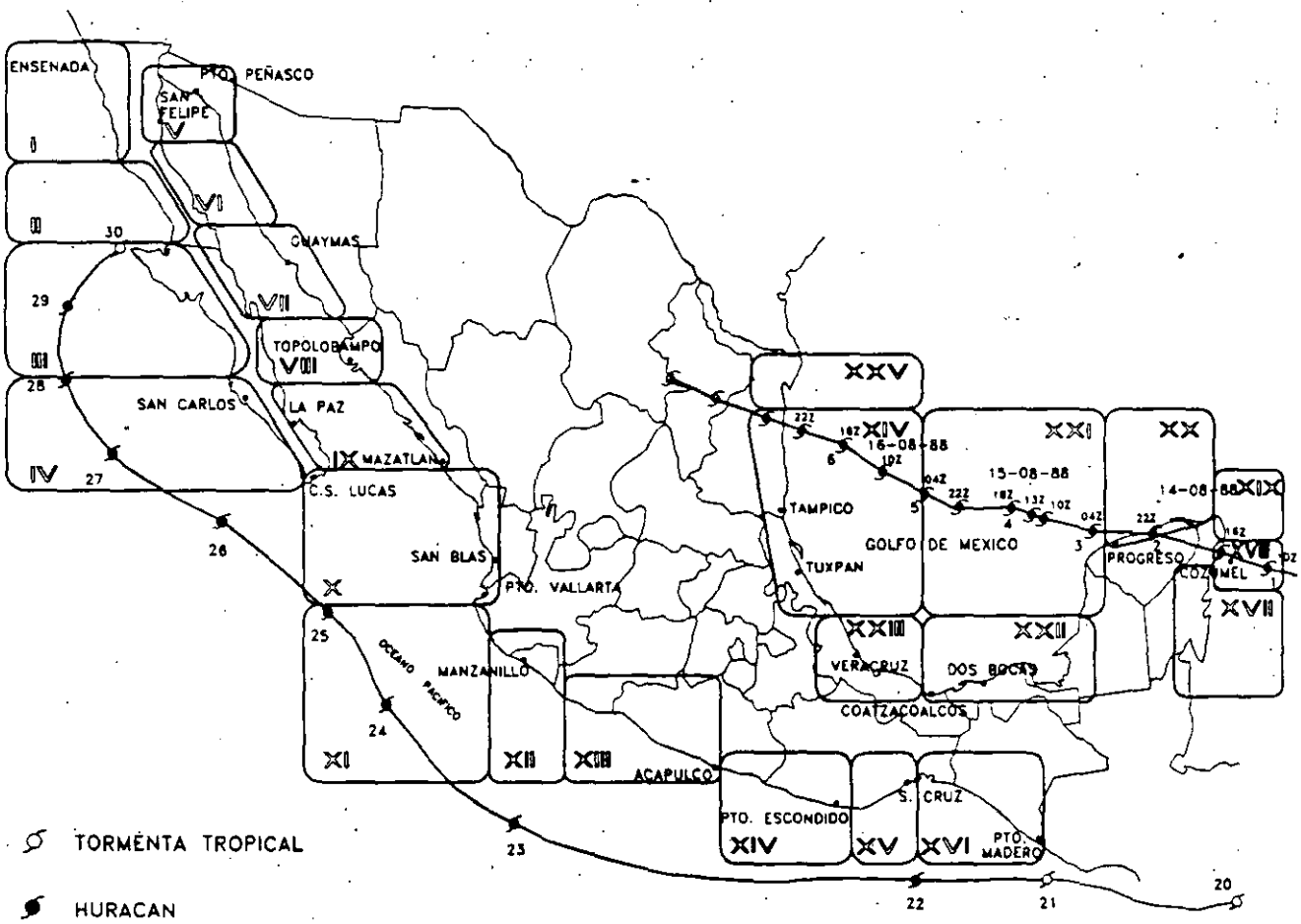
Vientos máximos

OLEAJE CICLONICO - Golfo de México y Mar Caribe
Huracán Gilberto 1988

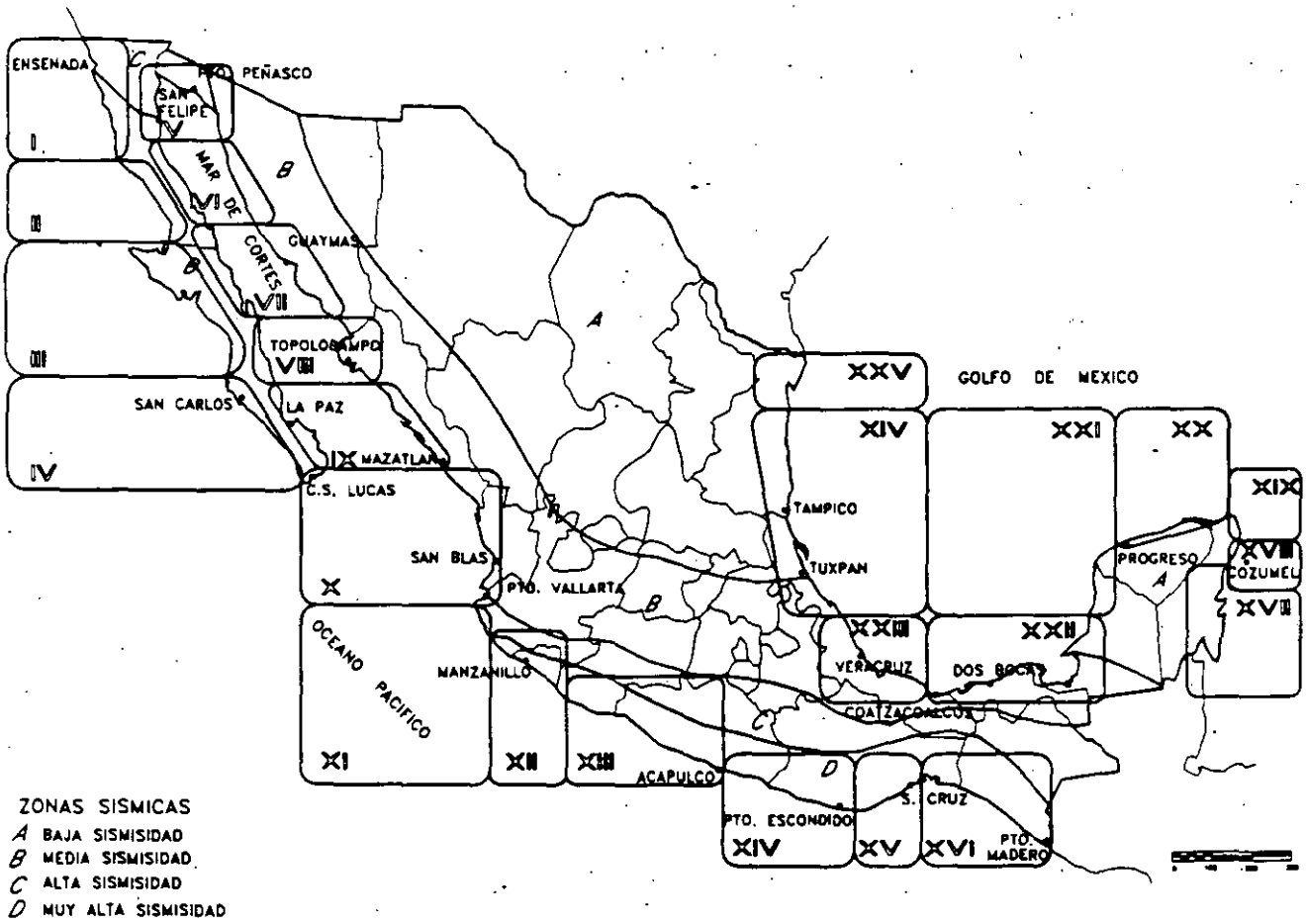
POSICION	FECHA	HORA	LATITUD N	LONGITUD W	Vmax m/s	Ho (m)	To (seg)
1	14-SEP-88	04:00Z	19.9°	84.8°	278	10.54	12.52
2	14-SEP-88	22:00Z	21.3°	88.8°	222	11.77	13.25
3	15-SEP-88	04:00Z	21.5°	90.2°	204	11.78	13.25
4	15-SEP-88	16:00Z	22.2°	92.3°	194	11.76	13.24
5	16-SEP-88	04:00Z	22.8°	94.4°	194	11.35	12.99
6	16-SEP-88	16:00Z	23.9°	96.4°	194	11.35	12.99

OLEAJE CICLONICO - Océano Pacífico
Huracán Olivia 1971

POSICION	FECHA	HORA	LATITUD N	LONGITUD W	Vmax m/s	Ho (m)	To (seg)
1	21-SEP-60	04:00Z	13.7°	92.1°	8	7.61	10.63
2	22-SEP-60	12:00Z	13.9°	96.2°	13	9.12	11.61
3	23-SEP-60	04:00Z	15.1°	104.7°	13	9.44	11.83
4	24-SEP-60	03:00Z	17.9°	107.9°	150	10.28	12.35
5	25-SEP-60	12:00Z	19.8°	109.4°	150	10.60	12.56
6	26-SEP-60	04:00Z	21.6°	112.1°	186	11.18	12.89
7	27-SEP-60	04:00Z	23.0°	115.0°	149	10.07	12.22
8	28-SEP-60	04:00Z	24.5°	116.1°	121	9.25	11.72
9	29-SEP-60	04:00Z	26.1°	116.5°	119	9.22	11.70
10	30-SEP-60	04:00Z	27.7°	115.1°	68	7.79	10.79



Trayectorias ciclónicas críticas



Regionalización sísmica

CAPITULO 4

MODOS DE TRANSPORTE

BHP	Bullard Horse Power (empuje en caballos de fuerza)
C	Calado
CAPY	Capacidad nominal (en toneladas) del potencial de carga de los carros de ferrocarril
Cmáx.	Calado Máximo
Cmín.	Calado Mínimo
D	Desplazamiento
E	Eslora
E-E	Distancia entre ejes
E-pp	Eslora entre Perpendiculares
Fb	Franco bordo
Flo-Flo	Float on - Float off
H.P	Horsepower
ISO	International Standars Organisation
Kg	Kilogramo
LASH	Lighter Aboard Ship
LGC	Barcos destinados al gas licuado
LNG	Barcos destinados al gas natural
Lo.Lo.	Lift on - Lift off
LPG	Barcos destinados al gas petroleo
Lt	Litros
M	Manga

OBO	Ore - Bulk - Oil
OO	Ore - Oil
P	Puntal
P-Q	Cargas por ejes.
Ro.Ro.	Roll on - Roll off
RSP	Remolque sobre plataforma (piggy Back)
TEU	Tweenty feet Equivalent Units
TNR	Tonelaje Neto de Registro
Ton - km	Tonelada - Kilómetro
TPM	Toneladas de Peso Muerto
TRB	Tonelaje de Registro Bruto
VLCC	Very Large Cargo Carrier

Figura 4.1 Nomenclatura de elementos de embarcaciones
Figura 4.2 Línea de Plimsoll o de Franco Bordo
Figura 4.3 Tipos de Semiremolques
Figura 4.4 Vehículos de Pasajeros
Figura 4.5 Carro Tanque
Figura 4.6 Elementos de Transporte Multimodal

Tabla 4.1 Comparativos del Transporte
Tabla 4.2 Buques Cargueros
Tabla 4.3 Buques Portacontenedores
Tabla 4.4 Evolución de los buques portacontenedores
Tabla 4.5 Buques Graneleros
Tabla 4.6 Buques Tanqueros
Tabla 4.7 Transbordadores
Tabla 4.8 Buques roll on-roll off
Tabla 4.9 Buques Lash
Tabla 4.10 Buques Pesqueros
Tabla 4.11 Clasificación de las embarcaciones turísticas
Tabla 4.12 Buques de Pasajeros
Tabla 4.13 Veleros
Tabla 4.14 De Remos
Tabla 4.15 De Motor
Tabla 4.16 Remolcadores
Tabla 4.17 Barcos Contraincendio
Tabla 4.18 Barcos Multiusos
Tabla 4.19 Chalanes
Tabla 4.20 Características de diseño de vehículos automotores
Tabla 4.21 Camiones estructuras básica
Tabla 4.22 Dimensiones de vehículos de carga de dos ejes
Tabla 4.23 Dimensiones de vehículos de carga de tres ejes
Tabla 4.24 Dimensiones de tractocamiones quinta rueda
Tabla 4.25 Tipos de Semiremolques
Tabla 4.26 Características principales de locomotoras
Tabla 4.27 Cargas sobre ejes de ferrocarril
Tabla 4.28 Carga neta de carros de ferrocarril
Tabla 4.29 Características principales de furgones
Tabla 4.30 Plataformas

4.1 Introducción

El transporte es el movimiento de personas o mercancías y los equipos que se utilizan para ese propósito. El transporte de personas es importante, sin embargo el movimiento de mercancías, es probablemente de mayor significado a la sociedad económica en la que vivimos.

El transporte cumple con una primera función de relacionar a la población con el uso del suelo. Es además un factor integrador y coordinador en nuestra compleja e industrializada sociedad estando muy involucrado en el movimiento de mercancías, las cuales no tienen ningun valor si no se les da utilidad. El transporte contribuye con dos clases de utilidad: la utilidad del lugar y del tiempo, que en términos simples significan tener los bienes o productos en donde se requieren y en el momento que se desea.

El sistema de transporte se compone de 5 elementos principales:

- Fuerza motriz
- Vehículo
- Ruta
- Terminales
- Sistemas de control

Los vehículos de carga en general producen tráfico comercial medido en ton-km., y su optimización depende de usar al máximo su capacidad de carga, reducir los viajes de vacío, aumentar el recorrido, reducir las demoras en patios y terminales, tiempos de carga y descarga, reparaciones, etc.

En este capítulo se pretende describir de manera concisa, los diferentes modos de transporte que existen, y la descripción genérica de los vehículos que se utilizan para cada uno de ellos.

TABLA 4.1 COMPARATIVOS DEL TRANSPORTE

PORTEADOR	PRODUCTO ANUAL POR VEHIC. Ton-Km	POTENC. POR TON. NETA HP	TARA MEDIA DE VEHIC. Ton.	VELOCIDAD Km/hr MAX.	VELOCIDAD Km/hr COM.	PART. DE LA CARG. TRANSP. %	PARTIC. DEL COMB. CONSUM. %
CARGA				20-100	40		
FC	40000-435000	3	22/CARRO			52 BRUTO	9
PASAJE				120-190	65		
CAMION	410-3850	8	2-15	30-100	50	15 BRUTO	24
AUTOMOVIL	-	100	1.5	80-120	80	8 PROPIO	64
BARCOS Y BARCAZAS	16100-435000	0.2	1000-10000	10-20	15	12 BRUTO	1
AVION Y AVIONETAS	16000	600	30	180-1000	600	1 BRUTO	1
DUCTOS	1600-59500	2	-	2-8	5	12 NETO	1

* Ref. Bibliográfica (5)

4.1.1 Zonas de Influencia

El territorio servido económicamente por una determinada vía de comunicación puede ser una definición de zona de influencia, aún cuando resulte elemental.

En general, cada vía sirve económicamente a los habitantes de un territorio en tanto no exista otra vía que pueda ofrecer alguna ventaja económica al usuario: En rigor la línea que limita las zonas de influencia marca puntos de igual costo de transporte respecto a una ruta de origen y destino.

Así, cada producto transportado tiene una distancia límite para cada porteador, más el costo de transbordo; lo que origina numerosas soluciones de porteadores y rutas mixtas en las diversas direcciones entre puntos de origen y destino.

Para investigar y analizar la distribución del tráfico es necesario utilizar estadísticas anuales de los tonelajes clasificados para las distintas distancias de origen y destino.

Otros datos necesarios son el número o porcentaje de vehículos operados para las distancias y cargas con tonelajes usados.

La competencia, eficiencia, política, subsidios, costos y precios (nacionales e internacionales) afectan al tráfico y precisan de valuarse con cautela para la localización de cuellos de botella tanto humanos como técnicos y económicos, que aproximen lo más posible a la difícil valuación del tráfico real para cada porteador.

4.1.2 Transbordos y coordinación del transporte

El transporte que se origina en alguna localidad puede requerir del concurso de varios porteadores, desde el pequeño vehículo automotor para caminos vecinales o brechas, proseguir en remolques en una carretera de primer orden, transbordar en una estación ferroviaria y finalizar en alguna terminal terrestre o marítima.

Los transbordos ordinarios cuestan tiempo y dinero, y producirán ventajas al medio que precise del menor número de maniobras entre el consignador y el consignatario. Estas reducciones hacen que los grandes transportistas, con menores costos de traslado puedan competir entre ciertas distancias y servicios puerta a puerta dependiendo del tipo de carga y su embalaje.

El costo del transbordo será menor cuánto mayor y mejor sea el equipo y la organización empleada, y ello dependerá del volumen de tráfico, o sea del tamaño de las instalaciones proyectadas. Otros factores incidentes en el costo del transbordo son la mecanización y mano de obra, la tara o peso muerto del vehículo, el embalaje o presentación de la mercancía para manipularse en los transbordos, etc.

Cuando la carga es de alto valor y no reune el tamaño necesario para llenar carros o plataformas completas se recurre a la consolidación de cargas unitarias hasta complementar el vehículo entero resolviendo el problema económicamente, que de otra manera significaría un tráfico impracticable y lento de las remesas mencionadas.

Los servicios de puerta a puerta, mediante el empleo de los diversos modos de transporte, con un solo responsable en el traslado de la carga se le denomina TRANSPORTE MULTIMODAL.

El transporte de carga fraccionada se efectúa en varias etapas que requieren de sus correspondientes medios de transporte y transbordan pieza por pieza de un medio de transporte a otro. Esto hace el transbordo lento y oneroso, interviene mucha mano de obra y el transporte y su operación se hace complicado y heterogéneo por las dimensiones de las piezas tan variadas.

El empleo de contenedores permite abatir las deficiencias del transporte de carga fraccionada. Es un esquema ideal, ya que el consignador carga su mercancía en los contenedores, con la mercancía embalada adecuadamente sin necesidad de manipularla, sino hasta que el consignatario la descarga a su llegada.

4.2 Embarcaciones

4.2.1 Definición

El barco es el vehículo utilizado por el transporte marítimo para el movimiento de personas y mercancías. La evolución de las naves por el avance tecnológico mundial a partir de los años 50 se ha reflejado en mayores dimensiones y tipos de navíos, especialmente para el transporte de carga.

Las características y dimensiones de los barcos tienen importancia para los aspectos de la ingeniería portuaria:

- Diseño de puertos
- Operación de los mismos

4.2.2 Clasificación

De acuerdo con el servicio que prestan; las embarcaciones se pueden clasificar en :

CLASIFICACION	TIPO DE EMBARCACION	
MERCANTES	CARGUEROS	Carga Unitizada Carga General
	PORTACONTENEDORES	
	PETROLEROS	
	GRANELEROS	Cerealeros (bulk carrier) Mineraleros (ore carrier)
	TRANSBORDO POR RODADURA (RO-RO)	
	TRANSBORDO POR FLOTACION (LASH Y SEABEE)	
	OTROS (LPG, OO, OBO,POLIVALENTES, PERECEDEROS)	
PASAJEROS (Turísticos)	CRUCEROS TRASATLANTICOS TRANSBORDADORES DEPORTIVOS	 De vela, De motor
PESQUEROS	BARCOS PESQUEROS	
VIGILANCIA, SERVICIO Y ESPECIALES		

Otra clasificación más simplista es la siguiente:

CLASIFICACION	TIPO DE EMBARCACION
MERCANTES	- Carga - Mixto - Pasajeros
ESPECIALES	- Pesqueros - Factoría - Hospital - Rompehielos - Cableros - Contraincendios - Dragas - Remolcadores
BUQUES DE GUERRA	

Una última clasificación podría ser:

PASAJEROS	- Líneas internacionales - Líneas de corta distancia - Cruceros		
MERCANCIAS	- Carga General:	Fraccionada Unitaria	
	- Unitizada:	Contenedores	- Lo.Lo. - Ro.Ro.
	- Especial	Lash Seabee	
	- Granel	Sólidos	- Agrícola - Mineral
		Fluidos:	- No Peligrosos - Peligrosos
	- Pesca	Fresca Congelada Procesada	
	- Otras	(Peligrosas, especiales)	

4.2.3 Características y dimensiones

Las características geométricas del barco nos sirven para definir:

- Tipo de abrigo y acceso
- Tipo de atraque
- Servicios de operación y transbordo

Las dimensiones principales a considerar son:

Lineales: eslora, manga, calado, franco bordo, puntal

De peso: desplazamiento: en rosca, en lastre, en carga
capacidad de carga: peso muerto; porte: bruto, neto.

De volumen: arqueo, bruto, neto.

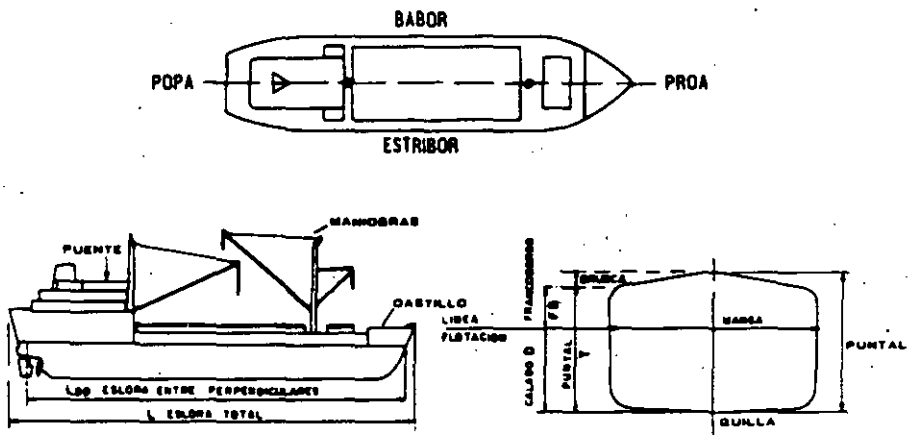


Figura 4.1 Nomenclatura de elementos de embarcaciones

Las Lineales son:

Eslora (E): Es la máxima dimensión entre las caras externas de la proa y la popa.
Eslora entre perpendiculares (E-PP).- la que se mide en la línea de flotación.

Manga (M): Es la máxima dimensión transversal del buque.

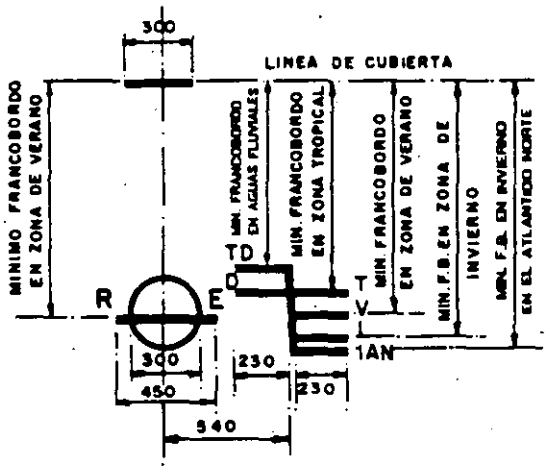
Puntal (P): Es la distancia vertical, medida en la sección maestra, entre la quilla y el nivel de cubierta principal.

Calado (C): Es la distancia vertical medida, entre la línea de flotación y el borde inferior de la quilla; generalmente el calado de proa y popa son distintos, siendo el de popa el calado de la embarcación.

Calado Máximo (C max).- el que se tienen a plena carga.

Calado Mínimo (C min).- el del buque descargado o en lastre.

Línea de PLIMSOLL: es el diagrama grabado a costados del buque que muestran marcas que determinan el calado, en función de la densidad del agua por la que navega el buque, bajo condiciones de seguridad.



R.E. Siglas de la Asociación Clasificadora

Figura 4.2 Línea de plimsoll o de franco bordo.

Franco Bordo (Fb): Es la distancia vertical, medida en la sección maestra, entre la línea de flotación a plena carga y el nivel de la cubierta principal.

Las de Peso son:

Desplazamiento (D): Es el peso del volumen de agua desalojado por el barco en toneladas métricas. (Peso barco mas carga)

Desplazamiento en rosca:	El que se tiene al botar el buque al agua incluyendo al casco con accesorios, maquinaria, calderas, turbinas, lubricantes y agua.
Desplazamiento en lastre:	Es el de la nave lista para navegar. Incluye combustible, agua, lastre, etc, pero sin carga.
Desplazamiento en carga:	El del buque listo para navegar y con la máxima carga que puede transportar.
Capacidad de Carga	Se define como toneladas de peso muerto (TPM).
Peso Muerto:	Se integra con el peso de la carga, combustible, agua, víveres, lubricantes, efectos de consumo y tripulación. PESO MUERTO = DESPL. EN CARGA - DESPL. EN LASTRE
Porte:	Es el peso de la carga que transporta el buque.
Porte Bruto:	Es el peso capaz de transportar el buque. PORTE BRUTO = DESPL. EN CARGA-DESPL. EN ROSCA
Porte neto:	Es el peso de la carga máxima transportada por el buque, y que paga su traslado. PORTE NETO = DESPL. DEL BARCO - DESPL. EN LASTRE.
Los de volumen son:	
Arqueo:	Medida convencional para medir el volumen de la nave. La tonelada de arqueo o tonelada MOORSON equivale al volumen de 100 ft^3 o 2.832 m^3.
Arqueo bruto o tonelaje de registro bruto, (T.R.B):	Es el volumen total de los espacios internos de la nave que sirven de alojamiento, bodegas y servicios de buque.

Este valor sirve de base en la determinación del precio de la embarcación, sus primas de navegación, precios de construcción naval, precios de varado o carena, pago de los derechos portuarios, en México, fijación de la tripulación reglamentaria, etc.

Arqueo neto o tonelaje neto de registro, (TNR):

Es el volumen del porte del buque destinado a la carga transportada. Se obtiene al reducir del arqueo bruto el volumen de espacios necesarios para el servicio del buque (alojamiento de tripulación, espacios de maquinarias y calderas, etc. Respecto a éste valor se pagan derechos portuarios, cruce de canales, tarifas de practicaje, etc.

4.2.4 Tendencias

En los últimos 20 años los barcos han crecido en sus dimensiones y capacidades. Principalmente los barcos tanque tuvieron su gran desarrollo hasta llegar a los VLCC (Very Large Cargo Carrier), los de transporte de carga seca a granel y los que transportan contenedores.

Como consecuencia aparecieron los puertos profundos para recibir y despachar a los barcos de gran porte, lo que modificó, entre otras cosas las dimensiones y características de obras interiores y exteriores.

Sin embargo, ese gran desarrollo tuvo su máximo en épocas en que las condiciones de producción de petróleo y sitios de origen y destino obligaban a grandes distancias, las cuales obviamente sería más económico recorrerlas con el mayor volumen de carga.

En nuestros tiempos, finales del siglo XX, y en particular para nuestro país se considera conveniente realizar los siguientes comentarios.

- Los barcos de carga general fraccionada, seguirán existiendo, aunque con una tendencia a disminuir en número.

- Los barcos portacontenedores, que substituyen a los cargueros, son los que más importancia adquirirán en nuestros puertos, por lo que será importante dar un especial interés a ellos de 1ª y 2ª generación para los puertos antiguos y 3ª y 4ª generación para las terminales modernas.

- Los buques-tanque para manejo de crudo y refinados, podran tener portes máximos de 200,000 T.P.M.

- Los de carga secas, dependiendo de los productos, podran tener portes comprendidos entre los 100,000 y 200,000 T.P.M.

- El sistema Ro.Ro, adquiere importancia y debe considerarse para las Terminales Portuarias modernas.

- El producto más importante en cuanto a volumen (despues del petróleo) es el mineral de hierro. La economía del transporte en grandes barcos permite al mineral de hierro llegar a mercados lejanos: de Australia llega a Inglaterra, y de Brasil a Japón, como ejemplos.

- Los grandes portes obligan a veces a construir los atracaderos alejados de la costa para ciertos tipos de carga, petróleo y minerales.

- Las necesidades de los sistemas de transporte terrestre aumentan considerablemente, requiriéndose a veces líneas exclusivas de ferrocarril y carreteras, pues transportar de o hacia el puerto 50 o 100 mil toneladas es una tarea difícil.

- La premisa de disminuir los costos de transporte utilizando de ser posible, sólo el marítimo, ha dado lugar al establecimiento de industrias con frente de agua, creándose de esa manera los puertos industriales. Este concepto que se maneja en diversos sitios de México, deberá adquirir un desarrollo muy importante en los próximos años.

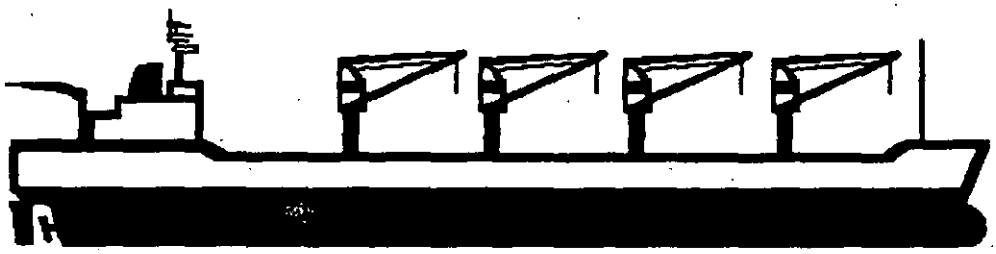
4.2.5. Buques de carga general

Son los destinados al transporte de mercancía en general, comúnmente llamados CARGUEROS.

El transbordo de carga general al buque se efectúa pieza por pieza, interviene mucha mano de obra y la operación se hace complicada y heterogénea por las dimensiones de las piezas tan variadas. El empleo de técnicas de homogeneización permite abatir las deficiencias del transporte de carga general. Las técnicas consisten en usar tarimas o palets que ajustan a la carga en dimensiones estandarizadas. Los palets, cajas y contenedores, en su versión más evolucionada, son los embalajes más usuales. Existen algunos tipos de carga que por sus características no pueden embalarse adecuadamente para su transporte en buques, algunos ejemplos son: tuberías, maquinaría y productos de acero, durmientes, autos, etc.

Las características geométricas generales de estos barcos se indican a continuación.

TABLA 4.2 BUQUES CARGUEROS



TPM	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	CALADO (m)	DESP. (Ton)
700	51	8.5	4.6	3.8	900
1,000	58	9.5	5.1	4.2	1,300
2,000	71	11.7	6.3	5.1	2,700
3,000	86	13.2	7.2	5.9	4,000
4,000	95	14.4	7.8	6.4	5,300
5,000	103	15.4	8.4	6.8	6,700
10,000	141	19.4	11.2	8.2	13,300
15,000	162	21.7	12.7	9.1	20,000
20,000	177	23.4	13.8	10.0	26,700
30,000	199	26.1	15.7	11.0	-
40,000	217	28.3	17.2	11.9	-
50,000	232	30.0	18.4	12.7	-

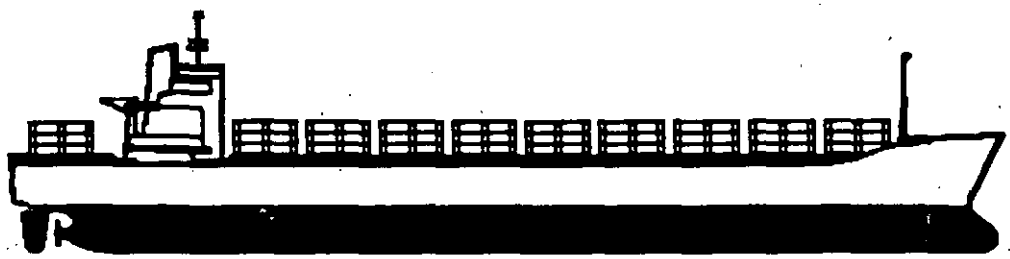
Ref. Bibliográfica (16 y 18)

4.2.6 Buques portacontenedores

Estas embarcaciones se utilizan 100% para transporte de contenedores; han variado de 1965 a 1976, entre 30 mil a 60 mil TPM y sus calados han variado de10.6 a 14.3 m. En 1985 se inicia la aparición de los designados como barcos de la cuarta generación con capacidad de carga de hasta 4000 TEU.

Hasta ahora, la flota de barcos comunes para manejo de contenedor son del tipo PANAMAX (las máximas dimensiones aceptables en el canal de Panamá). Sin embargo, a partir de 1985 nacieron los barcos de 4ª generación Pospanamax con mangas mayores de 32.2 m cuyas dimensiones aparecen en la siguiente tabla:

TABLA 4.3. BUQUES PORTACONTENEDORES



TPM	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)	CAPACIDAD TEU
3,000	110	19	5.0	400
5,000	120	21	6.5	600
7,500	130	23	7.5	800
10,000	180	25	8.5	1,000
15,000	210	28	10.0	1,300
20,000	235	30	11.0	1,600
30,000	265	31	12.5	2,000
40,000	280	33	13.0	4,000
50,000	290	34	13.5	5,000

Ref. Bibliográfica (14)

La evolución que han sufrido los barcos portacontenedores se indica en la siguiente tabla:

TABLA 4.4 EVOLUCION DE LOS BUQUES PORTACONTENEDORES

	AÑO DE APARICION	CAPACIDAD TEU/TPM	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)
1a. Generación: conversión de cargueros y tanqueros a portacontenedores	1960	750/14000	180.0	25.0	9.0
2a. Generación: buques celulares diseñados exprofeso a contenedores.	1970	1500/30000	225.0	29.0	11.5
3a. Generación: clase PANAMAX.	1980	3000/40000	275.0	32.0	12.5
4a. Generación: clase POSTPANAMAX	1988	5000/50000	290.0	34.0	13.5

4.2.7 Graneleros, cereales y minerales

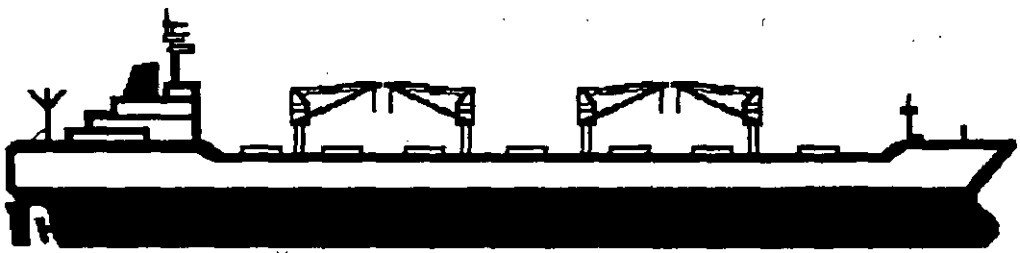
Llamados comúnmente graneleros estos buques transportan carga suelta o líquida .

La diferencia entre buques que transportan cereales y minerales radica en la estructura, básicamente por la densidad del producto.

Existen buques aptos y capacitados para el transporte combinado de graneles sólidos y/o líquidos lo que permite aprovechar los trayectos de retorno en lastre, entre ellos se tienen los OO (ore-oil) y los OBO (ore, bulk, oil). La estructura de los buques mixtos permiten limpiar las mamparas fácilmente antes de almacenar la carga de retorno.

Las características y dimensiones generales de este tipo de embarcaciones se muestra a continuación.

TABLA 4.5 BUQUES GRANELEROS



TPM	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	CALADO (m)	DESP. (Ton)
500	43	7.8	3.8	3.5	–
1,000	61	8.9	4.8	4.3	1,300
2,000	77	11.1	6.0	5.1	2,700
3,000	88	12.7	6.8	5.7	4,000
4,000	96	13.9	7.5	6.1	5,300
5,000	104	14.9	8.1	6.5	6,700
10,000	140	18.5	10.5	7.9	13,300
20,000	164	23.4	12.7	9.2	26,700
30,000	187	26.6	14.4	10.3	40,000
40,000	206	29.2	15.9	11.0	53,300
50,000	222	31.4	17.1	11.7	66,700
60,000	235	33.3	18.1	12.3	80,000
80,000	259	36.6	19.9	13.2	106,700
100,000	278	39.3	21.4	14.0	133,300
150,000	300	45.0	25.0	16.0	200,000
200,000	315	50.0	28.0	18.0	266,600
250,000	330	53.3	30.0	20.5	333,333

Ref. Bibliográfica (15 y 16)

4.2.8 Tanqueros (petroleros, licuables, metaneros, etc)

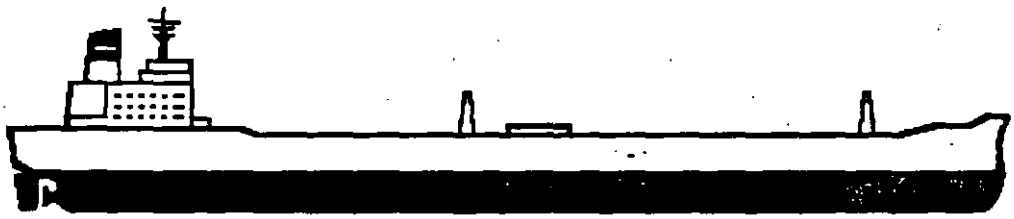
De los buques que transportan productos petroleros pueden distinguirse los de crudo y los refinados. Los primeros tienden a las grandes dimensiones, por ejemplo los VLCC (Very Large Cargo Carrier) de más de 150,000 TPM de 12.8 a 27.5 m.).

Los segundos, cubren el tráfico entre los centros de refinamiento y los centros de consumo con dimensiones más reducidas que los anteriores, debido a la modestia de la instalación a las que acceden.

Existen astilleros, desde mediados de los setentas que pueden construir barcos de un millón de TPM, pero los buques mayores a 500,000 TPM han frenado su proliferación por varias razones entre ellas la seguridad, altas primas de seguros, el riesgo ecológico que implica un desastre y el esfuerzo tecnológico que implica su construcción.

LGC son las siglas de los buques destinados al transporte de gas licuado, y se incluyen los LPG para el gas petróleo y todos sus derivados (propano, butano, amoniaco, etc) y los LNG de gas natural que consiste casi totalmente de metano (metaneros).

TABLA 4.6 BUQUES TANQUEROS



TPM	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	CALADO (m)	DESP. (Ton)
500	43	7.8	3.8	3.5	667
1,000	61	8.9	4.5	4.2	1,333
2,000	76	11.2	5.7	5.1	2,667
3,000	87	12.8	6.5	5.7	4,000
4,000	96	14.0	7.2	6.2	5,333
5,000	103	15.1	7.8	6.5	6,667
10,000	140	17.2	9.8	7.9	13,333
15,000	164	20.0	11.2	8.8	20,000
20,000	163	23.7	12.3	9.5	26,667
30,000	187	27.1	14.1	10.6	40,000
40,000	206	29.7	15.5	11.5	53,333
50,000	222	32.0	16.7	12.2	66,667
60,000	236	34.0	17.8	12.8	80,000

Ref. Bibliográfica (15)

4.2.9 Varios transbordadores

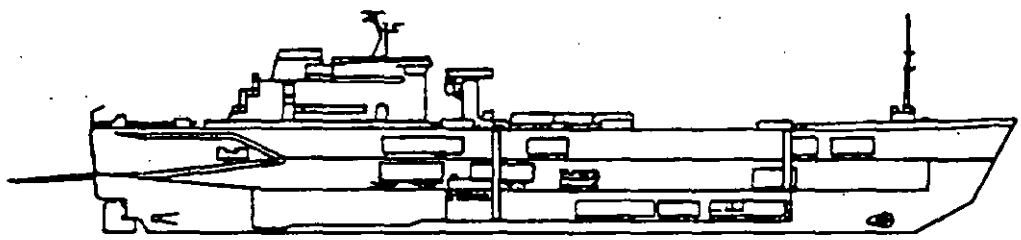
Existen otro tipo de embarcaciones como son los transbordadores, Ro.Ro, Lash, Seabee, los cuales se utilizan para cargas específicas.

En México se han utilizado los transbordadores como un elemento de integración de La Península de Baja California con el resto del país. Asimismo el Ro.Ro se está realizando en barcos especializados en la exportación de automóviles.

Los transbordadores se destinan a trayectos cortos como es el caso de paso de estrechos, lagos, etc. Mientras que los Ro.Ro, se utilizan para travesías internacionales de larga duración.

Las características y capacidades se muestran a continuación:

TABLA 4.7 BUQUES TRANSBORDADORES

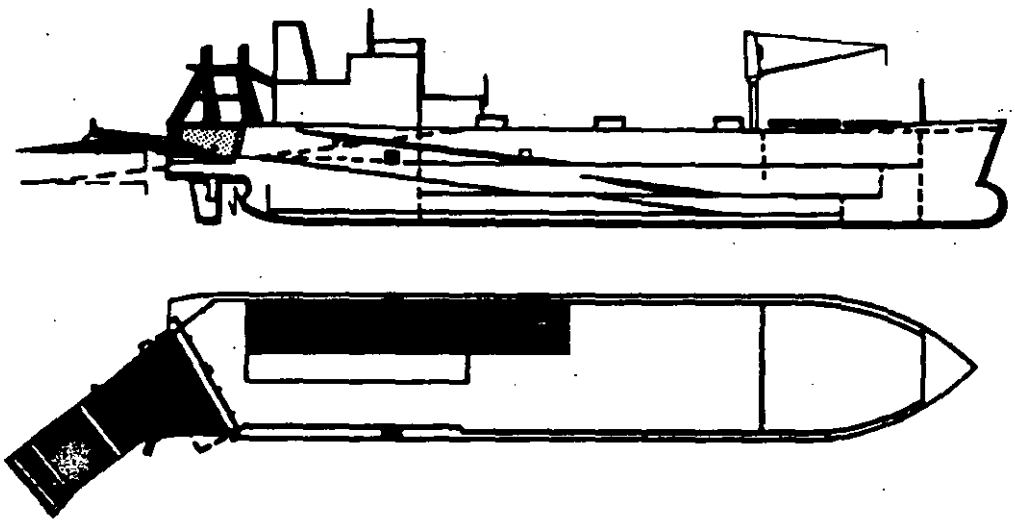


TPM	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	CALADO (m)
100	25	7.5	2.7	2.5
500	50	11.5	3.9	3.2
1000	75	13.4	5.0	4.0
2000	90	16.2	9.8	4.3
3000	105	17.7	10.5	5.0
4000	122	20.0	11.2	5.3
6000	138	21.1	12.7	5.9
8000	155	21.8	13.2	6.1
10000	165	24.0	14.7	6.5
13000	197	24.0	16.1	6.7

Ref. Bibliográfica (16 y 18)

Las embarcaciones tipo Ro.Ro., son buques diseñados para la carga y descarga por rodadura específicamente, pero pueden incluirse los transbordadores de vehículos y ferrocarriles, así como cargueros de carga rodante.

TABLA 4.8 BUQUES ROLL ON-ROLL OFF



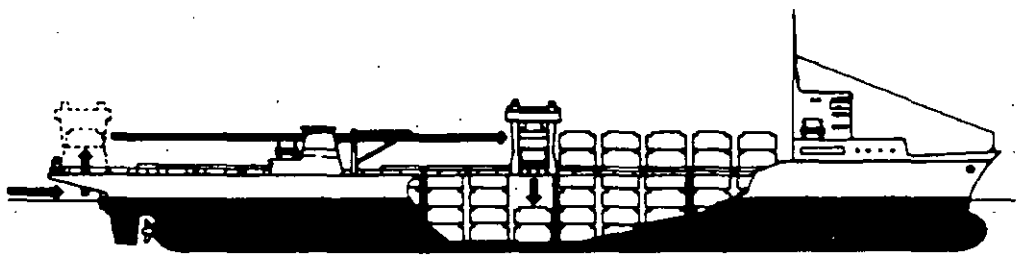
BUQUE	ESLORA (m)	CALADO (m)	ARQUEO (TRB)
MEDIO	140-200	5.5-9.5	4000-120000
"TRICOLOR"	207	9.6	13900

Ref. Bibliográfica (3)

Ultimamente se han creado buques que tratan de combatir la especialización y rigidez de las operaciones, así como flexibilizar el transbordo de la carga, por lo que estos buques pueden llevar integradas grúas para el manejo de carga por elevación y transportar carga no sólo en contenedores y vehículos pequeños, sino trasladar carros de ferrocarril y carga combinada con pasajeros. Entre ellos podemos mencionar:

Lash. (lighter aboard ship) buques capacitados para transportar barcazas (o gabarras) de 100 a 500 TPM y dimensiones estandar (18.7 x 9.5 x 3.9 m) que llevan en su interior contenedores y/o carga. La botadura o izado de las barcazas se realiza por medio de las grúas propias del buque. Las barcazas pueden remolcarse de o hacia el puerto sin necesidad de atracar el buque en el puerto.

TABLA 4.9 BUQUES LASH



ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)	TPM	BARCAZAS (No.)
250	30	10.5	30,000	70
270	33	11.5	45,000	80

Ref. Bibliográfica (3)

El navío tipo Sea Bee, es similar al anterior, se botan o embarcan las barcazas mediante una plataforma elevadora en popa. La barcaza entra o sale flotando en una cámara situada en el centro del buque, entonces con una grúa por un pozo de elevación y se acomoda horizontalmente por medio de tractores en cada cubierta.

Este buque tiene dimensiones 29.7 x 10.7 x 4.9 m. y un porte de 850 TPM.

4.2.10 Pesqueros. De altura y costera

Por el tipo de embarcaciones, la pesca se divide en costera y de altamar. La costera cuenta con flotas de pequeñas embarcaciones de esloras menores a 10 m. La de alta mar se destina a capturas específicas tales como: camarón, sardina, atún, escameros y arrastreros, entre otros.

Las dimensiones de las diversas embarcaciones son muy variables, tal y como se muestra en la tabla 4.10

4.2.11 Turísticos. Cruceros, deportivos y recreativos

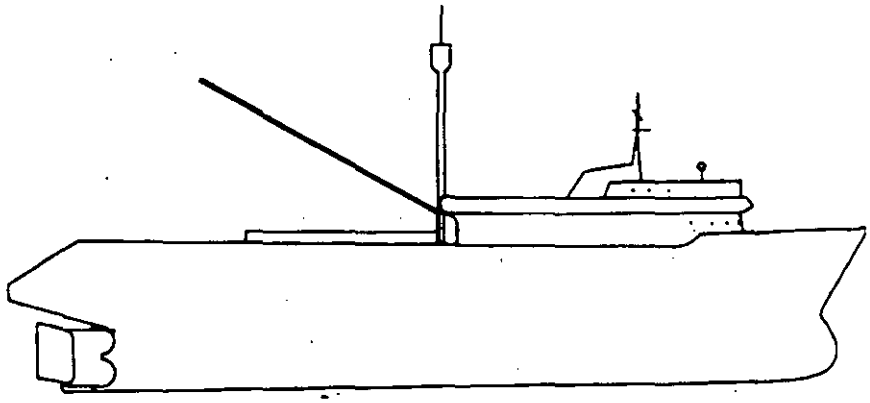
Las embarcaciones turísticas pueden dividirse simplemente en cruceros, deportivos y recreativos.

Los cruceros son embarcaciones que realizan recorridos específicos de relativa corta duración ofreciendo al turista la oportunidad de paseos en cada uno de los puntos de escala. Estos barcos en general pueden transportar hasta 3,000 pasajeros, los cuales se alojan en camarotes de diversas categorías .

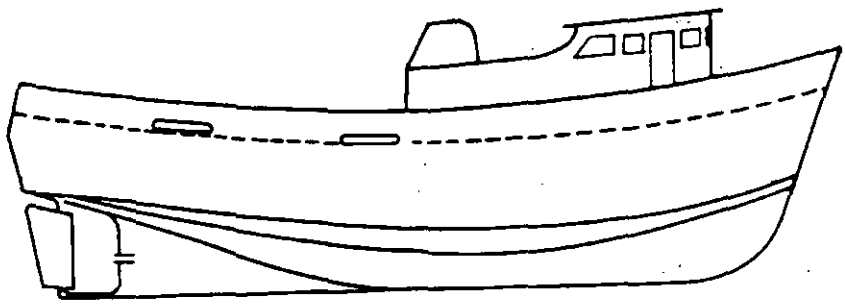
El número de arribos de cruceros en México ha crecido favorablemente en los últimos años tanto en la Costa del Pacífico como el Caribe.

Las embarcaciones deportivas y recreativas, en general se clasifican como se indica en la tabla 4.11

TABLA 4.10 BUQUES PESQUEROS



Atunero



Camaronero

TIPO	DIMENSIONES (m3) ESLORA	MANGA	PUNTAL	CALADO MAXIMO (m)	COMBUS-TIBLE	CAPACIDADES (m3) ACEITE	AGUA POTABLE	BODEGA
BARCOS DE ALTURA								
Atunero congelador	71.00	13.00	8.30	5.70	780.00	20.00	52.00	-
atunero, varero y palanguero	50.00	7.40	3.50	3.12	155.00	10.00	25.00	250
Cerquero refrigerado	33.00	8.80	3.90	4.80	49.00	7.20	-	240
Arrastrero	53.00	11.30	6.30	5.25	-	40.00	40.00	190
Sardineros	28.00	7.00	3.44	3.19	75.00	0.50	6.00	155
Camaronero	22.00	6.10	3.65	4.30	-	8.50	67.00	
Escamero 74'	23.00	7.30	3.66	3.05	38.00	0.30	19.20	95
Escamero arras. 72'	22.00	6.10	3.66	2.55	43.00	0.80	10.00	78
BARCOS DE CABOTAJE								
Escamero 41'	12.00	3.80	-	2.03	1.30	0.10	0.50	13
Pesquero de 25'	7.30	2.50	1.40	0.96	-	-	-	-
Lanchas INMECSA	7.00	1.50	-	-	-	-	-	-
Lanchas tipo NAVA	7.90	1.60	-	-	-	-	-	-

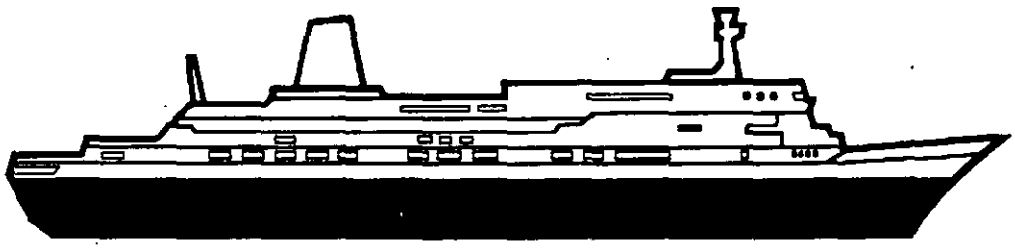
Fuente: Barcos prototipo de SEPESCA

TABLA 4.11 CLASIFICACION DE LAS EMBARCACIONES TURISTICAS

POR LA ESTADIA A FLOTE	POR TIPO DE PROPULSION
Normalmente a Flote	VELEROS
A flote en verano	
Normalmente en tierra	MOTOR
Transéuntes o extranjeros.	- Megayates
	- Yates
	- Pesca
	- Deportivos, etc.
	REMOS
	- Canoas
	- Lanchas
	- Inflables
	- Kayacs
	- Catamaranes, etc.

A continuación se muestran algunas características de dichas embarcaciones:

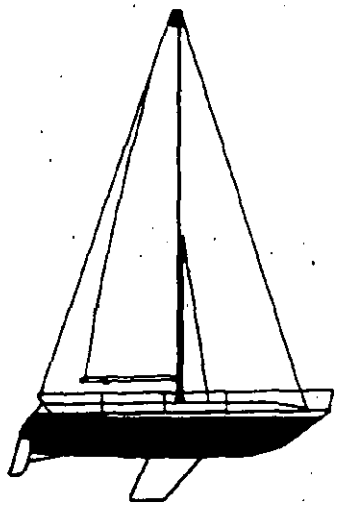
TABLA 4.12 BUQUES DE PASAJEROS



TPM	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	CALADO (m)	DESP (Ton)
500	50	8.2	4.5	4.0	500
1,000	65	10.0	5.3	4.5	1,000
2,000	82	12.0	6.4	5.2	2,000
3,000	95	13.5	7.3	5.7	3,000
4,000	105	14.8	8.0	6.3	4,000
5,000	113	15.8	8.8	6.8	5,000
10,000	145	19.2	12.0	8.5	10,000
20,000	180	23.0	13.8	9.0	20,000
30,000	210	26.5	15.5	9.5	30,000
50,000	245	30.5	18.0	10.5	50,000
80,000	290	36.0	21.0	11.7	80,000

Rer. Bibliográfica (16)

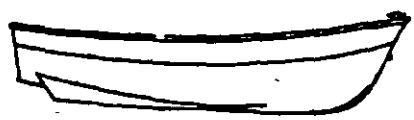
TABLA 4.13 VELEROS



DESPLAZAMIENTO (Kg)	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)
40,000	18.00	4.80	2.30
12,000	13.50	3.95	2.00
10,000	12.75	3.70	1.80
6,500	10.00	3.00	1.20
4,000	7.50	2.90	1.00
250	6.10	1.85	0.10

Ref. Bibliográfica (14)

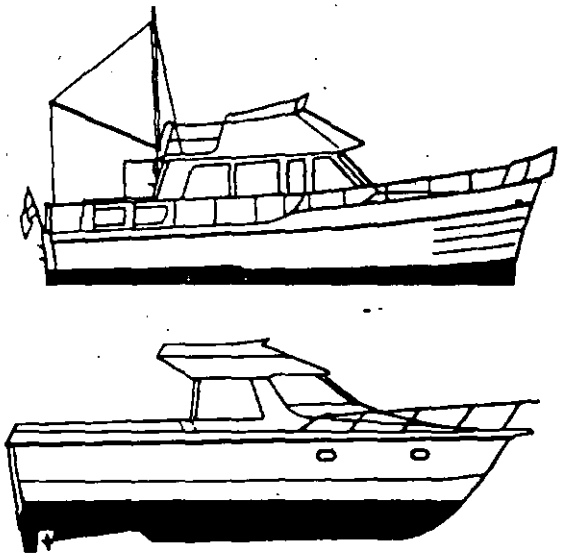
TABLA 4.14 DE REMOS



ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	PESO (Kg)
4.70	4.30	3.00	2.00
2.20	2.00	1.40	1.10
1.00	0.90	0.60	0.40
96.00	75.00	25.00	11.00

Ref. Bibliográfica (14)

TABLA 4.15 DE MOTOR



TIPO	DESPLAZAMIENTO (KG)	ESLORA (M)	MANGA (M)
YATES	17300-35000	32.0-20.0	6.7-5.0
	32000-15500	19.0-15.0	5.3-3.9
	20800-4500	14.8-10.0	4.9-3.0
	6800-2700	9.8-9.1	3.6-2.9
6 PLAZAS	3500-1800	8.9-8.4	3.3-2.8
	2500-1000	7.6-7.2	2.9-2.4
4 PLAZAS	3600-2000	8.4-8.0	3.2-2.7
	2260-1800	7.8-7.7	3.0-2.4
BOTES	3000	8.8	2.6
CABINADOS	2750-1400	7.9-7.2	3.1-2.4
	2200-890	6.9-6.0	2.8-2.1
	1225-440	5.9-5.1	2.4-2.1
	380-175	5.0-4.4	2.1-1.7
	200-160	4.0-3.9	1.7-1.6

Ref. Bibliográfica (14)

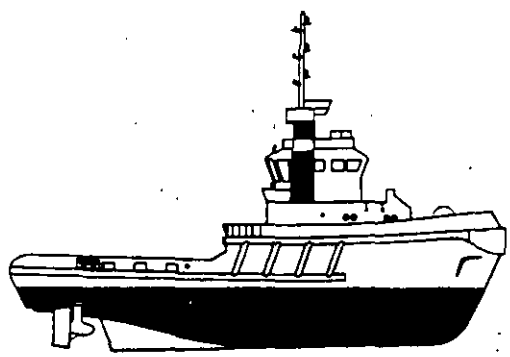
4.2.12 De servicio, vigilancia y especiales

Dentro de este capítulo se pueden incluir principalmente a las embarcaciones que realizan servicios especiales de vigilancia, contraincendio y limpieza general de las áreas de agua.

Finalmente los chalanes que son cajas flotantes cuyo uso es restringido, ya que no cuenta ni con forma aerodinámica para navegación, ni con medios de propulsión propios.

Las características y dimensiones generales de las embarcaciones anteriormente descritas se muestran a continuación.

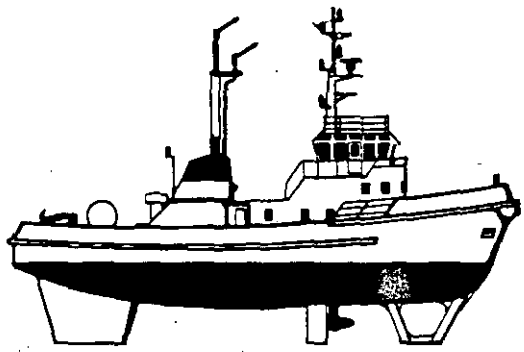
TABLA 4.16 REMOLCADORES



ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)	EMPUJE (BHP)	TPM
25.50	8.40	3.00	2,000	160
28.40	8.85	3.85	1,800	193
28.60	8.70	3.45	2,400	236
33.20	9.20	4.60	3,000	253
34.30	9.20	5.20	3,500	253
36.20	11.03	5.50	4,000	253
37.40	11.00	4.75	5,400	615

Ref. Bibliográfica (13)

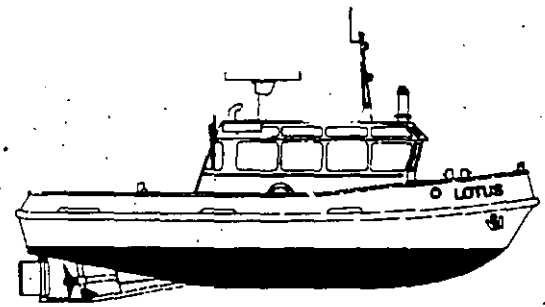
TABLA 4.17 BARCOS CONTRAINCENDIO



ESLORA (M)	MANGA (M)	PUNTAL (M)
18.50	8.06	2.00
26.00	5.90	3.35
26.45	5.80	1.70
30.20	8.03	4.05
53.00	10.46	3.25

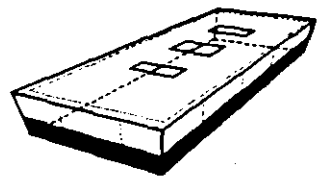
Ref. Bibliográfica (13)

TABLA 4.18 BARCOS MULTIUSOS (INSPECCION, VIGILANCIA, ETC.)



ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	DESPL. ton.
14.20	4.20	2.00	30

TABLA 4.19 CHALANES



TRB	ESLORA (m)	MANGA (m)
90	17.0	4.1
150	25.2	8.8
215	35.1	9.0
400	44.8	11.5

Ref. Bibliográfica (13)

4.3 Autotransporte

Al principio del siglo XX con la aparición del motor de combustión interna se define una nueva dimensión del transporte, y la necesidad de desarrollar conocimientos tecnológicos para resolver la nueva problemática planteada: la ingeniería de tránsito y la construcción de carreteras que fueran transitables bajo cualquier condición meteorológica.

El autotransporte es el medio ideal para mover la carga directamente de los centros de producción a los de consumo, incrementando el desarrollo regional, al cubrir una gran área de territorio y penetrar a zonas de difícil acceso. A pesar que los vehículos de autotransporte tienen baja capacidad y transportan tonelajes pequeños su uso está extendido, sobre todo en las zonas donde no existe otra alternativa de transporte.

El autotransporte ofrece la ventaja de ser un servicio rápido y de puerta a puerta, y de hecho éste modo se ajusta al tamaño de la carga gracias a que se dispone de vehículos cuyas características son variadas en forma, tamaño y velocidad de conducción, lo que permite el transporte de mercancías a corta, mediana y a veces largas distancias.

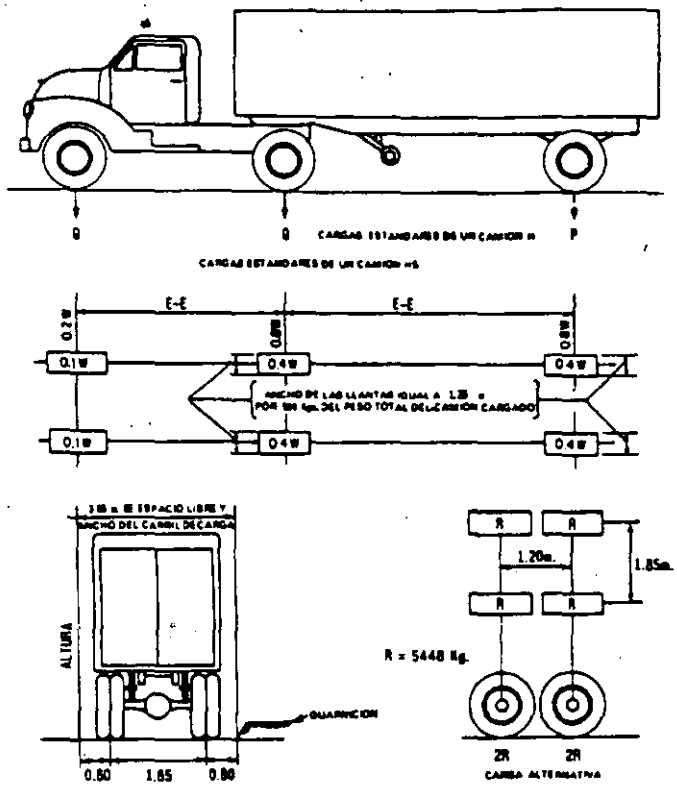
Al no requerirse terminales, son nulos los costos por este concepto; no así los de transportación que resultan ser bastante altos con relación al volumen movido y a la distancia recorrida. Esta inconsistencia se manifiesta fundamentalmente en el alto costo por tonelada-kilómetro transportada, y el hecho de que el vehículo hace el viaje de regreso vacío.

4.3.1 Dimensiones y capacidades generales

Las clasificaciones, de tamaños y cargas, de vehículos terrestres automotores son importantes para el diseño de los caminos, pues establecerán las características de vialidades y circulación; entre otras: ancho de carriles y caminos, radios de curvatura, espesores de pavimentos y áreas de estacionamiento.

A fin de proporcionar algunas ideas de dimensiones y características generales, en lo que sigue se muestran los diferentes tipos, geometría y capacidades.

TABLA 4.20 CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE VEHICULOS AUTOMOTORES



VEHICULO	DISTANCIA ENTRE EJES E-E (m)	LONGITUD TOTAL (m)	ANCHO TOTAL (m)	ALTURA (m)
COCHE	3.35	5.80	2.14	1.60
CAMION	6.10	9.15	2.60	4.10
AUTOBUS	7.65	12.20	2.60	4.15
SEMIREM.	3.95 + 8.25	15.25	2.60	4.15
REMOLQUE	6.10 + 9.10	16.80	2.60	4.15
REM. Y SEMIREM.	VER DIAGRAMA	19.85	2.60	4.15

CARGAS POR EJE P (Kg)	Q (Kg)	DESIGNACION
3,632	14,528	H20 Y HS20
2,724	10,896	H15 Y HS15
1,816	7,264	H10

Ref. Bibliográfica (12)

4.3.2 Vehículos de carga

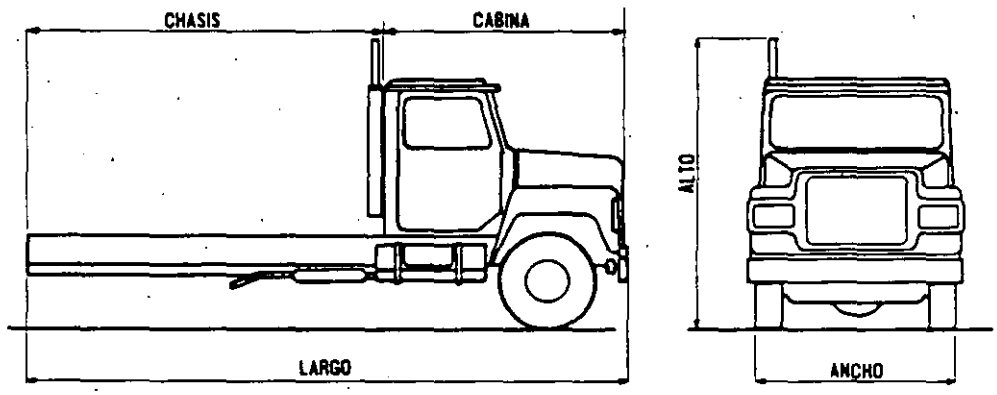
Los vehículos de carga más usados en los puertos para el transporte de mercancías son principalmente:

- CAMIONES (para pasajeros y carga).
- TRACTOCAMIONES (quinta rueda).
- SEMIREMOLQUES de diferentes tipos, y
- REMOLQUES (combinación de los dos anteriores) o TRAILERS.

Se muestran a continuación las características de los vehículos mencionados.

Camiones

TABLA 4.21 CAMIONES ESTRUCTURA BASICA

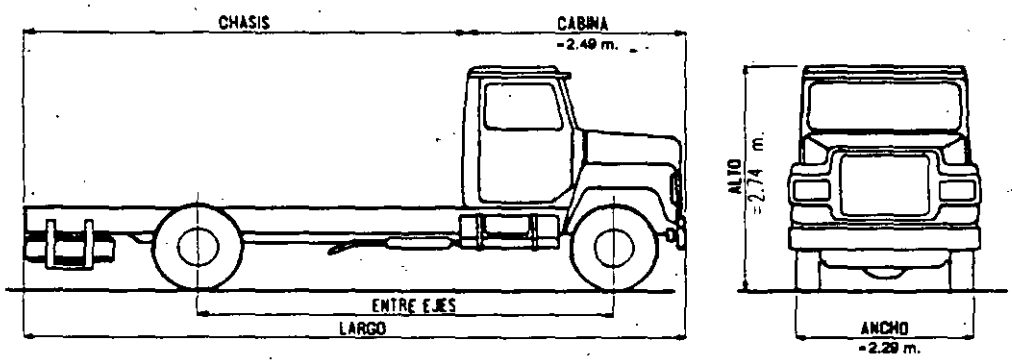


CHASIS (m)	LARGO (m)	CABINA (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	CAPACIDAD DE EJE DELANTERO (Kg)	TARA (Kg)
4.039	6.873	2.835	2.425	3537	5450	2,800

Ref. Bibliográfica (13)

Chasis-cabina de dos ejes

TABLA 4.22 DIMENSIONES DE VEHICULOS DE CARGA DE DOS EJES

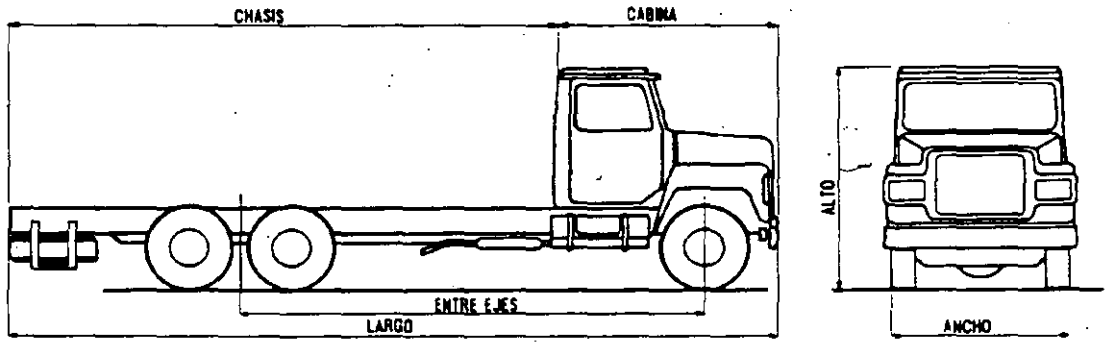


LARGO (m)	ENTRE EJES (m)	CHASIS (m)	PESO DE OPERACION (Kg)	TARA (Kg)
5.49	3.86	3.00	12,955	4,600
8.28	5.23	5.79	12,955	4,650
9.04	5.99	6.55	12,955	5,200
7.90	5.23	5.41	15,454	4,600
8.00	5.23	5.41	15,454	4,950
9.04	5.99	6.55	15,454	5,200

Ref. Bibliográfica (13)

Chasis - cabina de 3 ejes.

TABLA 4.23 DIMENSIONES DE VEHICULOS DE CARGA DE TRES EJES

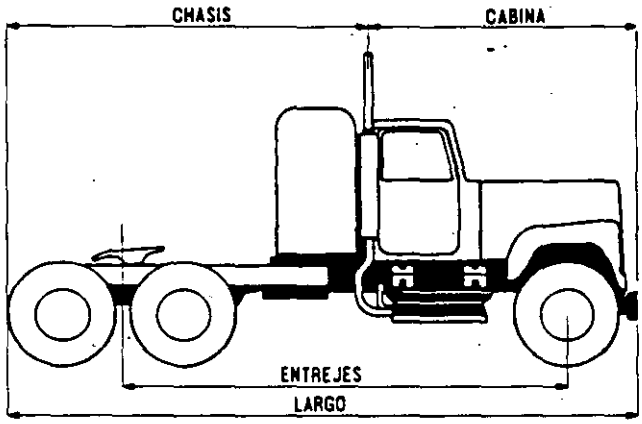


TIPO	ENTRE EJES (m)	CHASIS (m)	CABINA (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	LARGO (m)	PESO DE OPERACION (Kg)	TARA (Kg)
DINA 5-600	5.54	8.27	2.54	2.29	2.74	8.81	19,545	6,200
M. BENZ L-2121	5.40	6.77	2.62	2.46	2.70	9.39	21,000	6,560

Ref. Bibliográfica (13)

Tractocamiones (o quinta rueda)

TABLA 4.24 DIMENSIONES DE TRACTOCAMIONES QUINTA RUEDA



LARGO (m)	ENTRE EJES (m)	CHASIS (m)	CABINA (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	PESO DE OPERACION (Kg)	TARA (Kg)
6.96	4.98	3.99	2.97	3.51	2.45	54,432	7,860
4.50	2.79	2.77	1.73	2.87	2.44	36,774	6,129
4.50	2.79	2.77	1.73	2.87	2.44	43,584	6,356
7.14	5.03	4.30	2.84	2.87	2.43	25,454	-
7.14	5.03	4.30	2.84	2.87	2.43	29,090	-
6.87	4.72	4.04	2.83	-	2.43	54,432	-
8.02	4.72	5.53	2.49	2.49	2.29	20,909	6,750
8.20	4.45	5.23	2.97	3.51	2.46	19,545	-
8.20	4.98	5.23	2.97	3.51	2.46	54,545	7,860

Ref. Bibliográfica (13)

Semiremolques

Los semiremolques tienen características de tamaño y peso variables que están condicionadas entre otras cosas por los reglamentos de transporte regionales, la tecnología usada para su fabricación y las necesidades y limitaciones de usuarios y fabricantes.

En seguida se muestran algunos tipos de semiremolques y en la tabla 4.25 se proporcionan las dimensiones típicas.

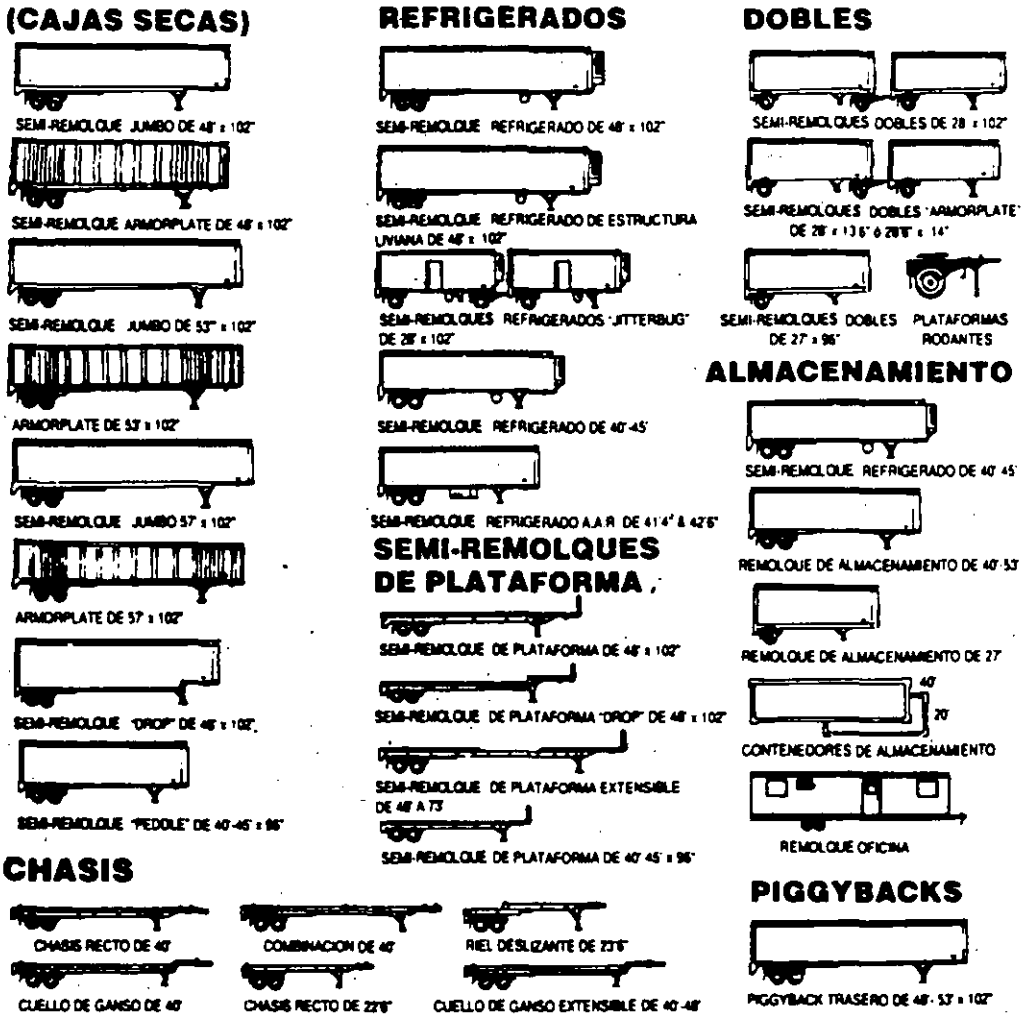


Figura 4.3 Tipos de semiremolques

Ref. Bibliográfica (13)

TABLA 4.25 TIPOS DE SEMIREMOLQUES

T I P O S	TARA (Kg)	CAPACIDAD (Kg)	ALTURA (m)
PLATAFORMA Y CHASIS	4600-7300	36000-40000	1.05-1.50
CAJAS SECAS	5800-7950	40000	4.12
JAULAS	7500	35000-45000	4.03
ESPECIALES (Refrigerados, Piggy Back, Tanqueros, etc.)	-	40000	4.12

Ref. Bibliográfica (13)

Largos: 9.15, 10.20, 11.60, 12.20, 12.35, 12.80 y 13.75 m
Ancho: 2.40 a 2.50 m
Ejes: 1, 2 y 3.

4.3.3 Vehículos de pasajeros

Existen diversos tipos de vehículos para pasajeros, de los cuales se muestra uno típico en la siguiente figura, y en ella se han indicado las dimensiones características.

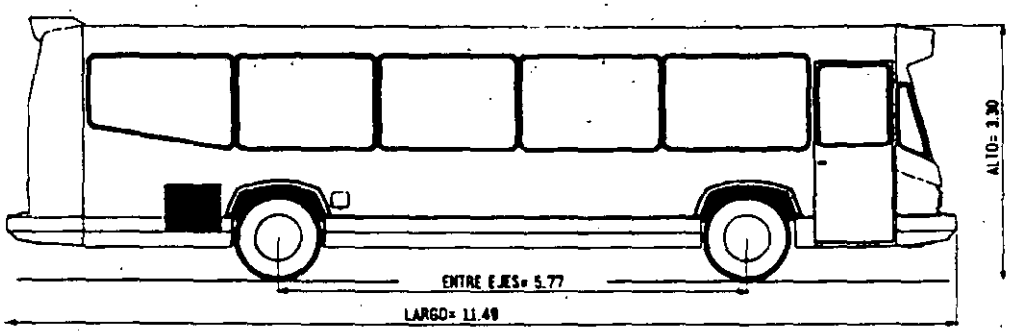


Figura 4.4 Vehículo de pasajeros

Ref. Bibliográfica (13)

4.4 Ferrocarril

El transporte moderno inicia su época con la construcción del primer ferrocarril, utilizando las antiguas locomotoras de vapor en 1830. Es hasta 1920 cuando aparece el transporte automotor con sus carreteras, convirtiéndose ambos en los rivales eminentemente terrestres.

El ferrocarril se apoya para dar un costo mínimo terrestre entre otras cosas, en la mínima resistencia entre riel y rueda, la gran capacidad de un tren, la baja relación potencia contra tonelada bruta de traslado (usa 2HP por tonelada bruta de carga y 5HP por tonelada bruta de tren de pasajeros) y consumo mínimo de carburante por tonelada kilómetro.

La adaptabilidad del ferrocarril se convierte en la posibilidad de operar con los máximos adelantos electrónicos y ayudarse de los más modernos equipos auxiliares de computación y robótica, electrificar sus vías y mejorar sus equipos, vías, talleres y métodos comerciales a un costo menor que el de los otros modos de transporte.

Existen máquinas de vapor, de turbina de vapor, diesel mecánicas, diesel eléctricas, diesel hidráulicas, eléctricas y el futuro espera adaptar la energía nuclear a potentes locomotoras turbo eléctricas.

Las locomotoras pueden adaptarse fácilmente a las necesidades de la economía de transporte a niveles regionales o nacionales con intercambios internacionales.

La acelerada carrera por la supremacia comercial entre las locomotoras se acerca a una cima dado que, los rieles, durmientes, puentes, y viaductos sólo resisten 30 ton. por eje como límite; es por lo tanto conveniente aclarar que se requieren adecuaciones en nuestro sistema ferroviario, para lograr la modernización que se desea.

Las locomotoras diesel modernas se les opera a velocidades mínimas de 32 Km/hr, para evitar el patinaje de las ruedas, entre otras cosas, sacrificando fuerza tractiva teórica a bajas velocidades.

4.4.1 Datos generales

La red ferroviaria mexicana consta, hasta 1990, de 26 mil kilómetros de vía y un amplio sistema de talleres. Ferrocarriles Nacionales de México (FNM) cuenta con una flota de 1677 locomotoras operables con un 75% de

coeficiente de disponibilidad, de las cuales dos terceras partes se destinan al movimiento de trenes de carga. En cuanto al equipo de arrastre para el servicio de carga, se dispone de un promedio diario de 46,600 unidades.

Se tiene en la actualidad: 16 talleres de reparación de locomotoras y 74 casas de máquinas, así como 52 talleres de reparación de coches y carros, 16 spot sistem y 120 patios de inspección.

Con objeto de afrontar el futuro comercio internacional se ha llevado a cabo la conexión ferroviaria de los principales puertos del país; Tampico, Coatzacoalcos, Veracruz, Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Salina Cruz, de tal forma que el transporte de contenedores de todo el mundo puedan ser transbordados al ferrocarril en los puertos y de ahí a las terminales de carga en el interior del país.

Las toneladas netas de flete transportado en 1990, según estimaciones realizadas, por Ferrocarriles Nacionales de México (FNM) asciende a 51 millones de toneladas y 880 mil carros cargados, es decir 57.95 toneladas promedio por carro. De ese total se tiene la siguiente distribución:

Productos minerales	17.67 %
Primarios	23.72 %
Inorgánicos	12.44 %
Industriales	39.02 %
Petróleo y derivados	7.15 %
TOTAL	100.00 %

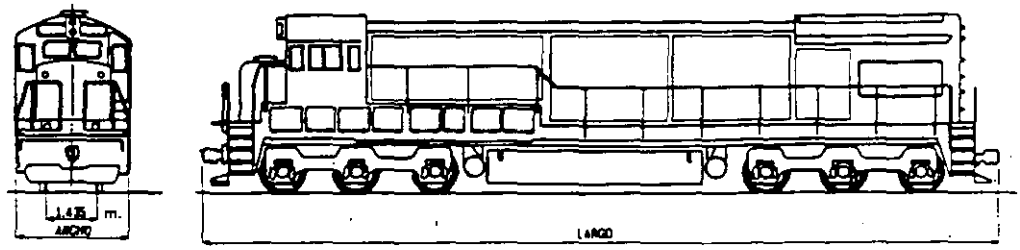
Fuente : Anuario estadístico de F.N.M. (1990)

4.4.2 Locomotoras (Fuerza tractiva)

Las locomotoras diesel-eléctricas representa la mayoría de la fuerza tractiva ferroviaria en México excediendo del 95% de la fuerza tractiva total.

En la tabla 4.25 siguiente se muestran las características y dimensiones generales de las locomotoras de FNM:

TABLA 4.26 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOCOMOTORAS



USO	LARGO (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	No. DE EJES	TARA MEDIA (Ton)	POTENCIA (HP)
PATIO-CAMINO	18.95	4.50	3.13	4	114.8	2,250
PATIO-CAMINO	17.37	4.42	3.09	4	117.2	1,800
PATIO-CAMINO	15.29	4.57	3.07	4	112.5	1,500
PATIO-CAMINO	14.43	3.76	2.82	4	80.0	1,310
PATIO-CAMINO	21.18	4.75	3.18	6	170.6	275
PATIO-CAMINO	20.50	4.67	3.12	6	179.3	3,000
PATIO-CAMINO	18.36	4.56	3.12	6	121.6	2,250

Fuente: Gerencia de F.N.M. fuerza tractiva

4.4.3 Carros de ferrocarril (equipo de arrastre)

Los carros de ferrocarril al igual que los grandes trailers tienen capacidad o volumen disponible para recibir el peso comercial transportado según su densidad y/o limitaciones de embalaje.

El ferrocarril dispone de equipos especiales para cada usuario con distintas necesidades de servicio y la descripción según se trate de carga o pasajeros es la siguiente:

EQUIPO DE ARRASTRE

CARGA	PASAJEROS
- Tanques	- Coches de primera clase
- Jaulas	- Coches de segunda clase
- Plataformas	- Numerados
- Cajas	- Comedores
- Góndolas	- Observatorios
	- Pullman
	- Dormitorios

El equipo ferroviario permanece constante solamente en su gálibo pero aumenta en forma continua su longitud y peso bruto, llegando en la actualidad a carros de hasta 90 ft (27.45 m), coches de 65 ft (19.83 m) y pesos máximos de 120 toneladas en furgones, 83 en coches pullman y 60 en equipo normal de pasajeros.

Las cargas del ferrocarril se limitan por el tipo de vía que es de 28 toneladas de peso bruto por eje, teniendo los carros 4 ejes y los coches 6, y trenes con peso bruto de 5000 a 8000 toneladas.

Las siguientes definiciones son las que configuran y regulan las dimensiones y capacidades de los carros de carga, pues cada fabricante y usuario según sus posibilidades y demandas puede crear vehículos imprácticos:

CAPACIDAD NOMINAL: Es la capacidad representativa de acuerdo al eje de las ruedas y es una aproximación al potencial de carga del carro. Se donomina CAPY y se expresa en múltiplos de 500 kg. para todos los carros.

LIMITE DE CARGA: Es la carga máxima real de transporte de un carro, se determina restando la tara de la carga máxima permitida sobre cuatro ejes, de acuerdo al diámetro del eje de la siguiente tabla:

TABLA 4.27 CARGAS SOBRE EJES DE FERROCARRIL

DIAMETRO DE EJE (Pulg)	MAXIMO SOBRE 4 EJES (Kg)	CAPACIDAD NOMINAL (Ton)
4 1/4 x 8	46,700	30
5 x 9	64,400	40
5 1/2 x 10	80,300	50
6 x 11	99,800	70
6 1/2 x 12	119,300	100
7 x 12	142,900	125

Ref. Bibliográfica (1)

Se agregan, en la tabla 4.27, los datos del tonelaje neto clasificado para carros de ferrocarril de vía ancha (carros caja, plataformas, jaulas, tanques) para diferente productos transportados.

TABLA 4.28 CARGA NETA DE CARROS DE FERROCARRIL

PRODUCTO	Ton/carro	PRODUCTO	Ton/carro	PRODUCTO	Ton/carro
ALGODON	16	MADERA	28	TOMATE	16
AZUCAR	36	MAIZ	42	MERCANCIA GENERAL	45
CARBON	55	MANZANA, NARANJA Y PAPAS	18	PROMEDIO APROXIMADO	42
CONCENTRADOS	60	PLATANO	11	TOTAL PESO BRUTO	65
HUEVOS, MANTEQUILLA	12	PETROLEO	28		
GANADO	12				
TRIGO	46				

Ref. Bibliográfica (5)

Furgones

Estos incluyen a los tipos de carros cerrados para el transporte de carga, como son: jaulas, cajas y góndolas y sirven para transportar cualquier tipo de producto que deba ser protegido de la intemperie. La mayor parte de este equipo tiene puertas dobles y anchas.

En la tabla 4.29 se muestran las principales características de algunos furgones modernos de ferrocarril.

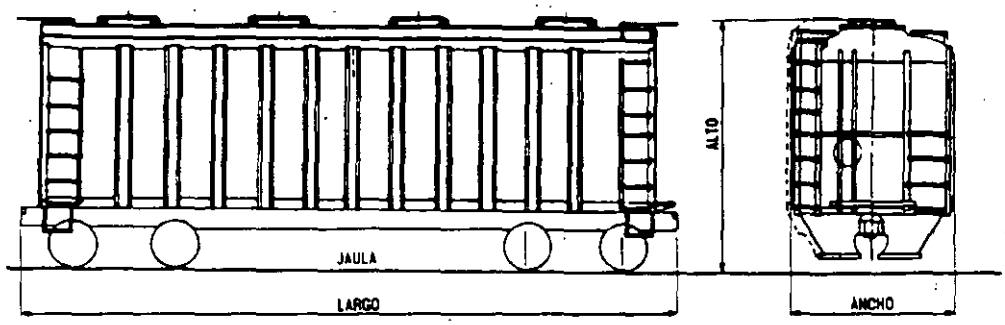
Plataformas

Estos carros de ferrocarril han evolucionado en su uso, inicialmente se ocuparon para llevar carga unitaria (maquinaria y productos de acero) de grandes dimensiones, posteriormente para el traslado de vehículos pesados y ligeros y últimamente forman parte del sistema multimodal para el traslado terrestre de equipo de transporte como contenedores y remolques (PIGGY BACK Y RAILVAN). Existen tres tipos principales de plataformas:

1) libres,
2) para remolques y
3) especiales

En la tabla 4.30 se dan algunas características de plataformas:

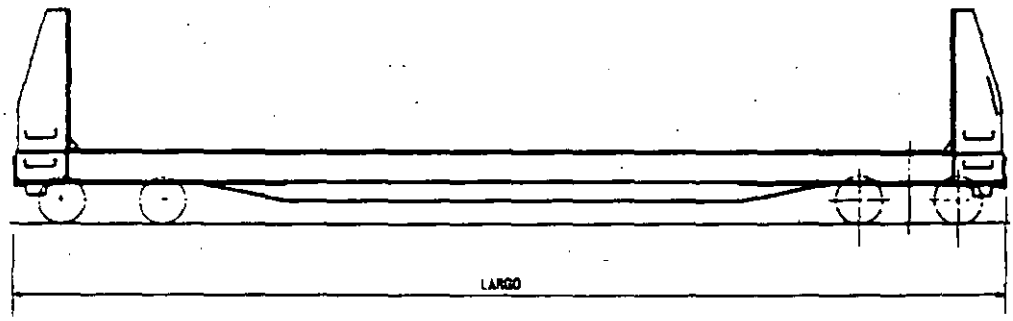
TABLA 4.29 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE FURGONES



LARGO (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	TARA PROMEDIO (Kg)	CAPACIDAD NOMINAL (Kg)	CAPACIDAD CUBICA (m3)
13.46	4.54	3.23	21,200	45,000	-
16.87	4.65	2.90	22,700	100,000	-
20.65	5.17	3.22	26,970	100,000	-
13.51	4.15	3.24	19,700	36,000	-
11.51	3.82	3.20	24,800	69,500	27
10.38	4.37	3.25	31,600	87,500	119
12.77	4.51	3.18	23,600	94,000	85
15.38	3.57	3.24	27,900	91,500	97
17.60	2.60	3.21	27,900	69,500	57

Fuente: Gerencia de equipo de arrastre de F.N.M.

TABLA 4.30 PLATAFORMAS



LARGO (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	TARA (Kg)	CAPACIDAD NOMINAL (Kg)
30.12	1.05	2.84	27,240	59,000
28.33	1.05	2.83	33,165	66,500
13.24	1.05	2.32	10,300	25,500
17.50	1.28	2.85	26,195	73,050
17.27	1.16	3.20	29,800	69,950
17.08	1.21	2.85	26,105	73,750

Fuente: Gerencia de equipo de arrastre de F.N.M.

Carros Tanque

Se utilizan para transportar los más diversos líquidos (melaza, petróleo y derivados, aceites y productos químicos). Están cerrados herméticamente y después de cada servicio se limpian y recargan con productos similares al anterior servicio. Se presenta un esquema general de un carro tanque típico, que como los anteriores se rigen por la carga actual permitida y por las condiciones de riel sobre el que se trasladan.

Capacidad Nominal = 3,500 Lt

Limite de Carga = 119,000 Kg

Tara = 28,647 Kg

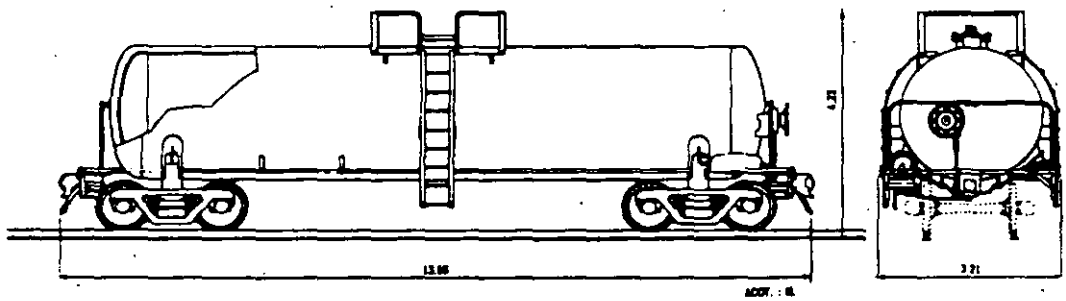


Figura 4.5 Carros Tanque

Ref. Bibliográfica (1)

4.4.4 Sistemas terrestres de F.C.

Piggy Back. (remolques sobre plataformas RSP)

Se refiere al movimiento que sobre plataformas de ferrocarril, se hace de remolques que llevan llantas en la parte trasera y patín en la delantera para ser movidos por tractor, permitiendo la conexión con el autotransporte.

La tara es un factor importante para transbordar la mercancía con todo y su vehículo cuando el peso muerto es relativamente bajo. Los remolques se montan mecánicamente a bajo costo a las plataformas del tren, de tal modo que si el peso de la tara es moderada respecto al peso comercial del flete se puede obtener un ahorro de más del 20% del costo de transitar sobre la carretera, a partir de 250 a 300 kms. de recorrido.

Trenes Unitarios:

Transportan un sólo producto, de un mismo origen hacia un mismo destino, utilizando la misma clase de equipo. Este servicio puede contratarse a FNM con un mínimo de 25 carros, disponibles en menos de 24 horas. Este tipo de trenes, por tener preferencia de paso, abaten tiempos de recorrido y aseguran entregas puntuales.

Ferropuertos

Se habla de ferropuertos cuando los trenes enteros, sin sus locomotoras, pasan de los patios ferroviarios a los barcos y conectan sus puertos de destino con la red férrea sin transbordar la carga se establece la cadena con economía y rapidez.

Doble Estiba de Contenedores

Este innovador modo de transportación es de trenes que estan integrados por plataformas articuladas de piso deprimido, bajo peso y altura, cada una de las cuales permite transportar 2 contenedores de 40 ft o sus equivalentes en cada plataforma, estibados en 2 niveles sobrepuestos. Además de incrementar la relación CARGA NETA/TARA, requiere de menor fuerza motriz; causando menor daño a las mercancías, posibilita el transporte de artículos de alto riesgo y reduce el costo promedio del flete por contenedor.

Railvan (Remolques de Dobles Ruedas)

Otro elemento de avance técnico en el abaratamiento de los costos de transbordo se tiene en el uso de remolques con doble juego de ruedas (para usarse sobre rieles o sobre asfalto) según el denominado sistema RAILVAN, y el cual consiste en transportar los remolques sobre plataformas de ferrocarril o arrastrarlos con tracto-camiones en carretera según sea la combinación más adecuada económicamente.

4.5 Transporte integrado o sistema multimodal

4.5.1 Descripción y componentes

El transporte Integrado o Multimodal básicamente se refiere al sistema de transportes que permite llevar una mercancía desde la "puerta orígen", hasta la "puerta destino", utilizando para ello los diversos modos de transporte explicados en los capítulos anteriores y optimizando el flujo de las mercancías.

Algunos de los aspectos por tomar en cuenta para un manejo eficiente del sistema son:

- Conformación de la carga unitizada
- Cuidados de la carga
- Medios de transporte a usarse.
- Transbordos
- Tiempos de recepción y entrega.

Para formar un sistema integrado de transporte se deben atender los siguientes principios:

La carga unitizada tiene una manipulación más eficaz. Se usan por ejemplo palets, cajas, contenedores, plataformas.

La unidad de carga debe formarse oportunamente. Por ejemplo al final de la línea de producción.

El transbordo de la carga unitizada es bastante fácil de un modo de transporte a otro. El equipo de transporte para carga unitizada esta normalizado internacionalmente por la ISO y disponible en casi todo el mundo.

Simbólicamente el transporte multimodal o integrado, es un rompecabezas en el que las piezas a armonizarse son:

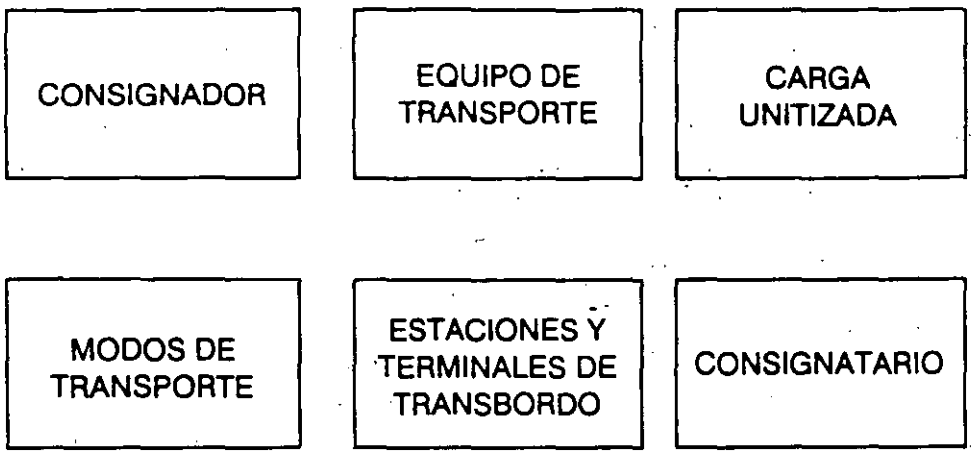


Figura 4.6 Elementos del transporte multimodal

Lo que caracteriza a este sistema de transporte es que se optimizan los recursos involucrados para minimizar los gastos totales en la demanda de transporte, cumpliendo con la intensión de trasladar los productos en las cantidades, a los lugares y en los tiempos correctos, al costo más bajo posible.

La carga unitizada es tan importante para el transporte multimodal que se ha creado el principio de carga unitaria, la cual definimos como "la unidad de tamaño apropiado formada de tal manera que se pueda manipular y trasladar por equipos comunes."

VENTAJAS

- Manipulación con mayores rendimientos.
- Reducción de tiempo en transbordos.
- Gastos totales más bajos.
- Tiempos de espera más cortos para los vehículos.
- A menudo, gastos menores de embalaje
- Menores daños a la carga.
- Documentación expedita y transbordo.
- Reglas de seguros y responsabilidades más sencillas.

DESVENTAJAS

- Gastos en la unitarización de la carga.
- Gastos en equipo de manipulación

Componentes

Para formar sistemas de transporte multimodal (o integrados) es necesario incluir tres elementos unificadores:

-Equipo de transporte:

Son los recipientes o receptáculos que reciben a la carga, la almacenan y protegen durante el traslado desde su origen hasta su destino, sin necesidad de manipular la mercancía en los transbordos.

-Equipo de Transbordo:

Son las máquinas, instrumentos y herramientas que se usan en las terminales o estaciones para transferir la carga y/o su equipo de transporte de un medio o modo de trasporte a otro. Veánse las secciones de Equipamiento Portuario y Esquemas Operativos para una mayor extensión del tema.

-Modos de transporte:

Son los vehículos que impulsan o arrastran al equipo de transporte, teniendo la suficiente capacidad de espacio y potencia para transladarlos de un lugar a otro sobre un mismo medio natural de desplazamiento.

Los embalajes y equipos de transbordo, así como los modos de transporte que intervienen en los sistemas multimodales se han tratado de regular, principalmente bajo las especificaciones de la ISO, para hacer más adecuado y homogéneo al conjunto de componentes que participan para el traslado de mercancías bajo este sistema.

CAPITULO 5

PUERTOS GENERALES

a	Ancho de la bodega, cobertizo o patio
A	Area mojada de la cuaderna maestra
a.1	Ancho mínimo del acceso
a.c	Ancho del equipo
A.P.A.	Ancho del puesto de atraque
a.v	Ancho del vehículo estacionado
An	Area neta del barco expuesta a la acción del viento.
ϕ	Angulo de fracción interna del material del relleno.
B	Ancho de la plantilla del canal
C.a	Ancho de carril para circulación de equipo y vehículo
C.l.	Calado del barco lastrado
C.p.c	Calado del barco a plena carga
CG	Centro de gravedad
CH	Contenedores por hora
Cm	Carga muerta
Cos	Coseno
Cpc	Calado a plena carga del barco (m)
Cs	Coeficiente sísmico
Cv	Carga viva
d	Profundidad del tirante de agua
da	Distancia de los extremos del barco a los duques de alba de amarre
Dp	Distancia de parada
e	Empuje de tierra
E	Eslora del barco
Ee	Energía cinética de atraque efectiva
Ep	Energía cinética parcial
Et	Energía cinética de atraque
F	Número de Froude
F.A	Muelle o frente de atraque
f.b.l	Franco bordo del barco lastrado
f.b.p.c	Franco bordo del barco a plena carga
Fc	Fuerza de corrientes
Fo	Fuerza de oleaje
Fs	Fuerza por sismo
Fv	Fuerza de viento
g	Aceleración de la gravedad
h	Altura mínima de la bodega o cobertizo
H	Ancho máximo del equipo
h'	Altura libre adicional en accesos
hc.	Altura de cubierta del muelle
h.e	Altura o gálibo mínimo de las entradas
h.e.t.	Altura o gálibo total en las entradas
h.g	Altura inferior de la grúa del muelle

h1	Profundidad media del canal antes de que pase el barco
h2	Profundidad en la sección ocupada por el barco
Hs	Altura de ola significante (m)
ISO	Organización Internacional de Normalización
K	Coeficiente de forma
Ka	Coeficiente de empuje activo
Kg	Kilogramos
l	Distancia medida normalmente al paramento, entre el punto de contacto y el centro de gravedad de la embarcación (m)
L	Longitud del muelle
L.A	Largo o longitud de la bodega, cobertizo o patio
L.c	Largo de la fila de contenedores
L.e	Profundidad del estacionamiento
L.P.A	Longitud del puesto de atraque
L1	Longitud del muelle uno
L1A	Longitud del entre-eje de la bodega o cobertizo
L2	Longitud del muelle dos
Lca	Longitud del canal de acceso
Le	Longitud exterior de canal de acceso
Lf	Franja libre entre franjas de maniobrabilidad
Lq	Número de clientes en la cola de espera
M	Manga del barco
M1	Masa o desplazamiento del barco
M2	Masa adicional (ton)
Ma	Masa o desplazamiento total del barco
mm	Milímetros
N	Franja de maniobrabilidad
n	Nivel de apilamiento de contenedores
Na	Número de atraques en paralelo
Nce	Número de clientes esperando o siendo atendidos
p	Peso específico del agua de mar = 1.025 ton/m3
P	Punto de contacto
P.A.	Puesto de atraque
q	Presión del viento
r	Radio de giro alrededor del centro de gravedad del barco
r.g.	Radio de giro máximo del equipo o vehículo
S	Relación del área mojada de la cuaderna maestra a la sección transversal del canal.
S.P.A.	Superficie del puesto de atraque
Sen	Seno
Sm.	Area sumergida del barco (m2)
sq	Squat adimensional
T	Período de la ola
t.a	Tirante de agua mínimo
TEU	Tweenty Equivalente Unite (unidades equivalentes de 20 pies).
THB	Toneladas horas buque

THG	Toneladas horas gancho
Tr	Franja de resguardo del Talud
U	Velocidad de viento (km/hr)
V	Velocidad de la corriente (m/seg)
V1	Velocidad de barco
V2	Velocidad de la corriente en la sección ocupada por el barco, medida en relación al barco.
Vt	Velocidad de acercamiento
W	Ancho de la dársena de servicio

Lista de figuras y tablas

Figura 5.1 Esquema conceptual de un puerto general
Figura 5.2 Esquema conceptual de puertos graneleros y de fluidos
Figura 5.3 Esquema conceptual de un puerto industrial
Figura 5.4 Factores que afectan al dimensionamiento
Figura 5.5 Valor del squat en función del número de froude
Figura 5.6 Movimientos del buque
Figura 5.7 Flujograma de actividades para la operatividad del puerto
Figura 5.8 Obras de protección paralelas a la costa
Figura 5.9 Obras de protección convergentes
Figura 5.10 Obras de protección perpendiculares a la costa
Figura 5.11 Diseño óptimo de rompeolas
Figura 5.12 Aspectos que intervienen en la orientación de la bocana
Figura 5.13 Orientación de la bocana
Figura 5.14 Longitud del canal de acceso
Figura 5.15 Esquema general para una vía de navegación
Figura 5.16 Esquema general para doble vía de navegación
Figura 5.17 Distancias de parada del barco
Figura 5.18 Sobreancho del canal, método de corte (Cutoff)
Figura 5.19 Sobreancho del canal, método de taludes paralelos
Figura 5.20 Factores que intervienen en la determinación de la profundidad
Figura 5.21 Fondeadero
Figura 5.22 Trayectoria de maniobra del barco
Figura 5.23 Dársenas de maniobras de diferentes condiciones
Figura 5.24 Canales secundarios
Figura 5.25 Dársena de servicio atraque de un solo lado
Figura 5.26 Dársena de servicio atraque de ambos lados
Figura 5.27 Dársena de servicio atraque de ambos lados y en línea
Figura 5.28 Partes del puesto de atraque

Figura 5.29 Puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada.
Figura 5.30 Puesto de atraque de contenedores (barco 1ra. generación 750 TEU)
Figura 5.31 Puesto de atraque de contenedores (barco 2da. generación 1500 TEU)
Figura 5.32 Puesto de atraque de contenedores (barco 3ra. generación 3000 TEU)
Figura 5.33 Puesto de atraque de contenedores 4ta. y 5ta. generación
Figura 5.34 Puesto de atraque polivalente
Figura 5.35 Puesto de atraque por rodadura
Figura 5.36 Puesto de atraque de graneles exportación o salida del producto
Figura 5.37 Puesto de atraque de graneles importación o entrada del producto
Figura 5.38 Puesto de atraque de fluidos. Aguas protegidas o mar abierto
Figura 5.39 Puesto de atraque industrial
Figura 5.40 Fases de la operación portuaria
Figura 5.41 Gráfica de planeación portuaria
Figura 5.42 Sistema de cola de espera
Figura 5.43 Análisis del número óptimo de atraques
Figura 5.44 Fuerzas actuantes en un muelle
Figura 5.45 Camiones, montacargas y grúa móvil sobre neumáticos más usuales.
Figura 5.46 Atraque de la embarcación
Figura 5.47 Energía de atraque
Figura 5.48 Presión del viento sobre la embarcación
Figura 5.49 Fuerzas resultantes
Figura 5.50 Muelle marginal
Figura 5.51 Muelle en espigón
Figura 5.52 Muelles en dientes o peines tipo A
Figura 5.53 Muelles en dientes o peines tipo B
Figura 5.54 Muelles en "T", "L", y "U" con o sin duques de alba
Figura 5.55 Muelle de transbordo por rodadura (Ro.Ro). Roll-on Roll-off
Figura 5.56 Atracadero por boya de amarre (en mar abierto)
Figura 5.57 Muros de contención de bloques
Figura 5.58 Tablestacado anclado
Figura 5.59 Pilotes o pilas descubiertos
Figura 5.60 Elementos de amarre
Figura 5.61 a) Norays o bolardos (generalmente de tubos de acero).
Figura 5.62 b) Bitas (fierro fundido)
Figura 5.63 Bita en atraque para Ro.Ro.
Figura 5.64 c) Cornamusas (fierro fundido)
Figura 5.65 d) Argollón o argollas (acero)
Figura 5.66 e) Ganchos de "suelta rápida" (acero)
Figura 5.67 Escala de desembarque

Figura 5.68 a) Defensas con sistemas mecánicos y estructurales
Figura 5.69 b) Defensas de piezas de caucho
Figura 5.70 c) Defensas suspendidas por cables y soportes giratorios
Figura 5.71 d) Defensas neumáticas
Figura 5.72 e) Defensas para trabajo a torsión
Figura 5.73 Elementos para el dimensionamiento del P.A.
Figura 5.74 Puesto de atraque
Figura 5.75 Factores que rigen el dimensionamiento
Figura 5.76 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.1
Figura 5.77 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.2
Figura 5.78 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.3
Figura 5.79 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.4
Figura 5.80 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.5
Figura 5.81 Dimensiones del P.A. para carga fraccionada y/o unitizada
Figura 5.82 Dimensiones del muelle para carga fraccionada y unitizada
Figura 5.83 Area de carga-descarga T.1. Carga general y/o unitizada
Figura 5.84 Area de transferencia al almacenamiento T.2
Figura 5.85 Ancho de cubierta del muelle (T.1 y T.2)
Figura 5.86 Bodega de Tránsito
Figura 5.87 Accesos T.4 carga fraccionada y/o unitizada
Figura 5.88 Controles de acceso T.4 carga fraccionada y/o unitizada
Figura 5.89 Entrada de autotransporte
Figura 5.90 Entrada ferrocarril
Figura 5.91 Estacionamiento autotransporte
Figura 5.92 Vialidad accesos interiores
Figura 5.93 Taller de mantenimiento
Figura 5.94 Almacén de equipo
Figura 5.95 Almacén de repuestos y control (mantenimiento)
Figura 5.96 Dimensiones del P.A. para contenedores 750 TEU
Figura 5.97 Dimensiones del P.A para contenedores 1500 TEU
Figura 5.98 Dimensiones del P.A. para contenedores 3000 TEU
Figura 5.99 Dimensiones del P.A. para contenedores 4000 a 5000 TEU
Figura 5.100 Cuadro de combinación de tipos de P.A y de sistemas de manejo contenedores.
Figura 5.101 Areas T.1 y T.2 sistema de remolques y plataformas
Figura 5.102 Area T.3 Sistema de remolques y plataformas
Figura 5.103 Area T.4 Sistema de remolques y plataformas
Figura 5.104 Areas T.1 y T.2 sistema de carretillas-pórtico
Figura 5.105 Area T.3 Sistema de carretillas-pórtico 2 o 3 niveles de apilamiento
Figura 5.106 Area T.4 sistema de carretillas-pórtico
Figura 5.107 Areas T.1 y T.2 sistema con grúas de pórtico de patio
Figura 5.108 Area T.3 sistema con grúas de pórtico de patio
Figura 5.109 Area T.4 sistema con grúas de pórtico de patio
Figura 5.110 Area T.4 Entradas para todos los sistemas

Figura 5.111 Area T.5 mantenimiento y reparación de equipo y contenedores
Figura 5.112 Almacén de repuestos (mantenimiento)
Figura 5.113 Fases de un puerto (en expansión)
Figura 5.114 Terminal polivalente (de dos puestos de atraque P.A.)
Figura 5.115 Muelle o frente de atraque. Terminal Polivalente (alternativa1)
Figura 5.116 Frente de atraque. Terminal polivalente (alternativa 2)
Figura 5.117 Sistema con grúa pórtico en muelle
Figura 5.118 Sistema con grúas móviles
Figura 5.119 Area T.3 almacenamiento terminales polivalentes
Figura 5.120 Vialidades. Terminales polivalentes
Figura 5.121 Control de accesos. Terminales polivalentes
Figura 5.122 Puesto de atraque P.A. Terminal Ro.Ro.
Figura 5.123 Areas T.1 y T.2 Ro.Ro.
Figura 5.124 Rampa Ro.Ro
Figura 5.125 Rampa giratoria Ro.Ro.
Figura 5.126 Rampa flotante Ro.Ro.
Figura 5.127 Patio de vehículos
Figura 5.128 Almacenamiento para contenedores
Figura 5.129 Acceso de mar (desde la rampa del barco)
Figura 5.130 Diagrama de operaciones de una terminal de graneles (exportación o salida del producto)
Figura 5.131 Puesto de atraque. Terminales a granel (exportación o salida)
Figura 5.132 Muelle de una terminal de graneles
Figura 5.133 Cargador de pórtico. Terminal a granel (exportación)
Figura 5.134 Cargador radial. Terminal a granel (exportación)
Figura 5.135 Cargador lineal. Terminal a granel (exportación)
Figura 5.136 Areas de almacenamiento a granel (mineral)
Figura 5.137 Características del apilamiento a granel
Figura 5.138 Areas de almacenamiento a granel (cereales)
Figura 5.139 Flujograma de operaciones. Terminal a granel (importación)
Figura 5.140 Puesto de atraque para manejo de cereales (importación)
Figura 5.141 Muelle o frente de atraque. Importación de cereales
Figura 5.142 Sistema de cucharas
Figura 5.143 Sistema con grúa giratoria de cuchara
Figura 5.144 Sistema neumático. Elevador
Figura 5.145 Elevador pórtatil
Figura 5.146 Elevador móvil
Figura 5.147 Transportador de cadena
Figura 5.148 Flujograma de operaciones de una terminal de fluidos, Recepción
Figura 5.149 Flujograma de operaciones de una terminal de fluidos, Envío.
Figura 5.150 Puesto de atraque de terminal de fluidos. Aguas protegidas

Figura 5.151 Atracadero en "T" a base de duques de alba
Figura 5.152 Atracadero en "T" a base de duques de alba y muertos de amarre
Figura 5.153 Atracadero en espigón
Figura 5.154 Atracadero en "L"
Figura 5.155 Puesto de atraque en mar abierto
Figura 5.156 Amarradero con boyas
Figura 5.157 Boyas tipo SALM
Figura 5.158 Amarradero tipo isla
Figura 5.159 Amarradero con boyas múltiples
Figura 5.160 Puesto de atraque para fluidos
Figura 5.161 Area T.1. Puesto de atraque de fluídos
Figura 5.162 Características principales de puerto industrial
Figura 5.163 Puesto de atraque de un puerto industrial
Figura 5.164 Planeación general del desarrollo
Figura 5.165 Procedimiento para el desarrollo de un puerto industrial
Figura 5.166 Succionadoras
Figura 5.167 Aparejos de izaje;esligas y ganchos
Figura 5.168 Aparejos de izaje;palets
Figura 5.169 Aparejos de izaje;tolvas
Figura 5.170 Aparejos de izaje; spreaders
Figura 5.171 Spreaders
Figura 5.172 Spreader telescópico para traslado horizontal de contenedores de 20´ y 40´
Figura 5.173 Ubicación de las garzas en el muelle
Figura 5.174 Esquema operativo carga general fraccionada, vía indirecta
Figura 5.175 Esquema operativo graneles secos, semimecanizado, vía indirecta
Figura 5.176 Esquema operativo graneles secos, mecanizado vía directa
Figura 5.177 Esquema operativo fluidos vía directa
Figura 5.178 Tipos de grandes contenedores
Figura 5.179 Sistema modular de contenedores de ISO
Figura 5.180 Contenedores especiales
Figura 5.181 Esquema operativo, contenedores consolidados en el puerto
Figura 5.182 Esquema operativo contenedores transbordo por rodadura
Figura 5.183 Esquema operativo contenedores transbordo por elevación
Figura 5.184 Distribución de las tomas de agua potable en el muelle
Figura 5.185 Red de agua potable y registro en la cubierta del muelle
Figura 5.186 Alumbrado general a base de luminarias
Figura 5.187 Alumbrado general de intemperie a base de reflectores
Figura 5.188 Hidrante de dos tomas con monitor
Figura 5.189 Servicio medico
Figura 5.190 Esquema general de un astillero
Figura 5.191 Local de capacitación laboral

Tabla 5.1	Movimientos verticales de petroleros
Tabla 5.2	Condiciones permisibles de operación
Tabla 5.3	Anchos de canal recomendados
Tabla 5.4	Tipos de dársenas de maniobras
Tabla 5.5	Dimensiones de dársena de ciaboga y paradas de emergencia para diferentes velocidades
Tabla 5.6	Características del puesto de atraque según el tipo de fluido
Tabla 5.7	Ejemplos de uso del suelo en diferentes puertos industriales
Tabla 5.8	Características del cargador frontal
Tabla 5.9	Características de bulldozer
Tabla 5.10	Características de grúas hidráulicas
Tabla 5.11	Características de grúas mecánicas
Tabla 5.12	Características de montacargas eléctricos
Tabla 5.13	Características de montacargas
Tabla 5.14	Características de montacargas
Tabla 5.15	Características de grúas de patio
Tabla 5.16	Características de grúas de muelle
Tabla 5.17	Características de tractores de arrastre
Tabla 5.18	Características de bandas transportadoras
Tabla 5.19	Características de almejas
Tabla 5.20	Características de almejas
Tabla 5.21	Características de garzas
Tabla 5.22	Rendimientos de los principales puertos mexicanos
Tabla 5.23	Dimensiones exteriores de contenedores y pesos brutos máximos

5.1 Introducción

Puertos Generales

Estos puertos cumplen una función esencial de enlace y regulación. Su tamaño, tipo y número de instalaciones estará condicionado por la magnitud de los volúmenes y tipos de carga que participan en ese enlace; el volumen de carga a su vez dependerá de las características de desarrollo de una zona tierra adentro a la que sirve el puerto fundamentalmente por razones de costo de transporte, las cuales condicionaran una cierta ley de oferta y demanda de productos primarios, semielaborados y elaborados.

Los elementos de los puertos generales como un sistema de transporte pueden esquematizarse conceptualmente en la siguiente forma.

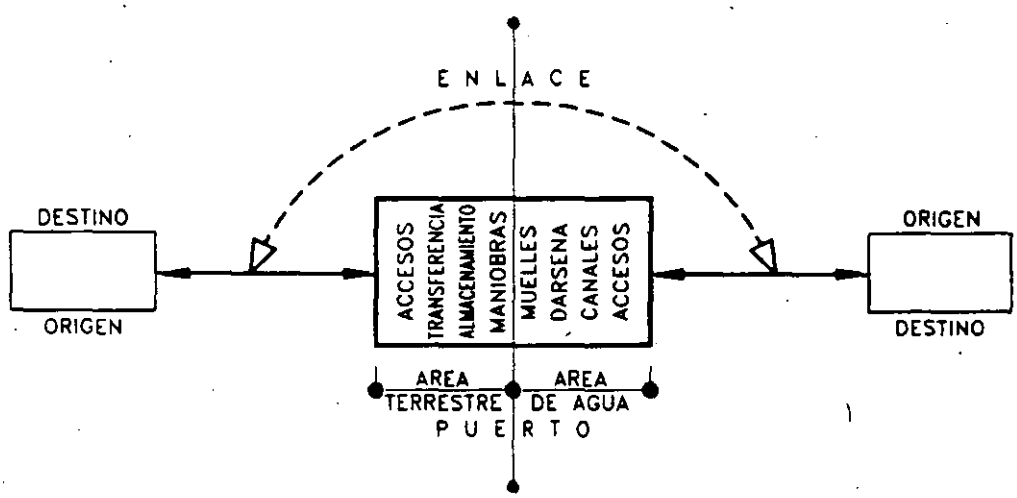


Figura 5.1 Esquema conceptual de un puerto general

Los puertos generales, de acuerdo a la operación de su carga pueden estar constituídas por puestos de atraque de:

- Carga fraccionada y/o unitizada
- Contenedores
- Polivalentes
- Rodadura (Ro.Ro)
- Graneleros -Minerales
  -Agrícolas
- Fluidos -Petróleo y productos petroquímicos
  -Mieles incristalizables, aceites y varios

Lo anterior va de acuerdo también a los tipos de embarcaciones que transportan la misma carga, y las dimensiones de sus áreas de agua y de tierra estan obedeciendo a estas dos condicionantes.

Por los diferentes tipos de movimientos el puerto adopta el carácter de punto de embarque o terminal, sin dejar de ser un enlace entre el origen y destino como un eslabón del sistema de transporte.

Esto da como consecuencia que en el propio puerto y sus zonas inmediatas deban localizarse almacenamientos, áreas de maniobra y transferencia y algunos casos instalaciones industriales para la transformación de la carga o bien su regulación en el caso de la entrada de estos productos al puerto y en el caso de salida, por vocación o regulación, de áreas para almacenamientos, maniobras y en el caso particular del petróleo de plantas o refinerías.

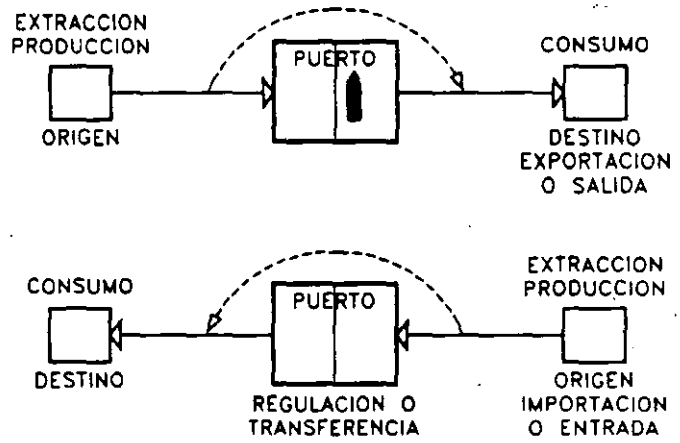


Figura 5.2 Esquemas conceptuales de puertos graneleros y de fluídos

Puertos Industriales

Los puertos industriales son el resultado a nivel del Orbe de la transformación de la industrialización y comercialización. En estos puertos se embarca o desembarca pero no simultáneamente, pues se generan movimientos altamente mecanizados. Al aparecer estos puertos en los mercados mundiales se obligó a:

- Relocalización de plantas industriales, para ubicarlas en las costas.
- Reducción del transporte terrestre, eliminando tramos y mayor uso del transporte por agua, especialmente el marítimo.

- Reducción de costos de producción con el incremento en el tamaño de los lotes de sus insumos

- Crecimientos en el tamaño de las embarcaciones por la mayor navegación de altura, para ser mas costeable el transporte marítimo.

Resultando la creación de los puertos industriales para cumplir con estos objetivos. Se puede considerar que contienen instalaciones que sirven a zonas industriales costeras constituyéndose el puerto en un elemento de apoyo, más que de enlace y regulación y su operación obedece al inicio de un proceso de producción industrial o de uno de comercio, cuyo funcionamiento se puede esquematizar en la siguiente forma.

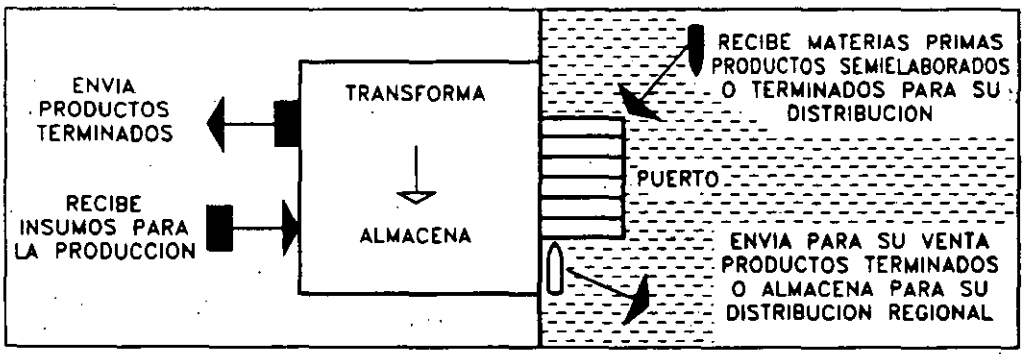


Figura 5.3 Esquema conceptual de un puerto industrial

5.2 Areas de agua

Su función es cubrir las necesidades de acceso al puerto en forma segura y eficiente, en las maniobras que realiza el barco, desde la entrada hasta que fondea o atraca y viceversa; las zonas navegables que es necesario dimensionar son las siguientes:

5.2.1 Clasificación

Accesos al puerto	Bocana Canal de navegación principal Antepuerto y fondeadero
Areas de maniobras	Dársena de ciaboga Dársena de maniobras Canales secundarios
Areas de servicio	Dársena de servicios

ACCESOS AL PUERTO

Bocana

Es la entrada de mar abierto a la zona abrigada, puede ser natural o artificial, en cuyo caso estará limitada por rompeolas o escolleras debidamente señalizados.

La orientación y dimensionamiento deben cumplir una serie de requerimientos de acuerdo a las características de los barcos y a las condiciones oceanográficas y meteorológicas impuestas por los temporales, las que después de una cierta magnitud determinan el cierre del puerto por el capitán responsable.

Canal de Navegación Principal

Es la zona navegable más importante del puerto, en ella el barco aún en movimiento pasa de mar abierto a la zona protegida y debe de realizar además la maniobra de parada.

Entre más grande sea el barco más obligado estará a hacer su rutina de acceso al puerto por un canal, el cual debe estar señalizado de acuerdo a las normas internacionales y ser sometido a un dragado de mantenimiento periódico para garantizar sus dimensiones de proyecto.

Antepuerto

Es el área de agua ubicada cerca de la entrada, generalmente es atravesado por el canal de acceso, su función es propiciar una expansión de la energía del oleaje que pasa por la bocana y dar servicio para maniobras o fondeo de las embarcaciones.

Fondeadero

Son áreas de agua que sirven para el anclaje, cuando los barcos tienen que esperar un lugar de atraque, el abordaje de tripulación y abastecimientos, inspección de cuarentena y algunas veces aligeramiento de carga; su localización debe ser estratégica, según la función que tenga que cumplir, aunque generalmente se ubican junto a los canales de navegación, sin que entorpezcan los movimientos de otros buques.

AREAS DE MANIOBRAS

Dársena de Ciaboga

Es el área marítima dentro del puerto, donde los barcos hacen las maniobras de giro y revire con el fin de enfilarse hacia las distintas áreas del puerto; es la representación esquemática del círculo de evolución que sigue un barco en esta maniobra, puede o no estar incluída la maniobra de parada.

De acuerdo a la frecuencia y tamaño de las embarcaciones puede haber varias dársenas para atender a los diferentes tipos de buques que llegan a él.

Dársena de Maniobras

Son las áreas dentro del puerto destinadas a las maniobras de preparación del barco para el acercamiento o despegue del muelle, se requieren áreas para tal fin en cada grupo de atraque, normalmente se realizan con ayuda de servicio de remolcadores, sin embargo la no existencia de este servicio resulta en dársenas muy grandes.

Canales Secundarios

Son las vías navegables dentro del puerto que permiten a las embarcaciones realizar su rutina de entrada o salida, comunicando al canal de navegación principal con las distintas áreas que conforman el puerto.

AREAS DE SERVICIO

Dársena de Servicios

Comprende las áreas de agua contiguas a los muelles y las complementarias para permitir reparaciones a flote. Las áreas contiguas a los muelles son conocidas como dársenas de atraque normalmente dependen de la longitud del frente de atraque; las que se usan para reparaciones son función del tamaño del buque y tipo de anclaje.

5.2.2 Factores que afectan al dimensionamiento

Es una serie de factores que influyen en forma directa tanto en el dimensionamiento horizontal (anchos diámetros y longitudes), como el dimensionamiento vertical (profundidad), los cuales es necesario conocer para hacer un diseño razonable de las áreas de agua, estos factores agrupados en aspectos físicos y de control, se muestran a continuación así como su relación con el dimensionamiento.

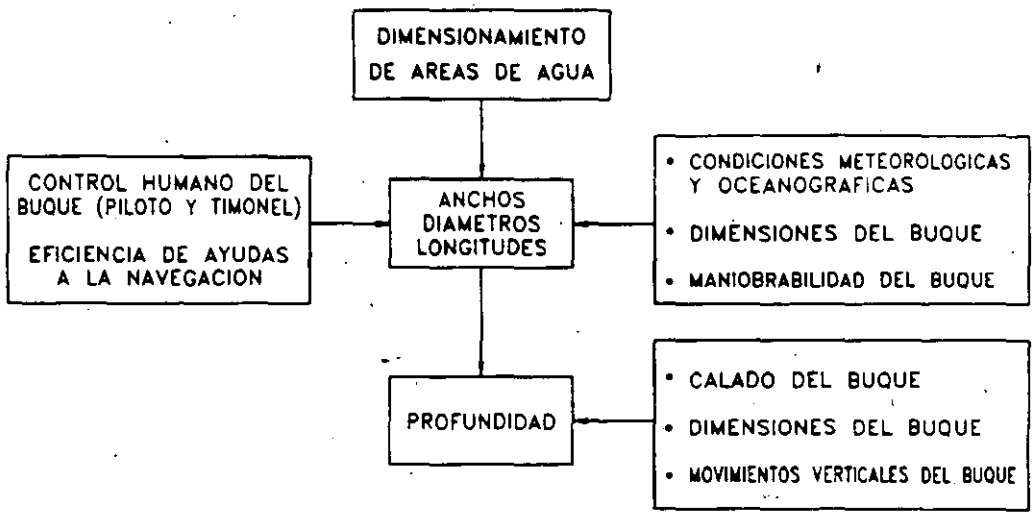


Figura 5.4 Factores que afectan al dimensionamiento

5.2.2.1 Factores físicos

Condiciones Meteorológicas y Oceanográficas

Como se ha mencionado en el capítulo 3. Condicionantes físicas, las condicionantes meteorológicas y oceanográficas que imperan en nuestras costas, imponen restricciones a la navegación y operación dentro del puerto. En el caso específico de las áreas de agua, intervienen desde la definición de la orientación de la bocana, así como el dimensionamiento horizontal y vertical de canales y dársenas.

En la bocana, intervienen en su orientación principalmente el oleaje y el transporte litoral provocado por las corrientes y el oleaje mismo.

En los canales y dársenas, las fuerzas inducidas por el viento y corrientes sobre las embarcaciones provocan un aumento en los anchos y longitudes de las áreas; similarmente los movimientos de las embarcaciones provocados por el oleaje obligan a aumentar la profundidad en las áreas por donde transitan.

En la operación del puerto intervienen de manera decisiva los temporales, ya que su presencia obliga al cierre del puerto y por lo tanto la suspención de la navegación en las distintas áreas.

De las fuentes de información que existen sobre la severidad de las condicionantes con las cuales puede operar un puerto y cuyo rebase implica el cierre, se obtuvieron los siguientes valores:

Velocidad de viento	U = 108 km/hr
Altura de ola significante	Hs = 3.0 m (fuera del puerto) Hs = 1.8 m (dentro del puerto)
Velocidad de corriente	V = 1.0 m/seg.

Dimensiones del Buque

Las dimensiones del buque de diseño, son las correspondientes a los buques seleccionados que harán uso del puerto; para cada barco se tomarán de las tablas correspondientes del capítulo 4, la eslora total, la manga, el franco bordo y el calado en carga y en lastre.

Maniobrabilidad del Buque

En aguas poco profundas como las de las áreas de agua del puerto, la respuesta del timón del barco es más lenta que en aguas profundas, requiriéndose además un incremento de potencia para tener una velocidad igual a la de mar abierto. El control del barco en estas condiciones se hace más difícil, sobre todo por la interferencia causada por el flujo de otros barcos y como consecuencia las diferencias de presión a ambos lados del propio buque; por otra parte las corrientes y oleaje esviajados al canal provocan derivas en los barcos.

El método más directo para evaluar la controlabilidad de un barco es mediante la observación de la respuesta de un barco a cambios dados del ángulo del timón y de la velocidad de la propela, en una entrada conocida para el piloto. Otra aproximación consiste en hacer las pruebas en aguas profundas recomendadas por los arquitectos navales.

En general la controlabilidad de los barcos es definida en la forma siguiente:

1.- Muy buena	Para barcos de guerra y cargueros de la clase Victory
2.- Buena	Para transportes navales y tenders, petroleros T-2, mineraleros nuevos y cargueros de la clase Liberty.
3.- Pobre	Para barcos mineraleros viejos y barcos dañados.

Squat del Barco

Es el hundimiento aparente que experimenta el barco en movimiento y depende fundamentalmente de la velocidad, de la distancia entre la quilla y el fondo, del trim del barco, del área de la sección transversal del canal y de si el canal está localizado en una vía amplia o estrecha. En realidad el barco no se hunde en el agua, sino que hay una disminución de nivel superficial provocado por el paso del mismo, lo que causa un acercamiento del barco hacia el fondo.

Este cambio de nivel en mar abierto donde se tienen grandes profundidades es insignificante, mientras que la disminución de nivel en las áreas portuarias es determinante para la profundidad.

El criterio para evaluar el squat fue desarrollado por Constantine, el cual se muestra en la figura 5.5

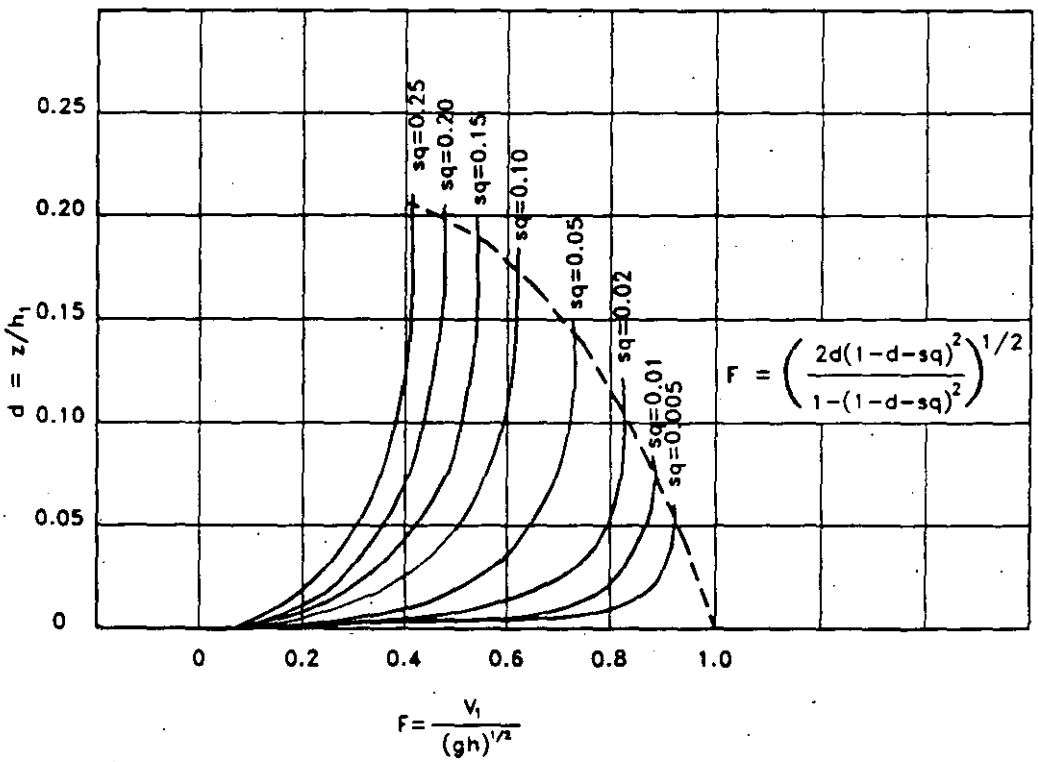


Figura 5.5 Valor del squat en función del Número de Froude

V1 = Velocidad del barco
h1 = Profundidad media del canal antes de que pase el barco
V2 = Velocidad de la corriente en la sección ocupada por el barco, medida en relación al barco
h2 = Profundidad en la sección ocupada por el barco
W = Ancho del canal

A = Area mojada de la cuaderna maestra
F = Número de Froude
d = Squat adimensional = z/h1
z = h1-h2
s = Relación del área mojada de la cuardena maestra a la sección transversal del canal

Movimientos del Buque

La acción del oleaje actuando sobre el barco da origen a seis, movimientos principales (figura 5.6), tres angulares y tres lineales, los cuales influyen en el dimensionamiento tanto en el plano horizontal como en el plano vertical, a continuación se muestra una breve descripción de ellos.

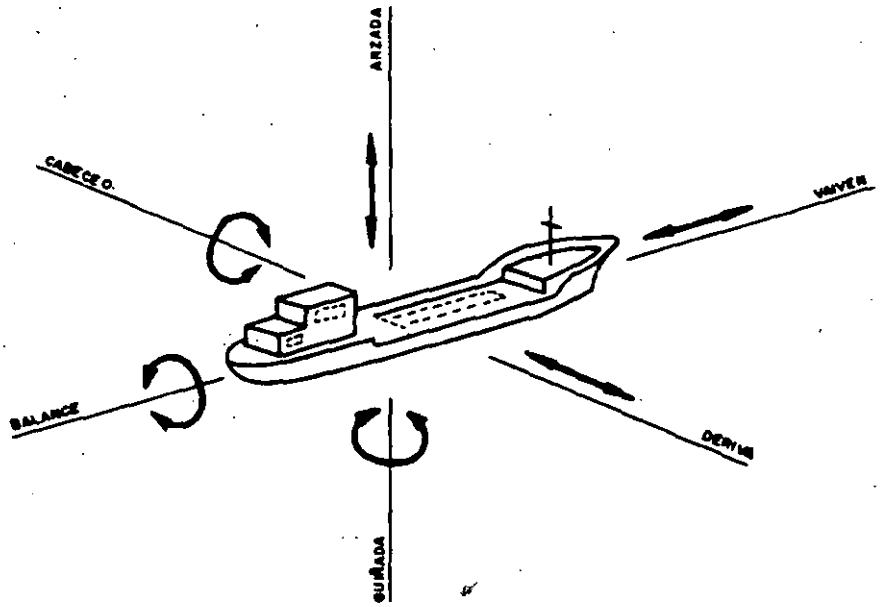


Figura 5.6 Movimientos del buque

Movimientos angulares

Nombre	Plano de Influencia
- Cabeceo (Pitching)	Vertical
- Balanceo (Rolling)	Vertical
- Guiñada (Yawing)	Horizontal

Movimientos lineales

Nombre	Plano de Influencia
- Arzada (Heaving)	Vertical
- Vaiven (Surging)	Horizontal
- Deriva (Swaying)	Horizontal

Cabeceo (Pitching)

Es el movimiento del barco alrededor de su eje transversal; los estudios realizados con oleaje irregular han demostrado que el cabeceo se incrementa con la altura de ola, pero disminuye con longitudes de onda mayores de dos veces la eslora del barco, olas más cortas que el doble de la eslora del barco tienden a aumentar el cabeceo.

Balanceo (Rolling)

Es el movimiento del barco alrededor de su eje longitudinal, se incrementa con la altura de ola, llegando a su máximo cuando la longitud de la ola es aproximadamente el doble de la manga; el barco se balanceará más cuando tenga el oleaje a través que cuando viaje sobre él.

Arzada (Heaving)

Es el movimiento vertical del barco completo sin considerar ninguna inclinación.

Combinación del Balanceo, Cabeceo y Arzada

Es raro que un barco tenga un sólo movimiento vertical de los mencionados, el movimiento real es una combinación muy complicada de los tres. Las olas no necesariamente se desplazan con longitud y altura uniforme, más bien tienden a formar un tren de alturas irregulares y direcciones diferentes.

Consecuentemente un barco generalmente experimenta los tres movimientos verticales al mismo tiempo, los cuales se pueden reforzar o cancelar entre ellos.

El régimen de oleaje en bocanas y canales es muy irregular y no es posible hacer un cálculo preciso del comportamiento del barco en presencia de temporales, aunado a la deficiencia de información confiable de oleaje que hay sobre las costas de la República Mexicana.

Los tres movimientos mencionados anteriormente influyen directamente en el dimensionamiento de la profundidad, para los cuales se han hecho aproximaciones teóricas y pruebas en modelo, sin embargo el estado de arte aún no esta bien definido.

En la tabla 5.1 se presenta un resumen de valores obtenidos de diferentes fuentes de información, que se podrán aplicar para casos similares de petroleros, para otro tipo de barcos se requiere de estudios específicos.

TABLA 5.1 MOVIMIENTOS VERTICALES DE PETROLEROS

BARCOS DE DISEÑO				OLA		OLEAJE DE PROA		OLEAJE ATRAVES			OLEAJE A 45°	
T.P.M. (Ton)	E (m)	M (m)	C (m)	Hs (m)	T (seg)	Cabeceo (m)	Arzada (m)	Balanceo (m)	Arzada (m)	Cabeceo (m)	Cabeceo (m)	Arzada (m)
16,780	160	21.70	9.10	4.60	10	2.81	0.15	2.93	2.10	2.34	2.50	0.76
				1.80	10	1.07	0.60	1.13	0.90	0.90	0.97	0.30
33,000	183	26.00	10.40	4.60	10	3.00	0.00	3.40	1.53	2.40	1.20	0.90
45,000	227	30.00	11.60	4.60	10	2.75	0.24	4.03	1.07	3.20	2.47	0.37
				1.80	10	0.92	0.90	1.56	0.49	1.25	0.82	0.16
60,000	244	33.00	12.50	4.60	10	2.47	0.15	4.45	0.82	3.57	2.22	0.29
				1.80	10	0.82	0.80	1.74	0.34	1.37	0.73	0.12
80,000	264	36.00	14.00	4.60	10	2.26	0.12	4.88	0.61	3.81	1.98	0.21
				1.80	10	0.98		1.89	0.24	1.50	0.88	0.90

Vaivén (Surging)

Es el movimiento longitudinal del barco y en realidad es importante para las amarras cuando el barco esta atracado, no se considera significante para el diseño de las áreas de agua.

Deriva (Swaying)

Es el movimiento del barco completo a lo largo de su eje transversal; poco se sabe de este concepto cuando el barco esta navegando, los estudios en modelo hidráulico realizados son para el barco amarrado sujeto a la acción del oleaje.

Guiñada (Yawing)

Es el movimiento del barco alrededor de su eje vertical; cuando el barco avanza formando un ángulo con el oleaje, el perfil de la ola es diferente en ambos lados y por lo tanto la posición longitudinal del centro de presión en un lado del barco, no es la misma que del otro, resultado en un par de fuerzas que producen rotación al barco alrededor de su eje vertical. La guiñada máxima producida por el oleaje se presenta cuando el barco avanza formando un ángulo de 45° con la dirección del oleaje.

De los tres movimientos horizontales mencionados, la guiñada es el más importante desde el punto de vista del dimensionamiento de las áreas de agua, sin embargo no se presenta solo y en ocasiones es corolario del cabeceo y del balanceo.

La combinación de la acción del viento, oleaje y corrientes en el canal de acceso, hace necesario que el barco avance haciendo derivas para poder mantener el curso.

La cuantificación del sobreancho requerido en el canal para desplazarse en estas condiciones, depende del tamaño del barco y de las condiciones de viento, corrientes y oleaje prevalecientes; el conocimiento del ángulo de guiñada que sólo es posible obtenerlo a partir de pruebas en modelos hidráulicos, permitirá el cálculo de la dimensión lateral para cada tipo de barco, este cálculo se recomienda hacerlo para ángulos factibles de presentarse del orden de 10° y 15°.

5.2.2.2 Factores de control

Control Humano del Buque

El control humano es muy variable bajo cualquier circunstancia y es afectado por todos los factores físicos antes mencionados, obviamente la maniobrabilidad del buque es uno de los diferentes factores que determinan su controlabilidad.

Cuando un barco se aproxima al puerto y es abordado por el piloto del puerto, entre él y el capitán tienen que tomar una serie de decisiones sobre el curso que se tiene que seguir para colocarlo en su destino final, y que implica desde los ángulos del timón, la potencia, la colocación de los remolcadores, velocidad nominal, punto de reducción de las revoluciones por minuto, tácticas para rebase o encuentro con otros barcos, puntos de inicio de cambio de dirección, etc.

La controlabilidad del barco en cualquier momento puede ser descrita como su capacidad para moverse a la velocidad deseada a lo largo de la trayectoria planeada.

En virtud de lo complejo de las operaciones y la variedad de factores que intervienen, la influencia del aspecto humano sólo es posible analizarla mediante modelos de maniobrabilidad, donde el piloto realiza las maniobras de acceso al puerto.

Eficiencia de Ayudas a la Navegación

Ayudas a la navegación abarca todas las ayudas artificiales externas al barco, como boyas, balizas de enfilación, balizas de posicionamiento, faros y ayudas electrónicas como DECCA.

Las ayudas a la navegación propias del barco incluyen radar, ecosonda, compás, etc.

Durante la entrada del barco al puerto, se verifica su posición apoyándose en las ayudas tanto externas como las propias, con base en las cuales se hace la predicción de las posiciones y movimientos futuros; la existencia de las ayudas necesarias y su eficiencia, son un factor que va a ser determinante para definir la trayectoria que tiene que seguir el barco y como consecuencia el trazado de los canales de navegación y dársenas dentro del puerto.

En los criterios de dimensionamiento que se expondrán en este capítulo, se da como un hecho que las ayudas a la navegación trabajan eficientemente, para permitir a los pilotos ubicarse en las áreas navegables, cualquiera que sea la visibilidad.

5.2.3 Condiciones de operatividad. Metodología

La operatividad de un puerto consiste en tener condiciones propicias de oleaje, viento y corrientes, de tal manera que las maniobras de navegación en canales y dársenas puedan ejecutarse.

Normalmente se establece como meta un porcentaje del tiempo anual, en el cual se quiere tener el puerto abierto y en condiciones favorables en las dársenas de servicios, para estar en posibilidades de realizar las operaciones de carga y descarga en los muelles.

Los porcentajes de operatividad pretendidos por cualquier puerto o instalación marítima a nivel mundial, estan enfocados a alcanzar valores mayores del 95% del tiempo anual, en otras palabras, la tendencia es a reducir al mínimo el porcentaje de inoperatividad de las nuevas obras construídas.

En este capítulo se expone brevemente la metodología para determinar la operatividad de las áreas de agua, en relación a la agitación causada por la penetración del oleaje hacia el interior del puerto; en realidad este fenómeno es con el que se puede optimizar las obras del puerto, principalmente las escolleras de protección.

En relación a las corrientes oceánicas, estas se tratarán de evitar con la orientación de la entrada, y los vientos impondrán su operatividad de acuerdo a sus magnitudes.

En la figura 5.7 se presenta el flujograma de las actividades para obtener la operatividad de un puerto; a continuación se hace una breve descripción:

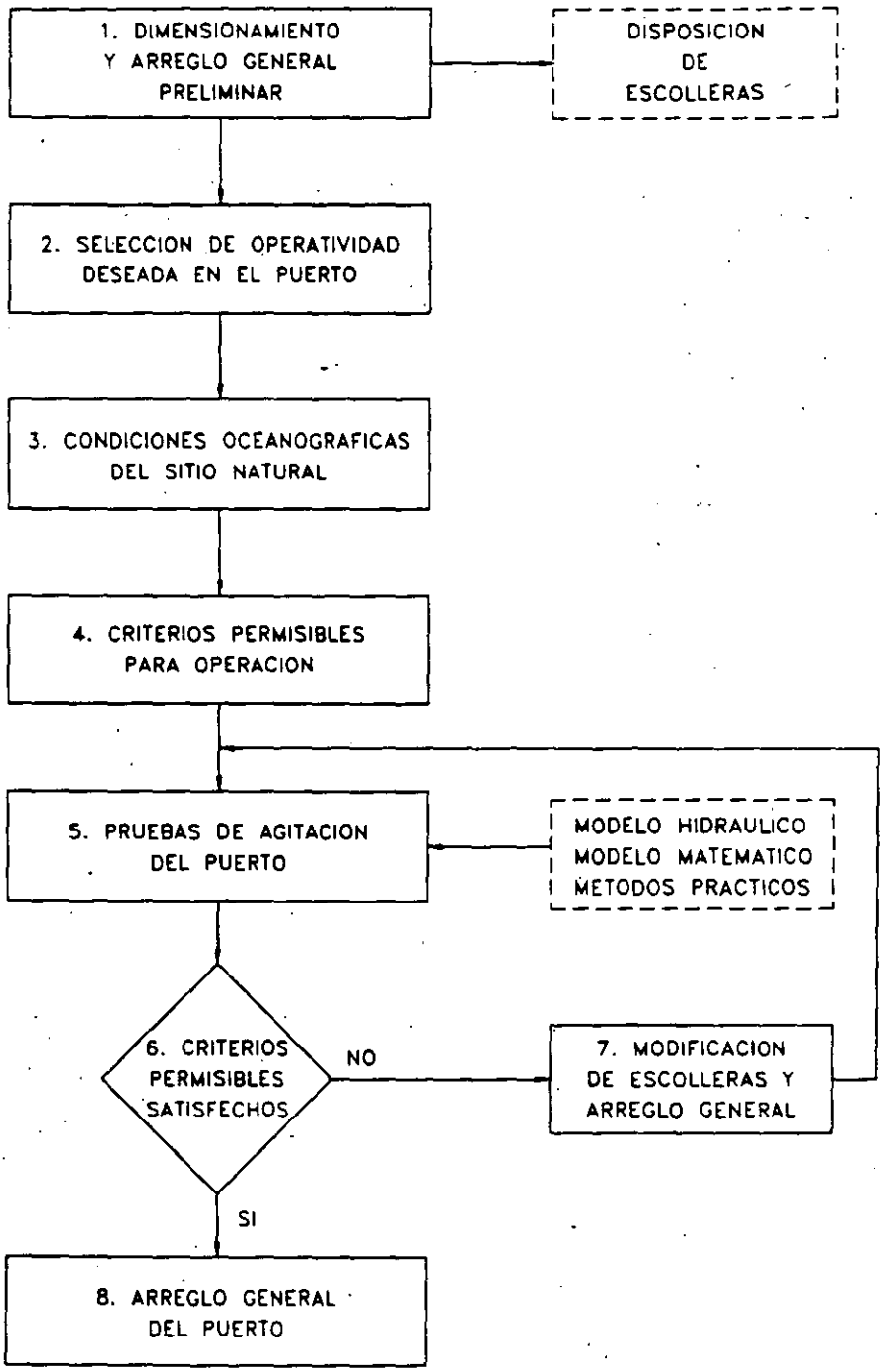


Figura 5.7 Flujograma de actividades para la operatividad del puerto

1.- Dimensionamiento y Arreglo general. Preliminar

Con base en los criterios expuestos en este manual, se dimensionarán las áreas de agua y las áreas terrestres para los diferentes tipos de carga que se van a manejar y para los cuales se debe seleccionar un buque de diseño.

La disposición de estas áreas, siguiendo el criterio de dejar más alejadas de la entrada las instalaciones que para su operación requieran de mayor calma así como de menor profundidad, conduce a un arreglo general preliminar.

2.- Selección de Operatividad deseada en el Puerto

De acuerdo a las políticas de operación analizada en la planeación general, se fijará la operatividad deseada para el puerto, en términos del porcentaje del tiempo total del año. En la actualidad es usual pretender a nivel mundial operatividades del 99%, en lo referente a penetración de oleaje.

En marinas y puertos turísticos esta operatividad siempre debe de buscarse que sea de todo el año.

3.- Condiciones Oceanográficas del Sitio Natural

A partir de mediciones en campo o de fuentes de recopilación estadísticas de datos de oleaje, se obtienen el régimen anual de oleaje de frecuencias acumuladas, de tal manera que para diferentes alturas de ola, se conozca su frecuencia acumulada anual fuera del puerto.

En el capítulo 3 se presenta en forma gráfica el régimen anual de oleaje.

4. Criterios Permisibles de Operación

En la planeación general del puerto que comprende la selección del barco de diseño para cada tipo de carga, se debe investigar también condicionantes oceanográficas bajo las cuales se pueden realizar las operaciones de carga y descarga en los muelles; de estas condicionantes su finalidad es establecer un límite máximo de altura de ola, hasta el cual es posible realizar las operaciones en forma ininterrumpida; después de rebasado este valor la suspención es inevitable.

Después de suspendidas las operaciones, el barco permanece atracado sin embargo si continuan incrementándose las condicionantes de agitación el barco ya no puede permanecer en el muelle, y tienen que salir a sortear el temporal en zonas más extensas.

A esta segunda etapa se le conoce como condición de permanencia y, al igual que la anterior, el objetivo es establecer un límite máximo de altura de ola, después del cual el barco deja el muelle.

Estas condiciones varían con el tipo, tamaño del barco y el equipo usado para carga y descarga y son producto de la experiencia de ver trabajar sistemas similares en otros puertos del mundo; en la tabla No. 5.2 se presenta un resumen proporcionado por J. Stating del laboratorio de hidráulica de Delft, Holanda.

TABLA 5.2 CONDICIONES PERMISIBLES DE OPERACION

Tipo de Barco	Tamaño del Barco (T.P.M.)	Altura y Periodos de Ola Máxima			
		Cond. de operatividad		Condición de permanencia	
		Altura (m)	Periodo (seg)	Altura (m)	Periodo (seg)
CONTENEDORES	< 20,000	0.3	< 6.0	0.75	< 7.0
CARGA GENERAL	< 20,000	0.5	< 7.0	0.75	< 7.0
ROLL ON ROLL OFF	< 20,000	0.5	< 7.0	0.75	< 7.0
GRANELERO	< 20,000	0.5	< 7.0	0.75	< 7.0
(DESCARGANDO)	20,000-60,000	0.75	< 8.0	1.0-1.5	< 8.0
	60,000-120,000	1.0	< 9.0	1.5-2.0	< 9.0
	>120,000	1.25	< 9.0	2.0-2.5	< 10.0
GRANELERO	< 20,000	0.50-0.75	< 7.0	0.5-0.75	< 7.0
(CARGANDO)	20,000-60,000	1.0-1.5	< 8.0	1.0-1.5	< 8.0
	60,000-120,000	1.5-2.0	< 9.0	1.5-2.0	< 9.0
	>120,000	2.0-2.5	<10.0	2.0-2.5	<10.0
GRANELES LIQUIDO	< 20,000	0.50-0.75	< 7.0	0.5-0.75	< 7.0
(CARGANDO Y	20,000-60,000	1.0-1.5	< 8.0	1.0-1.5	< 8.0
DESCARGANDO)	60,000-120,000	1.5-2.0	< 9.0	1.5-2.0	< 9.0
	>120,000	2.0-2.5	<10.0	2.0-2.5	<10.0
PETROQUIMICO	130,000 m3	1.7-2.5	< 8.5	1.7-2.5	< 8.5
LNG		1.2-1.9	8.5-10.0	1.2-1.9	8.5-10.0
		0.8-1.2	10.0-12.0	0.7-1.2	10.0-12.0
		0.3-0.7	12.0-15.5	0.4-0.7	12.0-15.5
PESQUEROS		0-0.30	<6.0	0.5	<7.0

5. Pruebas de Agitación del Puerto

Con los datos de altura de ola correspondiente a la operatividad deseada para el puerto, se realizan las pruebas de penetración de oleaje para el arreglo general preliminar obtenido del dimensionamiento.

El análisis se realiza tomando las direcciones de ola reportadas en el régimen de oleaje y haciéndolas incidir sobre las escolleras de protección del puerto, a partir de estas obras se incia el fenómeno de difracción del oleaje que penetra hacia el interior y se refleja en las paredes de dársenas y muelles.

Este análisis puede realizarse de una manera práctica, estudiando la difracción en forma separada.

Debido a que en la realidad se presentan simultáneamente los tres fenómenos, difracción, refracción y reflexión, el mejor método para determinar la agitación y por lo tanto los coeficientes de reducción del oleaje en cualquier zona del puerto es mediante la aplicación de los modelos hidráulicos construidos a escala.

Actualmente también se vienen utilizando cada día más los modelos matemáticos, debido a que pueden representar una reducción del tiempo de ejecución.

El resultado es un esquema del puerto con sus coeficientes de reducción de ola, afectados por las obras de protección por las fronteras y profundidades del puerto en general.

6.- Criterios Permisibles Satisfechos

Con los resultados de las pruebas de agitación del arreglo general, se procede a hacer un análisis comparativo con los criterios permisibles de operación establecidos y mencionados en el inciso cuatro; si los valores de alturas de ola obtenidos concuerdan o son menores que los permisibles, el puerto tendrá la operatividad deseada.

7.- Modificación de Escolleras y Arreglo General.

En el caso de no cumplir con los criterios generales de operación, es necesario hacer modificaciones a la longitud y orientación de las escolleras, modificar taludes de paramentos para hacerlos menos reflejantes y en ocasiones hasta modificar orientación y dimensiones de las áreas del puerto.

Esta serie de modificaciones se efectuan hasta cumplir con los criterios permisibles establecidos, ejecutando cada vez las pruebas de agitación correspondientes.

Si por alguna razón no se obtienen los valores permisibles, entonces habrá que calcular la operatividad que es posible garantizar, que de cualquier manera será menor que la incialmente fijada.

8.- Arreglo General del Puerto

El arreglo general del puerto después de haber sido modificado para cumplir con los criterios permisibles de operatividad, será el definitivo y de base para las etapas subsecuentes de la planeación.

Obras de Protección

Definido el abrigo necesario se procede a definir la planta de las obras en base a batimetría, planos de oleaje, etc.

Entre todas las soluciones posibles de arreglo de obras de protección se tiene la siguiente clasificación.

1.- Obras Paralelas a la Costa

Esta solución suele usarse en puertos exteriores ganados al mar, no muy alejados de la costa, o bien cuando no se disponga de terreno tierra adentro (por la cercanía de una ciudad o por terreno rocoso).

Pueden estar aislados de la costa.

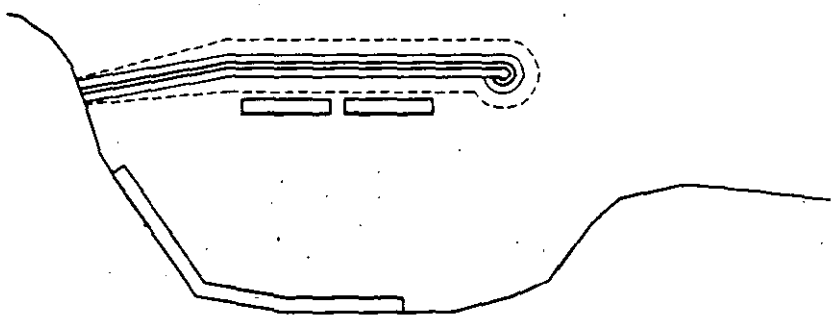


Figura 5.8 Obras de protección paralelas a la costa

2.- Obras Convergentes

Este tipo es muy utilizado en busca del calado necesario para la boca de entrada. En este caso se debe tener cuidado con las áreas de agua disponibles ya que el puerto quedará encajado entre las obras.

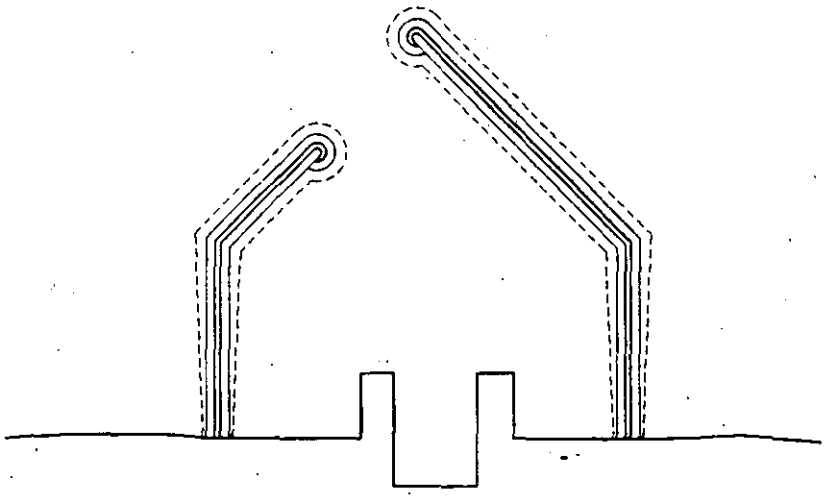


Figura 5.9 Obras de protección convergentes

3.- Obras Perpendiculares a la Costa

Este tipo se proyecta normalmente en puertos fluviomarítimos o puertos creados en tierra (mediante dragado).

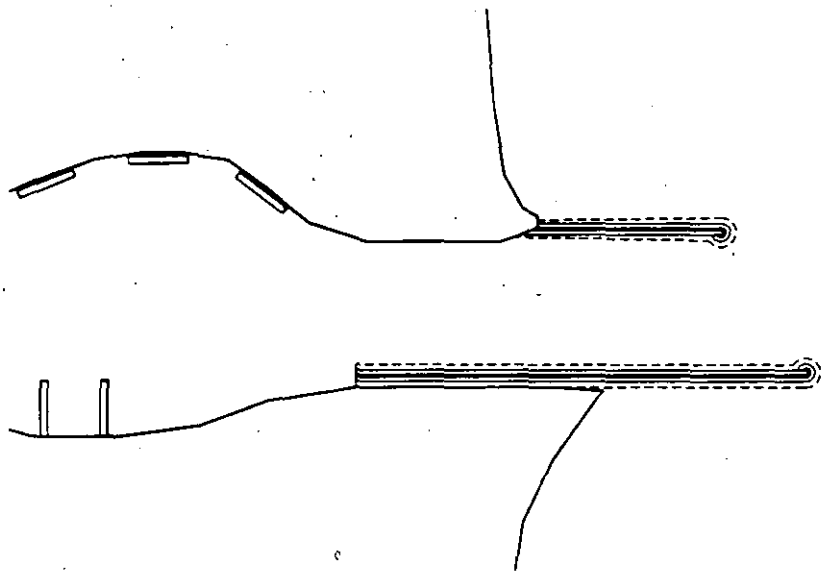


Figura 5.10 Obras de protección perpendiculares a la costa

Con base en la operatividad del puerto y al costo de las obras se puede llegar al planteamiento de el esquema de solución óptima:

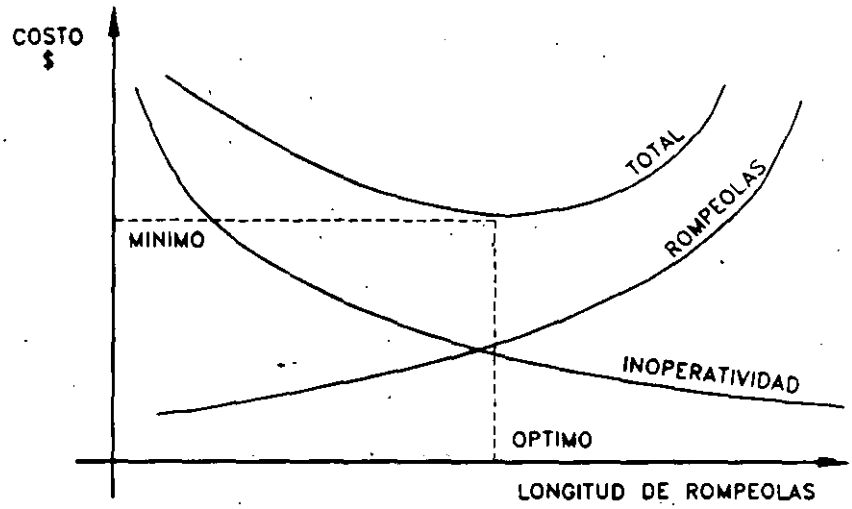


Figura 5.11 Diseño óptimo de rompeolas

5.2.4 Acceso al puerto

5.2.4.1 Bocana

Dos aspectos fundamentales requieren ser analizados, la orientación y el ancho que van ligados entre sí; para su orientación es necesario hacer estudios más detallados que involucran los fenómenos del oleaje, así como el transporte litoral: en términos generales y cuando la bocana está limitada por dos escolleras, la mejor orientación será la que evite de la mejor manera los siguientes aspectos.

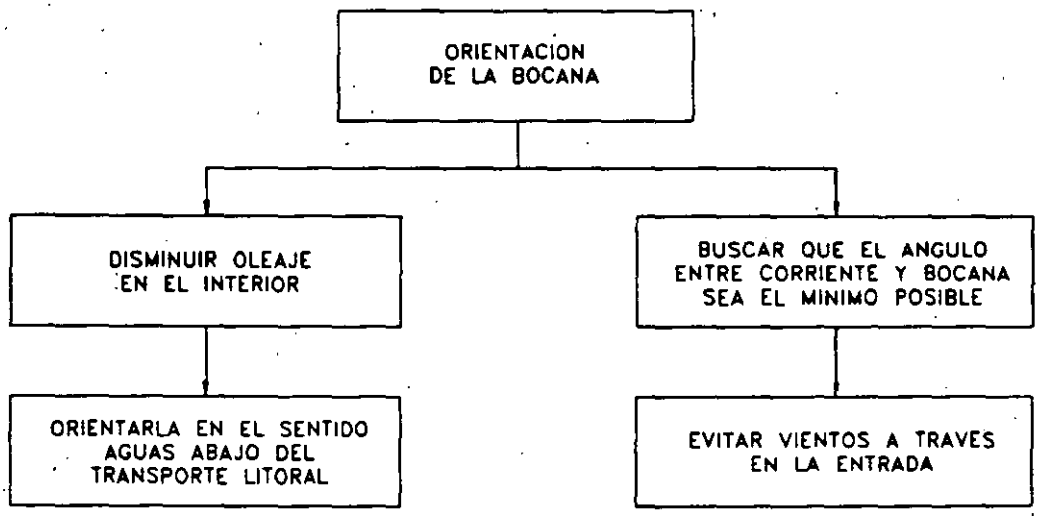


Figura 5.12 Aspectos que intervienen en la orientación de la bocana

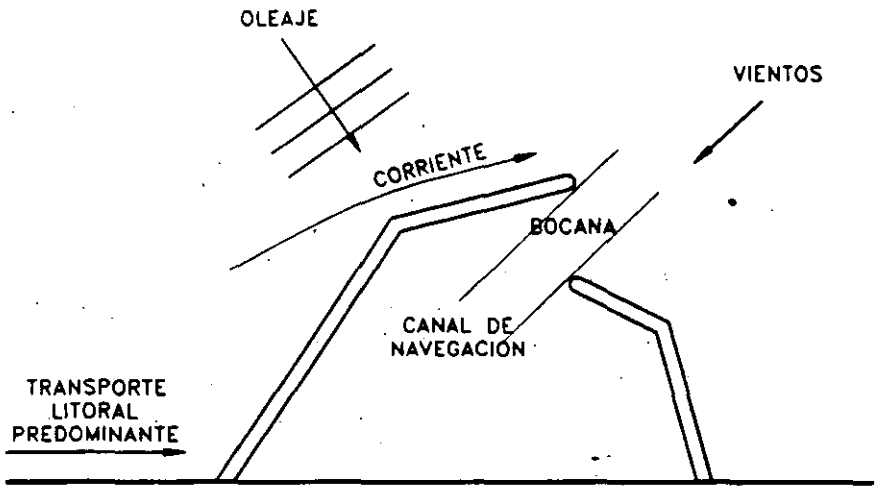


Figura 5.13 Orientación de la bocana

Ancho de la Bocana

Su dimensionamiento esta ligado al ancho del canal de acceso y no puede ser menor que él, algunas recomendaciones generales son:

En general para puertos considerados como de usos múltiples.

Ancho mínimo = 6 mangas, sin presencia de corrientes
Ancho mínimo = 2 esloras, en presencia de corrientes

Tipo de puerto	Ancho de bocana (m)
Puertos pequeños	90
Puertos medianos	120-150
Puertos grandes	150-240

5.2.4.2 Canal de acceso

Los aspectos fundamentales que requieren de dimensionamiento son:

a) Alineamiento en planta
b) Longitud del canal
c) Ancho de canal
   - En tramos rectos
   - En tramos curvos
d) Profundidad

a) Alineamiento en Planta

Para el diseño óptimo de los canales se dan las siguientes recomendaciones:

1) Por ningún motivo se aceptan curvas en "S"
2) El tramo de transición entre mar abierto y zona protegida debe ser razonablemente recto.
3) En el interior del puerto, los cambios de dirección deben ser con los mayores radios de giro posibles, recomendandose las siguientes relaciones:

Deflexión (°)	Radio de giro mínimo (en Esloras)
< 25	> 3
25 - 35	> 5
> 35	> 10

4) Una sola curva es mejor a una sucesión de curvas iguales, si el canal esta adecuadamente señalado.
5) El canal debe estar orientado a las corrientes principales, sobre todo en el caso de corrientes por marea o en ríos, con el fin de minimizar desviaciones del barco.
6) En caso de puertos, la ruta del canal debe ser recta y balizada en un tramo de cinco esloras, hacia ambos lados del puente.

b) Longitud del Canal de Acceso (Lca)

En la longitud del canal de acceso esta compuesta por una longitud exterior (Le) que depende de la pendiente natural del fondo marino, y por una distancia de parada (Dp), necesaria para la maniobra de frenado del barco

Lca = Le + Dp

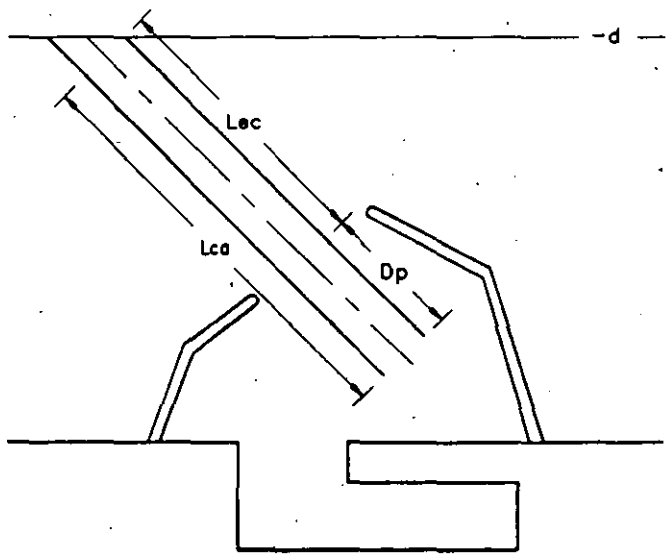


Figura 5.14 Longitud del canal de acceso

Distancia de parada (Dp)

$$Dp = 4E\,(V^{3/4} / 2.5) + E$$

Existen barcos específicos para la obtención de este parámetro (figura 5.17), donde los datos son la velocidad de aproximación y la forma de frenado, ya sea marcha lenta o media en reversa.

c) Ancho del Canal

Tramos rectos

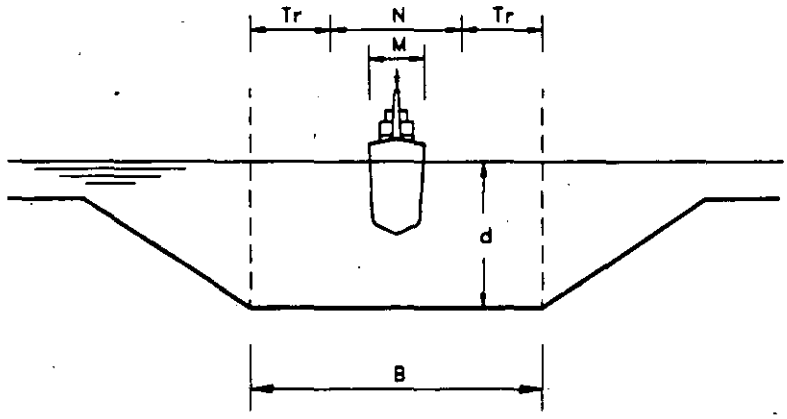


Figura 5.15 Esquema general para una vía de navegación

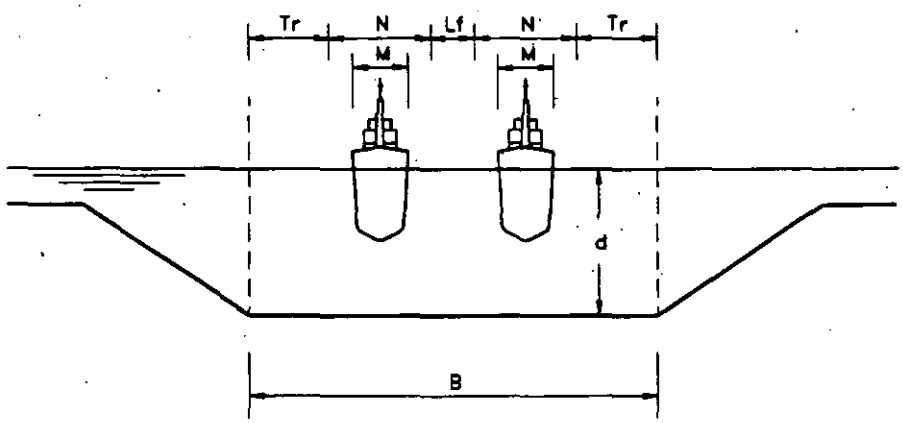
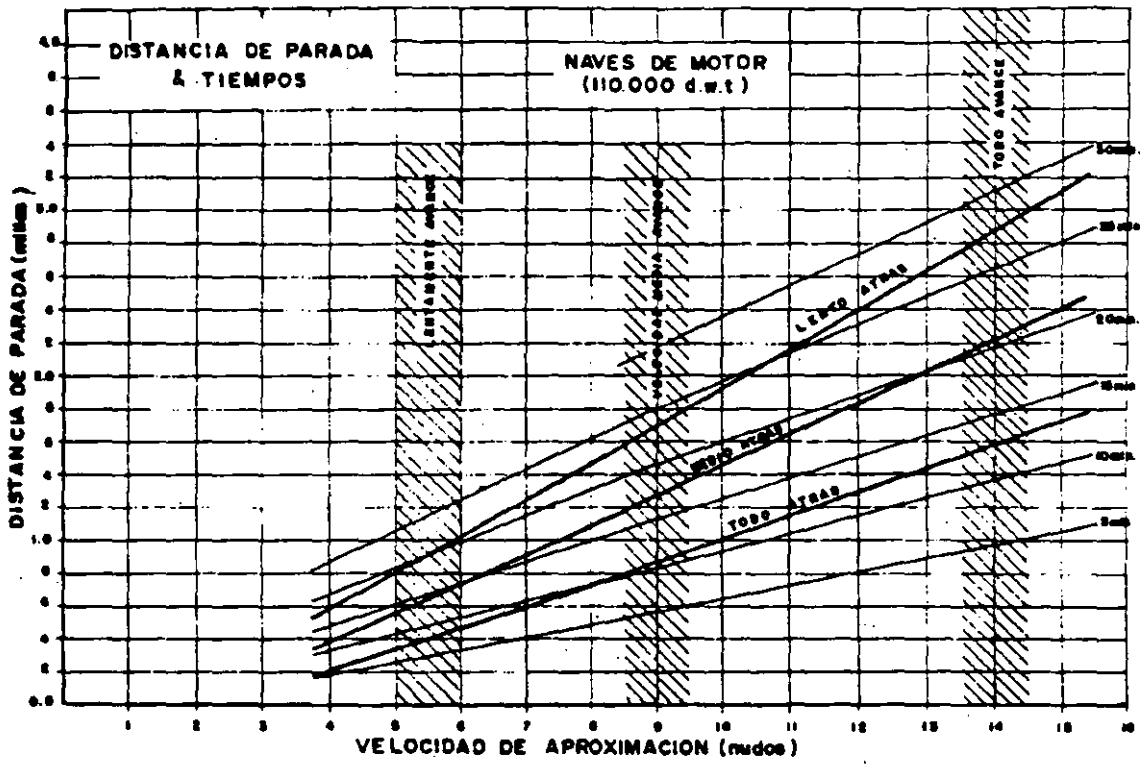


Figura 5.16 Esquema general para doble vía de navegación.



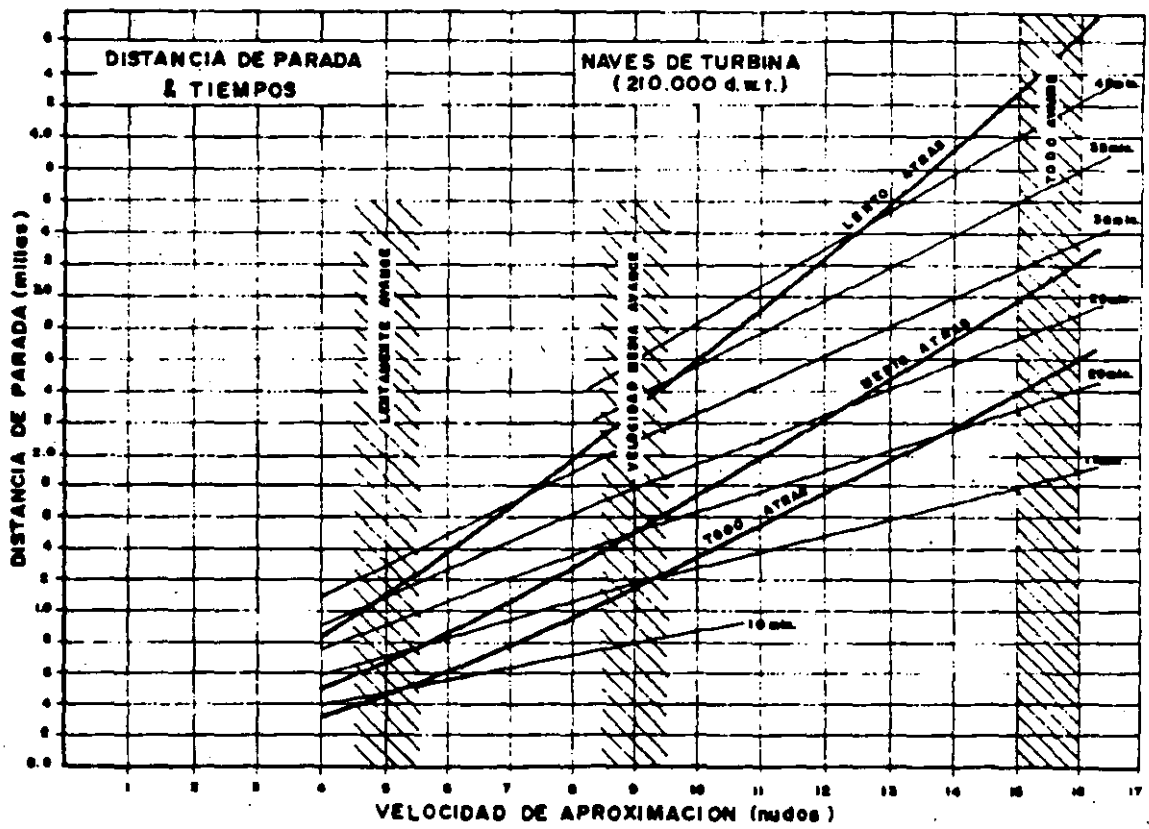


Figura 5.17 Distancias de parada del barco

La franja de resguardo del talud (Tr), depende de las particularidades del barco y del tipo de material de talud.

La franja de maniobrabilidad (N), depende las particularidades del barco y de la diligencia y destreza del piloto.

La franja libre entre franjas de maniobrabilidad (Lf), depende de la densidad de tráfico y de la eficiencia del señalamiento marítimo.

TABLA 5.3 ANCHOS DE CANAL RECOMENDADOS

Controlabilidad del Barco	Condicionantes de Corrientes, Olejaje y Vientos	Franjas del canal				Ancho del canal	
		Resguardo (Tr) (% de M)	Maniobrabilidad (N) (% de M) (1)		Libre (Lf) (% de M)	Una vía (% de M)	Doble vía (% de M)
Muy Buena	Paralelos al Canal	60	160		80	280	520
Buena	Formando un ángulo Agudo	100	180		100	380	660
Mala	Transversales al Canal	150	200		100	500	800

Tramos curvos

El ancho en tramos curvos se toma como una ampliación del ancho seleccionado en tramos rectos, todos los criterios existentes son empíricos y se mencionan a continuación:

$\Delta B = E2/8R$ para $5 < R1 << 10$ PIANC

$\Delta B = 2R - (4R2 - E2)^{1/2}$ Carvalho, XIV congreso del PIANC

$\Delta B = 85 - R/100$ Canal de Kiel

$\Delta B = 4[R-(R2 - E2)^{1/2}]$ Canal de Gibent-Terneuzan

Ninguno de los criterios anteriores relaciona el sobreancho con el ángulo de deflexión, Exxon sugiere la siguiente relación:

$\Delta B = 2M$ para las siguientes condiciones:

$\alpha < 25°$ y $R/Lf = 3$

$25° < \alpha < 35°$ y $R/Lf = 5$

$\alpha > 35o$ y $R/Lf = 8$ a 10

Trazo del sobreancho

Existen dos métodos básicamente, de los cuales se pueden derivar combinaciones:

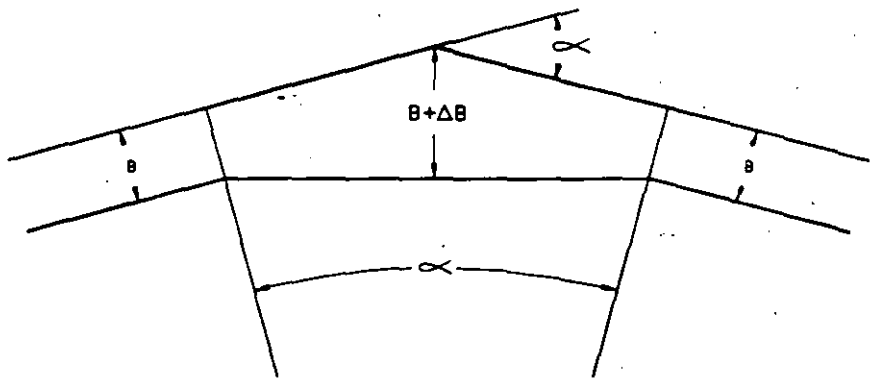


Figura 5.18 Sobreancho del canal, Metodo de corte (cutoff)

Método de corte (cutoff), recomendado para canales que se encuentran bordeados por zonas muy amplias de agua.

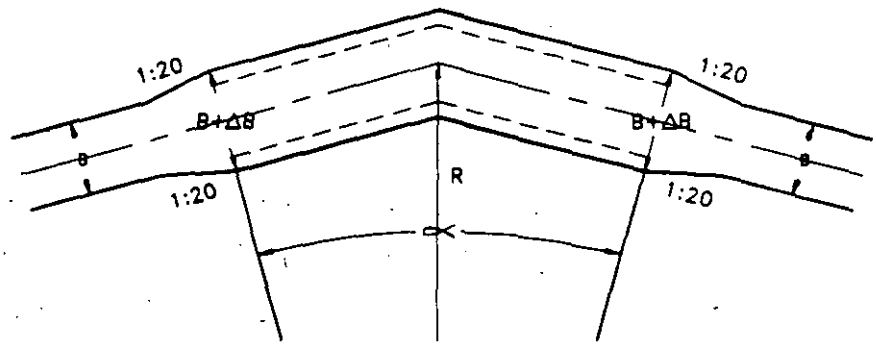


Figura 5.19 Sobreancho del canal, Metodo de los taludes paralelos

Método de los taludes paralelos, recomendado para canales restringidos.

d) Profundidad

El primer requisito para una navegación segura en una vía de navegación es la profundidad, por lo tanto en el diseño del canal de acceso, dársenas y canales interiores, primero debe definirse la profundidad y después los otros requisitos.

Como plano de referencia para medir la profundidad, debe tomarse el nivel de Bajamar Medio Inferior en las costas donde predominan las mareas semidiurnas y el nivel de Bajamar Medio en el caso de predominio de mareas diurnas; en las costas de la República Mexicana, las semidiurnas se presentan en el pacífico y las diurnas en el Golfo de México y Mar Caribe.

En la figura 5.20, se presentan los factores que incluyen en el dimensionamiento de la profundidad.

Estos factores deberán tomarse en cuenta, para determinar la profundidad en cualquier área de agua del puerto, la diferencia va a ser el orden de magnitud de cada uno de ellos.

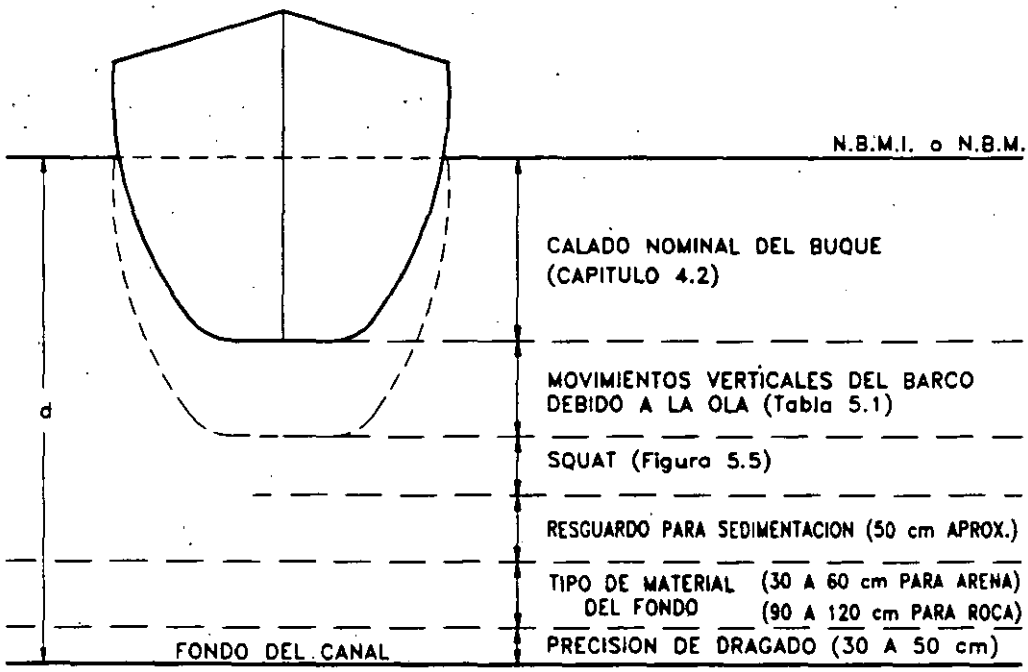


Figura 5.20 Factores que influyen en la determinación de la profundidad

5.2.4.3 Antepuerto y fondeadero

Para dimensionar el antepuerto desde el punto de vista de expansión del oleaje, no hay reglas empíricas y es necesario hacer un estudio de penetración del oleaje, por cualquiera de los tres métodos mencionados en el capítulo 5.2.3 de operatividad.

Desde el punto de vista de maniobrabilidad, se debe analizar la trayectoria que sigue la embarcación para definir el área necesaria, lo cual será tratado en dársenas de ciaboga.

Como fondeadero, la mayor parte de los barcos que tienen que esperar un lugar de atraque, se fondean fuera del puerto; dentro del puerto, en la mayoría de los puertos mexicanos esta área es pequeña y sólo hay espacio para un número muy reducido de embarcaciones.

El área de fondeo para una embarcación puede darse de acuerdo a los puntos de anclaje, que pueden ser:

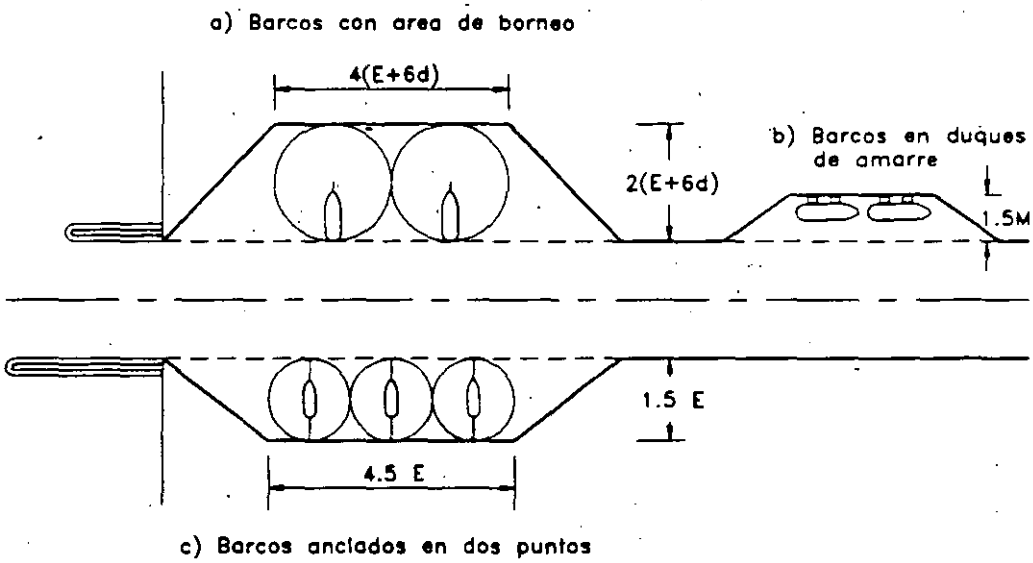


Figura 5.21 Fondeadero

5.2.5 Areas de maniobras

5.2.5.1 Dársena de ciaboga

La maniobra de ciaboga es la representación gráfica del círculo de evolución que sigue el barco en su maniobra de entrada al puerto, aún cuando se utiliza también para la salida, la velocidad inicial en el acceso es determinante para su dimensionamiento.

En la figura 5.22 se muestran las tres fases que comprenden esta maniobra, para su dimensionamiento se presenta la tabla 5.4 resumen de pruebas en modelo hidráulico (PER BRUUN 1973), para las longitudes de traslado, avance y diámetro del círculo de ciaboga. Para trazarlo, se dibujó a la escala del plano la figura 5.22 y se sobrepone haciendo coincidir el punto de velocidad inicial con el final del canal de acceso. Otras recomendaciones de tipo general para dimensionamiento preliminar se muestran en la tabla 5.5

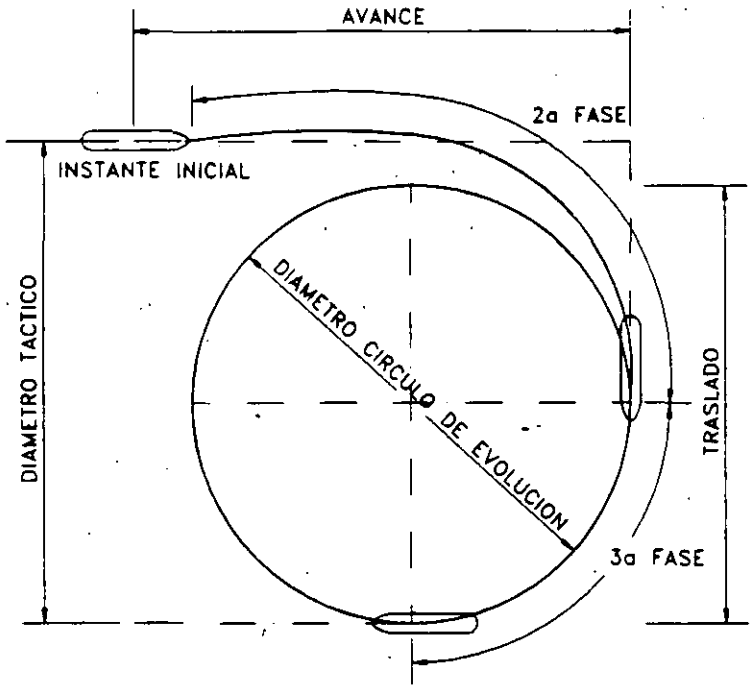


Figura 5.22 Trayectoria de maniobra del barco

TABLA 5.4 TIPOS DE DARSENA DE MANIOBRAS

Clasificación de la dársena	Tamaño	Observaciones
Optimo	4E	Maniobra fácil
Intermedio	2E	Cierta dificultad y toma más tiempo
Pequeño	<2E	Maniobra difícil y necesita ayuda de remolcadores
Mínimo	1.2 E	Necesita pivotear en el centro sobre un duque o ancla

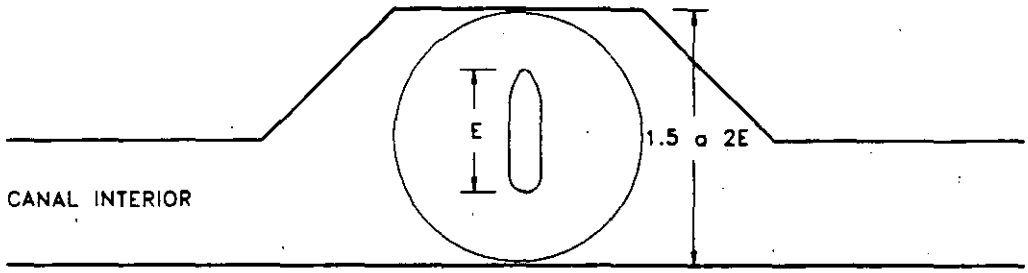
TABLA 5.5 DIMENSIONES DE DARSENA DE CIABOGA Y PARADAS DE EMERGENCIA PARA DIFERENTES VELOCIDADES

Vel. Inicial	Velocidad de 14 a 18 Nudos				
Tamaño de Barcos (T.P.M.)	Parada de emergencia Marcha atras (m)	Avance (m)	Diametro (m)	Traslado (pies)	Tiempo (min)
48,000		976	1,098	610	10.50
65,000		915	915	427	10.00
79,000		976	1,342	732	9.75
120,000	3,965 (13 minutos)	1,007	1,129	580	12.75
150,000	5,338 (16 minutos)	1,037	1,190	641	13.50
206,000	5,643 (21 minutos)	1,129	1,311	732	15.50

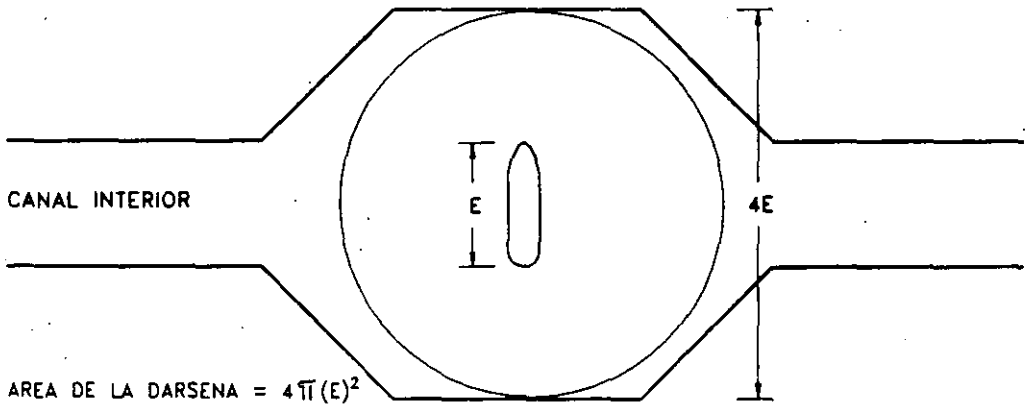
Vel. Inicial	Velocidad de 12 Nudos				
Tamaño de Barcos (T.P.M.)	Parada de emergencia Marcha atras (m)	Avance (m)	Diametro (m)	Traslado (pies)	Tiempo (min)
48,000		946	1068	549	14
65,000	2,623 (10 minutos)	854	915	427	13
79,000					
120,000					
150,000					
206,000	2,196 (10 minutos)				

Vel. Inicial	Velocidad de 4 a 8 Nudos				
Tamaño de Barcos (T.P.M.)	Parada de emergencia Marcha atras (m)	Avance (m)	Diametro (m)	Traslado (pies)	Tiempo (min)
48,000		976	976	519	23
			824	427	21
65,000		915			
79,000	991 (7.6 minutos)				
120,000					
150,000	3,950 (4.3 minutos)	1098	885	488	24
206,000	1,312 (9 minutos)				

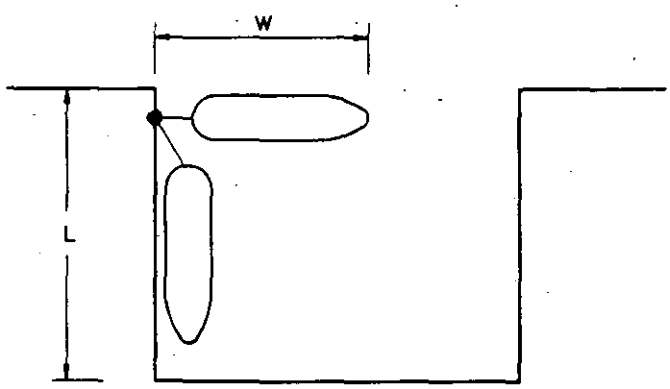
a) Con remolcadores



b) Sin remolcadores



c) Pivoteando en el atraque

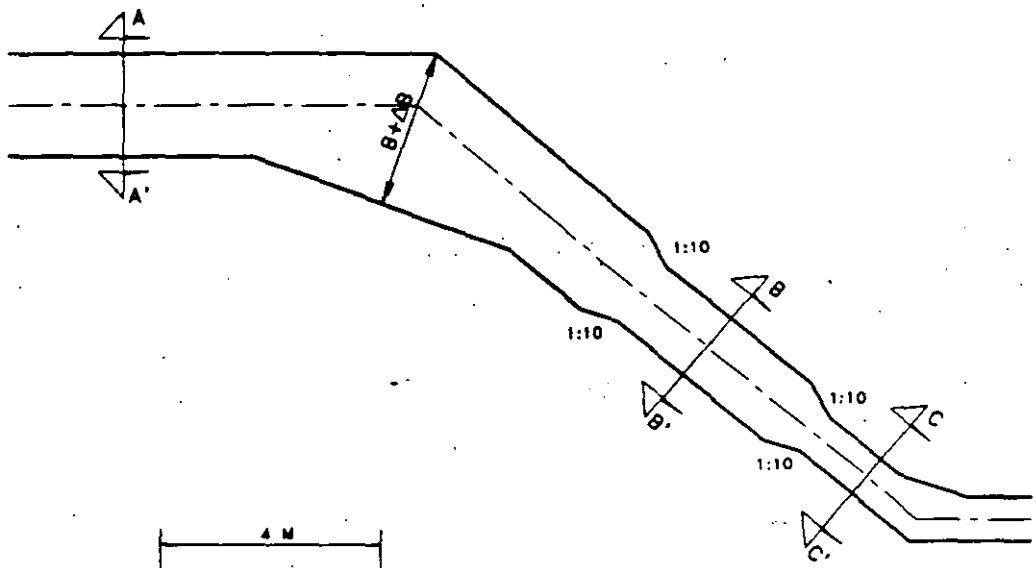


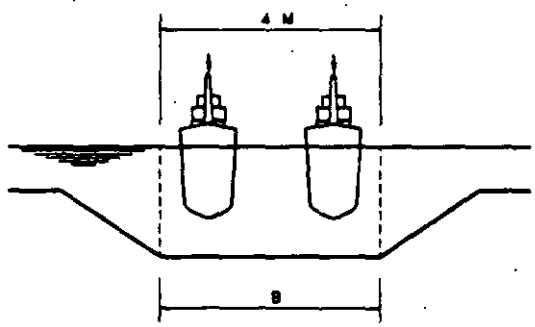
AREA DE LA DARSENA = W X L

W = 1.1 E
L = 2E

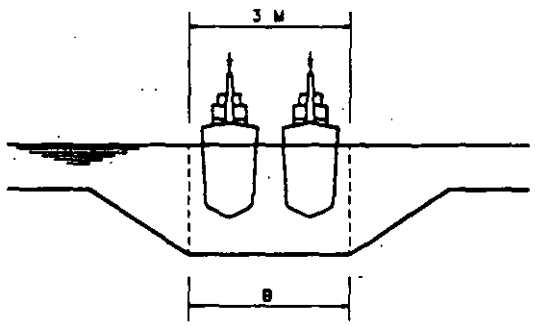
Figura 5.23 Dársenas de maniobras en diferentes condiciones

5.2.5.3 Canales Secundarios

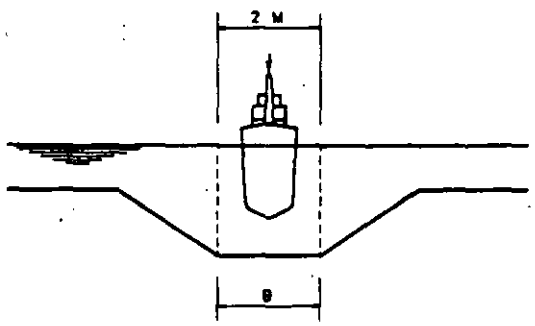




Sección A-A´
Doble vía
(sin restricción de velocidad)



Sección B-B´
Doble vía (con restricción de velocidad en cuanto a rebase)



Sección C-C´
Una vía de circulación

Figura 5.24 Canales secundarios

a) Atraques de un sólo lado

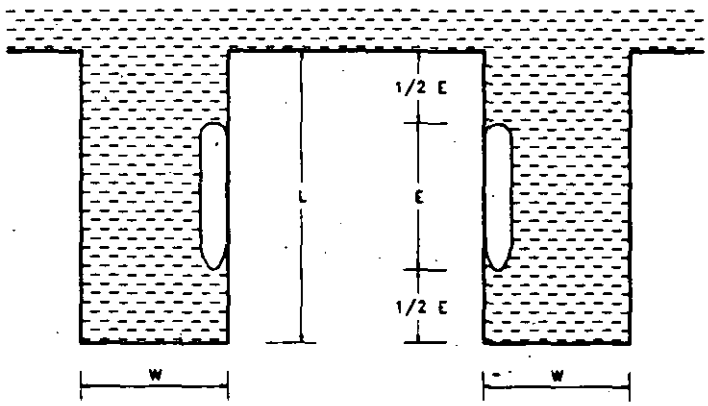


Figura 5.25 Dársena de servicio atraque de un solo lado

Area de la dársena = W x L

Siendo:

W =	3.5 M	(U.S. Navy)
W =	2.5 a 3.5 M	(Shell) Sin oleaje y corrientes
W =	4.0 a 5.0 M	(Exxon) Con cierta incidencia de oleaje o corrientes.
L =	1.25 E	(U.S. Navy)
L =	2.00 E	(Exxon)

b) Atraques de ambos lados

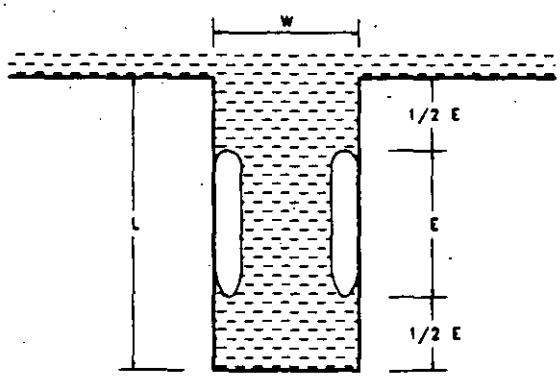


Figura 5.26 Dársena de servicio atraque de ambos lados

Area de la dársena = W x L

Siendo:

W = 4.0 a 5.0 m. mínimo (Exxon)
W = 2.5 a 3.5 m. (U.S Navy)

L = 2.0 E (Exxon)
L = 2.4 E (U.S Navy)

c) Atraques de ambos lados y en línea

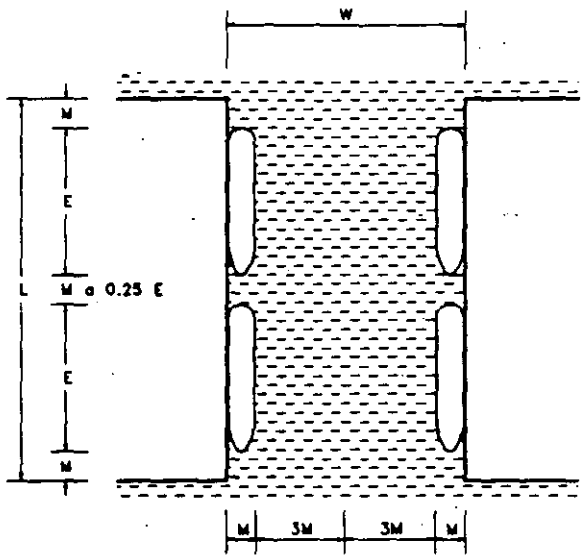


Figura 5.27 Dársena de servicio atraque de ambos lados y en línea

Area de la dársena = W x L

Siendo:

W = 8 M

L = 2 E + 3 M o 2.25 E + 2 M

5.3 Areas terrestres

5.3.1 El puesto de atraque generalidades y sus partes

Las dimensiones de las diversas Areas Terrestres de los Puertos Generales y Especiales se han objetivizado bajo el concepto del PUESTO DE ATRAQUE que abarca los diversos elementos que hacen posible una correcta operación.

La unidad - Puesto de Atraque - se genera de acuerdo al tipo de carga y su transferencia del transporte marítimo, al transporte terrestre y en inversa, y a su vez, esta unidad genera sus áreas de maniobra, almacenamiento y servicios con su equipo y maquinaria. Lo anterior es debido a la diferencia entre la capacidad de carga de una embarcación y la capacidad y velocidad del transporte terrestre a fin de lograr una transferencia fluida y con ello evitar los elevados costos de estadía de las naves en el puerto (v.gr. un barco de carga general con capacidad de 10,000 T.R.B. requiere para transferir su carga a la zona de influencia del puerto, de 200 carros de F.C. de 50 tons. de capacidad o de 400 traileres aproximadamente de 20 a 30 tons., lo que da como resultado la necesidad de contar con áreas de almacenamiento, maniobras diversas y servicios, con sus respectivos equipos especializados para hacer fluida y consecuentemente económica la operación portuaria).

El puesto de atraque comprende:

- El área de carga-descarga de la embarcación al muelle (T.1)
- El área de transferencia de la carga de la zona de muelle o del transporte terrestre al almacenamiento (T.2)
- Almacenamiento cubierto o descubierto (T.3)
- Accesos, vialidades con sus estacionamientos y controles (T.4)
- Instalaciones de conservación y mantenimiento de equipos (T.5)
- Servicios generales y especiales (T.6)

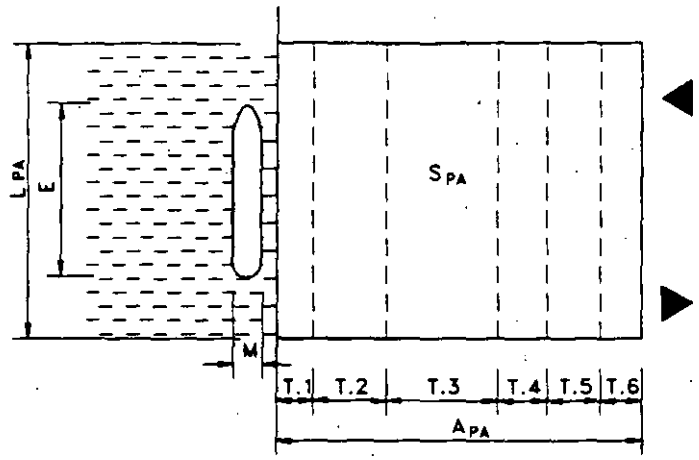


Figura 5.28 Partes del puesto de atraque

5.3.2 Tipos de puestos de atraque

Los tipos genéricos de Puestos de Atraque (P.A) de acuerdo a la carga, embarcación y características del muelle son los siguientes:

- Carga fraccionada y/o unitizada
- Contenedores.- 4 tipos de acuerdo a la embarcación:

  Primera generación 750 TEU
  Segunda generación 1500 TEU
  Tercera generación 3000 TEU
  Cuarta generación y quinta generación 4,000-5,000 TEU

- Polivalentes
- Por rodadura (Ro.Ro)
- De graneles

  Exportación o salida del producto (para carga del buque)
  Importación o entrada del producto (para descarga del buque)

- De fluidos, en aguas protegidas o en mar abierto.
- Industriales

A continuación se indican las figuras esquemáticas de cada P.A.

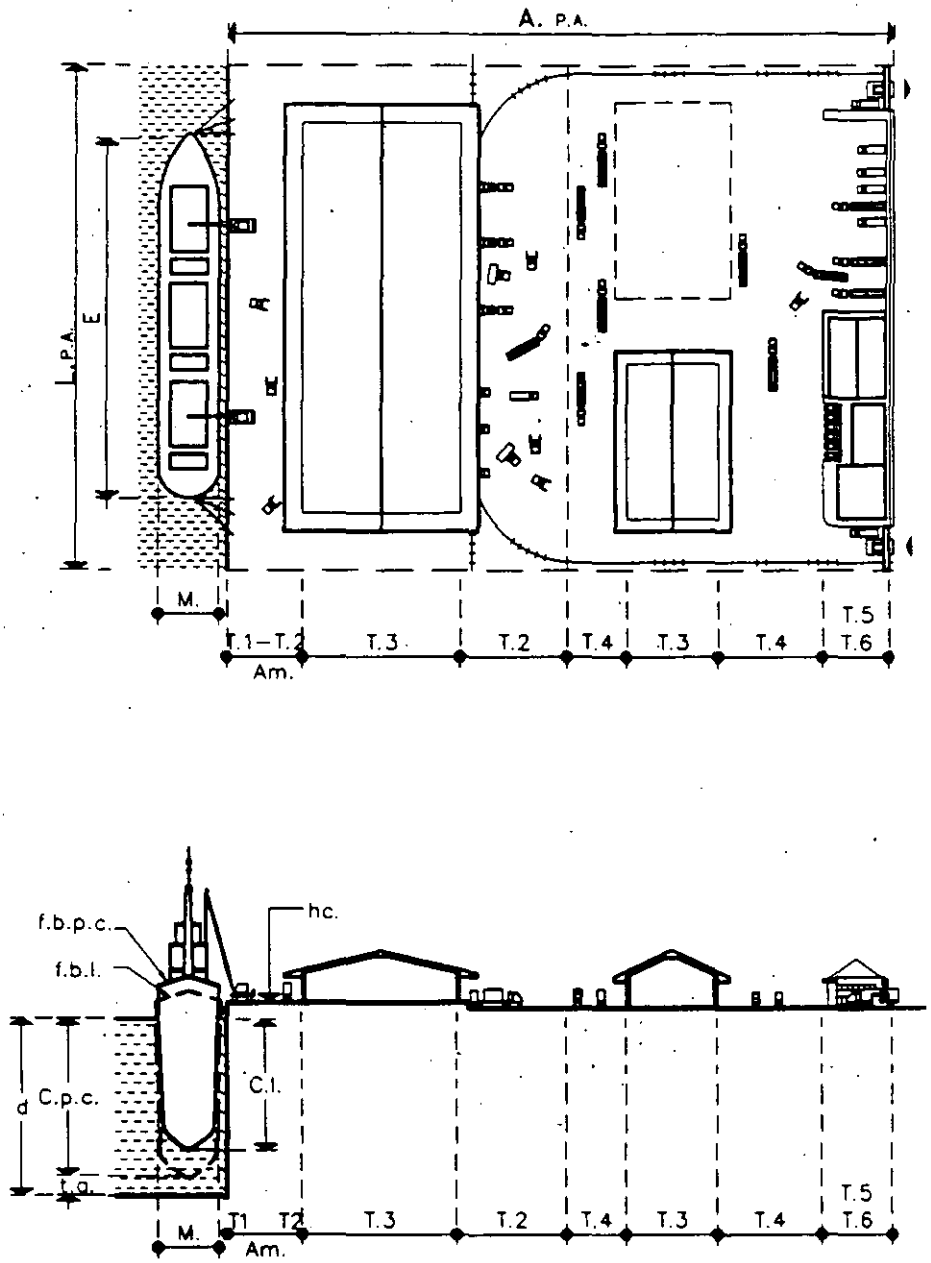


Figura 5.29 Puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada

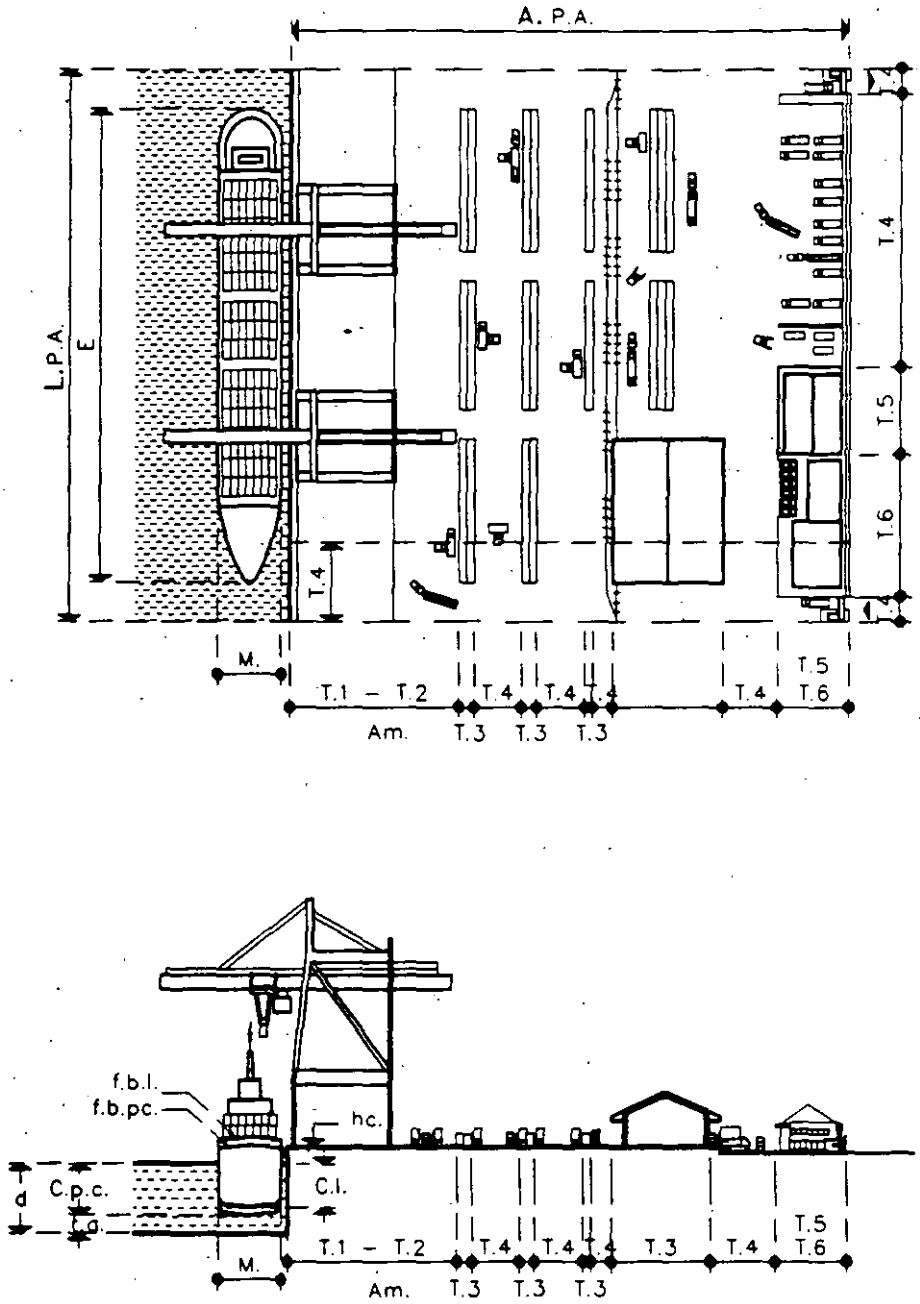


Figura 5.30 Puesto de atraque de contenedores (barco 1ra. generación 750 TEU)

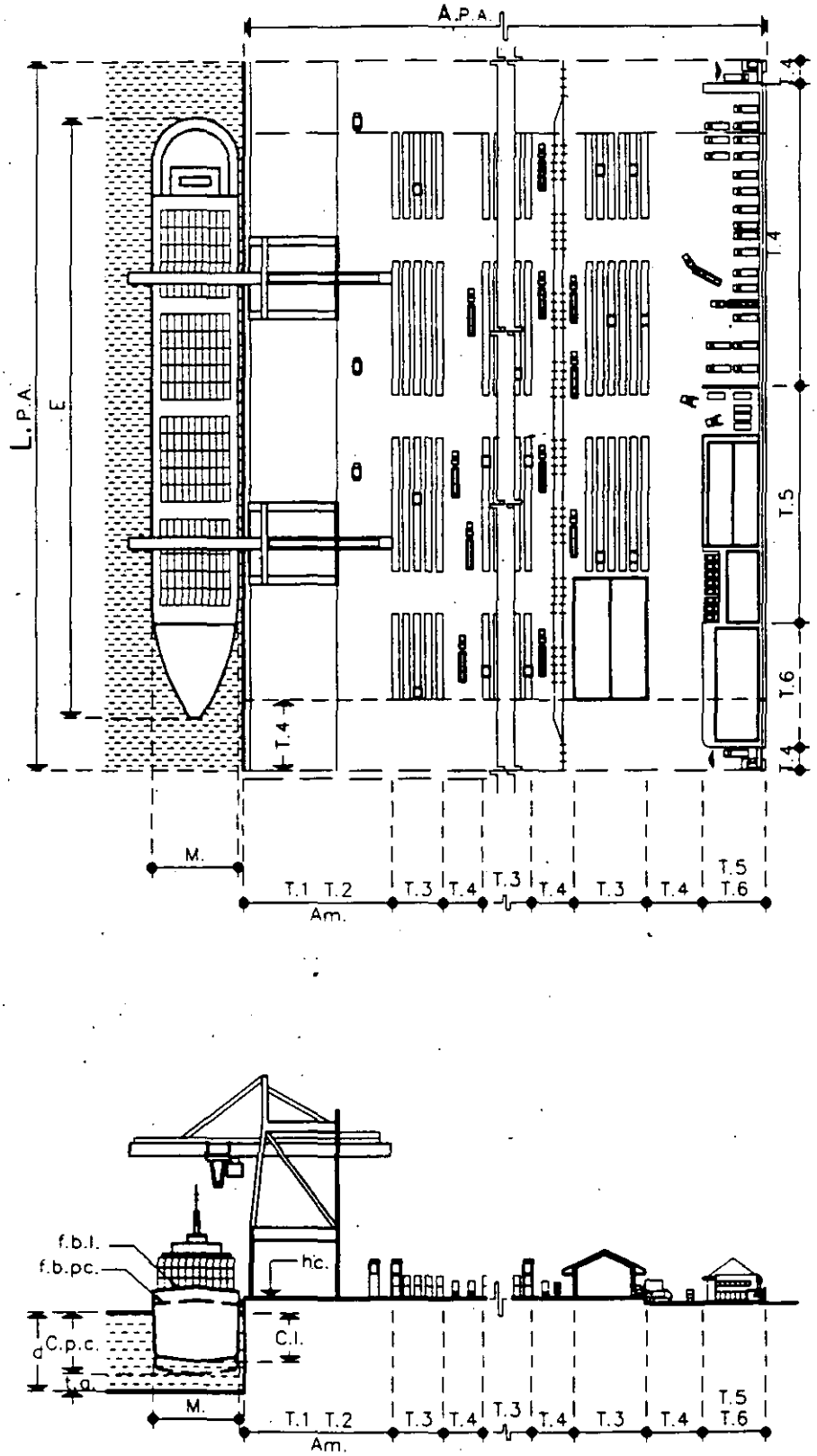


Figura 5.31 Puesto de atraque de contenedores (barco 2da. generación 1500 TEU)

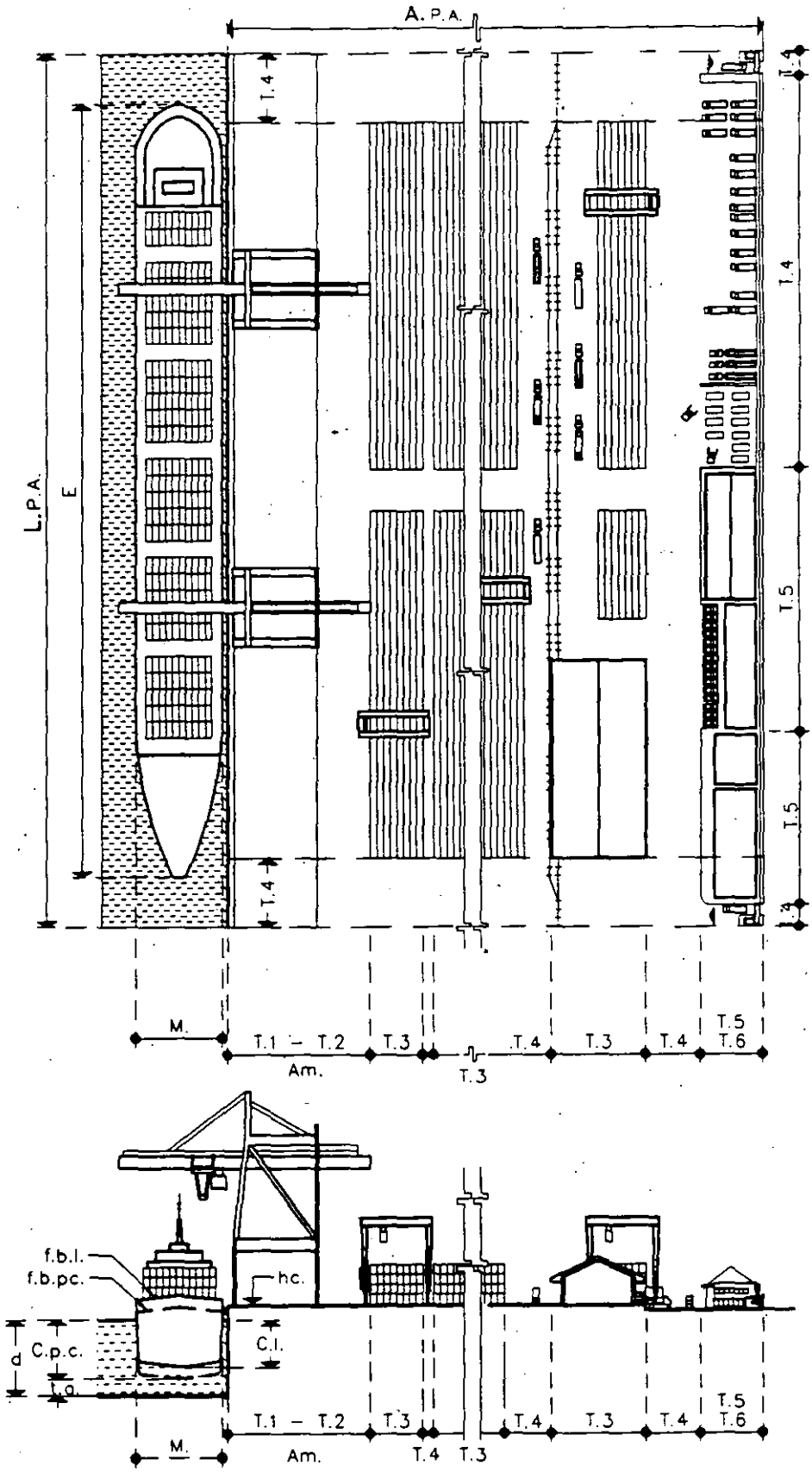


Figura 5.32 Puesto de atraque de contenedores (barco 3ra. generación 3000 TEU)

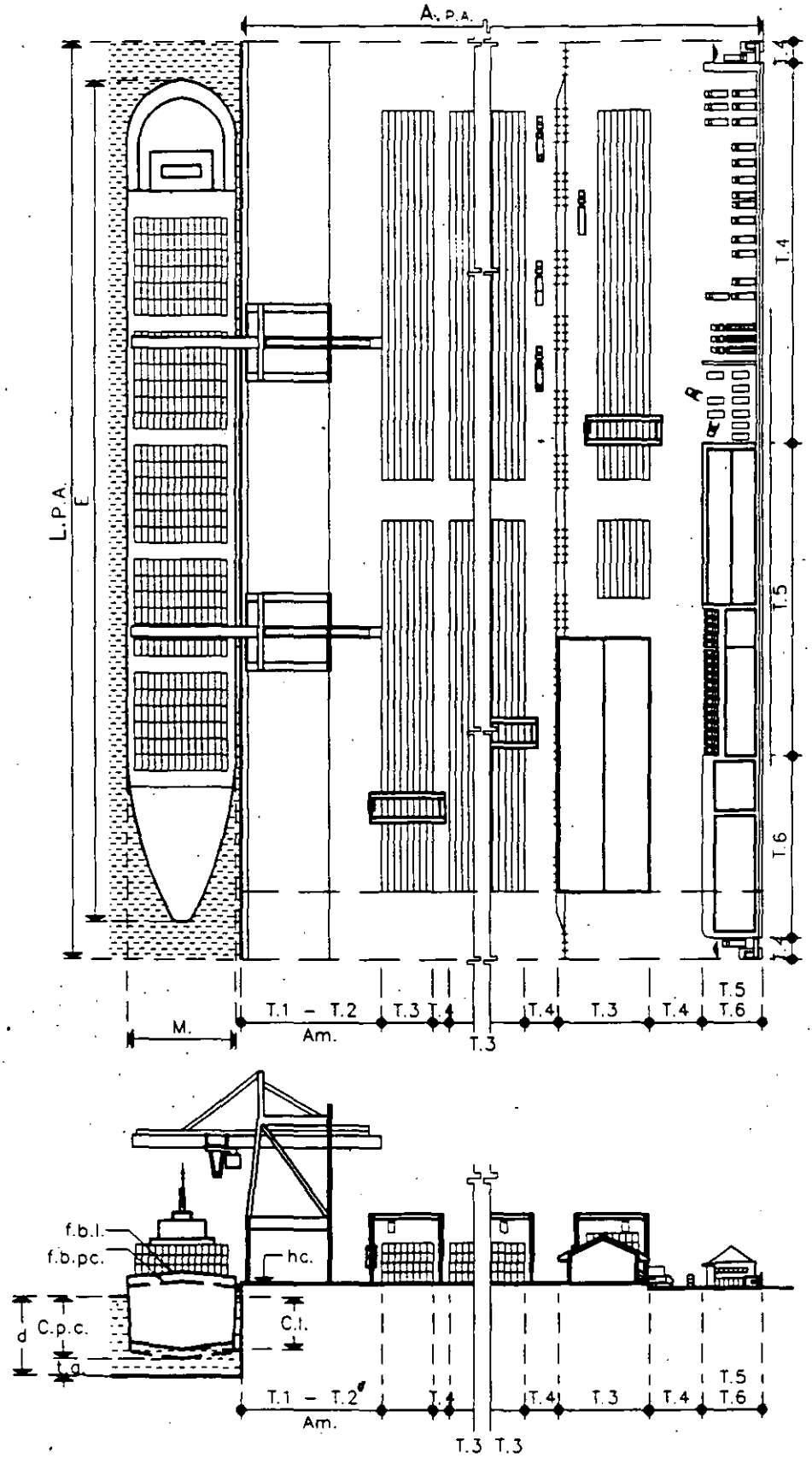


Figura 5.33 Puesto de atraque de contenedores (barco 4ta. y 5ta. generación)

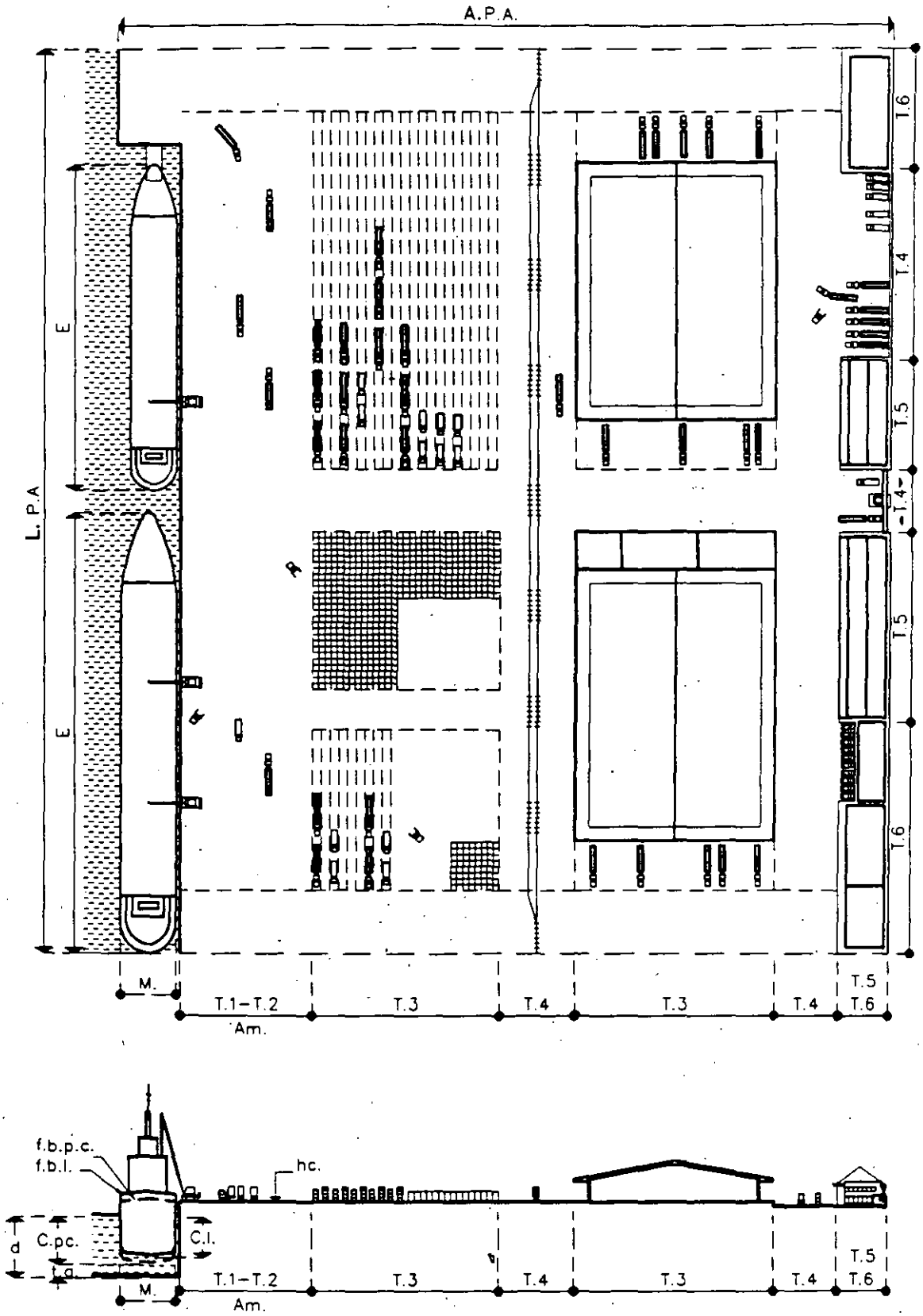


Figura 5.34 Puesto de atraque polivalente

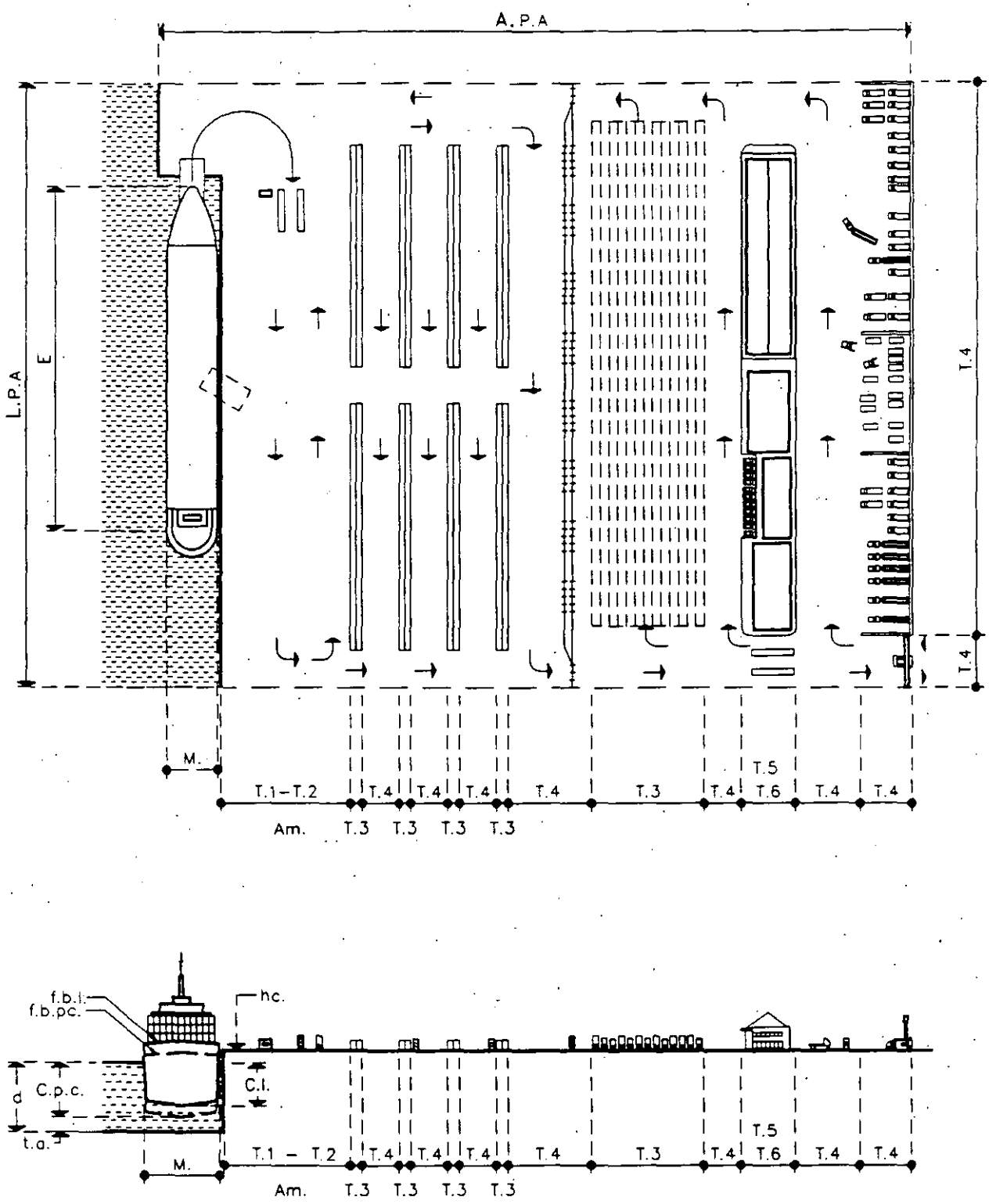


Figura 5.35 Puesto de atraque por rodadura

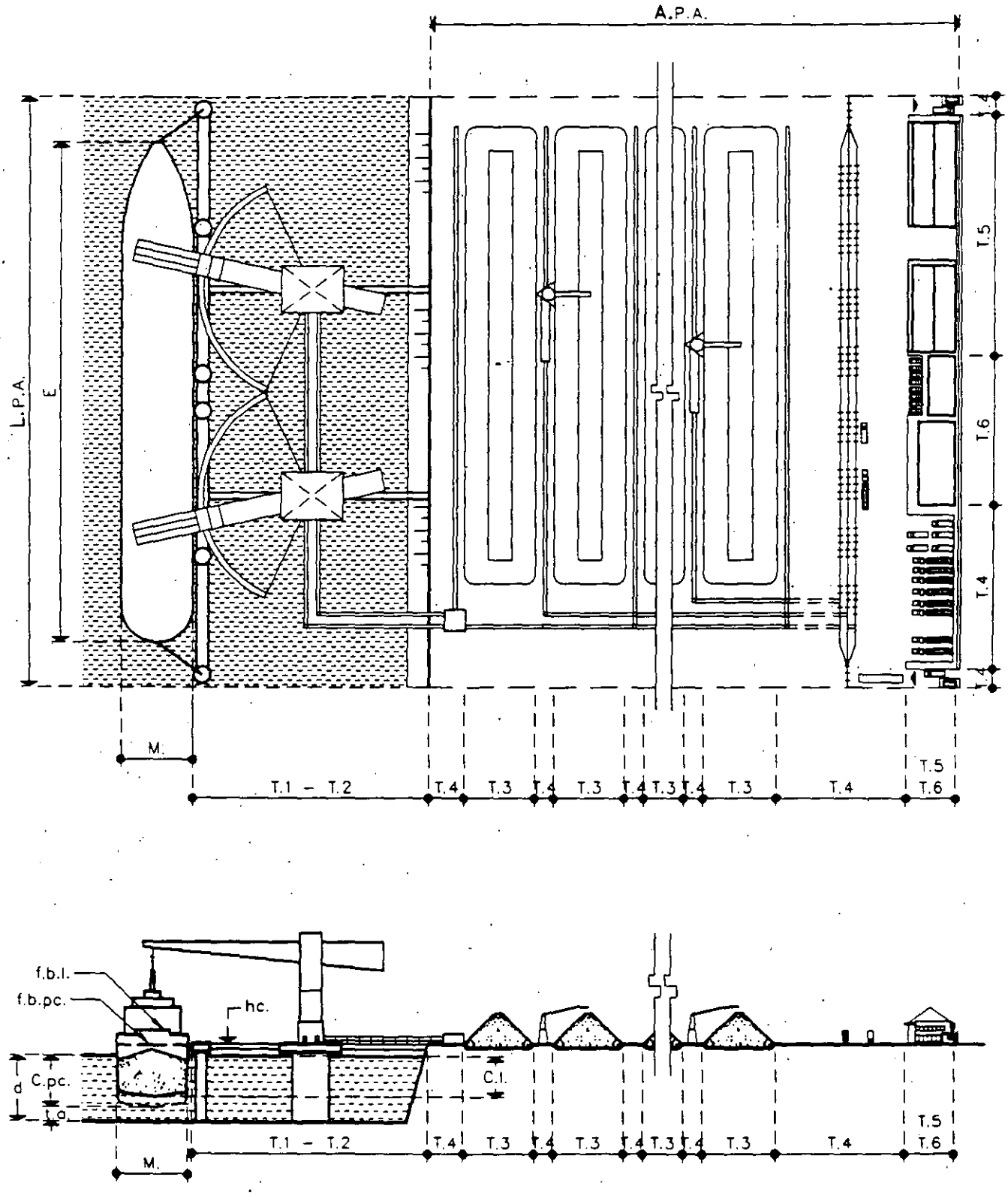


Figura 5.36 Puesto de atraque de graneles exportación o salida del producto

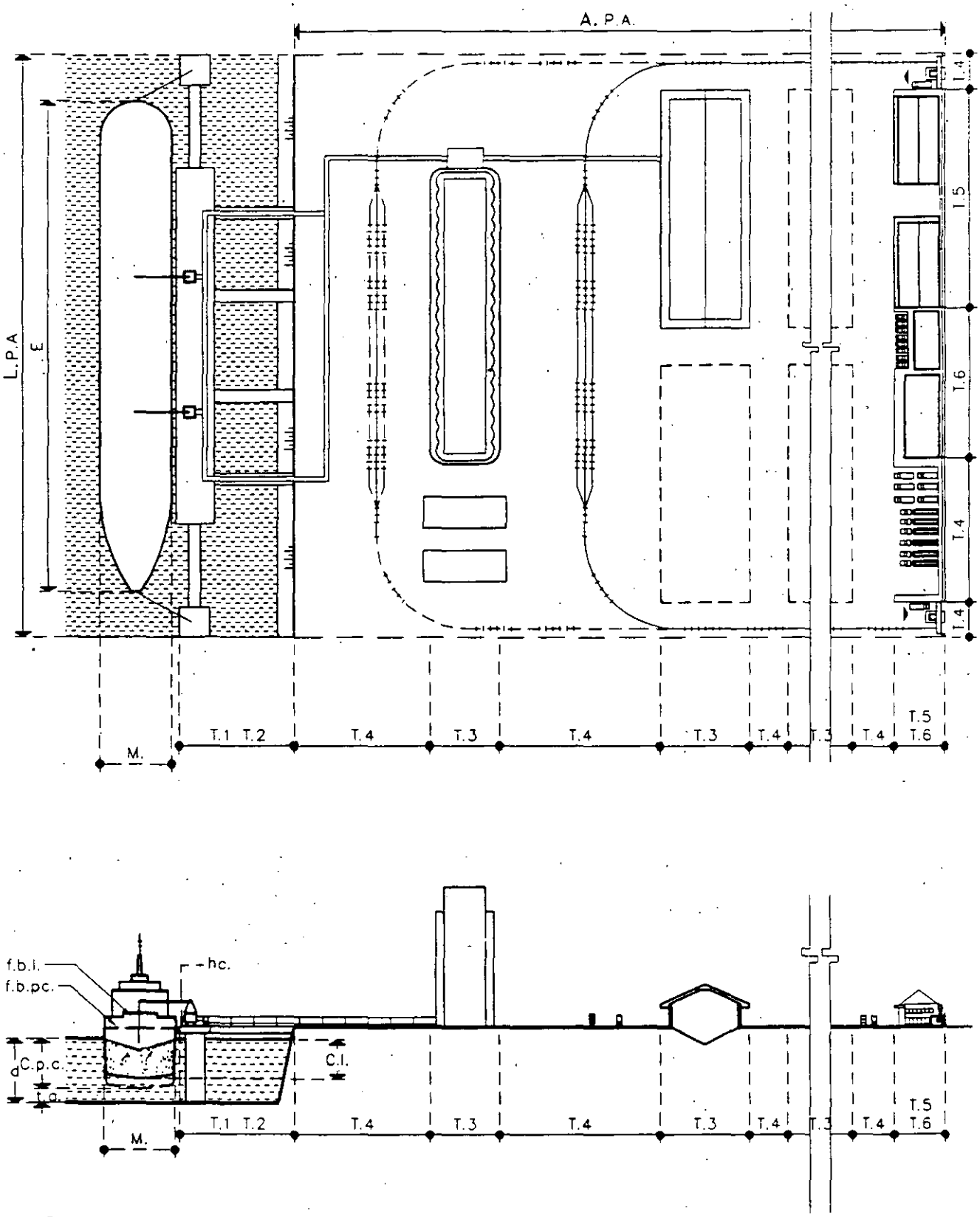


Figura 5.37 Puesto de atraque de graneles importación o entrada del producto

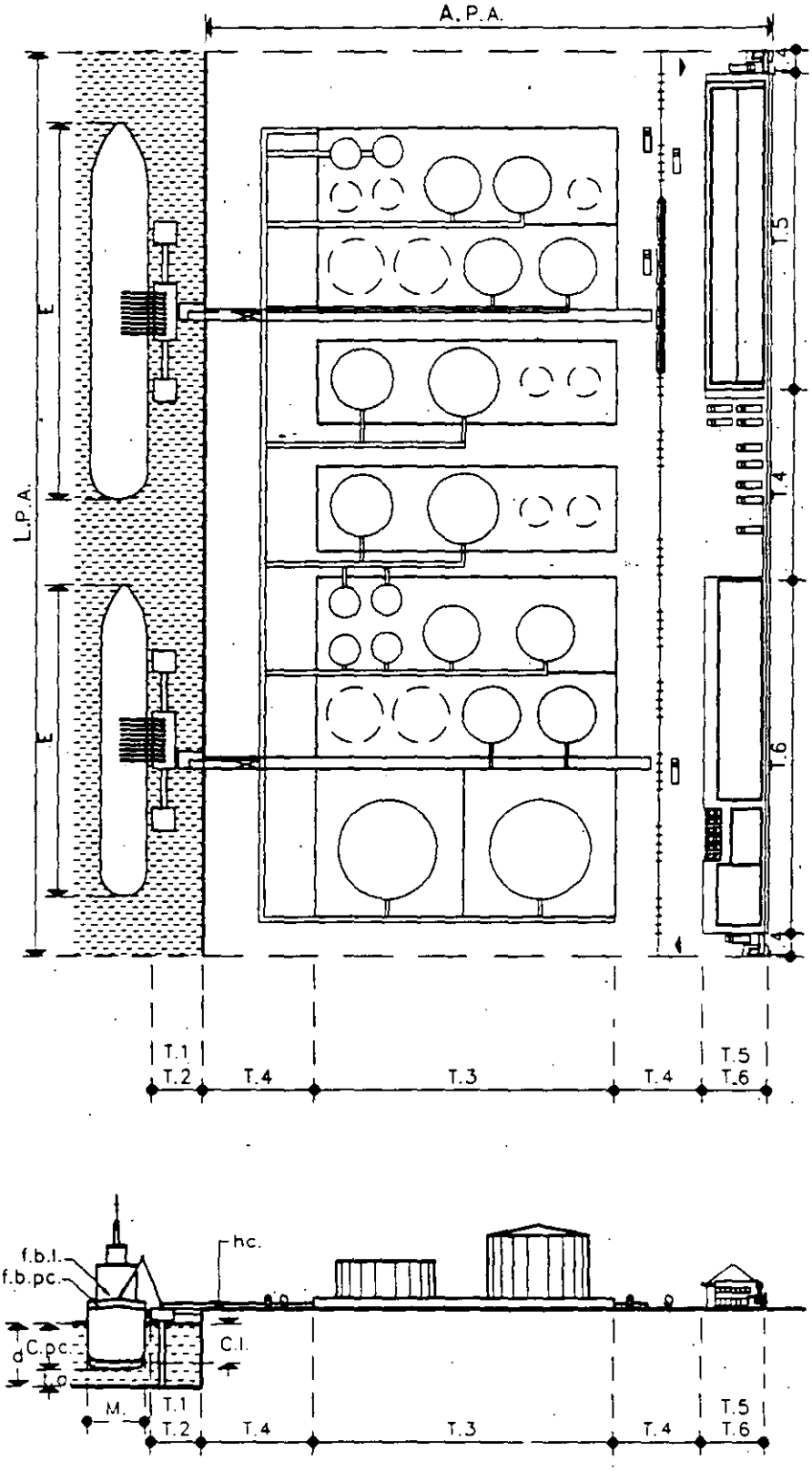


Figura 5.38 Puesto de atraque de fluidos. Aguas protegidas o mar abierto

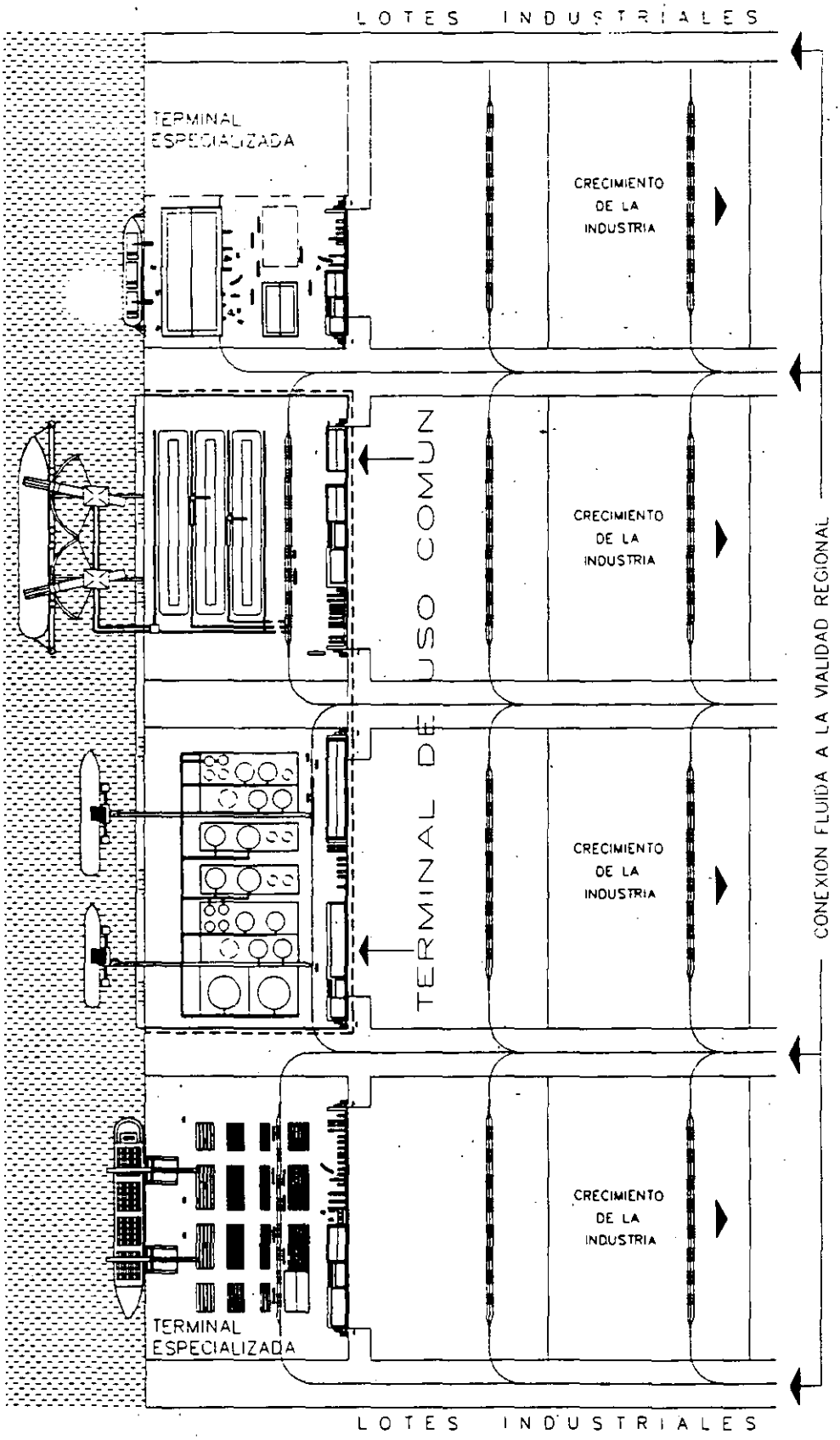


Figura 5.39 Puesto de atraque industrial

5.3.2.1 Criterios y recomendaciones para optimizar el número de posiciones de atraque.

El número óptimo de atraques, se define como el número de atraques que reduzcan al mínimo el costo anual por esperas de los barcos más el costo anual (equivalente) de atraques desocupados. Esta definición es una medida de la habilidad de un puerto para mover mercancía en carga y/o descarga, de los barcos que llegan a él.

En general dos son los procedimientos utilizados para la determinación del número óptimo de muelles, uno analítico denominado Método Básico y el otro más sofisticado por medio de computadora llamado Método de Simulación.

METODO BASICO

Este método consiste en dividir las operaciones portuarias en distintas fases, de tal manera que se pueda determinar el cuello de botella del sistema, teniendo como unidades de comparación la capacidad intrínseca y la capacidad real.

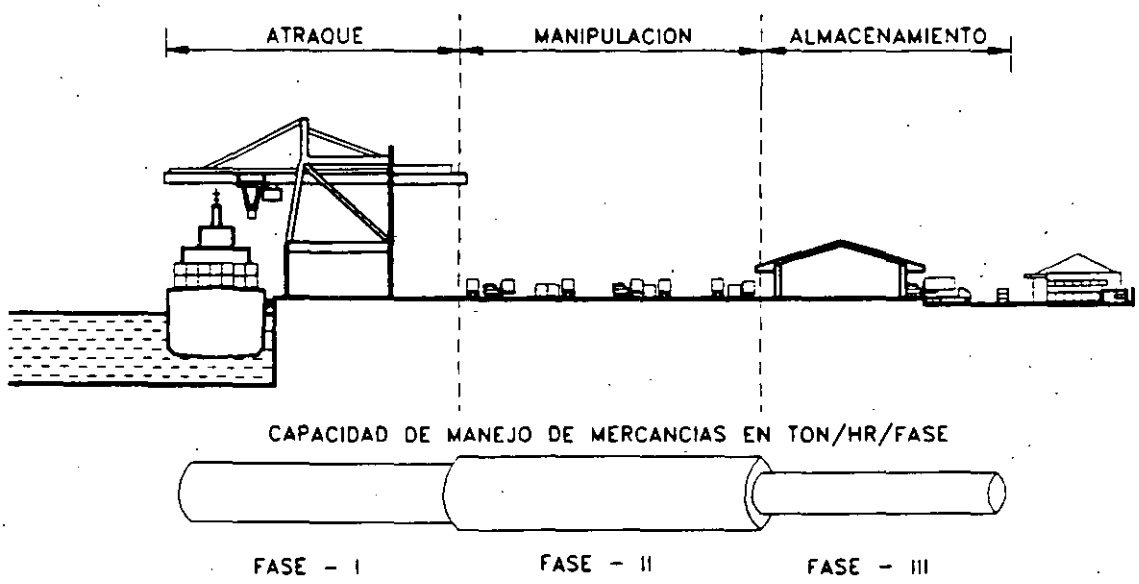


Figura 5.40 Fases de la operación portuaria

La capacidad intrínseca o teórica, es la que se obtiene suponiendo que el puerto trabaja ininterrumpidamente a ritmo medio normal, basándose en los rendimientos teóricos del equipo.

La capacidad real, se obtiene a través de las estadísticas portuarias y por observaciones de campo.

Una vez determinadas las capacidades de cada fase y la curva de evolución de tráfico se realiza una curva de planificación de cada una de ellas, con objeto de determinar el año de colapso.

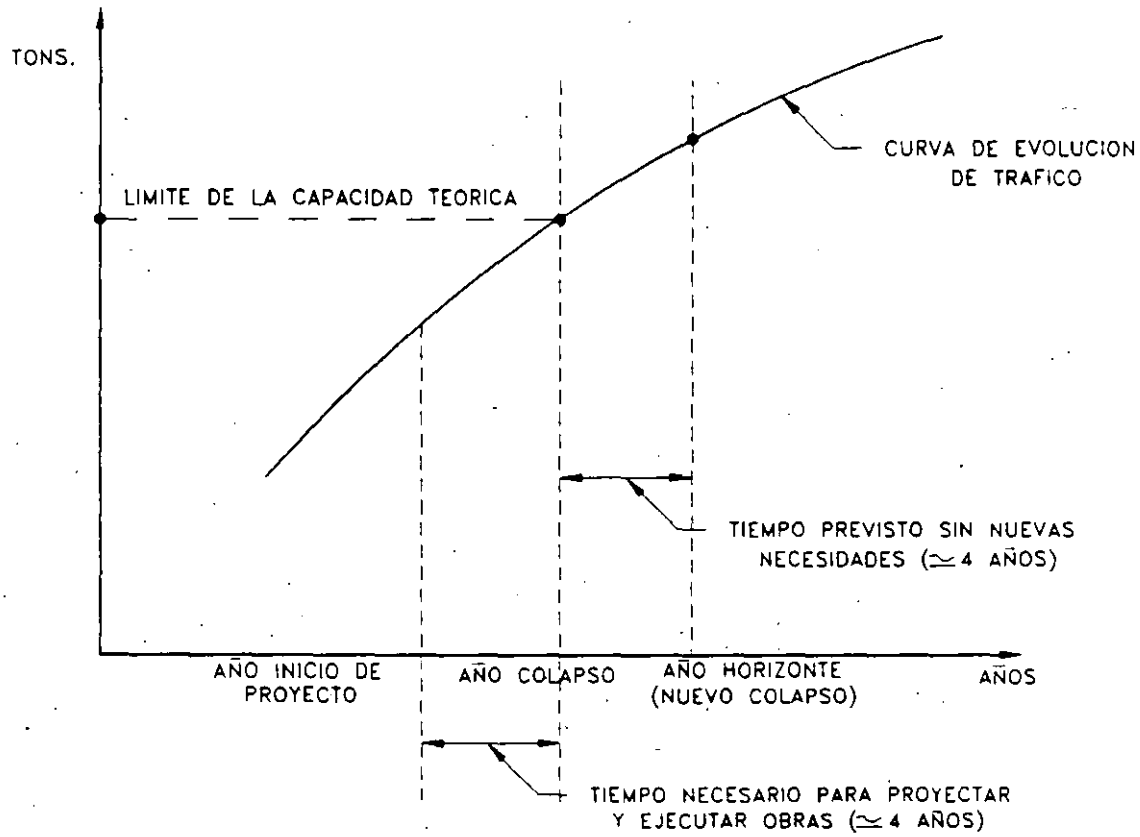


Figura 5.41 Gráfica de planeación portuaria

Este método es muy sencillo de aplicar, naturalmente tiene sus limitaciones ya que el funcionamiento es mucho más complejo, pero su simplicidad es un arma utilísima para esclarecer la naturaleza de los estrangulamientos.

METODO DE SIMULACION

Con este método se pretende realizar una simulación de las operaciones portuarias mediante una computadora , este método es mucho más flexible y permite cuantificar mayor número de parámetros que el anterior.

Teoría de Colas

La teoría de líneas de espera se ha convertido en una herramienta útil para el análisis y planeación de un puerto; la suposición básica que normalmente se hace es sobre los arribos de los barcos y los tiempos de servicio en el puerto; de acuerdo a la experiencia se ha observado que la distribución de Poisson describe satisfactoriamente los aspectos de intervalos de llegadas y los tiempos de servicio quedan mejor representados por una distribución exponencial, la disciplina básica de la cola sería:

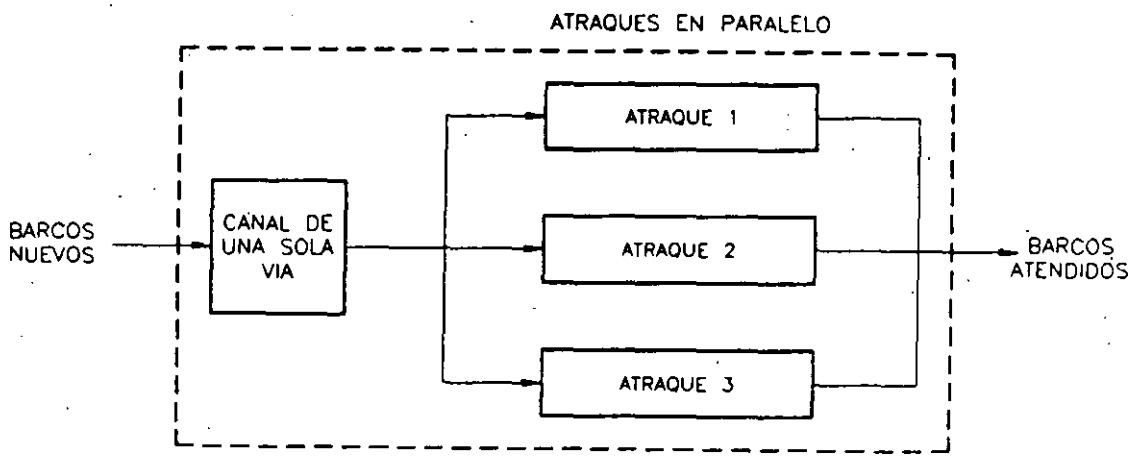


Figura 5.42 Sistema de cola de espera

Con la suposición anterior, se puede estructurar un modelo de múltiples servidores (atraques), introduciendo una rutina de asignación de atraque y calculando la ocupación resultante, tiempo promedio de barco esperando y número promedio y máximo de barcos esperando.

El modelo de líneas de espera se, describe a continuación y sus principales características se expresan usando la siguiente notación:

A/B/C/D

donde:

A = Describe el proceso de arribo, que en este caso se considera como una distribución de Poisson.

B = Describe el proceso de servicio, que en este caso se considera exponencial.

C = Número de estaciones idénticas independientes paralelas.

D = Capacidad del sistema.

A continuación se define la terminología y notación.

Estado del sistema = Número de clientes en el sistema "cola de espera-atraques".

Longitud de la cola = Número de clientes esperando servicio
= Estado del sistema menos el número de clientes siendo atendidos

Na = Número de atraques en paralelo

λ = Tasa media de arribos (número esperado de arribos por unidad de tiempo)

υ = Tasa media de servicios del sistema (número esperado de clientes completando servicio por unidad de tiempo).

r = Factor de utilización dado por λ/υ para un solo muelle

r2 = Factor de utilización para el caso de múltiples atraques ($\lambda/s\upsilon$).

Nce = Número de clientes esperando o siendo atendidos.

Lq = Número esperado de clientes en espera en la cola

Ws = Tiempo de espera en el sistema (incluye tiempo de servicio)

Wq = Tiempo de espera en la cola (excluye tiempo de serv.)

Así mismo una vez estabilizado el sistema se tiene que:

$$\text{Longitud de la cola} = \lambda W$$

$$Lq = \lambda Wq$$

$$Ws = Wq + \upsilon$$

Los factores principales que se incluyen en la determinación del número de atraques requeridos son:

1) La distribución de arribo de barcos

2) La distribución de tiempos de servicio

3) El costo fijo del atraque

4) El costo del barco en espera

El costo total anual (TC) asociado con un número de atraques dado y un número de barcos en el puerto, es dado por:

$$TC = IBC + SWC$$

IBC = Costo de atraques desocupados

= Número total de horas de atraque desocupados x costos horarios de atraque

SWC = Costo de barcos esperando

= Número total de horas de barcos esperando x costos horarios de barcos en espera

El costo mínimo se obtiene por prueba y error, usando esta función de costo y variando el número de atraques, con lo cual se obtiene una gráfica como la que se muestra a continuación, los puntos de intersección de las curvas indican el número óptimo de atraque según el tonelaje.

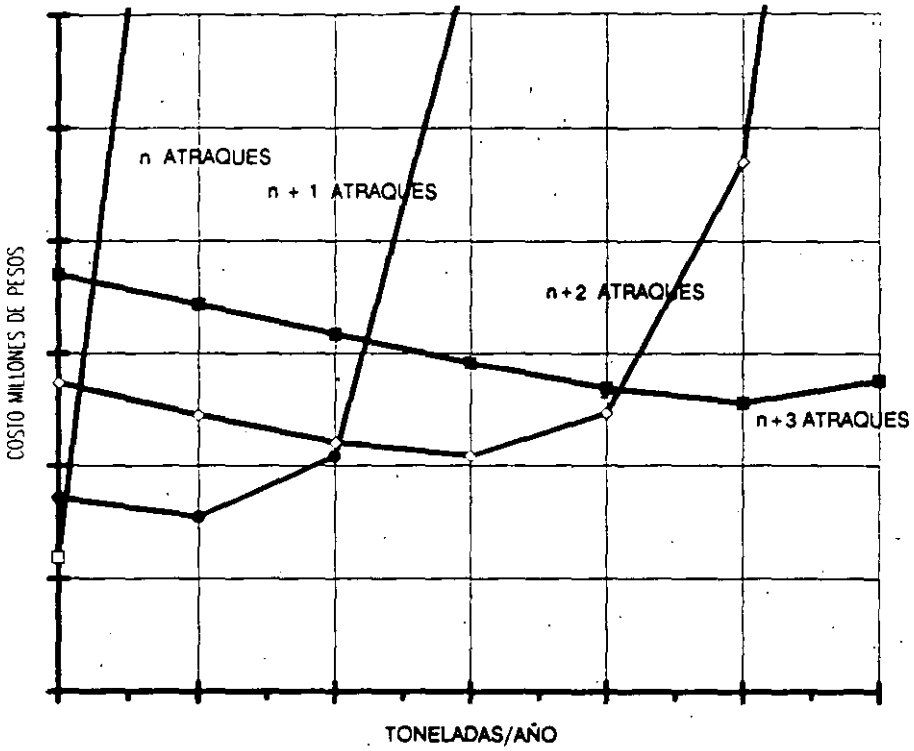


Figura 5.43 Análisis del número óptimo de atraques

El manual de la UNCTAD presenta unos diagramas para obtener el número óptimo de muelles, los cuales son un resultado de la aplicación de la Teoría de Colas.

5.3.2.2 Criterios para la definición de solicitaciones (fuerzas actuantes)

Las cargas y fuerzas a considerar en el diseño de un muelle se muestran en la figura 5.44. La forma de obtenerlas es la siguiente:

a) Carga Muerta

La carga muerta es la suma del peso de todas y cada una de las partes estructurales del muelle completo.

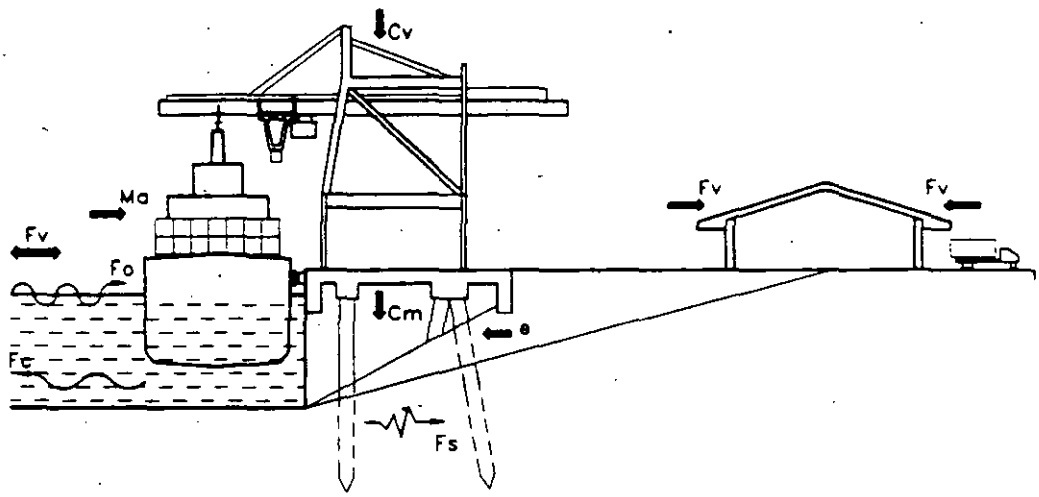


Figura 5.44 Fuerzas actuantes en un muelle

b) Cargas Vivas

Estas cargas pueden subdividirse en dos grupos

- Uniformemente distribuidas
- Móviles

Cargas Uniformemente Distribuidas

Los valores mínimos recomendables de la carga viva uniforme a considerar sobre la plataforma de un muelle son:

Uso de la Estructura	Carga viva Ton/m2
Muelles de Pesca	1.5
Muelles de Cabotaje	3.0
Muelles de Altura	4.0
Muelles para Minerales	4.5-10

Cargas Vivas Móviles

Son las producidas por el equipo que se utiliza sobre el muelle para el manejo de la carga.

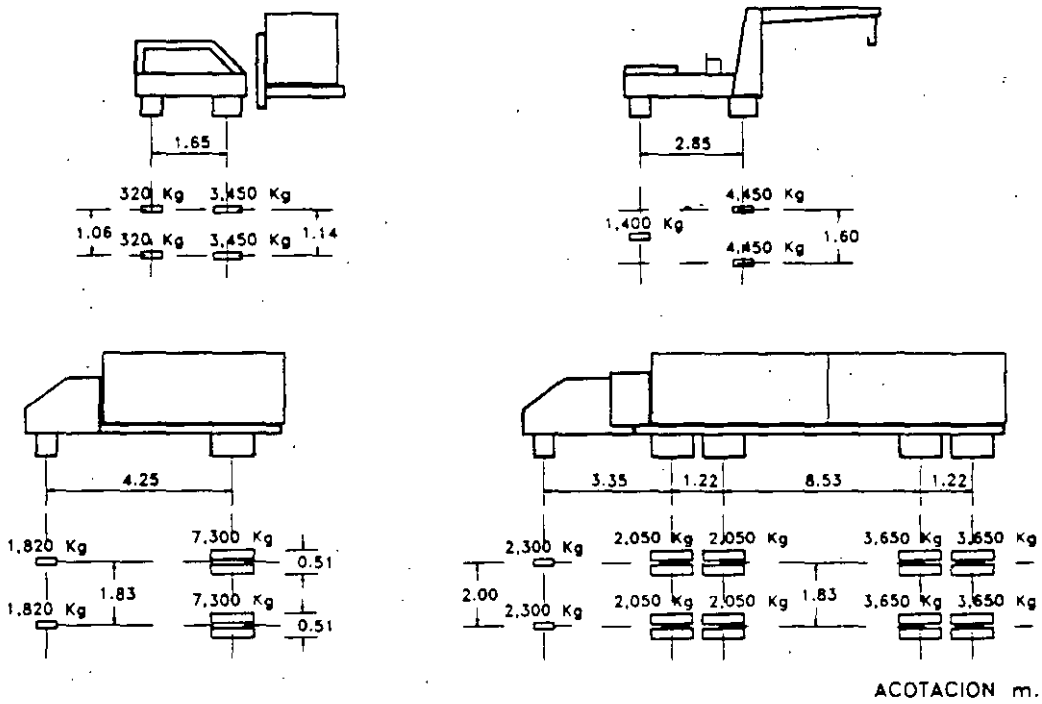


Figura 5.45 Camiones, montacargas y grúa móvil sobre neumáticos más usuales.

- En el caso de grúas fijas, giratorias, sobre rieles o cualquier otro tipo, los fabricantes proporcionan los planos de carga que sirven para el diseño.

- Cuando se trata de muelles petroleros, habrá que considerar también las cargas producidas por los brazos o garzas de carga o descarga, así como las derivadas de las tuberías

- Por lo que se refiere a la carga de ferrocarril, lo que domina generalmente son las concentraciones proporcionadas por la locomotora, más que el peso de los vagones cargados. Actualmente se considera la locomotora Diesel-Eléctrica por ser la más usual

c) Impacto de la Nave al Atracar

La fuerza horizontal originada por el impacto de la embarcación al atracar, depende de:

Masa o Desplazamiento del Barco (M1)

Es un dato conocido puesto que se tendrá conocimiento de las características del barco de diseño; se requiere conocer los T.P.M de diferentes tipos de barcos, así como las dimensiones, calado máximo, masa hidrodinámica y energía cinética de atraque para diferentes velocidades de acercamiento.

Masa Hidrodinámica o Masa Adicional (M2)

Este peso se conoce como masa adicional cuya expresión de cálculo aceptada es:

$$M2 = p\ E\ Cpc^2\ \pi/4$$

Entonces, el peso total a considerar en el atraque será la suma del peso del barco y el adicional del cilindro de agua:

$$Ma = M1 + M2 \quad (ton)$$

d) Velocidad de Acercamiento (Vt)

Dependerá de diversos factores, tales como: tamaño del barco, pericia del piloto, facilidades para el atraque, condiciones climáticas y del mar, etc.

A continuación se presenta una lista de las velocidades de atraque por emplear en un caso práctico, en relación al peso muerto del barco (TPM);

TPM (ton.)	Vt (m/seg.)
< 10,000	0.20 - 0.30
10,000 - 50,000	0.10 - 0.20
> 50,000	0.10 - 0.15

e) Energía de Atraque (Et)

La energía cinética de atraque de un barco, se calcula con la siguiente expresión:

$$Et = Ma\ Vt^2 / 2g = (M1 + M2)\ Vt^2 / 2g \quad (ton\text{-}m)$$

En la mayoría de los casos el atraque, de proa o de popa, se realiza con un cierto ángulo con respecto al paramento, el barco tiende a desplazarse (rebota) y gira al mismo tiempo. Por tal motivo la energía cinética total se consume parcialmente, pudiéndose calcular con la siguiente expresión:

$$Ep = Ma\ Vt^2 / 2g\ [(l+r)^2 / l + (l/r)^2] \quad (ton\text{-}m)$$

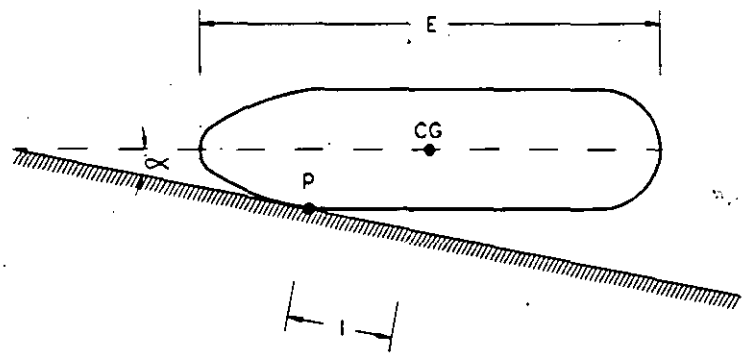


Figura 5.46 Atraque de la embarcación

Energía Cinética de Atraque Efectiva (Ee)

Si se asume que la superficie del barco, cortado en el plano de referencia en el espejo de agua, tiene forma rectangular, el radio de giro, tenderá a tomar un valor del orden de 1/4 de la eslora.

A esto se le denomina acercamiento al "PUNTO CUARTO", el cual además es el más frecuente, en donde el impacto se produce a 1/4 de la eslora, medido de proa a popa; la energía cinética efectiva puede calcularse a partir de:

$$Ee = Et - Ep = 1/2\ (Ma\ Vt^2 / 2g)$$

$$Ee = 1/4\ (Ma\ Vt^2 / g) \quad (ton\text{-}m)$$

La cual se utiliza para calcular el tipo de defensas y la reacción sobre la estructura.

Cuando el atraque no se realice al punto cuarto, la ecuación anterior se expresa como:

$$Et = \frac{MaV_t^2}{2g} K \quad (Ton-m)$$

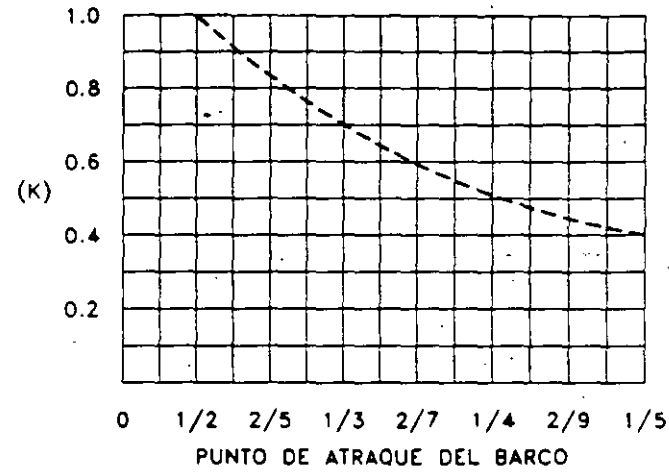


Figura 5.47 Energía de atraque

El valor tangencial del impacto de la embarcación se obtiene multiplicando el valor de la componente normal por el coeficiente de fricción entre barco y defensas, el cual se considera comunmente igual a 0.25.

f) Fuerza de Viento

La presión del viento debe considerarse aplicada sobre el área expuesta de la embarcación en condiciones de barco descargado y actuando tanto longitudinal como transversalmente.

Para el diseño de un muelle en espigón en el cual pueden llegar a estar atracados dos barcos simultáneamente, se debe considerar el empuje total del viento actuando sobre la nave expuesta a la acción del mismo y sólo el 50% de la fuerza de viento sobre la nave atracada en el otro lado del muelle.

La expresión mediante la cual se puede calcular la fuerza de viento es:

$$Fv = K\,An\,q$$

La presión del viento es transmitida a las amarras o bitas, la forma de calcular estas fuerzas se da a continuación.

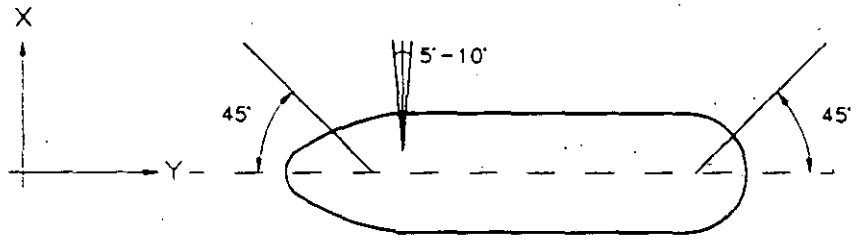


Figura 5.48 Presión del viento sobre la embarcación

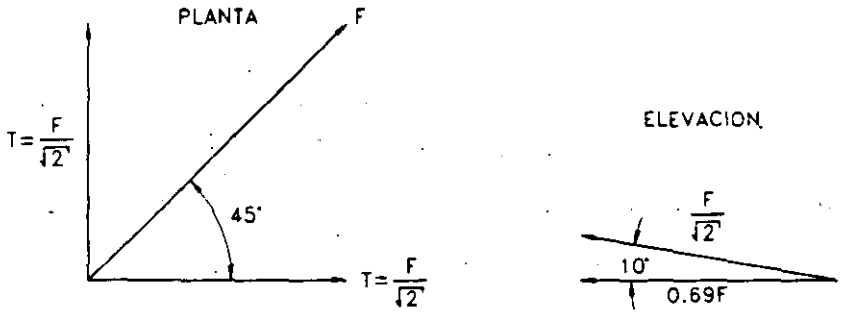


Figura 5.49 Fuerzas resultantes

La fuerza por soportar transversalmente será:

$$S\,Fx = 0;\quad T + F\,Sen\,45° = 0;\quad T = F\,Sen\,45°$$

$$S\,Fy = 0;\quad T + F\,Cos\,45° = 0;\quad F = -T / \cos 45°$$

$$F = Fv / Cos\,45°$$

Las amarras de proa y popa deberán estar soportadas por bitas con una capacidad F, considerando que cada una de ellas actúa de manera aislada cuando el viento incide normal a la sección transversal del barco.

Para definir la capacidad de las bitas intermedias, se divide la fuerza de viento en sentido normal al eje longitudinal entre el número de amarras.

g) Fuerza de Oleaje

Su análisis no es muy común, excepto cuando se trata de obras fuera de la costa (Off-Shore). Una manera de considerar este efecto, es tomando en cuenta la recomendación de las Normas de Diseño de la actual Vocalía de Obras Marítimas de Puertos Mexicanos, que indican;

"Considerar la fuerza horizontal producida por el oleaje como un tercio de la total debida al viento, actuando paralelamente a ésta".

Esta es una simplificación aceptable como una primera aproximación y en casos particulares de importancia se deberá realizar un análisis específico.

h) Fuerza de Corriente

Tal y como sucede en el oleaje, debido a la protección que ofrece el puerto, las corrientes no son comunmente consideradas actuando en una embarcación atracada y en realidad las fuerzas que generan son pequeñas en relación, por ejemplo, con las producidas por viento; en casos especiales sería recomendable su análisis (muelles sobre ríos Off-Shore).

Para el cálculo de la fuerza que produce la corriente existen gran variedad de fórmulas pero que esencialmente están conformadas de la misma manera; a continuación se ofrece la expresión utilizada según el "Criterio Japonés".

$$F\,c = 0.14\,Sm\,V^2 \qquad (ton)$$

En última instancia, la fuerza resultante entre viento, oleaje y corriente, podría ser la que se tomará en cuenta para el cálculo de la capacidad de las bitas.

i) Fuerza de Sismo

Para tal efecto se deben considerar los coeficientes sísmicos establecidos, por ejemplo, en la "Regionalización Sísmica de la República Mexicana" de la U.N.A.M.

La Fuerza por Sismo Fs valdrá:

$Fs = Cs\,(CM + 0.50\,Cv)$ (ton).

A pesar de que para la zona 0 el coeficiente sísmico vale 0.00, la D.G.O.M. recomienda que se tome al menos $Cs = 0.05$.

j) Empuje de Tierras

El procedimiento para calcular el empuje, es considerar exclusivamente el empuje de tierras activo, el cual se calcula en base a la expresión de Coulomb:

$$Ka = Tg^2 (45-\phi/2)$$

Otro método, más complicado, considera tanto el empuje pasivo como el activo, así como la participación del sismo.

Adicionalmente, para el caso de muelles con talud, deberá analizarce la falla de este por cualquiera de los métodos recomendados en las publicaciones que tratan de mecánica de suelos.

Para el diseño integral del muelle, sobre todo cuando se usan programas de computadoras, es común analizar diversas combinaciones de carga; entre las más usuales tenemos.

a) Para superestructura.
   - a.1.- CM + 100% Cv
   - a.2.- CM + Cv móvil, en cualquier posición

b) Para subestructura
   - b.1.- CM + 100% Cv
   - b.2.- CM + sismo
   - b.3.- CM + 100% Cv + Viento
   - b.4.- CM + 100% Cv + atraque

5.3.3 Tipos de muelles

5.3.3.1 Por su forma

De acuerdo a su forma y la manera como atracan las embarcaciones son las siguientes:

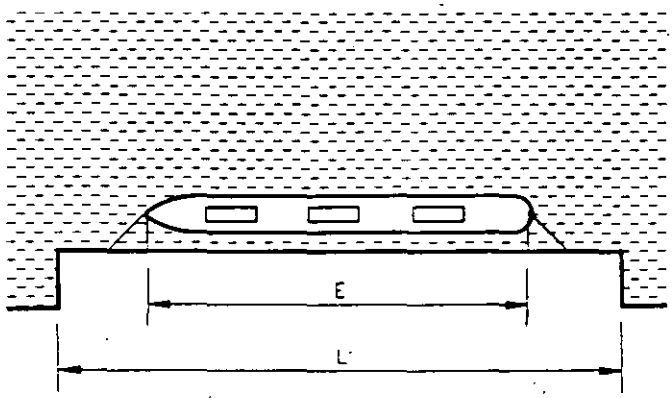


Figura 5.50 Muelle marginal

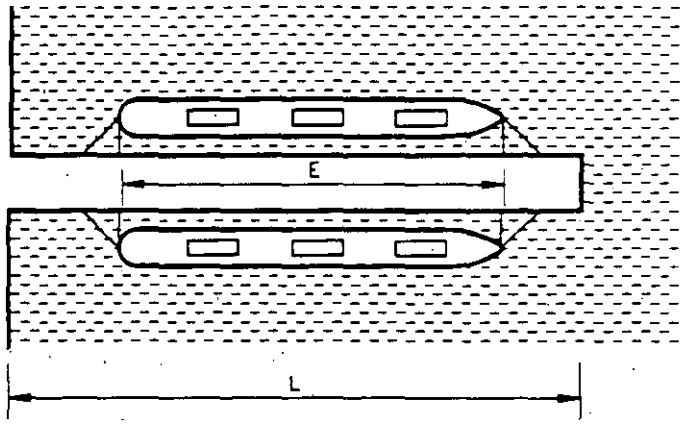


Figura 5.51 Muelle en espigón

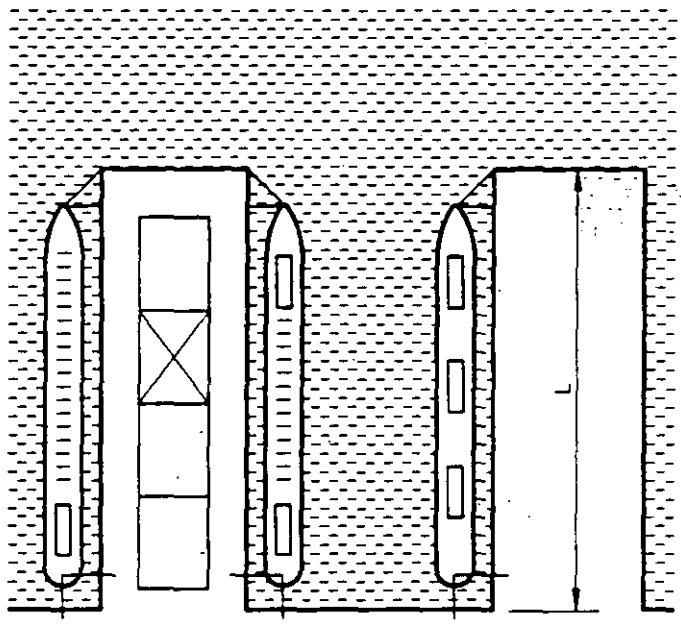


Figura 5.52 Muelles en dientes o peines tipo A

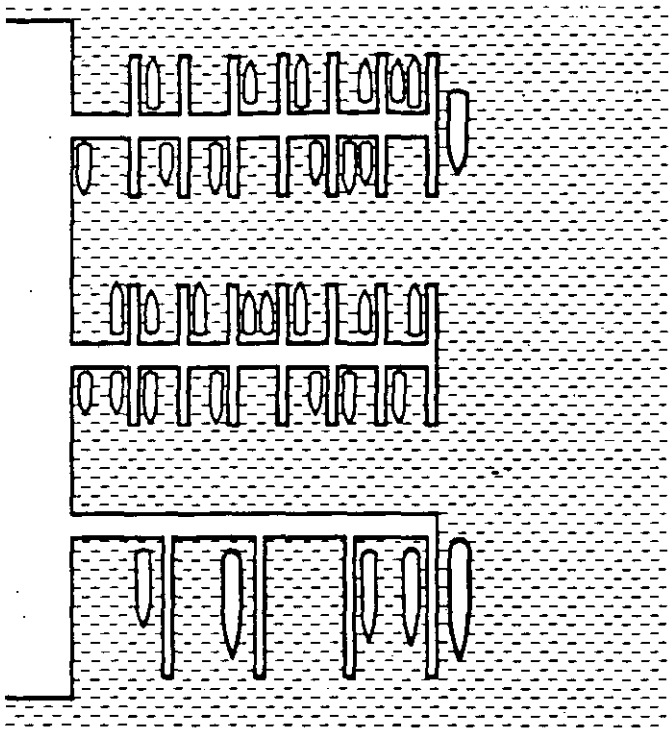
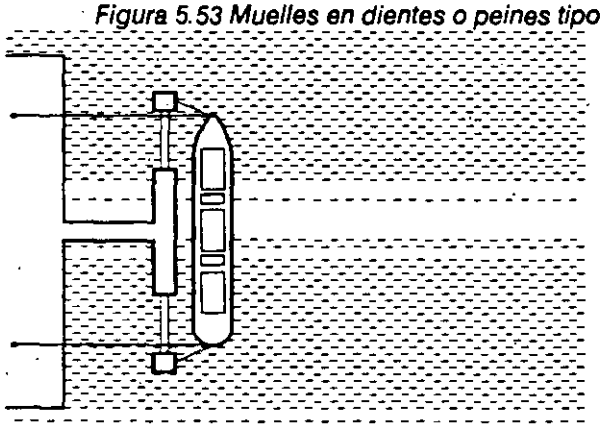


Figura 5.53 Muelles en dientes o peines tipo B



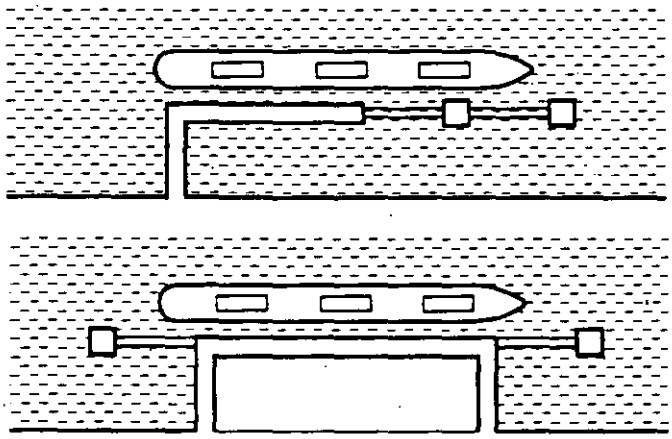


Figura 5.54 Muelles en "T", "L", y "U" con o sin duques de alba

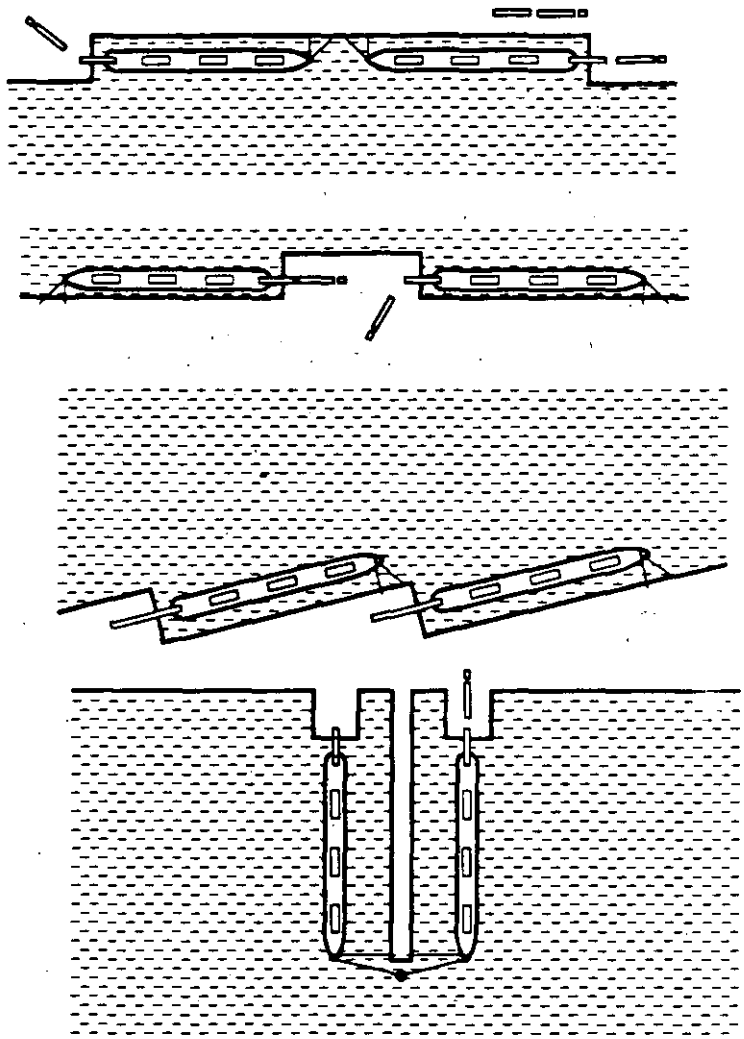


Figura 5.55 Muelle de transbordo por rodadura (Ro.Ro). Roll-on Roll-off

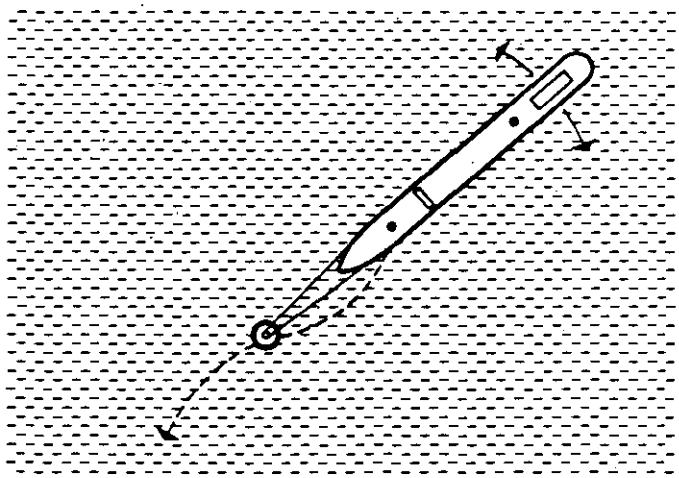


Figura 5.56 Atracadero por boya de amarre (en mar abierto)

5.3.3.2 Por su estructura

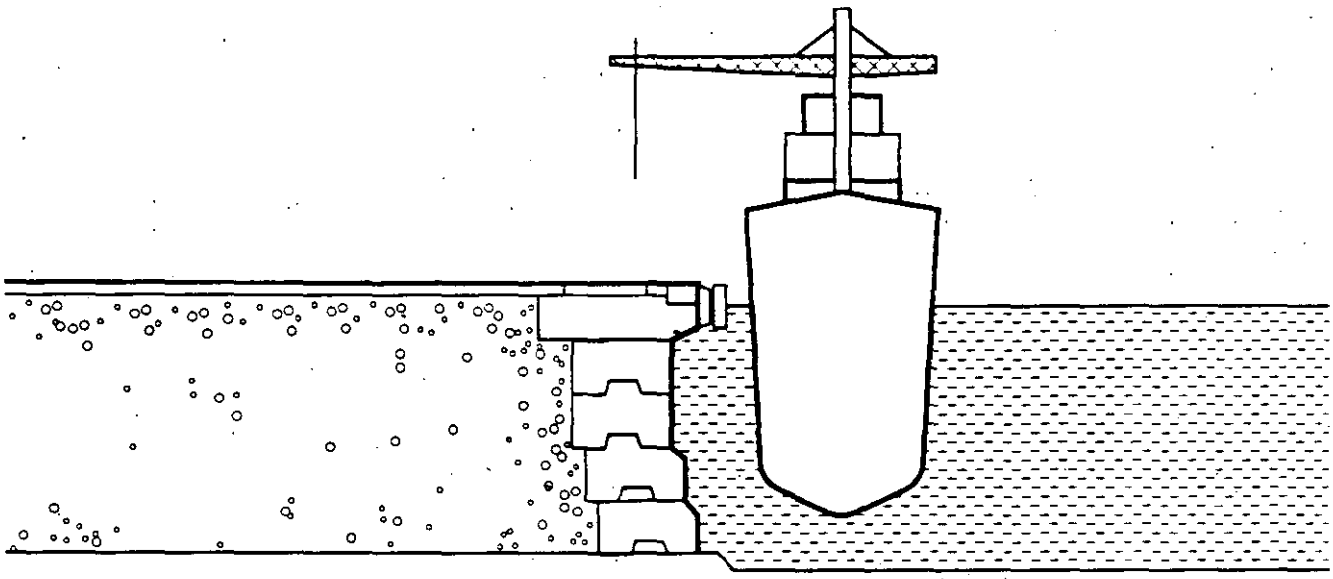


Figura 5.57 Muros de contención de bloques

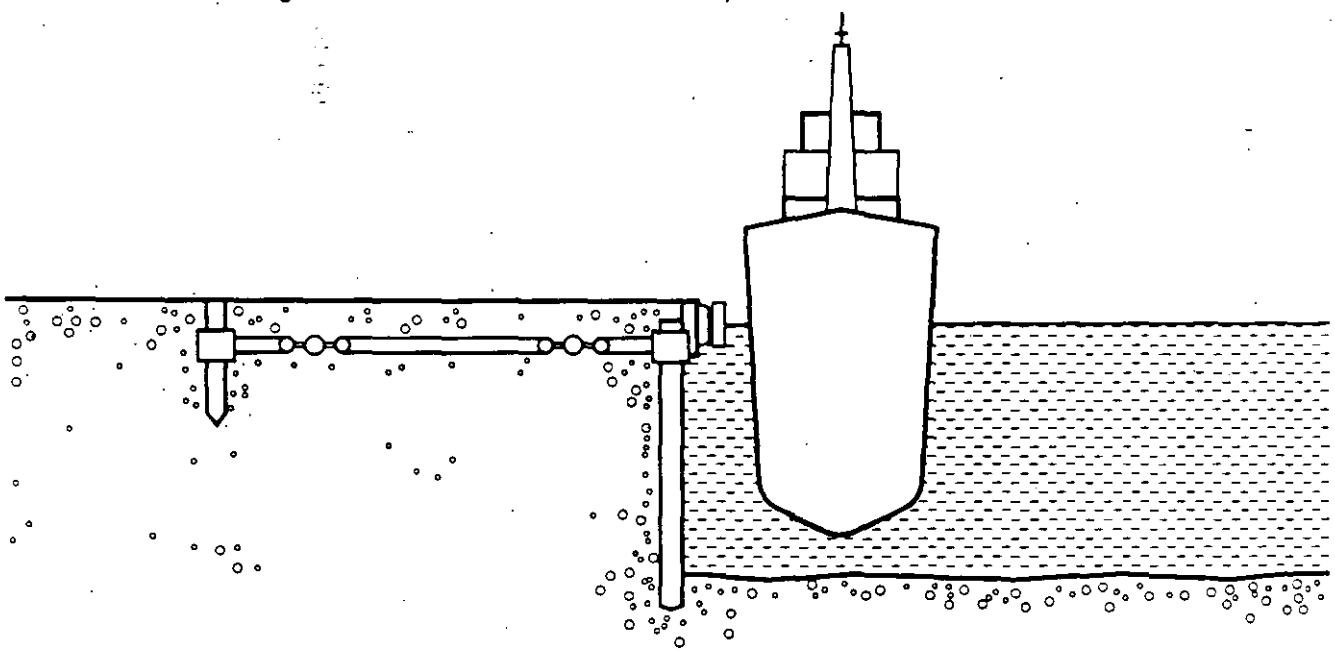


Figura 5.58 Tablestacado anclado

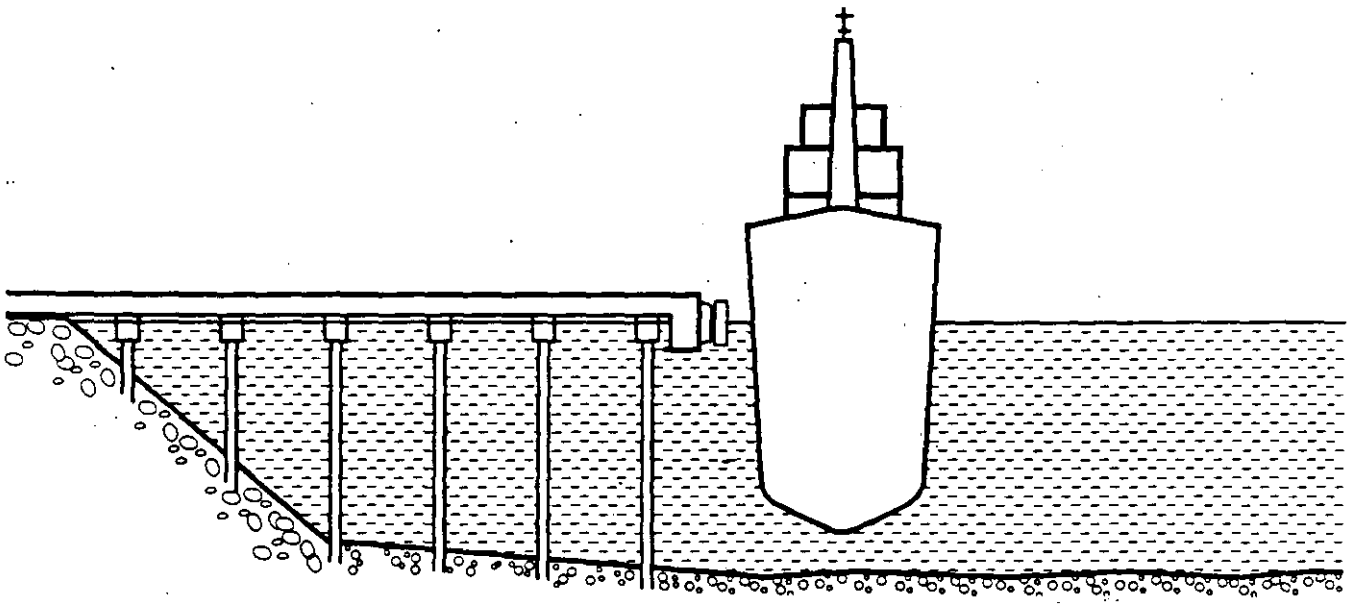


Figura 5.59 Pilotes o pilas descubiertos

5.3.3.3 Elementos complementarios de muelles: elementos de amarre, escalas de desembarque y defensas.

Elementos de Amarre

Características.- Su forma debe permitir un amarre adecuado de los cabos, sin que se suelten y que aseguren a las embarcaciones previniendo sus movimientos verticales debidos a la carga y descarga y a las mareas, deben además permitir ser soltados rápidamente cuando las operaciones lo requieran. Sus condiciones físicas (de diseño) obedecen a las fuerzas de tensión de la embarcación para mantenerla asegurada (ver punto 5.3.2.2)

Tipos de Elementos de Amarre

a) Norays o Bolardos

b) Bitas

c) Cornamusas

d) Argollón o Argollas

e) Ganchos de "suelta rápida"

El tamaño de los elementos de amarre varía según el tamaño de la embarcación, aunque se observa que los más usuales son los norays con sus pernos de sujeción y para buques de gran tamaño los ganchos de "suelta rápida".

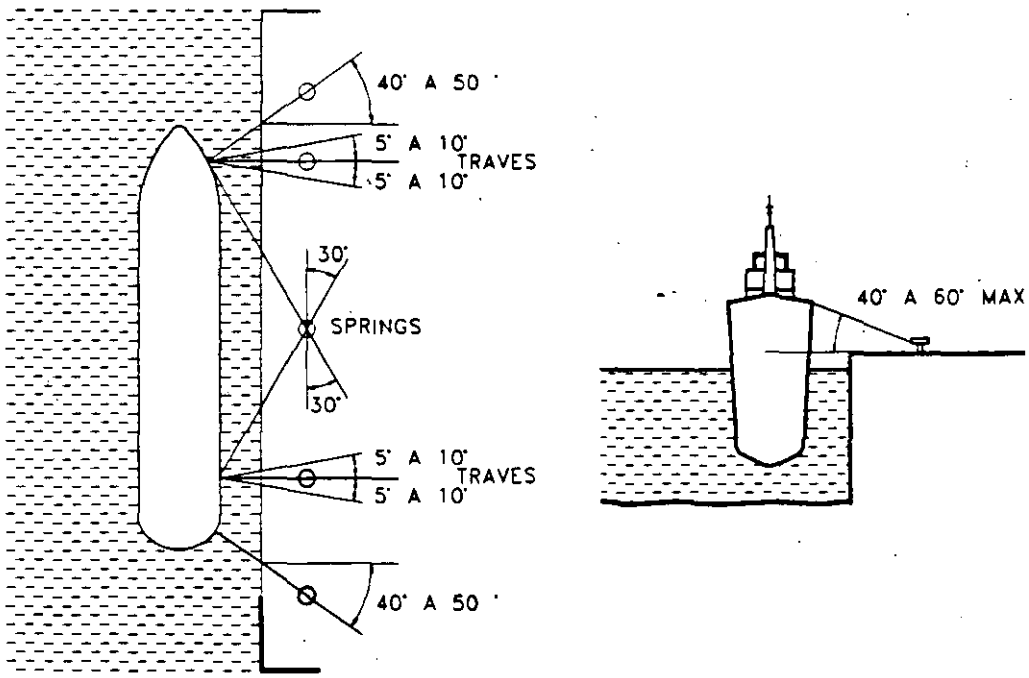


Figura 5.60 Elementos de amarre

Figura 5.61 a) Norays o bolardos (generalmente de tubos de acero).

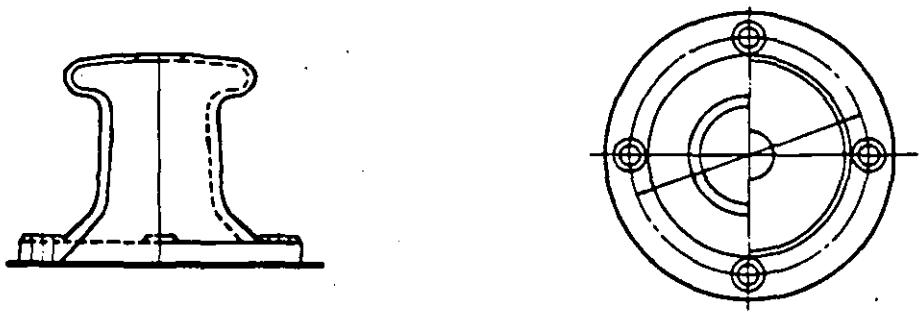


Figura 5.62 b) Bitas (fierro fundido)

Se observa que para los elementos de amarre del P.A de Ro.Ro es necesario que los bolardos, bitas, argollones, argollas puedan colocarse sin obstruir la rodadura, como se ejemplifica en la figura 5.63

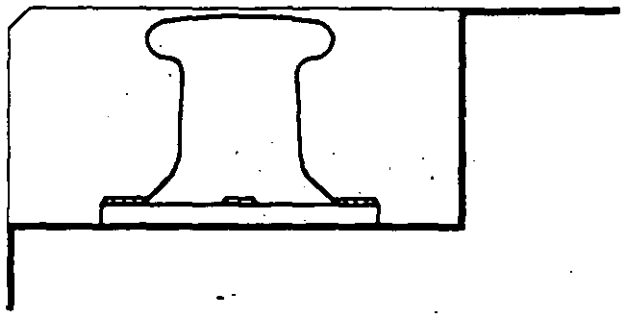


Figura 5.63 Bita en atraque para Ro.Ro.

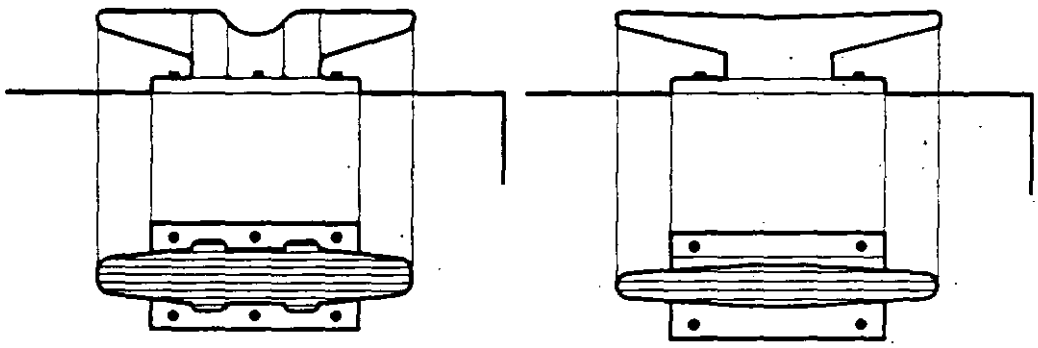


Figura 5.64 c) Cornamusas (fierro fundido)

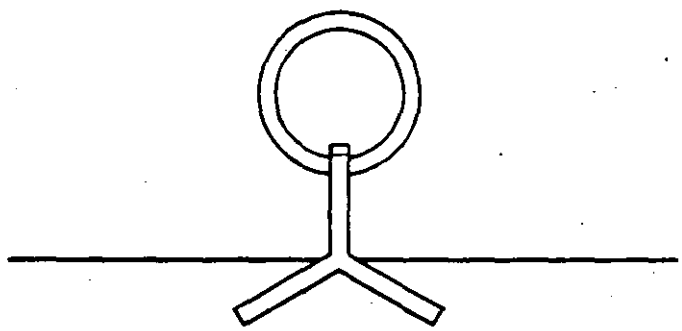


Figura 5.65 d) Argollón o argollas (acero)

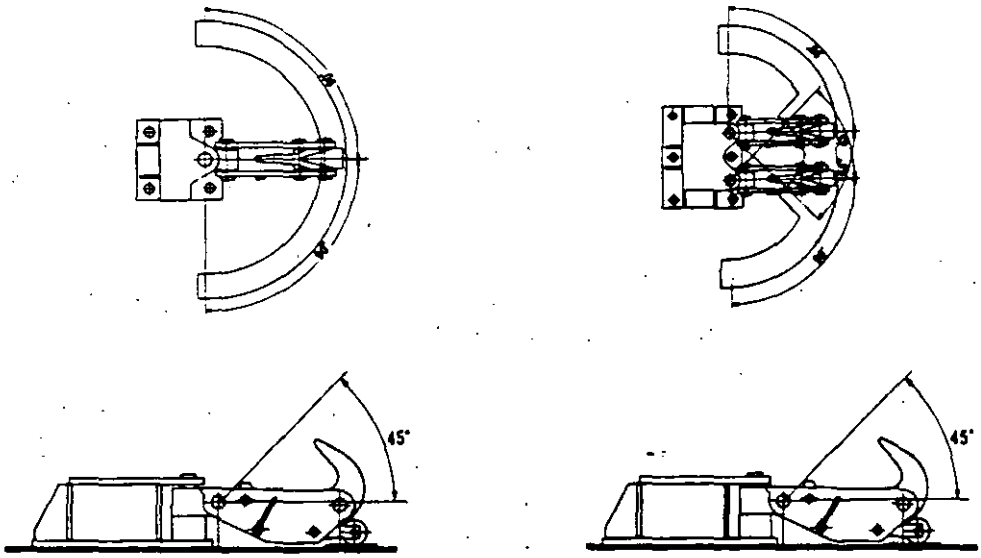


Figura 5.66 e) Ganchos de "suelta rápida" (acero)

Escala de Desembarque.

Este elemento complementario se recomienda situarlo en los muelles cada 40 m, en la línea de atraque (también se le nombra escalerilla de desembarque) cuando especialmente este el franco bordo bajo (a plena carga) pues se utilizan para el acceso al buque y como elemento de seguridad para cualquier persona que pudiera caer al agua.

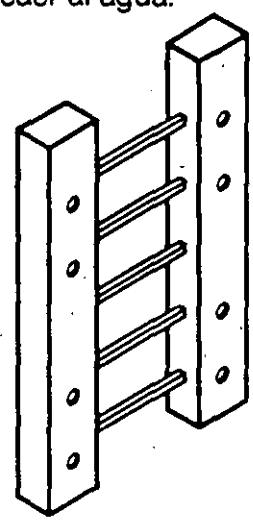


Figura 5.67 Escala de desembarque

Defensas

Comprenden aquellos elementos complementarios del muelle para evitar daños al mismo por el impacto normal que causa la embarcación con su maniobra de atraque y la función de estas defensas es el amortiguamiento de este esfuerzo. Su condicionante (de diseño) es la velocidad de atraque admisible (ver punto 5.3.2.2) y las fuerzas que ejerce sobre el muelle la embarcación acoderada que son menores a las mencionadas anteriormente.

Las defensas varían según el tamaño y características del buque y el tipo de estructura del muelle y se pueden clasificar en la siguiente forma.

a) De sistemas mecánicos y estructurales
b) Piezas de caucho (hule) para ajustarse en cada caso
c) Suspendidas por cables o soportes giratorios
d) De neumáticos
e) Para trabajo a torsión

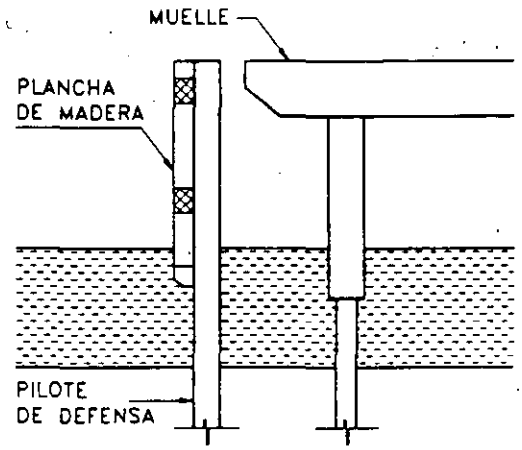


Figura 5.68 a) Defensas con sistemas mecánicos y estructurales

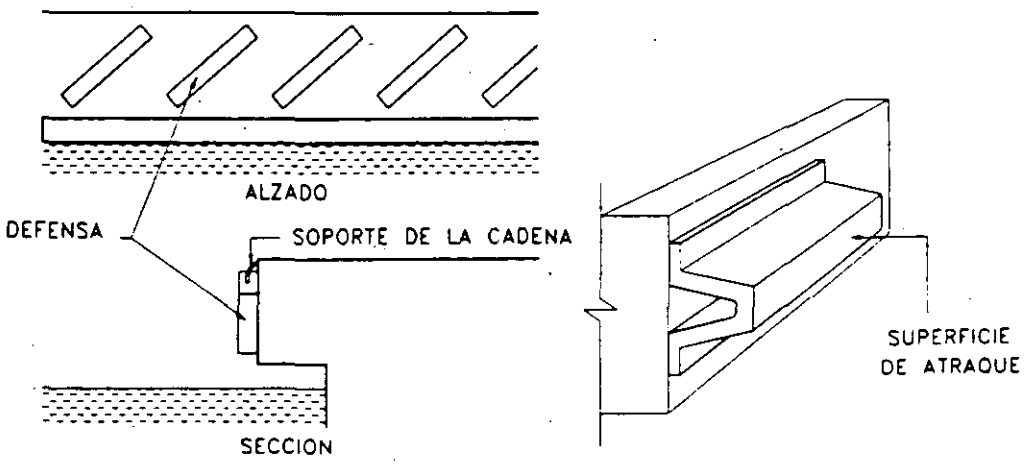


Figura 5.69 b) Defensas de piezas de caucho

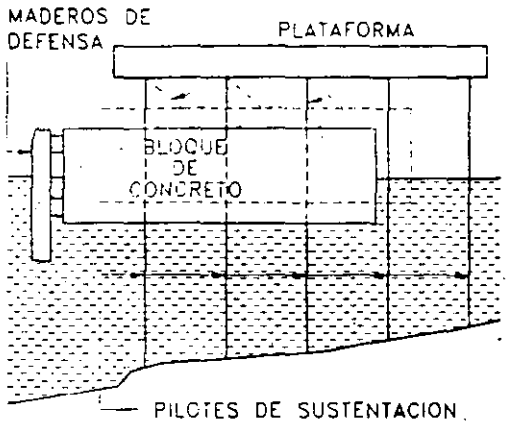


Figura 5.70 c) Defensas suspendidas por cables y soportes giratorios

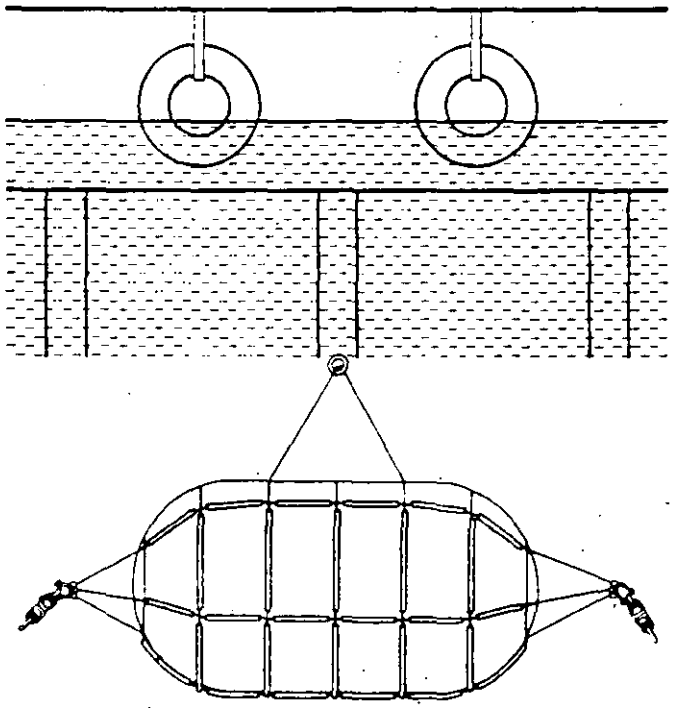


Figura 5.71 d) Defensas neumáticas

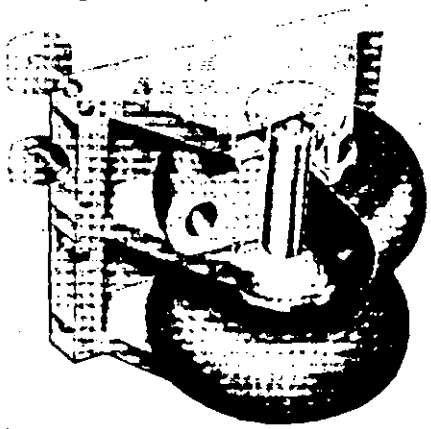


Figura 5.72 e) Defensas para trabajo a torsión

5.3.4 Criterios de dimensionamiento de las areas terrestres

Puesto de Atraque (P.A.).

El dimensionamiento del Puesto de Atraque depende de 3 elementos que se combinan para determinarlo

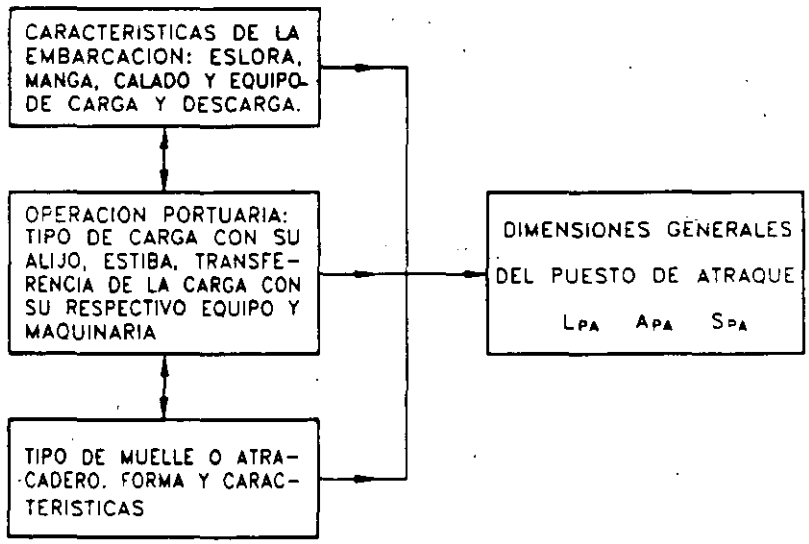


Figura 5.73 Elementos para el dimensionamiento del P.A.

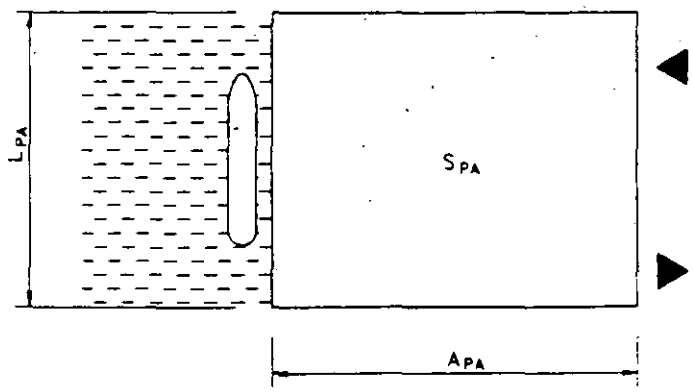


Figura 5.74 Puesto de atraque

Muelles o Frentes de Atraque (F.A)

Sus dimensiones dependen de tres factores:

- Características de la embarcación
- El sistema de operación portuaria
- Recomendaciones sobre los condicionantes físicos

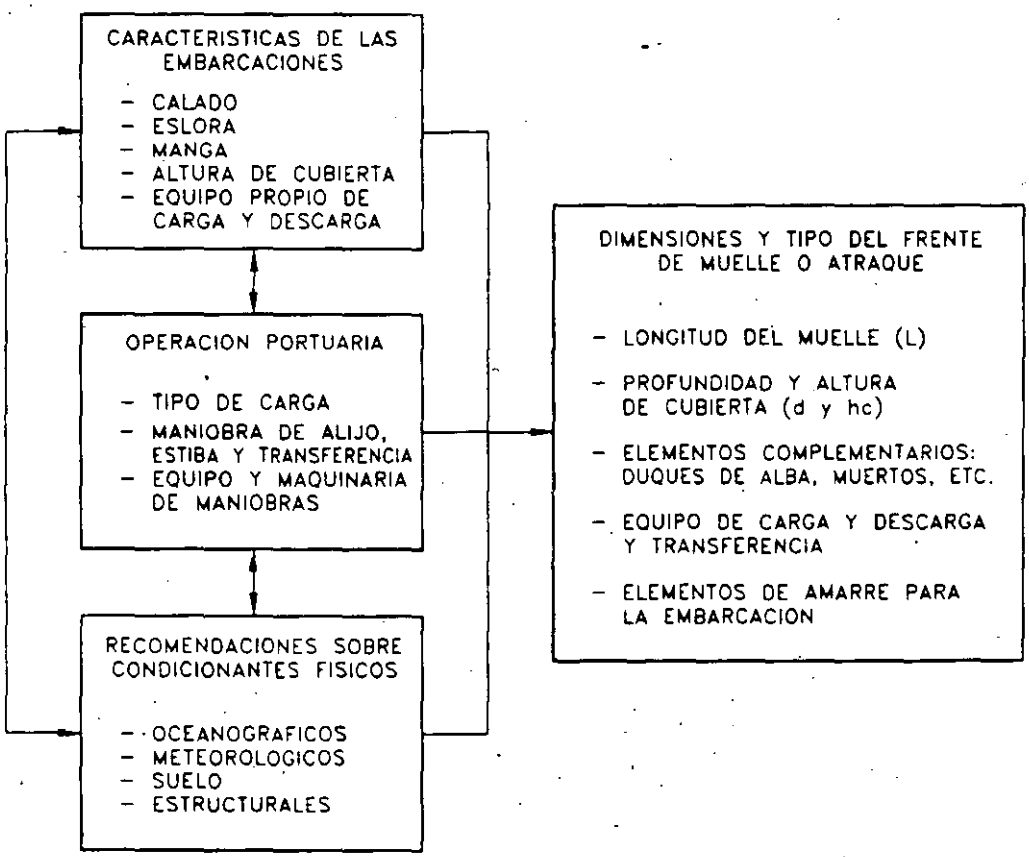


Figura 5.75 Factores que rigen el dimensionamiento

Areas T.1 y T.2

El área T.1 es la superficie necesaria para subir o bajar carga del barco y la T.2 la que se requiere para la maniobra de traslación de la carga a su almacenamiento o en inversa para T.1 sus dimensiones dependen de:

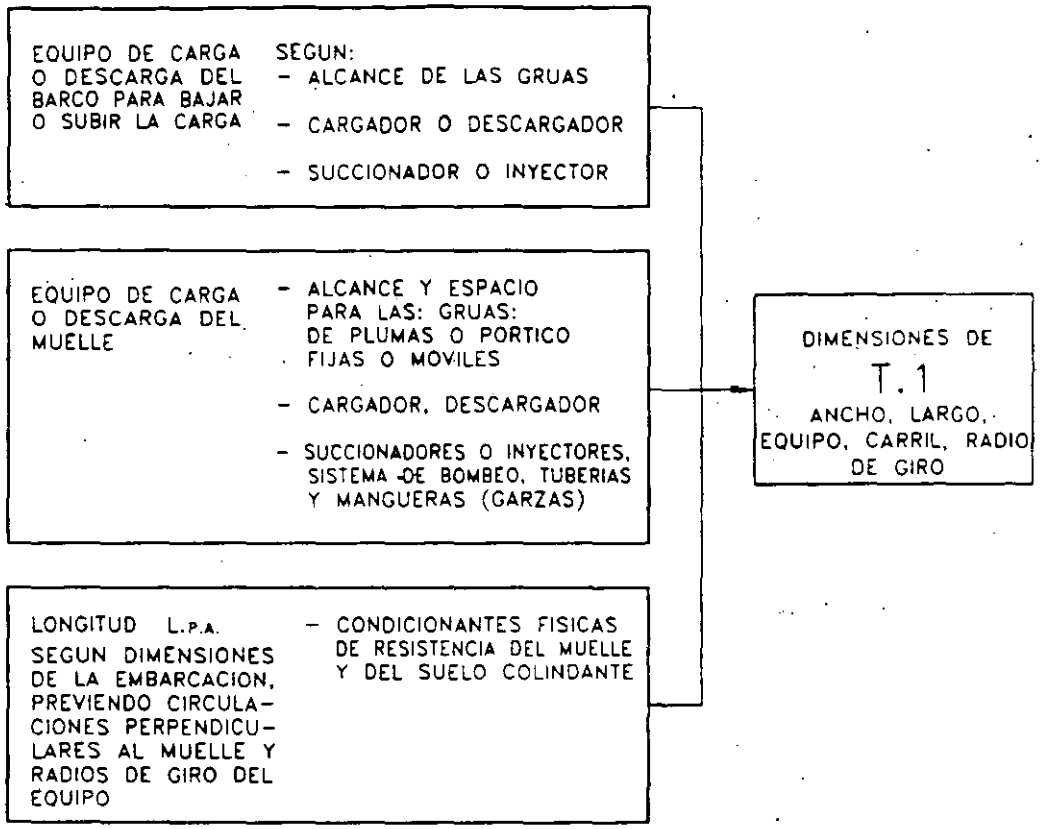


Figura 5.76 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.1.

Para la T.2. se tiene lo siguiente:

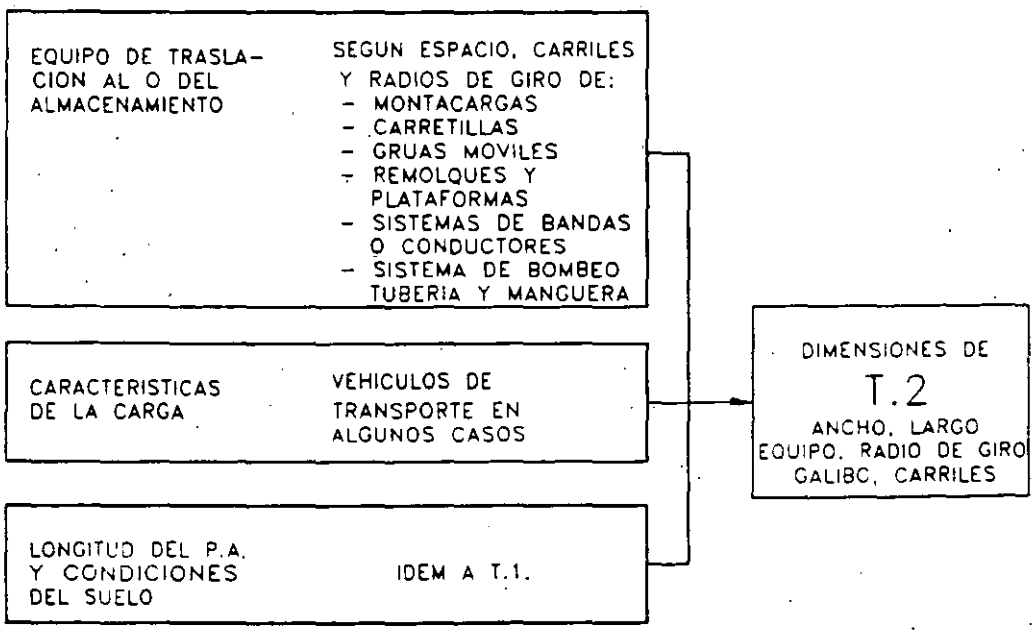


Figura 5.77 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.2.

T.3 Almacenamiento

Las dimensiones dependen de:

- Características de la carga con el objetivo de evitarle daños y conservarla adecuadamente.

- Del equipo para alijar, estibar o depositar la carga o el producto respectivo.

Tipos Cubierto: bodegas, pórticos, silos, tanques y depósitos

Descubierto: patios

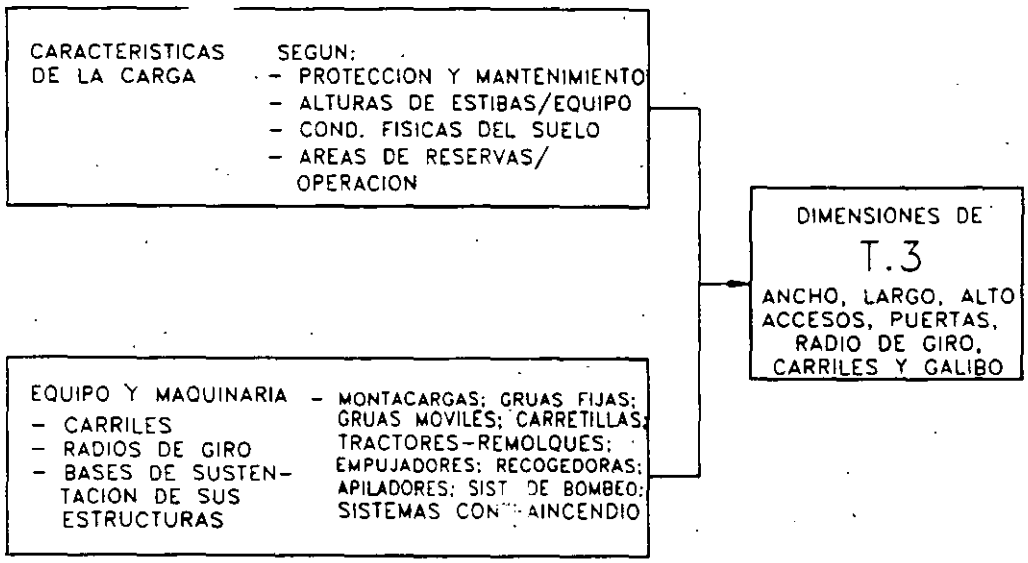


Figura 5.78 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.3.

T.4 Vialidades, Estacionamiento, Controles

Estas áreas dependen del tipo de la carga o producto, del equipo de transporte y sus respectivos vehículos.

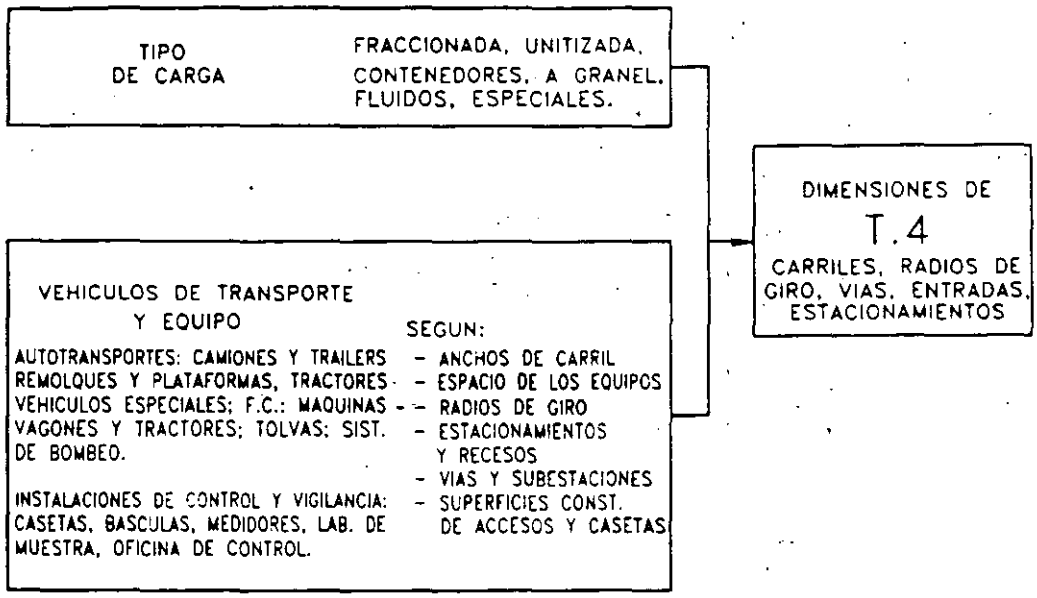


Figura 5.79 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.4.

T.5 Instalaciones de Conservación y Mantenimiento de Equipo, Maquinaria y Vehículos

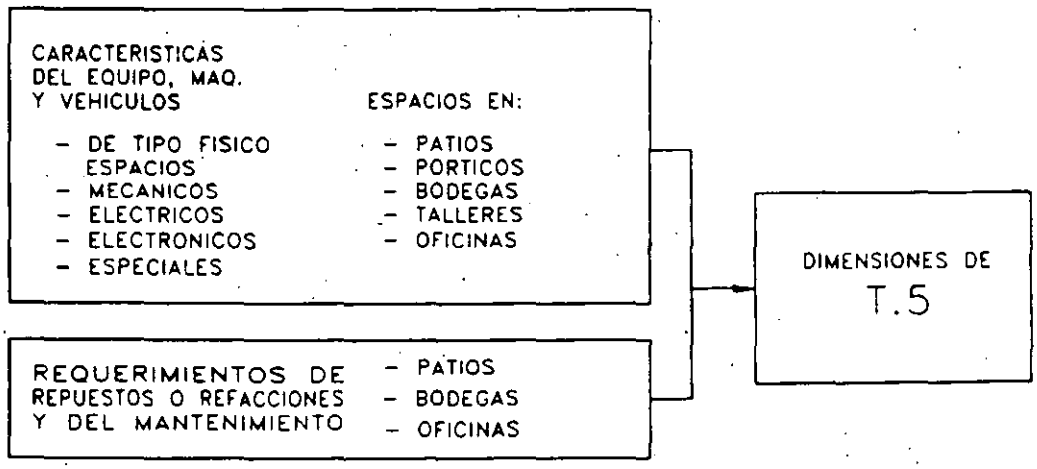


Figura 5.80 Elementos que intervienen en el dimensionamiento de T.5.

T.6. Servicios Generales y Especiales

Corresponden al puerto en general, con sus diferentes puestos de atraque y sus dimensiones dependen de la unidad completa. Ver detalles en inciso 5.4.

5.3.5 Dimensionamiento de los diversos tipos de puestos de atraque (P.A.)

5.3.5.1 Puesto de atraque para carga fraccionada y/o unitizada

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.)

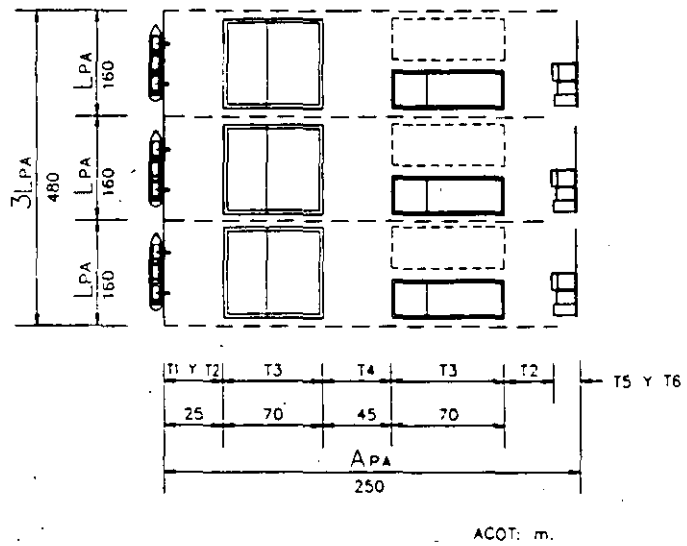


Figura 5.81 Dimensiones del P.A. para carga fraccionada y/o unitizada

A.P.A = T1+T2+T3+T4+T5+T6 = 250 m. mínimo
L.P.A. = L = 160 m. mínimo
S.P.A. = A.P.A. x L.P.A. = = 4 has. mínimo

Se recomienda la unidad de 3 puestos de atraque por factores económicos del equipo.

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

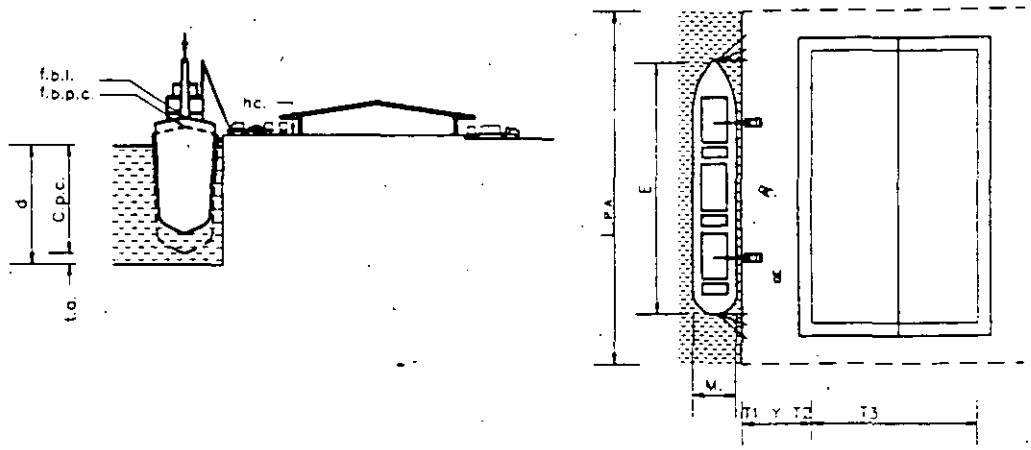


Figura 5.82 Dimensiones del muelle para carga fraccionada y/o unitizada

Longitud del muelle (*) L = 1E + 1M = 141 m + 19 m = 160 m. mínimo

Profundidad del muelle d = Cpc + ta = 8.3 + 0.60 aprox. 9 m. mínimo.

Altura de cubierta h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/2 = +3.00 m aprox.

(*) Barco de 10,000 T.R.B. Carga general

Observaciones

Para T.1 + T.2 (ancho de cubierta del muelle) se deben tomar en cuenta las condicionantes físicas del equipo de operación rodante o fijo para efectos de cálculo de esta cubierta y sus detalles constructivos.

Para "h" (altura de cubierta), el objetivo es que en condiciones normales no se llegue a inundar, por lo que es necesario tomar en cuenta, además del francobordo especificado que la referencia sea el N.P.M. (Nivel de Pleamar Máximo) en el sitio.

Se recuerda, según el capítulo 3 que en el Golfo de México se tomó como

referencia general el N.B.M. (el Nivel de Bajamar Media) y en el Pacífico el N.B.M.I. (Nivel de Bajamar Media Inferior) cuyas variaciones no exceden de 1.20 m. a excepción del Golfo de California en su zona norte, en donde las mareas tienen variaciones mayores, llegando hasta más de 7.00 m, lo que origina diseños especiales de el "h" de los frentes de atraque.

Se recomienda, que un Puesto de Atraque de Carga Fraccionada anualmente pueda mover 100,000 ton. sin tiempos exagerados de espera de los buques, aunque en algunos casos (carga en sacos y algunas cargas unitizadas representan 30 o 40% del total) se pude alcanzar hasta 150,000 tons/año.

T.1 Area de Carga-Descarga, Embarcación-Muelle

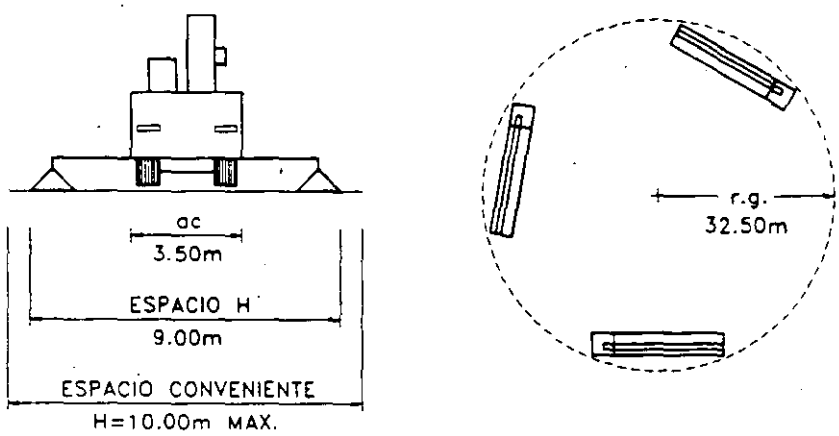


Figura 5.83 Area de carga-descarga T.1. Carga general y/o unitizada

De acuerdo con la grúa de tamaño máximo.
a.c = 3.50 m. mínimo H = 10 m. normal
r.g (remolques y plataformas) = 32.50 m. máximo

La dimensión que se recomienda para T.1 de acuerdo a la grúa indicada = 10 m. normal.

En los extremos del frente de atraque, o muelle se recomienda dejar espacio para que aloje el radio de giro máximo de 32.50 m. para operar remolques-plataformas.

T.2 Area de transferencia al almacenamiento

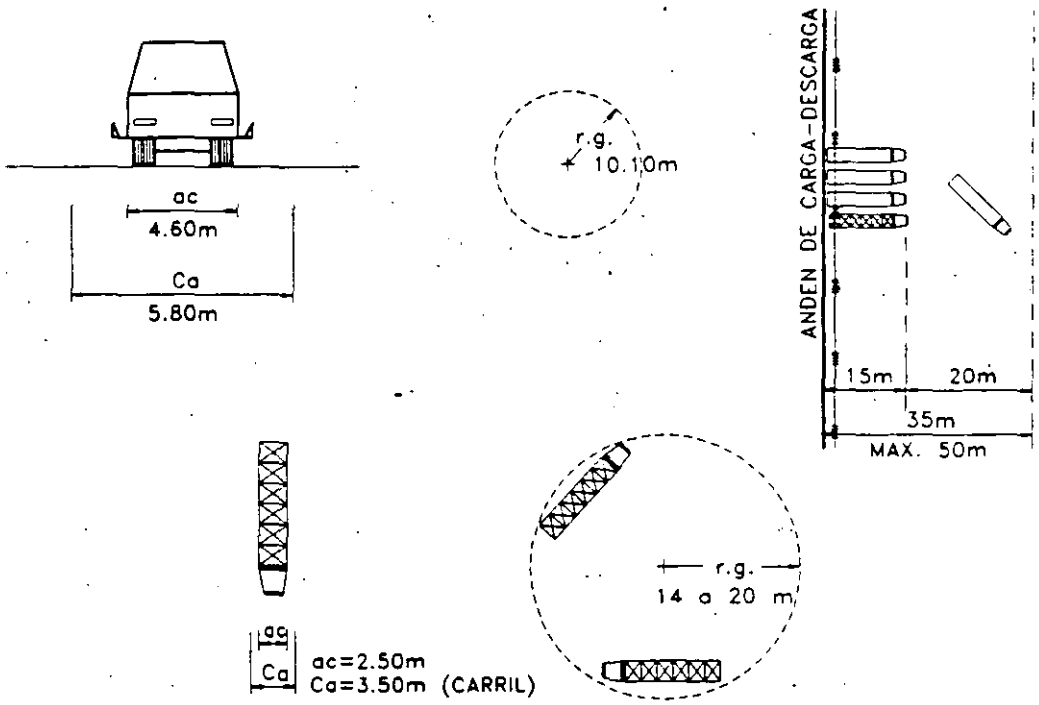


Figura 5.84 Area de transferencia al almacenamiento T.2.

T.2 De cubierta del muelle se dimensiona con un carril de montacargas (C.a 5.80 m. + 2 C.a de remolques plataformas (2 x 3.50 = 7 m.) + espacios entre equipos (ajuste a 2.20 m.) = 15 m. normal

Ancho de cubierta del muelle T.1 + T.2 = 25 m. normal

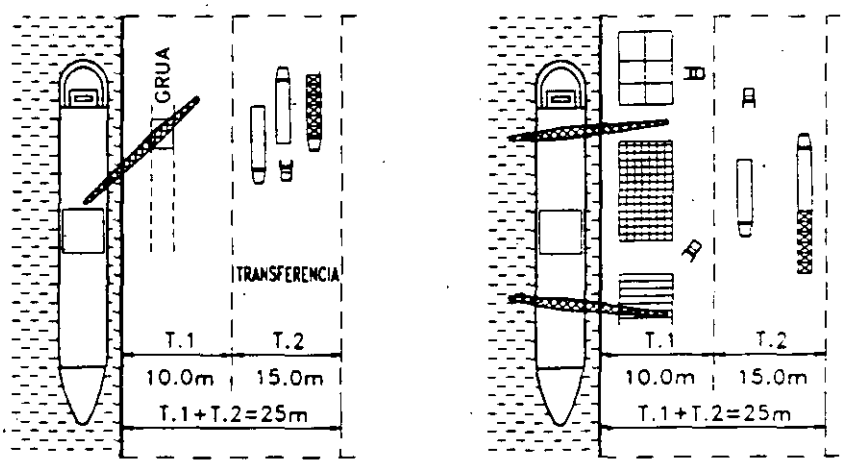


Figura 5.85 Ancho de cubierta del muelle (T.1 y T.2)

T.3 Areas de Almacenamiento

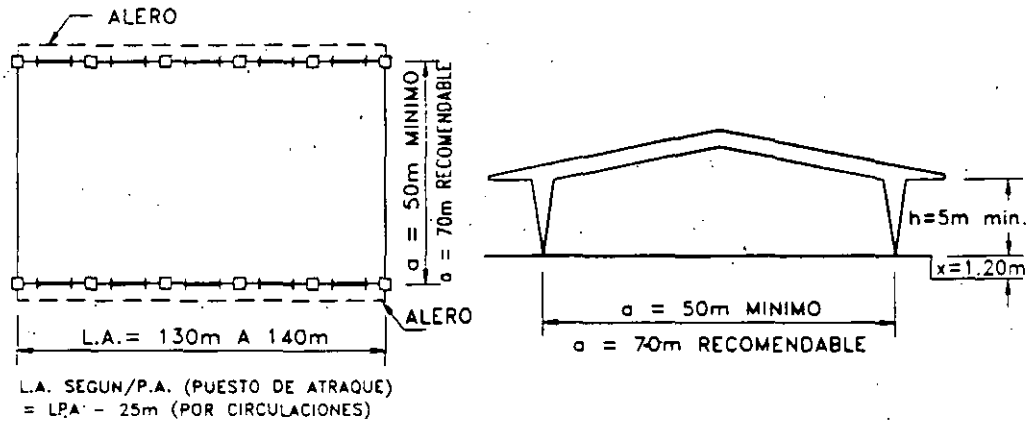


Figura 5.86 Bodega de tránsito

Bodegas de Tránsito

Condicionantes:

- Según el tonelaje a nivel del puesto de atraque almacenado y de entrega directa (carga en tránsito en un período máximo de 10 días).
- Determinación del volumen neto necesario según la densidad de la carga, previniendo un 20% más.
- Altura media de apilamiento = 2 m. (de 1 a 3 m)
- Superficie total = superficie necesaria + 40% de circulaciones y control.
- Se recomienda, en casos específicos, incrementar un 40% más por imprevisión del movimiento del hinterland.
- Longitud de la bodega , según la longitud del puesto de atraque
- Preferible evitar columnas internas
- Ventilación e iluminación natural y artificial suficientes
- Puertas con un vano mínimo 5 x 5 m.

Bodegas de Tránsito Especiales

Dimensiones similares a las anteriores, varían en que se pueden dividir por diferentes cargas especiales como el caso de carga refrigerada o congelada o para ambientes particulares según condicionantes específicos de la carga y el equipo que se utilice.

Bodegas Estacionarias

Condicionantes:

- Se requieren cuando el flujo de la carga excede la capacidad de las bodegas de tránsito
- Cuando una terminal portuaria se dedica a prestar comercialmente el servicio de almacenamiento.
- Las dimensiones de estas bodegas son variables dependiendo de los tipos de carga y la planeación del puesto de atraque.
- Se recomienda, en lo posible, dimensiones semejantes a las bodegas de tránsito.

Cobertizos

- Pueden ser de tránsito o estacionarios y su uso es generalmente para cargas peligrosas o especiales.
- Dimensiones: Variables (similares a las de las bodegas).

Patios de Almacenamiento

- Tránsito o estacionarios
- Dimensiones variables, se recomienda que se ajusten según la planeación del Puesto de Atraque en relación a la circulación; el ancho y largo son similares a las bodegas y sus accesos también.

T.4 Accesos y Vialidades, Estacionamientos y Control

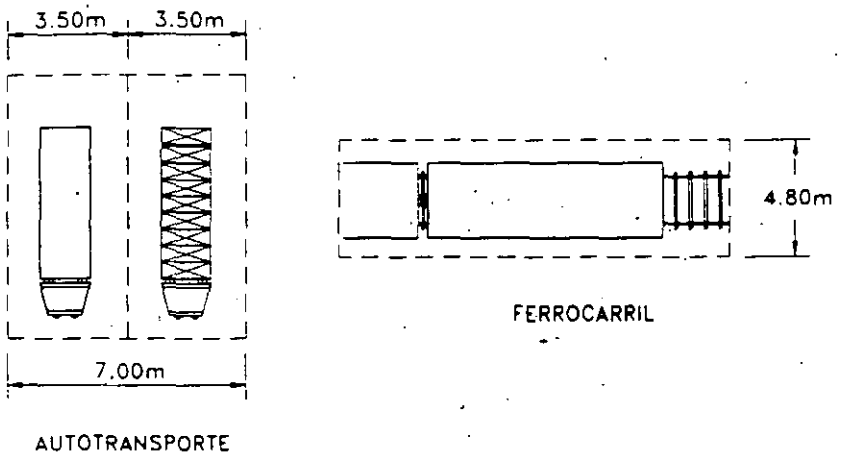


Figura 5.87 Accesos T.4 carga fraccionada y/o unitizada

- Accesos autotransporte y ferrocarril previsión de dos carriles para traileres o plataformas para acceder al área de transferencia (T.2) o al almacenamiento (T.3)

Controles de Acceso

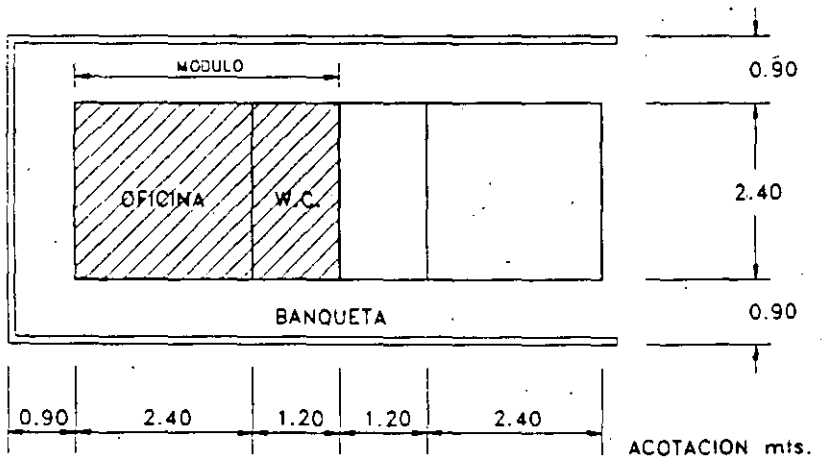
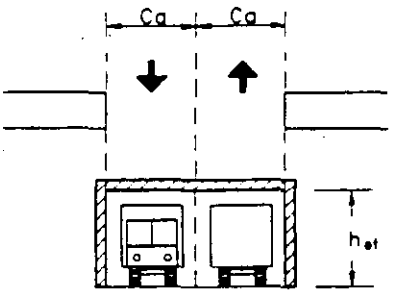


Figura 5.88 Controles de acceso T.4 carga fraccionada y/o unitizada

Consisten en casetas en los accesos exteriores para alojar autoridades y entidades operadoras

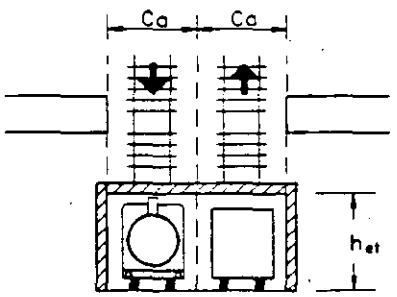
Módulos de 2.40 x 3.60 m

Entradas



Ca = ANCHO DE CARRIL = 3.5m
h_{et} = ALTURA LIBRE O GALIBO = 5.0m

Figura 5.89 Entrada de autotransporte



Ca = ANCHO DE CARRIL = 4.8m
h_{et} = ALTURA LIBRE O GALIBO = 5.0m

Figura 5.90 Entrada ferrocarril

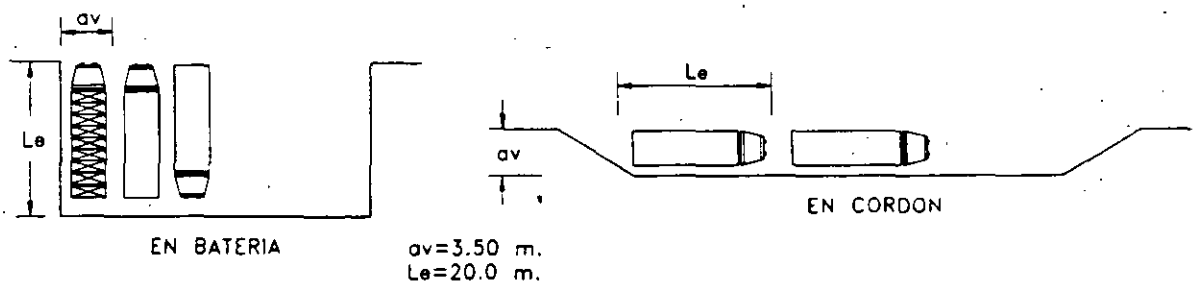


Figura 5.91 Estacionamiento autotransporte

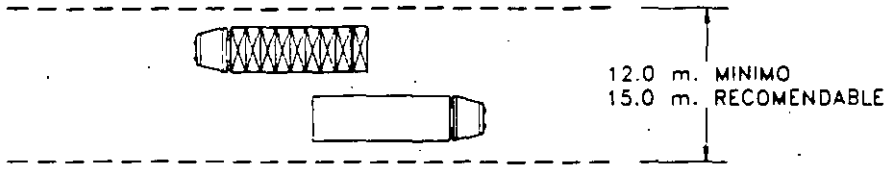


Figura 5.92 Vialidad accesos interiores

T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo y Maquinaria

Se requiere de 3 elementos

Taller mantenimiento
Almacén de equipo
Almacén de repuestos y oficina control

Taller de Mantenimiento.

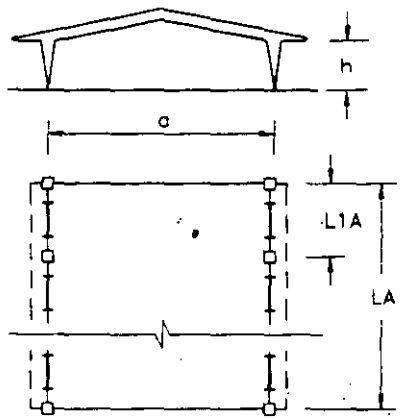


Figura 5.93 Taller de mantenimiento

a = 15 a 20 m.
h = 5 m. mínimo o 10 m. en sección de equipos de combustión.
L A = Variable
L1A = 6 m, con puertas de 5 m. mínimo

Con las siguientes secciones:

- Sección mecánica con grúa pórtico y dispositivos, elevadores para piezas pesadas.

- Sección mecánica para pruebas de tracción (amarres, cables, eslingas)

- Sección mecánica de equipos de inyección de combustible con fosas y elevadores hidráulicos

- Sección eléctrica y de acumuladores de equipo de tracción

- Pequeña sección electrónica, recomendación para la capacidad del taller según 3 puestos de atraque.

Recomendaciones para la capacidad del taller según 3 puestos de atraque

20% grúas móviles	
25% montacargas	= 7 unidades
20% tractores	= 3 unidades
5% remolques	= 3 unidades

Almacén de Equipo

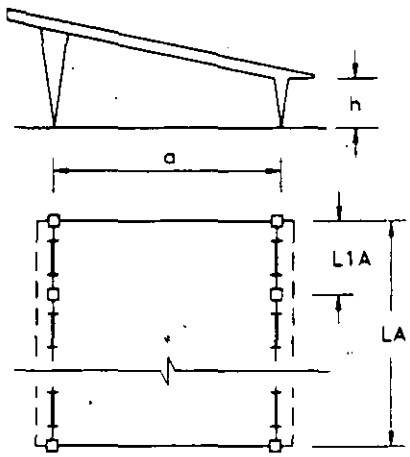


Figura 5.94 Almacén de equipo

a = 15 a 20 m.
h = 5 m. mínimo
L1A = 4 a 6 m.
LA = Variable

Con las siguientes variantes:

- Descubierto: en patios cercados para control

- Cubierto: En pórticos (también se aprovecha circulaciones de las bodegas cuando no están operando.

- En pórticos para resguardo de la intemperie (lluvia, sol), según condicionantes económicos del puesto de atraque.

T.5 Almacén de Repuestos y Oficina de Control (unidad de mantenimiento)

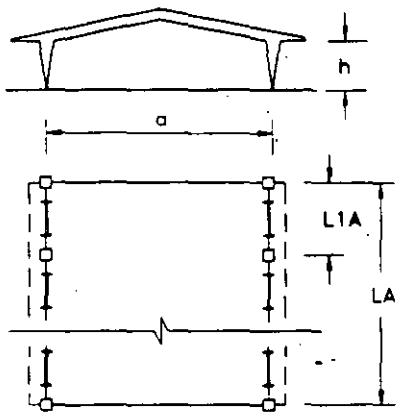


Figura 5.95 Almacén de repuestos y control (mantenimiento)

a = 10 m.
h = 5 m. mínimo
L1A = 5 m.
LA = Variable

5.3.5.2 Puesto de atraque para contenedores

El dimensionamiento del puesto de atraque para contenedores, depende de las siguientes consideraciones:

- Las embarcaciones de contenedores tienen altos costos de operación que dependen de la ubicación regional y nacional de los atracaderos que brinden servicios a buques oceánicos y buques de enlace.

- Para que sea costeable establecer puestos de atraque de contenedores se estima que el Puerto pueda mover más de 50,000 TEU/año, si no será necesario tener frentes-polivalentes que puedan mover carga unitizada, pero también parte de contenedores

- La productividad que estima la UNCTAD para ser costeable el puesto de atraque especializado de contenedores, recomienda 442 contenedores en 24 hrs de estadía o escala del buque y se indica que con dos grúas por frente de atraque se podría mover máximo hasta 860 contenedores/24 hrs.

Las dimensiones del puesto de atraque varían según el sistema de manipulación de los contenedores por lo que se clasifican en:

a) Sistema de almacenamiento con remolques

b) Sistema de carretillas pórtico

c) Sistema de grúas pórtico

d) Sistemas mixtos (según el mejor equipo para cada operación determinada)

Los sistemas indicados tienen diferentes dimensiones que se reflejan en sus puestos de atraque.

Para efectos del dimensionamiento del Puesto de Atraque de Contenedores, se tomó en cuenta lo señalado por la PIANC (Asociación Internacional de Congresos de Navegación) en su anexo al boletín No. 56 clasificándolos en:

- Puesto de Atraque para embarcaciones de la primera generación con capacidad hasta de 750 TEU
- Puesto de Atraque para embarcaciones de la segunda generación de 1500 TEU
- Puesto de atraque para embarcaciones de la 3ra. generación de 3000 TEU
- Puesto de atraque para embarcaciones de la 4ta. y 5ta. generación de 4000 y 5000 TEU

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) PARA CONTENEDORES

- Embarcaciones 750 TEU (1ra. generación)

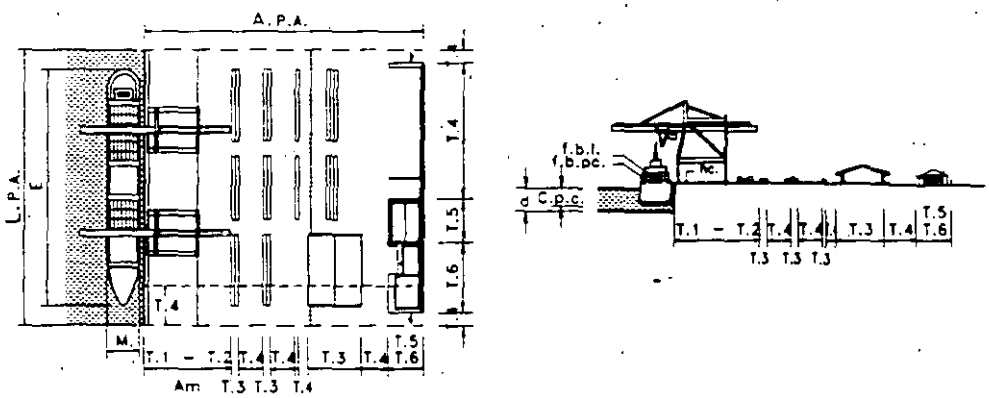


Figura 5.96 Dimensiones del P.A. para contenedores 750 TEU

El ancho del puesto de atraque lo forma la suma de varias filas de almacenamiento de contenedores (T.3), sus espacios de maniobra y circulación según el equipo (T.2 y T.4) además del ancho de cubierta del muelle (T.1 y T.2) espacio de servicios y mantenimiento (T.5 y T.6). En detalle depende del equipo específico de la operación.

A.P.A. =T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 =175 m. mínimo
L.P.A. = L = E + 1 M= 155 m. + 20 m =175 m. mínimo
S.P.A. = L.P.A x A.P.A = 3 has mínimo

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A)

L = E + 1 M = 155 m. + 20 m. = 175 m. mínimo (emb.de14,000T.P.M)
d = C.p.c + t.a = 8.40 m. + 0.60 m. = 9.00 m. mínimo
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/ 2 (se recomienda) = +3.00 m normal
h.g (Se recomienda) = + 30 m. mínimo (sobre nivel de h.c)

Ancho de Cubierta

Se considera la suma de T.1 y T.2
T.1 + T.2 = 7.00 m. + 15.00 m (con grúa convencional) = 22 m. normal

T.1 + T.2 = 23.00 m. + 15.00 m (con grúa pórtico) = 38.00 m. normal

- Embarcaciones de 1000-1500 TEU (2a. generación)

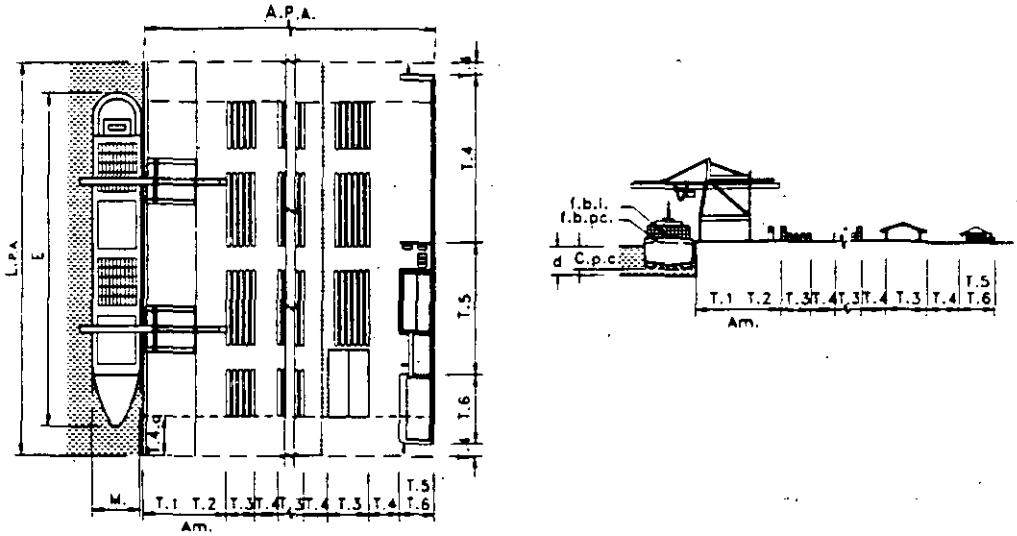


Figura 5.97 Dimensiones del P.A para contenedores 1500 TEU

Se recomienda para este puesto de atraque, considerar el frente de atraque que a continuación se detalla:

A.P.A = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 = 240 m. mínimo
L.P.A = L (se recomienda) = 250 m. mínimo
S.P.A = A.P.A x L.P.A = 6 has. mínimo

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A)

L = E + 1M = 210 m. + 31 m. aprox. 250m. min. (emb. de 30,000 TPM)
d = C.p.c + t.a = 10.50 m. + 0.60 m. = 11.10 m. mínimo
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/ 2 (se recomienda) = + 3.50 normal
h.g (se recomienda) = +30 m. mínimo (sobre nivel de h.c)

Ancho de Cubierta

Se considera la suma de T.1 + T.2
T.1 + T.2 = 37.50 m + 15.00 m = 53.50 normal.

- Embarcaciones de 3000 TEU (3ra. generación)

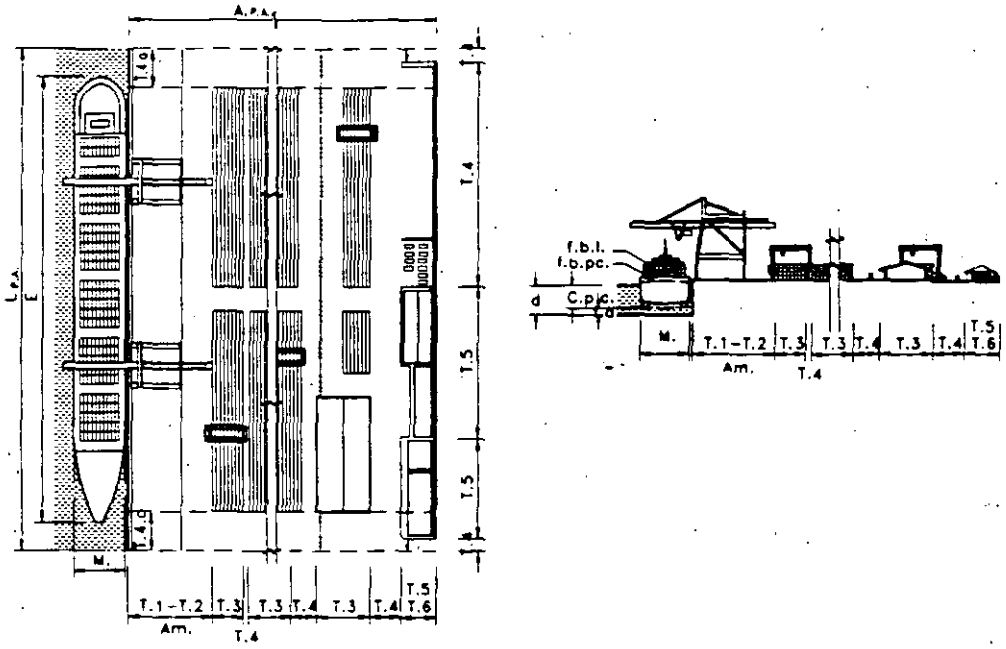


Figura 5.98 Dimensiones del P.A. para contenedores 3000 TEU

A.P.A = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 = 310 m. mínimo
L.P.A = L (se recomienda) = 320 m. mínimo
S.P.A = A.P.A x L.P.A = 10 has. mínimo

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A)

L = E + 1M = 285 m. + 32.20 m. aprox. 320 m. mínimo
(emb. de 35,000 a 40,000 T.P.M)
d = C.p.c + t.a = 11.50 m. + 0.60 m. = 12.10 m. mínimo
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/2 (se recomienda) = +3.50 normal
h.g. (se recomienda) = 30 m (sobre nivel de h.c).

Ancho de Cubierta

Se considera la suma de T.1 + T.2
T.1 + T.2 = 37.50 m + 15.00 m = 53.50 m. normal

- Embarcaciones de 4000 - 4250 TEU 4ta. generación
  Embarcaciones de 5000 TEU (futuras) 5ta. generación

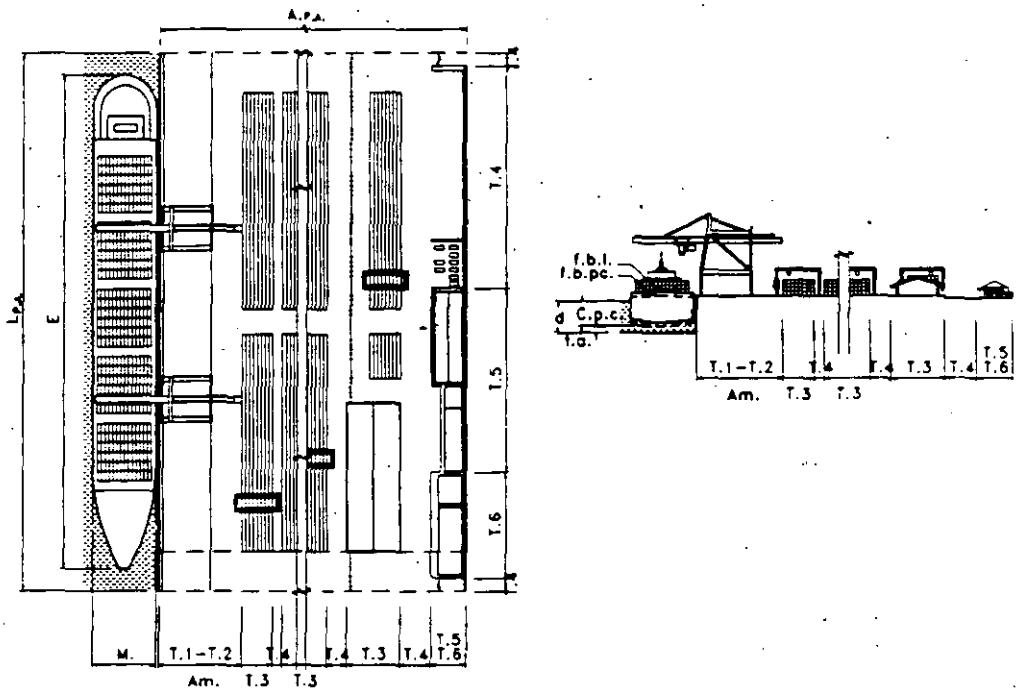


Figura 5.99 dimensiones del P.A. para contenedores 4000 a 5000 TEU

Se observa que las embarcaciones de la 4ta. generación operan actualmente en los puertos de los países desarrollados y el interés de incluirlas es para que en el futuro próximo se prevean las áreas necesarias en la creación de nuevas terminales de contenedores. A su vez es necesario a mayor plazo tomar en cuenta las tendencias que hacen prever las embarcaciones para 5000 T.E.U (5ta. generación) aquí se indican las dimensiones para ambos casos.

A.P.A = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T6 = 600 m. mínimo a 800 m. máximo
L.P.A = L = 315 m mínimo a 360 m máximo
S.P.A = A.P.A x L.P.A = aprox. 19 has. mínimo a 28.8 has. máximo.
S.P.A (se recomienda) = 22.5 has. normal.

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A)

L = E + 1M = 290 m + 32.20 m. aprox. 325 m. mínimo;
320 m + 39.60 m. aprox. 360 m. máximo.
(embarcación de 40 a 50,000 T.P).

d = C.p.c + t.a = 11.80 m + 0.60 m. aprox. 12.50 m. mínimo
= 13.00 m. + 0.60 m. aprox. 13.60 normal
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/2 (se recomienda) = +3.50 normal
h.g (se recomienda) = 30 m. (sobre el nivel de h.c)

Ancho de cubierta

Se considera la suma de T.1 y T.2
T.1 + T.2 = 37.50 m + 15.00 m = 53.50 m normal

A continuación se indican las dimensiones de las áreas T.1, T.2, T.3, T.4 y T.5 que se incluyen en los cuatro tipos de puestos de atraque de contenedores.

Estas áreas se determinan por la relación con los sistemas de operación o manipulación de los contenedores y su aplicación depende de los factores siguientes:

- Disponibilidad de terreno para el puesto de atraque.- áreas amplias o restringidas y condicionantes de resistencia del suelo para apilar.

- Adquisición y mantenimiento del equipo, debido a sus costos y a la facilidad de adquisición de refacciones y repuestos (importación del extranjero)

- Lograr una operación económica y fluida de acuerdo al equipo específico de manipulación y al proyecto de la terminal en detalle

El éxito del puesto de atraque dependerá de la selección del sistema de operación de acuerdo a los factores enunciados o de la combinación de estos sistemas.

PUESTO DE ATRAQUE	SISTEMA DE REMOLQUES-PLATAFORMAS	SISTEMA DE CARRETILLAS PORTICO	SISTEMA DE GRUAS PORTICO	SISTEMA MIXTO (COMBINACION DE LOS OTROS)
EMBARCACIONES 750 TEU (PRIMERA GENERACION)	⊕	○		⊕
EMBARCACIONES 1500 TEU (SEGUNDA GENERACION)	⊕	○	+	⊕
EMBARCACIONES 3000 TEU (TERCERA GENERACION)	○	⊕	⊕	○
EMBARCACIONES 4000 Y 5000 TEU (CUARTA Y QUINTA GENERACION)	+	⊕	⊕	

⊕ RECOMENDABLE ○ POSIBLE + CASOS ESPECIALES

Figura 5.100 Cuadro de combinación de tipos de puestos de atraque y de sistemas de manejo contenedores.

SISTEMA DE REMOLQUES Y PLATAFORMAS

Areas T.1 y T.2

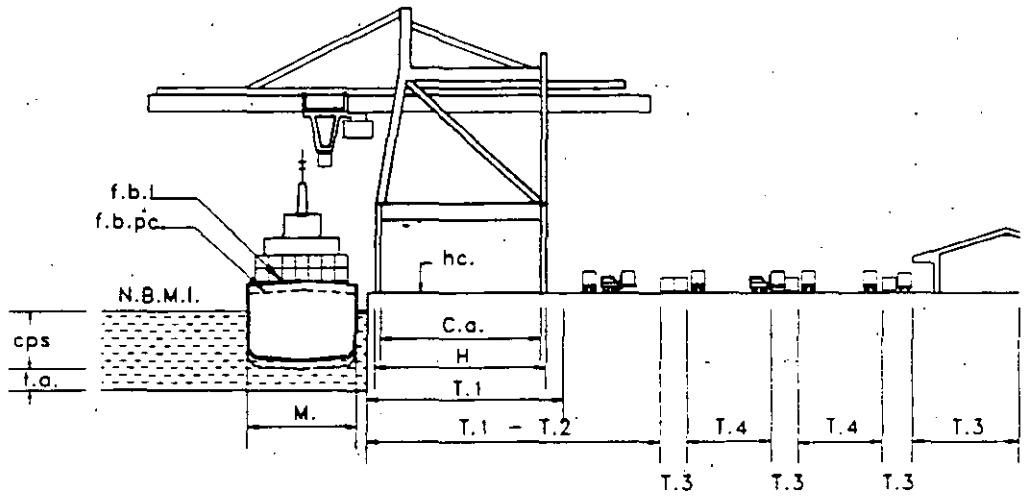


Figura 5.101 Areas T.1 y T.2 sistema de remolques y plataformas

-En Puestos de Atraque de Embarcaciones 750 TEU

T.1 con grúa convencional (de pluma) aprox. 45 tons. de capacidad

H = 7 m. normal
C.a = 3.00 aprox. 3.50 m. normal
r.g máximo = 24.5 m.

T.1 = H = 7.00 m. normal

T.1 con grúa de muelle (de pórtico) capacidad máxima de 36 tons.

H = C.a + distancia al borde del muelle y ancho patas de grúa (min. 3 m)
H = 20 + 3 m = 23.00 mínimo

T.2 se dimensiona similar a la de carga fraccionada y/o unitizada = 15.00 normal

T.1 + T.2 (con grúa convencional aprox. 45 ton) = 7.00 + 15.0 = 22 m. normal

T.1 + T.2 (con grúa de pórtico aprox. 36 tons)
T.1 + T.2 = 23.0 + 15.0 = 38.0 m. normal (recomendable)

-En Puestos de Atraque para Embarcaciones de 1500, 3000 y 4000 -5000 TEU

T.1 con grúas pórtico de 40 a 70 tons.

H = C.a + distancia al borde del muelle y ancho de las patas de grúa = 35 m. + 2.50 m. mínimo + 1.00 m = 38.50 m.

T.1 = H = 38.50 m normal

T.2 similar a carga fraccionada y/o unitizada = 15 m. normal

T.1 + T.2 = 38.50 + 15 m. = 53.50 normal

T.3 Almacenamiento

- Un nivel de apilamiento
- Dos filas (pueden ser mas filas cuando es un solo cliente).

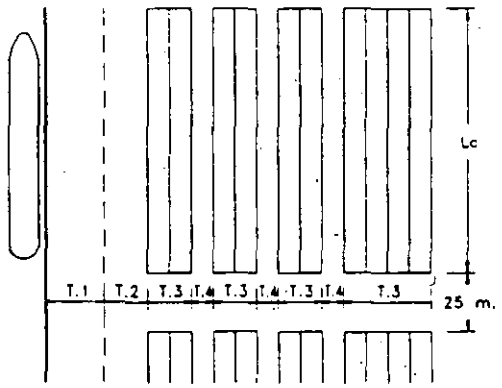


Figura 5.102 Area T.3 Sistema de remolques y plataformas

T.3 Filas de 2 contenedores. = 4.80 m.

L.c. = de acuerdo a la longitud del puesto de atraque

L.c. = L.P.A. - 25 m. mínimo

Nota. Las filas pueden ser paralelas o perpendiculares al muelle según la planeación del puesto de atraque menos 25 m. mínimo. de circulaciones de los extremos.

T.4 Vialidades, Control y Accesos

Vialidad

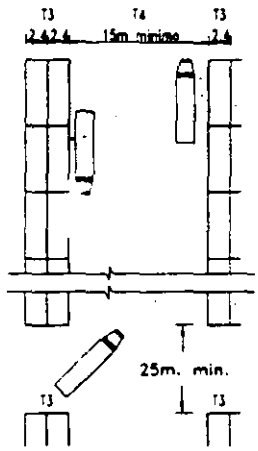


Figura 5.103 Area T.4 Sistema de remolques y plataformas

Nota. Con los 25 m de vialidad perpendicular se puede satisfacer el radio de giro de plataforma y traileres.

Para accesos y control ver área T.4 para todos los sistemas (figura 5.110)

SISTEMA DE CARRETILLAS PORTICO.

Areas T.1 y T.2

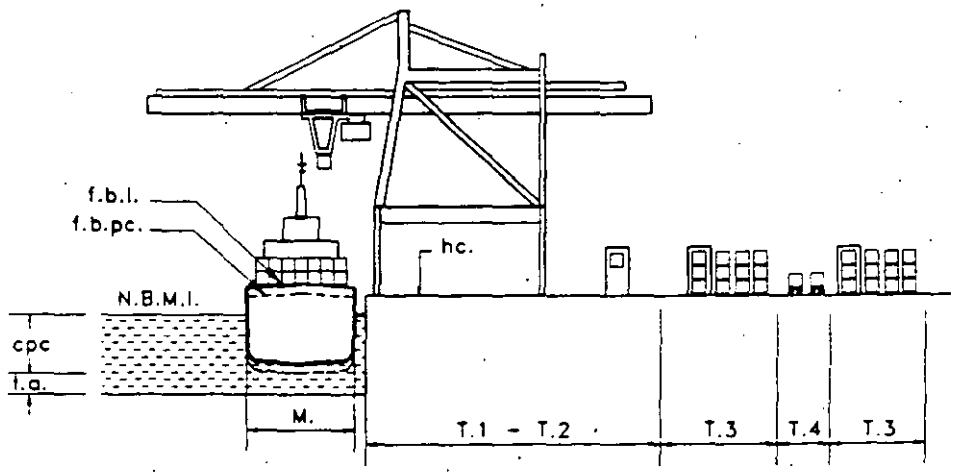


Figura 5.104 Areas T.1 y T.2 sistema de carretillas-pórtico

- En Puestos de Atraque de Embarcaciones 750 TEU

T.1 con grúa convencional (de pluma) aprox. 45 tons. de capacidad

H = 7 m. normal
r.g máximo = 24.5 m.
C.a = 3.00 aprox. 3.50 m. normal
T.1 = H = 7.00 m. normal

T.1 con grúa de muelle (de pórtico) capacidad máxima de 36 tons.
H = C.a + distancia al borde del muelle y ancho patas de grúa (mínimo 3 m.)
H = 20 + 3 m. = 23.00 mínimo

T.2 se dimensiona similar a área fraccionada y/o unitizada = 15.00 normal

T.1 + T.2 (con grúa convencional aprox. 45 tons) = 7 + 15 = 22 m. normal
T.1 + T.2 (con grúa de pórtico aprox. 36 tons) = 23 + 15 = 38 m normal (recomendable)

- En Puestos de Atraque para Embarcaciones 1500, 3000 y 4000 - 5000 TEU

T.1 con grúas pórtico de 40 a 70 tons.
H = C.a + distancia al borde del muelle y ancho patas de grúa = 35 m + 2.5m. mínimo + 1.00 m = 38.50 m
T.1 = H = 38.50 m. normal
T.2 similar a carga fraccionada y/o unitizada = 15 m. normal
T.1 + T.2 = 38.50 + 15 m. = 53.50 normal

T.3 Almacenamiento

Dos o tres niveles de apilamiento

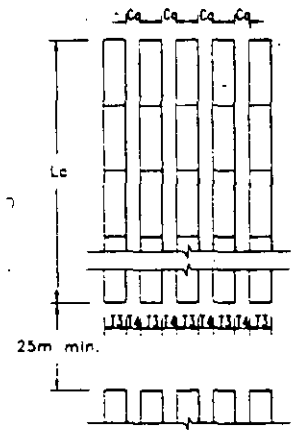


Figura 5.105 Area T.3 Sistema de carretillas-pórtico 2 o 3 niveles de apilamiento

Número de filas de acuerdo a la planeación que se realice
Dos o tres niveles de apilamiento según el tipo de carretilla

T.4 Vialidad, Control y Accesos

Vialidades. Espacio para las ruedas de la carretilla Ca = 1.50 m. mínimo

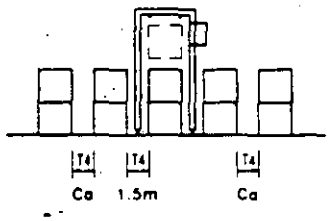


Figura 5.106 Area T.4 sistema de carretillas-pórtico

Para accesos y control ver área T.4 para todos los sistemas (figura 5.110)

SISTEMA CON GRUAS DE PORTICO DE PATIO

Areas T.1 y T.2

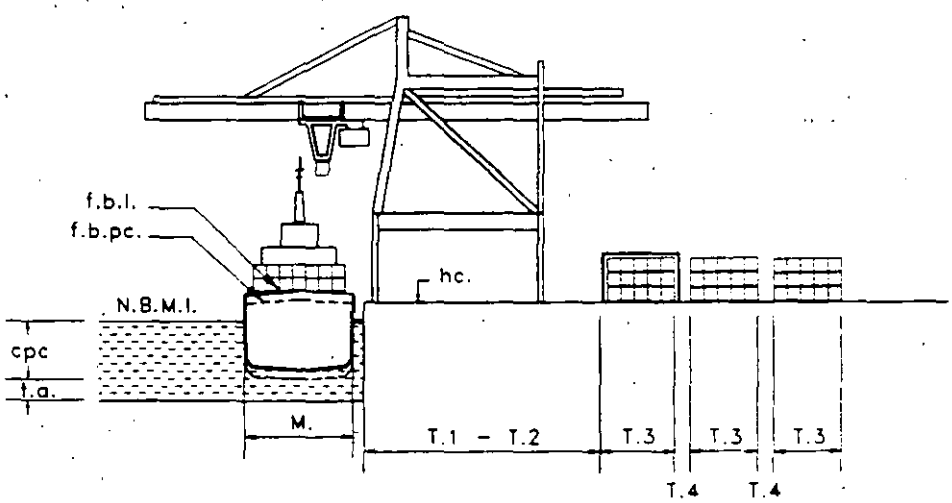


Figura 5.107 Areas T.1 y T.2 sistema con grúas de pórtico de patio

-En Puestos de Atraque para Embarcaciones 1500, 3000 y 4000-5000 TEU

T.1 con grúas pórtico de 40 a 70 tons.
H = C.a + distancia al borde del muelle y ancho patas de grúa = 35 m + 2.5m. mínimo + 1.00 m = 38.50 m

T.1 = H = 38.50 m. normal

T.2 similar a carga fraccionada y/o unitizada = 15 m normal

T.1 + T.2 = 38.50 + 15 m = 53.50 m. normal

T.3 Almacenamiento

- Apilamiento máximo: 5 niveles con grúa sobre rieles
- Apilamiento máximo: 4 niveles con grúa sobre neumáticos.
- Número de filas: 4 a 8, según el tipo de grúa pórtico.

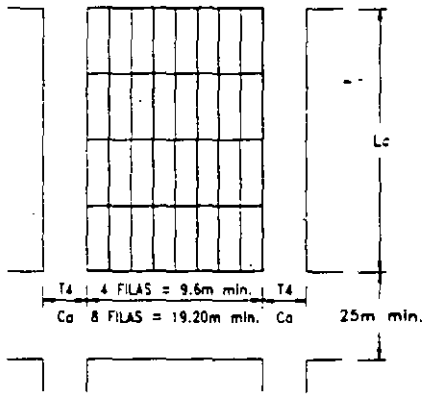


Figura 5.108 Area T.3 sistema con grúas de pórtico de patio

Lc = Longitud del puesto de atraque menos 25 m. mínimo

T.4 Vialidades, Control y Accesos

Vialidades

Carril de grúa de 40 tons (max.), T.4 = 3.00 m. mínimo preferible 3.60 m
Carril entre bloques de filas = 25 m. mínimo

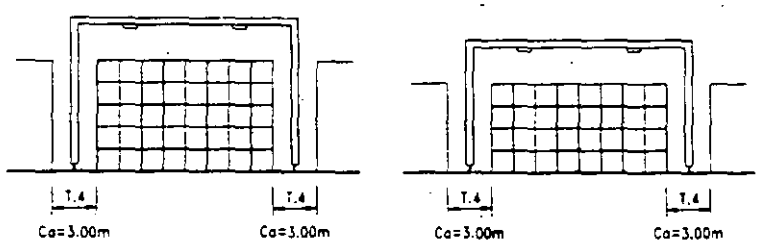


Figura 5.109 Area T.4 sistema con grúas de pórtico de patio

Para accesos y control ver área T.4 para todos los sistemas (figura 5.110)

Para contenedores especiales y refrigerados.

- Filas y niveles según el sistema-equipo, adicionandoles las redes y conexiones eléctricas.

- Se ubican en sitios separados de las filas normales de contenedores.

PARA TODOS LOS SISTEMAS

Condicionantes generales para los puestos de atraque de contenedores:

- Productividad con 2 grúas de muelle para cada puesto de atraque = 450 contenedores/24 hrs. (experiencia según estadísticas manual ONU-UNCTAD)

- Se considera como una operación eficiente en las áreas de tierra:

  Clasificación y separación de los contenedores eficiente, según su tipo, peso, origen-destino, tanto de llegada como de salida y sus frecuencias.

  Contar con espacios para contenedores dañados y vacíos así como inservibles (en patios y los lugares de reparación)

- Período de estancia de los contenedores en el puesto de atraque (similar a la carga general): (Importación.- 7 días; exportación.- 5 días; vacíos.- 20 días)

- Para la planeación de áreas de almacenamiento en el Manual ONU-UNCTAD, se cuenta con gráficas para calcular las superficies totales según el movimiento y operación del puesto de atraque.

- Superficie necesaria por c/TEU según sistema, equipo y niveles de apilamiento:

Equipo	Niveles TEU	m² POR C/TEU
Chasis	1	65 m2
Carr. Pórtico	1	30 m2
Carr. Pórtico	2	15 m2
Carr. Pórtico	3	10 m2
Grúa Pórtico	2	15 m2
Grúa Pórtico	3	10 m2
Grúa Pórtico	4	5 m2

Areas T.3

- Bodega de Consolidación

Objeto: Cargar y descargar el contenido de los contenedores.

Acciones: Llenar, vacíos, consolidar y clasificar los contenedores para su envío.

Dimensiones: Similares a las bodegas de tránsito de la carga fraccionada y/o unitizada. Recomendaciones de su área según la experiencia (manual ONU-UNCTAD) varía de 3,500 a 7,800 m2 por cada puesto de atraque; localización próxima a los accesos terrestres, puertas con vanos mínimos de 5.0 x 5.0 m con andenes y aleros en ambos lados de la recepción de la carga o contenedor.

- Almacenamiento de Contenedores Vacíos

Dimensiones: variables, dependen de la exportación-importación. Localización: Alejados de los frentes de atraque y de las áreas de almacenamiento de contenedores en tránsito en patios con accesos fluidos.

- Controles de Acceso

Similares a los puestos de atraque de carga fraccionada y/o unitizada (ver figura 5.88).

Módulo mínimo de 2.40 m x 3.60 m (una oficina y un sanitario).

- Entradas

El mismo gálibo del autotransporte o ferrocarrril para el puesto de atraque de carga general, pero adicionada una pasarela superior para inspección.

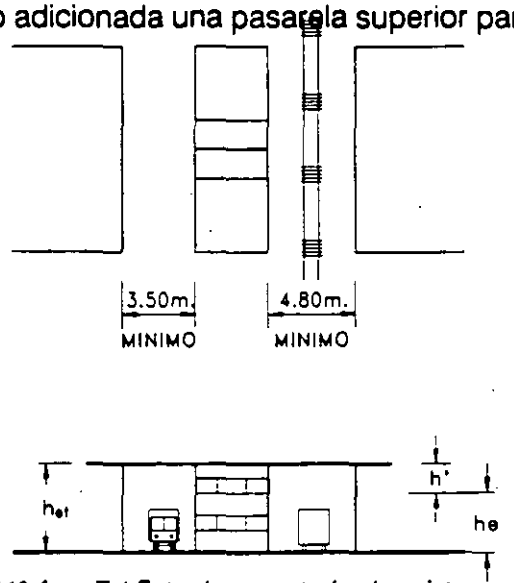


Figura 5.110 Area T.4 Entradas para todos los sistemas

Carril para autotransporte
C.a = 3.50 m. mínimo

Carril de ferrocarril
C.a = 4.80 m. mínimo

he = 5.00 m. mínimo
h' = 2.50 m. mínimo
het = 7.50 m. mínimo

- Estacionamiento de autotransportes, similar al puesto de atraque de carga fraccionada. Ver figura 5.91

Area T.5 Mantenimiento, Reparación de Equipo y Contenedores

Para todos los sistemas de traslación y diversos tipos de puesto de atraque se requiere:

Taller de mantenimiento que comprende:
- Sección de reparación de contenedores.
- Sección mecánica, que incluye grúa corrediza para piezas pesadas
- Sección de pruebas de tracción
- Sección mecánica de motores de combustión (con fosas y elevadores hidráulicos)
- Sección eléctrica y de acumuladores
- Sección electrónica
- Patio de lavado (o pórtico) de chasis y contenedores

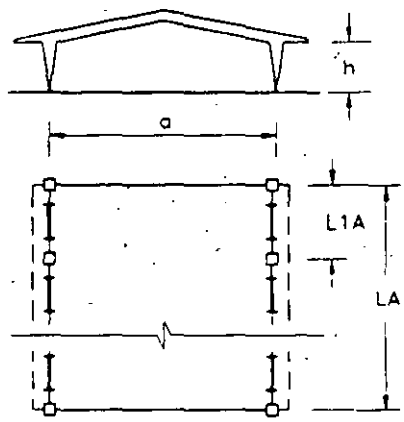


Figura 5.111 Area T.5 Mantenimiento, reparación de equipo y contenedores

a = 20 m. mínimo
h = 6 m. mínimo
h = 10 m. mínimo en la sección de vehículos de combustión
LA = variable
L1A = 6 m. mínimo

Puertas
a1 = 6 m. mínimo
h = 6 m. mínimo

PARA TODOS LOS SISTEMAS.

- Almacén de Equipo

- Descubierto en patios cercados
- Cubierta en pórticos según el tipo de equipo
- Dimensiones: Variables

- Almacén de repuestos y oficina de la unidad de servicio y mantenimiento

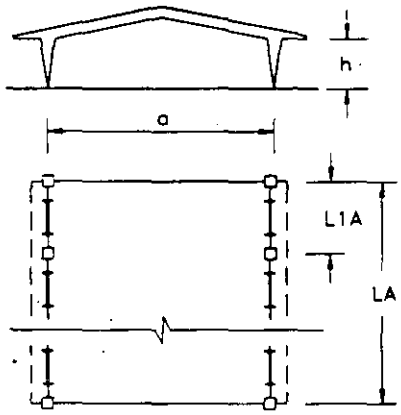


Figura 5.112 Almacén de repuestos (mantenimiento)

a = 10 m. mínimo
h = 5 m. mínimo
L1A = 5 m. mínimo
L.A = Variable

- Puertas de Acceso: Dimensiones variables

5.3.5.3 Puestos de atraque para terminales polivalentes (varias operaciones)

Los puestos de atraque polivalentes con sus respectivos frentes de atraque han surgido como terminales de transición de los movimientos de carga fraccionada y unitizada al movimiento por contenedores y de graneles específicos, que al aumentar considerablemente se hará necesario contar con TERMINALES ESPECIALIZADAS DE CONTENEDORES O DE GRANELES cuando se justifiquen económicamente. Lo anterior sucede en

particular en los países en desarrollo como el caso de nuestro país. Esta transición de acuerdo con experiencias captadas por la UNCTAD no se realiza en forma inmediata, si nó a través de fases de expansión del puerto según el desarrollo económico a nivel nacional, regional y continental.

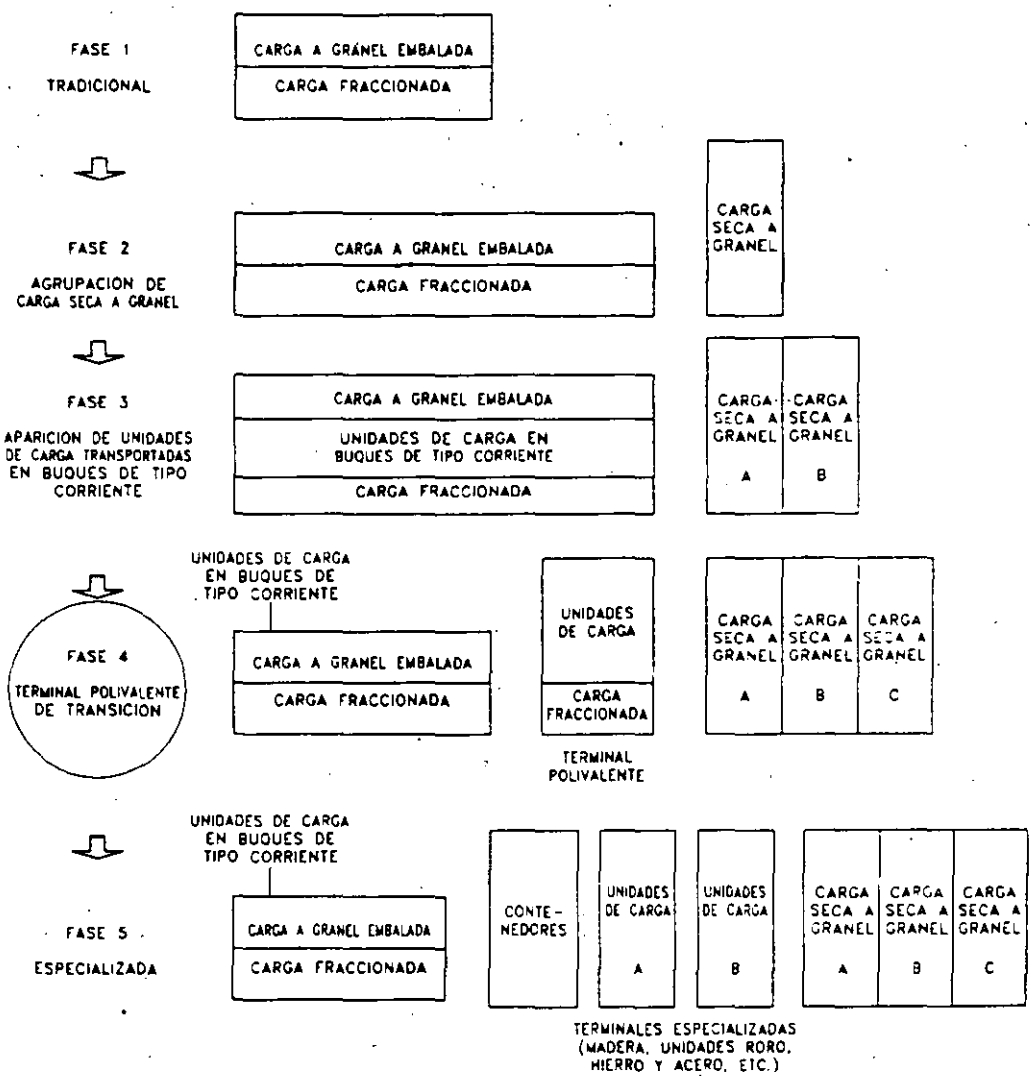


Figura 5.113 Fases de un puerto (en expansión).

La fase 4 de la figura, da lugar a la terminal polivalente, cuya función específica es proporcionar instalaciones para operar la carga eficientemente por un período (en ocasiones de muchos años), durante el cual podrán dar servicio a buques de carga general con cargas diversas transportadas por plataformas pre-eslingadas como son: productos de acero de gran tamaño, automóviles, maquinaria pesada, etc. además de carga fraccionada a base

de paletas (palets) como los: graneles en sacos, y contenedores. Esta operación múltiple de la carga significa también contar con equipo portuario variado y adaptable a la evolución de las fases mencionadas, previendo pueda convertirse en lo posible en una terminal especializada.

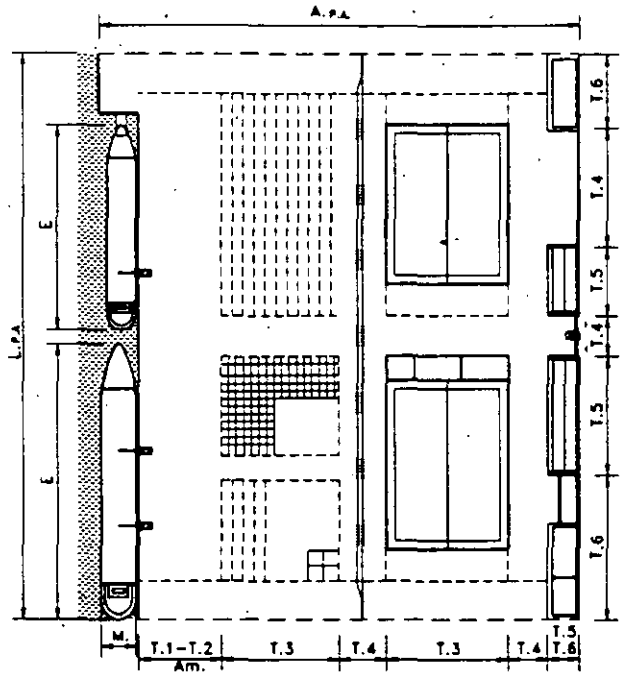


Figura 5.114 Terminal polivalente (de dos puestos de atraque).

Se recomienda que esta Terminal Polivalente, cuente con dos frentes de atraque para dar servicio a las diversas embarcaciones, con los condicionantes de tener el almacenamiento de tránsito cubierto (bodegas), alejado de la línea de atraque para dar lugar a que la zona inmediata al muelle se destine para maniobrar con grúas de pórtico y cuente con una zona de patios de almacenamiento próximos que indistintamente puedan operar carga fraccionada, unitizada, especial o contenedores, incluyendo las maniobras por rodadura Roll-on Roll-off (Ro.Ro); también se incluyen amplias áreas para la maniobra del autotransporte y ferrocarril que se sitúan atravesando esta terminal, así como el contar con la rampa para el Ro/Ro.

Por lo anterior se plantea el siguiente dimensionamiento:

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) POLIVALENTE

- Alternativa 1 : Doble Para Atender Barcos Simultáneamente.

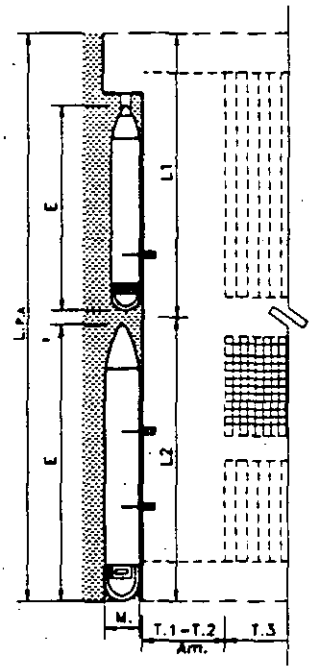


Figura 5.115 Muelle o frente de atraque. Terminal polivalente (alternativa 1)

A.P.A. = T1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 = 280 m. normal

L.P.A. = L (incluyendo rampa Ro.Ro) = 450 m. normal

S.P.A. = L.P.A x A.P.A = 12.5 has normal.

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

L.P.A. = L1 + L2 + rampa Ro.Ro
L1 = E + 1M = 187 + 22 = 209 m. mínimo (emb. de 20,000 T.P.M)
L 2 = E = 187 m. mínimo (emb. de 8,000 T.P.M)

L.P.A. = 209 m. + 187 m. + 38 (rampa) = 434 aprox. 450 m. normal

d = C.p.c + t.a = 10.30 m + 0.60 m = 11 m. normal (emb. 20,000 TPM)
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/2 (se recomienda) = +3.50 m máximo.
h.g (similar a puestos de atraque de contenedores se recomienda)
= +30 m (referencia sobre nivel de h.c).

- Alternativa 2 : Un Solo Puesto de Atraque

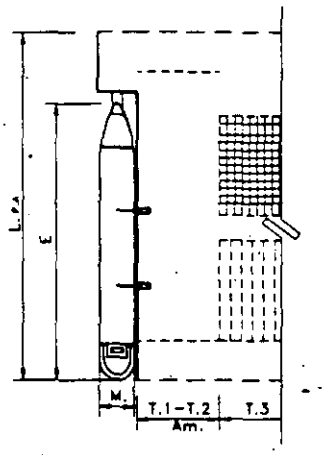


Figura 5.116 Muelle frente de atraque. Terminal polivalente (alternativa 2)

A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 se recom. = 280 m. normal

L.P.A. = L (incluyendo rampa Ro.Ro) = 250 m. normal (210 m. mínimo)

S.P.A. = A.P.A. x L.P.A. = 7 has. normal (5.20 has. mínimo)

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A)

L = E + 1M + Rampa Ro.Ro = 187 + 22 + 38 = aprox. 250 m. normal (emb. de 20,000 T.P.M)
L = 150 + 20 + 30 = aprox. 210 m. mínimo
d = C.p.c + t.a = 10.30 m. + 0.60 m. = 11 m. normal
d = = 8.30 m + 0.60 m = 9.0 m. mínimo
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/ 2 se (recomienda) = +3.50 m. máximo

PARA LAS DOS ALTERNATIVAS DE LOS PUESTOS DE ATRAQUE

Ancho de cubierta T.1 + T.2

Se recomienda similar al puesto de atraque de contenedores (1500 a 4000 TEU) por la posibilidad de evolucionar al polivalente.

T.1 + T.2 = 53.50 m. normal.

Areas T.1 y T.2

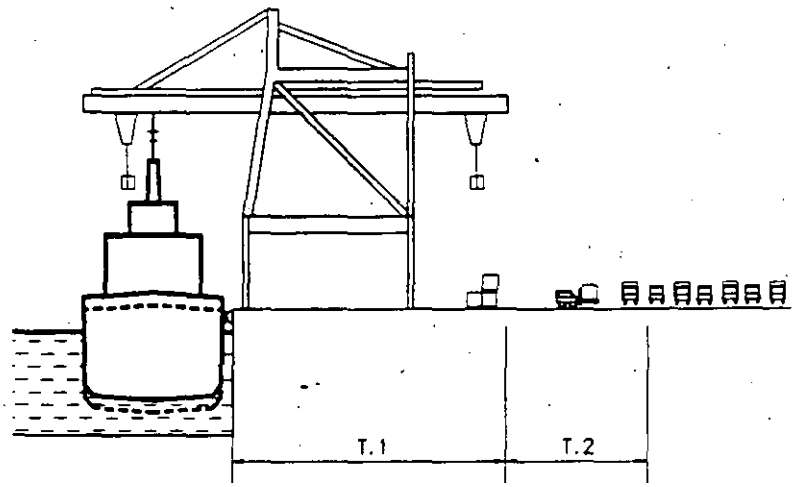


Figura 5.117 Sistema con grúa pórtico en muelle

Para T.1 y T.2, previniendo las fases de desarrollo de este puesto de atraque, se dimensiona similar a los puestos de atraque de contenedores tipos 2da. a 4ta. generación.

T.1 = 38 m. normal; T.2 = 15 m. mínimo

Ancho de cubierta del muelle T.1 y T.2 = 53.50 m. mínimo

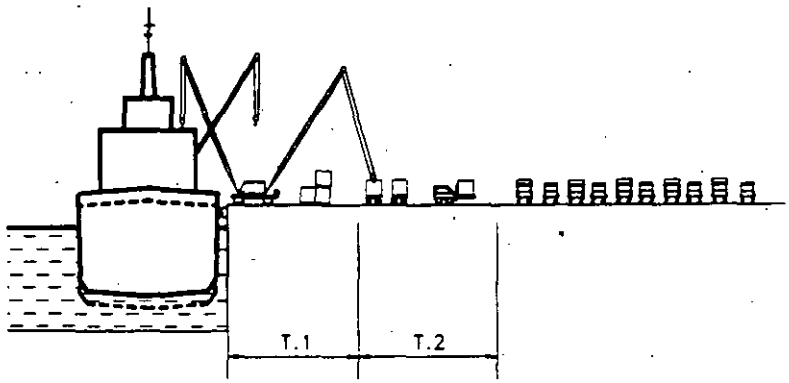


Figura 5.118 Sistema con grúas móviles

T.1 Se dimensiona de acuerdo a la grúa pórtico del muelle para contenedores

T.2 Se dan las dimensiones de acuerdo al sistema de traslación a base de plataformas-remolques (mayor espacio) = 15 m. mínimo.

Por los tipos de embarcación se recomienda T.1 + T.2 = 52.50 m. (similar al puesto de atraque de contenedores tipos 2a. a 4ta generación.

- Se anota el requerimiento para la descarga del barco de una caseta de control y anexa una báscula (ver T.4.) inmediato a la rampa en esta zona T.2

- En el caso de embarcación que pueda maniobrar carga unitizada o contenedores, el área T.2 tiene el ancho suficiente para colocar grúas de muelle y equipo de traslación de carretillas pórtico o montacargas para almacenar debidamente.

Areas T.3 Almacenamiento

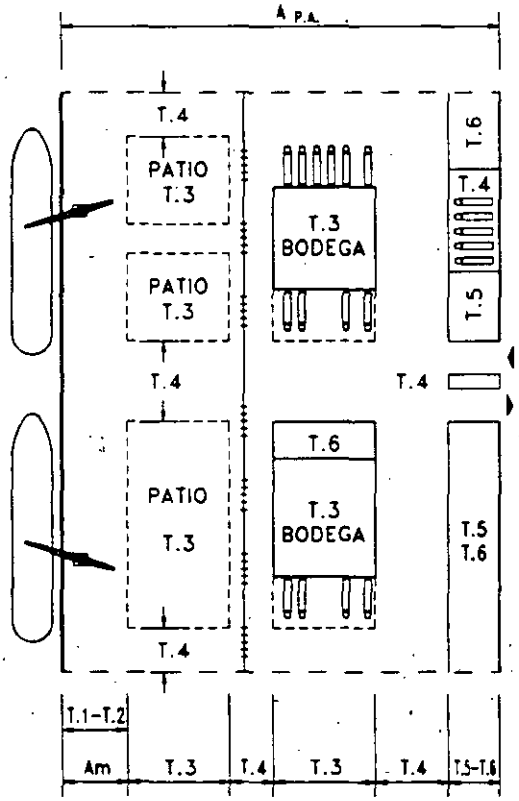


Figura 5.119 Area T.3 Almacenamiento terminales polivalentes

Para el almacenamiento inmediato al frente de atraque se recomienda:

T.3 = 75 m, mínimo; para usarlo indistintamente para almacenar carga fraccionada y/o unitizada o contenedores, según el tipo de equipo.

T.3 Bodegas de tránsito para carga fraccionada y/o unitizada (ver dimensiones, figura. 5.86) aunque se observa que la localización en detalle

depende de la planeación; se localizan después de los patios inmediatos al frente de atraque, para que en la última fase de desarrollo éste se convierta en puesto de atraque de contenedores.

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos, Controles y Accesos

- Vialidad para autotransporte y posibilidad del ferrocarril con su espuela.

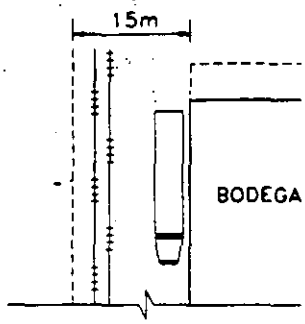


Figura 5.120 Vialidades. Terminales polivalentes

- Estacionamientos

Similares a los puestos de atraque de carga unitizada y/o fraccionada (ver figura 5.91).

- Control

Módulo similar a carga fraccionada y/o unitizada 2.40 x 3.60 m. por cada oficina de empresa y autorizados. (ver figura 5.88)

- Entradas

Similar a los puestos de atraque de contenedores, ver figura 5.110

C.a = 3.50 de carril de contenedores
C.a = 4.80 para vía de ferrocarril
he = 5 m. mínimo sin operar

het = 7.50 m. mínimo (con pasarela para revisar los contenedores y/o vehículos con contenedores en dos niveles).

Carril de circulación, vialidad perpendicular al frente de atraque
C.a = 25 m. mínimo previendo cualquier equipo de traslación

En ambos accesos e inmediato a ellos se colocan las básculas para el pesado de los vehículos.

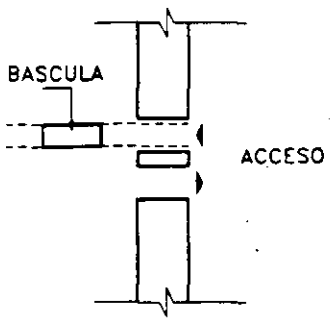


Figura 5.121 Control de accesos. Terminales polivalentes

Areas T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo y Maquinaria

- Taller de mantenimiento y reparación.

Similar al del puesto de atraque de contenedores, (ver figura 5.111) con sus secciones:

- Sección mecánica de motores
- Pruebas de tracción; eléctrica, electrónica, reparación de contenedores

a = 20 m. mínimo
h = 6 m. mínimo
h1 = 10 m. mínimo (en sección de reparación de autotransporte).
L A = Variable
L1A = 6 m. mínimo

puertas
a1 = 6 m. mínimo
h = 6 m. mínimo

- Almacén de Repuestos.

Similar al puesto de atraque de contenedores (ver figura 5.112)

a = 10 m. mínimo
h = 5 m. mínimo
LA = Variable
L1A = 5 m. mínimo

- Almacén de Equipo, Maquinaria y Vehículos

Similar al puesto de atraque de contenedores: En patio cercado en pórtico según el tipo de equipo (ver figura 5.94).

5.3.5.4 Puestos de atraque para buques de operación por rodadura (Roll-on, Roll-off, denominado Ro.Ro).

A similitud del movimiento especializado de contenedores, los frentes de atraque o muelles dependen de las condicionantes del puesto de atraque, por lo que se anotan las siguientes consideraciones.

. Previsión del transbordo de la carga:

a) Transbordo por rodadura
b) Transbordo por transporte
c) Transbordo por elevación

Dentro de estas 3 modalidades se abarcan en el transbordo:

a) Por Rodadura

- Contenedores sobre remolques-chasis, con o sin tractor
- Cargas similares a contenedores sobre remolque o semirremolque de carretera, con o sin tractor.
- Cargas sobre ruedas: camiones, turismos, autobuses (constituyen por si mismos la carga)

b) Por Transporte

- Contenedores transportados y colocados en su lugar por montacargas, o carretillas pórtico (stradie carriers).
- Otras unidades de carga específicas, v.gr. maderas embaladas.
- Carga General transportada por montacargas, estibada en bodegas, incluso con palets (también puede transbordarse por rodadura con remolques y luego apilarse).

c) Por Elevación

- Operaciones normales con contenedores en cubierta o en compartimientos especiales.

. La mayor parte de las embarcaciones Ro.Ro existentes transportan la carga combinando las siete modalidades anteriores, aunque se observa que en mayor porcentaje es de contenedores sobre remolques-chasis, sobre ruedas, y algunas cargas específicas por lo que se deben prever estas cuatro con mayor énfasis.

Embarcaciones.- Existe tendencia a contar con buques transoceánicos Ro.Ro pues para 1980 ya operaban regularmente en 40 países y existían 80 buques, de los cuales 39 ya pasaban de 10,000 T.P.M.

Se estima que el sistema Ro.Ro es muy conveniente para los países en desarrollo debido su flexibilidad en la operación, porque requieren pocas instalaciones especializadas y pueden ser rentables en puertos pequeños, aunque es difícil de pronosticar el tipo específico de barco.

El puesto de atraque se puede equipar rápidamente con relación a otros sistemas y sólo es necesario buenos accesos y zonas de almacenamientos adecuados. La planeación debe ser muy flexible para prever adaptaciones.

Las áreas de agua serán buscando las zonas más calmadas dentro de un puerto por la operación de la embarcación, previniendo también el tipo de muelle más conveniente: en esquina (ver figuras 5.55 y 5.116 muelles.)

PUESTO DE ATRAQUE (P.A) TERMINAL Ro.Ro.

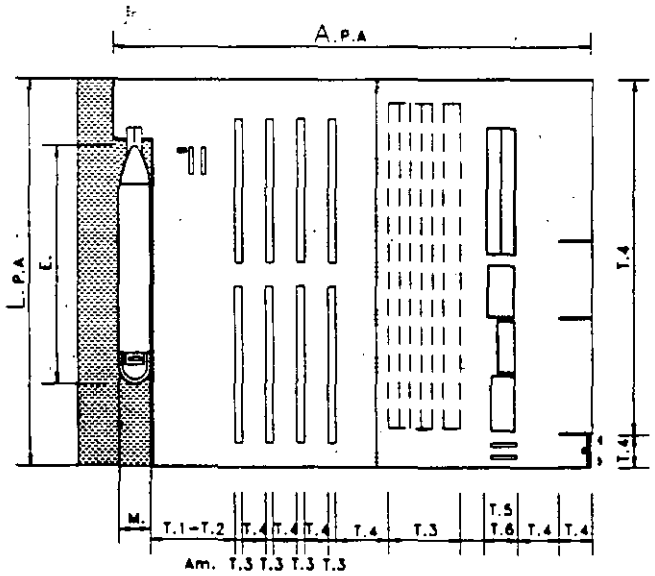


Figura 5.122 Puesto de atraque P.A. Terminal Ro.Ro.

A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 = 280 m (similar a la polivalente)
L.P.A. = L (incluye rampa Ro.Ro.) = 210 m. mínimo
S.P.A. = L.P.A. X A.P.A. = 5.20 Has. mínimo.

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

L= E + 1M + Long. de la rampa = 150 + 20 + 38 = 210 m. mínimo
d=Cpc + t.a. = 8.30 + 0.60 = 9 m. mínimo
hc= (f.b.l. + f.b.p.c.)/2 (se recomienda) = +3.00 m.

Ancho de la cubierta T.1 y T.2

Se recomienda similar al puesto de atraque de contenedores (2a. generación) =53.50 m.

Areas T.1 y T.2

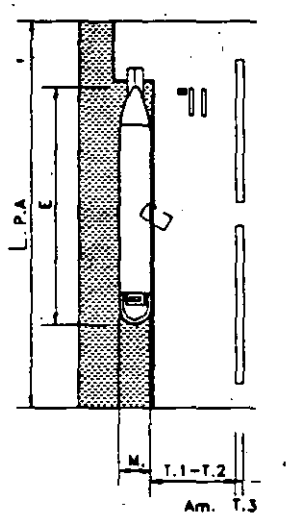


Figura 5.123 Areas T.1 y T.2 Ro.Ro.

Condicionantes Generales:

- La salida de vehículos y carga del buque debe ser lo más rápida y fluida.

- La maniobra de carga de la embarcación requiere mayor tiempo, por lo que su flujo necesita de estacionamientos de vehículos, además de que la llegada de vehículos-carga es intermitente al puesto de atraque (para que cuando arribe la embarcación este completo el volumen que va a cargar).

La rampa (de la embarcación o del muelle) de un solo carril será = 5 m. mínimo; de dos carriles = 9 m.

Pendientes de la rampa, en el proyecto se tomará en cuenta el nivel de marea baja mínima y alta máxima, se anota que existen 2 tipos de rampas:

a) Las que libran niveles de 0.25 m. a 1.75 m y

b) las que libran de 1.50 m. a 3.00 m. En ambos casos las pendientes recomendables son:

En área de tierra	1:10 máximo
En área de transición	1:8 máximo
En la embarcación	1:6 máximo

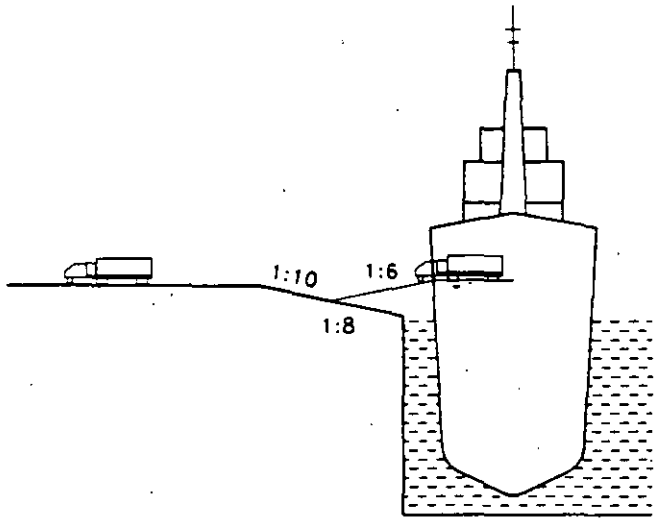


Figura 5.124 Rampa Ro.Ro

- Aspectos Complementarios de los Frentes de Atraque Ro.Ro.

Rampa Giratoria

La rampa forma un puente ajustable, como una calzada suspendida, articulada en el extremo de tierra y apoyada cerca del otro extremo que une el acceso de tierra con el buque.

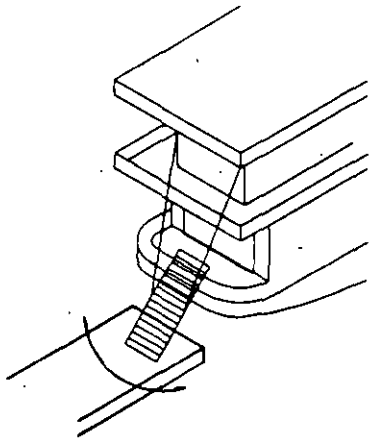


Figura 5.125 Rampa giratoria Ro.Ro.

Rampa Flotante

Para variaciones importantes de marea (más de 5.00 m) se utiliza la rampa flotante, que es un sistema que funciona con menores mareas muy bien y su inconveniente son los altos costos.

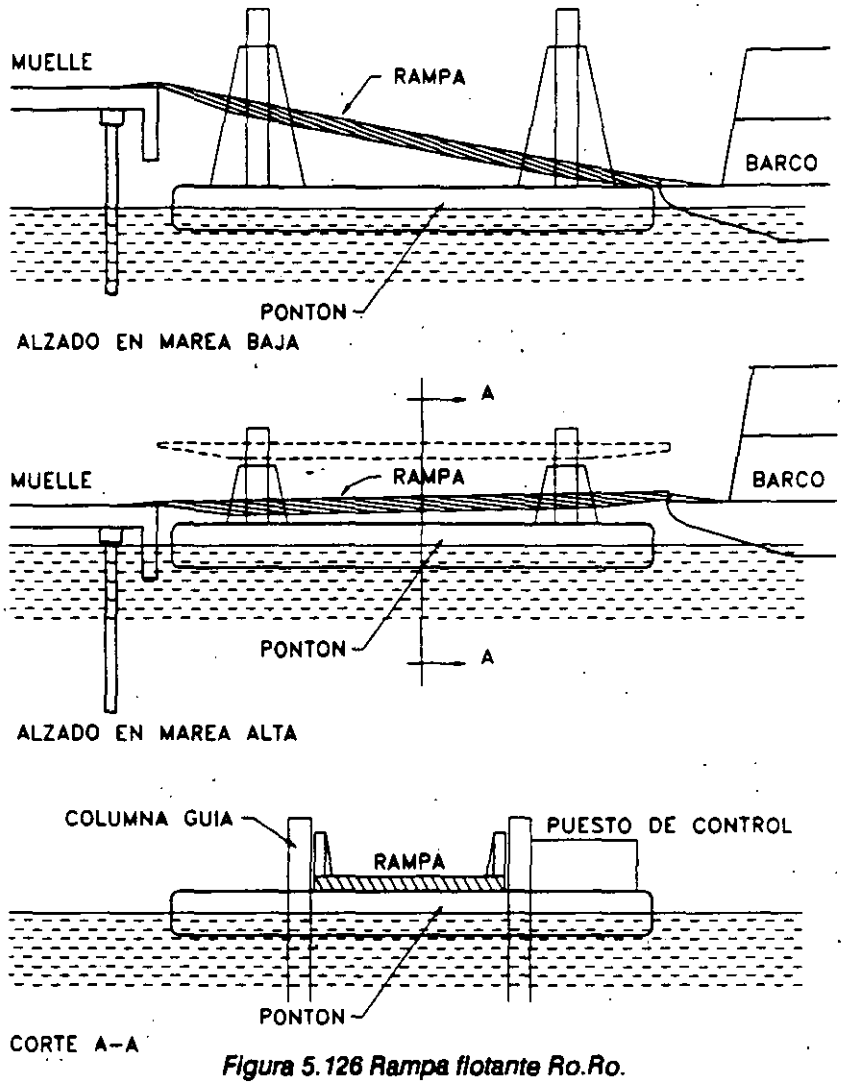


Figura 5.126 Rampa flotante Ro.Ro.

Area T.3 Almacenamiento

Para vehículos traileres plataformas y remolques (patio de vehículos)

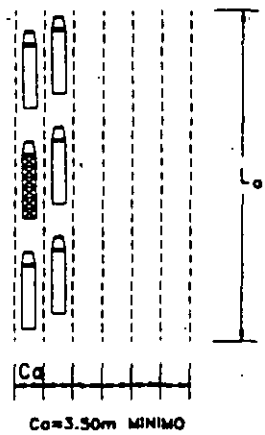


Figura 5.127 Patio de vehículos

L.A = variable, depende de la longitud del puesto de atraque restando las vialidades perpendiculares.

T.3 Para carga unitizada o para contenedores

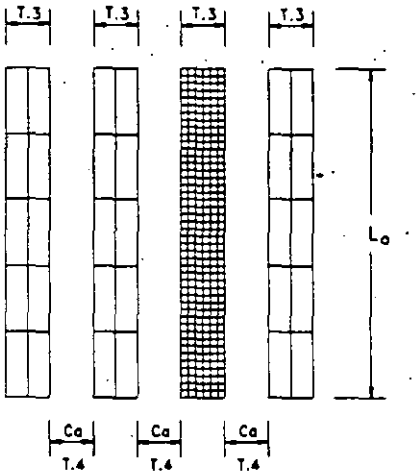


Figura 5.128 Almacenamiento para contenedores

El ancho de cada fila dependerá del equipo con que se haga el almacenamiento (según sea también carga fraccionada y/o contenedores).

La longitud de patio es variable de acuerdo a la longitud del puesto de atraque

Area T. 4 Vialidades, Accesos, Estacionamientos y Controles

- Vialidades similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada (ver figura 5.92).

Ancho de Carril: 12 m. mínimo y 15 m. recomendable.

- Accesos

Similar a los puestos de atraque de contenedores (ver figura 5.110)

C.a = 3.50 m. para autotransportes
C.a = 4.80 m. para ferrocarril

Acceso por Mar (desde la rampa del barco)

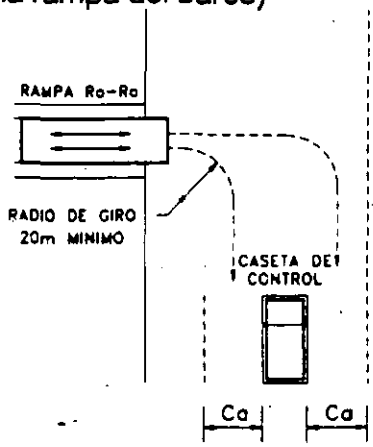


Figura 5.129 Acceso de mar (desde la rampa del barco)

C.a = 3.50 m. mínimo

- Estacionamientos

Similares a los puestos de atraque de carga unitizada y/o fraccionada, ver figura 5.91

- En batería: Le = 20 m. mínimo; ancho av = 3.50 m. mínimo
- En cordón: Le = variable según No. de vehículos; ancho av = 3.5 m. mínimo

- Control de Accesos

Similar a los puestos de atraque de contenedores (ver figura 5.88).

- Se recomiendan 2 carriles de entrada y dos de salida para auto transportes para agilizar el acceso.

Area T.5 Mantenimiento y Reparación

Equipo y Maquinaria

Taller de reparación y mantenimiento de vehículos considerando:

- Sección mecánica
- Sección eléctrica

Taller mecánico en general de equipo
Taller de reparación de contenedores
Patio de lavado de pórtico, de vehículos y contenedores.

Almacén de repuestos y refacciones de vehículos, equipo y contenedores, oficina de control de mantenimiento y reparación.

Las dimensiones en su caso, son similares a los del puesto de atraque de contenedores (ver figura 5.112)

5.3.5.5 Puestos de atraque para carga a granel.

Generalidades

Se conoce como "carga a granel " aquella que para su operación se carga y descarga en forma suelta.

Los productos que caracterizan el granel y que casi sin excepción se transportan en cargas completas de los buques son: mineral de hierro, cereales, carbón, mineral, bauxita y fosfatos.

Clasificación

- Exportación o salida del producto (Carga del buque)	- Minerales - Cereales
- Importación o entrada del producto (Descarga del buque)	- Minerales - Cereales

Características

Su emplazamiento se realiza tomando en cuenta:

. Profundidad del área de agua por el tamaño de embarcaciones

. No requieren situarse en centros (o cercanos a ellos) de actividad comercial del país.

. Se localizan regionalmente y con buenas comunicaciones terrestres, de acuerdo a la exportación de recursos minerales o agrícolas o bien a las zonas industriales (en el primer caso es por la exportación de productos y en el segundo por los insumos necesarios).

. Requieren en su operación un ritmo alto de carga o descarga del buque y por lo tanto una alta mecanización, (de la cual depende

preponderantemente el dimensionamiento del área terrestre) y la ocupación del puesto de atraque puede ser relativamente baja, únicamente evitando estadías.

El frente de atraque de acuerdo a la mecanización, puede estar situado en forma remota (hasta 1 Km) de su área terrestre cuando lo justifique el aspecto físico-económico.

Las terminales a granel se diferencian por su mecanización y en general por su sistema de operación en: Puestos de atraque de carga (para la exportación o salida de la carga del puerto) y de descarga (para la importación o entrada de productos al puerto) lo anterior se refiere a la carga o descarga de la embarcación.

- TERMINALES A GRANEL DE EXPORTACION O SALIDA DEL PRODUCTO

Los sistemas de carga en su operación son sencillos en comparación con los de descarga, pues consisten en un sistema de transferencia, un elevador y la fuerza de la gravedad para cargar la embarcación. Los cargadores pueden situarse junto a la escotilla del barco recibiendo el material de los transportadores (de gran capacidad), elevando el producto y haciendolo llegar por un pescante que sube y baja según la altura de cubierta para llenar la escotilla (o bien se usan cucharas prensoras).

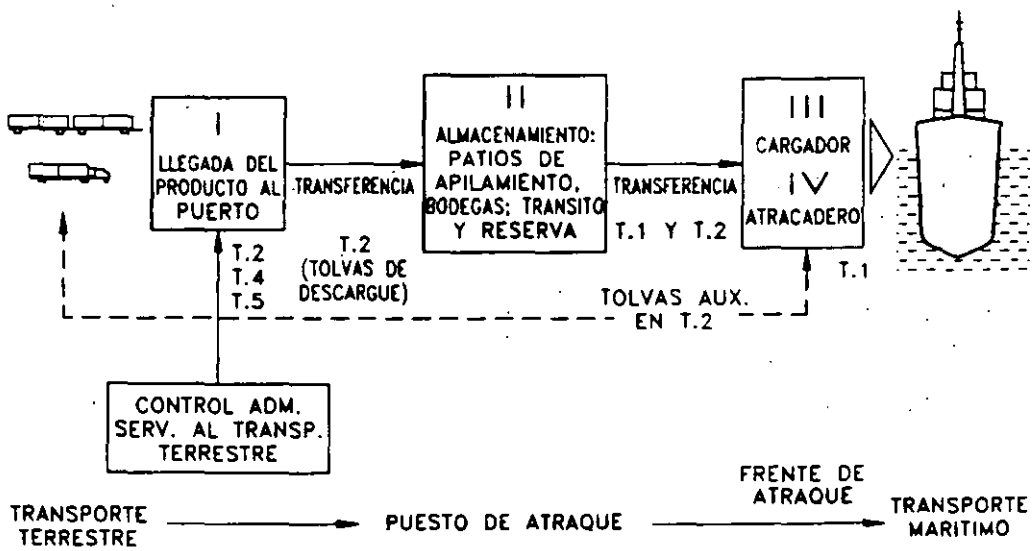


Figura 5.130 Diagrama de operaciones de una terminal de graneles (exportación o salida del producto).

El puesto de atraque consta de 4 partes que originan el dimensionamiento de las diversas áreas necesarias para su operación:

I. Llegada del producto (mineral o cereal) al puerto por su respectivo puesto de atraque que comprende: Los accesos, las zonas de maniobra de autotransportes y ferrocarril para descargar el producto en tolvas (T.4) y así conectarlo a las zonas de almacenamiento (T.3) mediante los sistemas de transferencia; también comprende los servicios de control, estacionamiento y maniobras (T.4) reparación de urgencia y oficinas (T.5) y las tolvas auxiliares de descarga (T.2).

II. Almacenamiento: (T.3) patios donde se apilan los minerales o bodegas y silos para cereales o productos que requieren de protección de la intemperie, considerando áreas de tránsito (T.4) según el movimiento de las embarcaciones y el almacenamiento de reserva (T.3) para regular la operación, dentro de estas áreas se incluyen las necesarias de maniobras para el apilamiento (T.4) según el equipo y además esta área depende del tipo de producto y del equipo.

III. Cargador. (T.1) este equipo básico para la operación se sitúa en el atracadero para acceder al barco en forma que lo pueda cargar rápida y eficientemente según sus escotillas y su altura de cubierta del atracadero y el franco bordo del buque. Existen 4 tipos de cargadores que se detallarán en el inciso respectivo: pórtico, radial, lineal y fijo, cuyas características condicional el F.A. (frente de atraque o muelle), puede estar también en una estructura aparte formando el área T.1)

IV. Frente de Atraque o Muelle. Depende del tipo y dimensiones de la embarcación de granel y al mismo tiempo del tipo del equipo "Cargador" del buque. Para definir sus dimensiones y estructuración correspondiente y se estiman los tipos siguientes: marginal, en espigón, "T" o "L" y de localización remota (también en "T" o "L") o estructuras especiales de duques de alba o similares involucrando o no el cargador.

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) GRANELES

-Exportación o Salida del Producto (Carga del Buque)

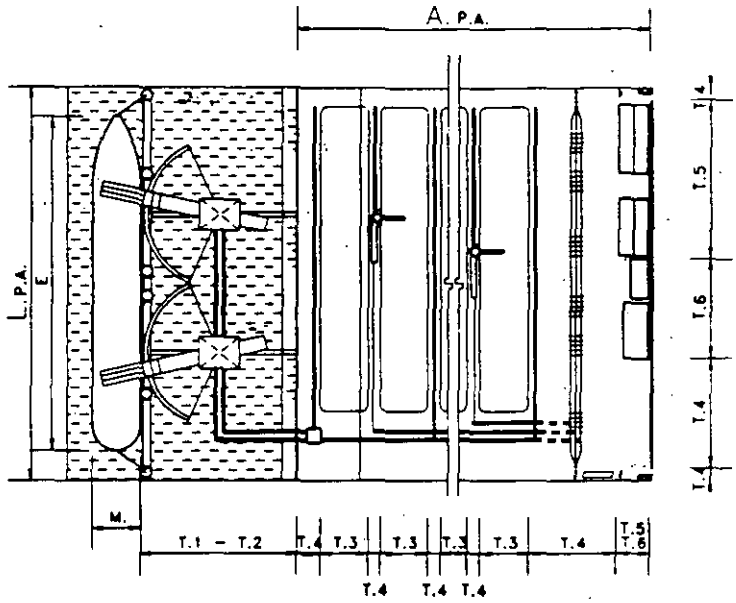


Figura 5.131 Puesto de atraque. Terminales a granel (exportación o salida)

A.P.A Ancho del Puesto de Atraque

Depende directamente, como ya se afirmó de las características del equipo y maquinaria que mueva la carga específica según las facilidades de adquisición y la conservación y mantenimiento del puesto de atraque. Se sugiere, si es una terminal que se sitúe en un puerto especializado, que el ancho del puesto de atraque se dimensione con las medidas máximas. En una terminal de un puerto general se condicionan sus dimensiones a los anchos del puesto de atraque de otras terminales por lo que se recomienda:

A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 = 310 m. mínimo a 600 m. normal. (Para proporcionar o igualar este ancho a otros puestos de atraque, v.gr. contenedores)

L.P.A. = L x 1.5 = 210 x 1.5 = 315 m. minimo
= 250 x 1.5 = 375 m. normal

(1.5 debido a reserva de área recomendables)

S.P.A. Como se indicó en las generalidades es muy variable, calculado: A.P.A x L.P.A. aproximadamente: 310 m. x 315 m. = 9.76 has. mínimo y 600 m. x 375 m. = 22.5 has. normal.

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

Se condiciona la longitud del muelle a las características de las embarcaciones especializadas de granel que arriban con más frecuencia al puerto, tomando en cuenta también las de las áreas de agua con que se cuenta.

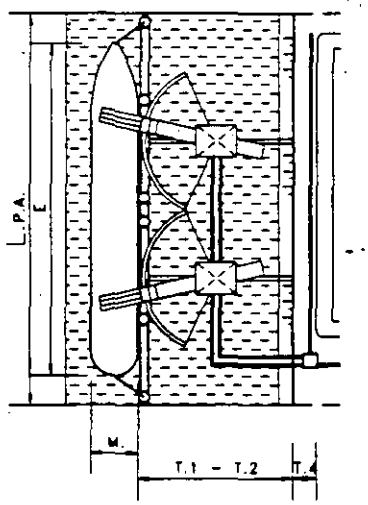


Figura 5.132 Muelle de una terminal de graneles

Se considera que la longitud del muelle abarque hasta los duques de alba
L = E + 2(da); da = 0.5 M x tg 30°
L = 176 + 2 x (13 x 0.577) aprox. 210 m. mínimo (emb. 25,000 T.P.M)
L = 222 + 2 x (15.7 x 0.577) aprox. 250 m. normal (emb. de 50,000 TPM).

d = C.p.c + t.a
d =9.80 + 0.60 = 10.40 m = aprox. 11 m. mínimo (emb. de 25,000 TPM)
d =11.70 + 0.60 =12.30m = aprox. 12.5 m. normal (emb. 50,000 TPM)
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/2 (se recomienda) = +3.50

Se observa que en ocasiones, por condicionantes del proyecto de la estructura para sostener el cargador, se separa de las estructuras de atraque del barco.

Nota. El ancho de cubierta T.1 y T.2 depende directamente del tipo de cargador (ver figuras 5.133 y 5.134)

Areas T.1 y T.2

- El área T.1 depende del equipo cargador y se ubica directamente en el propio muelle

- El área T.2 depende del equipo de traslación de bandas o conductos, de acuerdo con la carga que se exporte o salga y del volcador-elevador.

Tipos de Cargadores

a) De Pórtico.

Se desplaza paralelo al frente de atraque y alimenta la carga, mediante un volcador móvil y un elevador montado en una superestructura en torre, de donde se suspende un pescante levadizo.Los rendimientos varían de 1000 a 7000 tons/hora según la capacidad del equipo de traslación.

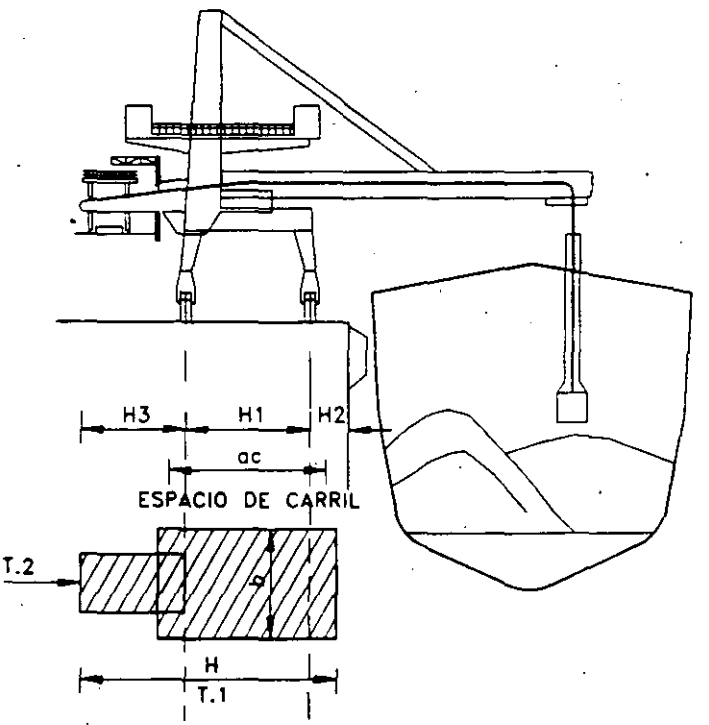


Figura 5.133 Cargador de pórtico. Terminal a granel (exportación)

H.1 = ancho entre ejes del cargador = 12 m. (normal)
H.2 = distancia al costado del barco = 4 m. (normal)
H.3 = distancia al volcador-elevador vertical = 0.8 H.1 = 10 m. (normal)
H = ancho total recomendable = H.1 + H.2 + H.3 = 26 m.
C.a = ancho de carril (1.2 x H.1) = 15 m. máximo
b = Longitud del cargador = 1.5 de entre ejes aprox. 20 m. máximo

b) Cargador Radial.

Se utiliza desde un punto fijo para cargar a lo largo del muelle, con un pescante que puede girar 90° sobre sus extremos y otro apoyo que rueda en curva; el apoyo es en pilares.

La sección puede avanzar o retroceder ajustando el alcance del pescante.

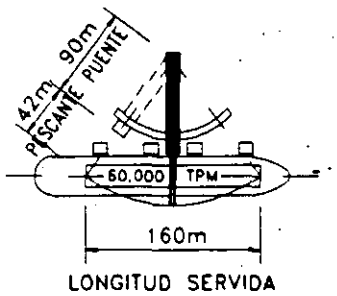


Figura 5.134 Cargador radial. Terminal a granel (exportación)

c) Cargador Lineal.

Se desliza paralelo al muelle con vía recta, el pivote de la placa giratoria puede deslizarse y al mismo tiempo girar para cargar a lo largo del buque.

Se usa generalmente en muelle en espigón, sirviendo a ambos atraques

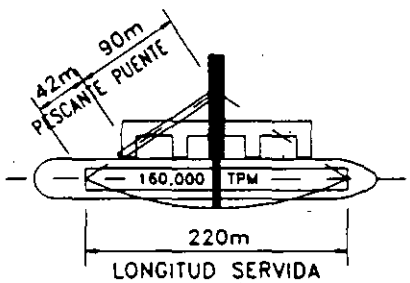


Figura 5.135 Cargador lineal. Terminal a granel (Exportación)

d) Cargador Fijo.

Para instalaciones y embarcaciones pequeñas que atracados se mueven para poder cargar sus escotillas (rendimiento 500 ton/h).

T.3 Almacenamiento

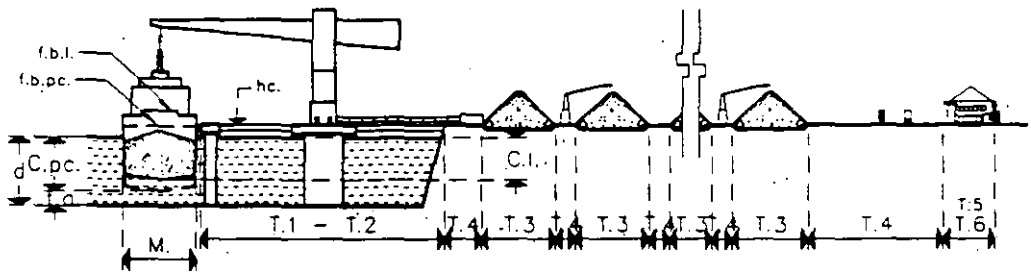
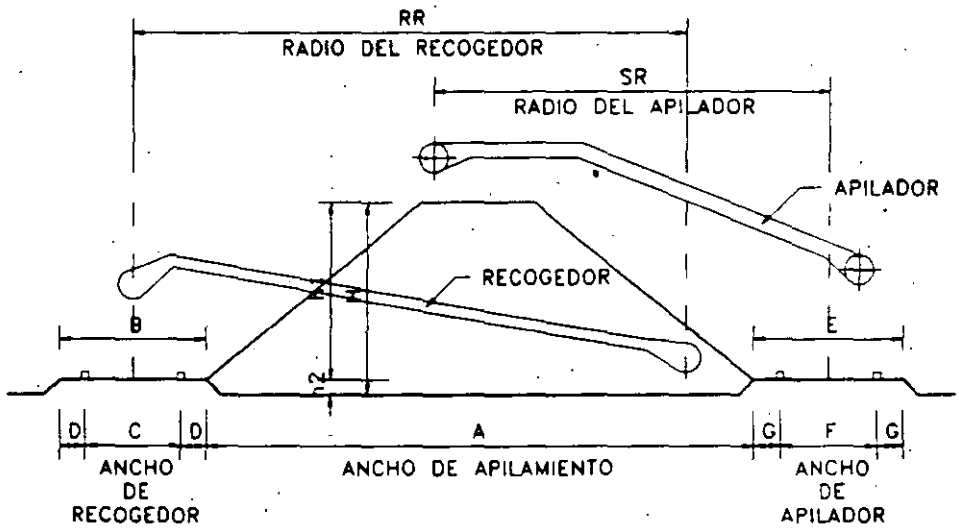


Figura 5.136 Areas de almacenamiento a granel (mineral)

El almacenamiento de este puesto de atraque se refiere en su mayoría a minerales y, el sistema de almacenamiento es en pilas, cuyas características dependen del tipo de material, de la maquinaria de apilamiento o recogedora en su caso y del equipo de traslación horizontal; también influyen las condiciones de resistencia del terreno.



A	B	C	D	D	F	G	H	h1	h2	RR	SR
30 m.	10.0	7.0	1.5	8.0	6.0	1.0	11.5	10.5	1.0	30.0	20.0
35 m.	10.0	7.0	1.5	8.0	6.0	1.0	13.2	12.2	1.0	35.0	22.5
40 m.	11.0	8.0	1.5	10.0	7.0	1.5	15.0	14.0	1.0	40.0	25.0
45 m.	11.0	8.0	1.5	10.0	7.0	1.5	16.0	15.0	1.0	45.0	27.5
50 m.	14.0	10.0	2.0	10.0	7.0	1.5	16.0	15.0	1.0	50.0	35.0
55 m.	14.0	10.0	2.0	11.0	8.0	1.5	16.0	15.0	1.0	55.0	40.0

unidades en metros

Figura 5.137 Características del apilamiento a granel

Nota: En puestos de atraque pequeños se utilizan pilas circulares y equipo apropiado para almacenar. Con los carriles de los equipos apiladores o recogedores pueden maniobrar equipos como los cargadores frontales bulldozeres y sus alturas no interfieren con la traslación horizontal de la carga.

Observaciones:

Las funciones del almacenamiento de este puesto de atraque son, el permitir que los medios de transporte con horarios y destinos diferentes funcionen independientemente, para evitar demoras cuando un servicio ha de esperar a otro.

Por motivos de clima o anticontaminación es posible que ciertos productos requieren cubrirse con pórticos o bodegas que contengan las pilas y sus espacio para la operación.

Areas T.3

Almacenamiento en Silos

Se utilizan especialmente para el almacenamiento de cereales y otros productos que requieren protección de la humedad y parásitos (maíz, trigo, sorgo, pienzo,etc).

Pueden ser únicos o de tipo múltiple.

El almacenamiento se alimenta mediante un elevador y se descarga por compuertas en su fondo (se usan descensores en espiral para evitar caídas bruscas que dañen los granos).

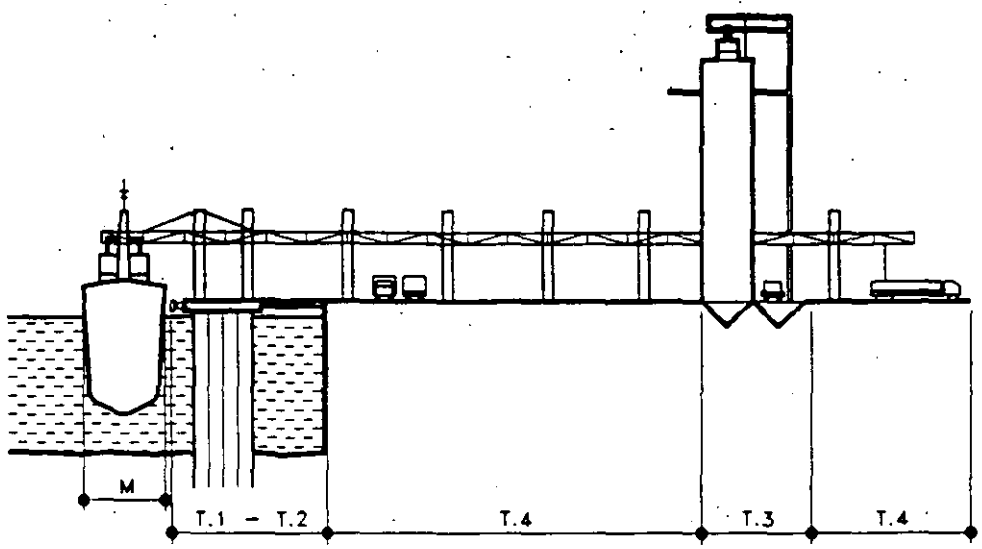


Figura 5.138 Areas de almacenamiento a granel (cereales)

Almacenamiento con Bidones (tote bin).

Se usan para cargas a granel de poco volumen consisten en un contenedor o recipiente de dimensión media que se transforma en una tolva una vez que se monta con un dispositivo volcador, se fabrica de aluminio (muy costoso) o bien de material que se usa una sola vez (deshechable).

En el puesto de atraque se debe prever tolvas de regulación con almacenes provisionales que se usan en las fases de la operación, como en el caso de la avena, de un equipo o el cambio de escotilla por el pescante del cargador.

También se debe prever un 10% de área de almacenamiento por contingencias de la operación.

Areas T.4 Controles

Se realiza mediante

- Casetas de acceso
- Casetas elevadas
  En torres, generalmente adosadas a los equipos
- Básculas de pesado de cintas anexas a las tolvas.
- Pruebas del producto para el control de calidad del material

Las casetas de acceso son similares a las indicadas para carga fraccionada y/o unitizada (ver figura 5.88).

T.4 Accesos

Se recomienda de doble carril, similares a los puestos de atraque de rodadura para los autotransportes (ver el P.A mencionado).

Los carriles de los autotransportes y ferrocarril son similares a los puestos de atraque de carga fraccionada y/o unitizada y el de rodadura. (Ver figuras 5.87, 5.89 y 5.90).

T.4 Estacionamientos y áreas de descarga del transporte terrestre.

Similares en sus dimensiones al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada, con la adición de tolvas en los carriles de autotransporte y del ferrocarril

La descarga a la tolva, se puede realizar por:

- El fondo del vehículo
- Por basculación circular, longitudinal, y por descarga neumática.

De las tolvas se conduce la carga al almacenamiento, por medio de los diversos sistemas de traslación horizontal:

- Cintas o bandas
- Conductos de tracción por cadena
- Transporte en masa
- Tornillo
- Bombeo de polvo
- Fluidificación por gravedad
- Monocarril (ver cuadro de equipos).

Area T.5 Mantenimiento y Reparación

Este servicio es especializado para el equipo mayor de apiladores, recogedoras, o el cargador del muelle.

Para el equipo auxiliar de cargadores frontales, bulldozeres, tracto-camiones.

Las dimensiones de las instalaciones son similares al puesto de atraque de contenedores y se compone de:

- Taller de mantenimiento con sus secciones de:
  - Mecánica
  - Mecánica automotriz
  - Electricidad
  - Electrónica
  - Lavado y mantenimiento de vehículos

- Almacén de repuestos y oficina de la unidad de conservación a mantenimiento

- Almacén de Equipo

  - Descubierto en patios cercados
  - En pórticos de acuerdo a los tipos de equipo menor.

Condicionantes y Observaciones Generales del Puesto de Atraque a Granel.

Los principales productos que se mueven son:

- Cereales, maíz, trigo y sorgo
- Minerales: hierro y acero, carbón, bauxita , alúmina, yeso y sal.

Los equipos son especializados, por lo que el dimensionamiento para sus

áreas deberá realizarse en detalle de acuerdo a los condicionantes particulares del mismo y según la planeación o proyecto respectivo.

Se anota que para la planeación y proyecto, el Manual, ONU, UNCTAD contiene una serie de gráficos con datos empíricos, que facilitan esta labor y que son los siguientes:

- Definición del tiempo de permanencia de buques en el P.A; y gráfica del costo del mismo.
- Variación típica del nivel de existencia del producto
- Determinación del volumen de la reserva de exportación en función del movimiento anual de la carga y de la capacidad media de los buques
- Disposición de las pilas o montones de material
- Planificación de los medios de transporte de un solo producto o para varios productos en un P.A., determinando el número de vehículos automotores y de F.C necesarios.

- TERMINALES A GRANEL DE IMPORTACION O ENTRADA DEL PRODUCTO

La característica principal del puesto de atraque lo determina el equipamiento para descargar lo más eficientemente la embarcación, a semejanza de la terminal de exportación de acuerdo al producto que se mueva.

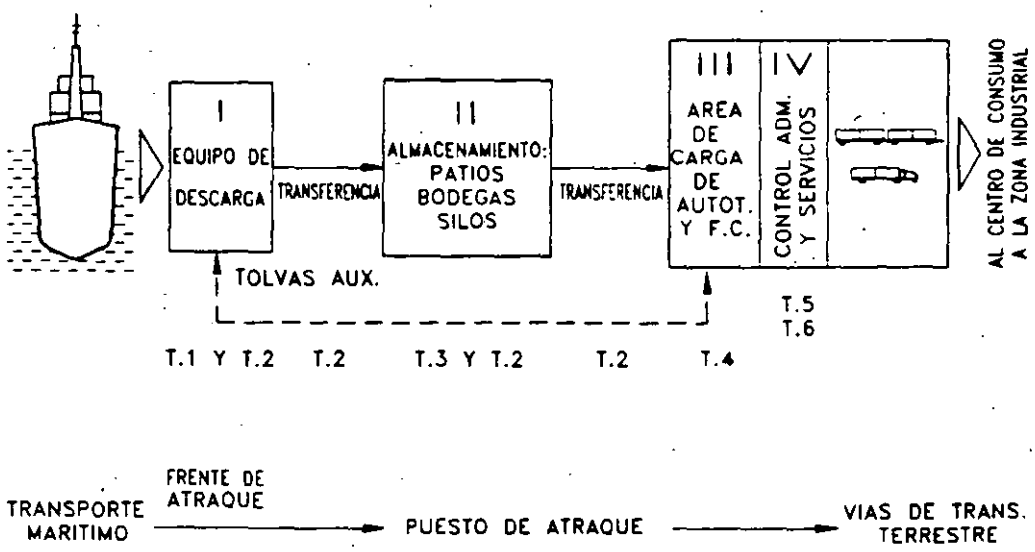


Figura 5.139 Flujograma de operaciones. Terminal a granel (importación.)

Se puede resumir que el puesto de atraque consta de 4 elementos:

I. Area del equipo de descarga que se sitúa adyacente al frente de atraque y de aquí parte el equipo de transferencia para el almacenamiento (T.1 y T.2).

II. Area de almacenamiento en patios, bodegas o silos según el producto que se opere, incluyendo dentro de ella los espacios para la maniobra del equipo de transferencia horizontal o elevadores (T.3 y T.4).

III. Area para la carga del transporte de tierra (ferrocarril y vehículos terrestres) con el espacio a su vez de equipo, maniobras y estacionamientos que mantendrán el flujo de la operación (T.4).

IV. Espacios y edificios para control, administración, mantenimiento y reparación de equipo y vehículos así como servicios para los operadores (T.5 y T.6).

Este puesto de atraque, a nivel nacional, opera cereales como trigo, maíz y minerales como bauxita o alúmina y carbón.

Su equipo de descarga puede ser de 5 tipos que se detallaran más adelante, pero que diferencian y dimensionan las áreas necesarias para la maniobra del producto en concordancia con las dimensiones de la embarcación.

- Sistemas a base de cucharas
- Sistemas neumáticos
- Transportadores verticales
- Elevadores de cangilones
- Ocasionalmente, según el producto se usa el sistema de suspensión acuosa.

El puesto de atraque se dimensiona en forma similar a las Terminales de Exportación; la diferencia es el almacenamiento del producto que se recomienda corresponda a capacidad del buque más grande que arribe al puerto o terminal más un 50% de reserva para evitar la estadía respectiva. Se ejemplifica con un puesto de atraque de cereales.

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) GRANELES

-Terminal de Graneles- Importación (Cereales)

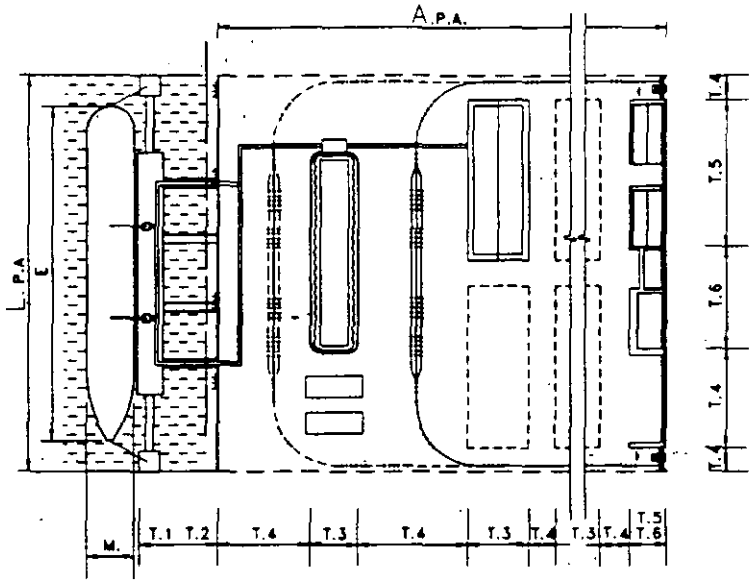


Figura 5.140 Puesto de atraque para manejo de cereales. Importación

El ancho del puesto de atraque depende de las características del equipo según la carga específica. Si es una terminal especializada se buscará de acuerdo al nivel de eficiencia de equipo y vehículos.

A.P.A. Cuando forme una unidad de un puerto con otras terminales.

A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 (similar al P.A. de exportación o salida) = 310m. mínimo; 600 m. normal

L.P.A. = L (1.5) =210 x 1.5 = 315 m. mínimo (emb. 25,000 T.P.M)
L.P.A. = L (1.5) = 250 x 1.5 = 375 m. normal (emb. 50,000 T.P.M)

(1.5 debido a reserva de área recomendables)

S.P.A. Es muy variable, se puede aproximar según el A.P.A. y L.P.A.
S.P.A. = 9.76 has. mínimo
22.5 has. normal

L = 176 + 2 (13.0 x 0.577) = aprox. 210 m.normal. (emb de 25,000 T.P.M)
L = 222 + 2 (15.7 x 0.577) = aprox. 250 m.normal. (emb de 50,000 T.P.M)

d = C.p.c + t.a
d = 9.80 + 0.60 = 10.40 aprox. = 11 m. (emb. 25,000 T.P.M)
d = 11.7 + 0.60 = 12.30 m. aprox. = 12.5 m. (emb 50,000 TPM)
h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/ 2 (se recomienda) = +3.50 m. ref N.P.M.S. normal.

La distancia del equipo descargador al área de tierra, depende de las condiciones de profundidad del área de agua, se recomienda = 1 Km. máximo.

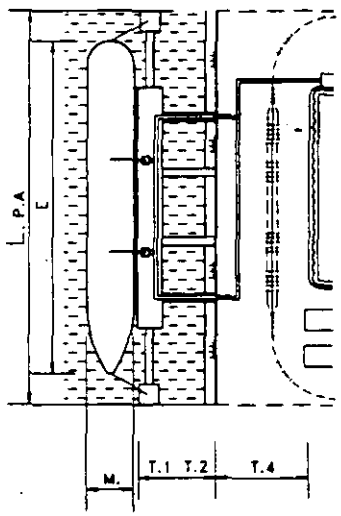


Figura 5.141 Muelle o frente de atraque. Importación de cereales

Areas T.1 y T.2

- A semejanza del puesto de atraque de salida, el área T.1 depende del equipo descargador que se ubica en el muelle.

- El área T.2, depende del equipo de traslación al almacenarse (tolva, bandas o conductos).

Existen 6 sistemas de descarga:

1. Sistema de Cucharas.

Recoge el material de las bodegas del barco y las descarga en una tolva al borde del muelle, que a la vez alimenta un transportador horizontal (con cierta pendiente) que envía el producto al almacenamiento.

Para realizar esta operación existen dentro de este sistema 3 tipos de grúas:

Grúa de Carro Móvil Elevado.- Se desplaza a lo largo del muelle con su pescante y con las cucharas traslada el material de las bodegas del barco a

la tolva, lo que permite trabajos en cualquier escotilla. Rendimiento 500 a 2000 t/h.

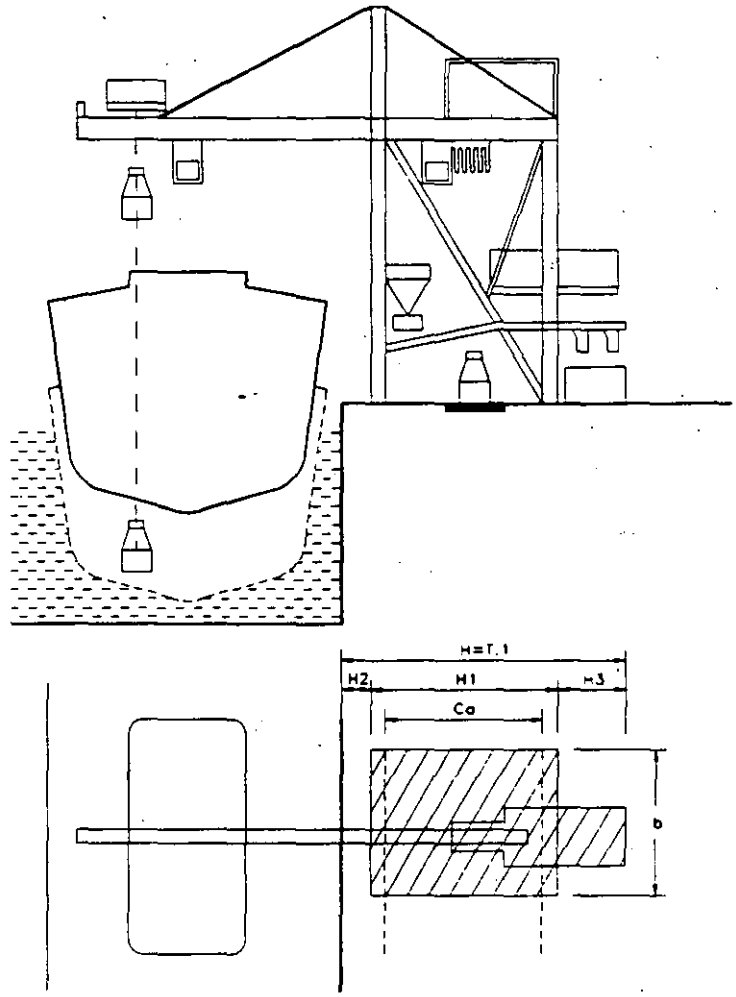


Figura 5.142 Sistema de cucharas.

Dimensiones similares de cargador de pórtico.

H1	Ancho entre ejes ruedas del descargador = 12 m. normal
H2	Distancia al costado del barco = 4 m. normal
H3	Distancia al volcador-elevador = 10 m. normal
C.a.	Ancho de vías de carril 15 m. aprox.
H	Ancho total recomendable (H.1 + H.2 + H.3) = T.1 = 26 m. normal
b	Longitud del descargador = 20 m. máximo.

Grúa Giratoria.- Con brazo de inclinación variable; la cuchara recoge, iza y descarga en la tolva (colocada en su parte delantera), la tolva alimenta el transportador o descarga directo a camiones o vagones de ferrocarril, rendimiento 500 a 700 t/hr. Es la más usual.

Existe la variante de usar la grúa de carga fraccionada o unitizada que requiere colocar la tolva en su vía, lo que hace un giro de 90° y disminuye el rendimiento a 180 - 250 t/hr.

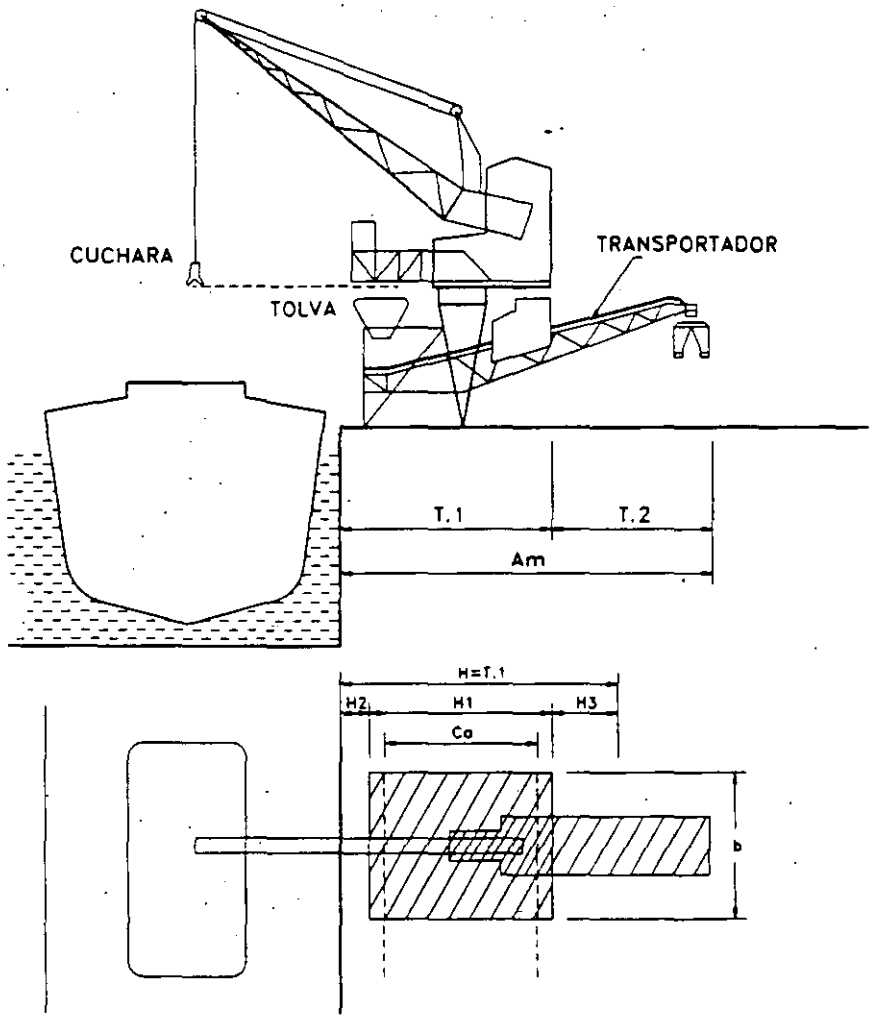


Figura 5.143 Sistema con grúa giratoria de cuchara

. Se consideran dimensiones similares a la grúa anterior.

H1 = 12 m. normal
H2 = 4 m. normal a promedio
H3 = 10 m. normal a promedio
C.a. = 15 m. normal a promedio
T.1 = H = 26 m. normal a promedio
b = 20 m. normal a promedio

Grúa de Torre Móvil.- Es la grúa más usual para puestos de atraque pequeños a la que se le adiciona una torre adicional con cabina elevada y tiene un rendimiento similar a la grúa giratoria. (parecida a la grúa de carga general ver figura 5.85)

2. Sistema Neumático

Es usual para graneles de peso y viscosidad específicos, relativamente bajos; cereales cemento y carbón en polvo. Existen dos tipos:

Los que trabajan por aspiración y por presión.

También se dividen en:

Elevador Neumático.- es un pórtico sobre carriles con superestructura cerrada con dos unidades para ascender el producto.

Rendimiento: 200 T/h por cada unidad tiene brazos que terminan con tubos flexibles de boquilla

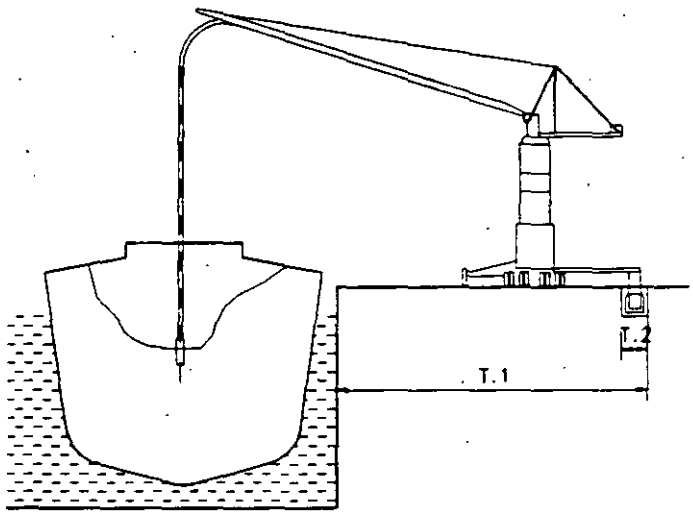


Figura 5.144 Sistema neumático. Elevador

Equipo Portátil.- a base de vehículos autopropulsados que se colocan a lo largo del muelle para descargar cada escotilla del barco. Rendimiento 50 t/hr. También se colocan en el barco, según se determina la operación más eficiente alimentando la tolva colocada en el muelle.

Para la definición de T.1 sólo se requiere los carriles respectivos del equipo y que se estima pueda dejarse un ancho promedio de 15 m.; las dimensiones deberan verificarse con el equipo que se determine especificamente.

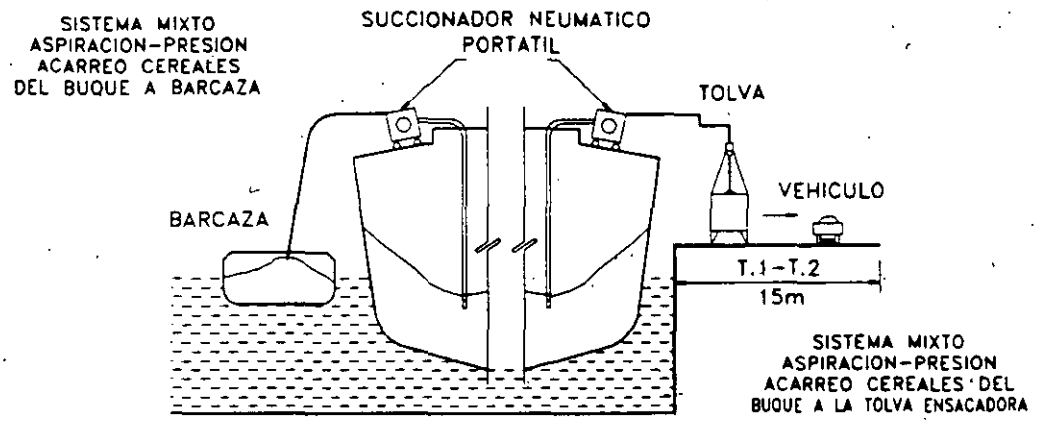


Figura 5.145 Elevador pórtatil

Elevadores Móviles Flotantes.- con máquina automotora y auto propulsada. Se colocan en plataformas o embarcaciones especializadas y se usan especialmente para alijo-estiba de embarcación a embarcación.

T.1 y T.2 no se toman en cuenta por ser flotantes los equipos.

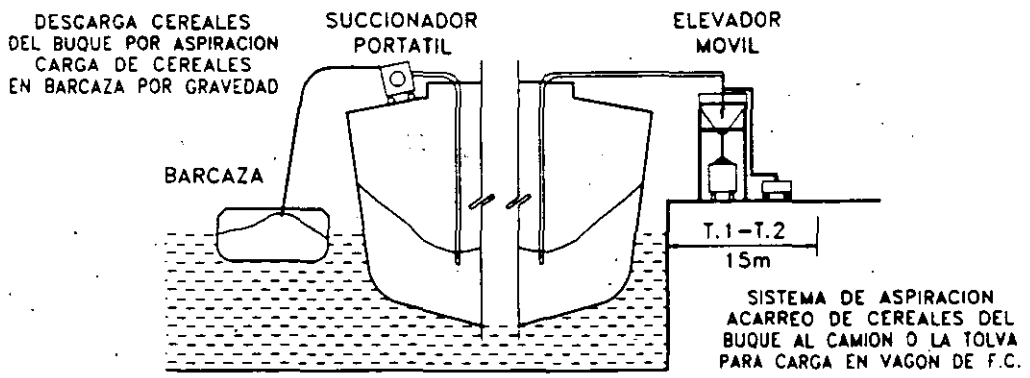


Figura 5.146 Elevador móvil.

3.- Transportes Verticales de Dos Tipos

De Cadena.- dentro de un ducto rectangular para materiales secos y fríos que resisten el contacto del conductor. Rendimiento 150 t/h.

De Tornillos Sin Fin.- helicoidal dentro de un conducto tubular para materiales finos granulares en polvo. Rendimiento 600 t/h.

Se considera en dimensiones una variante de las grúas del sistema de grúa

de carro móvil y sus dimensiones son similares para T.1 y T.2.

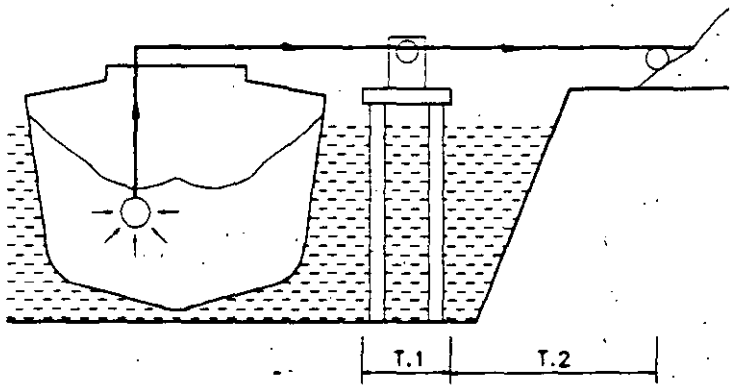


Figura 5.147 Transportador de cadena.

4. Elevadores de Cangilones.

Se recomienda por eficiencia en costos con rendimientos alto de 1000 a 5000 t/h. Su estructura es pesada. Existen dos subsistemas:

Rueda de Cangilones.- de rotación continua suspendida del pescante oscilante de un descargador móvil que alimenta el elevador de cangilones.

Elevador de Cadena.- donde los cangilones funcionan como recogedores, suspendido del pescante oscilante.

Se consideran dimensiones similares para T.1 y T.2, de acuerdo a la grúa giratoria y al descargador de pórtico (ver figura 5.142)

H1 = 12 m. normal
H2 = 4 m. normal
H3 = 10 m. normal
C.a. = 15 m.
T.1 = H = 26 m.
T.I = b = 20 m.

5.- Sistema de suspensión acuosa para mineral de hierro, sal, bauxita, arenas minerales pesados y ciertos tipos de carbón.

Funciona con una mezcla de 70% de mineral en suspensión y luego se bombea a los buques cisterna, el agua se retira antes de zarpar y se logra un concentrado de 90% de sólidos. No requiere grúas ni otros equipos y el almacenamiento puede estar retirado del puerto. Se utiliza en grandes navíos y tiene rendimientos altos de 6000 a 8000 t/h.

El área necesaria es la T.2 y T.4 y su detalle dependerá especificamente del equipo.

6. Buques autodescargadores

Están equipados con grúas de cangilones y sólo requieren en tierra (P.A) tolvas y los transportadores para la zona de almacenamiento.

Se recomienda T.1 = 26 m. máximo similar a las grúas.

Areas T.3, T.4 y T.5, son similares al P.A de exportación o salida.

5.3.5.6 Puesto de atraque de fluidos

Para dimensionar una terminal de fluidos se debe dar más atención a su planificación y emplazamiento que a los factores técnicos.

El número de puestos de atraque y el equipo necesario para su carga y descarga no guardan relación con su volumen, pues se tienen que atender a varios productos y aún de ese producto, diversos tipos del mismo.

Como en general, son productos cuya operación es peligrosa, las medidas de prevención de desastres y anticontaminación deben ocupar una importancia de primer orden y consecuentemente la planeación, diseño y dimensionamiento del total de las instalaciones debe obedecer a estos condicionantes (v.gr. derrames, incendios, contaminación del aire y del agua, tratamiento de los desechos electricidad estática, etc.).

Los productos más significantes que se mueven por estas terminales son:

a) Petróleo crudo y derivados del mismo
b) Gas natural licuado (G.N.L)
c) Aceites vegetales
d) Melaza
e) Látex

A nivel nacional se mueven para su exportación y cabotaje todos estos principales productos y se hace necesario mencionar que en el caso del petróleo y derivados su movimiento suma más del 75% del total del movimiento portuario y forma el 80% de las exportaciones nacionales por vía marítima de aquí la importancia de este tipo de terminales.

El movimiento de fluidos requiere de embarcaciones de gran porte (ver capítulo 4 donde se indican los buques petroleros) por lo que las terminales y sus instalaciones requieren de inversiones muy altas, así como su conservación y mantenimiento por lo que es necesario dimensionar y proyectar con el mayor cuidado.

TIPOS DE PUESTOS DE ATRAQUE

Por el tamaño de la embarcación y condicionantes físicos de las áreas de agua para la operación de fluidos, en especial de petróleo y derivados, los (P.A) Puestos de Atraque se dividen en:

Terminales en Agua Protegidas

Son aquellas que se sitúan en un puerto propiamente dicho, donde existen aguas en calma, o bien en un puerto general, situándose una zona específica y aislada para esta operación; por las características del puerto, estas terminales sólo dan acceso a calados máximos de 16 m.

Terminales en Mar Abierto

Se instalan para embarcaciones cuyo calado es mayor de 16.00 m, o sea para grandes buques que no pueden arribar a Puerto (aproximadamente de más de 100,000 T.R.B. (ver capítulo 4) aunque se complementan con las áreas de tierra respectivas.

Estas terminales pueden ser para cargar o descargar los fluidos, sin embargo en sus detalles de instalaciones en mar o en tierra tienen algunas diferencias aunque se pueden adaptar para ambos movimientos no es frecuente realizarlo. Se denominan: Terminales de Recepción y Terminales de Envío

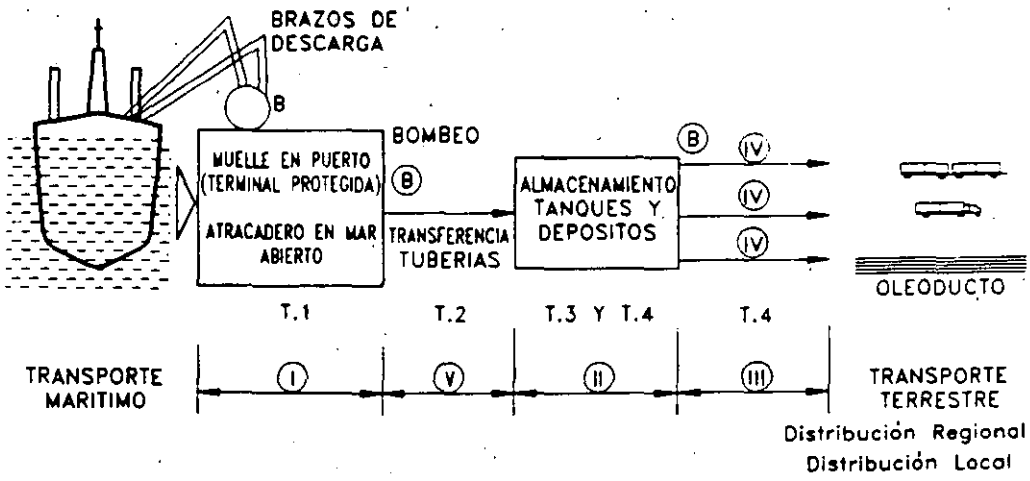


Figura 5.148 Flujograma de operaciones de una terminal de fluidos, Recepción

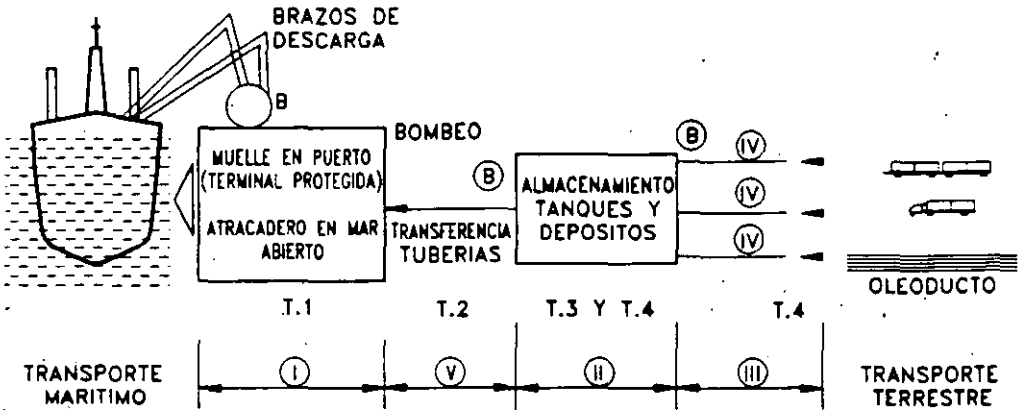


Figura 5.149 Flujograma de operaciones de una terminal de fluidos, Envío.

A similitud de las terminales de granel, consta de 5 elementos

I Area de carga o descarga, que forma el frente de atraque o muelle (área T.1)

II Almacenamiento en el área de tierra, formado por tanques o depósitos (área T.3)

III Area de carga o descarga de transportes terrestres (ferrocarril y traileres-pipas, área T.4)

IV Area para control y servicios, ubicada también el área terrestre (T.4)

V Sistemas de transferencia y bombeo: tubos, bombas, brazos (T.2)

Otra Denominación de los Puestos de Atraque

Por el origen-destino las terminales o puestos de atraque. Se denominan según el área a que sirven o su producto, por ejemplo en el caso del petróleo:

- Puesto de atraque para campo petrolero
- Puesto de atraque para refinería
- Para otros productos, se denominan por el producto, v.gr: de mieles o melaza de aceites, de látex, etc.

Por la numerosa variedad de sistemas de operación de los fluidos y para relacionarla con el puesto de atraque y los tipos de muelles o frentes de

atraque se ha elaborado el siguiente cuadro donde también se indica en una columna el equipo genérico necesario y se marcan en otra columna observaciones que se relacionan con las dimensiones y por supuesto con la planeación de las terminales de cada grupo de productos.

TABLA 5. 6 CARACTERISTICAS DEL PUESTO DE ATRAQUE SEGUN EL TIPO DE FLUIDO.

GRUPO DE FLUIDOS	P.A . TIPO DE PUESTO DE ATRAQUE	TIPO DE MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE	EQUIPO GENERICO DE LA OPERACION	OBSERVACIONES
A.- PETROLEO CRUDO - Aceites Negros Petróleo de horeo Aceite pesado Diesel Aceites Blancos Gasolina Gasavión Gasoil Querocena	- En aguas protegidas (dentro de un puerto	Muelle típico: Duques de Alba plataforma y pasarelas	Brazos de carga-descarga, bombas, tuberías, tanques, sistemas de protección de derrames contra incendio y anticontaminación ocasionalmente sistemas de calentamiento.	Embarcaciones que por su calado pueden entrar a puerto; aprox. menores a 100,000 T.R.B. con calados menores de 16.00 m.
	Con muelle en: mar abierto	A.- Monoboyas de amarre B.- Amarradero de brazo rígido C.- Amarradero de torre fija D.- En isla artificial	Brazos de carga-descarga, bombas, tuberías, tanques, sistemas de protección de derrames contra incendio y anticontaminación ocasionalmente sistemas de calentamiento.	Para barcos de gran tonelaje, mayores de 10,000 T.R.B. y calados de más de 16.00m
B.- GAS NATURAL LICUADO, G.N.L.	En aguas protegidas	Muelle típico	Brazos, bombas y tuberías especiales frigorizadas por trasladarse a menos 161°C y a presión considera-	Embarcaciones especiales de diversos tonelajes.
	Con muelle en mar abierto	A.- Monoboyas de amarre B.- Amarradero de brazo rígido C.- Amarradero de torre fija D.- En isla artificial	Brazos, bombas y tuberías especiales frigorizadas por trasladarse a menos 161°C y a presión considerable	Embarcaciones especiales de diversos tonelajes.

TABLA 5.6 CARACTERISTICAS DEL PUESTO DE ATRAQUE SEGUN EL TIPO DE FLUIDO. (continuación)

GRUPO DE FLUIDOS	P.A . TIPO DE PUESTO DE ATRAQUE	TIPO DE MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE	EQUIPO GENERICO DE LA OPERACION	OBSERVACIONES
C.- ACEITES VEGE - TALES: De almen - dros de palma, de coco y algodón	En aguas protegidas	Muelle típico o adherido a otro muelle marginal o espigón compatible en su operación.	Brazos de acero, mangueras de caucho, bombas especiales y conductos de acero inoxidable (equipo con revestimientos).	Embarcaciones espe - ciales o compartimientos especiales que sean compatibles con otras cargas.
D.- MELAZA: Miel de azúcar.	En aguas protegidas	Muelle típico o adheri - do a otro que sea compatible en operación	Puntales o brazos es - peciales, mangueras y conductos (acero dul - ce) operación entre 30 y 32°C ocasionalmen - te grúas móviles y sis - temas para mantener la temperatura.	Embarcaciones espe - ciales o compartimientos especiales que sean compatibles con otras cargas.
E.- LATEX de caucho	En aguas Protegidas	Muelle típico o adheri - do a otro que sea compatible en operación	Mangueras especia - les de caucho, bom - bas y cargaderos es - peciales sistemas pa - ra mantener la tempe - ratura entre 5°C y 32°C.	Embarcaciones espe - ciales o compartimientos especiales que sean compatibles con otras cargas.

PUESTO DE ATRAQUE (P.A)

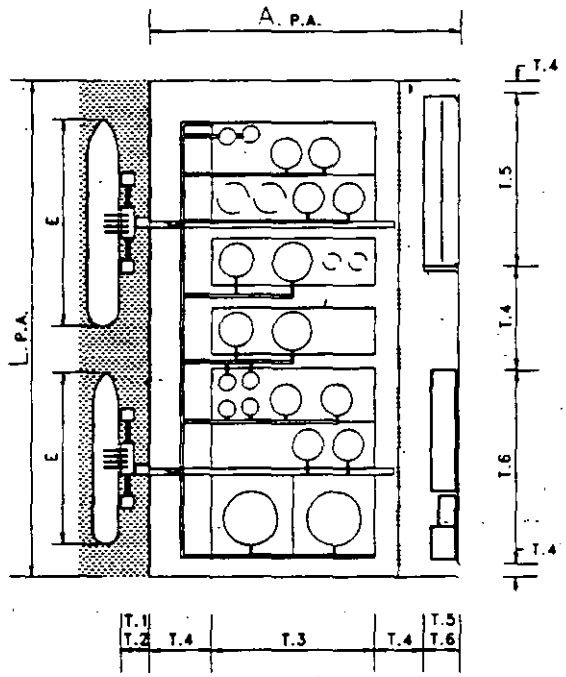


Figura 5.150 Puesto de atraque de terminal de fluidos. Aguas protegidas

Las dimensiones del puesto de atraque son muy variadas pues dependen de las necesidades de almacenamiento del tipo de carga, a los niveles local, regional y en ocasiones nacional; lo que se indica a continuación es aproximado y similar a los puestos de atraque de granel.

A.P.A. = T.1 + T.2 (en tierra) + T.3 + T.4 + T.5 + T.6

Se recomienda al incluir este puesto de atraque en un puerto, dimensionar este ancho de acuerdo a otros puestos de atraque (v.gr. contenedores) por lo que se recomienda:

A.P.A = 310 m. mínimo
600 m. normal

L.P.A. (se recomienda) = L x 1.5 = 210 m. x 1.5 = 315 m. mínimo (barco de 25,000 T.P.M)
L x 1.5 = 250 m. x 1.5 = 375 m. normal (barco de 50,000 T.P.M).

S.P.A. (calculado) = A.P.A. x L.P.A = aprox. 310 m. x 315 m. = 9.76 has. mínimo (barco de 25,000 T.P.M).
S.P.A. = 600 m. x 375 m. = 22.5 has normal (barco de 50,000 T.P.M).

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A)

Se condiciona la longitud del muelle "L" a las características de las embarcaciones especializadas que arriban o puedan arribar al puerto tomando en cuenta también las áreas de agua con que se cuente.

Se considera que la longitud del muelle abarque hasta los duques de amarre.

L = E + 2(da); (da = 0.5M x t.g 30°)
L = 176 + 2 (13 m. x 0.577) = 206 m. aprox., 210 m. mínimo (barco de 25,000 T.P.M).
L = 222 + 2 (15.7 m. x 0.577) = 258 aprox., 250 m. normal (barco de 50,000 T.P.M).

d = C.p.c + t.a
d = 9.80 + 0.60 = 10.40 m. aprox. 11 m. mínimo (emb. de 25,000 TPM)
d = 11.70 + 0.60 = 12.30 aprox. 12.50 mínimo (emb. de 50,000 TPM)

h.c = (f.b.l + f.b.p.c)/ 2 (dimensión muy variable, depende del cargador-descargador y de la embarcación.) Se recomienda = +3.50 m, ref. N.P.M.S.

Para ilustrar este dimensionamiento que se aplica a diversos tipos de frente de atraque a continuación se ejemplifican gráficamente.

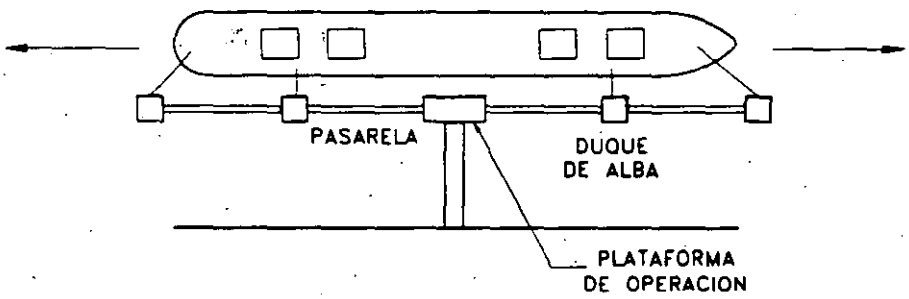


Figura 5.151 Atracadero en "T" a base de duques de alba

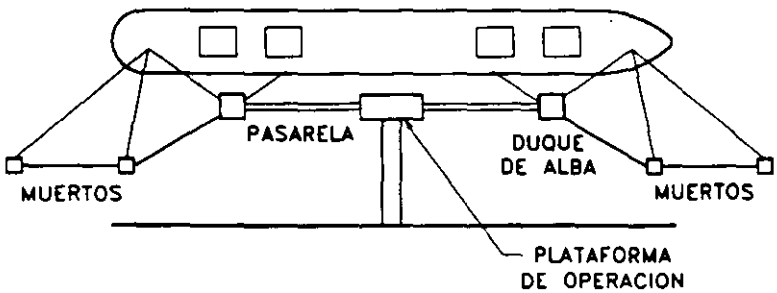


Figura 5.152 Atracadero en "T" a base de duques de alba y muertos de amarre

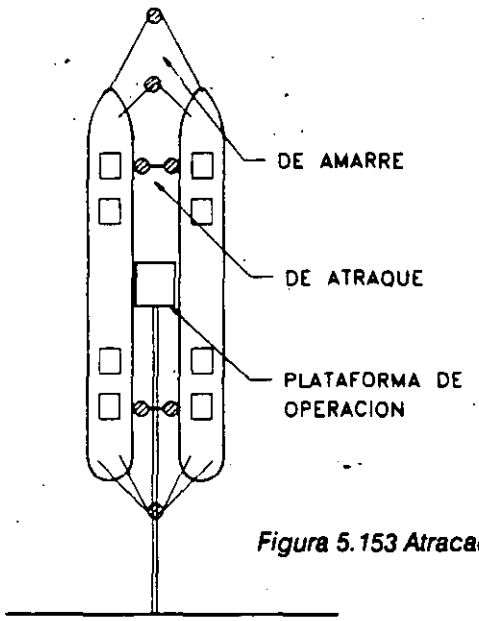


Figura 5.153 Atracadero en espigón

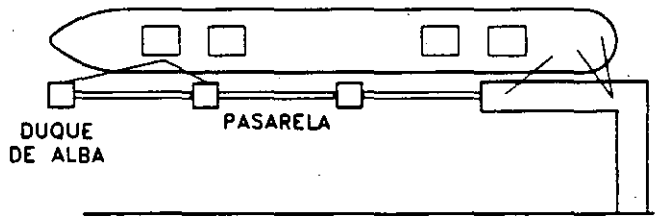


Figura 5.154 Atracadero en "L"

PUESTO O FRENTE DE ATRAQUE P.A.
Fluidos en Mar Abierto

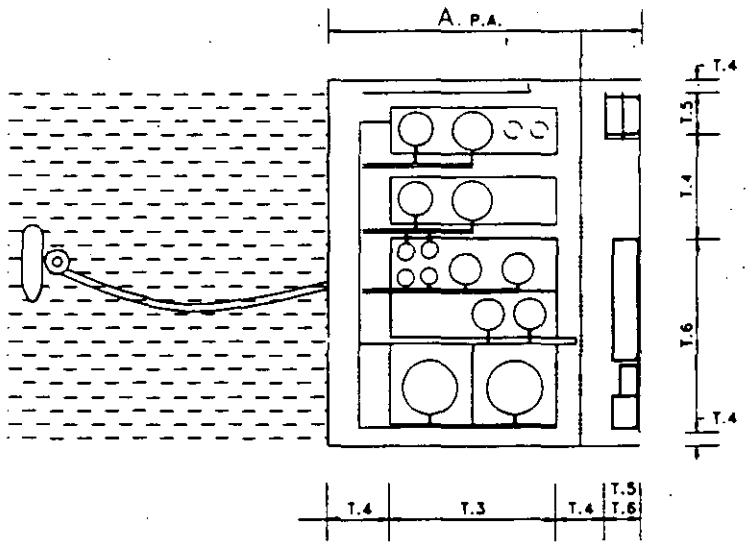


Figura 5.155 Puesto de atraque en mar abierto

Las dimensiones del puesto de atraque son muy variables y dependen del atracadero de la embarcación, sistema de carga-descarga y en su área de tierra del almacenamiento del producto, sus dimensiones son similares a las indicadas en el puesto de atraque de aguas protegidas, con la recomendación de tomar en cuenta cuando se haga el proyecto respectivo el posible crecimiento del área terrestre de acuerdo a la región hinterland donde se sitúe.

Para el área terrestre:

A.P.A. = T.2 + T.3 + T.5 + T.6 = 310 m. mínimo
600 m. normal

L.P.A. = 315 m. mínimo
375 m. normal

S.P.A. Calculado con A.P.A. x L.P.A. aprox.
S.P.A. = 9.76 has mínimo
22.5 has. normal

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE
En Mar Abierto.

Para embarcaciones de gran porte, aquí se indican los diferentes tipos de amarraderos, que se conectan a tierra, transfiriendo el producto por tuberías submarinas. A continuación se ejemplifican los principales tipos.

- Tipos "A" amarradero con boyas

Boya única de amarre "CALM" (Catenary Anchor Ley Mooring) sujeta al fondo del mar con cadenas ancladas a 100 m. del centro de la boya.

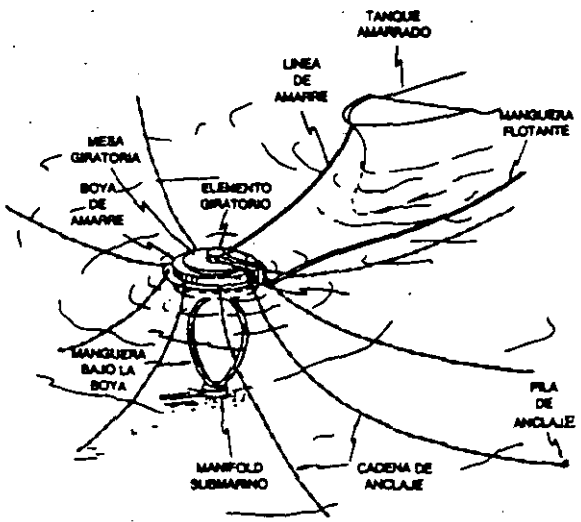


Figura 5.156 Amarradero con boyas

Boya única de amarre "SALM" (Single Anchor Ley Mooring)

Fijada al fondo del mar con la estructura terminal de válvulas y tuberías conductoras.

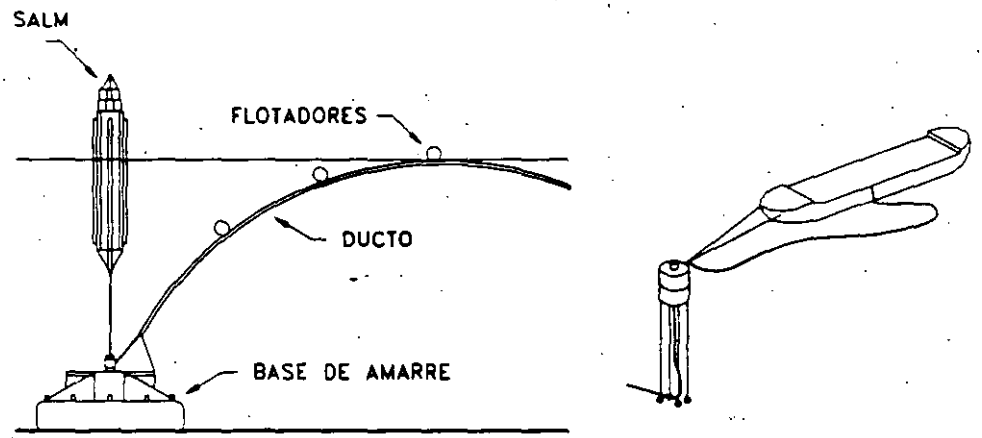


Figura 5.157 Boyas tipo SALM

- Tipo B Amarradero de brazo rígido RAM (Rigid Arm Mooring)

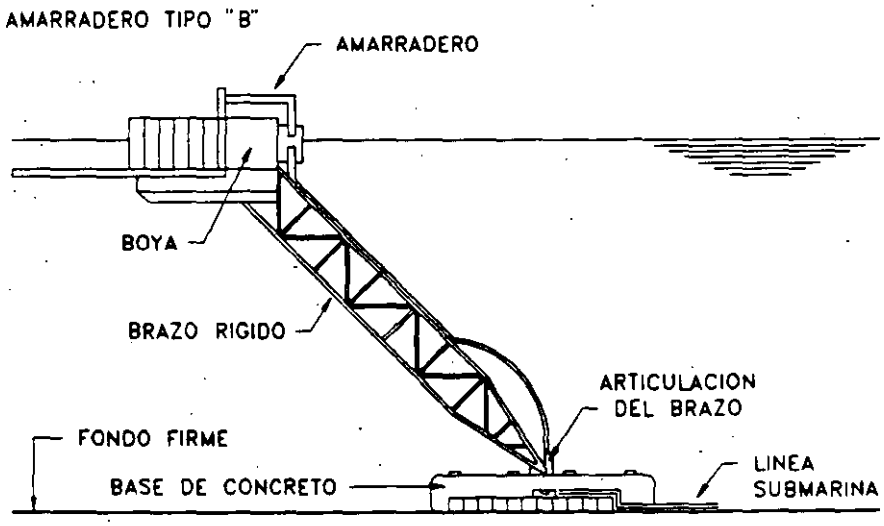
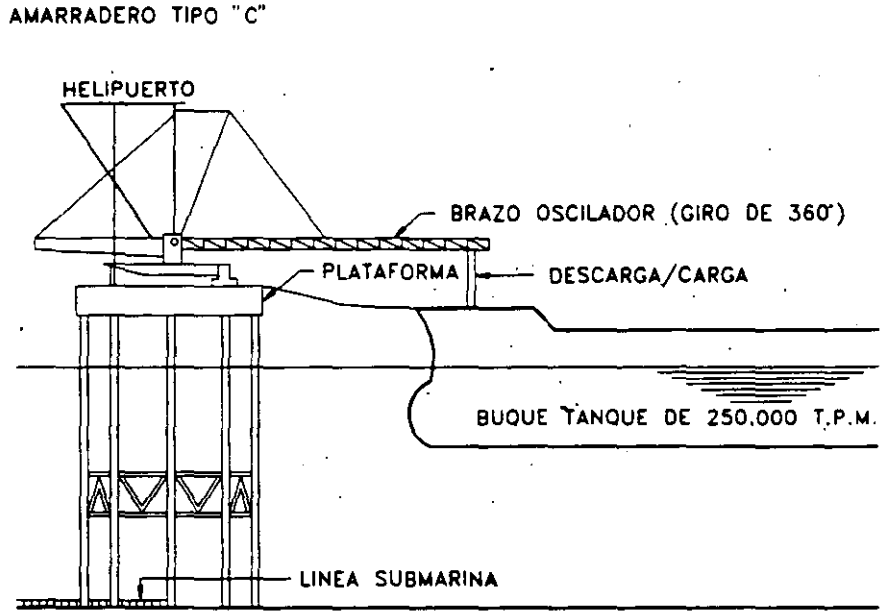


Figura 5.158 Amarradero rígido

- Tipo C Amarradero de Torre Fija TTM (Tower Fixed Mooring).



- Tipo D amarradero de muelle en isla

(Ejemplo de Kuwait a 16 Km. de la costa para recibir embarcaciones de 325,000 T.B.R.).

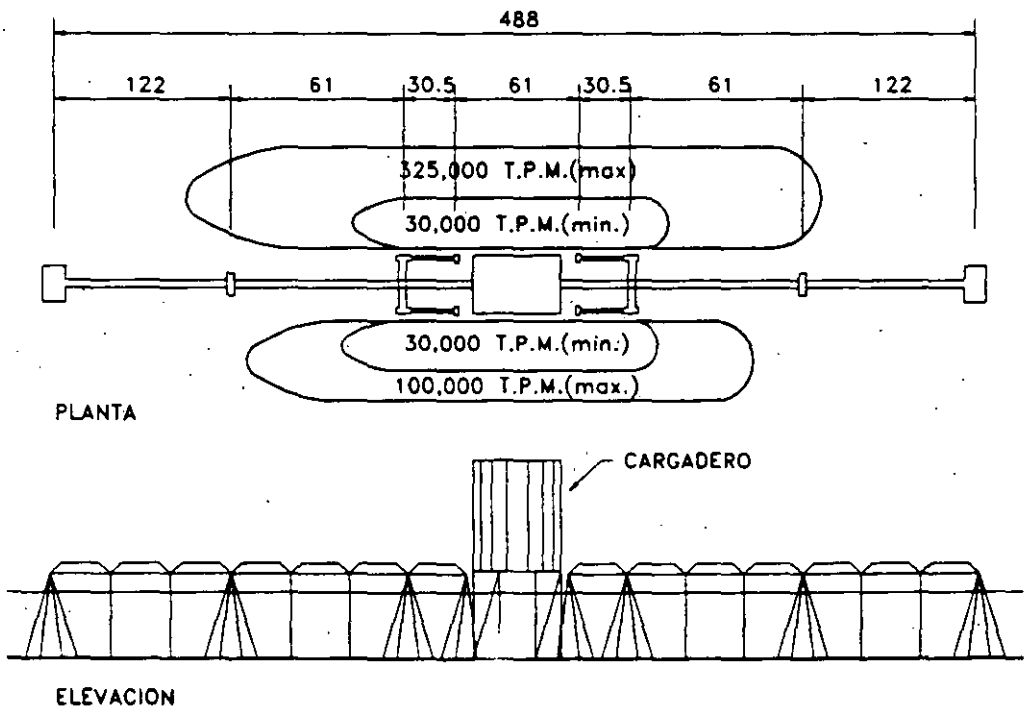


Figura 5.159 Amarraderos para manejo de fluidos

Areas T.1 y T.2

En general las áreas T.1 dependen del equipo cargador o descargador del producto que se opere y se ubican directamente en el muelle o amarradero.

El área T.2 la forma el equipo de traslación del producto (tuberías y bombas) y puede ser flotante, en la superficie o submarino de acuerdo al tipo de producto.

Por lo anterior se indican las dimensiones y recomendaciones según el grupo de fluidos de que se trate:

Areas de tierra grupo de fluidos "A" petróleo y derivados.

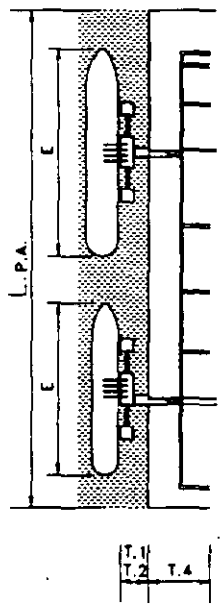


Figura 5.160 Puesto de atraque para fluidos

Area T.1

Depende de la estructura que sostiene los brazos o garzas que se colocan en el atracadero.

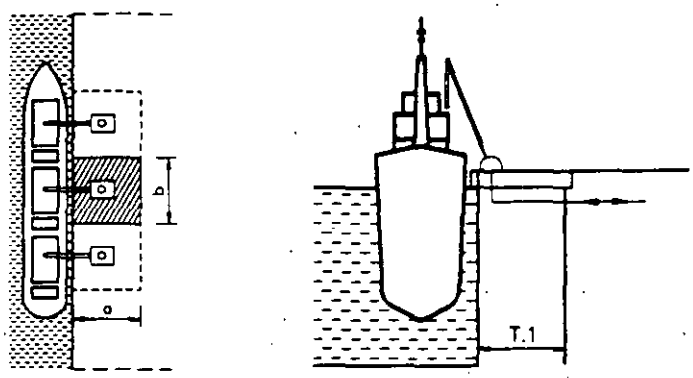


Figura 5.161 Area T.1. Puesto de atraque de fluídos

Dimensiones según el sistema de bombeo y tuberías, adicionando espacio para inspección y mantenimiento.

Ancho T.1 a = 6 mínimo a 9 m. normal
b = 1.80 m. mínimo a 4.00 m. normal
Por cada base de la garza

Area T.2

En este espacio normalmente se accionan 4 bombas del barco (6,500 m3/hr.) con mangueras de 20 a 50 cm. de diámetro y las tuberías son de acero suave de 45 a 90 cm. de diámetro; cuando su longitud es mayor a 3 km. se deben usar "tacos" para despejado.

Se requiere sistema de eliminación de derrames en la conexión de mangueras y bombas y una barrera de contención de derrames anexo al muelle con su sistema de bombeo de extracción.

Se estima que para el sistema de bombeo y tuberías directos de las garzas se requiere un ancho de 3 m. mínimo

T.1 + T.2 = 9 m. mínimo a 12 m. normal

GRUPO DE FLUIDOS "A"

Areas T.3 Areas de Almacenamiento

Depósitos generalmente cilíndricos de acero (divididos en aceites negros y blancos).

Los grupos de tanques debieran estar rodeados por muros y sus pisos son sumideros. Capacidad 500 a 20,000 m3 en dos clases (ver figura 5.38):

- Techo flotante
- Techo cónico fijo

Para los aceites negros se requiere un sistema de calentamiento y calorifugación y los sistemas de medición, que son a base de varillas e indicadores por cada tanque.

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos y Accesos

Similares en sus dimensiones al puesto de atraque de carga unitizada y/o fraccionada agregando:

Depósito de agua de lastre de las embarcaciones, con sistema de rebombeo y separación de impulso.

Laboratorio para pruebas de control de calidad del producto.

Area T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo y Maquinaria

Dimensiones según similitud al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada agregando:

- Taller de bombas
- Taller de elementos térmicos.

Area T.6 Servicios Generales y Especiales

Se observa la importancia del equipo especializado contraincendios para aplicarlo en los sitios peligrosos:

- Bombas de alta presión
- Sistema de hidratantes y depósito de agua.
- Depósito y tuberías, espuma contra incendio

Preferiblemente:

Sistema de utilización de agua salada para utilizarla contraincendios.

GRUPO DE FLUIDOS B.- Gas Natural Licuado, G.N.L.

Areas T.1 y T.2 recomendaciones y dimensiones similares al grupo A (ver

figura 5.161).

Areas T.3 Recomendaciones:

- Instalaciones aisladas del puerto por su alta peligrosidad dotados de equipos frigorizantes (el transporte y almacenamiento del gas se realiza a menos 161°C).
- Capacidad promedio de los tanques 47,750 m3 = 300 barriles.

T.4. Dimensiones para los accesos similares, las dimensiones al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada, pero adicionando:

- Equipos de control y mantenimiento de temperatura requerida y sistemas de pesaje.

T.5. Dimensiones y tipos similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada y agregando:

- Taller de elementos de refrigeración
- Taller de bombas

GRUPO C. ACEITES VEGETALES

Area T.1. Recomendaciones

Dimensiones de T.1 variables, de acuerdo al equipo específico y según los brazos de acero y la estructura que los sostienen para soportar las mangueras de caucho con diámetro promedio de 15 a 20 cm.

Area T.2. Recomendaciones:

Espacios variables según el sistema de bombeo y mantenimiento de temperatura de 15 a 65°C.

Tuberías de acero inoxidable de 15 a 20 cm. de diámetro.
Bombas de 100 a 150 ton/hr

Area T.3 Recomendaciones:

Depósito de acero dulce con capacidad máxima de 1000 tons. Se localizan,

en lo posible, lo más alejado del muelle y según la capacidad de las bombas. (Bombeo del buque al tanque 100 o 150 t/h).

Area T.4 Recomendaciones:

Similar al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada agregando:

- Espacios para bomba de fundición especiales centrifugas o rotativas.
- Control de medición con varillas graduadas
- Para la descarga de camiones se requieren preferiblemente pórticos con sistemas de bombeo y conteo del producto.

Area T.5 Recomendaciones:

Instalaciones con dimensiones similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada adicionando:

- Taller de elementos térmicos
- Taller de bombas especiales

(Con dimensiones similares a los otros talleres).

GRUPO D.- MELAZA-MIELES

Area T.1 Recomendaciones:

Las dimensiones son variables, de acuerdo al equipo específico y sus estructuras de sostenimiento para conectar las mangueras de los buques de 25 cm. de diámetro.

También se usan grúas móviles para estas tuberías, similares a las del puesto de atraque carga fraccionada y/o unitizada para operar las mangueras.

Area T.2 Recomendaciones:

Las dimensiones son de acuerdo al equipo de bombas (tipo volumétrico o rotativas especiales con rendimiento de 150 t/h).

- Conductos de acero de 50 a 60 cm. de diámetro.

Area T.3 Recomendaciones:

Se indica que los depósitos tienen capacidad media de: 14,000 tons. con medidores hidrostáticos y su número depende del movimiento del producto.

Area T.4

Similar al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitizada en sus accesos, estacionamientos y casetas de control, se anota que en la zona de descarga de vagones de ferrocarril y camiones cisterna (pipas) se requieren dispositivos de calentamiento y puentes, báscula para control de peso del producto.

Area T.5 es similar en sus recomendaciones al grupo C de aceites vegetales

GRUPO E.- LATEX DE CAUCHO

Area T.1 similares las observaciones y recomendaciones al grupo D

Area T.2

Espacios para mangueras especiales de caucho de 15 a 20 cm. de diámetro y bombas de tornillo Arquímedes o monocilíndricos con rendimientos de 150 a 200 ton/hr y elementos para mantener la temperatura entre 5 y 32°C.

Area T.3 Almacenamiento

Similar al grupo C de aceites vegetales, requiriendo válvulas especiales, capacidad de tanques de 200 a 2,500 tons. con mantenimiento de temperatura a 20°C promedio.

Area T.4 similar al grupo C de aceites vegetales.

Area T.4 similar al grupo C de aceites vegetales.

5.3.5.7 Puestos de atraque de terminales de puertos industriales

Se recomienda, por ser las costas un recurso importante de nivel regional, que la extensión de las zonas industriales sea perpendicular a la costa. A las diversas industrias se les debe proporcionar eficientemente los servicios portuarios a través de los diferentes Puestos de Atraque (carga general, polivalente, etc). y sólo proporcionarles en exclusiva sus propios Puestos de Atraque cuando económicamente justifiquen su existencia y en especial requiriendo movimiento de carga a granel o muy especializada.

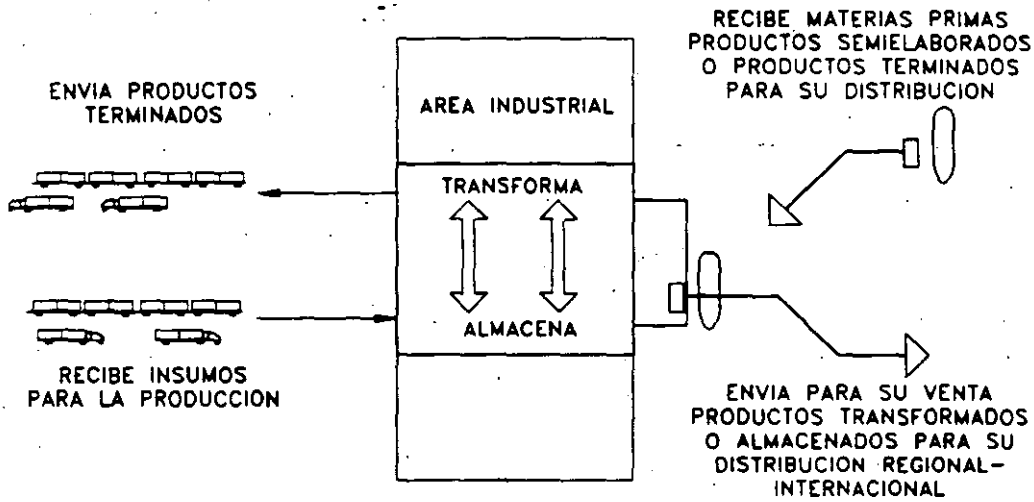


Figura 5.162 Características principales de Puerto Industrial

El puerto y en especial el Puesto de Atraque (P.A), toma el papel de apoyo, más que de enlace y regulación.

. El movimiento portuario y su magnitud depende de la capacidad de la zona industrial

. Generalmente el puerto recibe principalmente materia prima y en menor grado productos elaborados o terminados para su distribución en la región. En el caso de la materia prima o productos semielaborados pasan a la zona industrial para su proceso y de ahí regresan para su importación o en algunos casos se distribuyen por transporte terrestre a la región interior.

. Los puertos son básicos para el desarrollo de industrias secundarias (altamente productivas) de manufactura, contribuyen sobretodo cuando se requiere un transporte masivo de bienes (en la mayoría de las industrias modernas). El binomio Puerto-Industrial debe guardar un estrecho vínculo

para alcanzar una gran eficiencia en la fabricación, almacenamiento y transportación y por lo tanto formará el elemento fundamental de desarrollo de una región costera.

Por esta actividad industrial se requiere la previsión de las zonas urbanas de vivienda para el elemento humano y de las medidas urbanísticas para el desarrollo de la multicitada región costera.

Los puestos de atraque son habilitados con una alta mecanización y generalmente son para embarcar o desembarcar y sólo en contadas ocasiones se presenta una simultaneidad de estas operaciones.

Recomendaciones sobre las Areas Industriales en cuanto a sus dimensiones.

- La industria de primer nivel requiere de 150 a 1000 has.
- La industria de segundo nivel requiere de 20 a 150 has
- La industria de tercer nivel (pequeña industria) requiere de 3 a 20 has.

Para estimar en términos generales una instalación portuaria industrial, comprendería aproximadamente de 3,000 has.; con servicios comunales de 1000 has., considerando para circulación y maniobras un 30% del área.

P.A. PUESTO DE ATRAQUE INDUSTRIAL

Recomendaciones Generales:

- El crecimiento del área industrial preferiblemente hacia el interior y no paralelo a la costa.

- Por motivos económicos se localizará una terminal para el uso común de los diversos usuarios, ligada convenientemente con vialidad terrestre adecuada.

- Puestos de atraque para una sola industria bajo justificación económica de su operación.

- Si se ubica el puerto o terminal industrial en un puerto general se constituirá en una zona específica para promover el desarrollo industrial, sin interferir con otras terminales.

- Las conexiones de vialidad terrestre, se buscaran fáciles y fluidas hacia las vías regionales.

-Se deberan prever los usos del suelo de la localidad para dar facilidades al crecimiento apropiado de la zona industrial y con la previsión de áreas de vivienda de los trabajadores en coordinación con el Plan de Desarrollo

Urbano del Centro de Población (especialmente en cuanto a su infraestructura de agua, energía y manejo de desechos). Su dimensionamiento depende de las características de la embarcación y de la operación del producto o carga que arribe o salga del muelle, es muy variable y para su dimensionamiento, según su destino particular se verá el tipo de terminal similar.

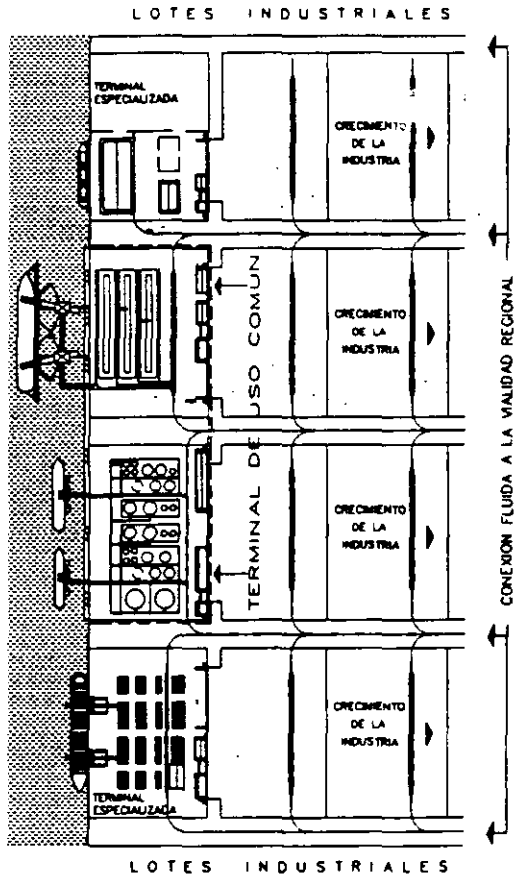


Figura 5.163 Puesto de atraque de un puerto industrial

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE F.A.

Dimensiones variables, según el barco y el tipo de operación de los productos que se operen se puede observar su dimensionamiento en frente de atraque específicos.

Area T.1

Carga-Descarga del Muelle.

Las dimensiones de T.1 son variables, de acuerdo al tipo de operación que

se realice, pues puede ser similar al puesto de atraque de granel o con los requerimientos de un puesto de atraque de contenedores o en otros casos como área para mover carga unitizada.

Se recomienda que una vez definido el objeto de este puesto de atraque industrial, se consulten las dimensiones del puesto de atraque que mejor se adapte a sus necesidades específicas.

Area T.2 Transferencia Muelle de Almacenamiento

Es variable y las recomendaciones son similares a las dimensiones del T.1.

Area T.3 Almacenamiento

El almacenamiento también se debe adaptar al tipo específico de la operación y puede ser similar al Puesto de Atraque de contenedores o como almacenamiento en pilas de minerales o en otros casos requiere de depósitos de fluidos.

Requiere este puesto de atraque de almacenes de materias primas, que también son muy variables, ya sean cubiertos o descubiertos de acuerdo al producto o materiales específicos.

Puede existir el caso del movimiento como carga unitizada, cuando sus productos requieran moverse en esta forma e inclusive a través de contenedores.

Las dimensiones particulares sólo se podrán determinar cuando se haga la planeación general y después consultando los puestos de atraque mencionados.

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos, Controles y Accesos

La fluidez de los accesos se acentúa más para estos puestos de atraque.

Se recomienda que el propio puesto de atraque se sitúe (cuando tome parte de un conjunto o puesto de atraque) inmediato a las vías regionales de autotransporte y ferrocarril.

En el interior del puesto de atraque se recomienda una vialidad también fluida; previendo estacionamientos anexos a los accesos de los lotes industriales.

Las dimensiones de las secciones de vialidad, estacionamientos y controles son similares a los puestos de atraque de contenedores.

Area T.5

Las instalaciones son similares a los puestos de atraque de carga fraccionada y/o unitizada agregándole los talleres y almacenes, patios y otros elementos que se requieran según las particularidades de lo que produzca u opere en esta zona industrial portuaria.

CONSIDERACIONES GENERALES DE PLANEACION DE LAS TERMINALES DE PUERTOS INDUSTRIALES

De acuerdo a la experiencia Japonesa se hacen las siguientes consideraciones.

A Aspectos regionales y escala del puerto industrial.

B Factores de la planta industrial, tipos y dimensiones generales de las industrias típicas.

C Condiciones naturales del sitio, tipos de puertos industriales y procedimiento de su desarrollo.

D Plan de conjunto de la planta industrial.

A.- Se recomienda el establecer a nivel regional los lineamientos de políticas, especialmente de desarrollo económico y social tomando en cuenta lo cultural (tradiciones históricas y culturales) y la generación de actividades de transporte y comunicación en relación directa con los condicionantes de las áreas terrestres definiendo los lugares para la vivienda de los trabajadores y la armonización con los recursos naturales. Se indica la importancia de la conservación de áreas ecológicas, de las agrícolas según los objetivos de las poblaciones y la definición de la vialidad del transporte terrestre y sus comunicaciones de acuerdo con las rutas marítimas y el tipo de navíos que arriben al puerto.

La escala del Puerto Industrial se define con las características de la planta industrial según los diversos tipos de industrias que se puedan establecer, sus capacidades de producción y sus planes de transportación dependientes su región o hinterland. Lo anterior se refleja en el siguiente algoritmo.

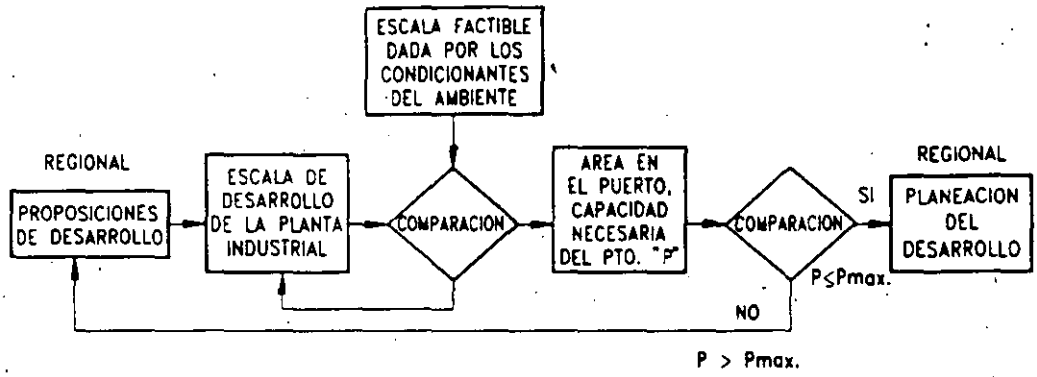


Figura 5.164 Planeación general del desarrollo

B.- Los factores de la Planta Industrial que las condiciona son:

1.- Factores particulares según el tipo de industria y de acuerdo a sus características de cada una de ellas.

2.- Factores generales del conjunto de la Planta Industrial de acuerdo a las escalas de producción y respectivos costos.

Los tipos más generales de las industrias en una planta de un Puerto Industrial son los siguientes.

- Industrial siderúrgica (acero)
- Industrias derivadas de la siderúrgica
- Construcción de embarcaciones (Industria naval)
- Plantas productoras de aluminio y derivados del mismo
- Industrias de transformación de cobre, plomo y zinc.
- Refinerías de petróleo crudo
- Industrias petroquímicas diversas
- Plantas de pulpa de papel
- Termoeléctricas (para producción de energía eléctrica)
- Plantas nucleares

TABLA 5.7 EJEMPLOS DE USO DEL SUELO EN DIFERENTES PUERTOS

	Pto. Tomaizom	Mutsu Ogawara	Ishikari huan	Fukui	Observaciones	Rango % de variación de área
AREA DEL MUELLE	540 has. -50%	86 (C) 1.60%	370 -13%	60 -5.10%	Obras Art. con canal de Drag.	5.2 a 12.5%
AREA INDUSTRIAL	5,670 53.40%	2830 53.10%	1370 (f) 46.10%	687 58.40%	incluido	46.1% a 58.4%
CIRCULACION	-	80 (d) listo	260 8.80%	0.46 (d) 3.90%		1.5% a 8.8%
CARR. PRINCIPAL	160 1.50%	94 1.80%	-	73 6.20%		1.5 a 6.2%
ESPACIO ABIERTO (parques,etc.)	3,370 32.20%	1772 33.30%	880 29.60%	699 16.90%		16.9% a 33.3%
OTROS	710 (b) 6.80%	467 (e) 8.80%	90% 3%	111 (g) 9.40%		3 a 9.4%
TOTAL	10,450 has 100%	5329 100%	2970 100%	1176 100%		100%

Notas:
a) Carreteras en el cinturón verde excluidas
b) Estan incluidos 50 has. de lotes ribereños
c) No está incluido el canal de dragado
d) Incluye el tratamiento de artículos peligrosos
e) Incluidos 333 has distribuidas
f) Incluido el uso de contenedores públicos
g) Incluye 63 has distribuidas

C.- Las condiciones naturales del sitio donde se ubique un puerto industrial y su respectiva planta industrial se recomienda:

. Profundidad del agua de 20 a 30 m.

. Preferentemente situarse donde existan ríos

. El emplazamiento puede ser en bahías protegidas o donde se pueda realizar con obras un puerto artificial

. Geología.- En terrenos con subsuelo resistente y a poca profundidad y topografía con terrenos de casi nula pendiente y nivel apropiado.

- Desarrollar o conservar vegetación (arborización) en los alrededores del total de la unidad.

- Buscar facilidades sociales en el uso del suelo próximo

- Condicionar a los reglamentos y leyes vigentes de los parques naturales existentes (para su conservación)

- En cuanto a la planeación urbana, propiciar industrias de productos marinos, conservar el patrimonio natural y cultural junto con implementar facilidades educativas médicas, parques y cinturones verdes.

- Facilitar el tránsito de la localidad en cuanto a carreteras, viales, ferrocarril, aeropuertos y especialmente facilidades portuarias y equipamientos urbanos en general que sean necesarios.

Los puertos industriales se pueden clasificar:

a) Puerto donde el área de agua disponible es crítica

   1) para grandes embarcaciones
   2) con Planta Industrial no próxima a la bahía

b) Puerto donde el área de tierra es crítica

   1) Puerto ordinario
   2) Puerto con la Planta Industrial tierra adentro.

Se observa la necesidad de un chequeo de condicionantes socio-económicos para facilitar el desarrollo del Puerto Industrial:

- La localización en cuanto a la distancia de la zona urbana.

- Terrenos con áreas suficientes y nivel o cota apropiada en relación al nivel del mar.

- Reglamentos y leyes existentes para su correcto cumplimiento o

petición de desregulación.

. Transporte, verificar la existencia de ligas viales y sistemas de transporte existentes por realizarse.

. Reacciones o impactos que se generen en la población respecto al Puerto Industrial

. Tomar en cuenta las industrias existentes o su desarrollo a nivel local.

El procedimiento para el desarrollo del Puerto Industrial se puede resumir en: 1. El sistema operativo; 2. ordenamiento y confirmación de propósitos u objetivos , 3. Planeación de desarrollo y 4.Programa de construcción y licitación de empresas.

El diagrama es el siguiente.

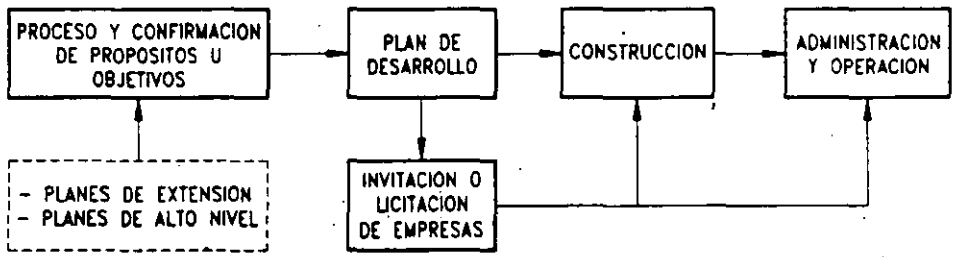


Figura 5.165 Procedimiento para el desarrollo de un puerto industrial

D. Plan de Conjunto de la Planta Industrial.

Se condicionan a dos aspectos

. La forma o diseño de la planta de acuerdo al frente de agua (o línea de costa) y el flujo de bienes o productos desde su interior.

- La forma de recibir desde el frente de agua materia prima o productos y combustible.

Los puntos a verificar o de chequeo en la planeación respectiva son:

- El abastecimiento de combustible y servicios (subterráneos o no) de los navíos.
- La localización de productos o artículos peligrosos en áreas especiales
- Carga negra separada de la carga blanca
- La operación de materiales o productos en polvos de acuerdo a la presentación de los vientos y precauciones especiales de su maniobra.
- La situación o condiciones del estrato o capa resistente del subsuelo.
- La localización de obstáculos incluyendo las "tomas" requeridas para navíos y transporte terrestre.
- El volumen de operación de productos o materias primas.
- Tipo de muelle privado o público.
- Tipos de empaques y transporte de la carga.
- Condiciones del plan de arribo de las embarcaciones.
- Plan y programa de facilidades y servicios que proporciona el Puerto y la Planta.
- Tipos de operación y administración de la unidad Puerto-Plantas Industriales.

5.3.6 La operación portuaria, equipo de transbordo y esquemas operativos.

El incremento del comercio mundial ha originado la creación de una red de transportes que puede enlazar cualquier lugar del planeta; el desigual reparto de las fuentes de materias primas y los centros industriales, la competencia internacional y los precios de las mercancias han obligado al aumento en la eficiencia de la red de transporte para hacer más fluido el intercambio comercial.

En esta red de transporte los puertos constituyen un eslabón que enlaza y coordina a los modos de transporte en tierra y agua, por lo que deberán entenderse y analizarse las estructuras físicas y las organizaciones humanas que harán posible la transferencia de mercancía y pasajeros con eficiencia.

El mismo conocimiento del transporte marítimo ha propiciado la especialización de la organización portuaria, instalaciones, flota mercante y el sistema de transporte terrestre, a fin de absorver ese conocimiento en forma eficiente y económica.

La organización apropiada y eficiente del tráfico portuario es la finalidad de la administración portuaria, la OPERACION PORTUARIA como parte de la administración se encarga de adecuar las multiples maniobras que se requieren para permitir la transferencia de la carga y pasajeros del transporte marítimo al terrestre y viceversa, con eficacia, economía y seguridad.

Llamamos operación portuaria al conjunto de todas las operaciones necesarias para realizar el paso de la mercancía desde el transporte marítimo al transporte terrestre en un sentido u otro.

La operación principal constituido de la carga, descarga, almacenamiento y evacuación, está complementada por otras actividades que sin ellas el conjunto no funciona, así se tienen por ejemplo: identificación de la mercancia, despacho de aduanas, reconocimiento de averías, reunión por lotes, destinos y almacenamiento de espera, envasado, consolidación, etc.

La coordinación de la operación debe contemplar a tres usuarios principales del puerto: la mercancía, el barco y el transporte terrestre.

El principio de planeación de la operación se inicia con el conocimiento del tipo de carga. El flujo de la carga para la exportación o importación, no implica en los esquemas operativos sino sólo en la eficiencia del proceso que normalmente es más lento para la importación.

Conocidas las características de la carga se debe pasar a conocer las características del buque y así asignar el muelle de atraque donde se realizará el transbordo, también es necesario conocer la fecha probable de su arribo al puerto y llevar un calendario adecuado.

Tipos de Operación.

La clasificación de las operaciones portuarias puede hacerse desde varios puntos de vista: tráfico, mercancía, fase y por la vía que sigue el producto. Y ésta es precisamente la que usaremos.

Vía Directa: A camión, a vagón, a tubería, entre buques. Aunque es la más eficaz es la más difícil de realizar por la armonía que debe existir en la operación portuaria.

Vía Semidirecta: La carga se descansa en el muelle provisionalmente, antes de su evacuación del puerto.

Vía Indirecta: La mercancía se almacena temporalmente mientras espera su evacuación del puerto; es la más usada.

Fases de la Operación

A	B	C	D
TRANSBORDO	TRASLACION	ALMACENAJE	RECEPCION/ ENTREGA

Rendimientos Portuarios

Deben obtenerse el mayor número de datos sobre el resultado de operaciones, ocupaciones, rendimientos, etc. y ser utilizados para deducir una valoración u opinión sobre el conjunto del puerto en general y sobre las operaciones en particular y poder adoptar las medidas necesarias para corregir situaciones o mejorar los resultados.

En un primer caso para averiguar la eficacia, intensidad y calidad de los servicios que ofrece el puerto a sus usuarios es útil la aplicación de unos sencillos índices primarios. Posteriormente se podrán aplicar unos índices secundarios relacionados aritméticamente con los anteriores y se dejan para la planificación del puerto.

Indicadores Primarios

I. Movimiento de la mercancía en el puesto de atraque.

II. Estadía del buque.

III. Ocupación de los puestos de atraque.

IV. Productividad de los buques.

V. Productividad de la mano de obra.

Para la aplicación de estos índices debera fraccionarse previamente al puerto en unidades homogéneas (tipo de mercancía, muelles similares, etc). y estudiarse por separado. De otro modo los resultados pueden estar influidos por rendimientos parciales extremos que alteran el carácter fundamental que poseen y que sólo deben mostrar valores medios.

Operaciones Ordinarias.

Se incluyen en este grupo todas aquellas que se realizán en muelles generales con equipos universales, aunque se utilicen dispositivos adecuados para el manejo de la carga. Se excluyen por lo tanto las mercancias que se manipulan con instalaciones especiales ya sean graneles sólidos, líquidos, contenedores, etc.

En esta operación se pueden diferenciar dos actividades principales:

a) Operación a bordo: comprende desde cuando la mercancía queda colgada de los ganchos del equipo del puerto o del buque hasta que es soltada.

b) Operación en tierra: comprende dos operaciones: traslado y almacenaje.

Como conclusión mencionaremos que por la multitud de factores que intervienen, y las diferentes circunstancias que existen pueden originarse muchos tipos de operaciones, pero es preferible agrupar en tipos similares con sus características diferentes discernidas, y analizar sus necesidades y modalidades de trabajo:

"Cada operación organizada de una forma adecuada requerirá de un equipo idóneo de acuerdo a sus características y, su rendimiento y costo será una consecuencia directa de la organización"

Almacenamiento y Expedición.

Las vías indirecta y semidirecta en cuanto exigencias de almacenaje, recepción, control y expedición de la mercancía se explicarán en este apartado.

Los principios básicos que deben regir la estancia de la mercancía en almacenaje son las siguientes:

- Distribuir la superficie de almacenaje en forma que la mercancía pueda evacuarse con rapidez y seguridad.

- Separar adecuadamente los tipos de carga para facilitar la identificación, recuento, inspección y desalojo evitando manipulaciones adicionales.

- Separar las mercancias peligrosas, contaminantes y de alto riesgo.

- Apilar en forma correcta para evitar deterioros o sobrecargas tanto a la mercancía como a la superficie de carga, pero tendiendo a el menor espacio.

Por las características y requerimientos de la mercancía, es difícil enclavar en un encuadre normalizado de los tipos de almacenaje, pero es posible de realizarse en sólo tres tipos.

1) BODEGAS.- cubierto a la intemperie.
2) COBERTIZOS.- bajo techo
3) PATIOS.- al aire libre

De aquí, sólo falta considerar los servicios necesarios para que la carga no sufra deterioros o desperfectos durante su estancia en el puerto. En cada caso a de tenerse presente el tipo de mercancía y su forma de presentación

Recomendaciones Generales de Almacenamiento.

- Para la carga general fraccionada se requiere almacenamiento cubierto. Estos almacenamientos suelen disponerse en primera línea si la estancia es breve, y en segunda línea cuando la estancia es más prolongada, (tránsito y estacionario).

Para la carga paletizada y unitizada suele aplicarse igual tratamiento, si bien con mayor facilidad.

En el caso de contenedores, salvo el caso de llenarlos o vaciarlos en puerto (bodega de consolidación), el almacenaje obedecerá a consideraciones de clasificación y distribución complicados a cielo abierto.

En el caso de contenedores refrigerados existen tomas eléctricas.

Para los graneles se utilizan generalmente depósitos fijos, cerrados y especialmente acondicionados para cada producto, siendo la expedición de los mismos por tuberías o bandas. Estos depósitos debido a la facilidad de enlace con el puerto pueden estar alejados de los muelles. Para los graneles sólidos puede ser conveniente algún cubrimiento superficial a efectos de evitar la contaminación del medio ambiente externo.

Los grandes depósitos de graneles exigen por lo general elementos de manipulación especiales, adecuada ubicación y un efectivo enlace (transportadores) entre el buque y el depósito, aunque en realidad limitados por los alcances tecnológicos. Es frecuente el uso de furgones de ferrocarril cuando se manejan grandes volúmenes de recepción o entrega en el puerto.

Los productos líquidos no revisten dificultad alguna en su operación de almacenamiento, ésta mercancía puede considerarse como graneles sólidos con una manipulación característica por su carácter de fluido. La principal de ella es la independencia de mano de obra y el rítmo continuo de las operaciones a través de bombas. Se deben considerar como elementos fundamentales de almacenaje:

- Clasificación de los productos líquidos.
- Tuberias desde el atraque hasta la planta, incluyendo sistema de bombeo.
- Planta de almacenamiento.

Recepción/Entrega.

Para el caso de mercancias en general reviste gran importancia administrativa por suponer un cambio de responsabilidad, según el tipo de contrato de venta y transporte, pero en todo caso el trámite aduanero obliga a éste control. En el caso de graneles la operación resulta mucho más sencilla.

Una vez realizada la operación de descarga a la llegada de la mercancía al puerto, y en la que el transportista puede no tener ninguna responsabilidad, se procede a la clasificación y recuento de la mercancía en estrecha relación con el apilado o estiba previa a la entrega o recepción. El recuento subsiguiente y entrega admite observaciones y reclamos por escrito del "CONOCIMIENTO DE EMBARQUE", documento esencial del transporte marítimo.

Para la salida de la mercancía del puerto esta operación suele ser más fácil pués el traslado de menor unidad de carga facilita la operación de recuento

Actualmente la carga general transita en contenedores o unitizada, especialmente en grandes volúmenes regulares, y simplifican el problema en

todos sentidos pudiéndose recurrir al procesamiento de información a través de computadoras y sistemas electrónicos.

Equipo Portuario.

El trabajo en los puertos estuvo tradicionalmente marcado por el empleo masivo de mano de obra, y unido a la heterogeneidad de la mercancía hacia las operaciones onerosas y lentas.

La unitización de las cargas aunado a la mecanización a conducido a obtener efectos favorables como:

- Menor estadía del buque por su pronto despacho.
- Abaratamiento de operaciones.
- Especialización de la mano de obra.
- Reducción del esfuerzo humano y accidentes.

La tendencia a la mecanización es cada vez más irreversible y esta en línea con la modernización y especialización de los medios de transporte; su escalonamiento o puesta en marcha debe tomarse cuidadosamente por los efectos sociales que provoca.

Criterios de Elección de Maquinaria.

Existen unos principios básicos que forman criterios sólidos para la selección de maquinaria, como:

- La maquinaria seleccionada debe ser la aproximada para la tarea a realizar, en calidad y rendimiento

- Que sea amortizada a precios de reposición durante su vida útil.

- Que su economía supere los costos de mantenimiento.

- Que sea rentable en su trabajo y atraiga nuevas operaciones.

La realidad es que las condiciones existentes, suponen un reto al momento de afrontar la compra de un parque de maquinaria, y que éste no quede rápidamente obsoleto por los progresos tecnológicos.

La maquinaria es costosa de adquirir, mantener, reponer y unido a las deficiencias de operación pueden ser los obstáculos decisivos al progreso de mecanización. No todo es tan sencillo que pueda resolverse con la compra de equipo nuevo.

5.3.6.1 Clasificación de equipo y descripción técnica básica.

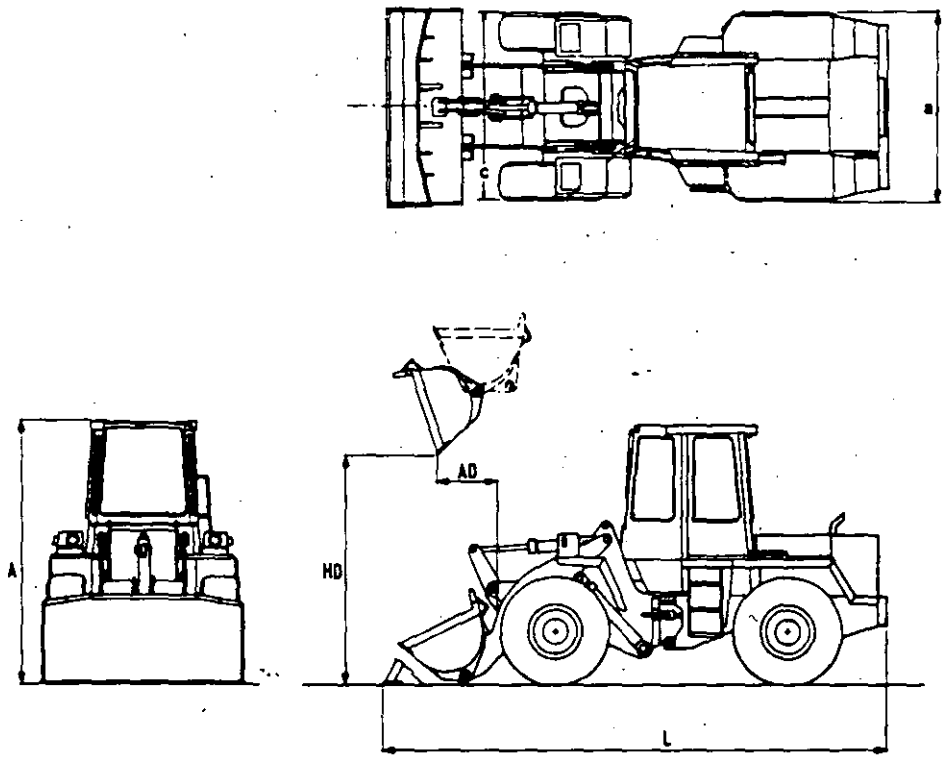
El equipamiento portuario, como se especifico en el capítulo 4, podra ser participe del sistema de transporte multimodal y se le designó como EQUIPO DE TRANSBORDO en este caso del puerto.

Y en estas actividades se puede tener una clasificación del equipo como sigue:

CLASIFICACION	EQUIPO
ELEVACION (VERTICAL)	Cargador Frontal Bulldozer Grúa Hidráulica Grúa Mecánica Montacargas Grúa de Patio Grúa de Muelle Succionadoras
TRASLACION (HORIZONTAL)	Tractores de Arrastre -De Patio -Ferroviario -Industrial Plataformas Chasis Bandas Transportadoras, Ductos, Cargadores, etc.
APAREJOS DE IZAR	Eslingas, Ganchos Redes, Barras y Rodillos, Almejas, Aparejos de sujección Palets Tolvas Spreaders Garzas, etc.
INSTRUMENTOS DE MEDICION	Básculas Manómetros Termómetros, etc.

A continuación se presentan una serie de tablas con características generales de dimensiones y operación de los equipos más característicos de la anterior clasificación.

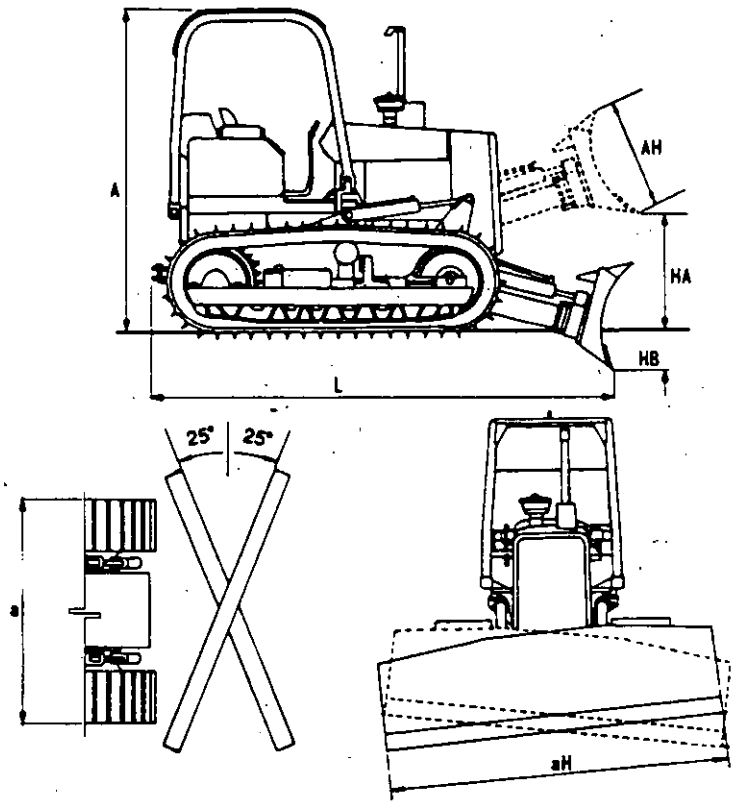
TABLA 5.8 CARACTERISTICAS DE CARGADOR FRONTAL



Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Alcance de Descarga AD (m)	Altura de Descarga HD (m)	Capacidad de cucharón (m3)	Radio de giro (m)
4.64	2.90	2.00	0.85	2.32	1.00	4.05
5.60	2.78	1.99	0.76	2.81	0.70	4.74
6.33	3.21	2.34	0.96	2.76	1.50	5.45
6.88	3.14	2.42	0.85	2.79	1.60	5.91
7.17	3.03	2.49	1.05	2.81	2.10	5.37

Peso vehicular de operación (Kg)	Carga a Alt. max. (Kg)	Carga a nivel del suelo (Kg)	Velocidad máxima (kph)
5,130	2,200	3,100	28.00
5,940	2,174	4,594	35.00
9,100	5,550	8,450	34.00
10,881	5,302	10,757	39.00
12,910	6,465	16,535	40.00

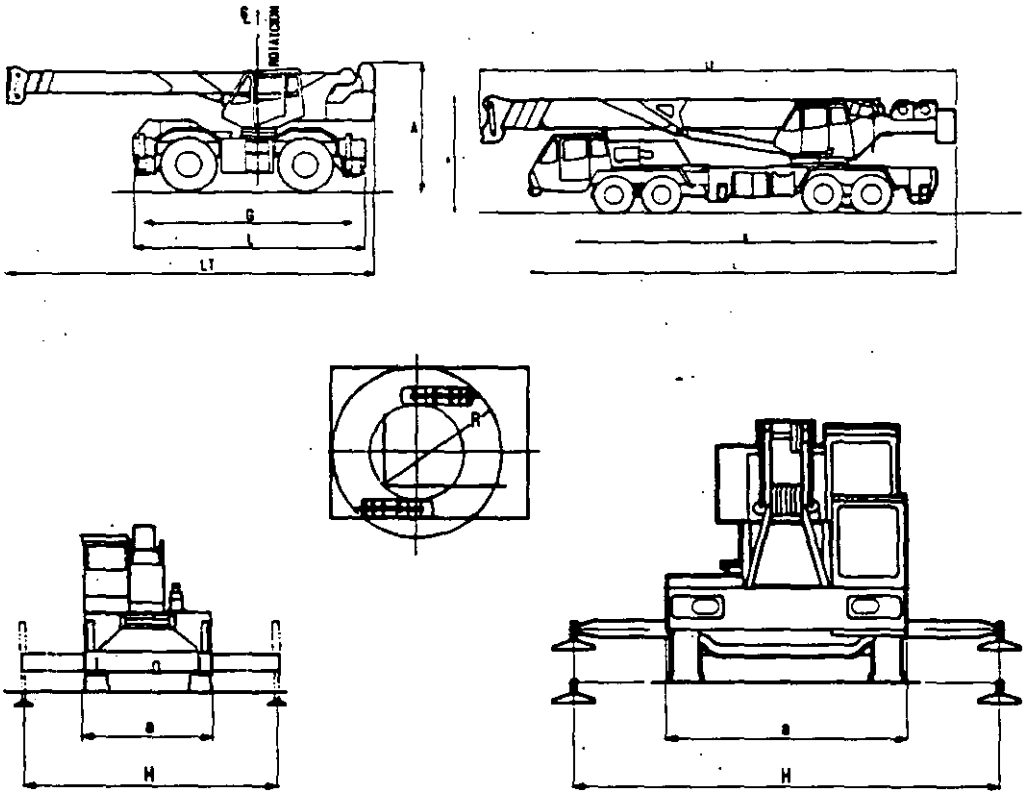
TABLA 5.9 CARACTERISTICAS DE BULLDOZER



Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Alto de hoja AH (m)	Ancho de hoja aH (m)
3.86	2.56	1.32	0.81	2.29
5.00	3.05	1.88	0.97	3.35
4.92	3.20	1.88	1.02	3.86

Peso vehicular de operación (Kg)	Potencia de motor (hp)	Alzado de hoja HA (m)	Bajado de hoja HB (m)	Velocidad máxima (km/h)
6,615	70	0.95	0.32	10.40
15,422	120	1.07	0.57	10.50
16,610	165	0.97	0.54	10.50

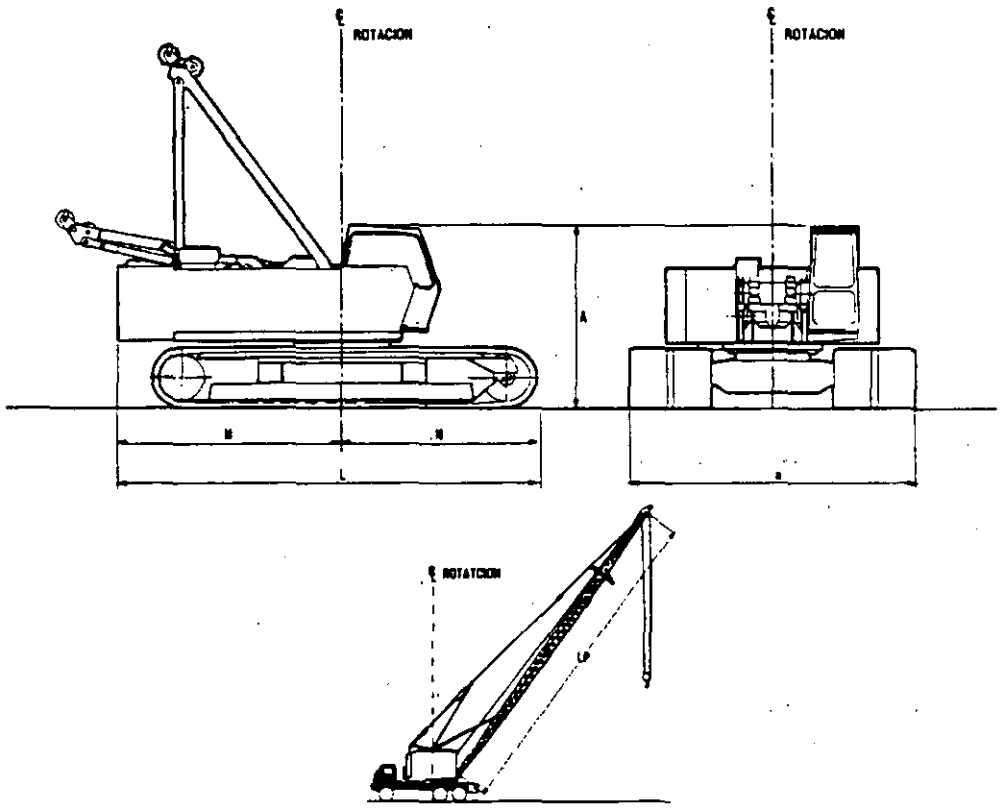
TABLA 5.10 CARACTERISTICAS DE GRUAS HIDRAULICAS
Autopropulsadas y Montadas sobre camión.



Largo de carro L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Largo total LT (m)	Base de apoyo G X H (m)	Radio de giro R (m)
5.93	3.27	2.44	9.68	5.02 x 5.26	18.80
6.59	3.48	2.44	11.81	5.43 x 5.87	21.15
7.68	3.55	2.98	12.33	7.69 x 6.91	24.28
9.40	3.94	3.50	14.40	7.50 x 8.80	14.70
10.84	3.29	2.44	10.84	5.36 x -	-
11.69	3.41	3.00	13.63	7.01 x 5.83	32.21

Peso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Ton)	Alt. máxima de operación (m)	Velocidad máxima (km/h)
17,722	18	31.10	42.30
24,160	35	40.80	43.40
33,648	45	52.10	38.60
60,350	100	61.30	30.00
22,138	28	41.80	77.00
37,405	66	57.60	81.00

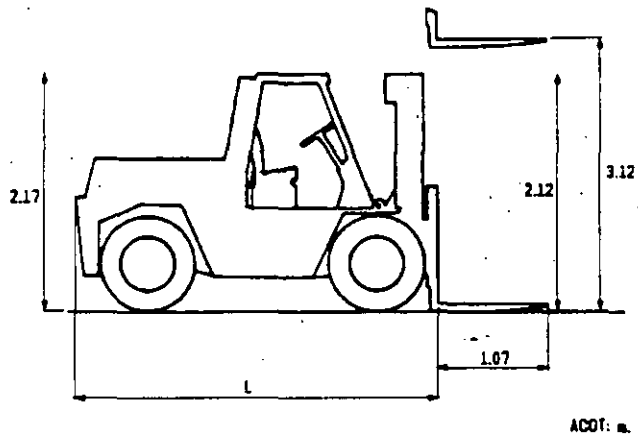
TABLA 5.11 CARACTERISTICAS DE GRUAS MECANICAS
Pluma de celosía, operación sobre tracción

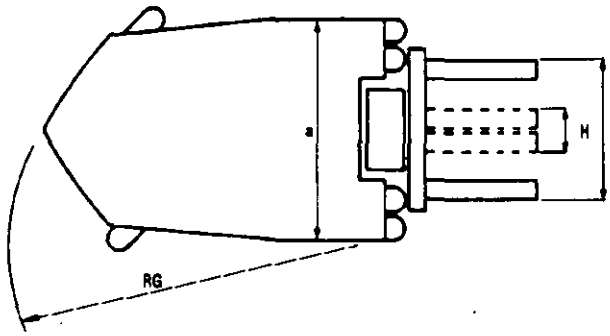


Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	M (m)	N (m)	Largo de pluma LP (m)	Radio de giro (m)
9.58	3.81	3.15	6.5	3.08	39.65	17.83
7.96	3.53	2.74	2.55	5.41	33.55	12.17
7.42	3.27	4.95	3.45	3.97	33.55	18.00
4.57	-	4.00	-	-	30.48	-

Peso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Kg)	Cap. nominal de carga (Ton)	Tracción	Velocidad máxima (km/h)
40,900	28,150	50	Ruedas	71.60
31,200	25,350	35	Ruedas	65.10
67,701	24,000	88	Orugas	1.60
-	37,900	45	Orugas	-

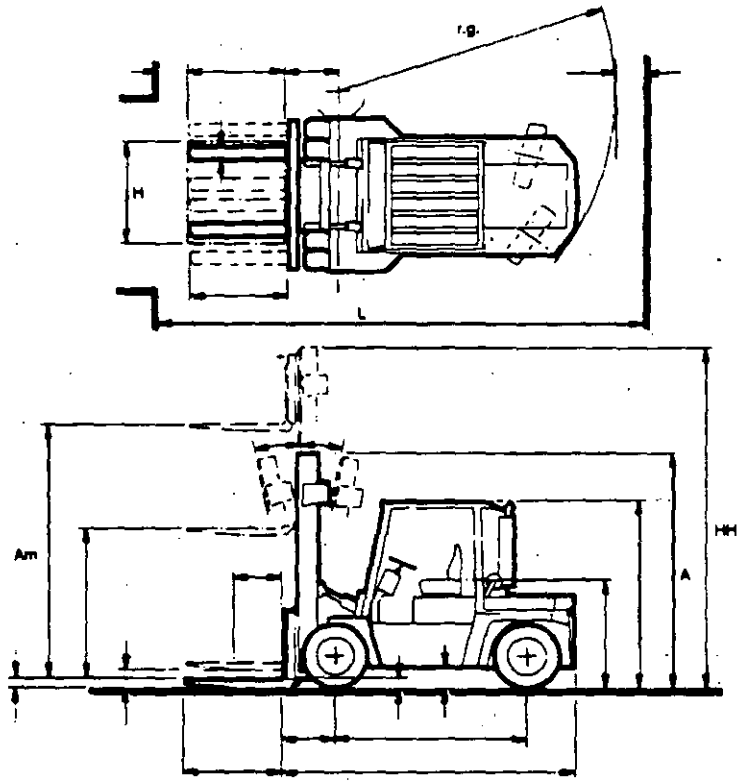
TABLA 5.12 CARACTERISTICAS DE MONTACARGAS ELECTRICOS
Ruedas neumáticas, equipo estandar.





Largo L (m)	Ancho a (m)	Ajuste de horquillas H (m)	Radio de giro RG (m)	Peso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Kg)	Velocidad de traslado (km/h) Vacio-cargado
2.04	1.07	0.20 - 0.90	1.83	3,860	(1,750) 3,500	11.3-10.3
2.04	1.07	0.20 - 0.90	1.84	4,200	(2,500) 5,000	11.1-9.7
2.10	1.10	0.20 - 1.00	1.89	4,690	(3,000) 6,000	10.8-9.3

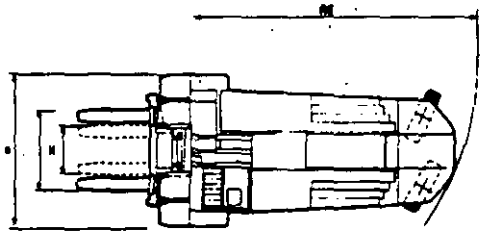
TABLA 5.13 CARACTERISTICAS DE MONTACARGAS
Ruedas Neumáticas y Motor de Gasolina.

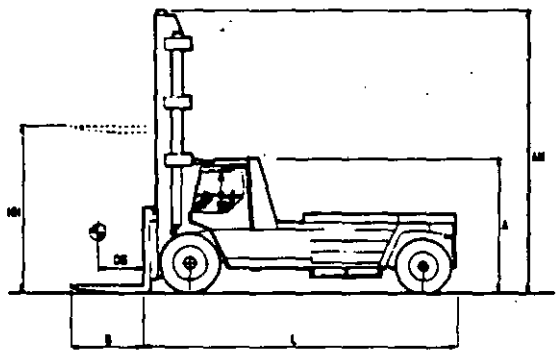


Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Altura de mastil Am (m)	Ajuste de horquilla H (m)	Radio de giro r.g. (m)
2.09	2.02	1.05	1.97	0.20 - 0.92	1.88
2.17	2.02	1.07	2.00	0.20 - 0.92	1.96
2.56	2.09	1.15	2.17	0.20 - 1.31	2.20
2.68	2.11	1.24	2.02	0.25 - 1.07	2.40
2.91	2.22	1.38	2.32	0.30 - 1.17	2.87
3.18	2.22	1.43	2.32	0.30 - 1.17	2.87

Peso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Kg)	Velocidad de traslado (kph) Vacio-cargado	Pendiente vencida % Vacio-cargado	Alt. máxima horquilla HH (m)
2,240	(1,000) 2,200	19 - 18.5	26 - 42	3.00
2,610	(1,500) 3,300	19 - 18.5	21 - 33	3.00
3,700	(2,500) 5,000	19.5 - 19.5	27 - 22	3.30
4,410	(3,000) 6,600	19 - 18.5	20 - 21	3.00
5,810	(3,625) 8,000	21.4 - 19.5	25 - 31	4.26
6,750	(4,535) 10,000	21.9 - 20.6	27 - 35	4.26

TABLA 5.14 CARACTERISTICAS DE MONTACARGAS
Ruedas Neumáticas y Motor de Combustión.



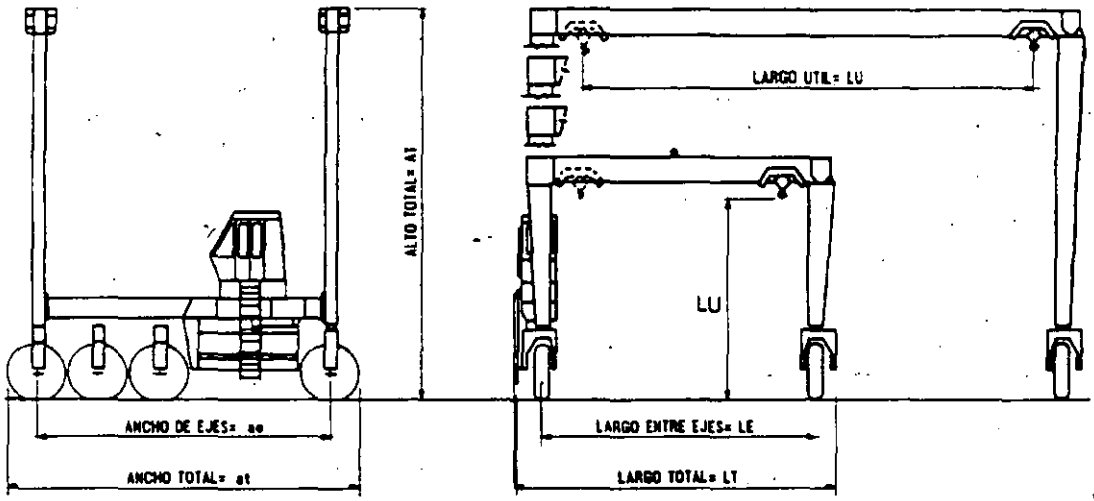


Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Altura de mastil Am (m)	Largo de horquilla B (m)	Ajuste de horquilla H (m)	Radio de giro r.g. (m)	Peso vehicular de operación (Kg)
3.35	2.25	1.78	2.73	1.20	0.30 - 1.67	3.16	8,750
4.50	2.69	2.44	2.84	1.22	0.77 - 2.03	4.25	12,200
5.00	3.05	2.90	3.90	2.10	0.95 - 2.54	4.65	19,000
8.96	3.62	3.42	5.15	2.44	2.31 - 8.21	5.88	39,500
11.27	5.10	4.10	6.40	2.44	2.31 - 9.31	8.00	69,000
9.34	3.68	4.54	5.15	2.20	1.14 - 2.60	10.10	71,180

Capacidad de carga LB (Kg)	Distancia al centro de carga CG (m)	Velocidad de traslado (kph) Vacio-cargado	Pendiente vencida % Vacio-cargado	Alt. máxima de horquilla (m) H.H.
(7,000) 15,500	0.60	25 - 23	21 - 31	3.50
(9,000) 20,000	0.60	24 - 23	33 - 60	3.10
(1,500) 33,000	0.60	28 - 22	34 - 29	4.24
(22,500) 50,000	1.22	25 - 22	26 - 20	8.21
(40,000) 88,,000	1.22	23 - 20	30 - 24	9.31
(40,800) 90,000	1.50	30 - 24	28 - 33	6.50

(1) Son altura Máxima y Mínima Spreader, respectivamente.
(2) Específico para manejo de Contenedores.
(3) Específico para manejo de semiremolques "Piggy Back"

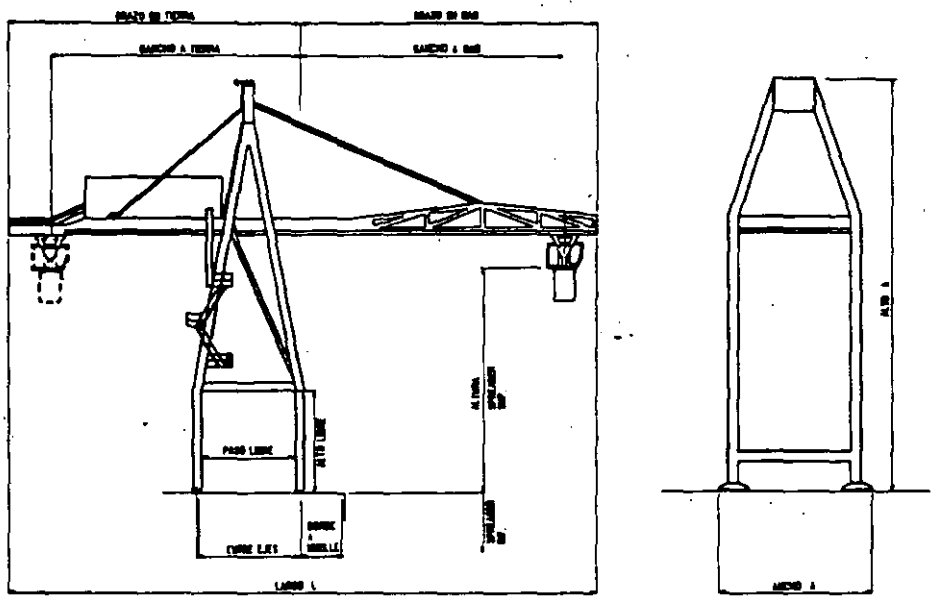
TABLA 5.15 CARACTERISTICAS DE GRUA DE PATIO
Móvil de ruedas neumáticas



Largo total (m) LT	Alto total (m) AT	Ancho AT = Total AE = (m) Ejes	Largo entre Ejes LE (m)	Largo Util (m) LU	Alto Util (m) LU	Radio de giro (m)
6.27	5.72	5.89 4.57	5.16	3.58	4.85	7.29
12.34	10.59	7.42 6.10	11.25	9.68	9.73	13.21
24.84	-	- 9.43	23.47	-	15.24	24.84
26.00	21.45	10.40 7.50	23.47	18.34	14.80	-
28.60	16.80	- 9.00	25.80	21.50	9.90	-

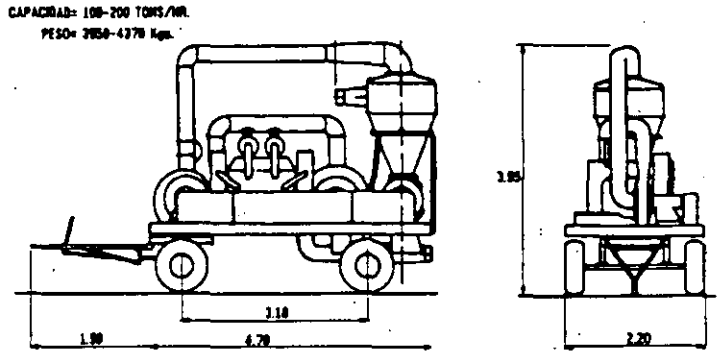
Peso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Kg) LB.	Pendiente vencida (%)	Velocidad máxima (kph)
13,585	(16,330) 36,000	15	12.40
17,373	(16,330) 36,000	11.5	12.40
-	(40,000) 88,100	-	8.00
-	(35,500) 78,200	-	8.00
-	(35,500) 78,200	-	2.70

TABLA 5.16 CARACTERISTICAS DE GRUA DE MUELLE
Sobre rieles



Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Paso libre Alto libre (m)	Entre ejes (m)	Borde a muelle (m)	Altura sup/inf (m)
91.88	52.70	28.70	29.00	30.48	2.80	25.601
			13.00			17.10
93.25	50.00	30.40	18.00	20.00	6.53	28.00
			12.00			15.00
100.00	62.42	31.68	-	23.80	4.00	29.00
			-			28.00

Capacidad de carga (ton)	Brazo en mar (m)	Brazo en tierra (m)	Gancho a mar (m)	Gancho a tierra (m)
36	41.83	50.05	38.18	41.15
36	46.00	47.25	39.00	34.00
50	47.00	53.00	42.00	43.80



Capacidad: 100 - 200 Tons/hr
Peso:3950 - 4370 Kg.

Torre neumática móvil

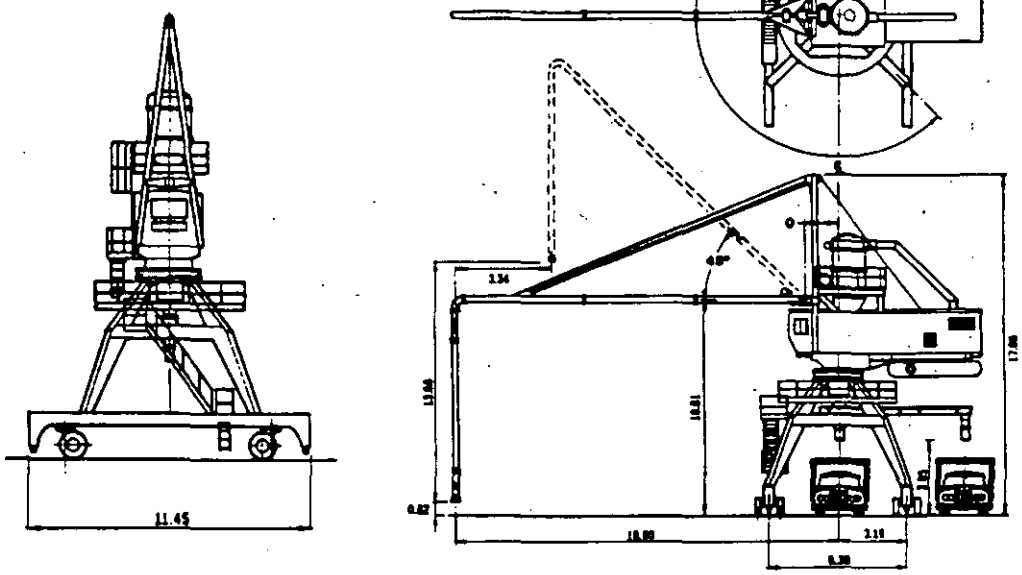
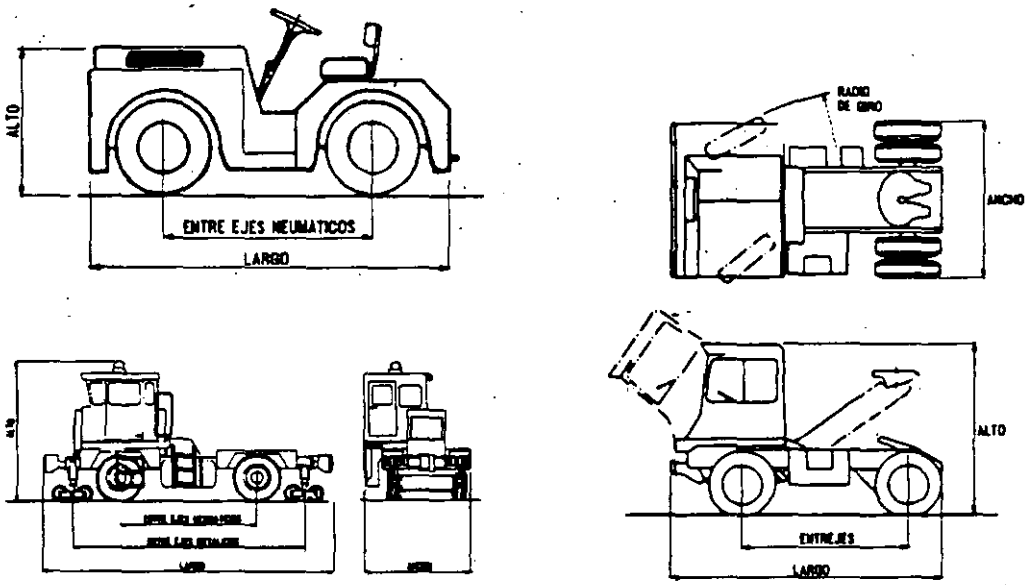


Figura 5.166 Succionadoras
acot:: m

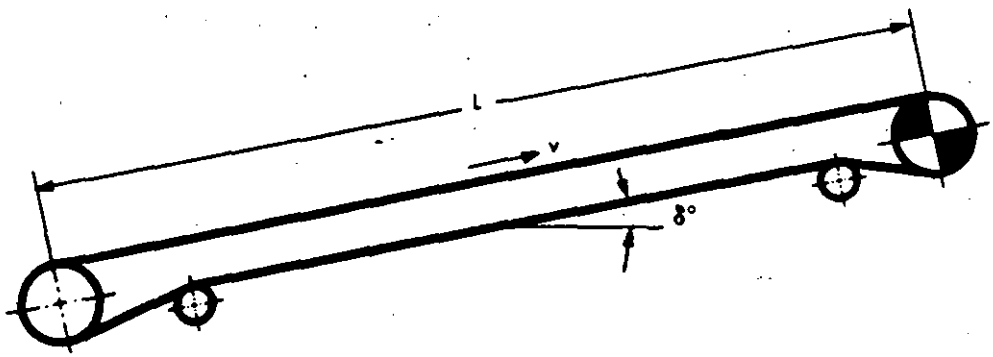
TABLA 5.17 CARACTERISTICAS DE TRACTORES DE ARRASTRE
De Patio, Industriales y Ferroviarios.



Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Distancia entre ejes neum. (m)	Distancia entre ejes metal (m)	Tipo	Radio de giro (m)
6.48	3.15	2.44	3.05	5.16	Ferroviario	-
4.78	3.68	3.07	3.05	3.51	Ferroviario	-
5.68	2.77	2.41	2.64	5.37	Patio/ferroviario	-
4.57	2.77	2.43	2.79	-	Patio	7.01
4.25	2.84	2.44	2.79	-	Patio	6.40
3.05	1.22	1.78	1.78	-	Industrial	4.14

Peso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Kg)	Velocidad máx. en rieles (kph)	Velocidad máxima (km/h)
15,876	Tiro 22,000 lbs	37.0	37.0
19,051	Tiro 30,000 lbs	35.8	12.9
7,269	- 43,600	22.5	46.7
6,396	- 19,000	-	24.0
6,270	- 19,000	-	24.0
4,900	Tiro 8,000 lbs	-	25.0

TABLA 5.18 CARACTERISTICAS DE BANDAS TRANSPORTADORAS



RESISTENCIA DE TRABAJO (POR CAPAS) DE FABRICA Kp/cm			EQUIVALENCIA DE TENSION DE TRABAJO POR CAPA		
			INDY	RMA	ISO
3	4	5	Kp/cm	lb/in	Kg/cm
315	400	500	100	50	40
400	500	615	125	60	50
500	630	800	160	70	65
630	800	1000	200	90	80
800	1000	1250	250	120	80
-	1250	1600	315	155	80
-	1600	2000	400	195	100
-	2000	2500	500	240	100
-	2500	3150	630	-	100

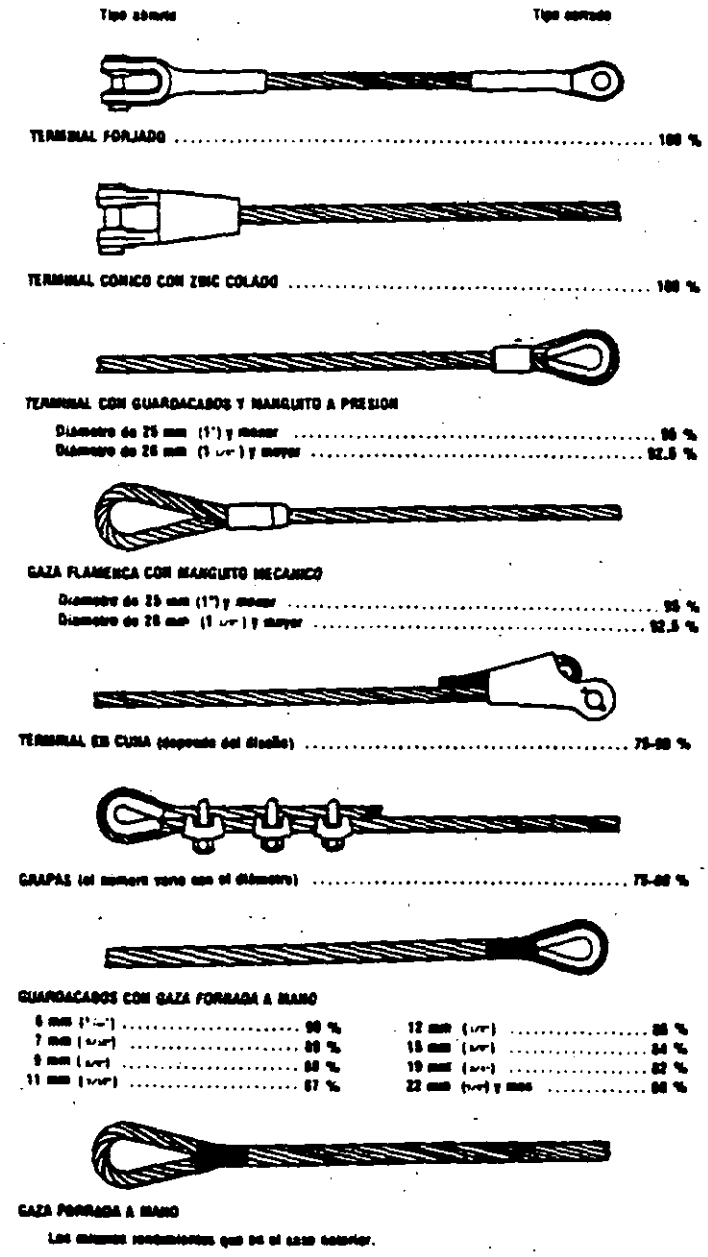
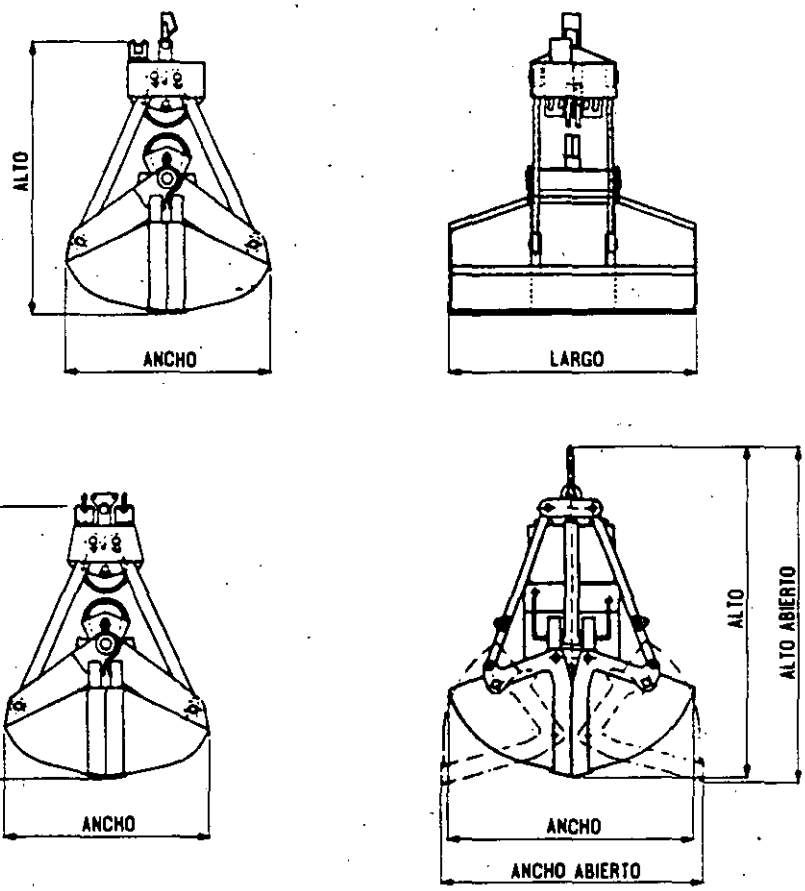


Figura 5.167 Aparejos de izar; eslingas y ganchos

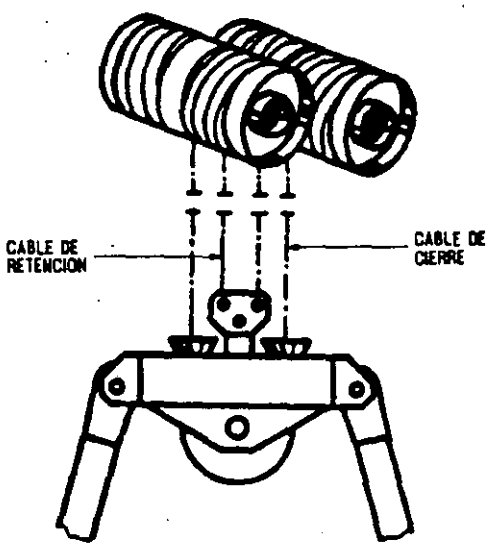
TABLA 5.19 CARACTERISTICAS DE ALMEJAS

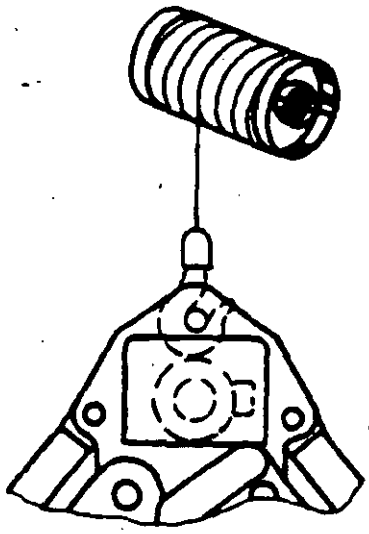
Mecánicas de 2, 4 cables y electrohidráulicas para manejar granel hasta una densidad de 1 ton/m3



Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Alto abierto (m)	Ancho abierto (m)	Peso (Kg)	Capacidad de carga (m3)
2 Cables						
1.65	2.72	1.82	2.88	2.75	1,220	2
2.30	3.65	2.50	3.87	3.77	3,000	5
2.90	4.65	3.08	4.96	2.90	6,000	10
4 Cables						
1.96	2.85	2.14	3.06	3.18	1,800	3
2.95	4.25	3.15	4.60	4.68	6,000	10
3.96	6.20	4.25	6.67	6.40	14,700	25
De motor						
1.25	2.20	1.76	2.17	1.86	1,500	2
3.20	3.58	3.32	3.35	3.65	5,500	10
3.60	4.40	3.75	3.95	4.00	9,400	15

TABLA 5.20 CARACTERISTICAS DE ALMEJAS
Mecánicas de 2, 4 cables y de motor electrohidráulica para manejar granel hasta una densidad de 2.5 ton/m3.





Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Alto abierto (m)	Ancho abierto (m)	Peso (Kg)	Capacidad de carga (m3)
2 Cables						
1.25	2.20	1.50	2.43	1.79	1,155	0.8
1.69	2.95	2.04	3.27	2.45	2,885	2
2.15	3.82	2.59	4.27	3.06	5,750	4
4 Cables						
1.70	2.75	2.05	3.10	2.48	2,880	2
2.30	3.85	2.75	4.30	3.30	7,220	5
2.90	5.05	3.45	5.70	4.15	14,450	10
De motor						
1.15	2.35	1.76	2.39	1.90	1,600	1
1.78	2.95	2.41	3.00	2.65	3,700	3
2.30	3.52	2.96	3.40	3.40	6,650	6

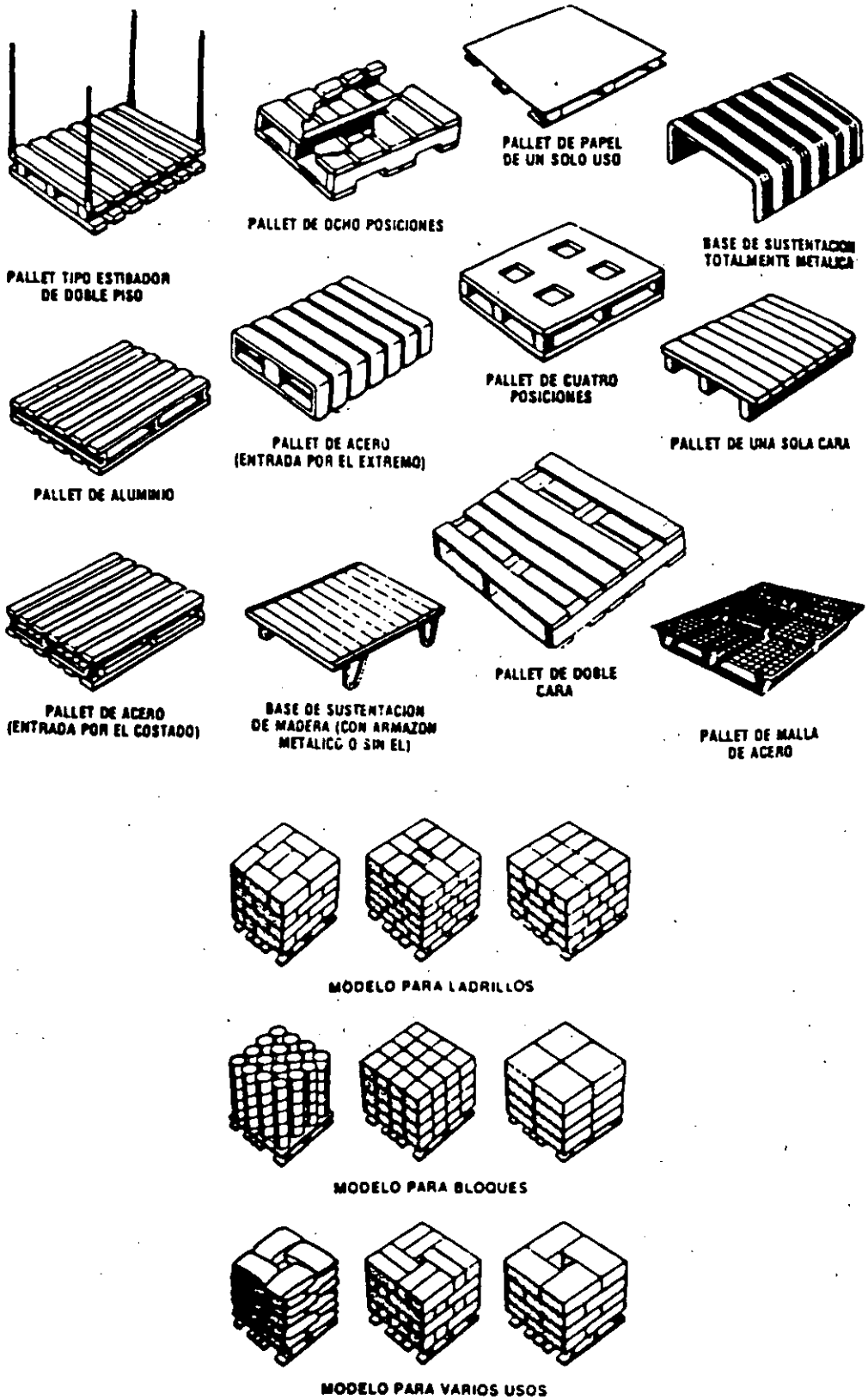


Figura 5.168 Aparejos de izar; palets

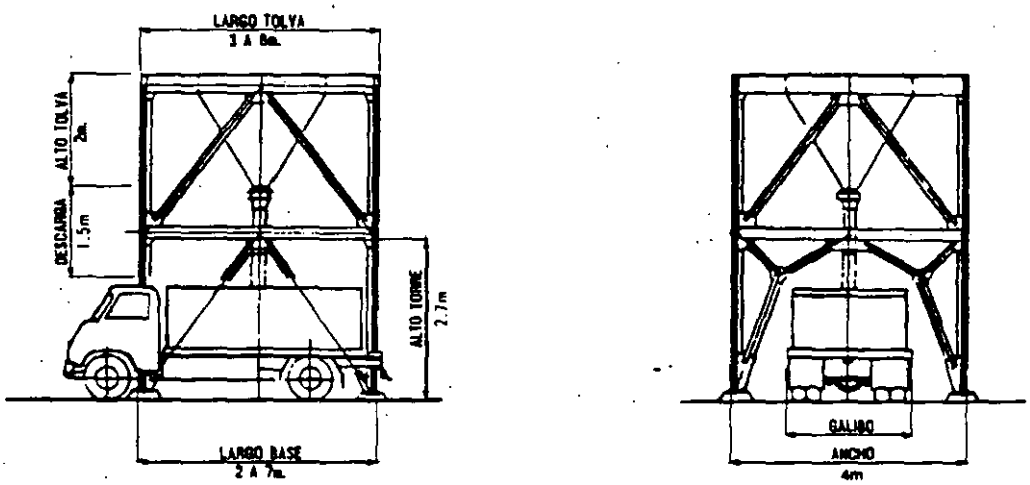
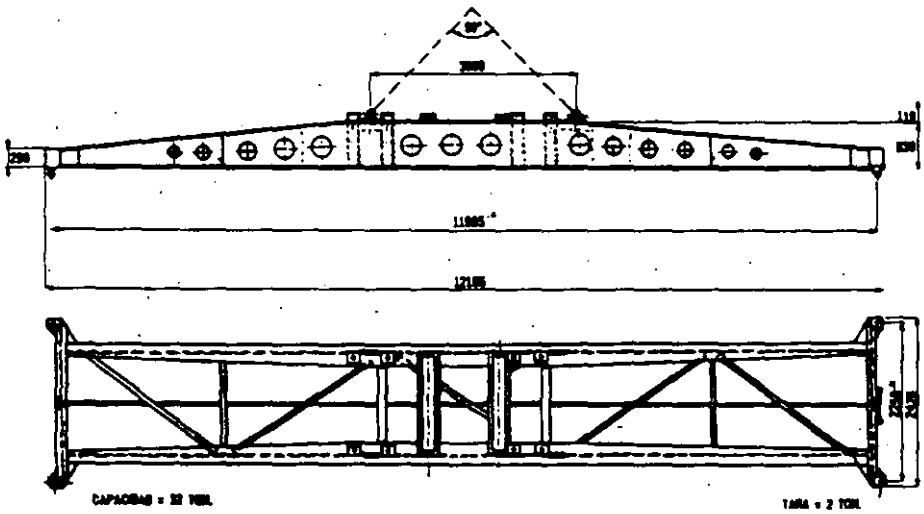
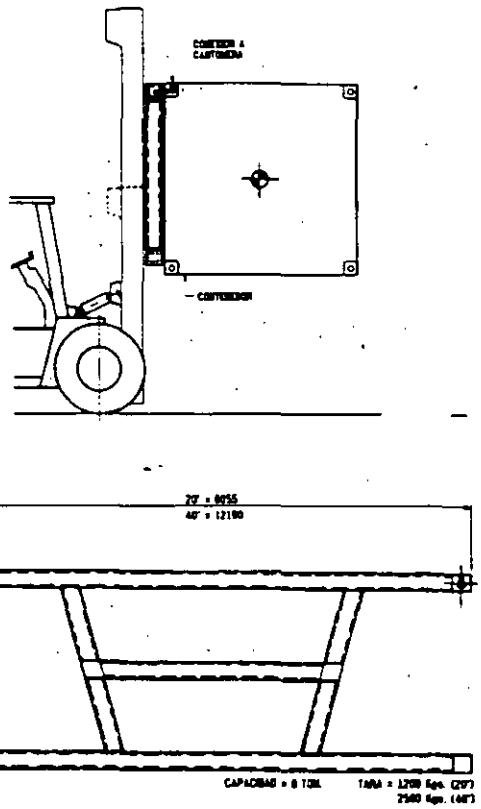


Figura 5.169 Aparejos de izar; tolvas.

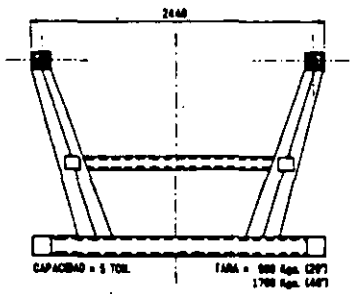


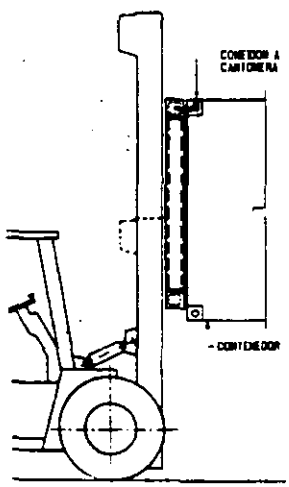
De marco para traslado de contenedores con agarre superior a 40´.

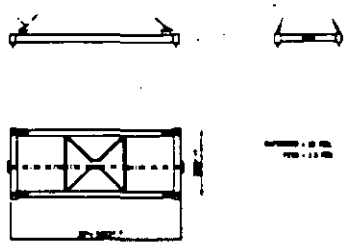
Figura 5.170 Aparejos de izar; spreaders



Para transporte de contenedores vacíos
con agarre lateral

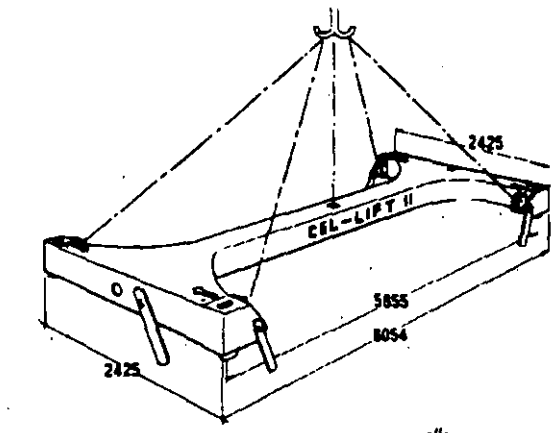




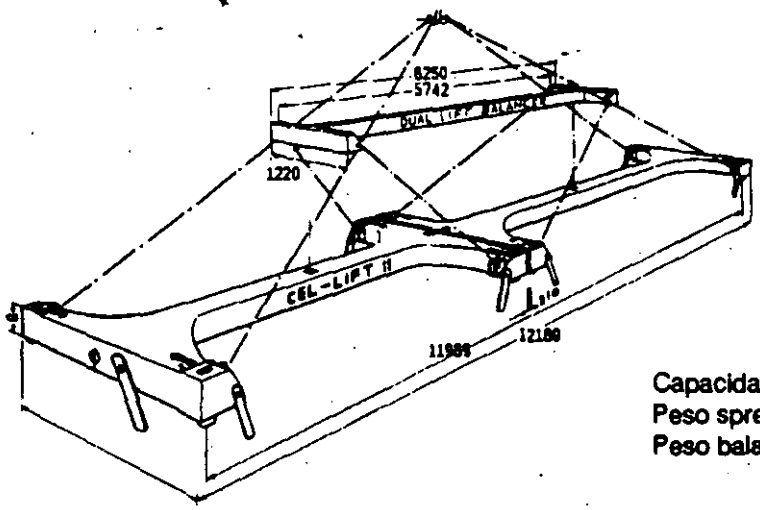


De celosia para traslado de contenedores con
agarre superior a 20´

Figura 5.171 Spreaders
acot: mm



Sencillo



Doble

Capacidad = 2,500 Kg.
Peso spreaders = 800 Kg.
Peso balanceador = 500 Kg.

Figura 5.171 Modulares para traslado horizontal de contenedores de 20´y 40´ acot. mm

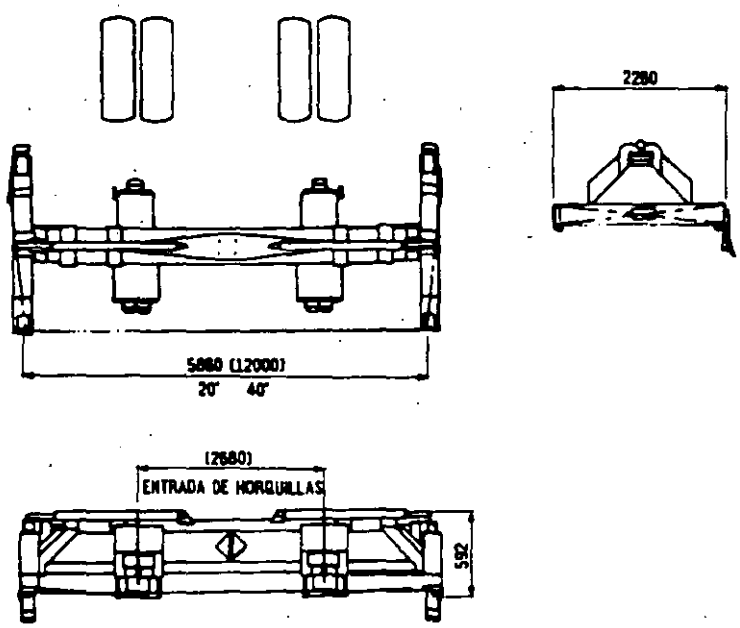
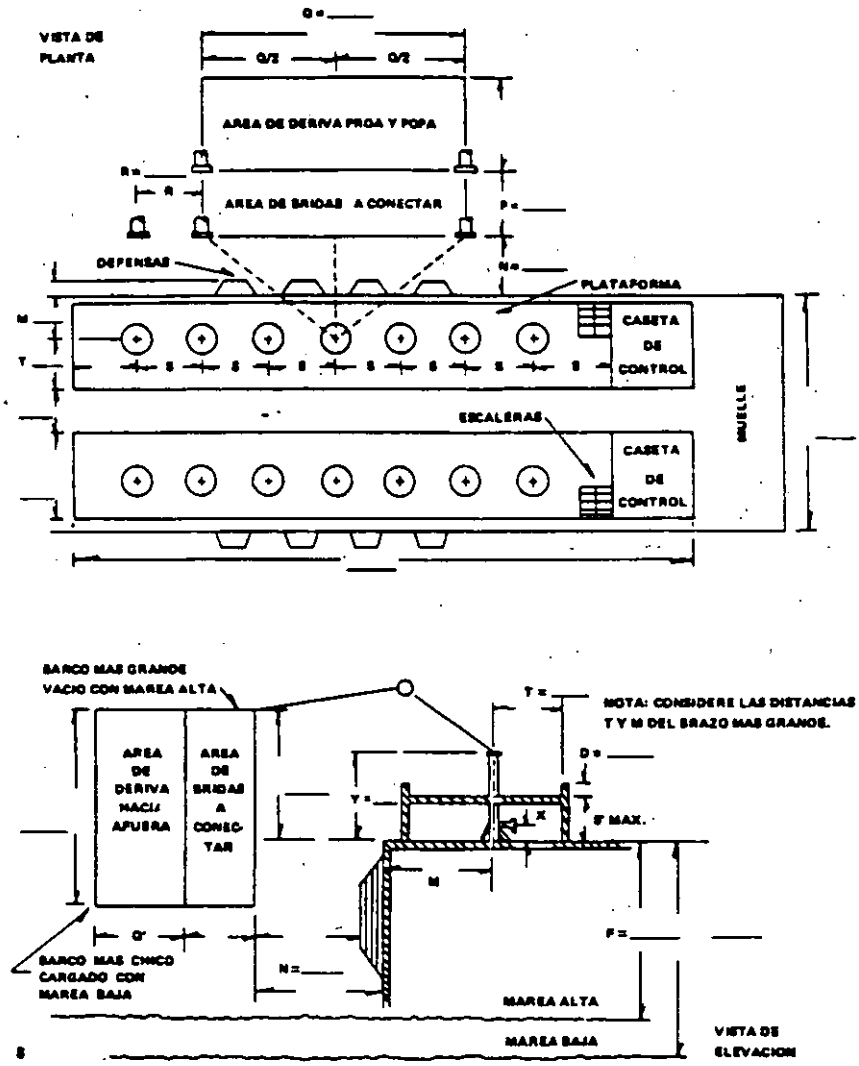


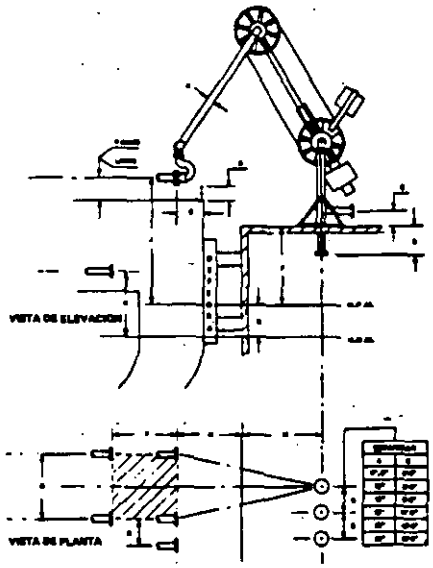
Figura 5.172 Espreader telescopico para traslado horizontal de contenedores de 20´y 40´ acot. mm



CUADRO DE DISTANCIAS MINIMAS POR DIAMETRO DE BRAZOS					
Ø	S	M	X	Y	T
6", 8"	6'	8'	18"	22'	14'
10"	8'	8'	18"	22'	14'
12"	9'	10'	18"	22'	14'
16"	14'	14.5'	21"	24'	16'

Figura 5.173 Ubicación de las garzas en el muelle

Tabla 5.21 Características de las garzas



	Pies/Pulg.	Metros	DATOS DE DISEÑO
B			Distancia de la superficie del Muelle a la línea de centros de la brida del Riser. (Para entrada por arriba del Muelle) (Diseño estándar). Diámetro de bridas: _____ _____ ✠ R. F.
C			(Opcional) Distancia de la superficie del Muelle a la línea de centros de la brida del Riser. (Para entrada por abajo del Muelle). (Diseño especial). Diámetro de bridas: _____ _____ ✠ R. F.
D			Altura de la Barandilla del Barco. ¿Es removible? ☐ SI ☐ NO
E			Distancia de la cara de la brida del Barco más cercano al costado del Barco.
E'			Distancia de la cara de la brida del Barco más lejano al costado del Barco.
F			Distancia de la superficie del Muelle al nivel más alto del agua. (Marea alta) (Nivel)
G			Variación máxima en niveles de agua (entre marea alta y marea baja).
H			Distancia de la línea de centros de la brida del Barco más chico estando cargado al nivel más bajo de agua (Marea baja).
J			Distancia de la línea de centros de la brida del Barco más grande estando vacío al nivel más alto de agua (Marea Alta).
K			Distancia máxima de ℄ de la brida del Barco a la cubierta del Barco.
L			Distancia mínima de ℄ de la brida del Barco a la cubierta del Barco.
M	**	**	Distancia de la línea de centros del Riser o base elevada a la cara del Muelle.
N			Distancia de la cara del Muelle a la cara de la brida del Barco más cercano al Muelle.
O			Distancia de la cara del Muelle a la cara de la brida del Barco más lejano al Muelle.
P			Rango de operación (deriva lateral más variaciones de bridas o conector).
Q			Deriva total a Proa y Popa.
Q'			Deriva lateral (hacia afuera del Muelle).
R			Separación mínima entre las líneas de centros de las bridas del Barco. Diámetro de bridas: _____ _____ ✠ R. F.
S	**	**	Separación entre ℄ de Riser's en el Muelle (Ver tabla para estándar).
T			Número de "Barcos" de brazos (Barco No. ____ ____Brazos) (Barco No. ____ ____Brazos)
U			Número de brazos adyacentes que se conectarán al Barco simultáneamente. (Brazos No. _____)
V	Sistema de operación de los Brazos		☐ Manual ☐ Semiautomático ____Volts, ____ Hz, ___ 3 Fases
W	____ Km/Hr. Máx.		____Km/Hr. ráfaga — Cargas de vientos a considerar (Brazos en reposo)
Y			Número de zona sísmica a considerar (Brazos en reposo)
Z	☐ SI ☐ NO	Accesorios a considerar	En el Muelle: ☐ Cuarto de control ☐ Plataforma sobre el Muelle
			En el Brazo: ☐ Conector rápido ☐ Manual o ☐ Hidráulico ☐ Válvula de mariposa en el extremo final o válvula de bola
	**		Estas dimensiones serán especificadas por el fabricante de acuerdo a su diseño. (Ver tablas para estándar).

5.3.6.2 Estandares nacionales de rendimiento.

Las mercancias por su diversidad pueden clasificarse de muchas maneras pero, para fines de análisis de control y estadístico en los puertos, se puede hacer genéricamente en los siguientes grupos:

- Carga general y fraccionada
- Contenedores
- Graneles secos y
- Fluidos

Y cada uno de esos grupos puede contener una infinidad de productos distintos embalados para su manipulación.

Como información se presentan a continuación una serie de tablas que resumen las estadísticas portuarias por grupo y productos nacionales que se movieron durante el primer semestre de 1991, y que se estima servirán como estandares nacionales de productividad portuaria.

Principales productos por grupo

Carga General y Fraccionada	Contenedores	Graneles Secos	Fluidos
Atados	Perecederos	Cereales	No peligrosos:
Palets	Prod. Metálicos	Minerales	Quím. y Líquidos
Cajas	Manufacturas		
Sacos	Graneles secos		Petróleo y sus deriv.
Pacas			
Rollos	Fluidos		
Tambores	Productos Químicos		
General	General		

Se presentan a continuación rendimientos nacionales, máximo, medio y promedio de los grupos y productos enlistados, por THG (toneladas hora gancho), THB (toneladas hora buque) y CH (contenedores por hora), donde corresponda.

MERCANCIA: CARGA GENERAL Y FRACCIONADA

THG (Toneladas Hora Gancho)

CARGA	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
General	147	12	52
Rollos	152	8	82
Pacas	37	19	26
Tambores	39	13	24
Sacos	180	12	43
Cajas	149	7	48
Atados	110	23	55
Palets	55	8	28

THB (Toneladas Hora Buque)

CARGA	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
General	283	56	116
Rollos	440	11	253
Pacas	83	26	55
Tambores	66	33	50
Sacos	323	17	113
Cajas	198	15	70
Atados	289	39	154
Palets	211	28	81

MERCANCIA: CONTENEDORES

THG (Toneladas Hora Gancho)

CARGA	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Manufacturas	312	17	104
Fluidos	102	28	58
Químicos	237	19	95
General	299	25	96
Graneles Secos	451	12	116
Perecederos	60	30	45
Produc. Metálicos	349	23	145

THB (Toneladas Hora Buque)

CARGA	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Manufacturas	641	49	240
Fluidos	381	84	188
Químicos	593	32	251
General	553	60	210
Graneles Secos	422	42	229
Perecederos	152	12	89
Produc. Metálicos	731	61	221

C.H. (Contenedores por Hora)

CARGA	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Manufacturas	22	9	13
Fluidos	13	4	7
Químicos	20	4	11
General	18	4	10
Graneles Secos	23	3	12
Perecederos	10	3	7
Produc. Metálicos	24	4	10

MERCANCIA: GRANELES SECOS Y FLUIDOS

THG (Toneladas Hora Gancho)

CARGA	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Cereales	232	12	70
Minerales	638	17	138

THB (Toneladas Hora Buque)

CARGA	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Cereales	910	18	178
Minerales	855	87	305
Fluidos No Pelig.	390	167	217
Químicos Líquidos	1,183	39	285
Petroleo y Derivados	2,717	134	806

De acuerdo a lo anterior y con objeto de integrar los parámetros del rendimiento que apoyen los criterios de dimensionamiento, se presenta la tabla 5.22 en la que se indican los valores aceptables de acuerdo a las experiencias nacionales, para cada tipo de carga y las consideraciones anotadas; cabe aclarar que estos valores son suceptibles de incrementarse de acuerdo al nivel de equipamiento, la modernización que se alcance en las instalaciones y métodos de trabajo.

TABLA 5.22 ESTANDARES DE RENDIMIENTO PORTUARIO

TIPO DE CARGA	(ton/hr. Buque en operación) MINIMO	MEDIO	MAXIMO
C G F	55	70	120
C G U	120	155	200
CONTENEDORES [1]	18	25	35
G M M	360	475	570
G M S	135	160	260
G A M	270	400	650
G A S	120	250	300
FLUIDOS [2]	195	400	1100

[1] Cajas/hr.
[2] No petroleros

Consideraciones

C G F	Se incluye una gran diversidad de productos, pero lo que es significativo es el empaque desde cajas de madera, de cartón, bidones, sacos, etc.Los ganchos en operación varían de 3 a 4.
C G U	En este caso se consideran los palets, maquinaria, laminados y productos integrados que incrementan notablemente los rendimientos por ganchos. Los ganchos en operación también varían de 3 a 4.
CONT.	Los indicadores se estiman para una grúa portacontenedores y si como se prevee para los puertos mexicados se atiende el buque con 2 grúas, el indicador desde luego podrá alcanzar entre 50 y 70 contendores por hora.
G M M	Se indica un promedio aceptable manejado en los puertos que cuentan con instalaciones especializadas, las que podrán alcanzar ritmos verdaderamente altos dependiendo de la capacidad de diseño.
G M S	El sistema de trabajo incluye preferentemente el manejo de bandas y almejas
G A M	Como en el caso de granel mineral mecanizado, el ritmo alcanzado depende de la capacidad de diseño de la terminal y por otro lado de que si el movimiento es de carga o descarga. El máximo indicado corresponde a la terminal de Guaymas en movimiento de carga.
G A S	Tiene una gran influencia el sistema de manejo de grano, si se utilizan almejas, chinquillos o maquinaria de succión, si el soporte de transporte terrestre es suficiente y también las características y condiciones físicas de los buques.
FLUIDOS	Interviene desde luego la densidad del producto y la capacidad de bombeo de la instalación

5.3.6.3 Esquemas operativos y carga asociada

Los esquemas operativos que a continuación se presentan se han generalizado para una serie de productos que cambian de características de manipulación por su embalaje, no así para el esquema de operación, los cuales están basados en los esquemas presentados en el documento de Equipamiento Portuario Nacional Coordinadora de Puertos.

Los esquemas incluyen la vía que sigue la carga a través del puerto y sus zonas de acción, así como los recursos humanos y materiales propuestos para cada fase y, las maniobras y flujo que sigue la mercancía para el transbordo mar-tierra.

Los esquemas son los siguientes y su carga asociada es la descrita en los grupos de estandares nacionales (apartado 5.3.6.2).

CARGA GENERAL	Fraccionada
GRANELES SECOS	Manipulación semimecanizada
GRANELES SECOS	Manipulación mecanizada
FLUIDOS	

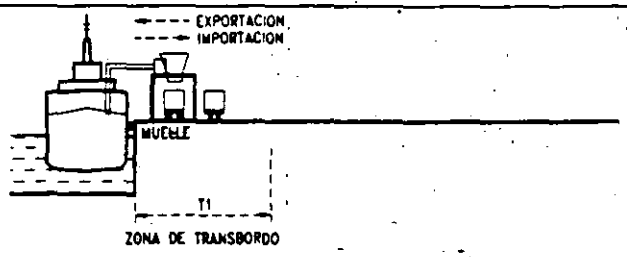
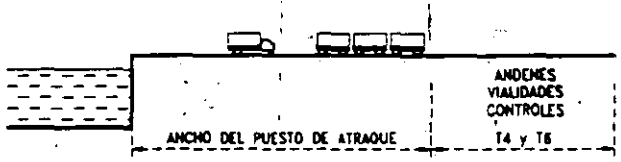
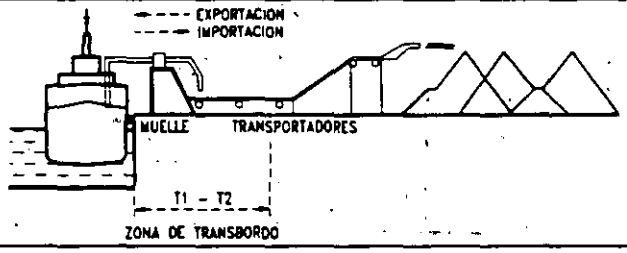
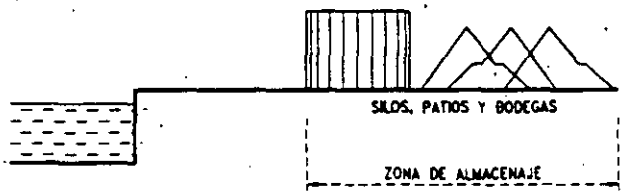
FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A MANIPULACION A BORDO	SUCCION	BUQUE		SUCCIONADORAS TORRES MOVILES ACCESORIOS DE TUBERIAS BULLDOZER OPERADORES TARJADORES VIGILANTES
D RECEPCION ENTREGA	ACCESO/SALIDA DE TRANSPORTE TERRESTRE Y CONTROL	TRANSPORTE TERRESTRE		AUTOTRANSPORTE FERROCARRIL BASCULAS OPERADORES SUPERVISORES
A MANIPULACION A BORDO	SUCCION Y TRASLACION	BUQUE		SUCCIONADORAS TRANSPORTADORES BULLDOZER CARGADOR FRONTAL BASCULAS OPERADORES SUPERVISORES
D RECEPCION ENTREGA	ALMACENAJE	PATIOS SILOS		SUPERVISORES

Figura 5.176 Esquema operativo graneles secos, mecanizado Vía directa

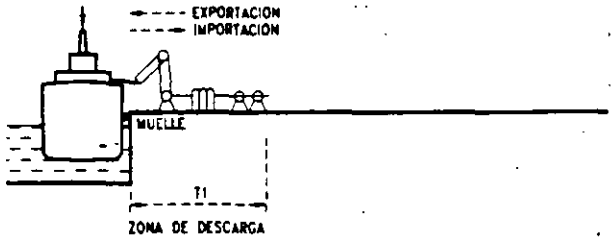
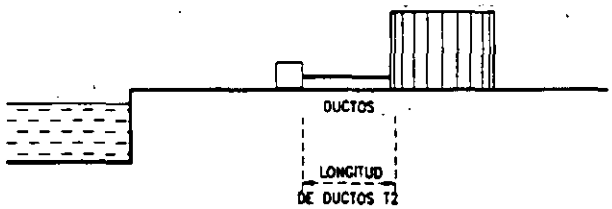
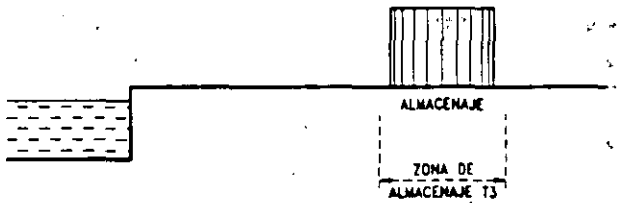
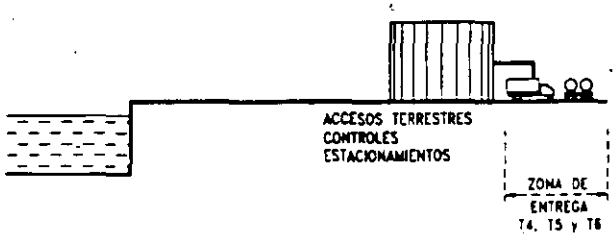
FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A MANIPULACION A BORDO	CONEXION DE TOMAS	BUQUE		BOMBAS GARZAS MANGUERAS CARRETES LABORATORIOS VIGILANTES MANIOBRISTAS MUESTRISTAS
B TRASLACION	BOMBEO	DUCTOS		BOMBAS CASETAS DE VIGILANCIA VIGILANTES SUPERVISORES
C ALMACENAMIENTO	REGULACION	TANQUES		TANQUES VIGILANTES
D RECEPCION ENTREGA	DISTRIBUCION O RECEPCION	DISTRIBUCION		TRANSPORTE TERRESTRE TOMAS OPERADORES VIGILANTES CHECADORES

Figura 5.177 Esquema operativo fluidos
Vía directa

5.3.6.4 Contenedores estandares ISO y procesos operativos

Contenedores y Estandares ISO (Internacional Standar Organisation).

Se entiende por contenedor un elemento de equipo de transporte suficientemente resistente para permitir su uso repetido, que facilite su traslado y transbordo por uno o varios modos de transporte sin necesidad de manipulación intermedia de la carga (ver figura 5.174). El término contenedor no comprende los vehículos, ni los embalajes de uso corriente.

Las recomendaciones de la ISO (Organización Internacional de Normalización) tratan principalmente de los contenedores de uso general y especiales, ya que frecuentemente son cargados por los mismos modos de transporte y manipulados por el mismo equipo, de los cuales se demanda compatibilidad al emplearse con los contenedores.

Características de los Contenedores (ver tabla 5.23).

Dimensiones: altura, ancho y longitud medidos paralelamente a cada una de sus caras.

Las dimensiones exteriores totales máximas se toman incluído cualquier accesorio permanente.

Las dimensiones interiores libres se toman al inscribirse un paralelepípedo rectangular libre, con un mínimo de 1 m3

Definiciones:

Capacidad: volumen interior total

Peso bruto máximo: peso total máximo autorizado del contenedor con su carga.

Tara: peso del contenedor vacío, con su equipo auxiliar permanente, si lo tiene.

Carga útil máxima: peso máximo menos la tara.

Peso bruto real: peso total del contenedor con su carga.

Carga útil real: peso bruto real menos la tara.

Contenedor no plegable: de construcción rígida con sus elementos de modo permanente.

Contenedor plegable: de construcción rígida, cuyos elementos constitutivos pueden ser plegados o desmontados y vueltos a su posición nuevamente, con facilidad relativa.

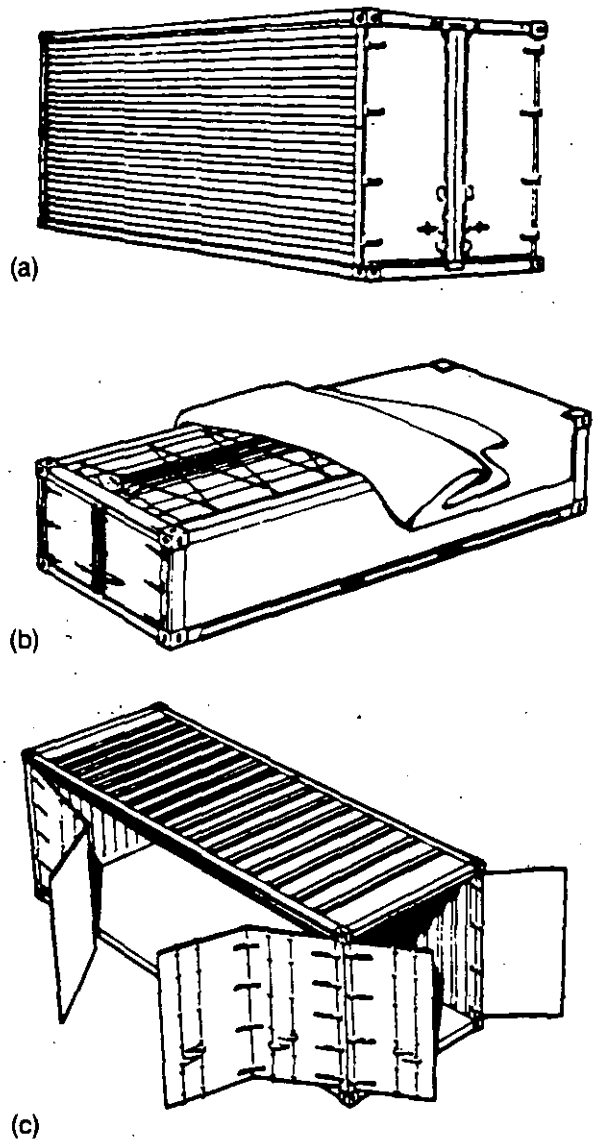


Figura 5.178 Tipos de grandes contenedores

(a) Contededor corriente de uso norma
(b) Contenedor de techo abierto, de media altura
(c) Contenedor de paredes laterales abiertas.

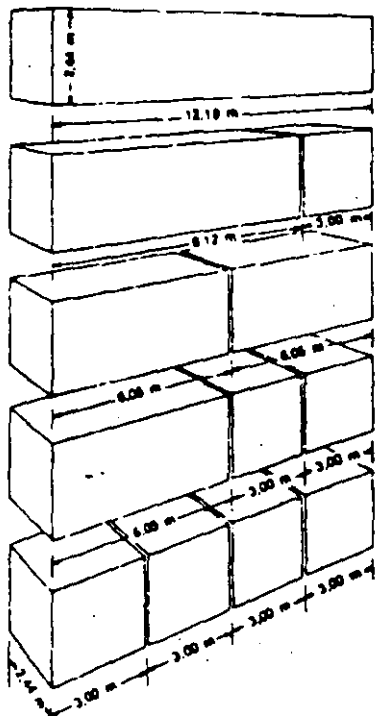


Figura 5.179 Sistema modular de contenedores de la ISO

Recomendaciones de la ISO

Los contenedores de la serie 1 (A, AA, B y C) (ver tabla 5.23), son los de uso muy extendido en el comercio, trasportan pesos relativamente importantes y tienen mucha capacidad.

Los contenedores de la serie 2 no se les considera contenedores normalizados, por lo que no se volverá a referir a ellos.

Todos los contenedores de la serie 1 tienen la misma anchura y altura, excepto los AA. Las longitudes se ajustan a un sistema modular que permite tomar diferentes combinaciones de longitudes equivalentes. (ver figura 5.179).

Contenedores Especiales

Los contenedores especiales se han diseñado con la finalidad de transportar ciertos tipos de productos alimenticios, polvos o líquidos refrigerados o congelados. Por regla general las características son idénticas a las correspondientes a contenedores para cargas secas de la serie 1, ejemplos:

Isotermos y refrigerados: piso, techo y paredes aisladas termicamente, con o sin fuente de calefacción o refrigeración, eléctrica o de combustión interna.

Carga líquida: normalmente es un tanque montado sobre un bastidor o plataforma de equipos, como los anteriores.

Furgones graneleros: se instalan registros en algunas de las caras del contenedor para el empleo de tolvas de carga y/o inclinación del contenedor al descargar (ver figura 5.180).

Los contenedores se construyen de acero, aluminio, madera contrachapada, fibra de vidrio, o una combinación de ellos, dependiendo de la utilización que se les diere.

Los contenedores se nombran normalmente por las equivalencias de TEU'S (Tweenty equivalent units: unidades equivalentes de 20 pies), por lo que se anexa la siguiente lista de conversiones:

TEU´S	LARGO (mm)	SERIE
20'	6,096	1C
30'	9,144	1B
40'	12,192	1A,1AA

TABLA 5.23 DIMENSIONES ESTERIORES DE CONTENEDORES Y PESOS BRUTOS MAXIMOS

Designación del Contenedor	Altura (mm)	Tolerancia (mm)	Anchura (mm)	Tolerancia (mm)	Longitud (mm)	Tolerancia (mm)	Peso Bruto Máx. (ton. larg)
IA	2438	+0.0 -5.0	2438	+0.0 -5.0	12192	+0.0 -10.0	30.0
IAA	2591	+0.0 -5.0	2438	+0.0 -5.0	12192	+0.0 -10.0	30.0
IB	2438	+0.0 -5.0	2438	+0.0 -5.0	9125	+0.0 -10.0	25.0
IC	2438	+0.0 -5.0	2438	+0.0 -5.0	6058	+0.0 -6.0	20.0
ID	2438	+0.0 -5.0	2438	+0.0 -5.0	2991	+0.0 -5.0	10.0
IE	2438	+0.0 -5.0	2438	+0.0 -5.0	1968	+0.0 -5.0	7.0
IF	2438	+0.0 -5.0	2438	+0.0 -5.0	1460	+0.0 -3.0	5.0
2A	2100	+0.0 -5.0	2300	+0.0 -5.0	2920	+0.0 -5.0	7.0
2B	2100	+0.0 -5.0	2100	+0.0 -5.0	2400	+0.0 -5.0	7.0
2C	2100	+0.0 -5.0	2300	+0.0 -5.0	1450	+0.0 -5.0	7.0

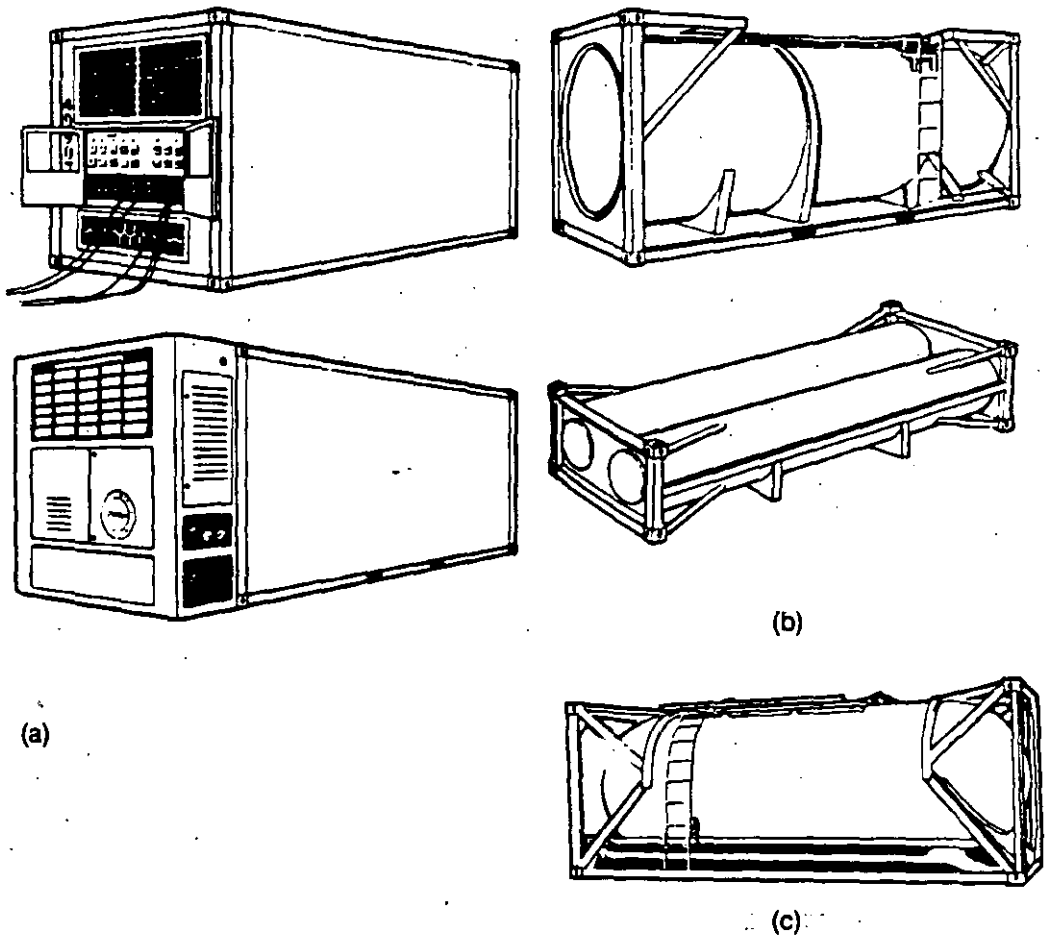


Figura 5.180 Contenedores especiales

(a) Contenedores refrigerados
(b) Contenedores para carga líquida a granel
(c) Contenedor tanque para carga seca a granel

Planificación de Terminales de Contenedores

Determinar las dimensiones de una terminal de contenedores y seleccionar la relación más conveniente entre servicios y equipos puede ser objeto de un verdadero juego de simulación. Este proceso buscará establecer una oferta para satisfacer una demanda.

El proceso se ubicará dentro de los límites que marcan los esquemas operativos de dicha terminal teniendo en cuenta:

1) Los servicios esenciales que prestara la terminal. Entre otros el equipo de transbordo (grúa de muelle), áreas de apilado de contenedores, estacionamiento, almacenes de consolidación, etc.

2) Naturaleza del almacenaje: tránsito o estacionario.

3) Método operativo, que esta en función de dos factores esenciales: el apilado de contenedores y los sistemas en tierra (traslación).

La combinación de estos condicionantes da lugar a varios prototipos de terminal:

A.- Terminal de gran superficie con escasa maquinaria aparte de las grúas de muelle. (aproximadamente 1 km de fondo).

B.- Terminal de superficie media con diversos sistemas operativos en función del equipo y exigencias del transbordo. (de 300 a 500 m de fondo).

C.- Terminal de superficie mínima con operación supermecanizada para realizar todas las manipulaciones. (apenas 100 m de fondo).

Ya analizada y valorada la demanda se entra a la oferta de los servicios mencionados: número de grúas, tiempos de reparación y mantenimiento, variaciones del ciclo de grúa en el transbordo buque-muelle, eficiencia real, etc.

El equipo de una terminal de contenedores es muy complejo y costoso para asegurarse de la elección correcta deben estudiarse los existentes en el mercado y simular su operación en la terminal. Se debe pensar que un costo bajo inicial puede significar un alto costo de mantenimiento y que la sofisticación conduce a la contratación de personal altamente calificado para su conservación.

Descripción de las Principales Técnicas de Contenedores

Para la manipulación de los contenedores se utilizan en la actualidad cuatro sistemas principales en el punto de transbordo mar-tierra.

A) Carga fraccionada corriente. La manipulación de los contenedores por este sistema presenta las siguientes características:

1.- Transporte en cargueros de línea corriente
2.- Movimiento de contenedores limitado hasta de 70 contenedores por buque.
3.- Uso de equipo e instalaciones mínimas del puerto
4.- Transbordo con equipo propio del buque o del muelle sin necesidad de usar equipo especial de manipulación.
5.- Transbordo posible directo a transporte terrestre (autotransporte o ferrocarril).
6.- Consolidación y desconsolidación posible en puerto.

B) Sistema de transbordo por elevación. Los contenedores se manejan bajo las siguientes características.

1.- Buques especialmente diseñados para este servicio.
2.- Movimiento regular y considerable de contenedores (más de cien contenedores).
3.- Grúas de gran potencia instaladas a bordo del buque o muelle.
4.- Métodos integrados para la manipulación, transbordo y traslado con equipos modernos.
5.- Transbordo a vehículos terrestres que exigen instalaciones muy completas.

C.- Sistemas de Transbordo por Rodadura. Se caracteriza el transbordo por:

1.- Buques especialmente diseñados para el acceso directo al buque del equipo de transbordo.
2.- Transbordo directo del buque a los vehículos terrestres generalmente con el mínimo equipo de descarga que accede al buque.
3.- Mayor flexibilidad en los elementos de equipo de transporte de la carga, como contenedores, semiremolques, autotransporte, etc.
4.- Los buques precisan de muelles como los requeridos para los transbordadores, generalmente menos onerosos que los necesarios para el transbordo por elevación.

D) Sistema de Transbordo por flotación

Consiste en un buque nodriza y una flotilla de gabarras de 100 a 500 TPM cada una. El buque las transporta a bordo durante la navegación, al término de cada viaje se botan las gabarras y un remolcador las arrastra al puerto de modo que el buque no se demora por congestionamiento del puerto o

generalmente como "a prueba de explosión", es necesario cuando las terminales manejan gasolina, bencina, alcohol u otros líquidos volátiles e inflamables.

Iluminación

Las terminales de navegación tienen normalmente necesidad de trabajar de noche, por tal motivo debe suministrarse una iluminación satisfactoria para el trabajo nocturno. La tabla siguiente muestra las necesidades de iluminación para diversas áreas.

Area	Intensidad Alumbrado requerido	Tipo de alumbrado Recomendable
Areas abiertas de trabajo sobre el muelle	5 pies-bujía	Reflectores de Intemperie
Almacenes de mercancías y bodegas en el área terminal	5 pies-bujía	Incandescente o Fluorescente
-La Administación -Salas de Espera -Oficinas Comerciales -Oficinas de Seguridad -Restaurantes y Cafeterías	20-50 pies-candela	Flourescente
Calles y banquetas	0.2 y 0.5 pies-bujía	Luminarias montadas sobre postes.

Se recomienda colocar las luminarias a una distancia aproximada de 35m.

Para las diferentes áreas de operación o proceso en el puerto deben considerarse los siguientes niveles de iluminación.

Unidades de Proceso General	Intensidad en Luxes
Plataformas de operación	50
Escaleras inactivas	10
Escaleras activas	50
Area general	10

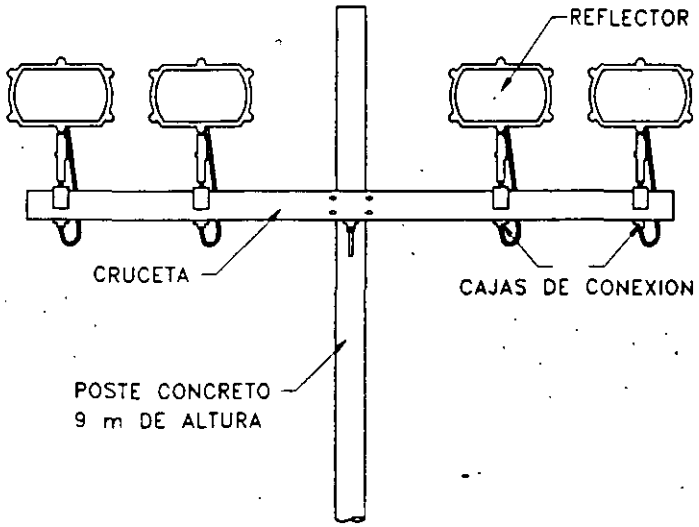


Figura 5.187 Alumbrado general de intemperie a base de reflectores

5.4.1.3 Suministro de combustible

En cualquier tipo de puerto que se requiera, es recomendable que exista este servicio. El abastecimiento se puede proporcionar por diversos sistemas de acuerdo a la siguiente tabla.

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
En el propio muelle	Reabastecimiento de combustible al mismo tiempo de operación.	Peligro de accidente en el área de operación.
		Costo elevado de construc. y conservación.
En Muelle Especial	Seguridad al cargar combustible en una zona alejada de la zona comercial del puerto.	Aumenta el número de movimientos del barco dentro del puerto.
		Queda impedido de hacer otra operación
		Estas dos condiciones aumentan el costo de - estadía

Por medio de Chalanes Nodriza	Facilidad para cargar combustible cuando realiza sus operaciones en cualquier sitio	Necesidad de una estación de carga para los chalanes.
	Evitan instalaciones especiales	Costo de los chalanes o flete de los mismos
	Reducción del tiempo de estadía	
	Se elimina todo peligro	

Según las clases de tráfico previstas, puede ser necesario abastecer a los barcos con aceite, gasolina, diesel y productos intermedios. No es necesario facilitar esos combustibles en todos los puestos de atraque como ya se vió en la tabla anterior, pero deberían proporcionarse en emplazamientos convenientes tomas de combustible alimentadas por tuberías subterráneas.

5.4.1.4 Drenaje sanitario y pluvial

Tipos de Drenajes: Químico, industrial y aceitoso
Pluvial
Sanitario

Los materiales empleados para los diferentes tipos de drenaje pueden ser: Fierro fundido, Asbesto cemento, Concreto simple, Concreto armado, Barro vitrificado, PVC; o materiales especiales resistentes a la corrosión, según sean las necesidades de cada caso.

Los tubos para los diferentes tipos de drenajes, deberán cumplir con los requisitos de calidad especificados en las normas correspondientes en vigor.

DISPOSICION DE LAS REDES

a) Inicialmente se partirá de la localización de parteaguas de acuerdo a la clasificación de las diferentes áreas mencionadas.
Los parteaguas deberán limitar rectángulos de losas con relación largo ancho no mayor de 1.25 y de preferencia, éstos deberán ser iguales en todo el conjunto, excepto en la liga del pavimento con edificios, diques, vías, etc.

b) Los ramales se dispondrán en forma de peine, orientados hacia los colectores.

c) El diámetro mínimo que tendrán las tuberías de drenaje pluvial será de 204 mm (8")

d) Los registros se proyectarán a una distancia, entre ellos equivalente en metros a los centímetros que tenga el diámetro nominal de los tubos, pero nunca mayor de 50 mts.

e) Se deberá de contar con plantas de tratamiento de aguas para el drenaje químico y aceitoso.

5.4.1.5 Comunicaciones

Teléfono:

Por lo general se dejarán colocados registros y ductos de tal forma que la compañía de teléfonos de México, proporcione e instale los cables y receptáculos. Los registros construídos deberán ser a prueba de intemperie.

La conexión de las instalaciones es recomendable que se coloquen cerca de un extremo del muelle para que estén situadas convenientemente en relación a la superestructura del buque.

Telégrafo y Correo

Se recomienda que exista una oficina de telégrafos y correo cercana al puerto, ya que esta no debe estar dentro del recinto portuario.

5.4.1.6 Manejo de desechos

La principal fuente de desechos en los puertos provienen de las embarcaciones, tal como se puede apreciar en la tabla siguiente:

ORIGEN	CAUSAS	TIPO DE DESECHOS
BARCO	- Accidentes	- Hidrocarburos - Productos Químicos - Sustancias sólidas
	- Operación	- Petroleos y Lastre - Materiales Fecales - Basura sólidas
	- Descargas	- Desechos Industriales

Se tienen que contemplar medidas preventivas para su control como:

- Sistemas de recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos
- Cada área e industria dentro del puerto deberá de contar con contenedores de recolección divididos en : recolectores orgánicos, de metales y vidrio y de plásticos
- Zonas de concentración de desechos y/o transbordos, tratamientos conjuntos, industrialización de basuras o rellenos sanitarios.

Métodos Operativos en los Buques

Los problemas de vertido y limpieza de los residuos y basuras generados por la operación en la descarga y por la tripulación del buque, pueden ser tratados de diversas formas. En la práctica pueden concretarse en las siguientes.

-Tanques de almacenamiento dotados o no de compactador
- Maceración de las basuras acompañadas de una posterior cleración.
- Incineración de los residuos sólidos.

5.4.1.7 Equipo contra incendio

Es de especial atención ya que adquiere una importancia relevante el hecho de proteger las instalaciones portuarias y las mercancías que ahí se manejan, por tanto todos los puertos deben adoptar un sistema para prevenir y combatir posibles incendios.

a) Servicio en muelles

-En un muelle abierto, la protección contraincendios puede proporcionarse instalando una línea principal del sistema contraincendios con ramificaciones en puntos estratégicos, la cual conducirá el gasto predeterminado para dicho fín.

-Se dejarán salidas vérticales a lo largo de la tubería, en forma estratégica las cuales tendrán un par de válvulas de 2½" para conexión de mangueras, a una altura de 60 cm. sobre N.P.T.

-De ser posible se dejarán aberturas o pasos en la cubierta con tapas removibles que permitan usar neblina extintora para combatir incendios que ocurrran bajo el muelle.

-Se colocarán extinguidores de mano en todos los accesos al muelle.

-Como medida auxiliar se recomienda disponer de embarcaciones equipadas con bombas de presión para combatir incendios (toman el agua directamente del mar).

-En el caso de manejo de productos petroquímicos se debe de instalar equipo que usa espuma.

-En muelles cubiertos, dependiendo del carácter de la construcción y su contenido puede usarse un sistema de rociadores, una estación de mangueras o extintores químicos manuales.

b) Servicio en áreas terrestres.

La protección contra incendios para las áreas en tierra no es diferente de cualquier otra instalación que proporcione servicios similares, pero en general se recomienda lo siguiente:

-Debe instalarse un sistema de distribución de agua que se adapte a la forma en que esten trazados los caminos y los edificios para garantizar la continuidad del servicio.

-Se recomienda usar agua dulce no potable para combatir incendios o de no ser posible se utilizará agua de mar.

-El gasto necesario promedio es de 126 lts/seg durante 4 hrs. el cual puede dividirse en 63 lts/seg. para alimentar rociadores y 63 lts/seg. para mangueras.

-La presión mínima de la red debe de ser de 7 kg/cm2

-La tubería debe enterrarse a una profundidad suficiente para evitar daños debido al tráfico.

-Se dispondrá de hidrantes comúnes contra incendios, con conexión para bomberos de 4½" o 6" y conexión para manguera de 1½" o 2½" de diámetro.

-Los hidrantes de manguera deberán de proporcionar un gasto/toma de 6 l.p.s. para 1½" de diámetro y 16 lts/seg. para 2½", con presión residual a la salida de 10 a 15 1b/pulg2

-Los hidrantes deben localizarse a una distancia mínima absoluta de las contrucciones más próximas, de 8 m pero es preferible de 15 m o más.

-Dada la irregularidad de trazo de las terminales es díficil definir el espaciamiento entre hidrantes, por ello se recomienda localizar éstos, de manera que cualquier incendio potencial pueda ser alcanzado por dos

hidrantes al menos, alimentando cada uno mangueras de 90 m. de largo máximo, o bien una separación entre hidrantes de 15 m.

-Para zonas de almacenes se recomienda disponer de 4 hidrantes accesibles, dos a cada lado, o bien un sistema de rociadores.

-En terminales petroquímicas se instalará un sistema de espuma, generada por el método que se desee, el agua que se use en el proceso debe de llegar con una presión de 125 lb/pulg2.

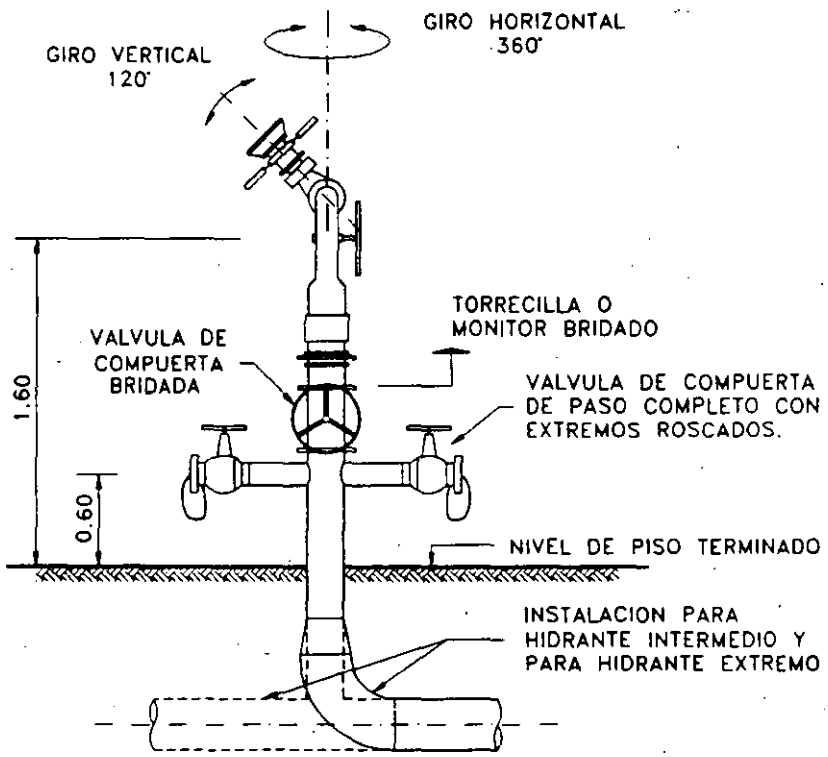


Figura 5.188 Hidrante de dos tomas con monitor

5.4.1.8 Sanitarios y medico de urgencia

Sanitarios

El puerto deberá contar con este servicio para el personal que labora en el mismo, los cuales se calcularán y ubicarán en base a las condiciones de trabajo de cada área de la terminal tomando encuenta lo siguiente:

MUEBLES	CANTIDAD	ESPACIO MINIMO REQ. Ancho (m)	Largo (m)	
W.C.	1 c / 20-25 hombres	0.70	2.00	
	1 c / 10-15 mujeres	0.70	2.00	
Migitorio	1 c / 20-25 hombres	0.60	1.80	o colectivo
Lavabo	1 c / 7 operadores	0.60	-	o colectivo
Regadera	1 c / 20-25 operadores	0.90	0.90	
Bebedero	1 c / 60 operadores	var.	var.	

Medicos de Urgencia

La administración del puerto debe de contemplar la instalación de servicios medicos de urgencia, los cuales contarán con personal y equipo para atender y/o controlar cualquier incidente causado dentro del puerto por accidentes.

Este servicio generalmente se encuentra dentro del edificio administrativo.

Además se dispondrá de un botiquin de urgencia en las distintas áreas del puerto distribuidos a cada 100 o 150 m.

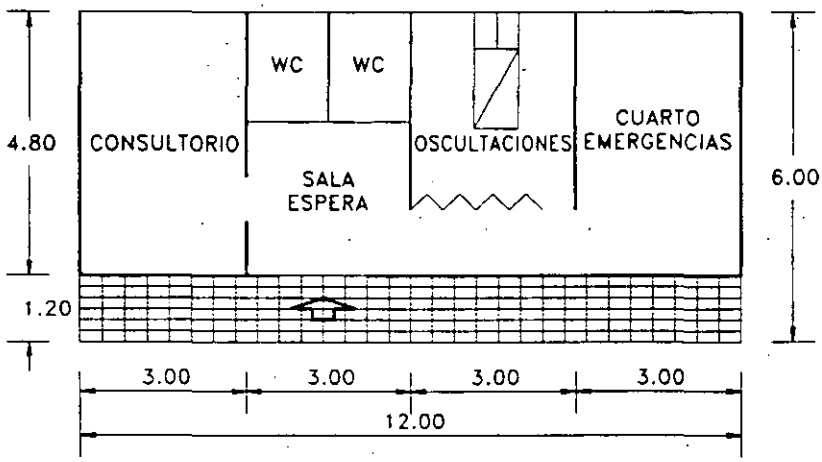


Figura 5.189 Servicio médico

5.4.1.9 Avituallamiento

Se refiere al suministro de todos aquellos insumos que requiere la embarcación y sus tripulantes para la realización de sus viajes. Los más importantes son:

Alimentos	-Bebidas alcohólicas -Comestibles
Enseres y herramienta	-Piezas de recambio, herramienta menor.
Otros	-Latería -Hielo

5.4.2 Servicios Especiales

5.4.2.1 Conservación y mantenimiento de embarcaciones y de áreas de agua

Embarcaciones

Actualmente la reparación de embarcaciones tiene lugar en los varaderos y en los diques. Estas instalaciones permiten poner al barco en seco y difieren en escencia en cuanto a su capacidad para recibir embarcaciones.

Instalación	Tipo de embarcación
Varadero	embarcaciones chicas
Dique flotante	embarcaciones medianas
Dique seco	grandes naves

Las instalaciones dedicadas al mantenimiento o construcción de embarcaciones se localizan en áreas donde no interfieran con el movimiento de trenes y vehículos en cuanto a la circulación pero se les dota de accesos amplios que les comunica con la red vial interior.

Se debe de contar con talleres especializados como por ejemplo:

De pintura
Eléctrico y electrónico
De soldadura
Carpintería
Instalaciones hidráulicas-tubería
Mecánico, etc.

Además se debe de contar con un almacen de materiales y piezas de

repuesto, así como una oficina de control y administración independiente de los movimientos portuarios.

Acontinuación se detalla la lista de instalaciones que debe tener un astillero y en la figura 5.190 se muestra el esquema general del mismo.

AREAS DE TRABAJO EN UN ASTILLERO

LOCAL	AREAS
	TALLERES DE ACERO
1	Taller de elaboración de acero
2	Taller de ensamble
3	Taller de tratamiento de bloques
	TALLER DE AISLAMIENTO
4	Taller de módulos
5	Taller de tubería
6	Taller de acero de aislamiento y chapa fina
7	Taller de maquinado de madera, ebanistería y carpintería de ribera
8	Taller eléctrico
9	Taller de montaje mecánico
10	Taller de maquinado
11	Taller de marinería y maniobras
13	Taller de limpieza mecánica de tuberías
14	Talleres auxiliares de aislamiento
	TALLERES VARIOS
15	Taller de mantto. y parque de vehículos
16	Taller de subcontratistas
	DIQUE
17	Dique seco No. 1
18	Dique seco No. 2
19	Dique seco de construcción
20	Dique flotante, muelles de acero y duques de alba
	MUELLES
21	Muelle marginal Este
22	Muelle marginal central Este
23	Muelle marginal central Oeste
24	Muelle marginal Oeste
25	Muelle espigón de aislamiento
26	Muelle espigón de reparaciones
	SISTEMAS
27	Sistemas de ferrocarril
28	Sistemas de redes eléctricas
29	Sistemas de redes neumáticas, hidraúlicas, de oxígeno y gas natural
30	Sistemas de intercomunicación interna y externa
	ALMACENES
31	Parque de acero y línea de tratamiento
32	Almacén general
33	Almacén auxiliar
34	Almacenes diversos:
	a) Almacén de pinturas
	b) Almacén de madera
	c) Almacén de andamiaje, puntales y picaderos
	d) Almacén de seguridad industrial
	e) Almacén de combustible
	f) Alamcén central de herramientas
	g) Almacenes auxiliares de herramientas
	h) Almacen de chatarra
	i) Parque de materiales de aislamiento
	j) Areas externas de almacenamiento
	k) Almacén de tubos
	PATIOS Y EXPLANADAS
35	Calzadas y patios
36	Area de premontaje de bloques
37	Area de premontaje de superestructura
38	Area de reserva para el taller de maquinaria pesada
	INSTALACIONES OFICINA Y SERVICIOS
39	Oficina y servicios

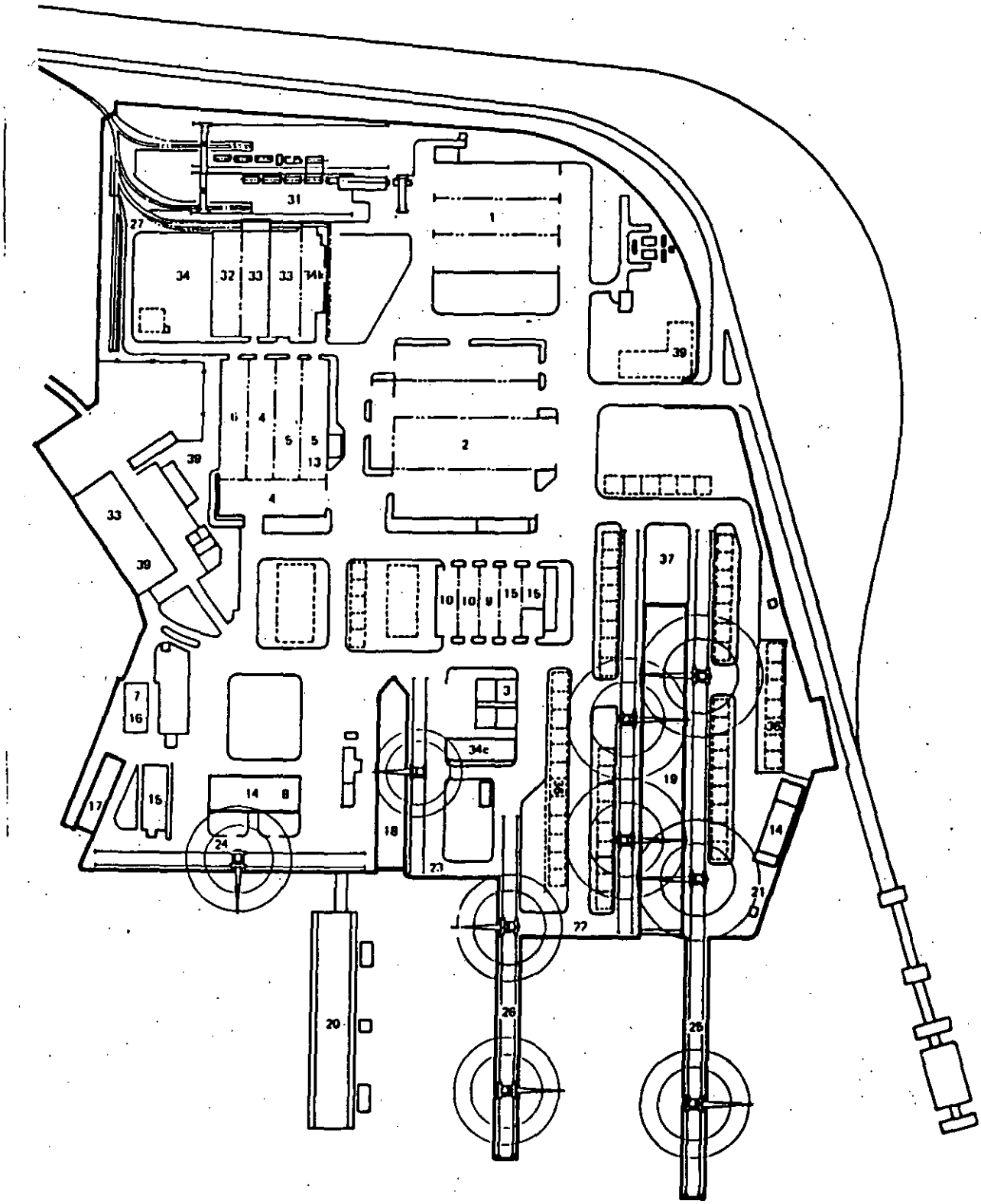


Figura 5.190 Esquema general de un astillero

manipulación ineficiente de la carga.

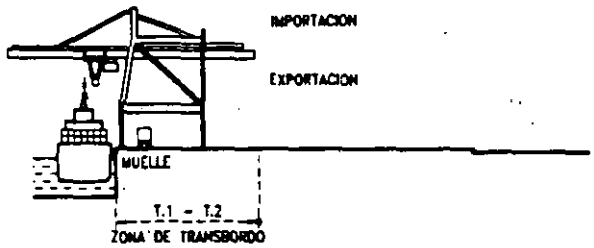
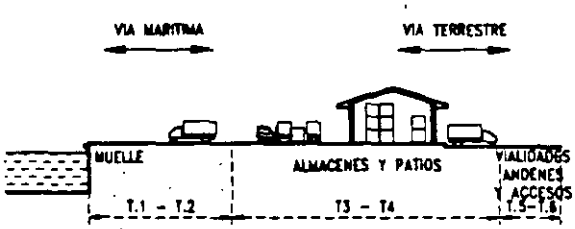
La botadura se realizá por los propios medios del buque sin necesidad de recurrir a las instalaciones del puerto, y en aguas tranquilas bastará una boya de amarre hasta que llegue el remolcador. La manipulación y transbordo en el muelle podrá efectuarse como si fuera carga fraccionada.

Los sistemas de transbordo por flotación se puede dividir en los siguientes grupos:

Sea barge Clipper
LASH (Lighter Aboard Ship)
Buque portagabarras (ECBS)
Sea Bee
Barge on Board

A continuación se presentan 3 esquemas operativos prototipos que consideran principalmente el grado de mecanización requerido y los servicios asociados al contenedor. En ellos los modos de traslación de los contenedores en tierra (SISTEMAS EN TIERRA) pueden ser de 6 tipos:

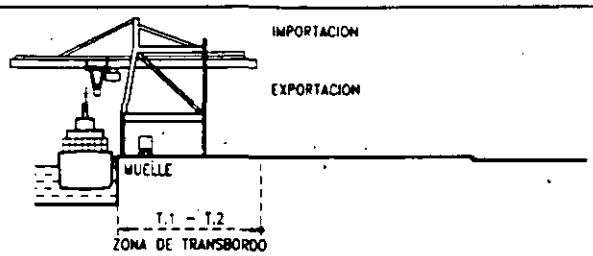
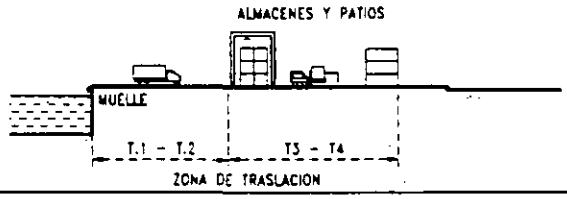
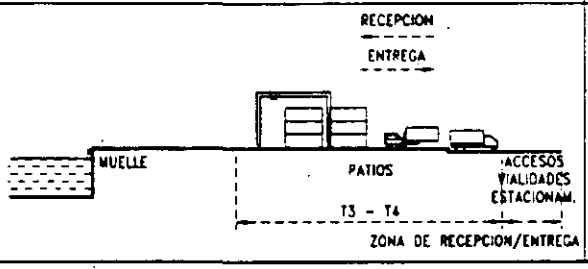
Uso de tractores de arrastre en chasis o plataformas.
Uso de carretillas (stradle carriers) exclusivamente.
Uso por tramos de tractores y carretillas.
Uso de tractores de arrastre y grúas de patio (gantry crane)
Uso exclusivo de montacargas
Combinación de las anteriores.

FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A MANIPULACION A BORDO	CARGA TRANSBORDO DESCARGA	BUQUE		GRUA DE MUELLE SPREADERS OPERADORES PORTALONEROS TARJADORES
B TRASLACION	CONSOLIDACION TRASLACION DESCONSOLIDACION	EQUIPO DE TRASLACION DESCONSOLIDACION		TRACTORES DE ARRASTRE MONTACARGAS PLATAFORMAS OPERADORES MANIOBRISTAS CHECADORES
C ALMACENAMIENTO	CLASIFICACION ESTIBA ALMACENAJE	PATIOS Y ALMACENES CONSOLIDACION		GRUAS DE PATIO MONTACARGAS CARRETILLAS OPERADORES MANIOBRISTAS VIGILANTES SUPERVISORES
D RECEPCION ENTREGA	EXPEDICION	MEDIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE		AUTOTRANSPORTE FURGONES MONTACARGAS BASCULAS OPERADORES MANIOBRISTAS SUPERVISORES

SISTEMAS EN TIERRA:

1. TRACTOR – CHASIS (ROLL ON – ROLL OFF)
2. DIRECTO – CON CARRETILLAS DE PATIO
3. TRACTOR – CHASIS / CARRETILLAS DE PATIO
4. GRUAS DE PATIO / TRACTOR CHASIS
5. MONTACARGAS Y COMBINADO

Figura 5.181 Esquema operativo contenedores consolidados en el puerto

FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A MANIPULACION A BORDO	CARGA TRANSBORDO DESCARGA	BUQUE		GRUA DE MUELLE SPEADERS OPERADORES PORTALONEROS TARJADORES MANIOBRISTAS
B TRASLACION	CARGA TRASLACION DESCARGA	EQUIPO DE TRASLACION		GRUAS DE PATIO PLATAFORMAS CARRETILLAS TRACTORES DE ARRASTRE OPERADORES. SUPERVISORES
C ALMACENAMIENTO	CLASIFICACION ESTIBA ALMACENAMIENTO	PATIOS		CARRETILLAS GRUAS DE PATIO MONTACARGAS OPERADORES SUPERVISORES VIGILANTES
D RECEPCION ENTREGA	EXPEDICION	MEDIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE Y		CARRETILLAS MONTACARGAS BASCULAS OPERADORES MANIOBRISTAS CHECADORES

EL SISTEMA DE TRANSBORDO POR FLOTACION ES SIMILAR A ESTE, CON LA VARIANTE DE QUE NO ARRIBA UN BUQUE AL PUERTO SINO UN GRUPO DE PORTAGABARRAS QUE INFLUYEN SOBRE EL TRAFICO DE BUQUES EN LAS AREAS DE AGUA.

Figura 5.182 Esquema operativo contenedores, transbordo por elevación

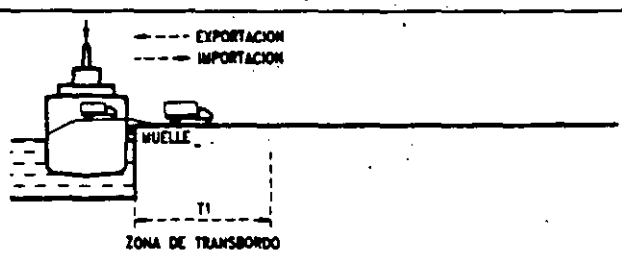
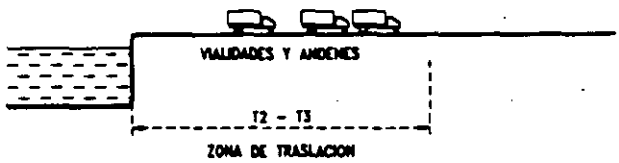
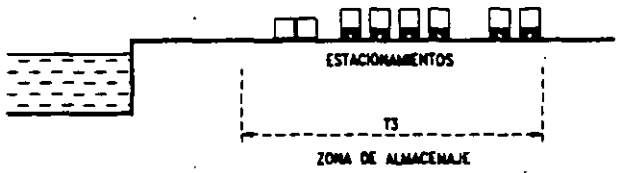
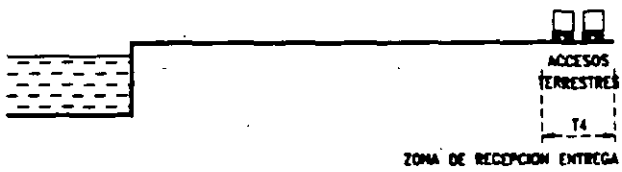
FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A TRANSBORDO	TRANSBORDO POR RODADURA	BUQUE		TRACTORES DE ARRASTRE REMOLQUES CARRETILLAS PLATAFORMAS OPERADORES CHECADORES
B TRASLACION	RODADURA	MUELLE		FLUJO DE VEHICULOS
C ALMACENAMIENTO	REGULACION	ESTACIONA-MIENTOS		BASCULAS PLATAFORMAS REMOLQUES OPERADORES SUPERVISORES VIGILANTES
D RECEPCION ENTREGA	TRANSBORDO TERRESTRE EXPEDICION	ACCESOS TERRESTRES		CONTROLES DE SALIDA AUTOTRANSPORTE FERROCARRIL OPERADORES INSPECTORES VIGILANTES

Figura 5.183 Esquema operativo contenedores, transbordo por rodadura

5.4 Servicios generales y especiales

5.4.1 Servicios generales

5.4.1.1 Suministro de agua potable

a) Servicio en Muelles

Debe proporcionarse un servicio de agua con capacidad suficiente para permitir llenar los tanques de la embarcación, en un tiempo tal que evite retrasos en la operación de la nave. Las recomendaciones de diseño son las siguientes:

Gasto	Q = 380 lts/min. Q = 180 m3/8 hrs
Presión mínima	P = 1.75 kg/cm2
Conexión de servicio	diam = 2½"

Localización de las conexiones. figura 5.184

a) A la mitad del barco como a proa y a popa en el espacio de atraque del muelle.

b) Con una separación entre toma y toma de 50 a 100 mts.

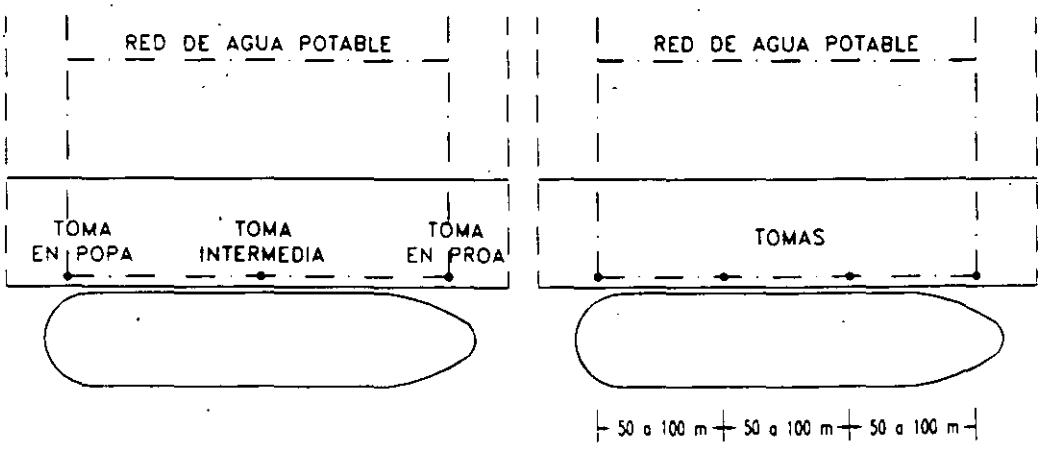
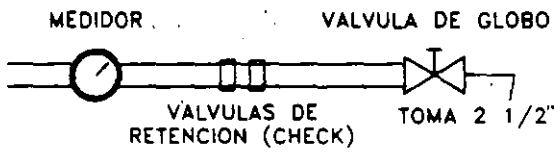


Figura 5.184 Distribución de las tomas de agua potable en el muelle

En muelles cubiertos, la tubería esta normalmente oculta dentro del cobertizo y salen conexiones para manguera a través de las paredes. En caso de que las mangueras al ser tendidas sobre la plataforma interfieran con las operaciones del muelle, es preferible colocar las conexiones para manguera del lado exterior de la plataforma.

Las tuberías de suministro en muelles abiertos pueden estar soportadas ya sea por arriba o por abajo de la cubierta, según el diseño del muelle y su propósito. Cuando la expansión térmica es un problema, debe instalarse la tubería con las adecuadas juntas y rizos de expansión.

Los suministros de agua a los barcos generalmente se miden y se efectúa un cargo por el agua subida a bordo. En las conexiones de servicio el gasto se regula mediante una válvula de globo situada a continuación de dos válvulas de retención (check). Los medidores deben estar accesibles para su fácil lectura por los oficiales de la terminal y de los barcos y, en consecuencia deben localizarse en forma conveniente en el muelle.



En muelles abiertos los medidores deben localizarse bajo la cubierta en registros con tapas o prueba de intemperie y adecuadas para que no interfieran el tráfico de peatones y vehículos. En muelles cubiertos los medidores estarán colocados en el interior.

b) Suministro a Areas Terrestres

Dentro de la terminal se debe de contar con agua potable para uso del personal que labora en la misma, dicho gasto se calculará con base en una dotación de 150 lts/hab/día.

En caso de que se instalen industrias que requieran agua potable, se calculará en base a las especificaciones de las mismas.

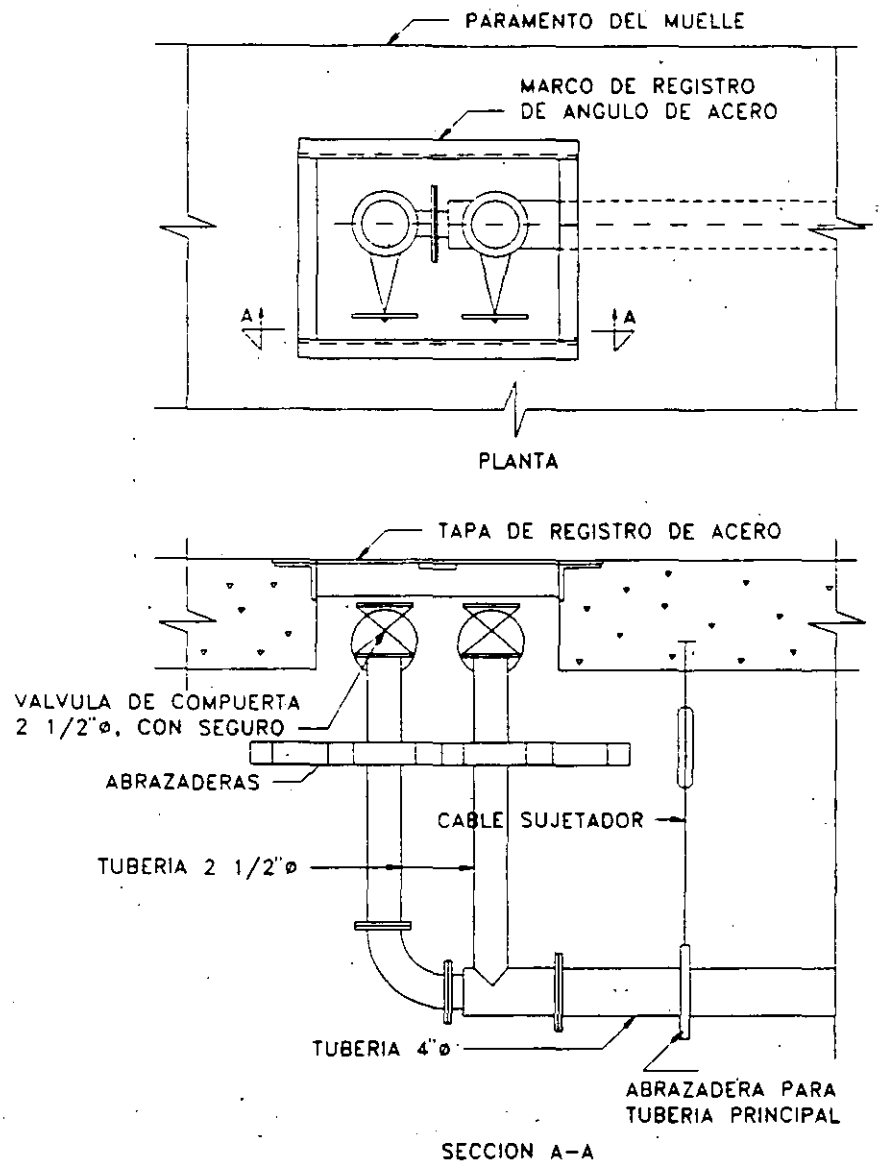


Figura 5.185 Red de agua potable y registro en la cubierta del muelle

Area de Carga y Descarga	
Area general	150
Punto de carga a FF.CC	100
Punto de carga a camiones y trailers	100
Alumbrado de Calles y Banquetas	
Uso frecuente (camiones)	4.0
Uso poco frecuente	2.0
Estacionamientos	1.0
Edificios de Oficinas	600
Bodegas y Cuartos de Almacenaje:	
Almacenaje interior apilado	50
Almacenaje exterior apilado	5
Almacenaje de cajas grandes	50
Almacenaje de cajas chicas	100
Almacenaje de partes pequeñas	200
Vestidores y Puesto de Bomberos	100
Cuarto de Primeros Auxilios	700

La selección adecuada de las luminarias, debe hacerse en función de las necesidades de iluminación, características del local, y de las restricciones impuestas por la clasificación de áreas mostrada anteriormente.

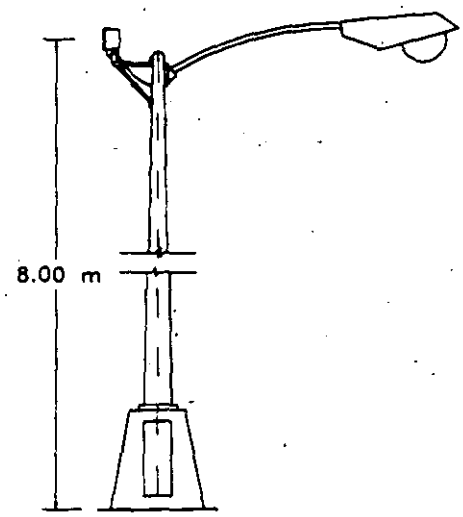


Figura 5.186 Alumbrado general a base de luminarias

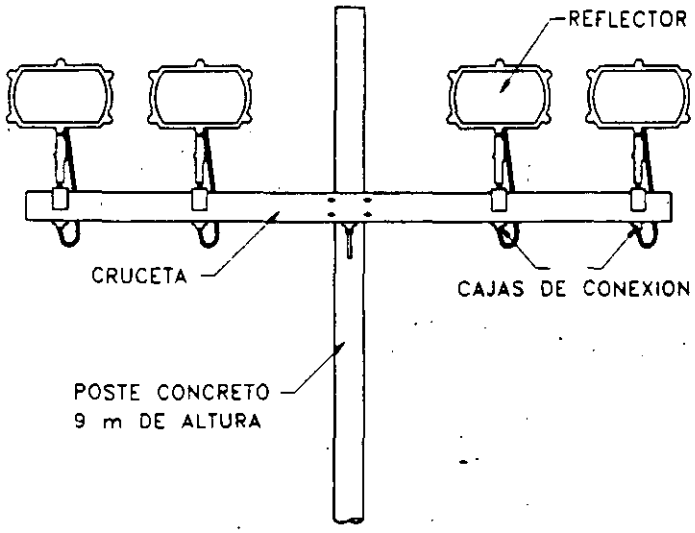


Figura 5.187 Alumbrado general de intemperie a base de reflectores

5.4.1.3 Suministro de combustible

En cualquier tipo de puerto que se requiera, es recomendable que exista este servicio. El abastecimiento se puede proporcionar por diversos sistemas de acuerdo a la siguiente tabla.

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
En el propio muelle	Reabastecimiento de combustible al mismo tiempo de operación.	Peligro de accidente en el área de operación. Costo elevado de construc. y conservación.
En Muelle Especial	Seguridad al cargar combustible en una zona alejada de la zona comercial del puerto.	Aumenta el número de movimientos del barco dentro del puerto. Queda impedido de hacer otra operación Estas dos condiciones aumentan el costo de - estadía

Por medio de Chalanes Nodriza	Facilidad para cargar combustible cuando realiza sus operaciones en cualquier sitio	Necesidad de una estación de carga para los chalanes.
	Evitan instalaciones especiales	Costo de los chalanes o flete de los mismos
	Reducción del tiempo de estadía	
	Se elimina todo peligro	

Según las clases de tráfico previstas, puede ser necesario abastecer a los barcos con aceite, gasolina, diesel y productos intermedios. No es necesario facilitar esos combustibles en todos los puestos de atraque como ya se vió en la tabla anterior, pero deberían proporcionarse en emplazamientos convenientes tomas de combustible alimentadas por tuberías subterráneas.

5.4.1.4 Drenaje sanitario y pluvial

Tipos de Drenajes: Químico, industrial y aceitoso
Pluvial
Sanitario

Los materiales empleados para los diferentes tipos de drenaje pueden ser: Fierro fundido, Asbesto cemento, Concreto simple, Concreto armado, Barro vitrificado, PVC; o materiales especiales resistentes a la corrosión, según sean las necesidades de cada caso.

Los tubos para los diferentes tipos de drenajes, deberán cumplir con los requisitos de calidad especificados en las normas correspondientes en vigor.

DISPOSICION DE LAS REDES

a) Inicialmente se partirá de la localización de parteaguas de acuerdo a la clasificación de las diferentes áreas mencionadas.
Los parteaguas deberán limitar rectángulos de losas con relación largo ancho no mayor de 1.25 y de preferencia, éstos deberán ser iguales en todo el conjunto, excepto en la liga del pavimento con edificios, diques, vías, etc.

b) Los ramales se dispondrán en forma de peine, orientados hacia los colectores.

c) El diámetro mínimo que tendrán las tuberías de drenaje pluvial será de 204 mm (8")

d) Los registros se proyectarán a una distancia, entre ellos equivalente en metros a los centímetros que tenga el diámetro nominal de los tubos, pero nunca mayor de 50 mts.

e) Se deberá de contar con plantas de tratamiento de aguas para el drenaje químico y aceitoso.

5.4.1.5 Comunicaciones

Teléfono:

Por lo general se dejarán colocados registros y ductos de tal forma que la compañía de teléfonos de México, proporcione e instale los cables y receptáculos. Los registros construídos deberán ser a prueba de intemperie.

La conexión de las instalaciones es recomendable que se coloquen cerca de un extremo del muelle para que estén situadas convenientemente en relación a la superestructura del buque.

Telégrafo y Correo

Se recomienda que exista una oficina de telégrafos y correo cercana al puerto, ya que esta no debe estar dentro del recinto portuario.

5.4.1.6 Manejo de desechos

La principal fuente de desechos en los puertos provienen de las embarcaciones, tal como se puede apreciar en la tabla siguiente:

ORIGEN	CAUSAS	TIPO DE DESECHOS
BARCO	- Accidentes	- Hidrocarburos - Productos Químicos - Sustancias sólidas
	- Operación	- Petroleos y Lastre - Materiales Fecales - Basura sólidas
	- Descargas	- Desechos Industriales

Se tienen que contemplar medidas preventivas para su control como:

- Sistemas de recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos
- Cada área e industria dentro del puerto deberá de contar con contenedores de recolección divididos en : recolectores orgánicos, de metales y vidrio y de plásticos
- Zonas de concentración de desechos y/o transbordos, tratamientos conjuntos, industrialización de basuras o rellenos sanitarios.

Métodos Operativos en los Buques

Los problemas de vertido y limpieza de los residuos y basuras generados por la operación en la descarga y por la tripulación del buque, pueden ser tratados de diversas formas. En la práctica pueden concretarse en las siguientes.

-Tanques de almacenamiento dotados o no de compactador
- Maceración de las basuras acompañadas de una posterior cleración.
- Incineración de los residuos sólidos.

5.4.1.7 Equipo contra incendio

Es de especial atención ya que adquiere una importancia relevante el hecho de proteger las instalaciones portuarias y las mercancías que ahí se manejan, por tanto todos los puertos deben adoptar un sistema para prevenir y combatir posibles incendios.

a) Servicio en muelles

-En un muelle abierto, la protección contraincendios puede proporcionarse instalando una línea principal del sistema contraincendios con ramificaciones en puntos estratégicos, la cual conducirá el gasto predeterminado para dicho fín.

-Se dejarán salidas vérticales a lo largo de la tubería, en forma estratégica las cuales tendrán un par de válvulas de 2½" para conexión de mangueras, a una altura de 60 cm. sobre N.P.T.

-De ser posible se dejarán aberturas o pasos en la cubierta con tapas removibles que permitan usar neblina extintora para combatir incendios que ocurrran bajo el muelle.

-Se colocarán extinguidores de mano en todos los accesos al muelle.

-Como medida auxiliar se recomienda disponer de embarcaciones equipadas con bombas de presión para combatir incendios (toman el agua directamente del mar).

-En el caso de manejo de productos petroquímicos se debe de instalar equipo que usa espuma.

-En muelles cubiertos, dependiendo del carácter de la construcción y su contenido puede usarse un sistema de rociadores, una estación de mangueras o extintores químicos manuales.

b) Servicio en áreas terrestres.

La protección contra incendios para las áreas en tierra no es diferente de cualquier otra instalación que proporcione servicios similares, pero en general se recomienda lo siguiente:

-Debe instalarse un sistema de distribución de agua que se adapte a la forma en que esten trazados los caminos y los edificios para garantizar la continuidad del servicio.

-Se recomienda usar agua dulce no potable para combatir incendios o de no ser posible se utilizará agua de mar.

-El gasto necesario promedio es de 126 lts/seg durante 4 hrs. el cual puede dividirse en 63 lts/seg. para alimentar rociadores y 63 lts/seg. para mangueras.

-La presión mínima de la red debe de ser de 7 kg/cm2

-La tubería debe enterrarse a una profundidad suficiente para evitar daños debido al tráfico.

-Se dispondrá de hidrantes comúnes contra incendios, con conexión para bomberos de 4½" o 6" y conexión para manguera de 1½" o 2½" de diámetro.

-Los hidrantes de manguera deberán de proporcionar un gasto/toma de 6 l.p.s. para 1½" de diámetro y 16 lts/seg. para 2½", con presión residual a la salida de 10 a 15 1b/pulg2

-Los hidrantes deben localizarse a una distancia mínima absoluta de las contrucciones más próximas, de 8 m pero es preferible de 15 m o más.

-Dada la irregularidad de trazo de las terminales es díficil definir el espaciamiento entre hidrantes, por ello se recomienda localizar éstos, de manera que cualquier incendio potencial pueda ser alcanzado por dos

hidrantes al menos, alimentando cada uno mangueras de 90 m. de largo máximo, o bien una separación entre hidrantes de 15 m.

-Para zonas de almacenes se recomienda disponer de 4 hidrantes accesibles, dos a cada lado, o bien un sistema de rociadores.

-En terminales petroquímicas se instalará un sistema de espuma, generada por el método que se desee, el agua que se use en el proceso debe de llegar con una presión de 125 lb/pulg2.

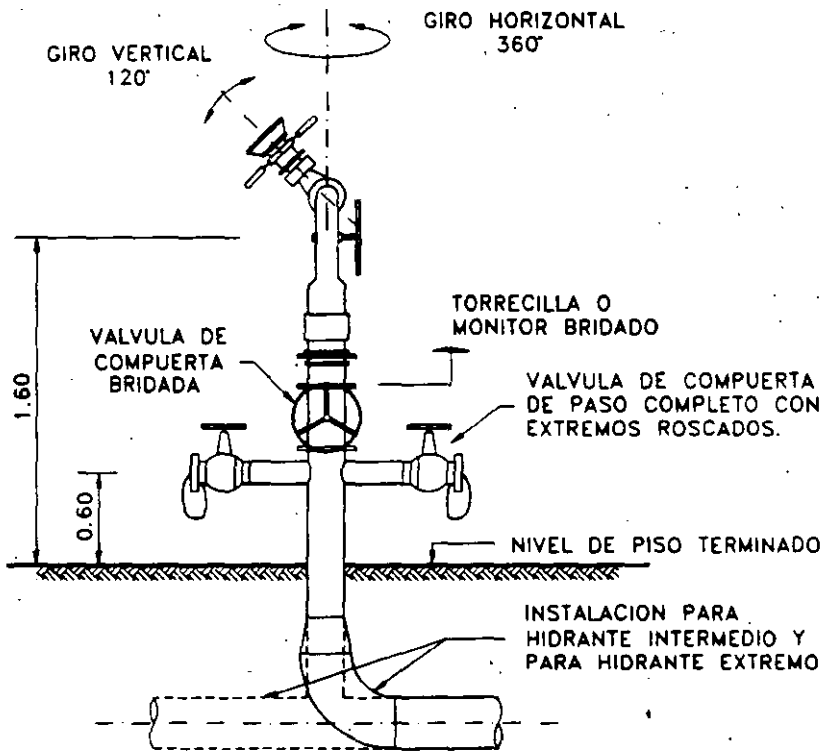


Figura 5.188 Hidrante de dos tomas con monitor

Sanitarios

El puerto deberá contar con este servicio para el personal que labora en el mismo, los cuales se calcularán y ubicarán en base a las condiciones de trabajo de cada área de la terminal tomando encuenta lo siguiente:

MUEBLES	CANTIDAD	ESPACIO MINIMO REQ. Ancho (m)	Largo (m)	
W.C.	1 c / 20-25 hombres	0.70	2.00	
	1 c / 10-15 mujeres	0.70	2.00	
Migitorio	1 c / 20-25 hombres	0.60	1.80	o colectivo
Lavabo	1 c / 7 operadores	0.60	-	o colectivo
Regadera	1 c / 20-25 operadores	0.90	0.90	
Bebedero	1 c / 60 operadores	var.	var.	

Medicos de Urgencia

La administración del puerto debe de contemplar la instalación de servicios medicos de urgencia, los cuales contarán con personal y equipo para atender y/o controlar cualquier incidente causado dentro del puerto por accidentes.

Este servicio generalmente se encuentra dentro del edificio administrativo.

Además se dispondrá de un botiquin de urgencia en las distintas áreas del puerto distribuidos a cada 100 o 150 m.

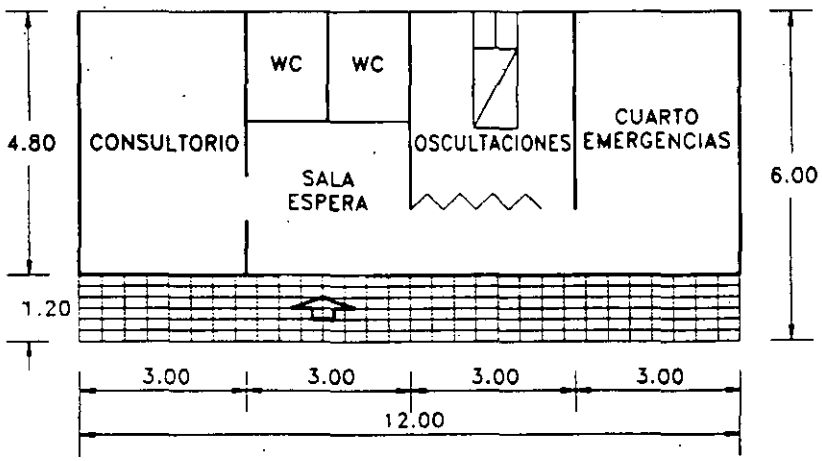


Figura 5.189 Servicio médico

5.4.1.9 Avituallamiento

Se refiere al suministro de todos aquellos insumos que requiere la embarcación y sus tripulantes para la realización de sus viajes. Los más importantes son:

Alimentos	-Bebidas alcohólicas -Comestibles
Enseres y herramienta	-Piezas de recambio, herramienta menor.
Otros	-Latería -Hielo

5.4.2 Servicios Especiales

5.4.2.1 Conservación y mantenimiento de embarcaciones y de áreas de agua

Embarcaciones

Actualmente la reparación de embarcaciones tiene lugar en los varaderos y en los diques. Estas instalaciones permiten poner al barco en seco y difieren en escencia en cuanto a su capacidad para recibir embarcaciones.

Instalación	Tipo de embarcación
Varadero	embarcaciones chicas
Dique flotante	embarcaciones medianas
Dique seco	grandes naves

Las instalaciones dedicadas al mantenimiento o construcción de embarcaciones se localizan en áreas donde no interfieran con el movimiento de trenes y vehículos en cuanto a la circulación pero se les dota de accesos amplios que les comunica con la red vial interior.

Se debe de contar con talleres especializados como por ejemplo:

De pintura
Eléctrico y electrónico
De soldadura
Carpintería
Instalaciones hidráulicas-tubería
Mecánico, etc.

Además se debe de contar con un almacen de materiales y piezas de

repuesto, así como una oficina de control y administración independiente de los movimientos portuarios.

Acontinuación se detalla la lista de instalaciones que debe tener un astillero y en la figura 5.190 se muestra el esquema general del mismo.

AREAS DE TRABAJO EN UN ASTILLERO

LOCAL	AREAS
	TALLERES DE ACERO
1	Taller de elaboración de acero
2	Taller de ensamble
3	Taller de tratamiento de bloques
	TALLER DE AISLAMIENTO
4	Taller de módulos
5	Taller de tubería
6	Taller de acero de aislamiento y chapa fina
7	Taller de maquinado de madera, ebanistería y carpintería de ribera
8	Taller eléctrico
9	Taller de montaje mecánico
10	Taller de maquinado
11	Taller de marinería y maniobras
13	Taller de limpieza mecánica de tuberías
14	Talleres auxiliares de aislamiento
	TALLERES VARIOS
15	Taller de mantto. y parque de vehículos
16	Taller de subcontratistas
	DIQUE
17	Dique seco No. 1
18	Dique seco No. 2
19	Dique seco de construcción
20	Dique flotante, muelles de acero y duques de alba
	MUELLES
21	Muelle marginal Este
22	Muelle marginal central Este
23	Muelle marginal central Oeste
24	Muelle marginal Oeste
25	Muelle espigón de aislamiento
26	Muelle espigón de reparaciones
	SISTEMAS
27	Sistemas de ferrocarril
28	Sistemas de redes eléctricas
29	Sistemas de redes neumáticas, hidraúlicas, de oxígeno y gas natural
30	Sistemas de intercomunicación interna y externa
	ALMACENES
31	Parque de acero y línea de tratamiento
32	Almacén general
33	Almacén auxiliar
34	Almacenes diversos:
	a) Almacén de pinturas
	b) Almacén de madera
	c) Almacén de andamiaje, puntales y picaderos
	d) Almacén de seguridad industrial
	e) Almacén de combustible
	f) Alamcén central de herramientas
	g) Almacenes auxiliares de herramientas
	h) Almacen de chatarra
	i) Parque de materiales de aislamiento
	j) Areas externas de almacenamiento
	k) Almacén de tubos
	PATIOS Y EXPLANADAS
35	Calzadas y patios
36	Area de premontaje de bloques
37	Area de premontaje de superestructura
38	Area de reserva para el taller de maquinaria pesada
	INSTALACIONES OFICINA Y SERVICIOS
39	Oficina y servicios

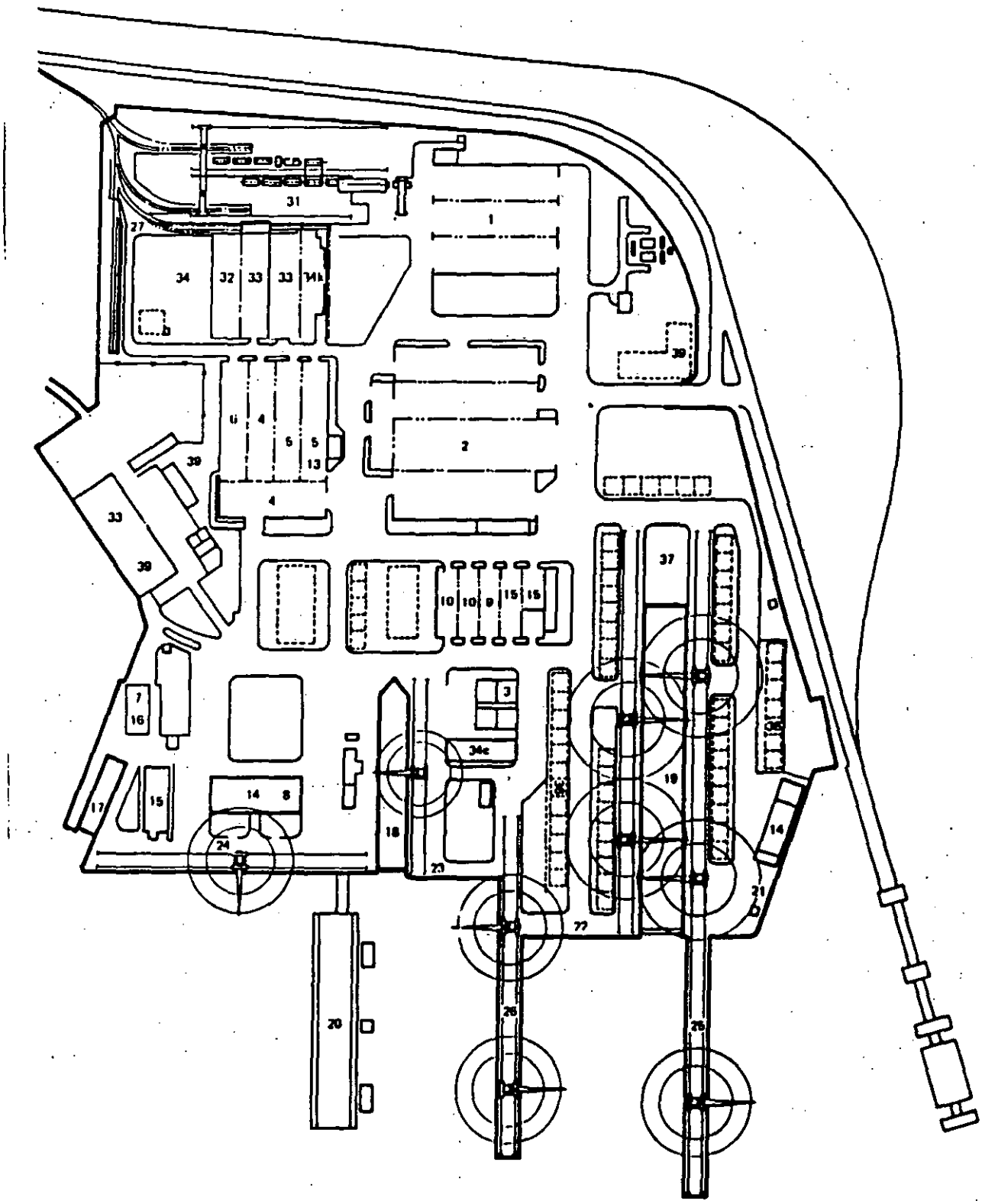


Figura 5.190 Esquema general de un astillero

Areas de Agua

Las áreas de agua del puerto deben de contar con un servicio periódico de dragado con el fin de que se mantengan los calados oficiales.

5.4.2.2 Pilotaje - remolcadores

Cualquier barco que llegue a un puerto extranjero puede requerir tomar los servicios de un piloto o práctico del puerto, o bien entrar con ayuda de remolcadores.

Los remolcadores deben de contar con un atracadero especial para ellos, localizado inmediato a los frentes de atraque o muelles y cerca del acceso marítimo.

Se debe de contar con una oficina de control comunicada a la oficina central del puerto, además de contar con espacio para el personal de guardias con servicio de baños y vestidores.

5.4.2.3 Capacitación y laborales

Para capacitación y alfabetización se requiere de un aula para 40 personas máximo, con servicios de proyectores de ser posible, en un área de 50m2, además un local para guardar material y equipo 12m2, y otros 50m2 para acceso, descanso, oficina de administración y sanitarios.

Instalaciones Laborales

Pórtico y oficina de concentración, comedores y locales comerciales de servicio, baños y vestidores, local de organización sindical, locales auxiliares (Centro de asistencia juvenil) y estancia de descanso.

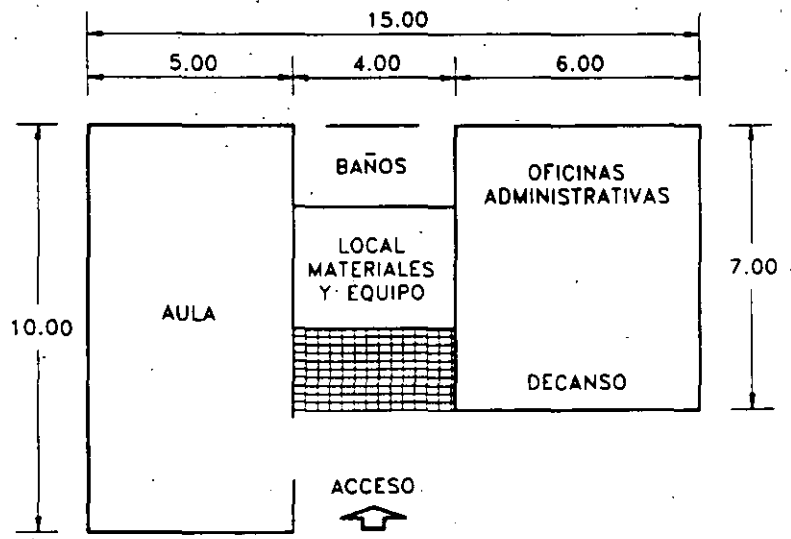


Figura 5.191 Local de capacitación laboral

5.4.2.4 Comerciales y bursátiles

Reservar áreas de terreno para que todos los interesados edifiquen sus instalaciones, la ubicación será fuera del recinto portuario, pero inmediato y anexo a él. Las dimensiones varían de acuerdo al tipo de puerto, pero empiricamente se recomienda un área mínima de 10 Has. para uso de estos servicios en un puerto de altura.

Oficinas:	Agencia de importaciones, exportaciones
	Agencias aduanales
	Bancos y casas financieras
	Oficinas privadas
	Restaurante, cafeterías, áreas de reunión, etc.
Almacenes	Refacciones
	Avituallamiento
	Vehículos automotores.

5.4.2.5 Oficinas de autoridades

Se deben de localizar dentro del recinto portuario y cerca de los accesos terrestres.

Autoridades	S.C.T.	Dirección General de Puertos y Marina Mercante, Policia de Caminos y Puertos, Agencia del Ministerio Público
	S.C.T.	Puertos Mexicanos
	S.R.E.	Pasaporte (Migración)
	S.A.R.H.	Sanidad vegetal y animal
	S.H.C.P.	Aduanas
	S.S.A.	Sanidad internacional
	S. de M.	Armada de México
	SEPESCA	Secretaría de pesca
	SECTUR	Marinas y Cruceros
	Entidades Operativas	Empresa de servicios portuarios

Las dimensiones de los edificios son variables según el puerto y la localidad, se recomienda dejar un área mínima de 3 Has. para este fín, en puertos de altura.

CAPITULO 6

OTROS PUERTOS

a	Ancho del muelle
A	Area en Has.
Af	Area de fondeo.
Ar	Area requerida para recepción y manejo de productos (m2)
B	Ancho de la plantilla del canal
C	Calado de la embarcación
c	Coeficiente de permeabilidad del terreno
Cl	Claro entre muelles de atraque
Ccv	Carga de combustible por viaje
Co	Número de barcos del puerto (Flota de proyecto u operación)
Cv	Captura promedio por viaje
D	Diámetro del círculo de ciaboga
d	Profundidad del tirante de agua
Dm	Duración del mantenimiento, en días (encuesta directa)
E	Eslora
Fa	Frecuencia de arribos (barcos/día)
Ft	Frecuencia de arribos por temporada (encuesta directa)
H	Horas de operación (horas/día)
i	Intensidad de lluvia en mm/hr
K	Factor derivado de la relación entre el área total requerida y el área neta ocupada, se considera igual 0.5.
Ka	Factor de acoderamiento (encuesta directa)
L	Longitud del muelle
M	Manga del barco
N	Cantidad de producto por manejar al día (ton/día)
Nb	Número de barcos de la flota
Ndo	Número de días operados durante un año
Np	Número de personas
P	Rendimiento de área por unidad de producción (m2/ton)
Q	Gasto m3/seg
R	Número de manejos al día de los productos, su valor se considera igual a 0.30
r	Radio de círculo de ciaboga
r.g.	Radio de giro de la embarcación
Rcc	Rendimiento de la carga de combustible
Rd	Rendimiento de la descarga (ton/hr)
S	Pendiente del terreno
T.C.	Toneladas cortas
T.M.	Toneladas métricas
Tcc	Tramo de atraque requerido para carga de combustible
Td	Tramo de atraque requerido para descarga
Te	Tramo de atraque requerido para estadía inactiva.
Tm	Tramo de atraque requerido para mantenimiento a flote y avituallamiento.

Lista de figuras y tablas

Figura 6.1 Esquema general del puerto.
Figura 6.2 Esquema operativo
Figura 6.3. Canal de acceso
Figura 6.4 Dimensionamiento de la dársena de operación
Figura 6.5 Esquema simplificado de industrialización
Figura 6.6 Arreglo general y disposición de muelles
Figura 6.7 Esquema tipo de un centro de recepción
Figura 6.8 Lotificación de industrias
Figura 6.9 Indices de consumo en las enlatadoras
Figura 6.10 Indices de consumo para las congeladoras
Figura 6.11 Indices de consumo para las fábricas de hielo
Figura 6.12 Indices de consumo para las fábricas de harina de pescado
Figura 6.13 Servicios
Figura 6.14 Vialidades
Figura 6.15 Esquema general de una marina
Figura 6.16 Canal de acceso
Figura 6.17 Elementos constitutivos de los muelles en peine
Figura 6.18 Dimensionamiento del peine
Figura 6.19 Distancia entre peines paralelos
Figura 6.20 Sistema de anclaje de muelles flotantes
Figura 6.21 Rampa de botado
Figura 6.22 Arreglo de cajones para estacionamiento
Figura 6.23 Dimensiones mínimas de cajón
Figura 6.24 Planta tipo - sanitarios
Figura 6.25 Planta tipo - edificio administrativo
Figura 6.26 Almacenamiento de embarcaciones en estanterías
Figura 6.27 Planta general de una marina seca
Figura 6.28 Instalaciones de servicio en muelles
Figura 6.29 Recolector de desechos sanitarios (unidad móvil)
Figura 6.30 Gabinete contra incendios

Tabla 6.1 Clasificación de puertos pesqueros
Tabla 6.2 Rendimientos en la descarga
Tabla 6.3 Equipos de descarga
Tabla 6.4 Duración y frecuencia de mantenimiento y reparación
Tabla 6.5 Conceptos para el consumo de agua potable
Tabla 6.6 Capacidad y superficie de tanques de combustibles

6.1 Puertos pesqueros

6.1.1 Esquema general del puerto

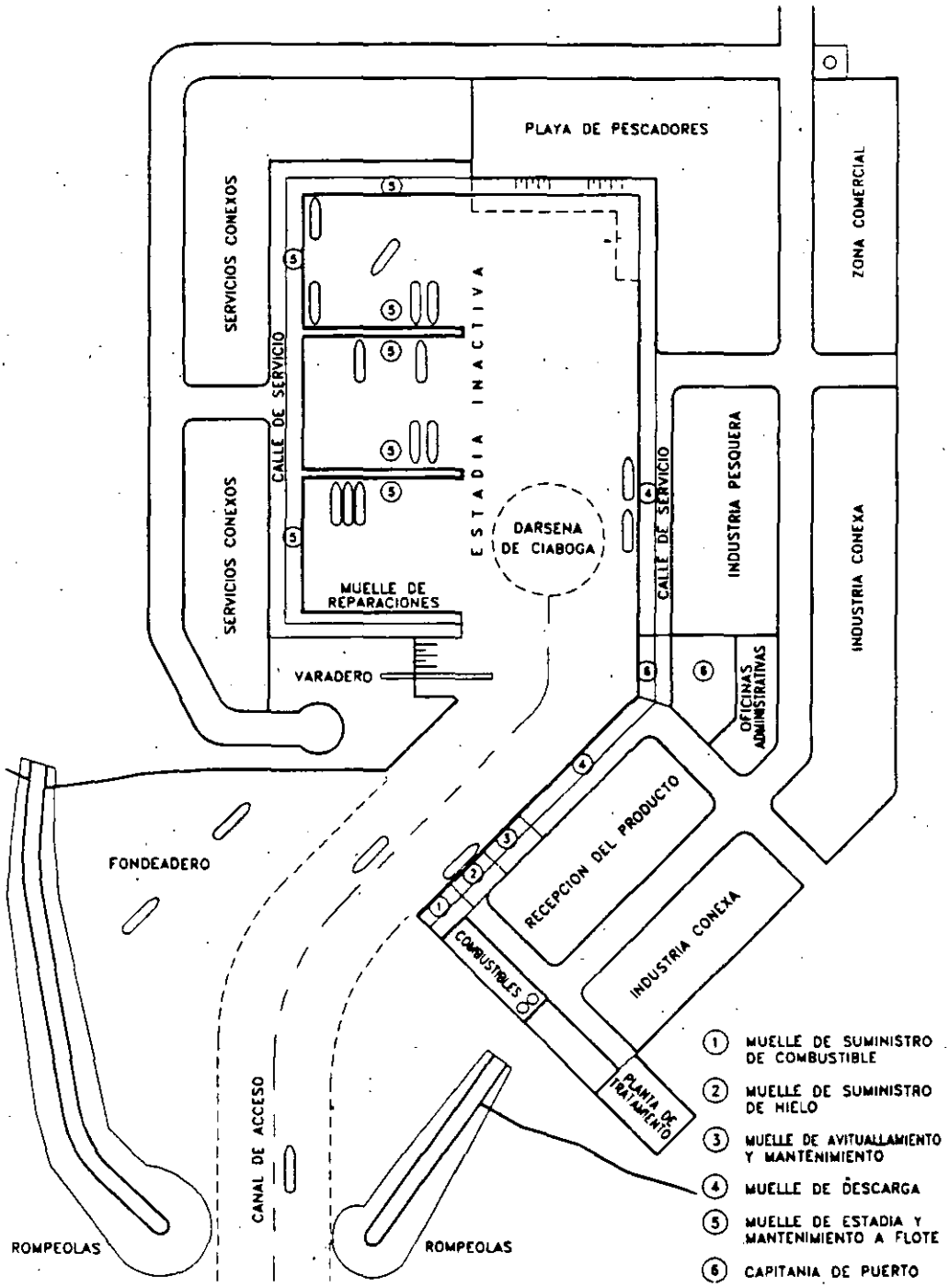


Figura 6.1 Esquema general del puerto

6.1.2 Clasificación y esquema operativo

Clasificación

En base a su capacidad para atender a la Flota e Industria Pesquera, los Puertos Pesqueros se clasifican en tres tipos.

TABLA 6.1 CLASIFICACION DE PUERTOS PESQUEROS

TIPO DE PUERTO	INSTALACIONES Y SERVICIOS																							
	DARSENA	ATRAQUE Y AMARRE	INDUSTRIAS PESQUERAS	INDUSTRIAS CONEXAS	CENTRO DE RECEPCION	ZONA COMERCIAL	VARADEROS	FRIGORIFICOS	ZONA DE SERVICIOS	ASTILLERO	PESQUERIAS	AGUA Y ENERG. ELEC. EN MUELLES	SENALAMIENTO MARITIMO	ALUMBRADO GENERAL	RADIOCOMUNICACION	SERVICIO CONTRAINCENDIO	SANITARIOS	RECOLECCION DE BASURA	FONDEADERO	COMBUSTIBLE	OFICINAS ADMINISTRATIVAS	VIALIDADES	SERVICIOS MEDICOS	ALCANTARILLADO
PRINCIPALES O IND. PESQUEROS	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
INTERMEDIO	•	•			•			•			•	•					•			•				
DE REFUGIO		•			•														•					

La figura 6.2 muestra el esquema operativo de un puerto pesquero

6.1.3 Areas de agua

6.1.3.1 Accesos al puerto

Canal de Acceso

El criterio para dimensionar el canal de acceso es similar al especificado en el capítulo 5 inciso 5.2, sin embargo, a continuación se define graficamente el ancho del canal considerando el flujo en uno y dos sentidos figura 6.3.

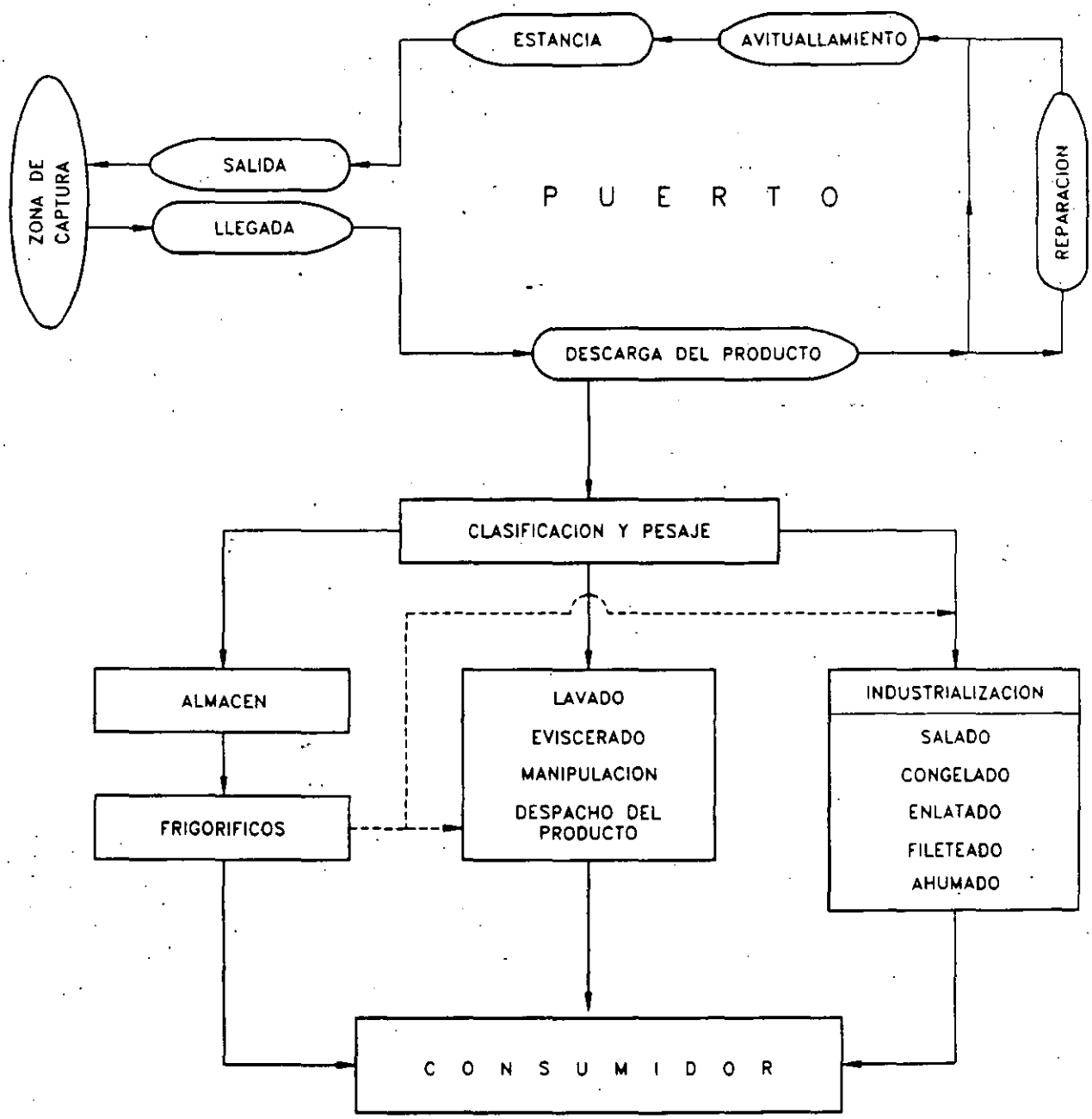


Figura 6.2 Esquema operativo

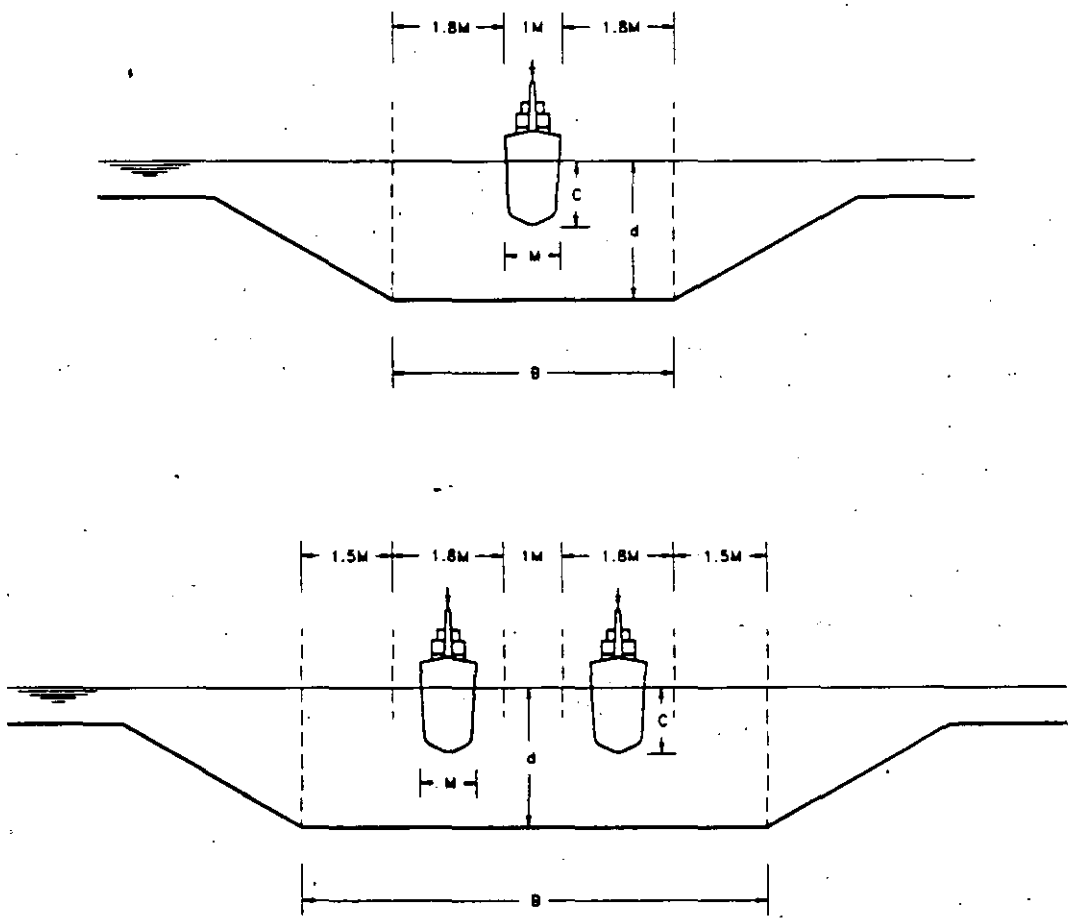


Figura 6.3 Canal de acceso

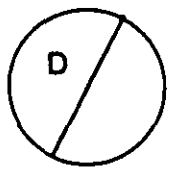
6.1.3.2 Areas de maniobras

Dársena de Ciaboga

La expresión usada por la Secretaría de Pesca para dimensionar el diámetro del círculo de ciaboga es la siguiente:

$$D = 2\,(r + 0.5\,E) + 2\,M$$

$$r = R \times tg\ 30°$$



Valores del radio de giro

Tipo de Embarcación	R
Escamera	1.5 E
Camaronero	2.0 E
Sardinero	2.0 E
Anchovetero	2.0 E
Atuneros medianos	2.0 E
Atuneros grandes	3.0 E

Dársena de Operación

Area inmediata a los muelles en la que los barcos realizan las maniobras de atraque, carga o descarga, desatraque y salida.

El dimensionamiento de la dársena de operación esta en función de las características de la flota, tipo y uso del muelle y del número de barcos que es posible acoderar en un mismo tramo de atraque.

La figura 6.4 ejemplifica lo expuesto en el párrafo anterior para el caso de un barco Camaronero.

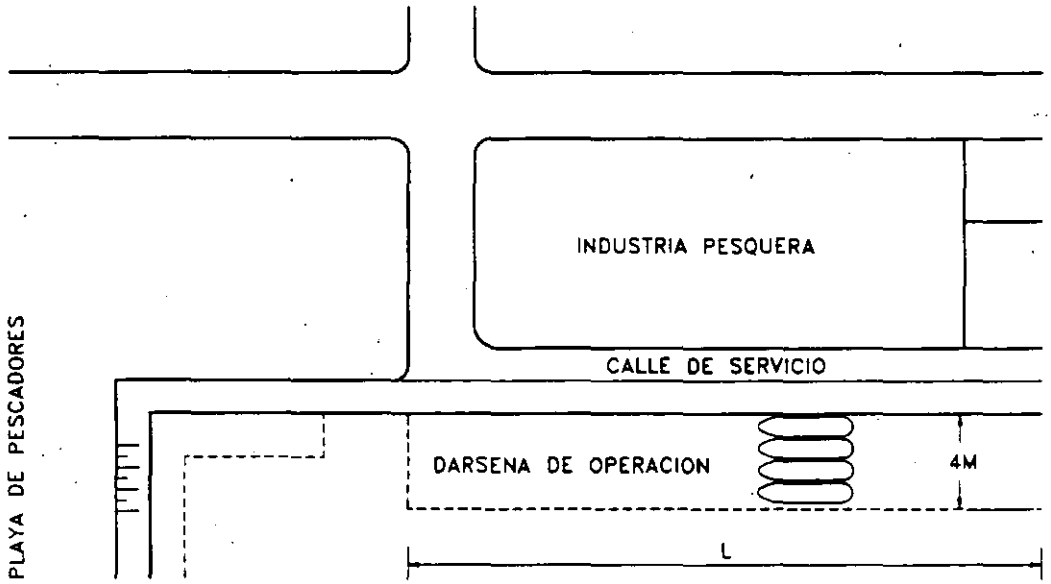
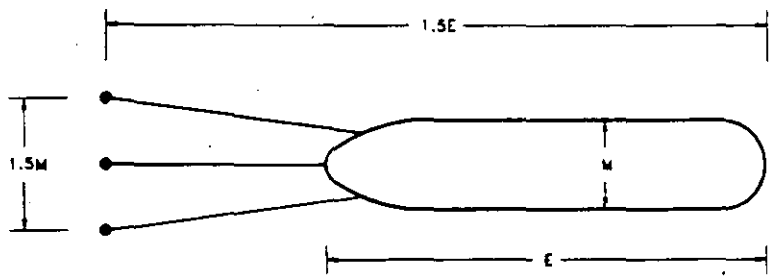


Figura 6.4 Dimensionamiento de la dársena de operación

6.1.3.3 Fondeadero

Para determinar el área de fondeo, debe tomarse en cuenta que el área que requiere una embarcación, para fondearse es la siguiente:



$A_f = 2.25(E)(M)$

6.1.3.4 Condiciones de operatividad

Dentro del vaso portuario la altura de ola permisible para la operación de los barcos pesqueros es la siguiente:

0 a 0.30 m
Hasta 0.50 m para barcos atuneros grandes

6.1.4 Areas terrestres

6.1.4.1 Esquemas de operación y equipamiento

El esquema de operación terrestre se muestra en la figura 6.5

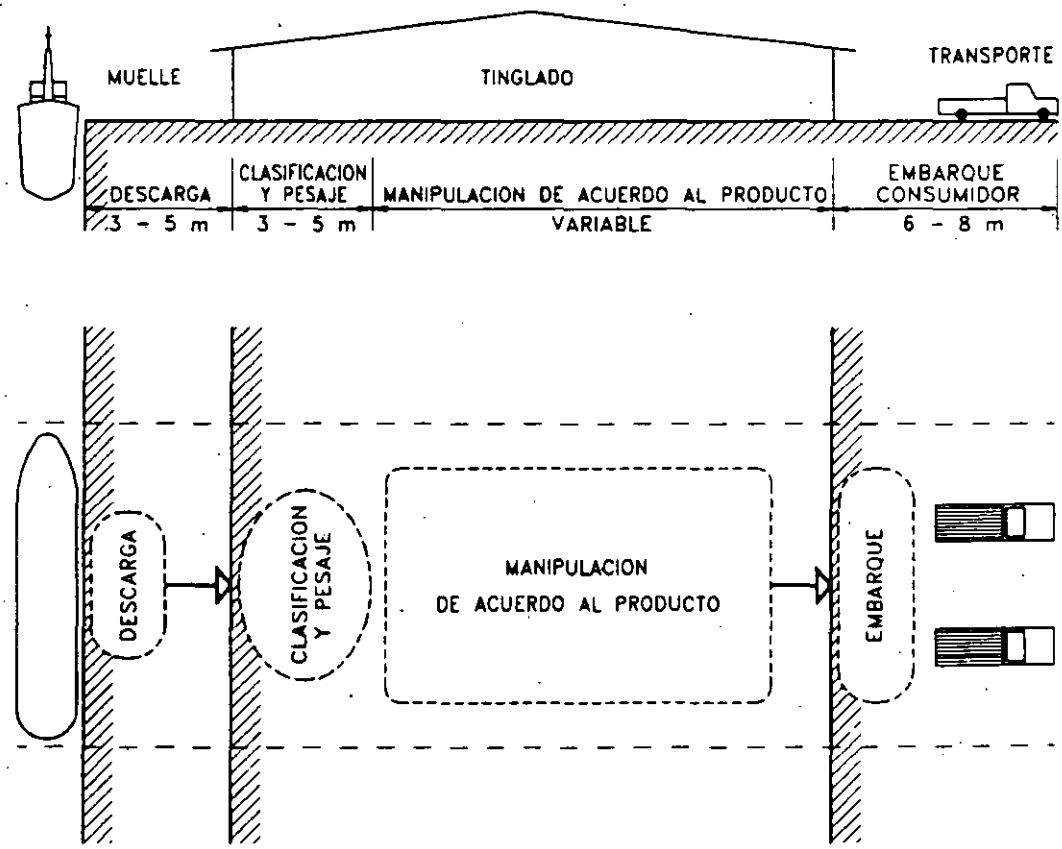


Figura 6.5 Esquema simplificado de industrialización

6.1.4.2 Obras de atraque y amarre

La clasificación de los muelles pesqueros de acuerdo a su uso, así como la expresión que permite calcular el tramo de atraque requerido se muestran en la tabla siguiente, por otra parte su distribución se presenta en la figura 6.6.

TIPO DE MUELLE	EXPRESION PARA DIMENSIONAR EL TRAMO DE ATRAQUE (*)
MUELLE DE DESCARGA DE PRODUCTOS El ancho mínimo recomendable para este tipo de muelles es de 6.00 m; con una pendiente de 1/20 hacia el borde del muelle.	Td = Fa Cv / Rd H
MUELLE PARA CARGA DE COMBUSTIBLE Y AGUA	Tcc = Fa Ccv / Rcc H
MUELLE PARA MANTENIMIENTO A FLOTE Y AVITUALLAMIENTO	Tm = Nb Ft Dm / Ndo Ka
MUELLES DE ESTADIA INACTIVA	Te = Co / Ka

El número de barcos que es posible acoderar se determina aplicando los valores del índice de atraque Ka siguiente:

TIPO DE EMBARCACION	Ka
Pesca de Altura	1
Sardinero-Anchovetero	3
Camaronero	4
Escamero	4
Escamero 72'	4
Escamero 55'	4
Escamero 30'	5

* Expresiones usadas por la Secretaría de Pesca, obtenidas en base a las estadísticas y de Publicaciones de la F.A.O. Sector Pesca.

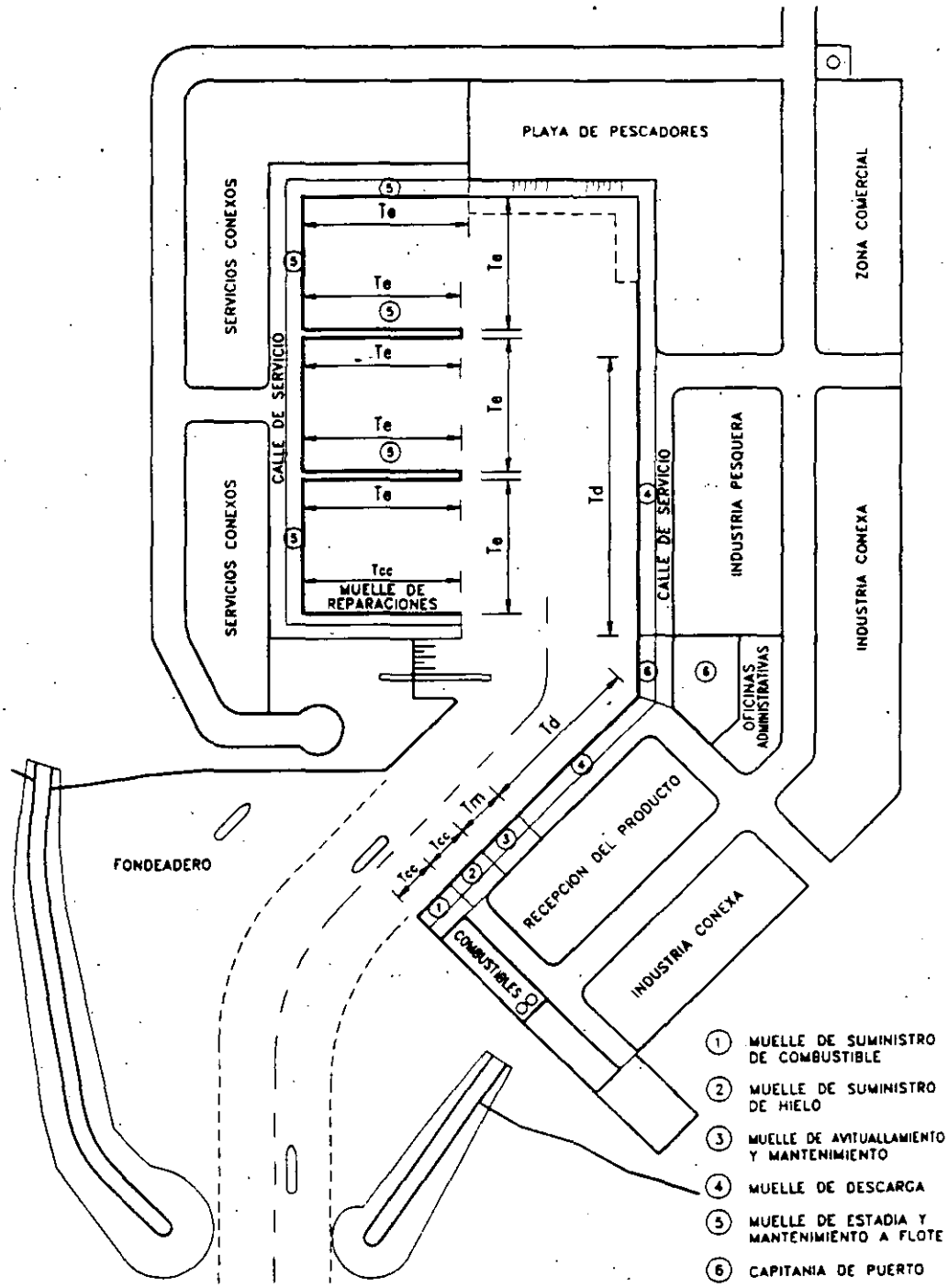


Figura 6.6 Arreglo general y disposición de muelles

Rendimientos en la Descarga

En la tabla 6.2 se presentan los rendimientos en la descarga de los productos, dependiendo estos de la pesquería practicada y del sistema de descarga empleado.

TABLA 6.2 RENDIMIENTOS EN LA DESCARGA

EQUIPO	RENDIMIENTOS EN Ton/hr.			
	CAMARON	SARDINA ANCHOVETA	ATUN	ESCAMA
MANUAL	2			2
GRUA O MALACATE	3			5
NEUMATICO	3	85		
RED DE CUCHARA		16		
ABSORVENTE		54		
HIDRONEUMATICO		60		
GRUA AUTOPROPULSADA			16	
BANDA TRANSPORTADORA				5

Equipo de Descarga

En la tabla 6.3 se indica el equipo comunmente utilizado para la descarga del producto, así como el área requerida para su instalación sobre los muelles.

TABLA 6.3 EQUIPO DE DESCARGA

EQUIPO	AREA (m^2)	OBSERVACIONES
Bomba de cápsula	5	Se instala sobre cualquier tipo de muelle.
Bomba de sólidos	20-25	idem
Succionadora por vacío	5	idem
Succionadora por vacío en seco	16	idem
Red de cuchara	-	Se encuentra en el buque
Grúa autopropulsada telescópica	-	El área la da el fabricante
Grúa fija telescópica	-	idem
Grúa sobre neumáticos	-	idem

Mantenimiento Rutinario y Reparaciones Mayores

En la tabla 6.4 se indica la duración y frecuencia del mantenimiento rutinario y de las reparaciones mayores a flote de acuerdo al tipo de embarcación.

TABLA 6.4 DURACION Y FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y REPARACION.

TIPO DE EMBARCACION	MANTENIM. RUTINARIO		REP. MAYORES A FLOTE	
	DURACION (DIAS)	FRECUENCIA	DURACION (DIAS)	FRECUENCIA
ATUNERO VARERO 800 T.C.	4	POR VIAJE	25	ANUAL
ATUNERO CERQUERO 320 T.C.	6	POR VIAJE	30	ANUAL
ATUNERO CERQUERO 650 T.C.	9	POR VIAJE	30	ANUAL
ATUNERO CERQUERO 750 T.C.	9	POR VIAJE	30	ANUAL
ATUNERO CERQUERO 1200 T.C.	9	POR VIAJE	30	ANUAL
ARRASTRERO PALANGRERO 270 T.C.	5	POR VIAJE	30	ANUAL
CALAMARERO 420 T.M.	6	POR VIAJE	30	ANUAL
SARDINERO ANCHOVETERO 280 T.M.	1	POR VIAJE	30	1 C/ 2AÑOS
SARDINERO ANCHOVETERO 120 T.M.	0.5	POR VIAJE	30	1 C/ 2AÑOS
SARDINERO ANCHOVETERO 65 T.M.	0.5	POR VIAJE	30	1 C/ 2AÑOS
CAMARONERO (GOLFO)	5	POR VIAJE	20	1 C/ 2AÑOS
CAMARONERO (PACIFICO)	3	POR VIAJE	20	1 C/ 2AÑOS
ESCAMERO PALANGRERO	5	POR VIAJE	15	1 C/ 2AÑOS
ESCAMERO ARRASTRERO	5	POR VIAJE	20	1 C/ 2AÑOS

6.1.4.3 Areas de transferencia de productos

Permiten efectuar las maniobras de carga y descarga, se construyen generalmente para dar servicio a los muelles destinados a la descarga y/o avituallamiento.

Sus dimensiones son variables y no existe una norma que defina la superficie que debe tener el patio, basicamente esta en función del tipo de vehículo que operará en él.

La dimensión de la calle de servicio que se indica en la figura 6.8 es suficiente para ser usada como área de transferencia.

- Area de Recepción y Manejo de Productos

El área necesaria para éste tipo de instalaciones se obtiene utilizando la expresión de la FAO.

$$A = N P / R K$$

La figura 6.7 muestra el esquema de un centro de recepción tipo con capacidad de 10 ton.

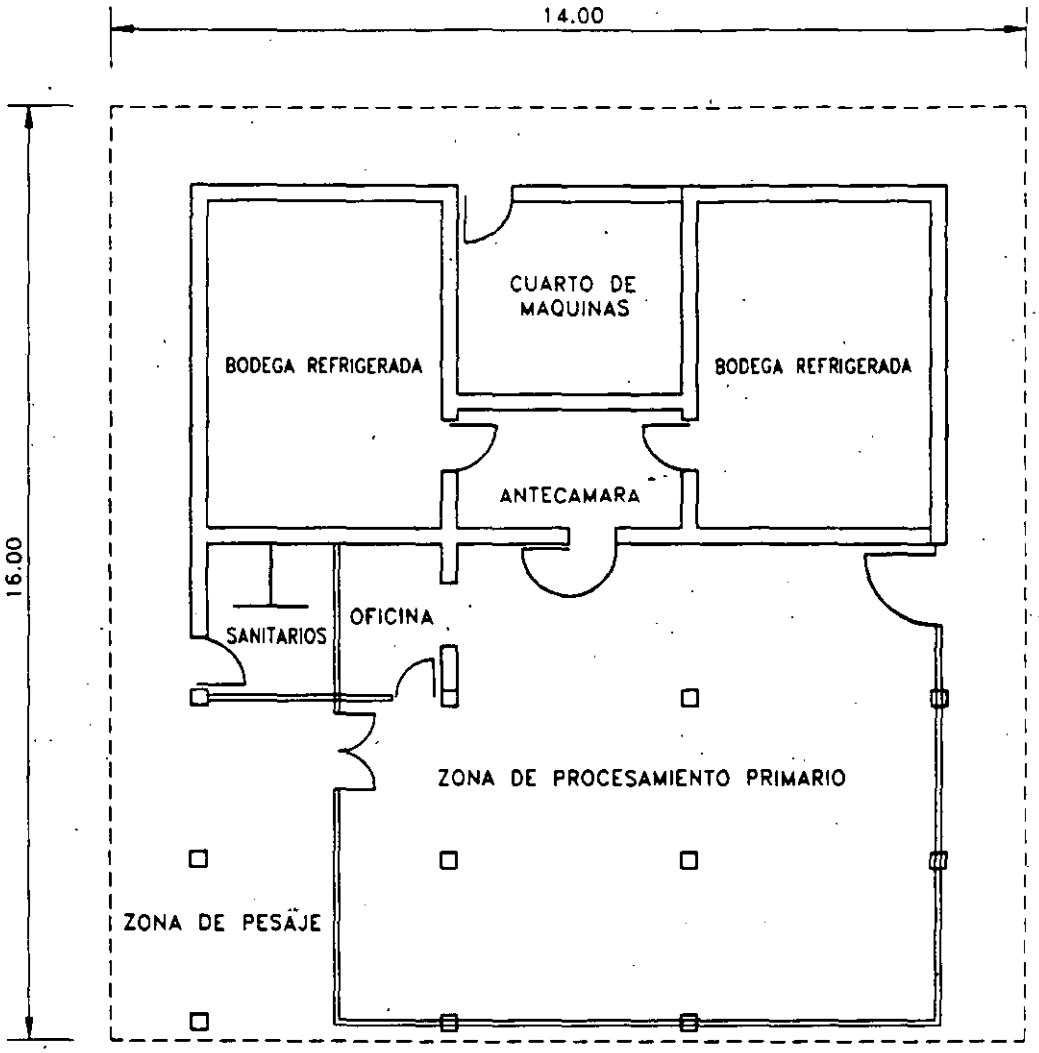


Figura 6.7 Esquema tipo de centro de recepción

- Patio de Reparaciones de Equipo de Pesca

Destinado a la reparación de redes y al equipo desmontable que posee el barco.

Al igual que el caso anterior, no existe una norma para su dimensionamiento; este varía en función del tipo de barco y pesquería. Generalmente se construyen aledaños a los muelles de reparaciones a flote.

- Bodega de Armadores

Se construyen aledaños a los patios de reparaciones, debiendo tener un ancho mínimo de 10 m con una longitud variable en función de la longitud de los muelles y de los patios de reparaciones.

6.1.4.4 Industrialización y procesamientos.

Clasificación de las Industrias Pesqueras

Estas industrias pueden dividirse en dos tipos :

Requieren frente de agua		No requieren frente de agua	
Procesamiento de:	Escama	Procesamiento de :	Ostión
	Sardina		Langosta
	Atún	Aprovechamiento	Sub-productos

Las industrias con frente de agua, deberán estar separadas del muelle por una calle de servicio de 10 a 15 m de ancho, suficiente para las maniobras de carga y descarga y movimiento de vehículos y carros manuales que transportan el producto.

Por su parte las industrias que no requieren frente de agua, deberán localizarse atrás de las industrias que si lo requieren pudiendo comunicarse entre ellas.

Las industrias pesqueras pueden también dividirse en los siguientes tipos.

Industrias Básicas	Industrias Conexas
-Congeladoras	-Fábricas de Redes
-Fábricas de Hielo	-Fáb. de Implementos de Pesca
-Enlatadoras	-Ferreterías
-Fáb. de Harina de pescado	-Talleres de Rep. de Equipos Ind.

La disposición y dimensiones mínimas requeridas para la instalación de las industrias pesqueras, zonas comerciales y oficinas administrativas se muestran en la figura 6.8.

Parámetros de Planeación

Las figuras 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 muestran las características físicas de las principales plantas industriales pesqueras, permitiendo una adecuada planeación de las zonas o parques industriales pesqueros.

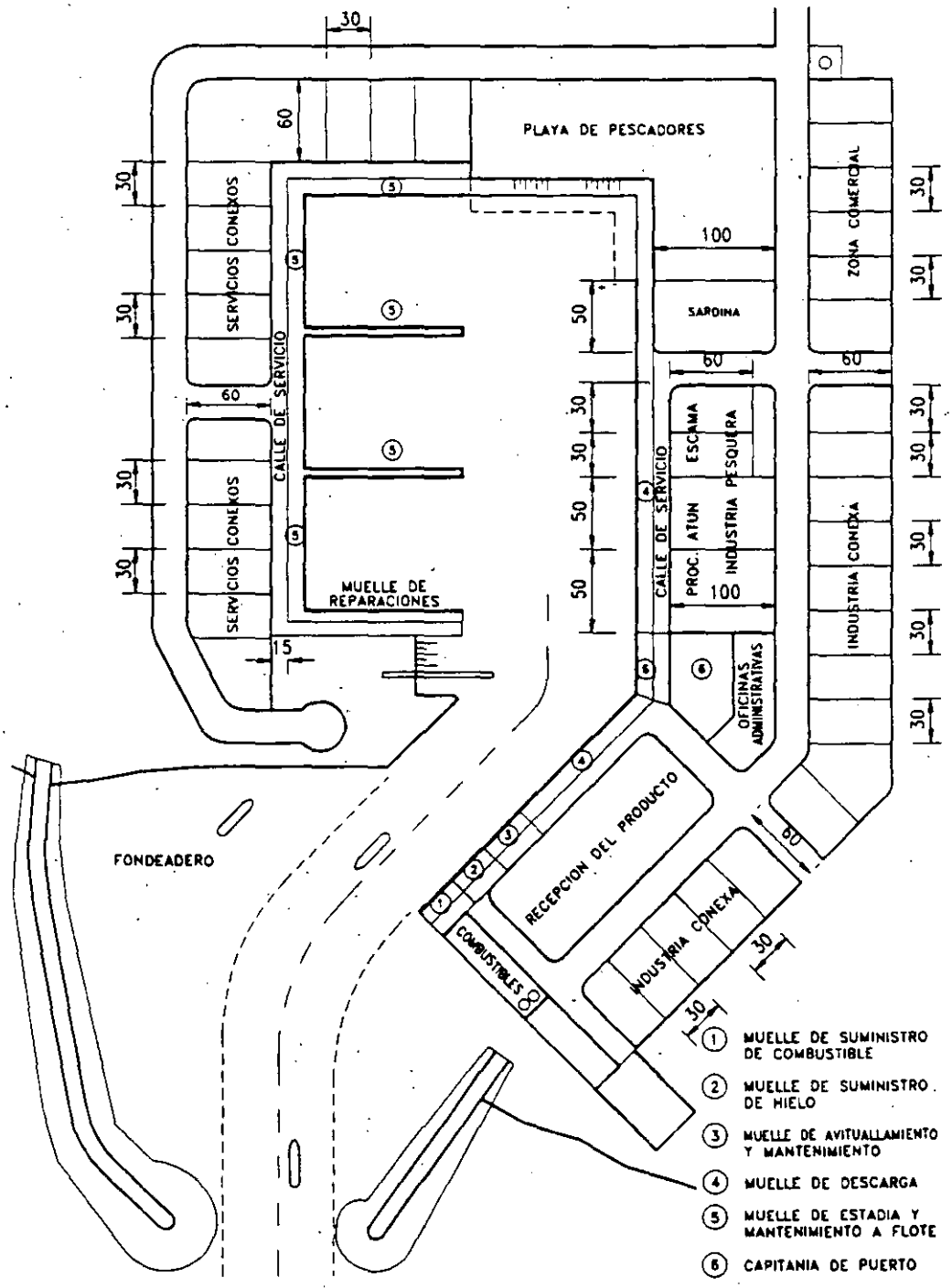
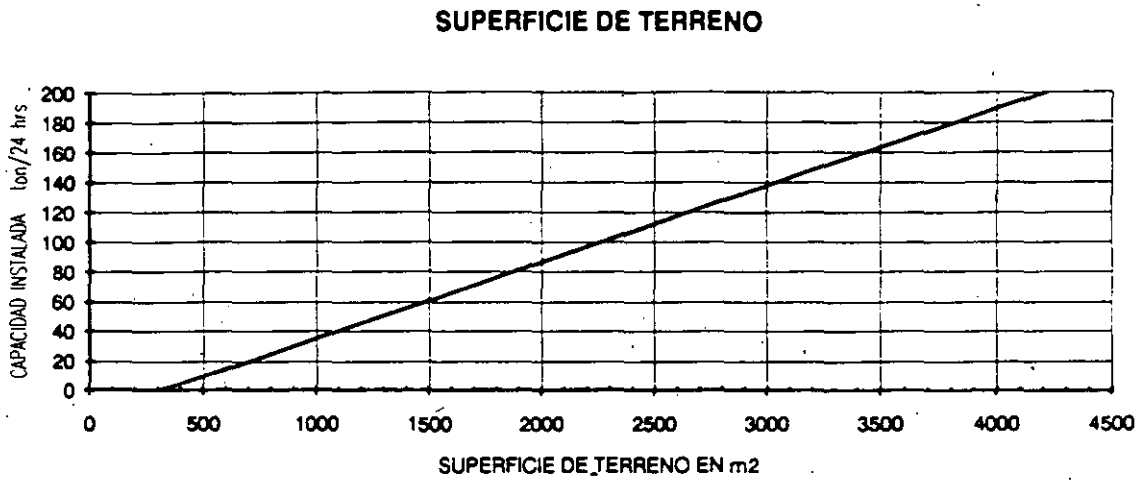
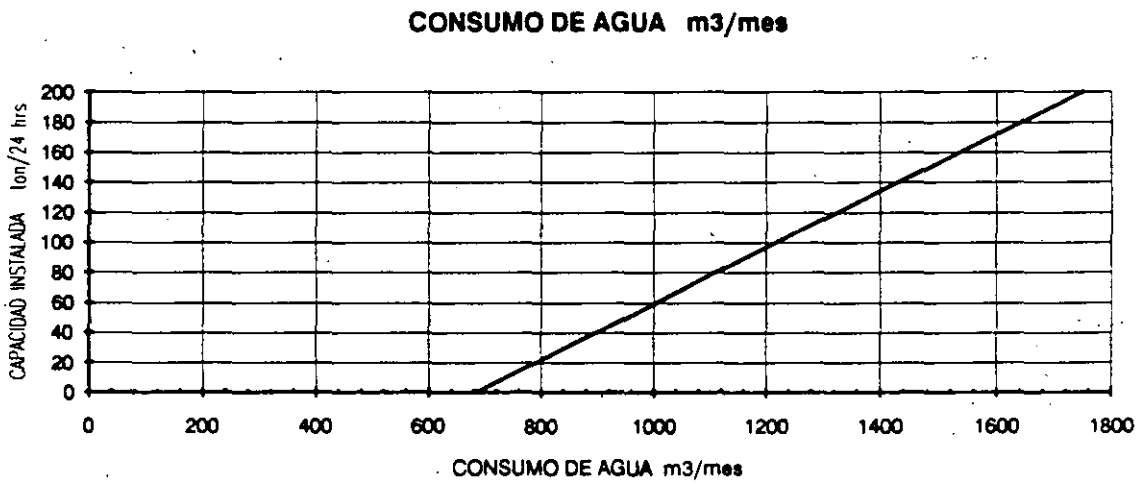


Figura 6.8 Lotificación de industrias





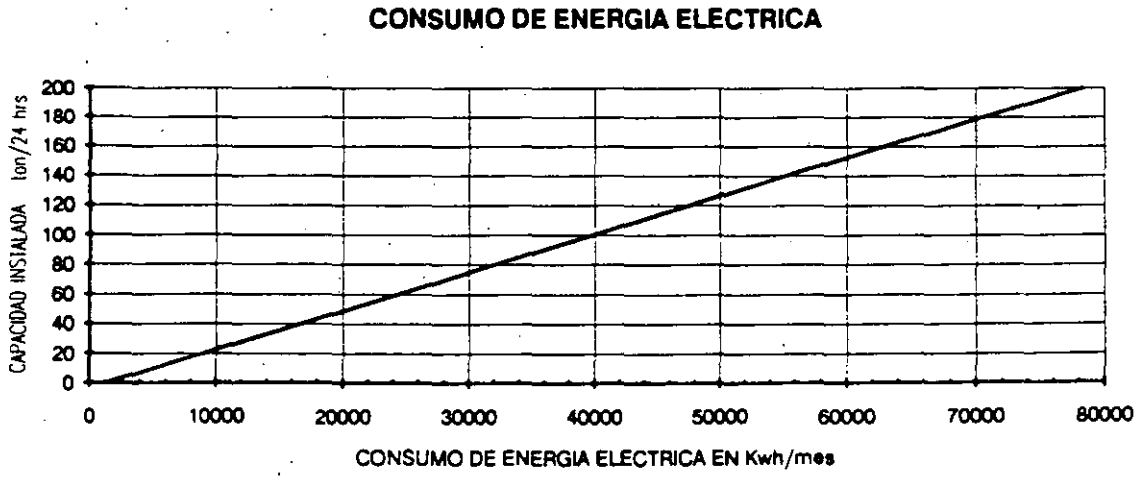
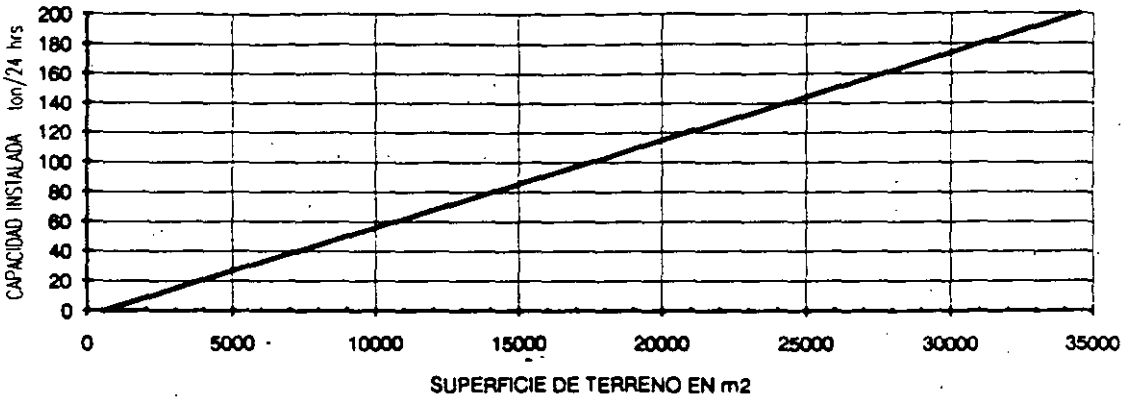


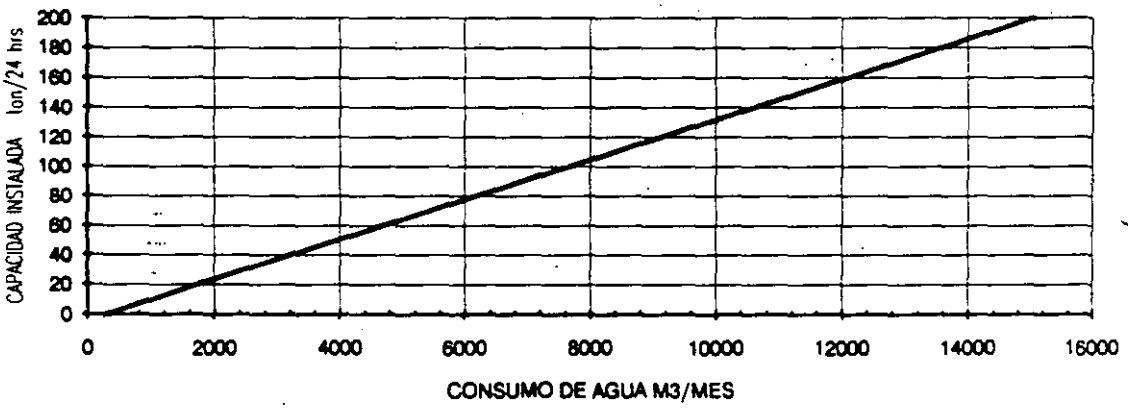
Figura 6.9 Indices de consumo en las enlatadoras

Fuente: Estadísticas de la SEPESCA

SUPERFICIE DE TERRENO



CONSUMO DE AGUA



CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

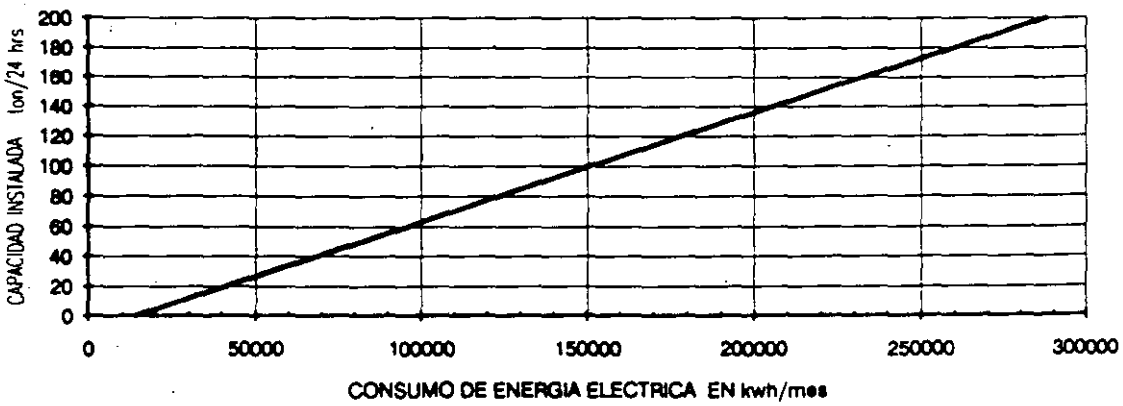
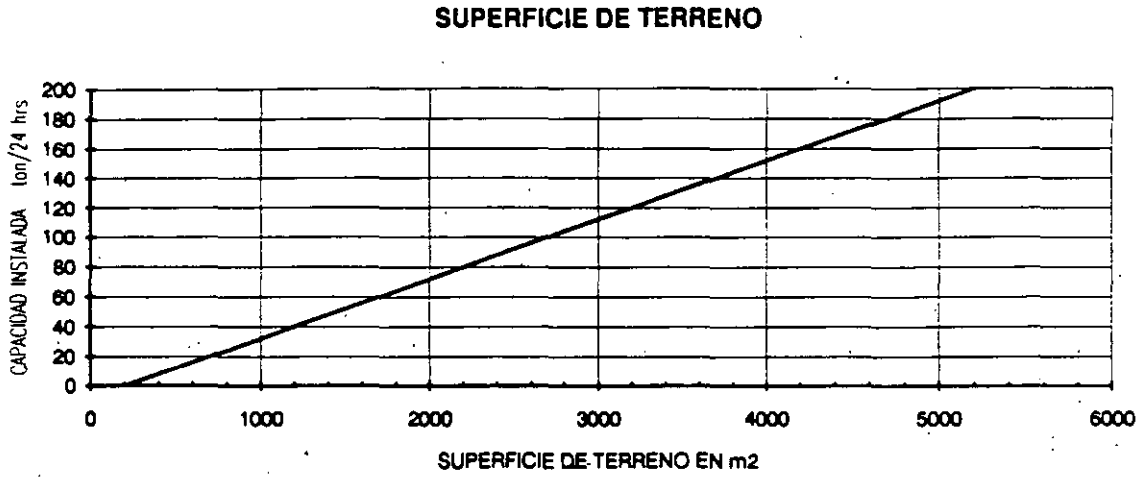
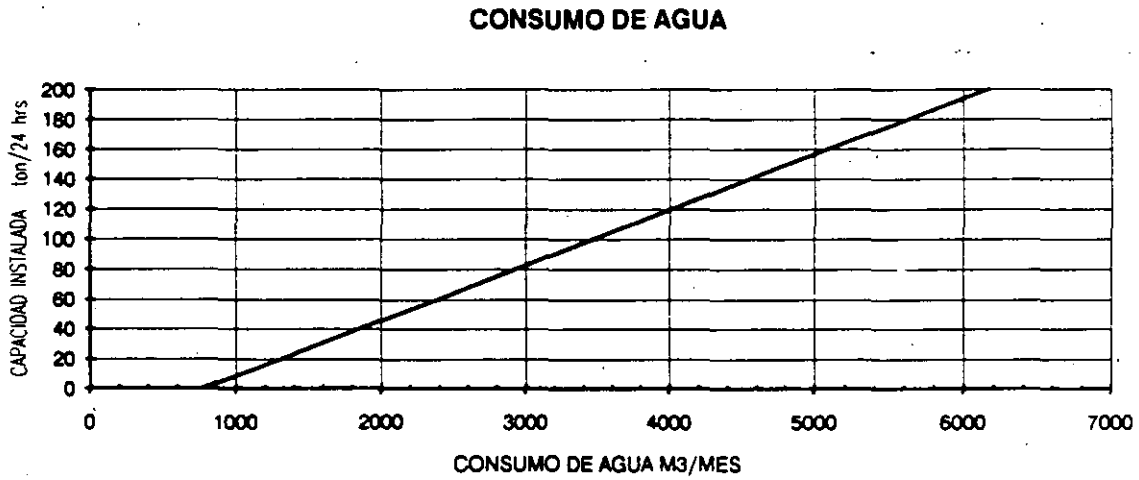


Figura 6.10 Indices de consumo en las congeladoras

Fuente: Estadísticas de la SEPESCA





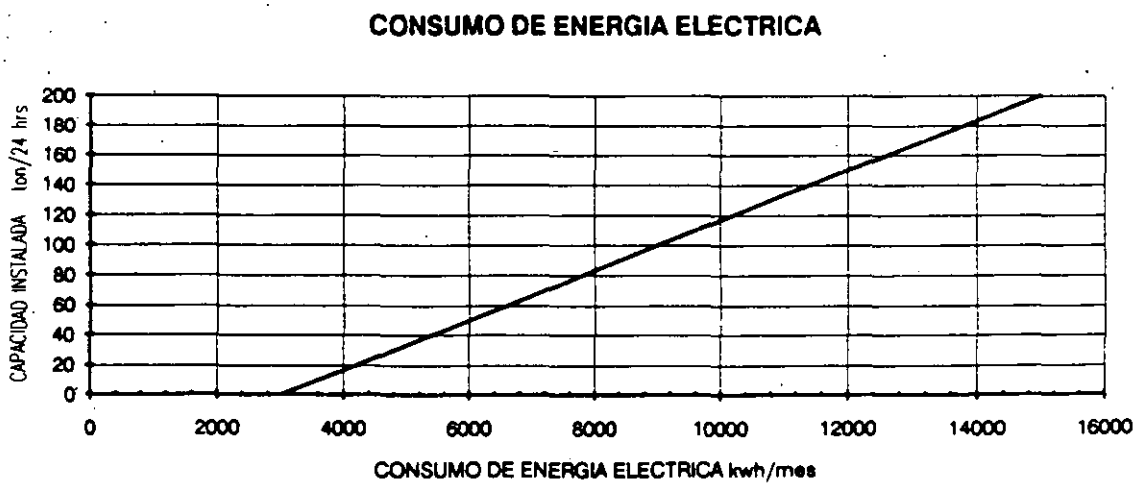
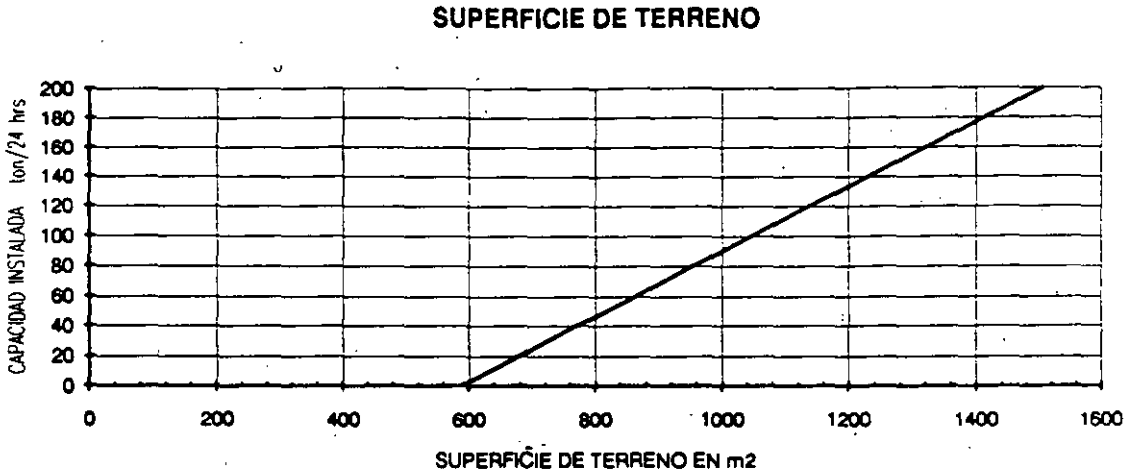
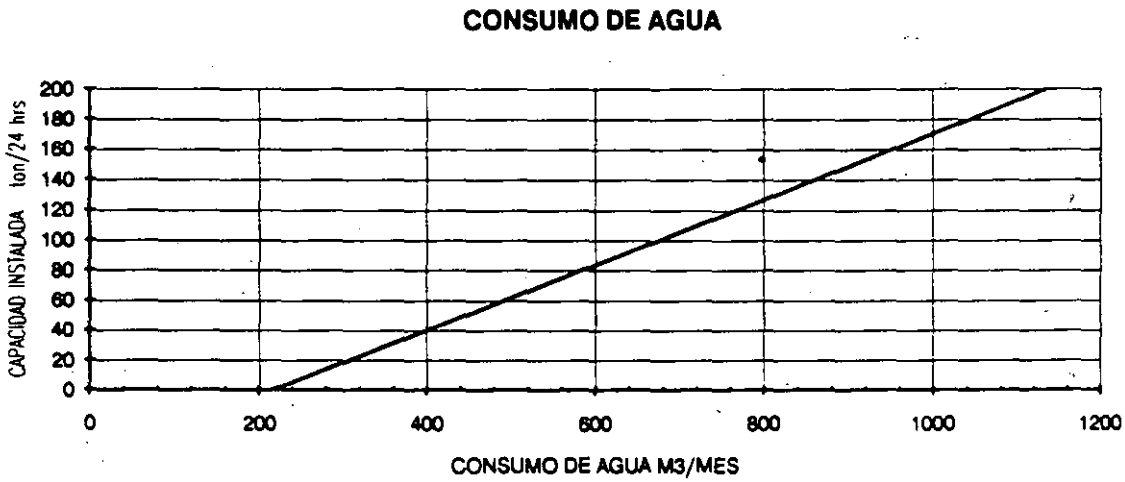


Figura 6.11 Indices de consumo en las fábricas de hielo

Fuente: Estadísticas de la SEPESCA





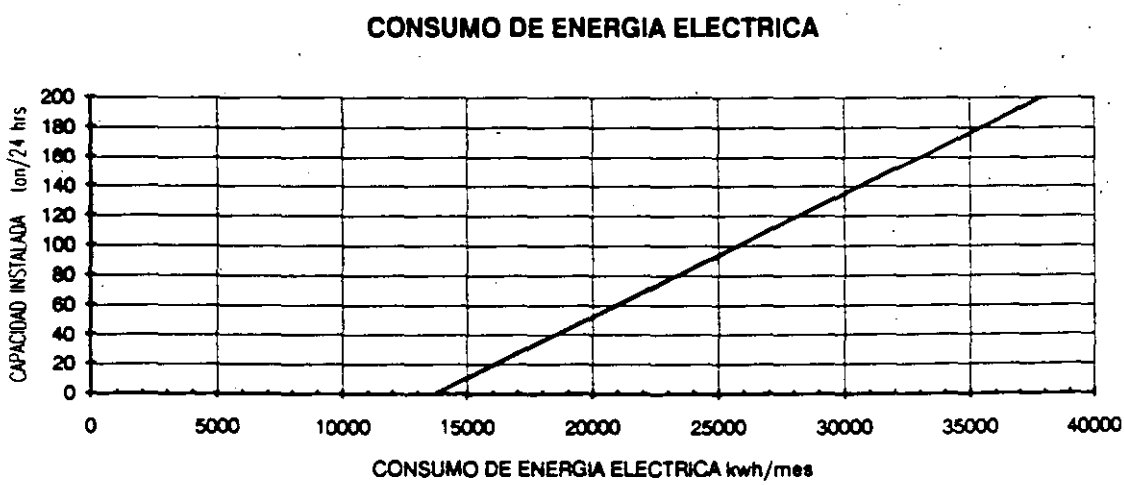


Figura 6.12 Indices de consumo en las fábricas de harina de pescado

Fuente: Estadísticas de la SEPESCA

6.1.5 Servicios generales

De acuerdo a las condiciones específicas de cada lugar, los servicios que se deben contemplar en la planeación de un Puerto Pesquero son los siguientes:

- Agua Potable

La demanda aproximada de agua potable para los puertos pesqueros se calcula asignando una dotación de 150 lts/hab/día, para el personal que labora dentro de ellos; para el caso de los centros de recepción y plantas industrializadoras se utilizan los índices de consumo que se indican en las figuras 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 en función de los volúmenes de productos por procesar. Asimismo, se considera el requerimiento de agua debido a la carga de las embarcaciones, tabla 6.4.

A partir del requerimiento total de agua se calculan los gastos máximo diario y máximo horario, utilizando los coeficientes que para este tipo de proyectos determina SEDUE y que son 1.2 y 1.5 respectivamente.

En la figura 6.13 se indica el diámetro aproximado recomendable para las tomas de agua en la zona de muelles, las cuales deberán estar colocadas de tal manera que al atracar la embarcación éstas queden al centro de la misma.

- Energía Eléctrica

Para el consumo de energía eléctrica la Secretaría de Pesca ha establecido los siguientes lineamientos para los Puertos Pesqueros, figura 6.13.

. La toma de energía eléctrica deberá tener un voltaje de 13,200 volts.

. En las plantas industriales la acometida será de 50 KVA y la línea trifásica de 200 volts

. La iluminación deberá ser a base de lámparas de vapor de sodio colocadas en postes de concreto a cada 20 m. aproximadamente.

. La iluminación de las calles deberá ser con luminarias de alta tensión de 250 watts (220 volts)

. En el puerto se tendrán líneas subterráneas de 110 y 220 volts.

En relación a los Servicios Médicos y Caseta de Vigilancia, el criterio para el dimensionamiento del área requerida será similar al indicado en el cap. 5.

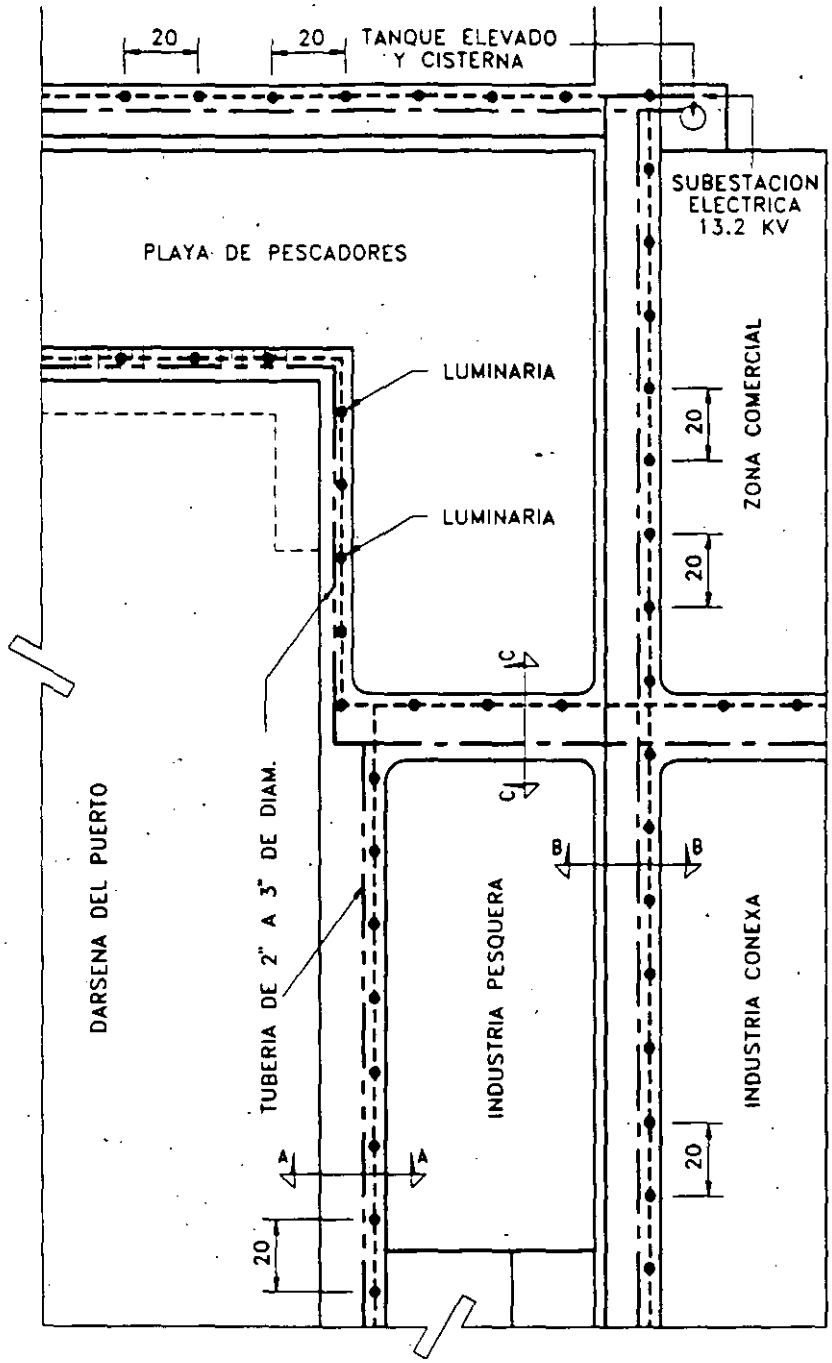


Figura 6.13 Servicios

TABLA 6.5 CONCEPTOS PARA EL CONSUMO DE AGUA POTABLE

CONCEPTO	LITROS/DIA
Consumo por Persona	
Administración Portuaria	150 x Np
Fábrica de Hielo	150 x Np
Servicio de Combustible	150 x Np
Administración de Cooperativas	150 x Np
Serv. de Mant. a Flote y Avit.	150 x Np
Industria Naval	150 x Np
Congeladora	150 x Np
Industria Conexa	150 x Np
Fondeaderos	150 x Np
Comercios 5% del total	
Subtotal	X
Consumo de Plantas	*
Subtotal	Y
Consumo de Barcos	Capacidad de Agua (m3)
Atunero Varero 80 T.C.	5
Atunero Cerquero 320 T.C	20
Atunero Cerquero 650 T.C	25
Atunero Cerquero 750 T.C.	30
Atunero Cerquero 1200 T.C.	45
Arrastrero Palangrero 270 T.M	40
Sardinero Anchovetero 280 T.M	20
Sardinero Anchovetero 120 T.M	5
Sardinero Anchovetero 65 T.M	3
Camaronero 53 T.M	8
Escamero Palangrero 26 T.M	1.6
Escamero Arrastrero 62 T.M	10
Subtotal	Z

El consumo total se obtendrá sumando el consumo por personas, el consumo por plantas y el consumo de barcos, para la obtención de este último se tomará en cuenta la frecuencia de avituallamiento y el tamaño de la flota.

- Vialidades

La vialidad en los puertos pesqueros deberán permitir el flujo de vehículos en ambos sentidos, así como disponer de banquetas en ambas aceras.

De acuerdo a los lineamientos de la SEPESCA las dimensiones aproximadas de la vialidad son las indicadas en la figura 6.14.

- Drenaje

Para cuantificar el gasto y diámetro de tubería se puede utilizar la fórmula de "Burkli-Ziegler".

$$Q = 27.78 * c * i * S^{1/4} * A^{3}/4$$

- Desechos Sólidos y Líquidos

Con la finalidad de evitar la contaminación de las aguas, es necesario que el puerto cuente con una planta de tratamiento de efluentes producto de la operación de la flota e industria pesquera; las principales impurezas que deben considerarse en la eliminación y tratamiento son las siguientes:

a) Aguas Negras.- Deyecciones humanas, sólidos, líquidos, residuos de comidas, grasas, aceites y papeles.

b) Aguas Procedentes de.- Enlatadoras, fábricas de hielo, congeladoras, fileteadoras, playa de pescadores.

Para éste tipo de aguas se requiere un análisis en el que se reflejen los siguientes parámetros DBO5 , DQO, SST, grasas, aceites y otros a fin de determinar las características que deberá poseer dicha planta para el tratamiento de los efluentes. Se recomienda que antes de ser vertidos a la red sanitaria los efluentes de las industrias deben tener un pre-tratamiento.

La planta de tratamiento debe contar en forma general con los siguientes procesos.

- Pretratamiento
- Celda de oxidación
- Clasificador
- Desinfección

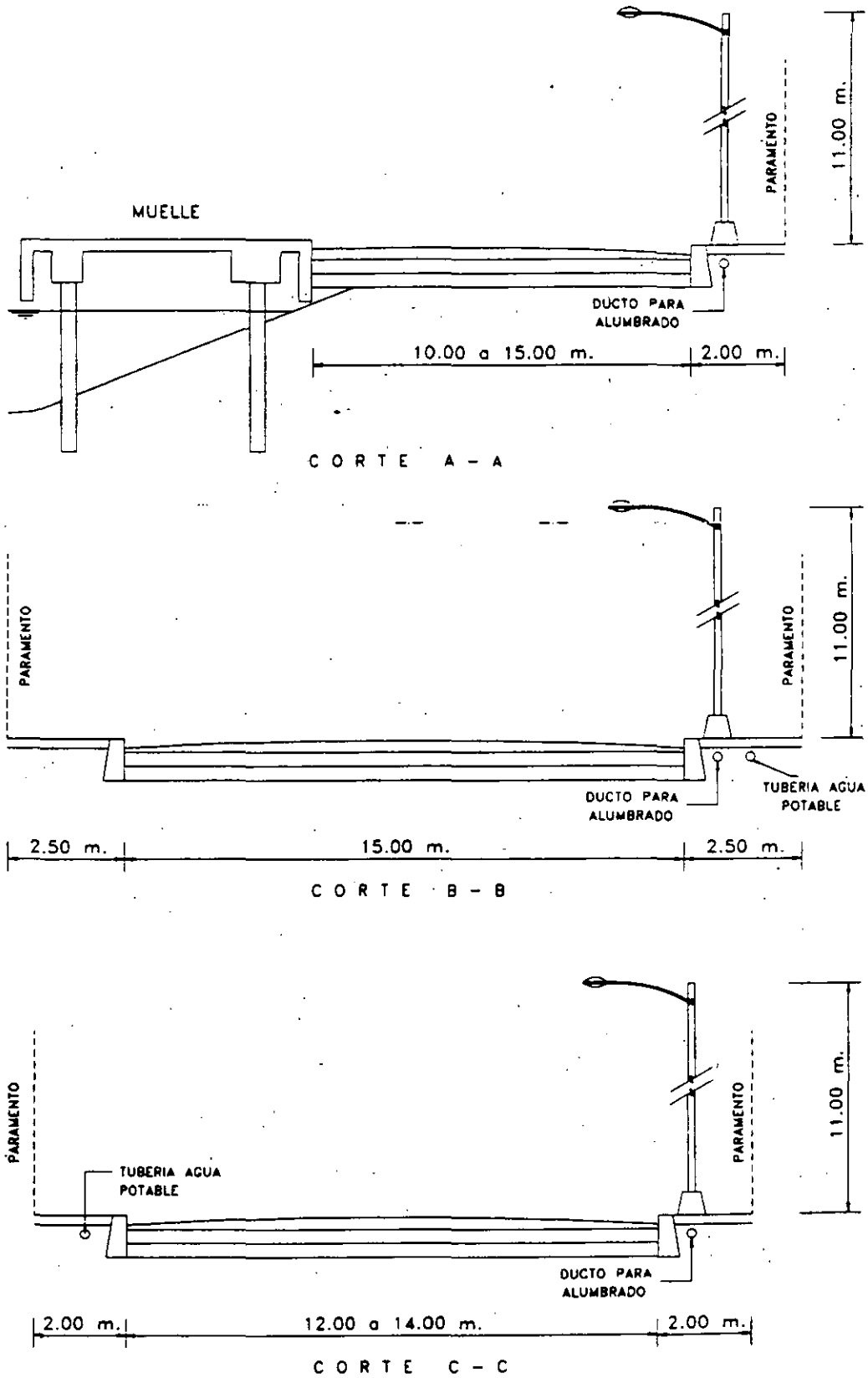


Figura 6.14 Vialidades

- Alcantarillado de Aguas Negras

El cálculo se basa en las normas de SEDUE, las que indican que la aportación unitaria se calcula en base al 75% de la dotación de agua potable.

- Combustible

Para dimensionar la zona de combustibles deberá de avocarse a las normas que establece PEMEX en cuanto a la construcción y/o instalación de los tanques de almacenamiento y demás elementos que constituyen un servicio de combustible. Para aplicar dichas normas es necesario contar con los datos concernientes a:

. Tipo de combustible que se utilizará en el puerto, sea éste diesel, gasolina o intermedio.

. Tipo y número de barcos que operarán con sus características respecto a capacidades de tanques de combustible y consumos.

. Destinarse una área específica con frente de agua para proporcionar el servicio considerando que es grande el riesgo de un accidente, pero lo más alejado posible de las instalaciones y de la población.

. La capacidad del tanque de almacenamiento se diseñará, haciendo un estudio de la flota, investigando tipo de motor y cantidad de consumo de combustible en cada abastecimiento, aceites y lubricantes en el mismo tiempo y consumo de diesel y aceites en las industrias pesqueras.

. Los tanques podrán ser subterráneos, superficiales o elevados, siempre que estos últimos tengan la capacidad para abastecer a la flota pesquera que opere en el puerto cuando éste alcance su máximo desarrollo.

. En base al consumo, se propone, la capacidad del tanque de almacenamiento y el área requerida; ver tabla 6.6.

TABLA 6.6 CAPACIDAD Y SUPERFICIE DE TANQUES DE COMBUSTIBLES.

CAPACIDAD DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO (m^3)	SUPERF. MINIMA REQUERIDA (m^2)	SUPERF. ADICIONAL REQUERIDA(m^2)
15	550	35
80	1200	120
100	1200	130
477	2050	150
500	2100	160
575	2100	170
600	2200	250
1590	2420	420

6.2 Puertos turísticos

6.2.1 Clasificación y esquema general.

En base a la infraestructura náutica, a los servicios, a las embarcaciones y a sus instalaciones en tierra, los puertos turísticos se clasifican en:

TIPO DE PUERTO	DARSENA DEPORTIVA	AMARRE Y ATRAQUE	SEÑALAMIENTO MARITIMO	AGUA Y ENERG. ELEC. EN MUELLE	ALUMBRADO GENERAL	RADIO COMUNICACION	ALMACENAMIENTO EN SECO	REPARACIONES MENORES	SERVICIO CONTRA INCENDIOS	SANITARIOS	RECOLECCION DE BASURA	RAMPA DE BOTADO	FONDEO DE EMBARCACIONES	COMBUSTIBLE	OFICINA ADMINISTRATIVA	DESARROLLO INMOBILIARIO
PUERTO DE ABRIGO		•	•			•		•				•	•	•		
MARINA	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	
COMP. NAUTICO RESIDENCIAL	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

En la figura 6.15 se presenta un esquema general de un puerto turístico tipo complejo náutico residencial.

La distancia máxima entre puertos de abrigo, esta definida en algunos países, como por ejemplo en España esta distancia es de 25 a 30 Km. Sin embargo en México no se tiene ese tipo de ordenamiento náutico turístico, y por lo tanto los puertos turísticos se situan a convenicencia del promotor o inversionista; si tomaramos como base una velocidad de navegación de 15 nudos y un tiempo de travesía de 10 hrs. (navegación con luz), la distancia entre puertos de abrigo sería 170 M.N.

Las distancias entre puertos de abrigo podrían establecerse tomando encuenta la flota náutico-turística de país, agrupándola conforme a la clasificación francesa que acontinuación se describe:

- 1ª Categoría: Para navegación sin límites de distancia.
- 2ª Categoría: Para navegación de no más de 200 millas, entre su origen y un abrigo.
- 3ª Categoría: Para navegación de no más de 100 millas, entre su origen y un abrigo.
- 4ª Categoría: 50 millas
- 5ª Categoría: 5 millas

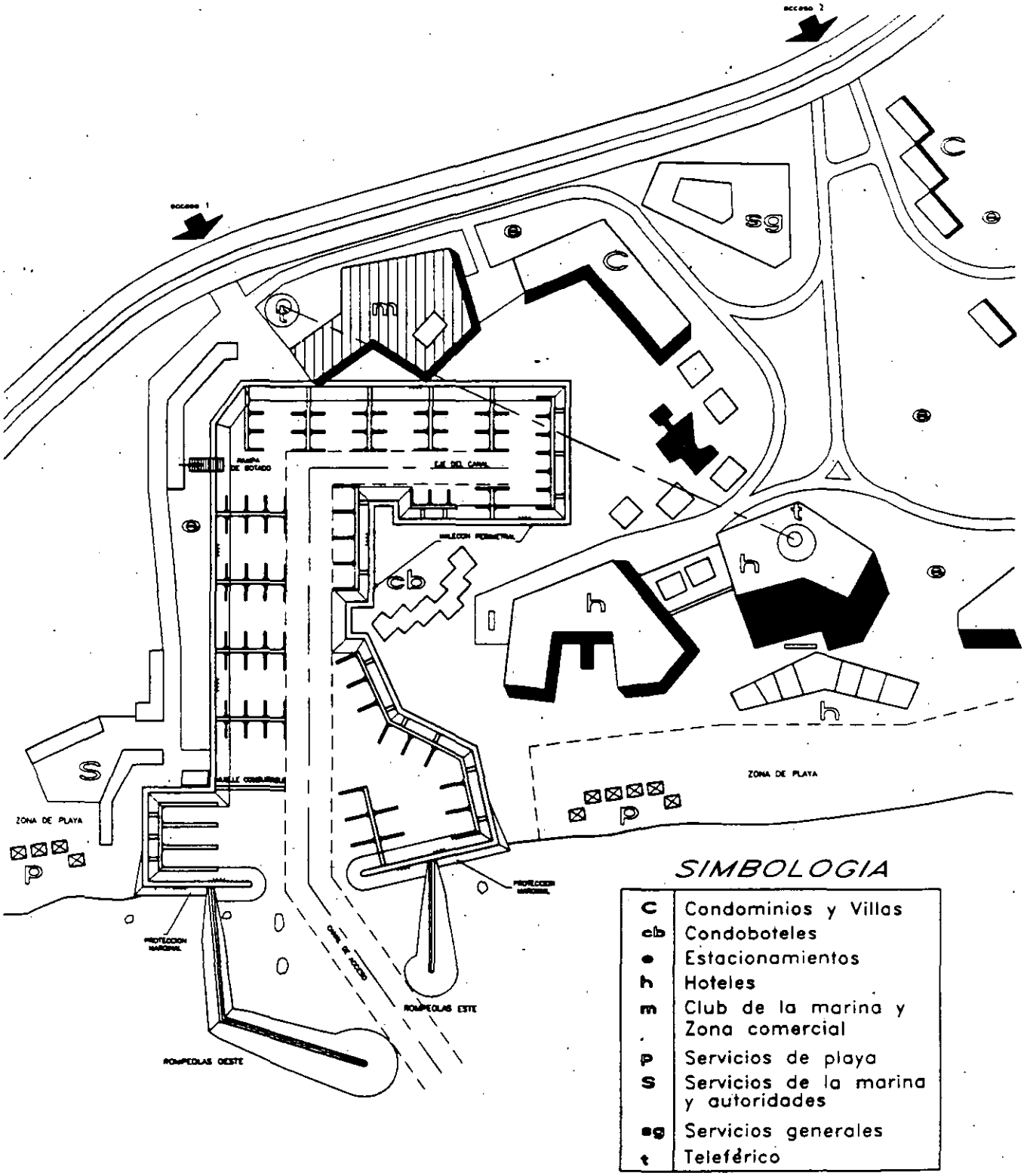


Figura 6.15 Esquema general de un puerto turístico

6.2.2 Areas de agua.

Están conformadas por: Accesos al puerto
Dársena
Fondeadero

6.2.2.1 Accesos al puerto.

Bocana

La bocana está interrelacionada con el canal de acceso, y para la definición de la orientación de dicha se tomarán en cuenta los criterios del inciso 5.2.4.1, además de que en este caso se debe de tener cuidado de que ésta se situe fuera de la línea de rompiente de cualquier ola significante con período de retorno de cinco años.

Canal de Acceso.

Para la definición del canal de acceso se deberá de considerar.

a) Alineamiento en Planta.

Para el trazo en planta se deberán de seguir las recomendaciones dadas en el inciso 5.4.2.2. del capítulo 5.

b) Ancho del Canal. (B)

$B = 6\,M + 12$ m. $\quad B_{min} = 75$ pies (23 m)

c) Profundidad. (d)

d = Calado + 0.6 a 0.9 m.

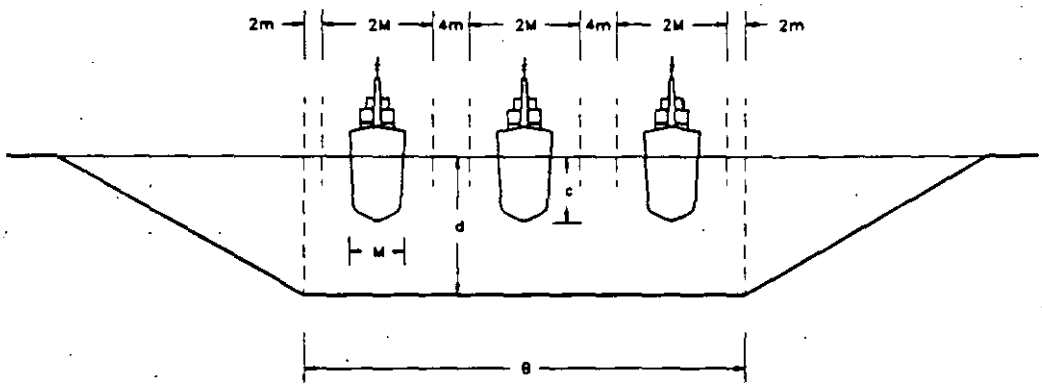


Figura 6.16 Canal de acceso

6.2.2.2 Dársena

La dársena de un puerto turístico comprende las áreas de agua para el atraque, maniobras y canales de distribución necesarios para una correcta operación.

El "Departament of Navigation and Ocean Development" del estado de California, USA recomienda lo siguiente:

Para efecto de diseño deberá considerarse que la capacidad mínima de una dársena sea de 150 a 200 embarcacione se recomienda:

Superficie de agua (Ha)	Capacidad No. embarc.	Eslora
1	75 a 85	35' < E < 40'
1	100	E < 30'

Sin embargo, debemos aclarar que estas cifras dependen de la disposición de los muelles y la comodidad que se quiera dar al movimiento de las embarcaciones.

El criterio español da las siguientes recomendaciones:

Embarcación Eslora	Manga	m² de dársena Necesaria (E²)	No.embarcaciones Por Ha.
8	3.0	64	156
10	3.5	100	100
12	4.0	144	69
15	4.5	255	44
18	5.0	324	31
25	6.0	625	16

6.2.2.3 Fondeadero.

En caso que exista una zona de abrigo natural se puede establecer un área de fondeo a base de boyarines para amarre de la embarcación en un punto, en cuyo caso necesita de un área de:

$$Af = 3(E + 15)\ m^2 \text{ por embarcación}$$

Cabe señalar que dentro de la dársena de la marina no se debe de considerar área de fondeo, ya que no es factible económicamente.

6.2.2.4 Condiciones de operatividad.

Agitación en la Dársena

El Reglamento Español indica que la agitación producida por las olas en cualquier dársena no puede ser superior a 0.60 m, reduciendose a 0.25 m. cuando se permite la pernocta en las embarcaciones.

La PIANC recomienda que no debe pasar de 0.30 m de altura de ola dentro de la dársena, bajando a 0.20 m si se va a pernoctar en embarcaciones pequeñas.

Respecto a la seguridad se estima:

TIPO DE AMARRE	ALTURA DE OLA MAX.
FLEXIBLE	0.60 m.
RIGIDO	0.40 m.

6.2.3 Areas terrestres

6.2.3.1 Obras de atraque y amarre.

Generalmente los muelles son de tipo peine con las siguientes características:

ELEMENTO	ANCHO MINIMO (m)	LONGITUD MAXIMA (m)
PASARELA PRINCIPAL	1.80	150
PASARELA MARGINAL Sirviendo a pasarelas princ. con una rampa de acceso- por cada dos peines	2.40	---
Sirviendo a pasarelas princ. con una rampa de acceso- por cada peine.	1.80	---
RAMPA DE ACCESO	1.20 (pendiente max. 33%)	

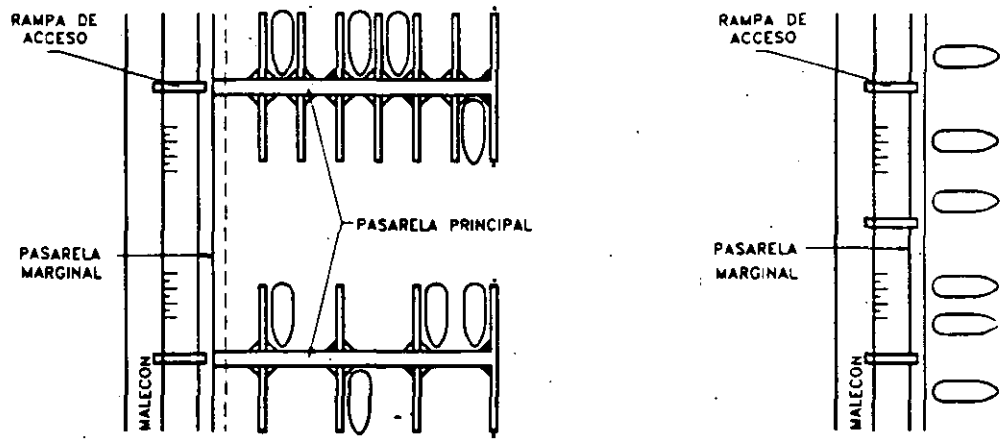


Figura 6.17 Elementos constitutivos de los muelles en peine

Muelle Para el Atraque (Dientes de Peine)

Estos muelles son llamados también fingers y es precisamente donde atraca la embarcación, se recomiendan las siguientes dimensiones:

a) Longitud del Muelle en Función de la Eslora

MINIMA	0.75 E
RECOMENDABLE	1.00 E
IDEAL	1.00 E +0.6 m

b) Ancho del Muelle

Longitud del Muelle (L) (m)	Ancho (a) (m)
L < 6.0	0.75
6.0 < L >10.5	0.90
L > 10.5	1.20

c) Claro entre Muelles

Longitud del Muelle (L) (m)	Claro (Cl) (m)
6.00	3.65
7.60	4.00
9.10	4.50
10.70	4.90
12.20	5.25
13.70	5.65
15.20	6.00
16.80	6.40
18.30	6.75
19.80	7.15

O bien se puede determinar aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Claro} = 0.35\ E + 1.4$$

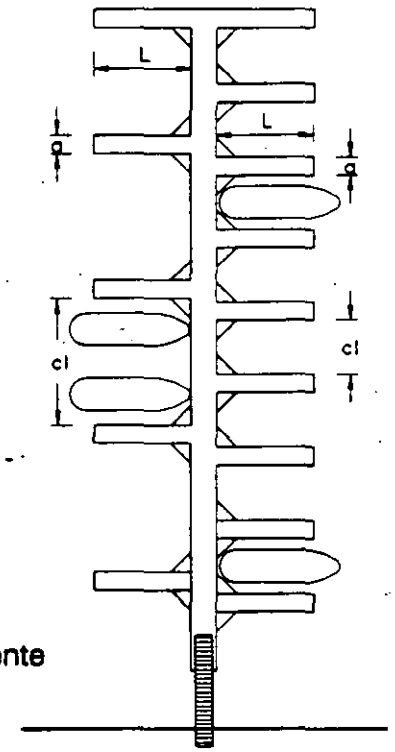


Figura 6.18 Dimensionamiento del peine

En el caso de los muelles que presten servicio a dos embarcaciones a la vez la longitud y ancho será la misma que para los individuales y para el claro libre entre muelles se recomiendan los valores de la tabla siguiente:

Longitud del Muelle (L) (m)	Claro Entre Muelles (Cl) (m)
6.00	7.60
7.60	9.10
9.10	9.75
10.70	12.20
12.20	13.70

Para una longitud de muelle mayor a 40 pies se recomienda utilizar un muelle por cada embarcación de acuerdo a las dimensiones de la tabla correspondiente.

Distancia Entre Peines Paralelos

Esta distancia esta en función de la eslora de los barcos que atraquen en ellos. Existen varias recomendaciones para su dimensionamiento, partiendo de que las embarcaciones atracadas en dos peines paralelos sean de la misma eslora.

DISTANCIA	CONDICION	CRITERIO
2.5 E	Mayor número de embarca - ciones de una hélice	Marinas Chamey, España.
2.0 E	Mayor número de embarca - ciones de dos hélices	Marinas Chamey, España.
1.75 E a 2.0 E	Mayor número de embarca - ciones de motor	US Army Corps of Engineers
2.0 E a 2.5 E	Mayor número de embarca - ciones de vela	US Army Corps of Engineers
2.0 E - 2 m	Atraque sin finger	PIANC
1.5 E - 1 m	Atraque con finger y dos embarcaciones por finger	PIANC

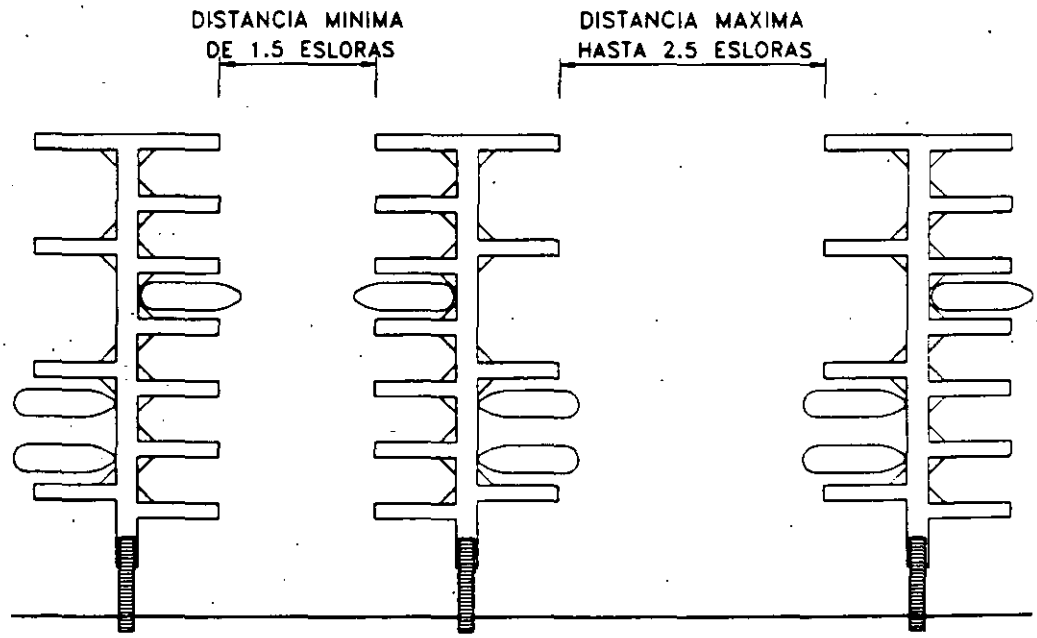


Figura 6.19 Distancia entre peines paralelos

Sistema de Anclaje de los Muelles Flotantes

- Pilotes Guías

a) Siempre se dispondrá de un pilote guía en las cabeceras de los muelles adyacentes al canal.

b) La separación máxima entre pilotes será 16 m.

c) En los muelles de atraque mayores de 9.0 m. llevará siempre un pilote guía en el extremo.

d) El pilote guía deberá sobresalir un mínimo de 2.4 m arriba de la plataforma.

- Cadenas Ancladas a Bloques de Concreto

a) Se utilizan cadenas de acero aleado y eslabón de unión con bloques de concreto, que restrinjan el movimiento lateral del peine, unidos a elementos estructurales del muelle capaces de resistir esta fuerza.

b) El largo de la cadena estará determinado por el rango de marea del sitio y las condiciones batimétricas.

c) Profundidad máxima para este tipo de anclaje será de 6.10 m. (20 pies).

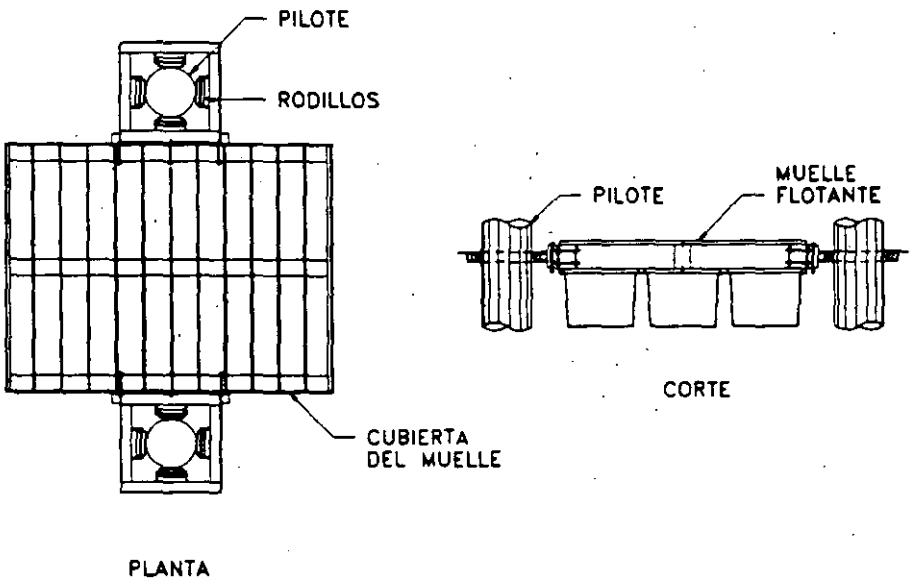


Figura 6.20 Sistema de anclaje de muelles flotantes

6.2.3.2 Servicios a embarcaciones y usuarios.

a) Servicio a Embarcaciones

Rampa de Botado

Clave	Descripción	Dimensión
a1	Ancho mínimo	3.50 m
	Ancho doble	5.25 m
L1	Longitud de arranque	15.00 m
L2	Longitud de deslizamiento	35.00 m
LT	Longitud total	50.00 m
p	Pendiente mínima	12.50 %
	Pendiente máxima	15.00 %
e	Espesor	0.30 m
t	Trabe de anclaje	1.00 m

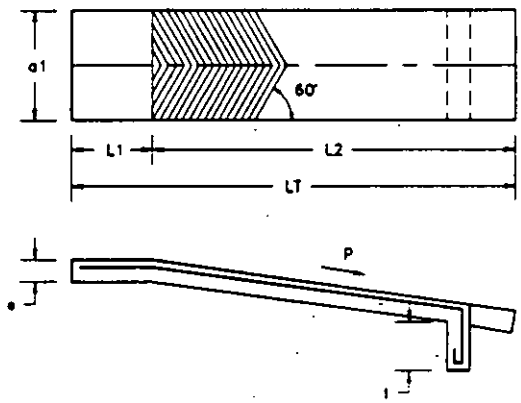


Figura 6.21 Rampa de botado

b) Servicios a Usuarios

1. Estacionamiento para vehículos y remolques

El Departament of Navigation and Ocean Development del estado de California, USA, da las siguientes normas mínimas:

- 0.75 cajón de estacionamiento por cada espacio de atraque de embarcación recreativa o bote fuera de agua.

- 2 cajones por cada espacio de atraque para embarcación recreativa comercial (pesca deportiva, paseos, etc.).

- 35 cajones para vehículo y remolque por cada rampa de botado.

- 3 o 4 cajones por cada 100 m2 de área construída en zona comercial, excepto para restaurantes y cafeterías o cualquier expendio de alimentos.

- 1.75 cajones por recamara para motel u hotel.

- 1 a 1.5 cajones por recamara de condominio o departamento.

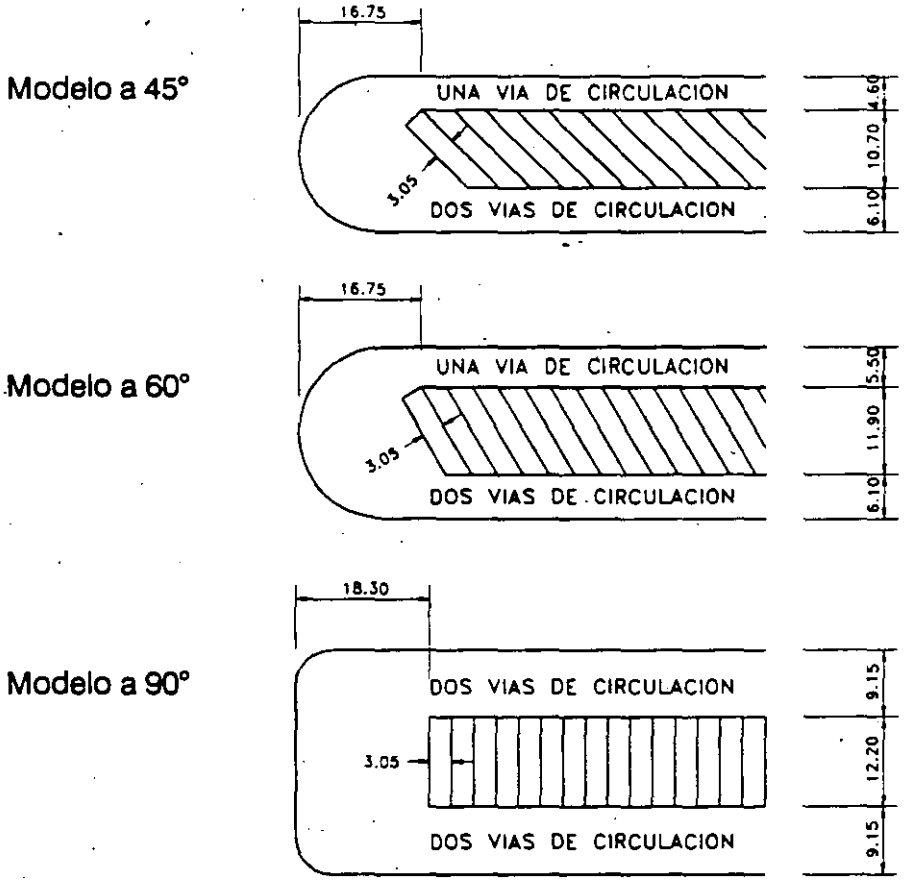


Figura 6.22 Arreglo de cajones para estacionamiento

Las dimensiones mínimas de cajón son:

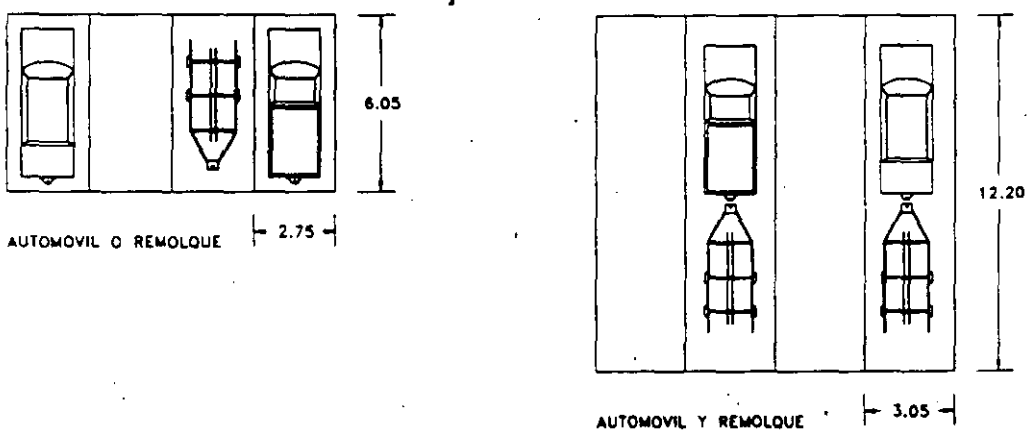


Figura 6.23 Dimensiones mínimas de cajones de estacionamiento

2. Sanitarios.

Los sanitarios se deben de ubicar de tal manera que el muelle de atraque más alejado se encuentre a una distancia máxima de 50 m.

Muebles mínimos (Dep. Nav. Oce. Dev. de Cal. USA)

Mueble	Sexo Masculino	Sexo Femenino
WC	2 pzas	3 pzas
Migitorios	2 pzas	
Lavabos	3 pzas	3 pzas
Regaderas	2 pzas	2 pzas

Muebles mínimos en función del número de atraques (PIANC).

Mueble	Sexo Masculino	Sexo Femenino
WC	1/50 atraques	1/75 atraques
Migitorios	1/50 atraques	
Lavabos	1/50 atraques	1/75 atraques
Regaderas	1/100 atraques	1/100 atraques

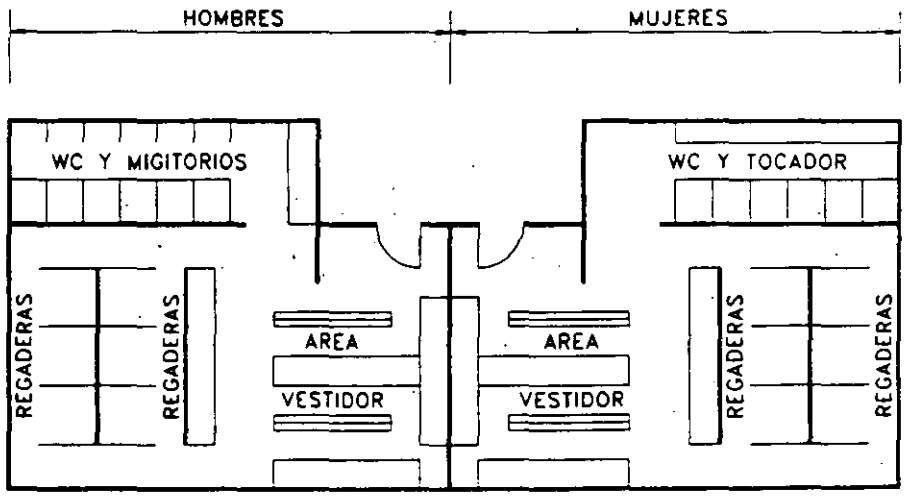


Figura 6.24 Planta tipo - sanitarios

3. Edificio Administrativo.

Se localizará en un lugar estratégico cerca del acceso al área de agua, el edificio además de disponer de oficinas administrativas de la marina deberá contar

de ser posible con: servicio médico, tienda de avituallamiento de comestibles y accesorios, restaurante, servicio de orientación legal y turística, estacionamiento propio, etc.

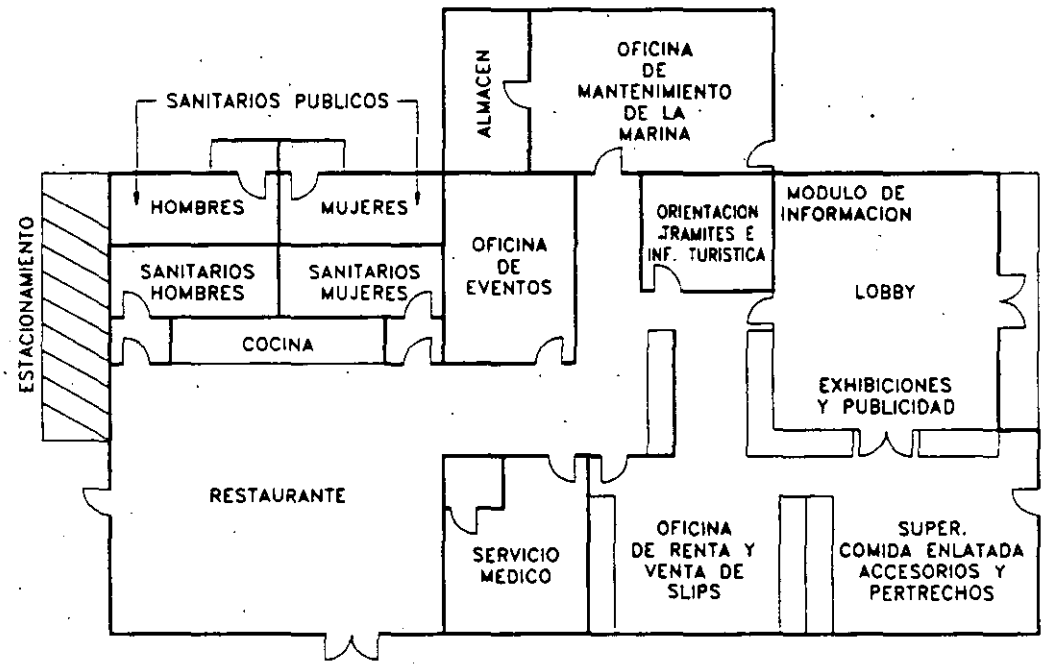


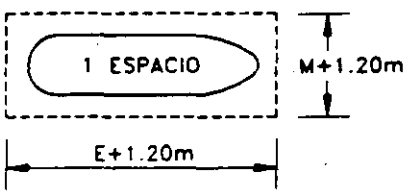
Figura 6.25 Planta tipo - edificio administrativo

6.2.3.3 Almacenamiento en seco.

El área de almacenamiento se situará cerca de la rampa de botado.

En las marinas norteamericanas se considera el 2.5 % del área de agua, para área de almacenamiento en seco.

La superficie necesaria se puede calcular en base a la flota esperada y al sistema de guardado (en una planta o en estanterías), el espacio requerido para una embarcación será:



O bien se puede considerar el cajón para remolque agregando en cualquiera de las dos opciones una superficie para circulación y maniobras.

En regiones donde el porcentaje de embarcaciones remolcadas sea significante se podrá considerar la posibilidad de establecer marinas secas independientes en zonas aledañas, disponiendo de sus propios medios de varada.

El almacenamiento puede ser en estanterías, en cuyo caso se debe disponer del equipo necesario para acomodo de las embarcaciones.

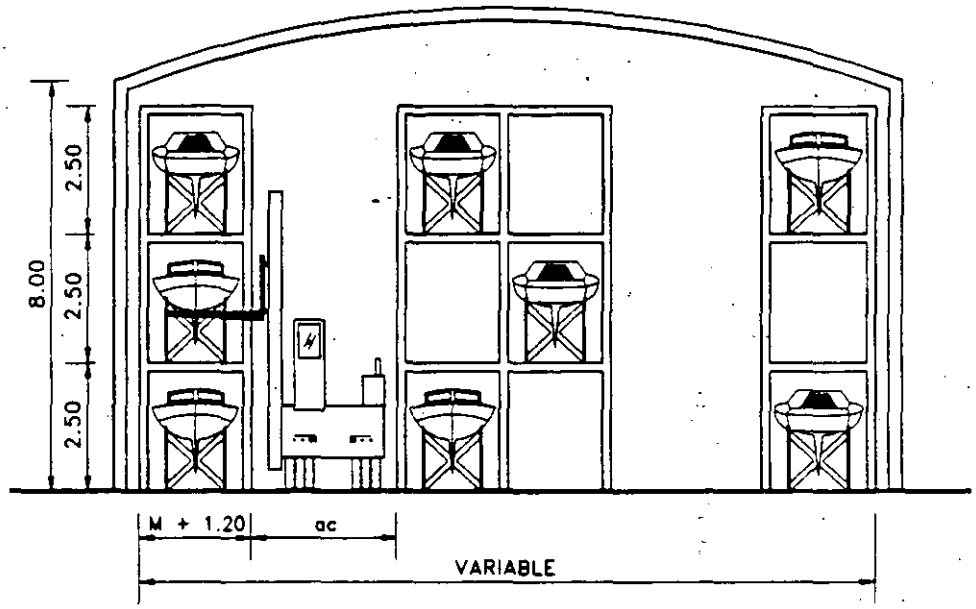


Figura 6.26 Almacenamiento de embarcaciones en estanterías

6.2.3.4 Talleres de reparación y mantenimiento.

Es deseable que la zona de reparación quede alejada del área social y turística de la marina

En el área deben situarse talleres de diversas especialidades a la intemperie y bajo cubierta.

El pavimento debe ser resistente a la rodadura del pórtico automotor.

El reglamento español establece las siguientes normas:

a) Los medios de varada serán como mínimo, una grúa de 6 ton. y además se dispondrá de un pórtico automotor por cada 300 atraques.
b) Se dispondrá de una superficie no menor de 2 m²/atraque para explanada de reparación.

Una variante a considerar es el establecimiento de una instalación independiente especializada en reparaciones, la cual daría servicio a una zona el la que se pueden encontrar varias marinas.

En la figura 6.27 se muestra la planta general de una marina seca e instalación especializada en reparaciones, en la que se puede observar:

- Zona de almacenamiento de embarcaciones; esta puede albergar embarcaciones sobre remolque o bien estanterías para embarcaciones unicamente.

- Estacionamientos, para vehículos y remolques.

- Rampa de botado; para servicio de la marina seca.

- Muelles para reparación a flote ; especiales para embarcaciones mayores o especiales como catamaranes y trimaranes.

- Travel-lift; para servicio del área de reparación.

- Area de reparación; puede ser a la intemperie o bajo cubierta, para la realizacion de reparaciones de casco, de motores, pintura, etc.

- Talleres de reparación ; de diferente especialidad tales como eléctricos, mecánicos, electrónicos, carpintería, etc.

- Como servicios adicionales se tiene el lavado de embarcaciones. caseta de control y restaurante.

Como ya se mencionó este tipo de instalaciones puede ser independientes de cualquier desarrollo náutico o como complemento del mismo, ya que se puede diversificar.

6.2.3.5 Servicios generales

Agua Potable

a) Servicio a las Embarcaciones.

Se recomienda que exista una toma por cada slip, con llave de manguera de 3/4" con rosca estándar.

La instalación de agua potable irá sobre la pasarela principal.

b) Servicio a Areas Terrestres.

Para el diseño de la red de agua potable se tomará en cuenta una dotación del orden de 600 lts/hab/día por ser zona turística.

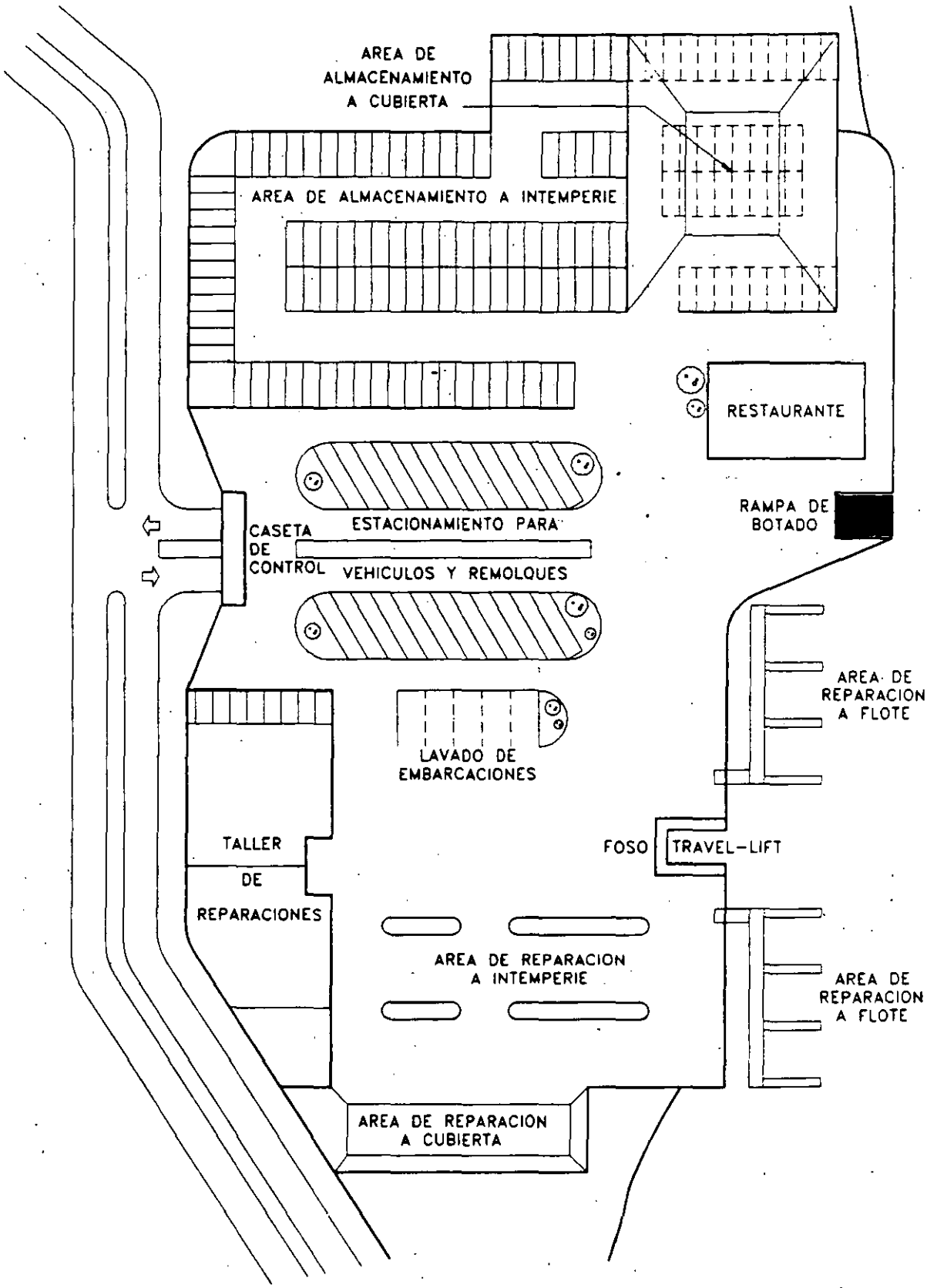


Figura 6.27 Esquema general de una marina seca con instalaciones para reparación de embarcaciones

Se cuidará la calidad del agua por medio de plantas potabilizadoras.

Las secciones de la tubería oscilan entre 3/4" a 1 1/4" dependiendo de la presión de la red.

Energía Eléctrica

a) Servicio a las Embarcaciones.

Se recomienda que exista una salida de 25 amp - 120/240 Volts por cada slip. (Las embarcaciones requieren de 3 a 25 amp. dependiendo de su tamaño).

La iluminación en muelles y malecón puede ser mediante:

- Luces que iluminen el contorno de muelles y pasarelas, de tal modo que se distinga la superficie ocupada por los mismos; este sistema tiene el incoveniente de ser poco seguro ya que la iluminación de la zona es escasa.

- A base de luminarias sobre los muelles, calculando la altura y separación de las mismas en función del tipo y características del reflector, de tal manera que la superficie tenga una iluminación de cuando menos 1/4 de ft-candela.(ver figura 6.28).

- A base de luminarias colocadas desde tierra, en edificios adyacentes y malecón, cuidando siempre de matener el nivel de iluminación señalado en el párrafo anterior.

b) Servicio a Areas Terrestres

Se debe de tomar en cuenta las necesidades de sumistro como por ejemplo: iluminación general, suministro de energía eléctrica a talleres, equipo de varada, equipo de suministro de combustible, etc.

La red general puede tener un voltaje de 120 volts, existiendo transformadores en donde se requiera mayor voltaje.

Se recomienda que existan circuitos separados para iluminación y suministro de energía

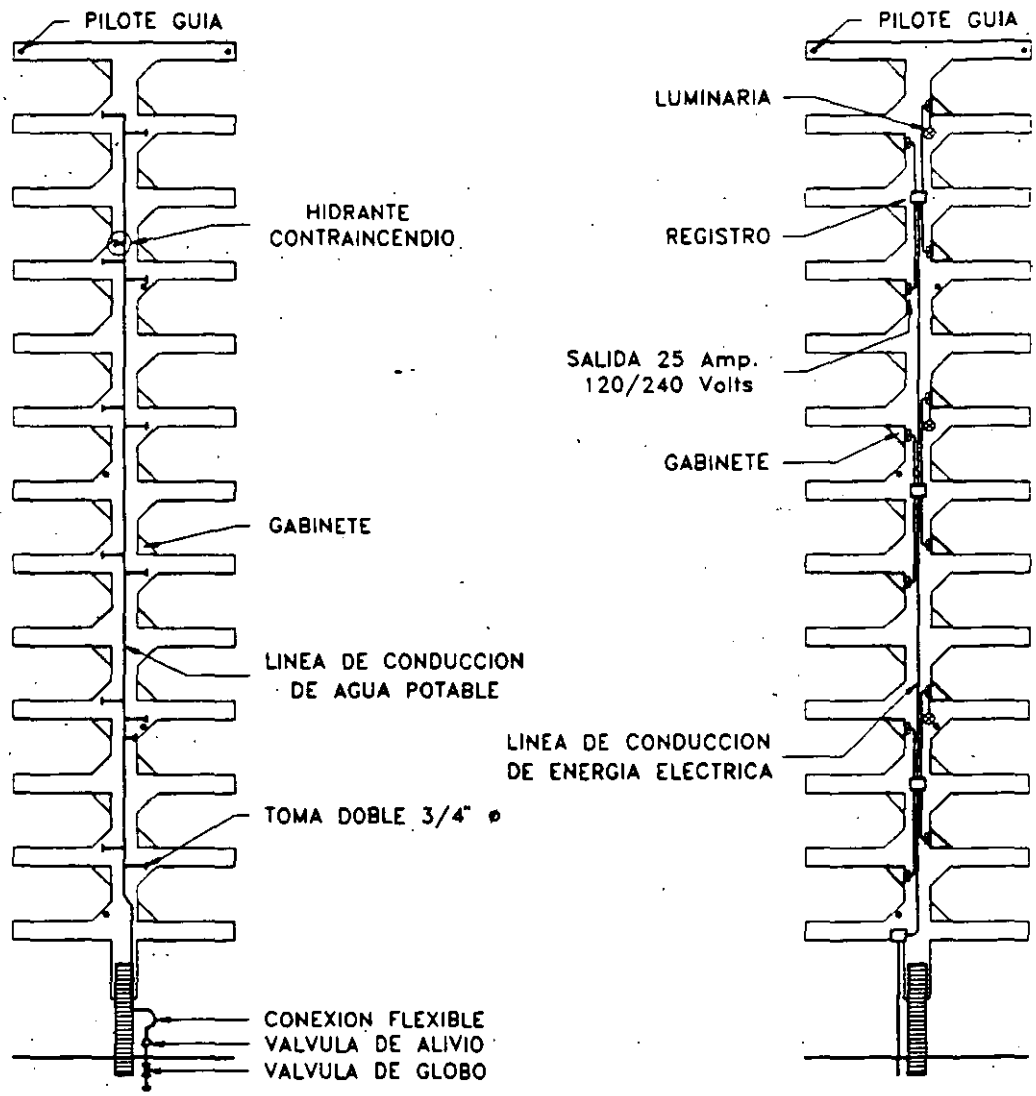


Figura 6.28 Instalaciones de servicio en los muelles

Desechos sólidos y líquidos

a) Servicio a Embarcaciones.

Se debe preveer la colocación de recipientes sobre los muelles para desecho de aceite quemado y grasa. A demás de depósitos de basura. (al menos uno de cada uno por muelle).

Se debe proporcionar un servicio de extracción de aguas negras a las embarcaciones, utilizando para ello equipos de bombeo. La descarga se puede acondicionar en el muelle de combustible o bien disponer de un muelle especial para dicho fin.

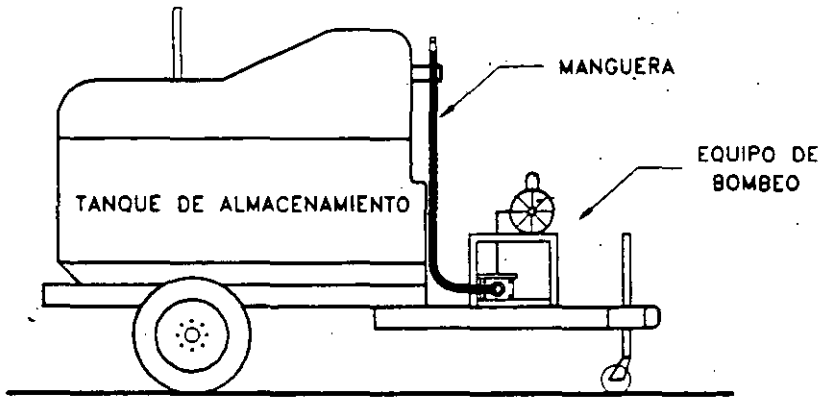


Figura 6.29 Recolector de desechos sanitarios (unidad móvil)

b) Servicio a Areas Terrestres.

Se debe de prever un sistema de alcantarillado tanto sanitario como pluvial. Además de disponer de receptáculos para aceite quemado y grasas en los talleres de reparación.

1. Alcantarillado Sanitario.- Para la obtención del gasto de diseño se puede tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Sanitarios:

Mueble (mb)	Gasto lts/hr/mb
Retrete	136.3
Migitorio	37.9
Regaderas	567.8
Lavabo	56.8

O bien si se puede estimar el número de personas que harán uso de la instalación, se tomarán los siguientes gastos:

TIPO	GASTO (lts/persona)
Sanitarios y Regaderas	1,514.00
Hotel c/baño privado	189 a 568
Clubs	95
Restaurantes	26 a 38
Bares	8
Alberca y Regaderas	38
Servicio de Lavado de Embarcaciones	189 lts/emb.

2. Alcantarillado Pluvial.- Se diseña de acuerdo a la precipitación del sitio.

Contraincendios

a) Servicio a Embarcaciones

Se puede contar con gabinetes de emergencia en los muelles, conteniendo un extinguidor de polvo seco para cada 20 embarcaciones, o bien 2 equipos hidrantes / peine en cuyo caso las torres contra incendio deberán garantizar un gasto de cuando menos 20 lts/min.

b) Servicio a Areas Terrestres

Se debe de cumplir con las normas y leyes que apliquen para cada caso.

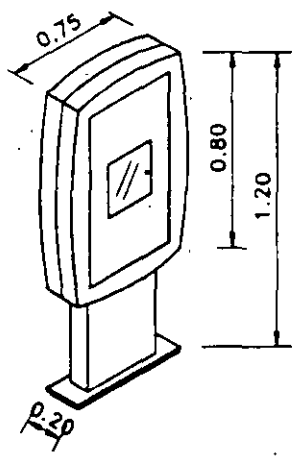


Figura 6.30 Gabinete contra incendios

Combustible

a) Servicio a Embarcaciones

Se deberá contar con un muelle exclusivo para suministro de combustible, de preferencia cerca de la bocana, sin que interfiera en el tráfico.

Los tanques deberán estar en tierra firme, en instalaciones subterráneas y por arriba del N.P.M.S. con una separación mínima de 0.30 m.

Para el cálculo de la capacidad se deberá considerar que las embarcaciones necesitan de 5 a 250 galones (una media de 90 galones).

Dado que la mayoría de las embarcaciones de motor usan gasolina, se propone que el tanque de gasolina sea del 70% y el de diesel del 30% de la capacidad requerida.

Teléfono y Cable

a) Servicio a las Embarcaciones

Se recomienda que exista una salida por cada slip mayor de 12 metros. (40')

b) Servicio a Areas Terrestres.

Se debera contar con servicio telefónico de larga distancia para uso público.

Vigilancia

Por seguridad contra accidentes o robo se debe de disponer de puerta y chapa en el arranque de las rampas de acceso a los muelles, o bien de portero electrónico.

En el caso de marinas o instalaciones náutico-turísticas aisladas de las poblaciones se dispondrá además de una cerca perimetral y caseta de control en el acceso terrestre.

CAPITULO 7

SEÑALIZACION

Nomenclatura y simbología

D = Alcance Geográfico de un faro

h1 = Altura S.N.M del observador del faro

h2 = Altura S.N.M del faro

b = Umbral de iluminancia

I = Intensidad de la luz en la dirección del observador

T_a = Coeficiente de transmisión atmosférica

H = Elevación de la luz posterior sobre N.M.M.

H1 = Elevación de la luz anterior sobre N.M.M

X = Distancia comprendida entre la luz anterior y el límite de alcance útil

R = Distancia comprendida entre las luces anterior y posterior

W = Anchura de canal

K = Coeficiente de sensibilidad

Di = Alcance luminoso de un faro

E = Intensidad de Campo en microvoltios/m

Pr = Potencia derivada en kilowatios

T = Coeficiente de pérdidas por emisión por unidad de distancia

F = Frecuencia de emisión en kilohercios.

Lista de figuras y tablas

7.1 Esquema general del señalamiento marítimo

7.2 Alcance geográfico de un faro

7.3 Sistema de boyado marítimo A.I.S.M. (IALA)

7.4 Señales laterales

7.5 Señales de bifurcación

7.6 Señales cardinales

7.7 Señales de peligro aislado y aguas seguras

7.8 Señales especiales

7.9 Enfilación luminosa

7.10 Señalización de las zonas portuarias

Tablas

7.1 Características del señalamiento de acuerdo a la fase de navegación del buque

7.2 Características del señalamiento terrestre

7.1 Señalamiento Marítimo.

7.1.1 Definición , clasificación y esquema general

Las señales marítimas tienen como finalidad proporcionar a los navegantes los medios adecuados para que puedan seguir su desplazamiento de puerto a puerto por la ruta más adecuada. En la figura 7.1 se muestra un esquema general del señalamiento marítimo.

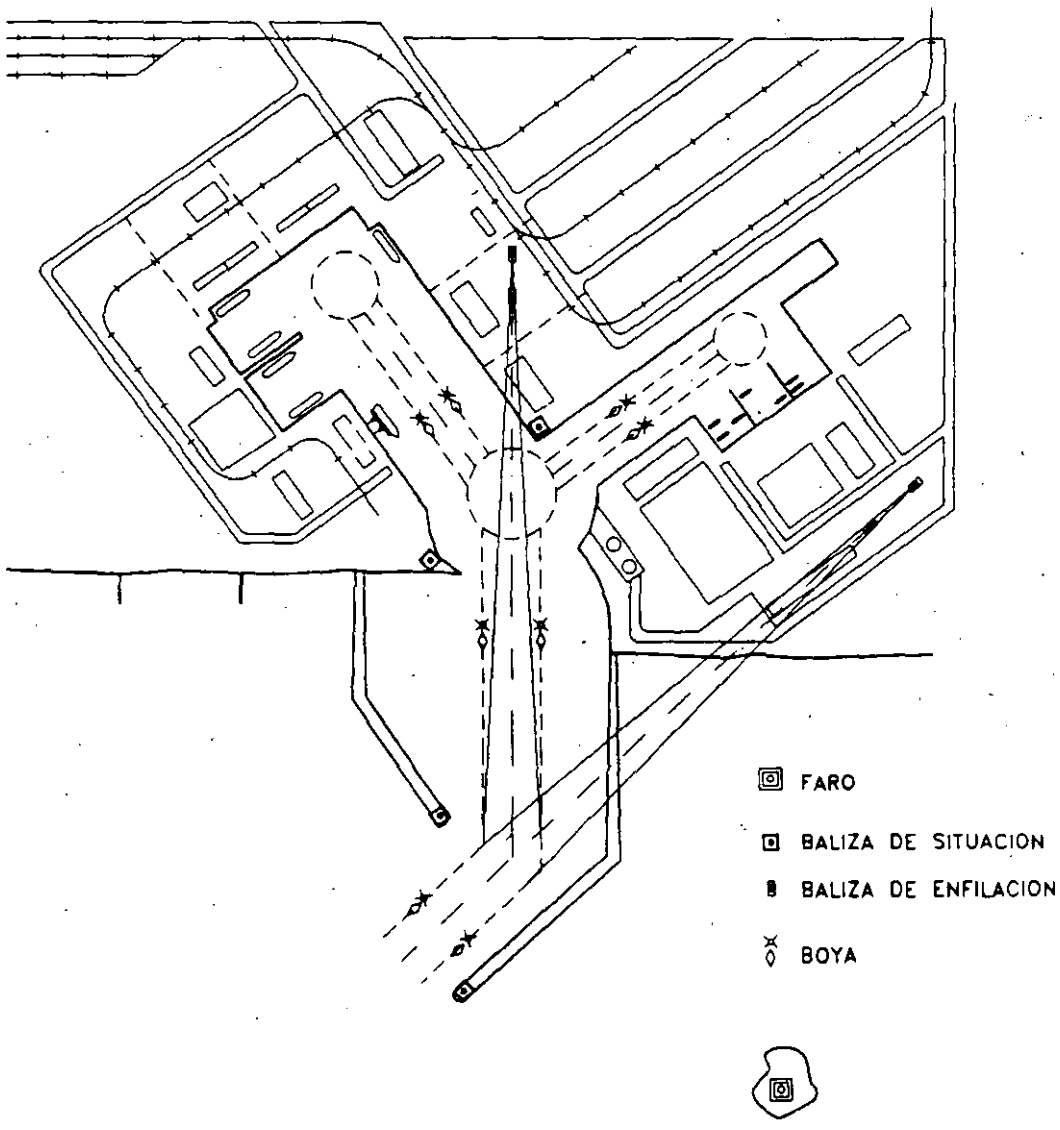


Figura 7.1 Esquema general del señalamiento marítimo

Estas señales se pueden clasificar en:

Tipo de Señal	Elemento
1.- Visual	Faros Balizas con/sin luz Luces de situación Boyas con/sin luz
2.- Sonoras	Silbatos Campanas Vibradores Electromagnéticos
3.- Radio eléctricas	Radio faro Radio baliza Sistemas Hiperbólicos: - Sistema Consol - Sistema Loran - Sistema Decca - Sistema Omega - Sistema Omega Diferencial Sistemas Autónomos Integrados: - Radar - Reflectores Pasivos

La precisión requerida, tiempo para determinar la posición del buque y tipo de señalización, es función de la fase de navegación del buque, como se indica en la tabla 7.1.

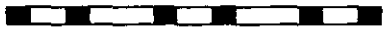
TABLA 7.1 CARACTERISTICAS DEL SEÑALAMIENTO DE ACUERDO A LA FASE DE NAVEGACION DEL BUQUE

Fase de Navegación	Dist. al Peligro mas Próximo	Precisión Requerida	Tiempo para Determ. Posición	Tipo de Señal
Oceánica	Mas de 50 MN.	±1%de la dist. al peligro	15 min.	Radio-eléctrica
Recalada aproximación a la costa	Entre 50 y 3 MN.	±0.5 a 0.1 MN.	de 6 a 1/2 min.	Radio-eléctricas visuales sonoras
Canales, pasos estrechos y puertos	Menos de 3 MN.	±50 metros	Posición y ruta instantanea	Radio-eléctricas visuales sonoras

Señales Visuales

Constituyen el grupo más importante de las señales marítimas, señalan puntos de interés como: diques, morros de escollera, eje del canal de navegación, etc. estas pueden ser provistas de luz o ciegas. Se caracteriza por sus particularidades de color, ritmo de destellos y alcance.

Los colores de señalización marítima son: blanco, rojo, verde y amarillo. En cuanto al ritmo puede tratarse de:

APARIENCIA	REPRESENTACION	DENOMINACION EN CARTAS NAUTICAS		
		APARIENCIA Y COLOR	DURACION	ALCANCE
DESTELLOS		D.B.	3 seg.	6 M.N.
OCULTACIONES		O.V.	12 seg.	4 M.N.
GRUPOS DE DESTELLOS		Gp.D.(3) B.	10 seg.	8 M.N.
GRUPOS DE OCULTACIONES		Gp.O.(2) B.	12 seg.	10 M.N.
ISOFASE		I.B.	6 seg.	14 M.N.
CENTELLANTE				

7.1.2 Faros

Son señales luminosas de gran alcance, destinados a señalar puntos de interés para la navegación como: cabos, entradas a estuarios y puertos importantes.

Estos son de diferente magnitud de acuerdo con la importancia del lugar se clasifican en:

1.- De recalada
2.- Intermedios
3.- De situación
4.- Buques faro

Faros de Recalada. En puertos de gran importancia

Faros Intermedios. Sirven de complemento a los anteriores es decir para que el navegante pueda auxiliarse de ellos cuando no tiene a la vista faro de recalada. También en puertos de gran importancia.

Faros de Situación. Señalan accidentes notables de la costa, como Penínsulas, Cabos, Islas, etc.

Buques Faro. Son embarcaciones que contienen una estructura y se

fondean en aguas poco profundas.

El color blanco es el único utilizado en los faros, ya que facilita el alcance, unicamente se emplea el color rojo para señalar algún peligro o zona de aguas prohibidas. El ritmo puede ser cualquiera.

Alcance

El alcance de un faro tiene dos aspectos: Alcance Geográfico y Alcance Luminoso.

a)Alcance Geográfico. Máxima distancia a la que un faro puede ser visto por un observador, en función de la curvatura de la tierra y la refracción atmosférica ver figura 7.2

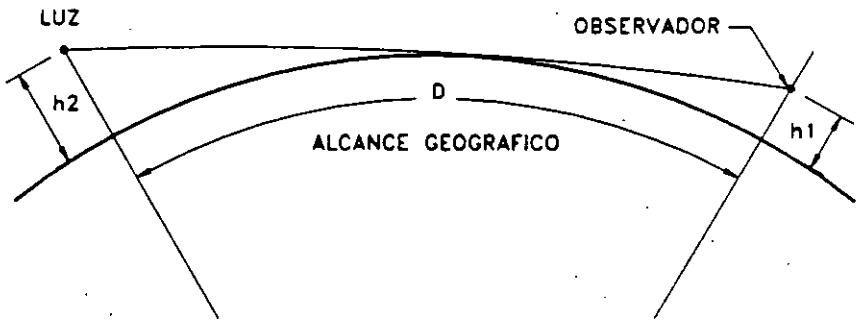


Figura 7.2 Alcance geográfico de un faro

$$D = 2.108 + (h1 + h2)$$

donde: D = M.N. ; h1 y h2 en metros

b)Alcance Luminoso. Es la máxima distancia a la que puede ser vista una luz en función de su intensidad luminosa, el coeficiente de transmisión atmosférica y del umbral de iluminancia del ojo del observador.

Se determina por la fórmula de Allard.

$$\beta D^2 = I \times T^D$$

donde : β = 0.02 microlux

7.1.3 Boyas y balizas

Para la señalización de los obstáculos y puntos de interés para el navegante, tales como márgenes de los canales navegables, puntos de recalado, etc.

Estas señales pueden ser balizas sobre puntos fijos (islotes, bajos) o bien sobre boyas.

Boyas

Las boyas son flotadores sujetos por medio de una cadena o cable a un cuerpo que se afirma en el fondo, de tal manera que no cambien de posición.

Una boya y/o baliza se identifica por su forma, color, marca de tope y apariencia de su luz, de acuerdo al sistema de boyaje internacional.

Existen boyas dotadas de señales sonoras, radioeléctricas, elementos para la producción de la energía necesaria y compartimiento para personal preciso para su funcionamiento; como por ejemplo las boyas tipo LAMBY.

Boyaje Internacional

Existen dos tipos de marcas fundamentalmente que son la Lateral y la Cardinal.

Sistema Lateral . Señales que indican los puntos de interés con relación a la ruta a seguir.

Sistema Cardinal. Señales que indican en cual de las cuatro orientaciones principales, trazados a partir de ella existen aguas navegables.

La Asociación Internacional de Señalización Marítima, estableció dos sistemas de balizamiento, combinando marcas Laterales y Cardinales, los cuales son denominados:

Sistema A - Rojo a babor

Sistema B - Rojo a estribor

El empleo de cada sistema esta en función de la regionalización de boyado definida por la misma asociación (figura 7.3).

Figura 7.3 Sistema de boyado marítimo A.I.S.M. (IALA)

Descripción de las señales laterales usadas en la región B.

	SEÑALES LATERALES	
CARACTERISTICAS	**A BABOR**	**A ESTRIBOR**
COLOR:	VERDE	ROJO
FORMA (Boyas) :	CILINDRICA (TAMBOR), CASQUILLETE O ESPEQUE (SPAR)	CONICA, CASQUILLETE O ESPEQUE (SPAR)
MARCA DE TOPE (cuando se use):	UN CILINDRO VERDE	UN CONO ROJO PUNTA HACIA ARRIBA
LUZ (Cuando la tenga):	COLOR VERDE RITMO CUALQUIERA	COLOR ROJO RITMO CUALQUIERA

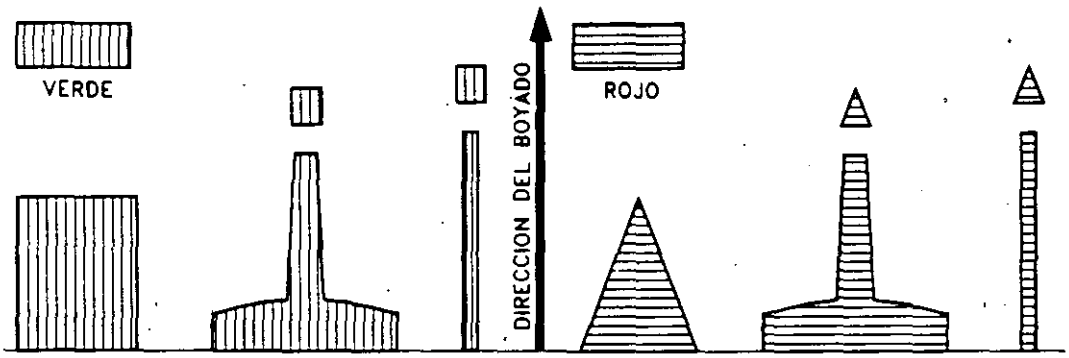


Figura 7.4 Señales laterales

En caso de bifurcación de canal, siguiendo el sentido convencional de boyado, el canal preferido puede indicarse modificando las señales laterales de babor o estribor como sigue:

	CANAL PREFERIDO	
CARACTERISTICAS	**A BABOR**	**A ESTRIBOR**
COLOR:	ROJA CON UNA ANCHA FRANJA HORIZONTAL VERDE	VERDE CON UNA ANCHA FRANJA HORIZONTAL ROJA
FORMA (Boyas) :	CONICA, CASQUILLETE O ESPEQUE (SPAR)	CILINDRICA (TAMBOR), CASQUILLETE O ESPEQUE (SPAR)
MARCA DE TOPE (cuando se use):	UN CONO ROJO PUNTA HACIA ARRIBA	UN CILINDRO VERDE
LUZ (Cuando la tenga):	COLOR ROJO RITMO DESTELLOS EN GRUPOS COMPUESTOS (2 + 1)	COLOR VERDE RITMO DESTELLOS EN GRUPOS COMPUESTOS (2 + 1)

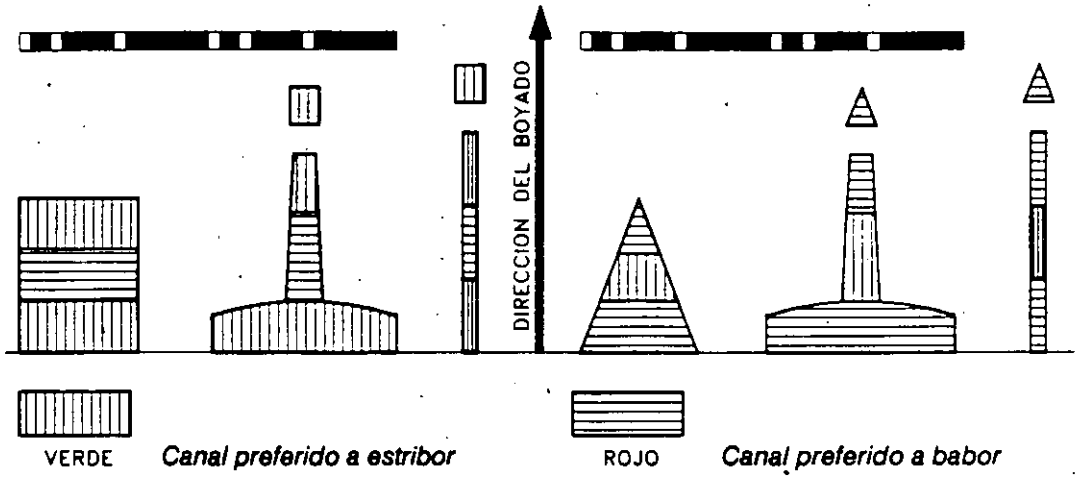


Figura 7.5 Señales para bifurcación

Reglas Generales para Señales Laterales

1. Formas: Cuando las señales laterales no cuenten con boyas cilíndricas (tambor) o cónica, para su identificación deberán llevar en lo posible la apropiada marca de tope.

2. Identificación con Letras y Números: Si las señales ubicadas en un canal estan marcadas con números o letras dichas indicaciones deberán seguir la dirección convencional de boyado, números nones a babor y números pares a estribor.

Señales Cardinales

Los cuatro cuadrantes (Norte, Este, Sur y Oeste) están limitados por las marcaciones verdaderas NW-NE, NE-SE, SE-SW,SW-NW, tomadas desde el punto de interés.

Una señal Cardinal recibe el nombre del cuadrante en el cual está ubicada.

El nombre de una señal Cardinal indica que ésta debe ser pasada por el lado nombrado en la señal.

Una señal Cardinal puede utilizarse, por ejemplo:

- Para indicar que las aguas más profundas en esa área se encuentran en el lado que lleva el nombre la señal.

- Para indicar el lado seguro para pasar un peligro

- Para llamar la atención sobre una configuración en un canal, tal como una curva, una confluencia, una bifurcación o el extremo de un banco.

SEÑALES CARDINALES		
CARACTERISTICAS	**NORTE**	**ESTE**
COLOR:	NEGRO SOBRE AMARILLO	NEGRO CON UNA FRANJA ANCHA HORIZON. AMARILLA
FORMA (Boyas) :	CASQUILLETE O ESPEQUE	CASQUILLETE O ESPEQUE
MARCA DE TOPE (a):	2 CONOS NEGROS SUPER-PUESTOS, PUNTAS HACIA ARRIBA	2 CONOS NEGROS SUPER-PUESTOS, OPUESTOS POR LA BASE
LUZ (Cuando la tenga):	COLOR BLANCO RITMO V.Q. O Q.	COLOR BLANCO RITMO V.Q.(30) CADA 5 seg. O Q.(3) CADA 10 seg.

SEÑALES CARDINALES		
CARACTERISTICAS	**SUR**	**OESTE**
COLOR:	AMARILLO SOBRE NEGRO	AMARILLO CON UNA FRANJA ANCHA HORIZONTAL NEGRA
FORMA (Boyas) :	CASQUILLETE O ESPEQUE	CASQUILLETE O ESPEQUE
MARCA DE TOPE (a):	2 CONOS NEGROS SUPER-PUESTOS, PUNTAS HACIA ABAJO	2 CONOS NEGROS SUPER-PUESTOS, OPUESTOS POR EL VERTICE
LUZ (Cuando la tenga):	COLOR BLANCO RITMO V.Q.(6) + DEST. LARGO CADA 10 seg. O Q.(6) + DEST. LARGO CADA 15 seg.	COLOR BLANCO RITMO V.Q.(9) CADA 10 seg. O Q.(9) CADA 15 seg.

(a) La marca de tope constituida por dos conos es la característica mas importante de las marcas cardinales.

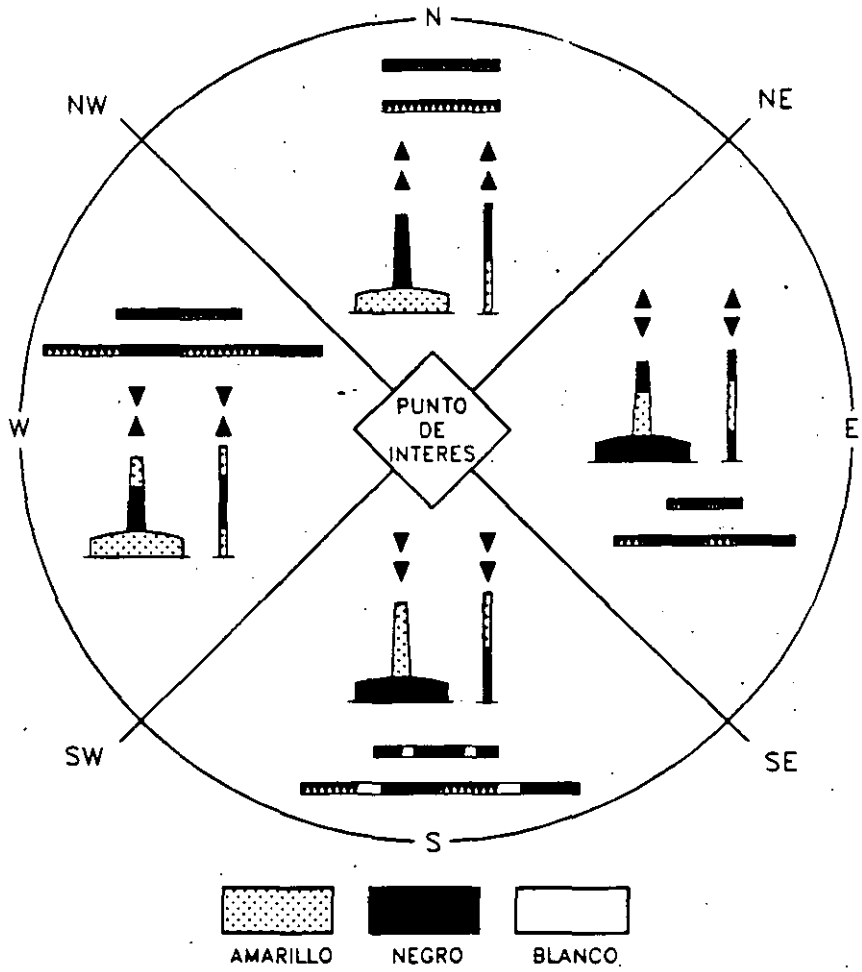


Figura 7.6 Señales cardinales

Señales de Peligro Aislado

Una señal de peligro aislado es una marca que puede estar erigida o amarrada, encima de un peligro aislado, que tiene aguas navegables a todo su alrededor.

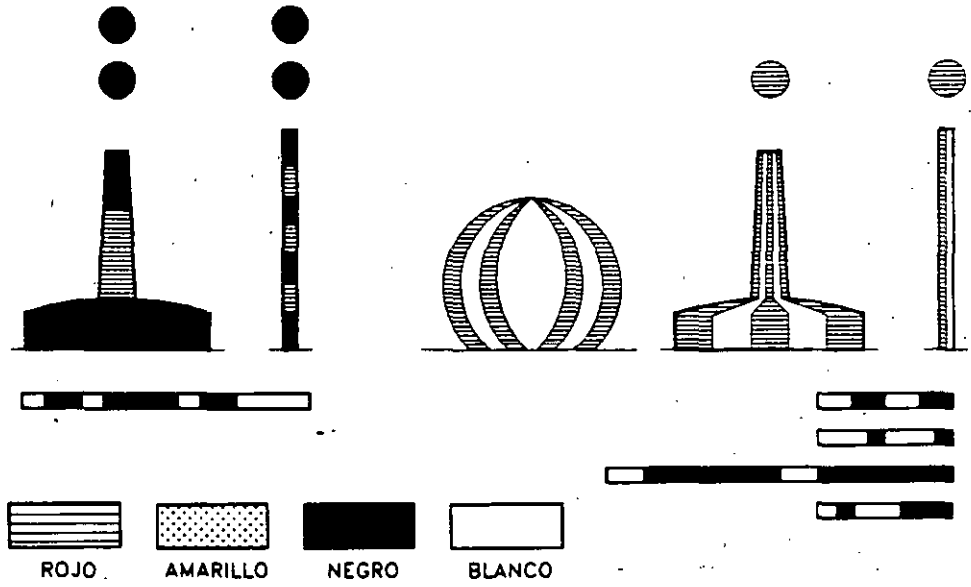
CARACTERISTICAS	SEÑALES DE PELIGRO AISLADO
COLOR:	NEGRO CON UNA O MAS FRANJAS ANCHAS HORIZONTALES ROJAS
FORMA (Boyas) :	OPTATIVA PERO SIN PRES - TARSE A CONFUSION CON LAS SEÑALES LATERALES, PREF. LAS DE CASQUILLETE O ESPEQUE
MARCA DE TOPE (b):	2 ESFERAS NEGRAS SUPER - PUESTAS
LUZ (Cuando la tenga):	COLOR BLANCO RITMO GPO DE DESTELLOS DE (2)

(b) La marca de tope de doble esfera es de día una característica muy importante en toda señal de peligro aislado y debe ser utilizada siempre que sea factible y del mayor tamaño posible, con una clara separación entre las esferas.

Señales de Aguas Seguras

Estas señales sirven para indicar que hay aguas navegables en todas partes alrededor de la señal; se incluyen aquí las señales de eje del canal y las de medio canal. Pueden utilizarse como alternativa a las señales Cardinales o Laterales, para indicar una recalada.

CARACTERISTICAS	SEÑALES DE AGUAS SEGURAS
COLOR:	FRANJAS VERTICALES ROJAS Y BLANCAS
FORMA (Boyas) :	ESFERICA O ESPEQUE
MARCA DE TOPE (cuando se use):	UNA ESFERA ROJA
LUZ (Cuando la tenga):	COLOR BLANCO RITMO ISOFASICA, OCULTA- CIONES, UN DESTELLO LAR- GO C/ 10 seg. O MORSE "A"



Señales de peligro aislado *Señales de aguas seguras*

Figura 7.7 Señales de peligro aislado y aguas seguras

Señales Especiales

Son señales cuyo objeto principal no es ayudar a la navegación, sino indicar una zona especial o configuración mencionados en los documentos náuticos apropiados, por ejemplo:

- Señales de los Sistemas de Adquisición de Datos Oceánicos (ODAS).
- Señales de separación de tráfico donde el uso del balizamiento convencional de un canal podría provocar confusión.
- Señales indicadoras de depósito de materiales o vertedores de descarga de dragado.
- Señales indicadoras de zonas de ejercicios militares.
- Señales indicadoras de la presencia de cables o de tuberías.
- Señales indicadoras de zonas reservadas a recreación.

CARACTERISTICAS	SEÑALES ESPECIALES
COLOR:	AMARILLO
FORMA (Boyas) :	OPTATIVA PERO SIN PRES - TARSE A CONFUSION CON LAS SEÑALES DE NAVEG.
MARCA DE TOPE (cuando se use):	UNA SOLA, AMARILLA EN - FORMA DE "X"
LUZ (Cuando la tenga):	COLOR AMARILLO RITMO CUALQUIERA

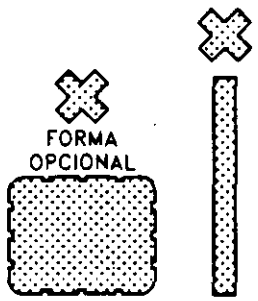


Figura 7.8 Señales especiales

7.1.4 Luces de situación y enfilación

Luces de Situación

Se colocan generalmente en puntos de las obras marítimas de los puertos, para facilitar el movimiento seguro de la embarcación, como por ejemplo en los extremos de rompeolas y escolleras, señalar entradas a antepuertos, en los extremos del muelle y en duques de alba.

Estas señales son de tipo luminoso, de color correspondiente al indicado a babor y estribor segun A.I.S.M. el ritmo puede ser cualquiera, la distancia focal varía según las necesidades.

Luces de Enfilación

Cuando el sector de aguas navegables es muy estrecho o cuando el buque debe seguir un eje, se utilizan las enfilaciones, para indicar líneas de rumbo.

Se denominan luces de enfilación al conjunto de dos o más luces situadas en el mismo plano vertical, que permite al navegante seguir la enfilación manteniendo las luces en la misma demora.

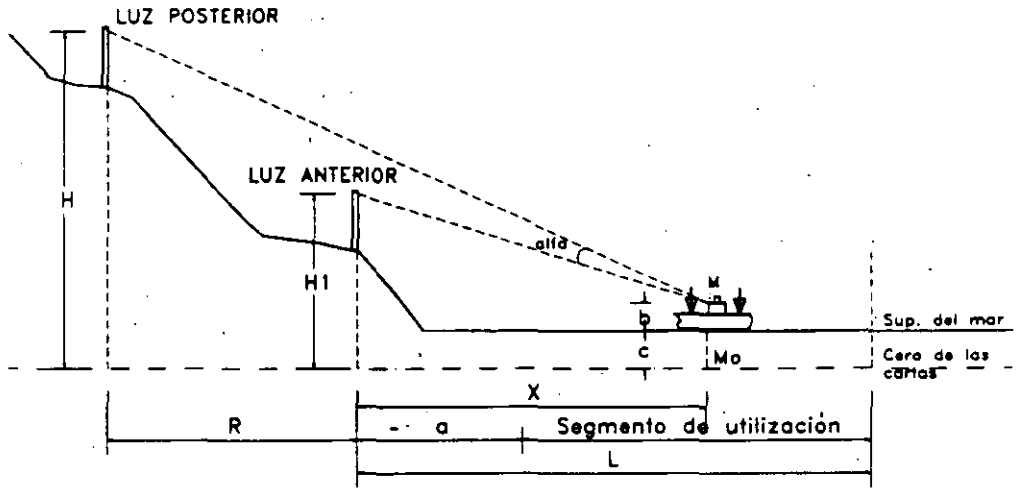


Figura 7.9 Enfilación luminosa

Como se muestra en la figura 7.9 :

El Segmento de Utilización: Es parte del eje de enfilación en la cual se pretende que los buques se guíen.

En la Zona de Adquisición (a), El navegante puede percibir al menos una de las dos luces.

Las fórmulas que determinan estas características son:

$$H = (H1 + X) / 650$$

$$R = KX (H-H1) / W$$

K= Varía de 0.6 a 4.5, en nuestro país se toma K=3

La luz anterior se debe colocar lo más cerca posible de la orilla, su altura H1 será suficiente para:

- Asegurar su alcance geográfico en un punto lo más alejado posible
- Por encima de los obstáculos existentes en el canal a balizar

Generalmente estas luces son blancas para garantizar mayor alcance, el ritmo es isofásico con períodos de 1 seg.

7.1.5 Sistemas de radiocomunicación

En todos los puertos mexicanos existe una estación costera de radiocomunicación, la cual opera entre 405 y 535 Khz y 4000 y 23000 Khz.

Las frecuencias de trabajo de las estaciones costeras que funcionan en las frecuencias de 4000 a 23000 Khz. estan comprendidas dentro de los siguientes límites:

4238	a	4368	Khz
6357	a	6525	Khz
8476	a	8745	Khz
1271	a	13130	Khz
1695	a	17290	Khz
22400	a	22650	Khz

Dentro de las bandas anteriores existe la siguiente subdivisión:

Telefonía

4368	a	4438	Khz
8745	a	8815	Khz
13130	a	13200	Khz
17290	a	17360	Khz
22650	a	22720	Khz

Dentro de las bandas anteriores existe la siguiente subdivisión:

Telegrafía

4338	a	4368	Khz
6357	a	6525	Khz
8476	a	8745	Khz
12714	a	13130	Khz
16052	a	17290	Khz
22400	a	22650	Khz.

Frecuencia de Auxilio, Llamada y Respuesta

La frecuencia de 500 Khz. es la frecuencia internacional de socorro, así como para señales y mensajes de urgencia y seguridad.

La frecuencia de 2182 Khz. es a su vez la frecuencia de llamada y una frecuencia de socorro para el servicio móvil marítimo; radiotelefónico en las bandas comprendidas de 1605 a 2850 Khz.

7.1.6 Sistemas de Posicionamiento

Todos los sistemas de posicionamiento corresponden al grupo de señales radioeléctricas, las cuales utilizan la propagación, suma vectorial, reflexión y dirección de las ondas electromagnéticas, que transmitidas y recibidas por diferentes sistemas permiten al navegante conocer su posición ya sea en altamar o en las proximidades de la costa. Los sistemas radioeléctricos pueden clasificarse en:

a) **Sistemas de estación.** Compuestos por varias estaciones emisoras.

- Radiofaros.

Se dividen en dos grupos el direccional y el omnidireccional. El alcance de un radiofaro se calcula por la fórmula práctica:

$$E = 300{,}000\ Pr + T^{\alpha} / Di$$

E = 50 microvolt/m. para las regiones situadas al Norte del paralelo 43° N
E = 75 microvolt/m. para las regiones situadas entre 43°N y 30°N
E = 100 microvolt/m. para las regiones situadas entre 30°N y 30° S.

$$\text{Log e } T = -4.6 \times 10\text{-}5 \times F\ 0.6$$

- Radiofaros Direccionales

Normalmente el alcance de estos radiofaros es de unas 10 millas náuticas y señalan a tal distancia del eje con un error inferior a 25 metros su uso es fundamental para la entrada a puertos y bahías de canales estrechos.

- Radiofaros Omnidireccionales

El alcance nominal de estos radio faros esta comprendido entre 30 y 100 millas náuticas. Se utilizan en zonas cercanas a la costa.

Para la utilización de los radiofaros, el único aparato que se precisa a bordo en un receptor de corriente de la frecuencia del radiofaro.

b) **Sistemas Hiperbólicos**

Para la utilización de estos sistemas es preciso que el buque, este equipado con el receptor especial correspondiente y disponer de las cartas con las redes de hipérbolas especiales para cada sistema

Los principales sistemas empleados en navegación son: LORAN, DECCA,

OMEGA, CONSOL.

Sistema Loran

Es un sistema de gran alcance, las hipérbolas o líneas de posición se determinan por la medida de la diferencia de tiempos de recepción de impulsos sincronizados emitidos por 2 estaciones diferentes.

Loran A — Funciona a una frecuencia próxima a los 2 mhz, el alcance es de 700 a 800 millas náuticas.

Loran C — Funciona con la frecuencia de 100 mhz, su alcance nominal es de 1,500 millas náuticas, se tiene una gran precisión.

Sistema Decca

Funciona con una frecuencia comprendida entre 70 y 130 khz, la línea de posición del receptor esta en función de la diferencia de fases, de las señales emitidas por las estaciones fijas.

Una cadena DECCA esta compuesta por una estación magistral y tres estaciones esclavas denominadas purpura, roja y verde; la distancia entre una estación magistral y una esclava es del orden de 180 km.

Estación	Frecuencia
Magistral	6 f
Púrpura	5 f
Roja	8 f
Verde	9 f

f = frecuencia fundamental comprendida entre 14 y 14.4 khz

Para la utilización de este sistema el buque debe estar equipado con un decómetro.

Sistema Omega

Es un sistema hiperbólico de navegación por comparación de fase de gran alcance compuesto por tres o más estaciones con emisoras sincronizadas.

La frecuencia de emisión es próxima a los 10 khz.

La distancia entre 2 estaciones es de 3,000 a 5,000 millas náuticas, existen 8 estaciones que cubren todas las aguas del globo situadas en: Noruega, Trinidad, Hawai, Dakota del Norte, Isla de la Reunión , Argentina, Australia y Japón.

La precisión es de 1 a 3 millas náuticas, existen receptores que calculan las coordenadas geográficas, por lo cual no son necesarias las cartas especiales OMEGA.

Sistema Consol

Consta de un solo transmisor con una antena compuesta por 3 mástiles separados de 5 a 6 km. Está considerado como una forma especial de radio faro.

Las tres antenas emiten una señal de la misma frecuencia, pero con distintas fases y como consecuencia de ello se forma una serie de sectores en los que reciben puntos o rayas.

Contando el número de puntos o rayas, puede determinarse la línea de posición, señalandola sobre una carta consol.

El alcance de este sistema es de 1,200 m.n durante el día y de 1,500 m.n. por la noche, la exactitud se disminuye al aumentar la distancia, a una distancia de 250 millas el error es del orden de 1.5 millas y a 1000 millas el error es del orden de 6 millas.

c) Sistemas Autónomos e Integrados

Radar

Su fundamento consiste en la emisión de unos breves impulsos radioeléctricos en un haz concentrado, parte de esa energía es reflejada por los objetos que encuentra en su recorrido y recogida por un receptor muy sensitivo situado en el mismo punto de la emisora.

La banda utilizada es la de 3 cm. que corresponde a frecuencias de 9,300 a 9,500 mhz.

Al señalarse sobre la pantalla tanto la orientación como la distancia de un punto conocido el navegante fija su situación.

Satélite

El Sistema TRANSIT utiliza el efecto Doppler de la emisión de un satélite que se desplaza según una órbita conocida, pero estan en estudio otros sistemas que utilizan satélites geoestacionarios.

Aunque el satélite proporciona posiciones de gran precisión es necesario combinarlo con el sistema transit y disponer de un conocimiento de ciertos factores como la velocidad.

Recomendaciones

Las recomendaciones que a continuación se indican tienen los siguientes objetivos:

- Conducción fluida de la carga portuaria en sus respectivos vehículos o ductos (Autotransportes y Ferrocarril) y equipo de traslación, alijo y estiba y almacenamiento.

- Conducción del elemento humano a sus zonas de trabajo portuario y servicios respectivos, o de pasajeros en un puerto turístico.

- Coadyuvar a evitar daños a la carga y sus vehículos, a las instalaciones portuarias así como a la prevención de accidentes a los trabajadores portuarios o a los turistas.

- Localización de elementos de control, vigilancia, administrativos y de servicios generales, sanitarios y médicos de urgencia y de los de prevención de siniestros en el total de la unidad portuaria y de cada una de sus zonas.

Se pretende que estas recomendaciones sean la base para realizar un manual especializado de la señalización portuaria terrestre que contenga el proyecto de las señales respectivas con su ubicación, forma, tamaños, contenidos y colores, tomando como base el contenido conceptual del Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras de la S.C.T. y utilizando las señales ya establecidas cuando sea posible su uso en el puerto.

Los requisitos generales que se consideran básicos son:

- Satisfacer una necesidad importante.

- Llamar la atención.

- Transmitir un mensaje claro.

- Imponer respeto a los usuarios.

- Estar en un lugar apropiado a fin de dar tiempo a reaccionar.

Se observa que estos requisitos y la clasificación que a continuación se indica se han elaborado tomando en cuenta las analogías posibles con el Manual de la S.C.T. mencionado anteriormente.

Los tipos de señales se clasifican en:

A) Preventivas (S.P.).- Se aplican para prevenir a conductores y peatones sobre la existencia de algún peligro en su vía de circulación y la naturaleza del mismo. Generalmente se implementan con tableros, fijados en postes con símbolos significativos a los peligros.

B) Restrictivas (S.R.).- Contienen las recomendaciones sobre el empleo y características de los dispositivos para indicar al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones necesarias para el tránsito o el uso de instalaciones. También se usan tableros fijados en postes o en las instalaciones para indicar al usuario lo procedente, evitándole algun posible daño o afectación.

C) Información de Identificación (S.I.I.).- Son aquellas señales que tienen por objeto guíar al usuario a lo largo de sus vías de circulación e indicarle la nominación de las diversas zonas de trabajo, instalaciones y servicios necesarios para el trabajo portuario. Se implementan mediante tableros fijados en postes o en las propias instalaciones.

D) Información de Destino y Recomendación (S.I.D.R.).- Estas señales se usan para informar a los usuarios sobre los destinos a lo largo de su recorrid y las recomendaciones con fines educativos para enfatizar las medidas reglamentarias o disposiciones, en especial de seguridad tanto para el elemento humano como de las instalaciones y servicios. Se implementan con tableros fijados en postes o en las instalaciones.

E) Información General (S.I.G.).- Se utilizan para proporcionar las generalidades de las características del puerto y de cada una de sus instalaciones, equipos, maquinarias y servicios. Se colocan en tableros en lugares visibles, preferentemente en los principales accesos y lugares de concentración del personal portuario a base de tableros fijados en postes o en las instalaciones.

F) Información Turística (S.I.T.).- Se colocan para informar a los turistas y personal para atenderlos sobre conducción y existencia de los respectivos servicios y facilidades que proporcione el puerto turístico. También se implementan a base de tableros con postes o en las instalaciones.

G) Marcas (M.T.).- Es el señalamiento a base de rayas y letras que se pintan en el pavimento, guarniciones y estructuras dentro o adyacentes a las vías de circulación y utilizando objetos sobre las superficies de rodamiento con objeto de regularizar o canalizar el tránsito e indicar presencia de obstáculos.

Señalización de las diversas zonas portuarias

Al constituir la señalización el elemento conductor y de localización dentro del puerto, se considera tomarse encuenta el análisis y estudio detallado de los flujos siguientes:

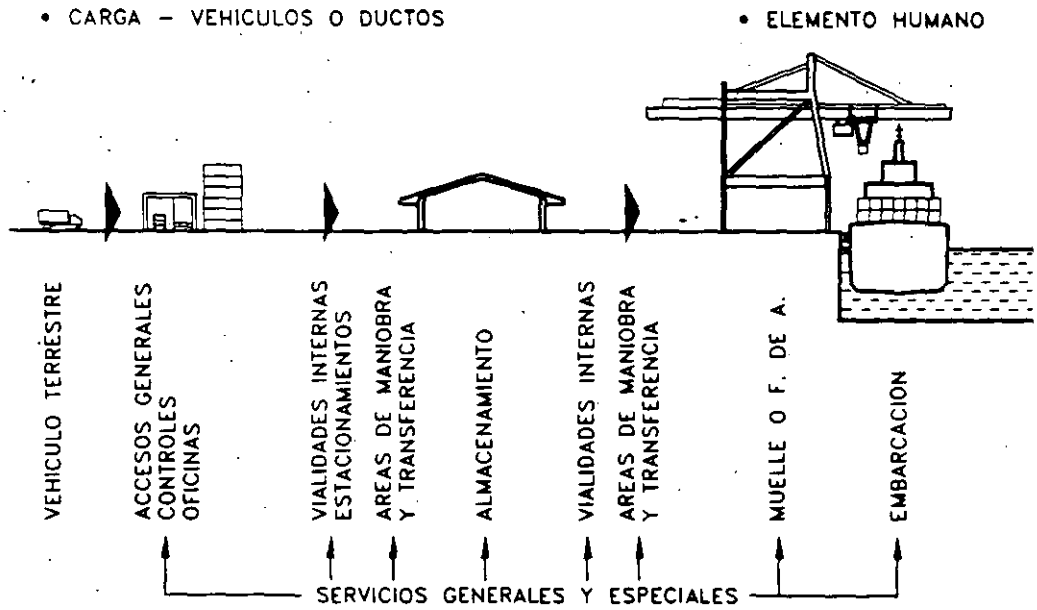


Figura 7.10 Señalización de las zonas portuarias

1.- Flujo de la carga en vehículos o equipo al almacenamiento y a la embarcación o viceversa.

2.- Flujo del producto (a granel o fluidos) en sus ductos al almacenamiento y a la embarcación o viceversa.

3.- Flujos de los trabajadores a cada una de las zonas portuarias para su accesibilidad y movimientos en la realización de los diversos trabajos y servicios necesarios.

4.- Flujo de los pasajeros turísticos y del personal portuario para su atención en los puertos turísticos, así como accesibilidad y movimientos a los servicios generales y especiales.

Tomando en cuenta estos flujos, las diversas áreas o zonas portuarias (denominadas "T"), se resumió en la tabla 7.2 el tipo de señal necesario para cada zona y los datos mínimos necesarios que se estima debe contener esta señalización.

TABLA 7.2 CARACTERISTICAS DE LAS SEÑALES TERRESTRES

CLAVE DE LA ZONA PORTUARIA	ZONA PORTUARIA TERRESTRE	TIPO SEÑAL A Preventiva S.P.	B Restrictiva S.R.	C Inf.Identificación S.I.I.	D Inf.Destino,recom. S.I.D.R.	E Inf.Gral S.I.G.	F Inf.Turística S.I.T.	G Marcas M.T.
T.4	ACCESOS AL PUERTO							
	Puerta o barrera vehículos y F.C.	X		X	X	X		X
	Puerta peatonal	X		X	X		X	
T.4	CONTROLES							
	Casetas		X	X				
	Oficinas			X	X	X		
	Elementos de identificación, revisión y pesado o medida			X				X
	Seguridad y vigilancia	X	X	X		X	X	
T.4	VIALIDADES INTERNAS							
	Calzadas y sus carriles		X	X	X	X	X	X
	Estacionamientos o patios F.C.		X	X	X			X
	Retornos y giros			X	X			X
	Areas especiales			X	X		X	
T.2	AREAS TRANSFERENCIA Y MANIOBRA							
	Estacionamientos o depósito temporal		X	X	X			X
	Retornos y giros			X	X			X
T.3	ALMACENAMIENTO							
	Bodegas		X	X	X	X		X
	Patios		X	X	X	X		X
	Tanques o depósitos		X	X	X	X		X
	Pilas o montones		X	X	X	X		X
	Estación de pasajeros						X	
T.1	MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE		X	X	X	X		X

DATOS MINIMOS NECESARIOS QUE DEBE CONTENER LA SEÑALIZACION

Tipo de vehículo y carga que puede acceder o salir; gálibo de entrada; identificación; revisión.
Forma de identificación; revisiones.

Nominación de autoridades y empresas; forma de control y revisión.
Nominación y localización.

Características del elemento; requisitos de su función.
Localización precisa.

Dirección de la circulación; identificación de destinos; capacidad del suelo (en su caso).
Tipo de vehículos, equipo o maquinaria; temporal o fijo; restricciones (en su caso).
Tipo de vehículos, equipo o maquinaria; espacios claramente señalizados.
Segun el tipo, por ejem. indicaciones a turistas para su embarco-desembarco y localización de servicios.

Tipo de vehículos, equipo o maquinaria; tiempo de depósito temporal; capacidad del suelo.
Tipo de vehículos, equipo o maquinaria; espacios claramente señalizados.

Gálibo de puertas; tipo de equipo que accesa; dirección circulaciones interiores; tipo de carga y forma de estiba.
Capacidad del suelo y grúas en su caso. Localización oficinas de control; sistema contraincendio y comunicaciones.
Capacidad del suelo, límites definidos del patio y direcciones de transferencia.
Capacidades; tipo del producto; zonas restringidas o derrames; alarmas, accesos.
Capacidades del suelo; tipo de material o producto; localización equipo de transferencia, accesos.
Localización precisa; servicios que preste (en varios idiomas); destinos de transferencia.

Longitud de atraque; capacidad del suelo en su cubierta; altura de cubierta; profundidad;localización de sus equipos de carga-descarga-circulación vehículos, maquinaria y equipo; localización de elementos accesorios (amarres, escalas, defensas, luces de situación) y áreas restringidas.

CONTINUACION DE TABLA 7.2 CARACTERISTICAS DE LAS SEÑALES TERRESTRES

CLAVE DE LA ZONA PORTUARIA	ZONA PORTUARIA TERRESTRE	TIPO SEÑAL A Preventiva S.P.	B Restrictiva S.R.	C Inf.Identificación S.I.I.	D Inf.Destino,recom. S.I.D.R.	E Inf.Gral S.I.G.	F Inf.Turística S.I.T.	G Marcas M.T.
T.5	MANTENIMIENTO Y CONSERVACION (Equipo, maquinaria, vehículos e instalaciones)							
	Talleres			X	X	X		
	Almacenes			X	X	X		
	Oficinas			X			X	
	Patios y áreas especiales		X	X	X			X
T.6	SE /ICIOS GRALES. Y ESPECIALES							
	Agua		X	X		X		
	Energía eléctrica	X	X	X		X		
	Combustibles	X	X	X		X		
	Drenajes y plantas de tratamiento			X		X		
	Comunicaciones			X		X	X	
	Desechos sólidos		X	X		X		
	Sistemas contra incendios	X	X	X				X
	Sanitarios (W.C. y baños)			X	X			
	Médicos de urgencia			X	X	X	X	
	Avituallamiento			X		X		
	Reparación de embarcaciones			X	X			
	Pilotaje			X	X			
	Laborales y capacitación			X	X	X		
	Comerciales y bursátiles			X	X	X		
	Oficinas particulares			X		X		

DATOS MINIMOS NECESARIOS QUE DEBE CONTENER LA SEÑALIZACION

Dimensiones de sus accesos (gálibo especialmente); servicios que preste; características de equipo y maquinaria.
Dimensiones de sus accesos; tipo de elementos almacenados y comunicaciones.
Localización precisa e identificación.
Localización precisa e identificación.

Tipo de líquido y su uso preciso; medidas de restricción.
Identificación del tipo; medidas de su uso y restrictivas; precauciones.
Localización precisa; tipos de combustible; medidas de uso, restrictivas; precauciones.
Localización y prevención de azolves por imprecauciones.
Localización; tipos; formas de uso y sus objetivos.
Localización; formas de accesibilidad; precauciones.
Localización precisa y notable; formas de uso.
Localización; recomendaciones de uso.
Localización precisa y notable; tipos de atención; alarmas y formas de acceso.
Tipos y localización; formas de abastecer a la embarcación.

Identificación de la zona y formas de acceder.
Localización e identificación de oficinas y muelles.
Localización; formas de acceder y condiciones de uso.
Localización e identificación de cada tipo de servicio.
Localización; identificación y accesibilidad.

CAPITULO 8

RECOMENDACIONES SOBRE USO DEL SUELO, VIALIDAD Y ASPECTOS URBANO PORTUARIOS

8.1 Plan director del puerto y plan de desarrollo urbano del centro de población

La mayoría de los puertos mexicanos se han creado y desarrollado con sus propias ciudades formando una unidad (ciudad-puerto), debido a que las actividades portuarias generan una serie de actividades urbano-regionales de las cuales depende la población urbana. En otro enfoque la planeación portuaria depende de condicionantes a nivel internacional, nacional y regional, por ejemplo en lo internacional por el comercio exterior, por el tipo de embarcaciones, y el desarrollo mundial de la tecnología de las propias embarcaciones y de la operación de la carga; a nivel nacional por el sistema de puertos, conectado a la red de transporte terrestre y la interrelación físico-económica y social de sus Hinterlands y especificamente a nivel micro-regional y local con la propia ciudad, por lo que se propone compatibilizar la vialidad y usos del suelo especialmente.

A continuación y de acuerdo a los diversos capítulos de los (P.D.U.C.P.) Planes de Desarrollo Urbano del Centro de Población se recomienda lo siguiente:

1.- Bases Jurídicas .- Compatibilizar la Jurisdicción del Uso del Suelo pues en el puerto, el recinto portuario y la (Z.F.M.T.) Zona Federal Marítimo Terrestre son del orden Federal y es necesario relacionarlos con el orden municipal que tiene jurisdicción del total de las zonas alrededor del puerto.

2.- En el Diagnóstico - Pronóstico.- La ciudad y puerto al formar una sola unidad deben desarrollarse paralelamente por su indudable interdependencia, consecuentemente, las etapas de realización, las tendencias de crecimiento, las vialidades principales y las regionales (tanto carreteras como ferrocarril) y la delimitación del recinto portuario y áreas de reserva de ampliación y las de reserva ecológica se recomienda planearlas y programarlas conjuntamente con el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población.

3.- Verificar el cumplimiento y orientación de las disposiciones de otros niveles de planeación que no son los urbanos, para compatibilizar los proyectos respectivos sobre y principalmente:

- Programa Nacional de Comunicaciones y Transporte
- Programa Nacional de Desarrollo Urbano

- Programa Nacional de Turismo (cuando el puerto tenga estas actividades junto con la propia ciudad)

- Sistema Alimentario Mexicano (para actividades pesqueras y el comercio exterior de importación-exportación de cereales y otros alimentos).

- Programa Estatal de Desarrollo Urbano

- Otros Programas o Planes Sectoriales o Nacionales que en el caso específico de un puerto, se relacione con actividades que se realicen o puedan realizar.

4.- En los Objetivos del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población.- Ordenar el Desarrollo Urbano en forma paralela, especialmente en lo relativo a la regulación de las zonas aptas para el crecimiento y los límites del centro de población (En su caso de los centros de población).

5.- En la Estrategia General del Desarrollo.- Se recomienda prever el impacto portuario en el centro de población conjuntamente con los responsables a nivel municipal y su caso estatal; relacionado directamente con: vialidades regionales, estaciones o terminales de transporte terrestre, áreas industriales y las propias áreas urbanas relacionadas con el puerto. Dentro de este capítulo es necesario la determinación de las áreas de reserva ecológica y parques naturales (terrestres y marítimos) para su legislación y resguardo.

6.- En los destinos y equipamiento del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población.- Planear y realizar coordinadamente el sistema vial regional conectado con el urbano y especificamente con conexiones libramientos o vialidad auxiliar que haga fluido el acceso al puerto determinando a la vez la jerarquización regional, primaria y secundarias colindantes al puerto.

- Compatibilizar, cuando se requiera las redes de infraestructura de agua (diversos tipos), energía eléctrica, drenajes (plantas de tratamiento y recirculación), y de tratamiento de desechos, (recirculación y aprovechamiento) con las urbanas.

- Apoyo a la recreación, creando áreas limítrofes del puerto de tipo "Reserva Ecológica", arborizada convenientemente, que se puedan utilizar por los habitantes del centro de población (fuera del recinto portuario) y cuando sea posible promover y coadyuvar a la creación de actividades de recreación marítimo-portuarias (paseos, pesca deportiva, acuarios etc) para el servicio de la ciudad.

7.- En el detalle de los proyectos de uso del suelo y su reglamentación.- Participar con las autoridades urbanas para fijar las zonas de habitación (especialmente para los trabajadores portuarios), industriales, las mencionadas de reserva ecológica, de recreación y de la ubicación de subcentros urbanos que contengan equipamiento para las personas que laboran en el puerto (comerciales, administrativos, bursátiles, etc.).

8.- Imagen Urbana.- Se recomienda participar relacionados directamente con el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población

En establecer los lineamientos necesarios de diseño urbano para que los elementos del paisaje costero-marítimo y los arquitectónicos y de ingeniería del puerto logren una imagen armónica adecuada que evite afectar el valioso patrimonio de las costas del país a nivel de cada ciudad-puerto.

9.- Participar en la elaboración y actualización periódica de los Planes de Desarrollo Urbano del Centro de Población, por parte de autoridades y empresas portuarias a fin de lograr concertar acciones urbano-portuarias que fortalezcan el desarrollo de la ciudad-puerto en la formulación y corresponsabilidad de los programas prioritarios.

8.2 Recomendaciones sobre zonas industriales, áreas ecológicas y accesos generales al puerto

Las zonas industriales o conexas al puerto (fuera del recinto portuario) deben condicionarse:

- Lo más cercanas posible para evitar transporte costoso al puerto o desde el puerto

- Conexión directa, preferiblemente sin cruzar vías primarias, al y del puerto, conectándose a las vías regionales, tanto carreteras como de ferrocarriles.

- Cuidar su localización con relación al viento para evitar contaminación, especialmente hacia el área urbana. (Ver figura 8.1).

Areas de Reserva Ecológica

Se recomienda rodear el puerto con superficies arboladas

De un mínimo de ancho de 50 m cuya utilidad consiste en: aislar la actividad portuaria con áreas que puedan servir de recreación a la población urbana y que coadyuven a evitar la contaminación de aire, tierra y ruidos, y a la vez que con ellas se forme un ambiente físico adecuado para el trabajo portuario, (ver figura 8.1).

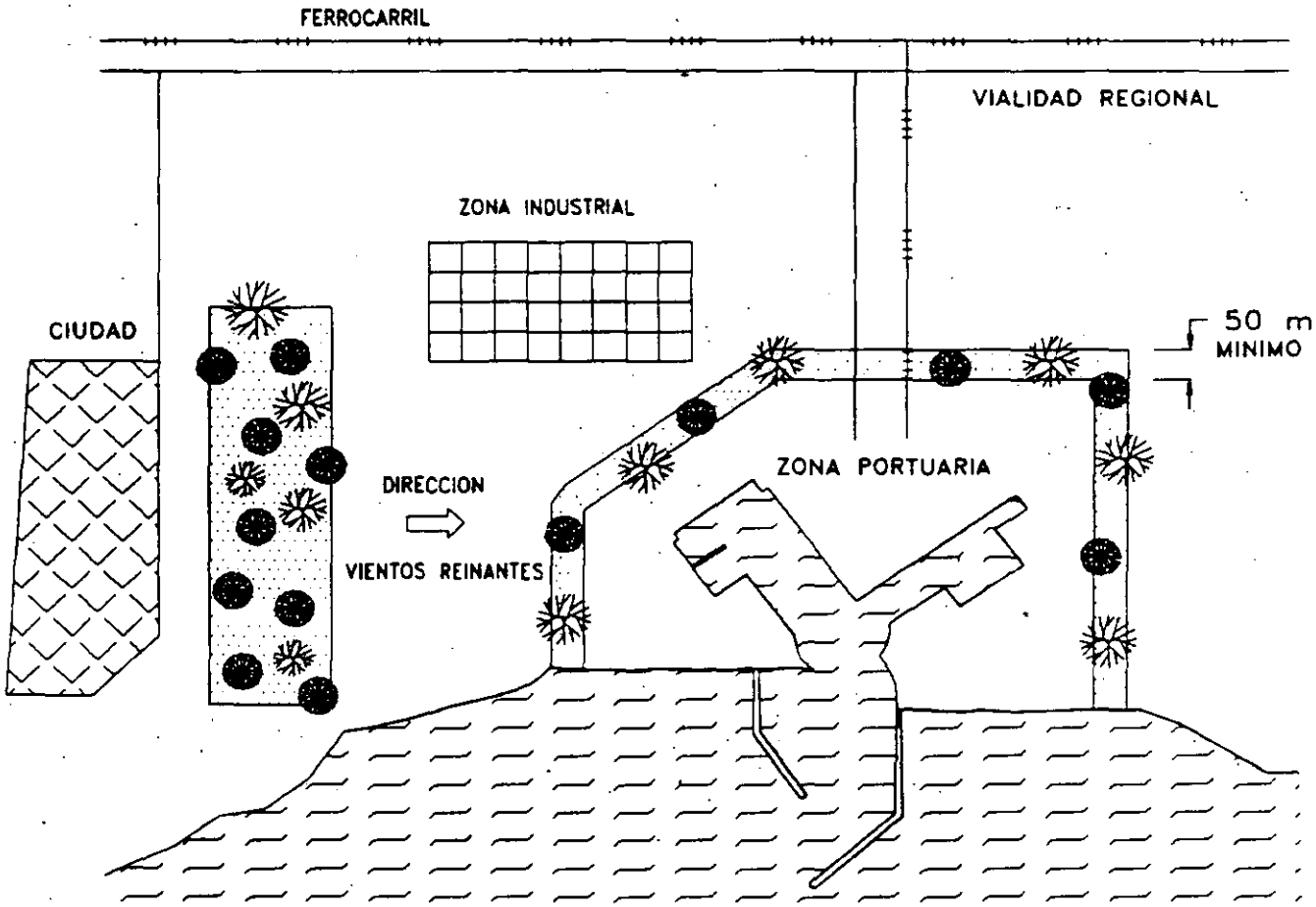


Figura 8.1 Zonas Industriales y áreas de reserva ecológica conexas al puerto

Cuando la extensión de los terrenos lo permitan estas áreas ecológicas pueden aumentar a 150 m preferentemente, con lo cual se podrán utilizar como parques regionales y urbanos en coordinación con el centro de población y sus autoridades municipales.

Accesos Generales del Puerto (Puertos principales)

La conexión a la vialidad regional se recomienda de una sección de 3 carriles en cada sentido divididos por un camellón de ancho de 12 m donde se pueda ubicar una ciclopista y permita retornar a los trailers, complementado con banquetas de 3.20 m en cada lado dotadas de arborización; lo propuesto suma un ancho de 40 m. (ver figura 8.2)

El acceso principal del puerto de autotransportes se recomienda con puertas o barreras de dos carriles (7.20 m.) y preferiblemente de los tres carriles (10.80 m).

Es necesario, independientemente de poder retornar antes del acceso del puerto (radio de giro Rg = 14 m. máximo, por lo que la sección de 40 m es amplia) el contar con un área para estacionamiento de vehículos (zona A) y otra de receso de la circulación con objeto de poder parar los transportes o también los autobuses urbanos (por tiempo corto) y es la zona B. (Ver figura 8.2).

El acceso de ferrocarril se recomienda para dos vías con un ancho de 9.6 m.

Para puertos cuyo flujo de vehículos no sea muy importante

La conexión a la vialidad regional se recomienda de un mínimo de 2 carriles en cada sentido divididos por un camellón de 6.00 m (incluyendo la ciclopista) que se pueda ampliar en las zonas de retornos para lograr el radio de giro de 15 m.

Esta propuesta, conservando las banquetas de 3.20 m. suma un ancho de 26.80 m = 27 m

El acceso principal de auto transporte del puerto se recomienda mínimo de un carril de 3.50 m. con puertas o barreras de este ancho

También en este tipo de puerto es necesario que se prevea el receso y estacionamiento de vehículos antes del acceso principal, a semejanza de los puertos principales con menores dimensiones.

El acceso de ferrocaril se recomienda de una sola vía con el ancho necesario de 4.80 m.

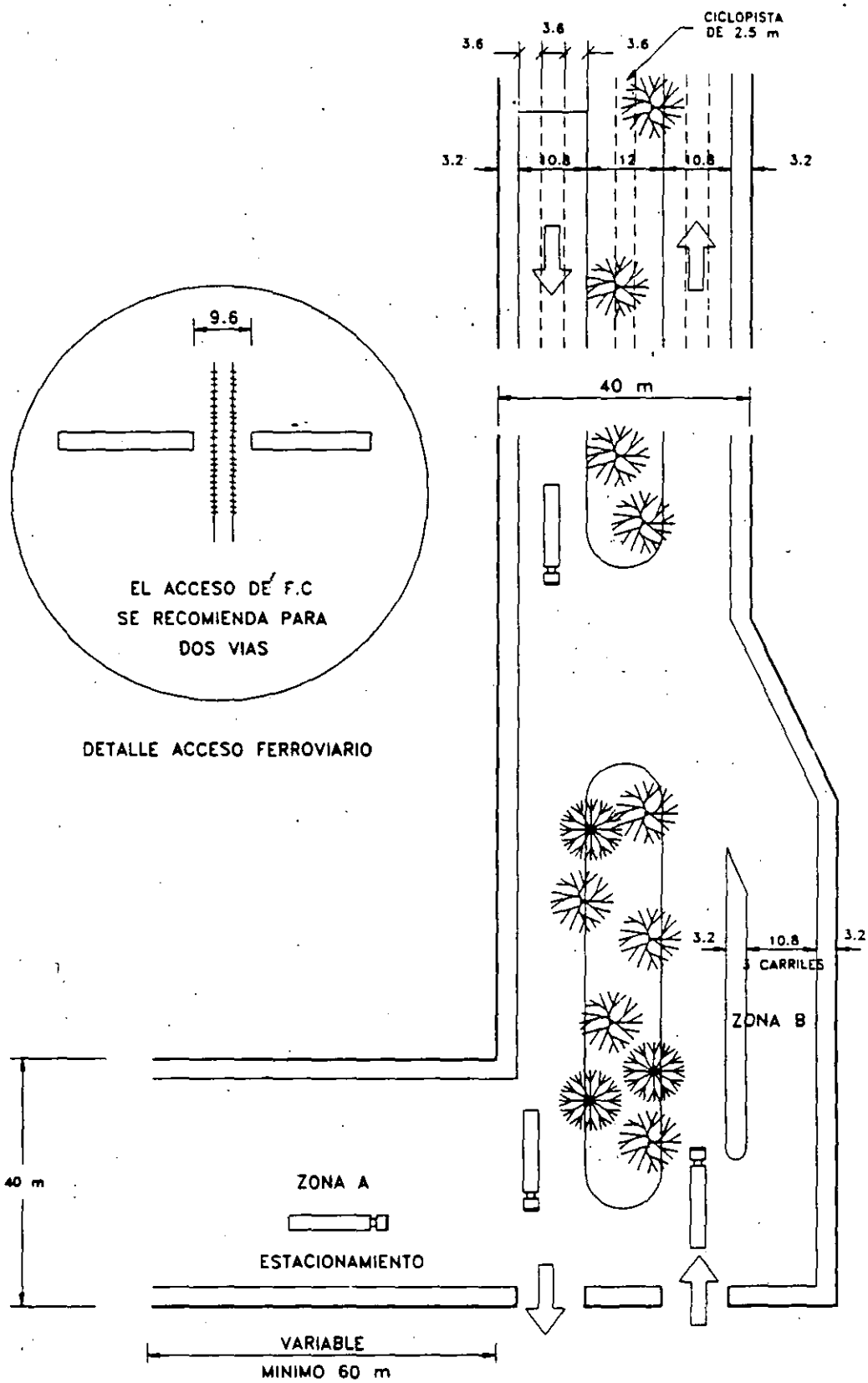


Figura 8.2 Accesos generales del puerto

CAPITULO 9

RECOMENDACIONES SOBRE IMPACTO AMBIENTAL

.9.1 Antecedentes

Los estudios de impacto ambiental forman parte esencial de los estudios de planeación de puertos y deben quedar integrados a las partes que constituyen la evaluación, planeación, implementación del diseño y operación del mismo.

El efecto de los impactos ecológicos y sociales en cualesquier tipo de obra está legislado en nuestro país y corresponde a la SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA su normatividad y control.

En nuestro país, en el Diario Oficial de la Federación del 28 de noviembre de 1988, se publica la LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE, la que establece claramente las bases para:

I. Definir los principios de política ecológica general y regular los instrumentos para su aplicación;

II. El ordenamiento ecológico;

III. La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;

IV. La protección de las áreas naturales, la flora y fauna silvestres y acuáticas;

V. El aprovechamiento racional de los elementos naturales de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos con el equilibrio de los ecosistemas;

VI. La prevención y control de la contaminación del aire, agua, suelo;

VII. La concurrencia del gobierno federal, de las entidades federativas y de los municipios, en la materia, y

VIII. La coordinación entre las diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como la participación corresponsable de la sociedad, en las materias de ordenamiento

El esquema de planeación ambiental del país ha establecido la aplicación sistemática del procedimiento de Impacto Ambiental como proyecto estratégico prioritario del Subsector Ecología, siendo éste un instrumento preventivo del deterioro significativo de la calidad del medio ambiente, que permite reforzar las acciones de control y mitigación de los impactos adversos previsibles en el medio, desde su etapa de planeación o de proyecto.

Así el procedimiento de impacto ambiental, establecido por la SEDUE, constituye una herramienta de planeación que, aunada a la participación de la comunidad garantiza la protección del medio ambiente.

El procedimiento de Impacto Ambiental establece las bases técnicas y administrativas para lograr su aplicación sistemática.

Por su naturaleza este procedimiento debe tener vigencia a nivel nacional.

La aplicación de este procedimiento debe realizarse en forma paralela a la evolución del proyecto iniciando cuando este se encuentre en su fase de planeación, para que no se obstaculice o demore su ejecución. De hecho este procedimiento marca una ruta que facilita la toma de decisiones y evita contratiempos, asi como preve un aprovechamiento óptimo de los recursos a mediano y largo plazo.

Este procedimiento trata de evitar impactos negativos en el ambiente asi como reorientar con criterios de costo beneficio, las inversiones tanto públicas como privadas y elevar la calidad de vida de la población.

9.2 Estructura operacional del procedimiento de impacto ambiental

La ley define al impacto ambiental como la alteración del ambiente ocasionada por el hombre y la naturaleza.

En consecuencia el procedimiento de impacto ambiental contempla el cumplimiento o logro de los siguientes objetivos:

- Ordenar las actividades productivas entre sí y estos con el ambiente de manera que se logre el mínimo deterioro.
- Anticipar los impactos ambientales adversos de un proyecto y llenar los mecanismos técnicos para evitarlos o por lo menos disminuirlos.

- Generar los elementos para que el responsable y la autoridad competente elijan la alternativa de un proyecto que represente el mínimo costo ambiental.

La herramienta básica para la consecución de estos objetivos, es la manifestación de impacto ambiental.

En el caso de obras o actividades en las que se considere que el impacto ambiental no causará desequilibrio ecológico, ni rebasará los límites y condiciones señaladas en los reglamentos y normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación, antes de dar inicio a la obra o actividad de que se trate podrá presentarse a la SEDUE un INFORME PREVENTIVO.

Este informe proporciona las características generales del proyecto y permitirá a la SEDUE, después de ser analizado, si este procede o no y si es necesario la presentación de una MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL.

Cabe destacar que la profundidad de estos documentos depende de la magnitud y alcance del proyecto en cuestión, y también de las características naturales del lugar donde han de desarrollarse.

Los diferentes niveles de profundidad de los estudios de impacto ambiental a los que se hace mención son:

- Manifestación de Impacto Ambiental. Modalidad General
- Manifestación de Impacto Ambiental. Modalidad Intermedia
- Manifestación de Impacto Ambiental. Modalidad Específica

La elaboración y presentación de estos documentos es exclusiva responsabilidad del proponente, y su descripción detallada y temario que deben comprender, se encuentran contenidas en las Gacetas Ecológicas Vol I, Nos. 3 y 4, publicadas por la SEDUE en Septiembre de 1989

El procedimiento así descrito, permite evaluar la interacción medio ambiente-proyecto lo que a su vez aporta los criterios necesarios para optar por aquella alternativa que evite los costos ambientales al máximo.

La SEDUE ha planteado una estructura técnico administrativa que garantiza el cumplimiento de los objetivos del procedimiento de impacto ambiental. Esta estructura cubre tres grandes apartados:

- Identificación
- Evaluación
- Supervisión

La Identificación requiere de la recopilación y análisis de la información relativa a planes y proyectos de desarrollo.

Esta fase hace necesario contar con las normas que apliquen para el caso, requiriéndose de un sistema de registro cuya actualización debe garantizarse.

La Evaluación es la etapa en la que el procedimiento de impacto ambiental genera sus primeros resultados, ya que los documentos de impacto ambiental presentados son evaluados con el fín de identificar aquellas acciones con efectos significativos sobre el ambiente e incluir las medidas que garanticen la prevención.

El Dictamen es el documento oficial resolutivo y constituye el compromiso que contrae el proponente ante la SEDUE para la instrumentación del plan o proyecto en cuestión en apego a lo manifestado.

La Supervisión es la etapa del procedimiento que representa la garantía del cumplimiento de lo manifestado por parte del responsable, así como de la verificación de las medidas aportadas para prevenir o controlar los efectos negativos de un desarrollo.

Por lo tanto, la Supervisión fundamenta sus acciones en las medidas de protección ambiental propuestas en el documento de impacto ambiental, así como los términos del dictamen.

A partir de la problemática ambiental generada por la realización de grandes procesos de desarrollo de los distintos sectores, se ha hecho necesario que las autoridades replantearan las medidas y estrategias de prevención y control ambiental, derivando en una serie de normas y criterios técnico-administrativos para proteger el medio ambiente.

A pesar de lo anterior las normas se han aplicado en un carácter correctivo y no preventivo como fue su fin al momento de su elaboración. Por lo anterior es necesario la formulación de estrategias y criterios de compensación, generación o restauración para los casos en que los planes estén en etapas avanzadas, así como procedimientos que permitan prevenir un deterioro del medio en los proyectos en fase de planeación.

Cuando se planea a partir del ordenamiento ecológico del territorio y la evaluación de los impactos ambientales de los proyectos a desarrollar, se obtiene una de las mejores herramientas en la prevención, dando resultados menos costosos que en la ejecución de acciones correctivas.

El ordenamiento del territorio es una herramienta diseñada para facilitar la toma de decisiones referidas a la selección más viable para el aprovechamiento de los recursos naturales, no sólo desde el punto de vista de los medios biótico y abiótico, sino también del socieconómico y político. Este no debe ser un proceso cerrado siendo necesario enfrentar el cambio de circunstancias con el propósito de dar soluciones viables y oportunas.

Definir esquemas para el uso del suelo es la premisa más importante del ordenamiento ecológico; con ello se pretende compatibilizar los programas de desarrollo, lo que coadyuva en gran medida a la definición de dichos esquemas.

Como resultado de lo anterior, se espera evitar los usos antagónicos del suelo minimizando los riesgos ambientales derivados de una deficiente planeación.

Un estudio de impacto ambiental contempla alternativas para un desarrollo armónico de los recursos, así como un análisis del costo-beneficio enfatizando en los riesgos ambientales.

La dicotomía entre las distintas actividades que pueden concurrir en una zona, da como resultado un aumento exponencial en los niveles de riesgo inherentes a esas actividades (interacción urbano-industrial). Entre los costos ambientales más elevados están los accidentes, que son mayores cuando se carece de esquemas de zonificación y espaciamiento.

Si es claro que el riesgo es un factor que no se puede controlar totalmente, se pueden minimizar en gran medida cuando se le identifica oportunamente y si se programan acciones de prevención o control, el riesgo es menor.

A lo largo del país persiste un elevado riesgo en virtud de la existencia de múltiples actividades industriales en vecindad con asentamientos.

El procedimiento de impacto ambiental contempla la instrumentación de acciones de carácter preventivo, donde el riesgo por accidentes se evalúa cuidadosamente con el propósito de incorporar aquellos elementos que garanticen beneficio a la sociedad.

Entre los factores básicos que determinan la potencialidad de los riesgos, podemos mencionar una localización inadecuada de la industria y la instrumentación de procesos que conllevan la utilización de sustancias

peligrosas (tóxicas, corrosivas, explosivas, inflamables, etc.), que requieren control para su almacenamiento, conducción, procesamiento y transporte.

9.3 Técnicas de identificación de impactos ambientales

Para realizar el análisis de impacto ambiental, se han desarrollado técnicas dinámicas, basadas en mayor o menor grado en diagramas sistémicos que aportan una organización visual de la información ecológica mediante la unión de los componentes del ecosistema.

Los datos de partida del análisis implican una descripción y conocimiento del medio natural y socioeconómico, el cual lo podemos integrar de la siguiente manera:

- Medio Abiótico
- Medio Biótico
- Medio Humano

El medio abiótico es aquel que queda definido por los rasgos físicos y lo integran entre otros, los siguientes.

1. Cimatología, en donde se incluye el tipo de clima de acuerdo con la clasificación de Koppen modificada por E. García para la República Mexicana.

   - Temperaturas (medias)
   - Precipitación, media anual
   - Otros fenómenos como la evaporación, nubosidad, días con niebla, etc.
   - Fenómenos especiales como el caso de huracanes y tormentas tropicales, etc.
   - Condiciones de calidad de aire y capa de mezclado en caso de conocerse.

2. Geomorfólogía y Geología, en donde se deberá dar características generales, los rasgos de los suelos subsuelos del área en estudio deberá incluir.

   - Geomorfología General
   - Orografía
   - Susceptibilidad de la zona a fenómenos sísmicos, deslizamientos, derrumbes, actividad volcánica, etc.

3. Suelos, que implica el conocimiento y clasificación de acuerdo con la FAO y su capacidad de saturación.

4. Hidrología que implica el conocimiento de las ríos o corrientes superficiales y obras relativas en la zona de entrada como son:

   - Aforos de ríos y arroyos
   - Embalses y cuerpos de agua
   - Drenaje subterráneo
   - Extracción en pozos

5. Oceanografía, que permite el conocimiento de las características y condiciones del mar, cuando la obra está ubicada en el, incluyendo principalmente.

   - Topohidrografía de la zona de estudio
   - Oleajes normales y extremales
   - Dinámica litoral
   - Corrientes masivas
   - Mareas Astronómicas y de Tormenta
   - Temperaturas y Salinidad

El medio Biótico se refiere al conjunto de seres vivos que se encuentran en la zona de estudio y queda integrado genericamente por la flora y fauna.

1. Flora
   - Tipo de vegetación en la zona
   - Asociaciones vegetacionales y distribución
   - Especies de interés comercial
   - Vegetación endémica y/o peligro de extinción.

2. Fauna
   - Tipo de oficina característica de la zona
   - Especies de interés comercial
   - Especies de interés cinegético
   - Especies amenazadas o en peligro de extinción

3. Ecosistema y Paisaje

Este tercer punto es de gran importancia, ya que liga la interelación entre el medio biótico con el abiótico y que aunque guardan una independencia relativa tienen una afinidad considerable .

Es fundamental conocer si las obras o actividades a desarrollar podrán afectar el ecosistema y/o paisaje.

El medio humano se refiere en particular a las características y condiciones sociales, culturales y económicas en que se desarrolla la población en la zona del proyecto.

Los principales aspectos a considerar:

1. Población.- sus datos principales como son: grupos étnicos, población económicamente activa, niveles de empresa y salarios, etc.

2. Servicios, que incluye entre otros a: medios de comunicación, medios de transporte, servicios de población de infraestructura (agua, drenaje, electricidad, teléfonos), servicios de equipamiento urbano como son: escuelas, hospitales, mercados, vivienda y zonas recreativas.

3. Actividad que desarrolla la población en la zona, como: agricultura, ganadería, pesca, industriales, etc.

4. Tipo de economía que tiene la región y la que tendrá cuando se desarrolle el proyecto.

5. Cambios Sociales y económicos que se darán por el establecimiento del proyecto en la fase de construcción y operación del mismo.

Dentro de las técnicas de identificación de impactos ambientales recomendables, se mencionan a continuación las que tienen mayor aplicación a nuestro campo:

- Listas de chequeo
- Matriz de Leopold
- Sistema Cuantitativo Global.

Las listas de chequeo constituyen un método simple de interrelación causa-efecto y se utilizan en evaluaciones preliminares. Al listado se suele acompañar de un informe que describe detalladamente las posibles variaciones de cada uno de los factores ambientales considerados y una estimación de su importancia para el caso considerado.

En la figura 9.1 se muestra a manera de ejemplo una lista de éste tipo.

La matriz de Leopold correlaciona 100 posibles acciones de proyecto versus 88 elementos humanos y ambientales. En la figura 9.2 se muestran algunos de los elementos considerados.

Para calificar los niveles de impacto, se sugiere utilizar una escala de 10 puntos, los cuales pueden ser positivos o negativos. Se sugiere también la calificación de impactos sea realizada en forma separada por magnitud

importancia para cada impacto, según se muestra en la fig 9.3

La magnitud se define como el grado, extensividad o escala del impacto y la importancia es el significado que tiene dicho impacto en el ser humano.

La calificación de la importancia es un proceso normativo o evaluativo mientras que la calificación de la magnitud puede ser objetiva o empírica.

Cuando las matrices contienen muchas celdas, el resultado total es complejo y difícil de estimar, por lo que se acostumbra a resumir los diferentes resultados de varias celdas combinándolas en forma de suma, o algunas veces ponderando los resultados para llegar a un resultado neto, denominado Gran Indice.

Hasta ahora podemos decir que las dos técnicas de evaluación discutidas contienen aspectos de juicio subjetivos, los cuales para la toma de decisiones, no permiten observar claramente cuál sería la mejor alternativa de un proyecto desde el punto de vista de impacto ambiental.

Por ese motivo, y para realizar evaluaciones más explícitas, existen otros métodos como el que se describe a continuación

El Sistema Cualitativo Global, es una de las técnicas de ponderación presentadas por Whitman et al. (1971).

Este sistema considera en su concepción básica, la medición del impacto ambiental de las acciones ejercidas en 78 componentes ambientales, convirtiendo estos valores a unidades comunes usando escalares, pondera los impactos escalados por valores de importancia y suma los productos para calcular un Gran Indice. En la figura 9.4 se muestran los parámetros ambientales utilizados en éste método y sus pesos relativos e importancia.

La novedad de éste método es el uso de escalares para convertir las mediciones ambientales en unidades comunes, según se indicó anteriormente. En éste caso las unidades comunes quedan comprendidas dentro de un intervalo de escala de 0 a 1, denominado índice de calidad ambiental. Las curvas que se usan para transformar mediciones de sus unidades originales a las de calidad ambiental se llaman escalares o funciones valor. En la figura 9.5 se muestran algunos ejemplos de escalares obtenidos por el Water Resources Research y reeditado por Dee et al.(1973)

9.4 Modelo de análisis para un desarrollo portuario

Para entender claramente una metodología que aplique a los desarrollos portuarios, se incluye a continuación una serie de diagramas de bloques que por sí solos explican los diferentes pasos a seguir.

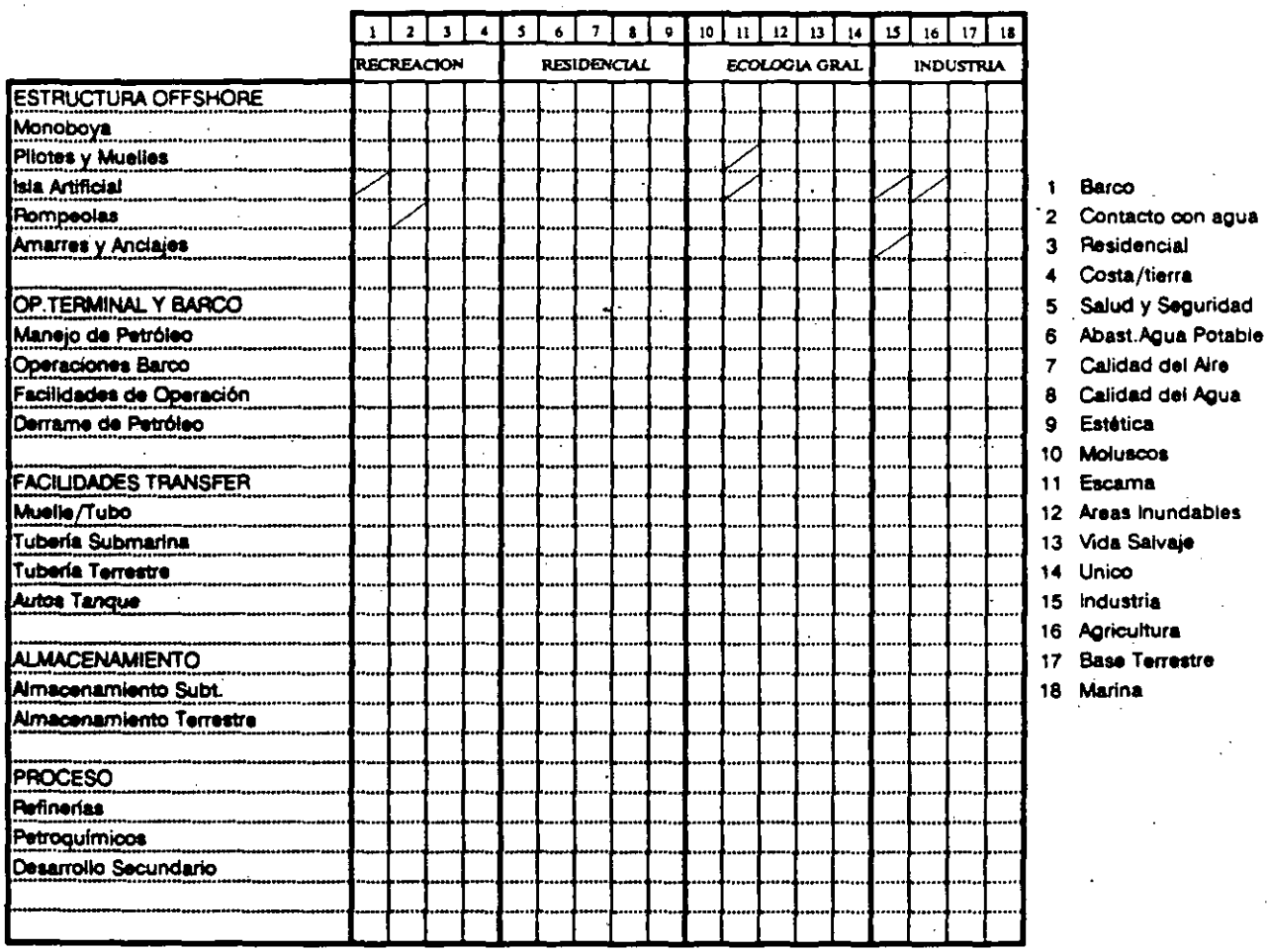


FIGURA 9.1 LISTA DE CHEQUEO, QUE FORMA UNA MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO

1o. Checar cada columna que corresponda a una acción asociada con un proyecto particular.

2o. Para cada columna se examinan los impactos y se especifican la magnitud e importancia de acuerdo a una escala de índices similar a la forma indicada en la fig. 9.3

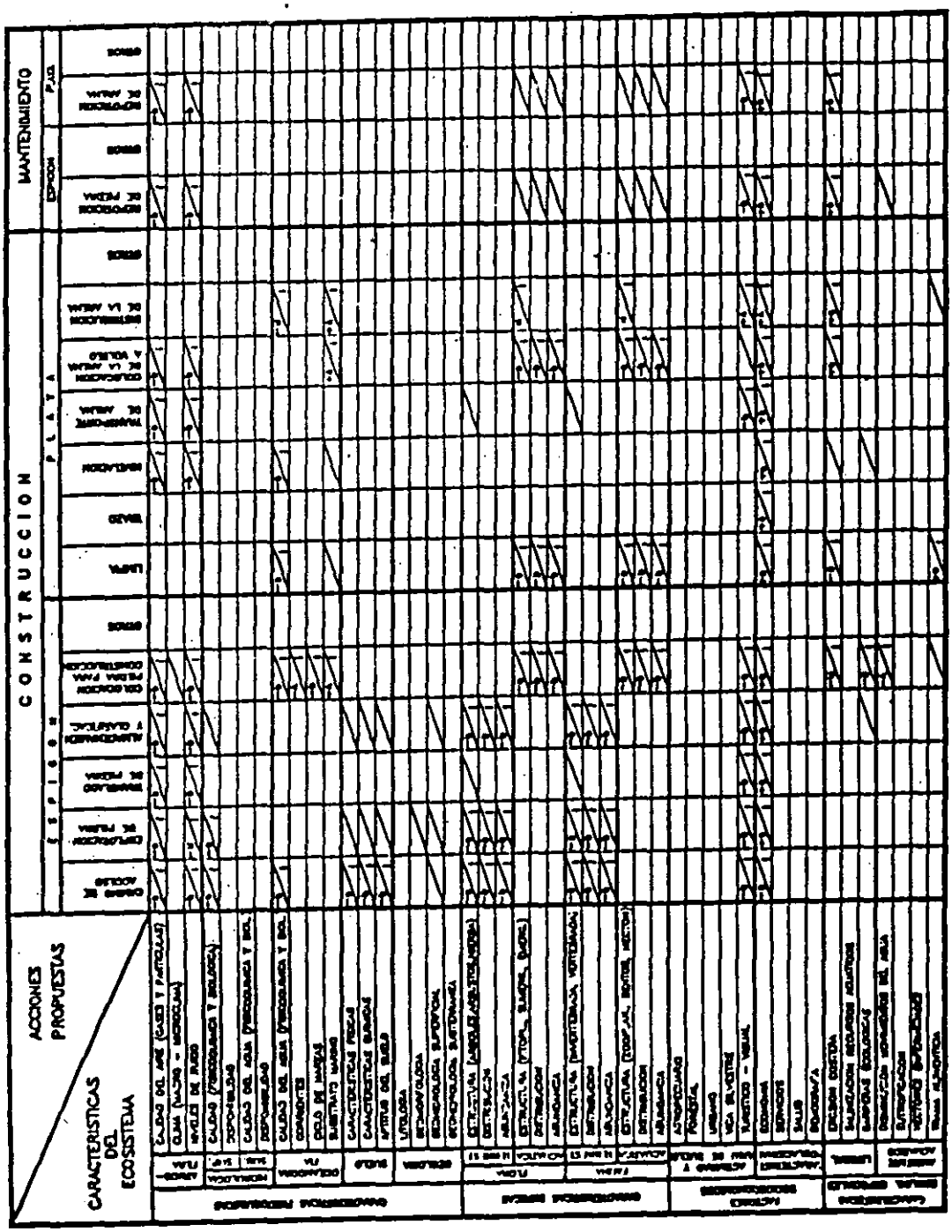


FIGURA 9.2 MATRIZ DE LEOPOLD MOSTRANDO ALGUNOS ELEMENTOS E IMPACTOS CONSIDERADOS.

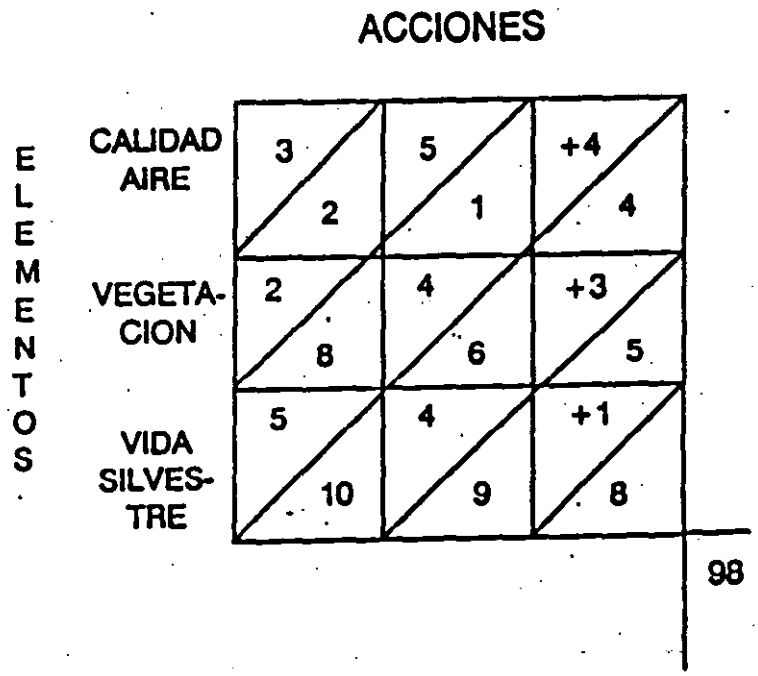


FIG 9.3 MATRIZ EJEMPLO EN DONDE SE MUESTRA LA CALIFICACION DE "MAGNITUD" EN LA CELDA SUPERIOR IZQUIERDA, LA CALIFICACION DE "IMPORTANCIA" EN LA CELDA INFERIOR DERECHA, LOS EFECTOS BENEFICOS SE MUESTRAN CON "+" Y LOS EFECTOS ADVERSOS NO TIENEN SIGNO. LA CALIFICACION TOTAL O GRAI INDICE EN EL EXTREMO INFERIOR DERECHO.

FIGURA 9.4 PARAMETROS AMBIENTALES CONSIDERADOS EN EL SISTEMA CUALITATIVO GLOBAL

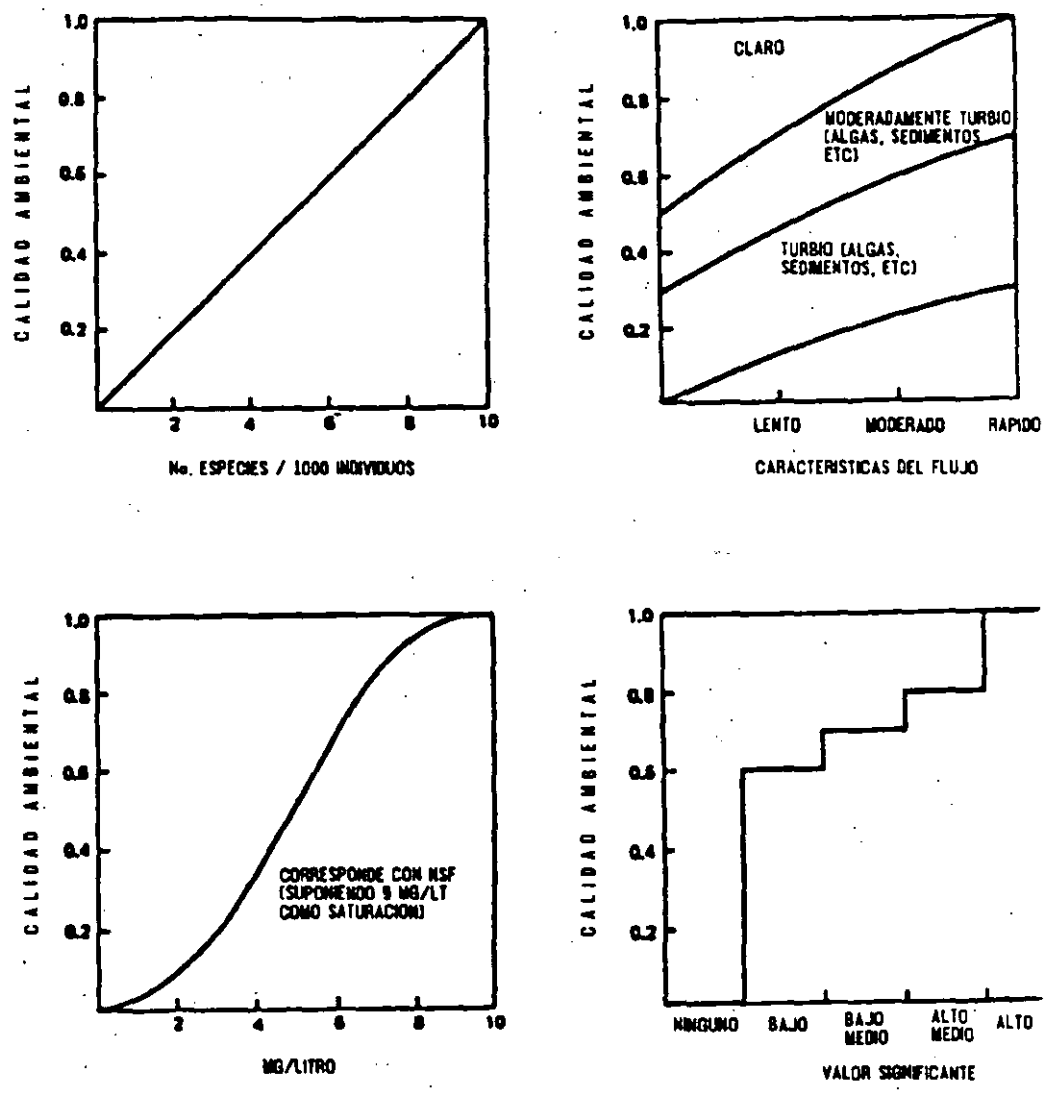


FIGURA 9.5 EJEMPLOS DE ESCALARES USADOS EN LA CONVERSION DE CALIFICACIONES A INDICE DE CALIDAD AMBIENTAL

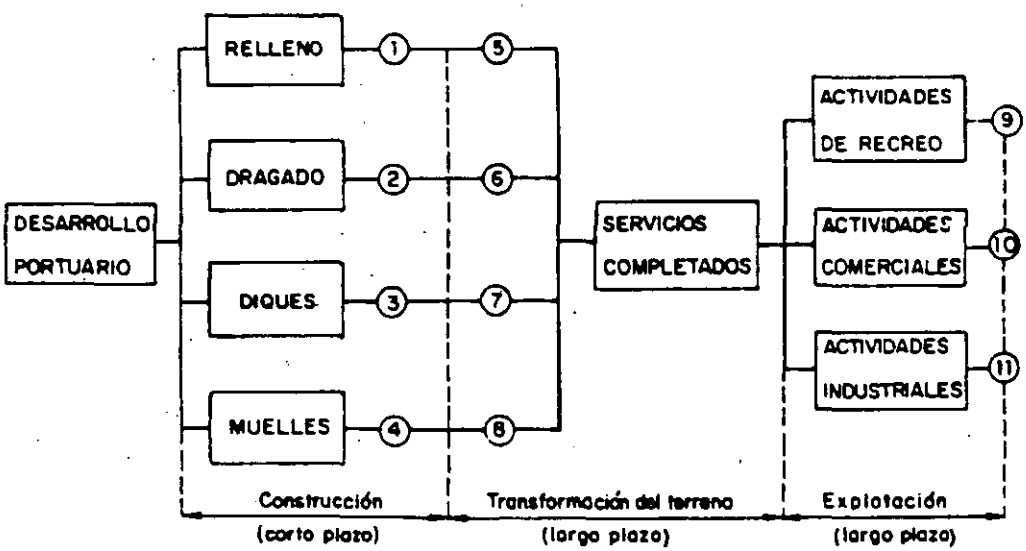


FIGURA 9.6 METODOLOGIA PARA UN DESARROLLO PORTUARIO

FASE	IMPACTOS		
	Nº DE IMPACTOS	POSITIVOS	NEGATIVOS
CONSTRUCCION	1	- Impactos económicos	- Aumento de turbidez - En la fauna de mar y tierra - Aumento de la delincuencia
	2		- Aumento de la turbidez - En la fauna de mar y tierra - Dragado de materiales - Delincuencia
	3		- Turbidez - Delincuencia
	4		- Congestión de tráfico - Ruido - Delincuencia
TRANFORMACION DEL TERRENO	5	- Aumento terreno disponible - Creación de nuevos habitats y comunidades	- Extinción de fauna - Degradación del area - Incidencia en la geomorfología litoral
	6	- Aumento de actividades marítimas - Nuevos habitats y comunidades	- Extinción de la fauna
	7	- Aumento actividades recreativas - Aumento de habitats marinos y de su alimentación	- Degradación calidad agua - Degradacion entorno - Incidencia geomorfológica del litoral
	8	- Aumento en conexión con actividades terrestres	- Degradación del entorno
EXPLOTACION	9	- Crecimiento económico - Desarrollo de nuevas actividades - Aumento valor propiedades - Disminución de cargas	- Degradación aire /mar - Ruido y vibracion - Congestión de tráfico - Degradación del entorno - Delincuencia
	10	- Aumento del valor de la fachada marítima	- Congestión de tráfico - Degradación del entorno - Delincuencia
	11	Idem	Idem

FIGURA 9.7 RESUMEN DE IMPACTOS EN LAS DIVERSAS FASES DE UN DESARROLLO PORTUARIO

GLOSARIO DE TERMINOS

ACODERAR.- Dar una codera a un cable sobre la que está fondeada la nave o a otro objeto fijo cualquiera, para presentar el costado de aquella a un punto determinado.

ACTIVIDAD CONEXA.- Es aquella que proporciona algún servicio a la actividad pesquera en general, como son las distribuidoras de equipo e implementos de pesca, talleres de reparación, comercios, etc.

ALCANCE GEOGRAFICO.- Es la máxima distancia a la que un faro puede ser visto por un observador, en función de la curvatura de la tierra y la refracción atmosférica.

ALCANCE LUMINOSO.- Es la máxima distancia a la que puede ser vista una luz en función de su intensidad, el coeficiente de transmisión atmosférica y del umbral de iluminación del ojo del observador.

ANTEPUERTO.- Es el área de agua ubicada cerca de la entrada, generalmente es atravesado por el canal de acceso, su función es propiciar una expansión de la energía del oleaje que pasa por la bocana y dar servicio para maniobras o fondeo de las embarcaciones.

AREA DE ALMACENAMIENTO (Marina Seca).- Es el espacio de tierra destinado para guardar las embarcaciones en seco, pudiendo existir áreas de almacenamiento a cubierto o a intemperie, dependiendo de las necesidades y facilidades del puerto. Esta área deberá ser proyectada considerando el medio de varada con que se cuente, los medios de transporte interior, así como la disponibilidad de superficie, para alcanzar la máxima eficiencia.

AREA DE MANIOBRAS.- Es el área que tiene la función de permitir las maniobras de carga y descarga que se realizan en los muelles pesqueros.

ARQUEO BRUTO O TONELAJE DE REGISTRO BRUTO (T.R.B).- Es el volumen total de los espacios internos de la nave que sirven de alojamiento, bodegas y servicios de buque.

ARQUEO NETO O TONELAJE NETO DE REGISTRO (T.N.R).- Es el volumen del porte del buque destinado a la carga transportada.

ARQUEO.- Medida convencional para medir el volumen de la nave. La tonelada de arqueo o tonelada MOORSON equivale al volumen de 100 ft^3 o 2.832 m^3.

ARZADA (HEAVING).- Es el movimiento vertical del barco completo sin considerar ninguna inclinación.

ASTILLERO.- Lugar o sitio en un puerto destinado para la construcción de embarcaciones. Establecimiento marítimo donde las embarcaciones son equipadas, preparadas o se les proporciona servicio de mantenimiento; propiamente la función principal es la construcción de embarcaciones nuevas.

AVITUALLAMIENTO.- Es el suministro de todos aquellos insumos que requiere la embarcación y sus tripulantes para la realización de sus viajes.

BABOR.- Lado izquierdo de una embarcación mirando de popa a proa hacia el lado izquierdo de la nave.

BALANCEO (ROLLING).- Es el movimiento del barco alrededor de su eje longitudinal.

BALIZAS.- Son torres estructurales menores que las de los faros, y su función es la de hacerse notables de día y de noche mediante una señal luminosa fija y destellante. Operan automaticamente cuando son luminosas o acústicas.

BARCO.- Artefacto de madera, hierro o acero que flota en el agua y puede transportar personas o cosas también se le denomina con los sinónimos: Navío, buque o embarcación.

BASE NAUTICA.- Es una obra de varada y lanzamiento, consistente de rampa de botado, malacate, plataforma flotante, depósito de embarcaciones, estacionamiento de remolques y vehículos, locales de motores comerciales y de lubricantes.

BOCANA.- Es la entrada de mar abierto a la zona abrigada, puede ser natural o artificial, en cuyo caso estará limitada por rompeolas o escolleras debidamente señalizados.

BODEGA DE ARMADORES.- Son áreas destinadas exclusivamente para el almacenamiento de redes, elementos de reparación y equipo en general c la embarcación. Se construyen aledaños a los patios de reparaciones.

BOYAS.- Son flotadores sujetos por medio de una cadena o cable a un cuerpo que se afirma en el fondo, de tal manera que no cambien de posición, y que sirven para señalar un canal, bajo, roca, etc.

BUQUES DE CARGA GENERAL.- Son buques destinados al transporte de mercancía en general, comunmente llamados cargueros.

BUQUES FARO.- Son embarcaciones que contienen una estructura y se fondean en aguas poco profundas.

CABECEO (PITCHING).- Es el movimiento del barco alrededor de su eje transversal.

CABO.- Area de tierra relativamente extensa que penetra en el mar desde un continente o isla grande y que señala un cambio notable en la costa.

CALADO.- Es la distancia vertical medida, entre la línea de flotación y el borde inferior de la quilla.

CANAL DE NAVEGACION.- Es la zona navegable más importante del puerto, en ella el barco aún en movimiento pasa de mar abierto a la zona protegida y debe de realizar además la maniobra de parada.

CANALES SECUNDARIOS.- Son vías navegables dentro del puerto c permiten a las embarcaciones realizar su rutina de entrada o sali

comunicando al canal de navegación principal con las distintas áreas que conforman el puerto.

CAPACIDAD DE ATRAQUE. Es el número de tramos de atraque que posee un muelle y que pueden ser utilizados simultaneamente.

CAPACIDAD DE CARGA.- Se define como toneladas de peso muerto (T.P.M)

CAPACIDAD DE OPERACION. Es el número de embarcaciones que un muelle está en posibilidad de atender en forma eficaz y fluida. Su magnitud depende de los parámetros operacionales de la flota, de los servicios así como de las características físicas de la instalación.

CAPACIDAD NOMINAL.- Es la capacidad representativa de acuerdo al eje de las ruedas y es una aproximación al potencial de carga del carro. Se denomina CAPY y se expresa en múltiplos de 500 kg. para todos en carros.

CAPTURA/VIAJE.- Es el volumen total de productos pesqueros que una embarcación captura en cada viaje de pesca.

CARGA MUERTA.- Es la suma del peso de todas y cada una de las partes estructurales del muelle.

CARGAS VIVAS MOVILES.- Son las producidas por el equipo que se utiliza sobre el muelle para el manejo de la carga.

CIABOGA.- Maniobra de una embarcación, consistente en bogar avante los remos de una banda y hacia atrás los de la otra. La misma maniobra en un barco, por medio del timón y la máquina.

COMPLEJO NAUTICO RESIDENCIAL.- Es un puerto recreativo cuya característica principal es que el área terrestre está constituída por lotes que integran la unidad habitacional, cuyo régimen de utilización es conjunta con la de los muelles, o servir como segunda residencia, en cuyo caso puede constituir el elemento clave del complejo, incluye además dársenas deportivas de servicio público.

CONGELADORAS.- Son industrias que someten a los productos pesqueros a bajas temperaturas para su conservación.

CONSIGNADOR.- El que consigna sus mercancías o naves a la orden de un corresponsal.

CONSIGNATARIO.- Persona a quien va encomendado el cargamento de un buque. Representante del armador de un buque, con respecto a su pasaje y carga.

CONTENEDOR.- Equipo de tranporte suficientemente resistente para permitir su uso repetido, que facilite su traslado y transbordo por uno o varios modos de transporte sin necesidad de manipulación intermedia de la carga.

COSTA.- Franja de tierra de ancho indefinido (pudiendo ser de varios kilómetros) que se extiende desde la línea de playa hasta el primer cambio notable del terreno.

CRUCERO.- Es un buque de pasajeros que realiza recorridos tocando varios destinos de un sólo o varios países, cuenta con todos los servicios e instalaciones de un hotel flotante de gran categoría. El tamaño de estas embarcaciones varía de 100 hasta 3000 turistas.

DARSENA DE CIABOGA.- Es el área marítima dentro del puerto, donde los barcos hacen las maniobras de giro y revire con el fin de enfilarse hacia las distintas áreas del puerto; es la representación esquemática del círculo de evolución que sigue un barco en esta maniobra, puede o no estar incluida la maniobra de parada.

DARSENA DE MANIOBRAS.- Son las áreas dentro del puerto destinadas a las maniobras de preparación del barco para el acercamiento o despegue del muelle, se requieren áreas para tal fin en cada grupo de atraque, normalmente se realizan con ayuda de servicio de remolcadores, sin embargo la no existencia de este servicio resulta en dársenas muy grandes.

DARSENA DE SERVICIOS.- Son las áreas de agua contiguas a los muelles y las complementarias para permitir reparaciones a flote. Las áreas contiguas a los muelles son conocidas como dársenas de atraque normalmente dependen de la longitud del frente de atraque.

DARSENA DEPORTIVA.- Areas de agua abrigada que puede o no formar parte de un puerto, cuenta con servicios de ayuda a la navegación, amarre, rampa, mantenimiento, almacén en seco y algunos otros servicios para las embarcaciones y los usuarios; teléfono, recolección de basura, escuela de veleo, etc.

DARSENA.- Lugar resguardado del mar y el oleaje en los puertos, para abrigo o refugio de las naves.

DERIVA (SWAYING).- Es el movimiento del barco completo a lo largo de su eje transversal.

DESCARGA.- Es un servicio portuario y comprende la extracción de los productos de pesca de la bodega del barco, por medios manuales o mecánicos, para su traslado a la planta pesquera.

DESPLAZAMIENTO EN CARGA.- Es el peso del buque listo para navegar y con la máxima carga que puede transportar.

DESPLAZAMIENTO EN LASTRE.- Es el peso de la nave lista para navegar.- Incluye combustible, agua, lastre, etc. pero sin carga.

DESPLAZAMIENTO EN ROSCA.- Es el peso que se tiene al botar el buque al agua incluyendo al casco con accesorio, maquinaria, calderas, turbinas, lubricantes y agua.

DESPLAZAMIENTO.- Es el peso del volumen de agua desalojada por el barco en toneladas métricas.

DICTAMEN .- Es el documento oficial resolutivo y constituye el compromiso que contrae el proponente ante la SEDUE para la instrumentación del plan o proyecto en custión en apego a lo manifestado.

EMBALAJE DE TRANSPORTE.- Son los recipientes o receptáculos que reciben a la carga, la almacenan y protegen durante el traslado desde su origen hasta su destino, sin necesidades de manipular la mercancía en los transbordos.

EMBARCADERO.- Es el mayor número de instalaciones existentes en España y evolucionan posteriormente a dársenas deportivas o puertos deportivos, consisten en pequeños planos de agua abrigados con algunos puntos de amarre de embarcaciones y servicios como gasolina, rampa, agua, recepción de basura, etc.

ENLATADORAS.- Son industrias que someten el producto a un proceso mediante el cual se le envasa en recipientes de hoja de lata cerrados hermeticamente y añadiendo previamente ingredientes naturales o artificiales para incrementar su valor alimenticio o su sabor.

EQUIPO DE TRANSBORDO.- Son las máquinas, instrumentos y herramientas que se usan en las terminales o estaciones para transferir la carga y/o su equipo de transporte de un medio o modo de transporte a otro.

ESCOLLERA.- Conjunto de obra y piedras o bloques echados al fondo del mar, para proteger en forma de dique, la entrada de un puerto, embarcadero, río, etc. contra el embate del oleaje.

ESLORA.- Máxima dimensión entre las caras externas de la proa y la popa.

ESPIGON.- Estructura construida para proteger una costa (usualmente perpendicular a la línea de costa) y que sirve para atrapar el transporte litoral o retardar la erosión de una costa.

ESTADIA EN PUERTO.- Es el tiempo que dedica la embarcación para realizar las maniobras de descarga de los productos pesqueros, su mantenimiento y reparaciones, avituallamiento y trámites para iniciar un nuevo viaje de pesca.

ESTRIBOR.- Costado derecho de la embarcación, mirando de popa a proa.

ESTUARIO.- Parte de un río que es afectado por las mareas, existiendo un mezclado del agua dulce del río y la salada del mar.

EVALUACION.- Es la etapa en la que el procedimiento de impacto ambiental genera sus primeros resultados ya que los documentos de impacto ambiental presentados son evaluados con el fin de indentificar aquellas acciones con efectos significativos sobre el ambiente e incluir las medidas que garanticen la prevención.

FABRICAS DE HARINA DE PESCADO.- Industrias que obtienen a partir de la precocción, prensado y óxido-reducción de las diversas especies. En este proceso se obtiene también aceite de pescado.

FABRICAS DE HIELO.- Industria básica que permite conservar los productos en las bodegas de los barcos durante los viajes de pesca, como para el manejo de los productos en las distintas etapas de su proceso y transporte.

FAROS.- Torre o estructura con luz en su parte superior, para que durante

la noche sirva de señal y aviso a los navegantes y de día la propia estructura cumpla con esta función.

FAUNA.- Población animal de una localidad o región.

FINGER.- Elemento móvil entre los cuales se introducen las embarcaciones deportivas, por lo general estas son amarradas de popa al muelle principal para facilitar el acceso del usuario a la misma.

FLORA.- Población vegetal de una localidad o región.

FLOTA PESQUERA EN OPERACION.- Es el conjunto de embarcaciones que operan en un puerto aún cuando no todas esten registradas en el mismo.

FLOTA PESQUERA REGISTRADA.- Es el conjunto de embarcaciones que tienen su registro original en un puerto base; es decir que han sido matriculados en dicho puerto.

FLOTA PESQUERA.- Es el conjunto de embarcaciones cuya función es extraer los productos del mar y transportarlos hasta su base de operación.

FONDEADERO.- Son áreas de agua que sirven para el anclaje, cuando los barcos tienen que esperar un lugar de atraque, el abordaje de tripulación y abastecimiento, inspección de cuarentena y algunas veces aligeramiento de carga; su localización debe ser estratégica, según la función que tenga que cumplir, aunque generalmente se ubican junto a los canales de navegación, sin que entorpezcan los movimientos de otros buques.

FRANCO BORDO.- Es la distancia vertical, medida en la sección maestra, entre la línea de flotación a plena carga y el nivel de la cubierta principal.

FRECUENCIA DE ARRIBOS.- Es el número de embarcaciones que arriban a un puerto por unidad de tiempo (generalmente por día) y que generan demanda de servicios.

GUIÑADA (YAWING).- Es el movimiento del barco alrededor de su eje vertical y es la más importante desde el punto de vista del dimensionamiento de las áreas de agua.

HINTERLAND.- Es la zona en la cual se consumen, producen o transforman productos que se mueven por el puerto.

IMPACTO AMBIENTAL.- Alteración del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza.

INDUSTRIAS BASICAS.- Es el conjunto de instalaciones que de alguna manera realizan determinados procesos a los productos de la pesca, para posteriormente hacerlos llegar a manos del consumidor.

INDUSTRIAS CONEXAS.- Es el conjunto de instalaciones que sirven de apoyo a las industrias pesqueras básicas, así como también a la actividad pesquera en general; entre las más comunes se pueden mencionar las fábricas de envases de cartón de productos plásticos, fábricas de artículos e implementos de pesca, industria de la construcción y reparación naval, que está formada por los astilleros y varaderos.

INDUSTRIAS PESQUERAS.- Es el conjunto de instalaciones en tierra destinadas a transformar los productos pesqueros a productos que involucren un proceso industrial como el fileteado, congelado, cocido, enhielado, producción de harina, enlatado, módulos para seco salado.

LIMITE DE CARGA.- Es la carga máxima real de transporte de un carro, se determina restando la tara de la carga máxima permitida sobre cuatro ejes, de acuerdo al diámetro del eje.

LINEA DE PLISMOLL.- Es el diagrama grabado a costados del buque que muestran marcas que determinan el calado, en función de la densidad del agua por la que navega el buque, bajo condiciones de seguridad.

MALECON.- Muro perimetral que delimita a la dársena.

MANGA.- Es la máxima dimensión transversal del buque.

MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL.- Documento mediante el cual se da a conocer con base a estudios el impacto ambiental significativo y potencial de un proyecto y la forma de evitarlo o atenderlo en caso de que sea negativo. Existen diversos grados de detalle de estos estudios dependiendo de la importancia y magnitud de la obra y del medio natural que la rodea.

MANIOBRA.- Arte de dar a las embarcaciones todos sus movimientos. Facha hecha a bordo de un buque con sus aparejos.

MAREA.- Es el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar debido a las fuerzas de atracción lunar y solar combinadas con la fuerza centrífuga y el efecto de coriolis causado por la rotación de la tierra.

MARINA.- Es el conjunto de obras y áreas de agua abrigadas para recibir las embarcaciones a vela y de motor que puedan llegar por tierra o mar. Cuenta con servicios e instalaciones tanto para el usuario como para la embarcación (por ley existen una serie de servicios mínimos que deben reunir) y también con desarrollo inmobiliario residencial o multifamiliar.

MASA HIDRODINAMICA.- Es el peso o masa de agua que rodea al casco de la embarcación.

MODOS DE TRANSPORTE.- Son los vehículos que impulsan o arrastran al equipo de transporte, teniendo la suficiente capacidad de espacio y potencia para transbordo de un lugar a otro sobre un mismo medio natural de desplazamiento.

MUELLES DE AVITUALLAMIENTO (Puertos Pesquero).- Instalaciones especiales que se utilizan para proveer de agua, hielo, víveres, etc. a las embarcaciones

MUELLES DE COMBUSTIBLE (Puertos Pesqueros).- Son instalaciones especializadas que se utilizan para abastecer de combustible y lubricantes a las embarcaciones; en tierra cuenta con ductos, bombas, medidores, tanques de almacenamiento, etc.

MUELLES DE DESCARGA.- (Puertos Pesqueros).- Son los utilizados para la descarga del producto pesquero y eventualmente usados para avituallamiento. Se localizan inmediatos a los centros de recepción o a las plantas de tratamiento.

MUELLES DE ESTADIA INACTIVA (Puertos Pesquero).- Son los utilizados para atracar embarcaciones inactivas u ociosas, se localizan en áreas de menor tráfico donde no interfieran con el resto de la flota.

MUELLES DE REPARACION Y MANTENIMIENTO A FLOTE (Puertos Pesqueros).- Son los tramos de atraque donde se efectúan reparaciones de máquinas, equipo electrónico y de pesca de las embarcaciones que no requieren el uso de varadero.

MUELLES DE USO PUBLICO (Puertos Pesqueros).- Son aquellos muelles que admiten la descarga y avituallamiento a cualquier embarcación que no tiene otra posibilidad de efectuar esas operaciones en otro muelle de uso exclusivo para alguna actividad o por razones de propiedad de alguna planta industrial.

NUMERO OPTIMO DE ATRAQUES.- Es el número de atraque que reduzcan el mínimo el costo anual por esperas de los barcos más el costo anual (equivalente) de atraques desocupados.

OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.- Es el conjunto de elementos estructurales que forman un paramento vertical, con suficiente calado para el atraque de los buques y una superficie horizontal para el depósito de mercancías y el movimiento de los medios mecánicos terrestres.

OBRAS EXTERIORES.- Son obras que se construyen con la finalidad de proporcionar abrigo en forma artificial a un sitio en la costa donde existe un puerto o donde se pretende la construcción de uno.

OBRAS INTERIORES.- Dentro de estas se engloban todas aquellas que dan servicio a la embarcación y que no están sometidas directamente a la acción del mar.

OLEAJE.- Es la acción y efecto de formación de ondas que se desplazan en la superficie de las aguas por la acción de viento.

OPERACION PORTUARIA.- Es el conjunto de todas las operaciones necesarias para realizar el paso de la mercancía desde el transporte marítimo al transporte terrestre en un sentido u otro.

OPERATIVIDAD.- La operatividad de un puerto consiste en tener condiciones propicias de oleaje, viento y corrientes, de tal manera que las maniobras de navegación en canales y dársenas puedan ejecutarse.

PASARELA MARGINAL.- La disposición de esta estructura es paralela al malecón conectándose a tierra por medio de la escala o rampa móvil, puede ser fija o flotante.

PATIO DE REPARACIONES DE EQUIPO DE PESCA.- Es el área destinada para la reparación de redes y/o artes de pesca así como el equipo desmontable que posee el barco pesquero. Generalmente se construyen aledaños a los

muelles de reparaciones a flote o en los muelles de uso público.

PESO MUERTO.- Es el que se integra con el peso de la carga, combustible, agua, víveres, lubricantes, efectos de consumo y tripulación.

PIGGY BACK.- Se refiere al movimiento que sobre plataformas de ferrocarril, se hace de remolques que llevan llantas en la parte trasera y patín en la delantera para ser movidos por tractor, permitiendo la conexión con el autotransporte.

POPA.- Parte posterior de la nave donde se halla el timón.

PORTE BRUTO.- Es el peso capaz de transportar el buque

PORTE NETO.- Es el peso de la carga máxima transportada por el buque, y que paga su traslado

PORTE.- Es el peso de la carga que transporta el buque

PROA.- Parte delantera de la nave.

PUERTO DEPORTIVO.- Es idéntico que la marina, salvo que en este no existe el desarrollo inmobiliario.

PUERTO PESQUERO INDUSTRIAL.- Es aquel sitio que cuenta con instalaciones en tierra para transformar el producto de su estado natural a otro que involucre un proceso industrial como el fileteado, congelado, cocido, seco, salado u otro proceso.

PUERTO PESQUERO.- Es aquel sitio en el cual la actividad portuaria fundamental es la pesca y donde se establecen un gran número de pesquerías que aprovechan su frente de agua para realizar sus funciones de recepción (descarga), resguardo (almacenamiento), conservación y distribución del producto pesquero, debe estar provisto de obras, instalaciones y servicios en agua y tierra.

PUERTO TURISTICO.- Es un conjunto de obras e intalaciones sin desarrollos inmobiliarios, que tienen por objeto prestar servicios públicos a las embarcaciones de placer.

PUERTO.- Puerto es el conjunto de obras, instalaciones y organizaciones que permiten al hombre aprovechar un lugar de la costa más o menos favorable para realizar operaciones de intercambio de mercancía entre el trabajo terrestre y marítimo, añadiendo el embarque y desembarque de pasajeros.

PUERTOS ARTIFICIALES.- Son aquellos en los que es necesario construir las obras de protección (rompeolas), dragado y rellenos para las áreas terrestres que ocuparán las instalaciones, con la finalidad de proporcionar abrigo a un lugar desprotegido de la costa.

PUERTOS ESPECIALES.- Son aquellos que realizan movimientos de carga y descarga de un solo tipo, distinguiendose los graneleros y de fluidos.

PUERTOS FLUVIALES.- Son aquellos localizados en la ribera de un río o en

la desembocadura de corrientes fluviales y que reciben el influjo de las mareas.

PUERTOS GENERALES Y ESPECIALES.- Son aquellos que estan en posibilidad de recibir embarcaciones de altura y operar el tráfico comercial internacional.

PUERTOS MARITIMOS.- Son aquellos situados en puntos geográficos de las costas como bahías y ensenadas, en donde se tiene una influencia directa del mar, protegido en forma natural o artificial del oleaje, las corrientes marinas y el transporte litoral.

PUERTOS NATURALES.- Son aquellos en los que la conformación física de la costa proporciona una adecuada protección a las instalaciones portuarias de la acción de los fenómenos aceanográficos y meteorológicos, existiendo las profundidades suficientes que permiten la navegación de las embarcaciones, haciendose mínima la intervención del hombre para su habilitación.

PUNTAL.- Es la distancia vertical, medida en la sección maestra, entre la quilla y el nivel de cubierta principal.

RADAR.- Equipo electrónico que mediante la emisión de ondas radioeléctricas, determina en dirección, distancia y altura, la situación de las embarcaciones y de la costa.

RADIO-FAROS.- Es un sistema de estación cuya utilización exige tanto que existan en tierra las instalaciones correspondientes (ayudas a la navegación) como que el buque cuente con los receptores adecuados.

RAMPA DE BOTADO.- Elemento que sirve para intercambiar a las embarcaciones, para poner a flote o en tierra a las mismas y es un dispositivo que consiste en una superficie inclinada que partiendo de tierra penetre hasta el agua en la plantilla del canal o dársena y que permite que una embarcación montada en un remolque y empujado por un vehículo se deslice hacia el agua hasta que la embarcación quede a flote y por ello libre del remolque.

RAMPA MOVIL.- Son estructuras que sirven para ligar el malecón con la zona de atraque de las embarcaciones (muelles). Se compone principalmente de una plataforma antiderrapante, pasa manos y en el caso de servir a muelles flotantes utilizará articulaciones en los extremos a fin de trabajar con los niveles de marea.

RAMPA PRINCIPAL.- Es la plataforma longitudinal que conduce a los muelle de atraque, formando así la estructura llamada peine. Esta estructura puede ser fija o flotante; en el primer caso su cimentación será a base de pilotes o algún elemento estructural semejante en caso de ser flotante usa pilotes como guías y para la flotación usa pontones.

RANGO DE MAREA.- Es el punto fundamental para determinar los niveles máximos y mínimos que puede alcanzar el nivel del agua.

RECINTO PORTUARIO.- Se entiende por recinto portuario el área sujeta a' régimen de los bienes del dominio marítimo, destinados el establecimient

de las instalaciones y la prestación de los servicios a que se refiere la Ley de Vías Generales de Comunicaciones.

ROMPEOLAS.- Estructura que sirve para proteger una zona costera, puerto, fondeadero o dársena del oleaje.

SEÑALAMIENTO MARITIMO.- Es el conjunto de dispositivos óptimos, acústicos y electromagnéticos que situados en puntos estratégicos sirven para que la embarcación pueda situarse, orientarse o dirigirse a un lugar determinado, así como también para evitar peligros naturales.

SEÑALES ESPECIALES.- Son señales cuyo objeto principal no es ayudar a la navegación, sino indicar una zona especial o configuración mencionados en los documentos náuticos apropiados.

SEÑALES LUMINOSAS.- Constituyen al grupo más importante de señales para ayuda a la navegación que permiten determinar la posición del lugar donde se encuentre algún bajo, escollo, etc.

SEÑALES RADIOELECTRICAS.- Es un tipo de ayuda a la navegación, mediante la propagación de las anclas radioeléctricas.

SEÑALES SONORAS.- Señales cuya finalidad es avisar a los navegantes en tiempo de niebla, la proximidad de un peligro o de un punto determinado de la costa.

SISTEMA CONSOL.- Es una estación que consta de un solo transmisor, en la cual la antena esta compuesta por tres mástiles situados en línea recta, los extremos simétricos respecto al central, separado entre 5 y 6 metros.

SISTEMA DECCA.- Es un sistema hipérbolico de radionavegación que funciona en una frecuencia comprendida entre los 70 y 130 khz, en el que un par de estaciones fijas emiten, cada una sobre una armónica diferente de una misma frecuencia fundamental o frecuencia de comparación determinándose la línea de posición del receptor en función de la diferencia de fases obtenida.

SISTEMA LORAN.- Sistema de navegación americano que utiliza emisiones radio eléctricas de gran alcance en el que las hipérbolas o líneas de posición se determinan por la medida de la diferencia de tiempos de recepción de impulsos sincronizados emitidos por dos estaciones separadas por una distancia dada.

SISTEMA OMEGA.- Es un sistema hiperbólico o de navegación por comparación de fase de gran alcance compuesto por tres o más estaciones con emisiones sincronizadas.

SISTEMAS HIPERBOLICOS.- Es un sistema de estación, que para ser usada es necesario que el buque este equipado con un receptor especial y disponer de las cartas con las redes de hiperbolas especiales para cada sistema.

SLIP.- Es el espacio destinado entre fingers para el atraque de la embarcación. El espacio entre un par de finger puede ser para una o dos slips.

SQUAT.- Es el hundimiento aparente que experimenta el barco en movimiento y depende fundamentalmente de la velocidad, de la distancia entre la quilla

y el fondo del trim del barco, del área de la sección transversal del canal y de si el canal está localizado en una vía amplia o estrecha.

SUPERVISION.- Es la etapa del procesamiento que representa la garantia del cumplimiento de lo manifestado por parte del responsable, así como de la verificación de las medidas aportadas para prevenir o controlar los aspectos negativos de un desarrollo.

TARA.- Es un factor importante para transbordar la mercancía con todo y su vehículo cuando el peso muerto es relativamente bajo.

TRAMO DE ATRAQUE.- Es la longitud del muelle que ocupa o requiere una embarcación, para estar en posición de recibir algún servicio. Se representa fisicamente por la eslora total del barco más una tolerancia del 15% que se adiciona para permitir maniobrar y evitar riesgos, (Puertos Pesqueros).

TRANSPORTE MULTIMODAL.- Es un servicio puerta a puerta, mediante el empleo de diversos modos de transporte, con un solo responsable en el traslado de la carga.

TRAVELIFT.- Sistema de varada que puede ser hasta de 250 tons. de capacidad y que, se desplaza hacia el agua sobre rieles cimentados sobre el fondo marino.

VAIVEN (Surging).- Es el movimiento longitudinal del barco y en realidad es importante para las amarras cuando el barco esta atracado, no se considera significante para el diseño de las áreas de agua.

VARADERO.- Lugar donde varan las embarcaciones para limpiar sus fondos o componerlas.

VIAJE DE PESCA.- Es el tiempo que dedica una embarcación a las labores de navegación, localización, captura y transporte del producto hasta el puerto de desembarque.

VIAJES/TEMPORADA.- Es el número total de viajes de pesca que realiza una embarcación por temporada de pesca, si la temporada abarca un año regular se denominan viajes/año.

VIENTO DOMINANTE.- Dirección en la que el viento incide con velocidades máximas durante el período de observación.

VIENTO REINANTE.- Dirección en la que incide el viento con mayor frecuencia durante el período de observación.

VIENTO.- Corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre.

VIENTOS LOCALES.- Son los que influyen directamente para el diseño de los muelles (orientación), maniobras de los buques y en general, diseño y cálculo de obras interiores.

ZONAS COMERCIALES.- Son áreas que se localizan alejadas del frente de agua y en las cuales se establecen los centros comerciales como: ferreterías talleres de artesanías, refaccionarias, etc.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 3

1. C.F.E.Instituto de Investigaciones de la industria eléctrica. "MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES". México. 1970

2. INEGI. "CARTAS DE CLIMAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA"

3. Pilot Chart. "SURFACE CURRENTS", Northeastern Pacific Ocean.

4. Sea and Swell Charts.

5. Secretaría de Marina. "ATLAS OCEANOGRAFICO DEL GOLFO DE MEXICO Y MAR CARIBE", 1974

6. Servicio Meteorológico. "REGISTROS MENSUALES DE VIENTOS LOCALES"

7. Servicio Meteorológico Nacional. "TRAYECTORIAS CICLONICAS 1967-1980, 1980-1985".

8. UNAM. Instituto de Geofísica. "TABLAS DE PREDICCION DE MAREAS". 1990.

CAPITULO 4

1. "I CURSO SOBRE PUERTOS E INSTALACIONES DEPORTIVAS". Palma de Mallorca. Octubre 1982.

2. Del Moral Carro y Berenguer Pérez. "PLANIFICACION Y EXPORTACION DE PUERTOS INGENIERIA OCEANOGRAFIA Y DE COSTAS". 1980

3. M. Togno Francisco. "FERROCARRILES". RSISA. 1972

4. ONU-UNCTAD. "REVIEN OF MARITIME TRANSPORT 1989.

5. ONU. "ASPECTOS TECNICOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE GRANDES CONTENEDORES". 1974

6. Pindter Vega Julio. "PLANEACION, ADMINISTRACION Y OPERACION PORTUARIA". Instalaciones para el manejo de carga Facultad de Ingeniería . de la UNAM.

7. "SEIBU RUBBER DOCK FENDER". Technical Editión. Seibu Polimer Checnical Co. LTD. 1978

8. FONATUR. "PROGRAMA, NACIONAL NAUTICO TURISTICO". Mercado de Cruceros. Vol. IV. 1990

9. Compiled for the AMRMD. "THE CAR AND LOCOMOTIRE CYCLOPEDIA OF AMERICAN PRACTICAS". edited for the AMRMD. 4th. edition

10. PIANC. Permanent International Association de Navigation Congres. Bulletin No. 71. 1990

11. "MARINE FENDER". Catalogo No. FOE-1

12. "TECHNICAL STANDARS FOR PORT AND HARBOUR FACILITIES". Japan. 1980

13. Roberto Bustamante. "ELEMENTOS DE OPERACION Y ADMINISTRACION PORTUARIA". Ingeniería Marítima. Ediciones TMSRL

14. Puertos Mexicanos. "CURSO CAPACITACION" . 1991

15. Fredenck Smerrit. "MANUAL DEL INGENIERO CIVIL". Mc. Graw Hill.

16. Catálogos, Folletos, Información Ténica de Diversos Fabricantes Nacionales y Extranjeros

17. "SISTEMAS DE TRANSPORTE SUECOS INTEGRADOS".

18. Periódico Puertos Mexicanos. SCT.

CAPITULO 5

1. "GRAIN TERMINAL"

2. John Wiley and Sons Inc., American Institute Of "ARCHITECTURAL GRAPHIC STANDARS" Nueva York . 1980

3. NEUPERT. "de proyecto en Arquitectura" Editorial Gustavo, 1980

4. ONU - UNCTAD, "DESARROLLO PORTUARIO MANUAL DE PLANIFICACION PARA LOS PAISES EN DESARROLLO", ONU, Nueva York 1980

5. P.I.A.N.C, Permanent International Association de Navigation Congres, Boletin No. 56 Anexo "PORTS OF ACCES MARITIMES POUR LA NAVIGATION COMMERCIALE, DE PECHE OF DE PLARSONCE" TERMINAL MARITIMA, CONTENEURS; ROULIERS, develo pements records. Belgique 1987

6. P.I.A.N.C, Permanent International Association de Navigation Congres, Boletin No. 71. "PORTS OF ACCES MARITIMES POUR LA NAVIGATION COMMERCIALE, DE PECHE OF DE PLARSONCE" TERMINAL MARITIMA, CONTENEURS; ROULIERS, develo pements records. "Containers Ship evolution"., Belgique 1990

7. P.I.A.N.C, Permanent International Association de Navigation Congres, Boletin No. 16. "PORTS OF ACCES MARITIMES POUR LA NAVIGATION COMMERCIALE, DE PECHE OF DE PLARSONCE" TERMINAL MARITIMA, CONTENEURS; ROULIERS, develo pements records. "Types de Terminal Petroliers.Belgique 1973

8. Robledo Lara Héctor y Coautores "COMPILACION SOBRE TERMINALES DE TRANSPORTE MARITIMO" División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. 1990

9. SCT, Dirección General de Puertos y Marina Mercante. "MOVIMIENTO DE CARGA Y BUQUES", 1989

10. SEDUE, SAHOP Desarrollo Urbano "MANUAL PARA LA ELABORACION DE PLANOS DE DESARROLLO URBANO DE CENTROS DE POBLACION", 1981

11. T.I.C.T, Tokyo International Container Terminal "CONTAINERS TERMINAL". Turyo Japon 1980

12. UNAM, División de Estudios Superiores Escuela Nacional de Arquitectura, "INGENIERIA DE TRANSITO" México 1980

CAPITULO 6

1. División de Educación Continua Facultad de Ingeniería UNAM "DESARROLLO COSTERO". 1986

2. Instituto Politécnico Nacional. "SEMINARIO SOBRE PUERTOS" 1983

3. López Gutiérrez Héctor. "SISTEMA PORTUARIO" Facultad de Ingeniería UNAM. 1981

4. Manual de Planificación para los países en desarrollo. "DESARROLLO PORTUARIO". Segunda Edición Naciones Unidas 1984

5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O). "PLANEACION DE PUERTOS PESQUEROS" Documentos técnicos sobre la pesca No. 123. Roma 1973

6. Secretaría De Pesca. "CRITERIOS TECNICOS PARA PROYECTOS DE PLANEACION DE PUERTOS INDUSTRIALES PESQUEROS"

7. Secretaría de Pesca. "MANUAL DE OPERACION PORTUARIA PESQUERA".

8. Secretaría de Pesca. "ANALISIS Y EVALUACION DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO DE DESCARGA UTILIZADO EN LAS TERMINALES ATUNERAS Y SARDINERAS - ANCHOVETERAS"

9. Robledo Lara Héctor. "COMPILACION SOBRE TERMINALES DE TRANSPORTE MARITIMO". División de Estudios de Posgrado UNAM.1990

10. Charles A. Chaney. "MARINAS, RECOMENDATIONS FOR DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE". Published By National Association of Engine and Boat Manufacturers. Inc.

11. Curso sobre Puertos e Instalaciones Deportivas. Palma de Mallorca, Octubre de 1982

12. Donald W. Adie, Dip Arch, Riba, Dp Tp. "MARINAS, A WORKING GUIDE TO THEIR DEVELOPMENT AND DESIGN. Volúmenes I y II. Nichols Publishing Company, New York.

13. James W. Dunham & Arnold A. Finn. SMALL- CRAFT HARBORS: DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION.

14. "MARINA, OPERATIONS AND SERVICE". Published by National Association of Engine and Boat Manufacturers, INC. 1967.

CAPITULO 7

1. A.I.S.M. "SISTEMA DE BOYADO MARITIMO". Inglaterra 1980

2. Del Moral Carro Rafael y Berenguer. "PLANIFICACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE PUERTOS INGENIERIA OCEANOGRAFIA DE COSTAS", Tomo II. Madrid, 1980

3. Robledo Lara Héctor. "COMPILACION SOBRE TERMINALES DE TRANSPORTE MARITIMO". División de Estudios de Posgrado UNAM.1990

4. S.C.T. Normas de Construcción, Tomo VII. "SEÑALAMIENTOS". México 1981.

5. S.C.T. Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras. 1988

CAPITULO 8

1. Bazan S. Jan. " MANUAL DE CRITERIOS DE DISEÑO URBANO".Editorial Trillas, México 1983.

2. Boaga Georgeo. "DISEÑO DE TRAFICO Y FORMA HUMANA". G.G. España 1972.

3. Dirección General de obras Marítimas. " PLANES DIRECTORES DE DIVERSOS PUERTOS". México 1984-1988.

4. División de Estudios Superiores UNAM. " INGENIERIA DE TRANSITO". México 1978-1982

5. SEDUE-SAHOP. "MANUAL PARA LA ELABORACION DE PLANES DE DESARROLLO URBANO DE CENTROS DE POBLACION". México 1989.

6. Robledo Lara Héctor. "COMPILACION SOBRE TERMINALES DE TRANSPORTE MARITIMO". División de Estudios de Posgrado UNAM.1990

CAPITULO 9

1. Enriquez Agóz Francisco y Berenguer Peréz J. Ma. " EVALUACION METODOLOGICA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS DE DEFENSA DE COSTAS" MOPU Madrid 1986.

2. Enriquez Agóz Francisco y Berenguer Peréz J. Ma. "METODOLOGIA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UN PUERTO DEPORTIVO". MOPU Madrid 1987

3. E. Westman Walter. " ECOLOGY, IMPACT ASSESSMENT, AND ENVIRONMENTAL PLANNING". Edit. John Wiley & Sons. 1985

4. P. Odum Eugene. " ECOLOGIA; EL VINCULO ENTRE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS SOCIALES". Edit. Continental. México 1991.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

OBRAS MARITIMAS
PROYECTOS DE DESARROLLO PORTUARIO

EXPOSITOR:
RICARDO CARDENAS GONZALEZ

PROYECTOS DE DESARROLLO PORTUARIO

1. Consideraciones Preliminares

Previa a la identificación de algunos criterios característicos sobre los distintos tipos de sistemas portuarios, conviene dejar sentado algunos conceptos de carácter general relacionados con el papel que juegan los puertos en el desarrollo de una región y de un país.

En primer término la evolución de los sistemas comerciales del mundo ha modificado el tradicional papel asignado a los puertos como punto de enlace entre los sistemas de transporte terrestre y marítimo a formas más amplias que además del concepto anterior consideran cuestiones relativas al desarrollo industrial urbano y por ende al desarrollo regional.

En la época moderna, la imagen de los puertos se ha modificado y ampliado creándose ahora un esquema en el cual, además de la función que históricamente han desempeñado se les contempla como una industria administrada y operada de manera independiente y autosuficiente.

Dentro de este contexto, hay dos aspectos relevantes; el primero se refiere a la relación entre el puerto y los asentamientos humanos que lo rodean. El segundo, considera específicamente el papel que juegan los puertos, en los países en vías de desarrollo, principalmente aquellas naciones que están tratando de alcanzar niveles de vida y capacidad industrial semejante a la de las desarrolladas.

...n respecto al primero, una de las ideas más adecuadas, es considerar el ...uerto como una infraestructura diseñada para desarrollar y fortalecer la infraestructura de las comunidades costeras regionales.

En relación con el segundo, la idea de tomar a los puertos como motores del desarrollo regional, integrándose como polos económicamente autosuficientes, constituye un principio racional para buscar un mejor equilibrio de las condiciones socioeconómicas entre las distintas regiones de un país.

2. Papeles del puerto

Relativo al par de aspectos señalados, los puertos juegan varios papeles que son, particularmente importantes, en los países en vías de desarrollo, esto no significa que sean diferentes de los de puertos en países industrializados. Sin embargo, el frecuente desequilibrio entre las zonas desarrolladas y las que no lo están, asignan al puerto la misión de participar, más significativamente, en programas tendientes a lograr que ese desarrollo se produzca en una forma más racional y equilibrada.

En este sentido, es relevante la participación de un sistema portuario en los siguientes renglones:

a. El puerto como enlace entre el transporte marítimo y el terrestre.

   Con la incorporación de la era de la internacionalización del comercio, el papel de los puertos, en las actividades de enlace, ha cobrado mayor importancia que nunca. Es fundamental su función para asegurar, con ca-

pacidad adecuada, un flujo continuo y sin interrupción de exportaciones e importaciones y puede, en caso de falla, ocasionar serias alteraciones a la economía de un país. Su papel de estabilizador y regulador, en el suministro de materias primas y de los productos básicos, para aprove--- char las ventajas de las economías de escala en el transporte, tiene una incidencia directa en la estabilización de los precios de estas materias.

Más aún, puede fortalecer la competitividad de un país, en el mercado internacional, reduciendo los costos de distribución de la exportación. - Generalmente, los costos incurridos en los puertos representan alrededor de un tercio del costo de distribución, de aquí la importancia de la reducción que puede obtenerse en su paso por la terminal.

b. El puerto como base de actividades industriales

Para alcanzar un crecimiento económico en gran escala, es necesario desarrollar industrias secundarias altamente productivas, ello, basado en un mejoramiento en la productividad de las industrias primarias, a través - de la modernización de las mismas.

Los puertos, son básicos para el desarrollo de industrias secundarias - de manufactura, que demandan un transporte masivo y eficiente de su producción. En este sentido, profundidad adecuada y operación eficiente - son los elementos de respuesta a esta demanda.

En nuevos desarrollos, las instalaciones de los puertos y la localización de las industrias, pueden estar estrechamente vinculadas para alcanzar una gran eficiencia en la fabricación, almacenamiento y la transportación.

Puertos de este tipo, se contemplan no sólo como un proyecto de apoyo a la industria, sino como elemento fundamental de desarrollo de una región costera. Si el puerto es capaz de cumplir plenamente como apoyo para la actividad industrial, entonces la economía regional podrá prosperar, de aquí su papel preponderante en el desarrollo regional.

c. El puerto como sitio para desarrollos urbanos.

En el caso de un sistema portuario industrial, por el carácter mismo del sistema, la actividad económica de la región donde se localiza se intensifica, con las consecuentes demandas de apoyo y servicios urbanos, lo que obliga a incorporar, al plan general, programas específicos sobre el crecimiento de las áreas urbanas.

En otras palabras, un puerto adecuadamente proyectado debe manejar los espacios de manera coordinada, considerando el desarrollo de la región completa, involucrando una infraestructura de apoyo para toda la región.

d. La administración portuaria como elemento de descentralización de la planeación.

Al considerar el papel de los puertos dentro de un contexto de desarrollo amplio, el término administración portuaria deberá entenderse en igual forma. Así, involucrará la identificación de demandas, en los distintos ámbitos que guardan relación directa o indirecta con un sistema portuario, el análisis sobre la manera de satisfacer en tiempo y espacio tales demandas, la ejecución de los trabajos para lograr lo anterior y la organización de los medios para lograr una cabal explotación de los elementos de solución, que permitan alcanzar los objetivos de desarrollo asignados al conjunto.

Todo lo anterior, implica que esta administración debe desenvolverse en su totalidad a nivel local, reservando sólo para el nivel central, la definición de las grandes políticas nacionales y la compatibilización con otros planes regionales de desarrollo. Esto implica, el fortalecimiento de las estructuras locales para llevar a cabo las labores de planeación, programación, ejecución y seguimiento requeridas con su consiguiente efecto en los procesos de descentralización de recursos humanos capacitados.

3. Proyecto Portuario

En otros temas de este curso han sido tratados los aspectos relativos al proyecto de las obras exteriores y de los canales de acceso, por lo que nos concretaremos a tratar lo relativo, en primer término del uso del frente de

agua y zonas de tierra, en segundo término al manejo del concepto de la capacidad del puerto y el tercero al de la optimización del número de muelles en un puerto.

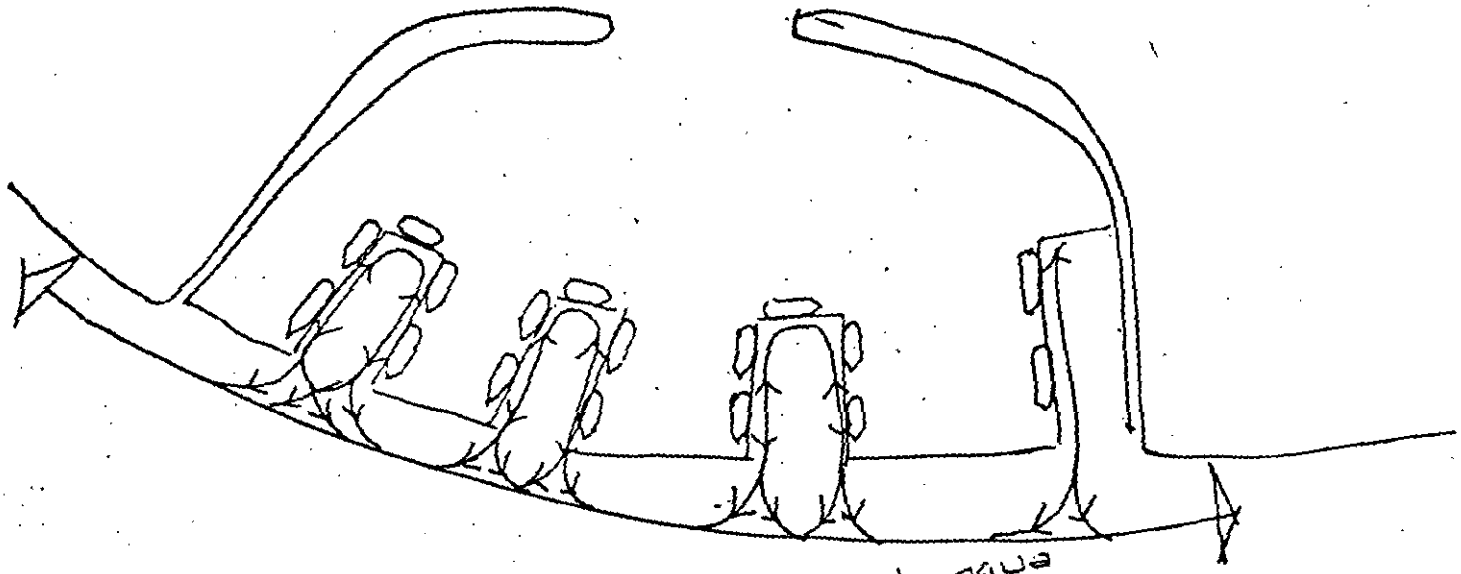
3.1 Uso de frente de agua y zonas de tierra

3.1.1 Frente de agua

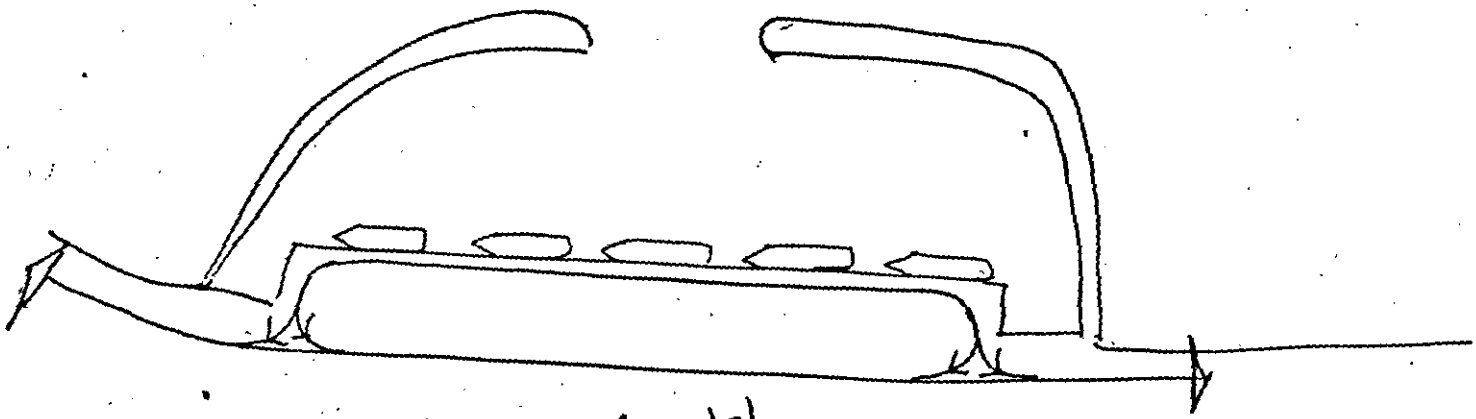
El uso del frente de agua es una de las preocupaciones fundamentales al momento de planear un puerto debido al alto costo que tiene habilitarlo. En la figura 1 se examinan varios casos relativos a este problema.

De las disposiciones presentadas, el primer tipo responde a un uso intensivo de dársenas y del frente de agua disponible protegido pero que, en la medida que los volúmenes de carga y tamaño de lotes se incrementen, pueden surgir problemas de congestionamiento en los servicios de comunicación terrestre. Este problema, en cambio, queda satisfactoriamente resuelto por una disposición de tipo marginal, aunque ello tiene el inconveniente de que se reduce el número de posiciones de atraque comparadas con el caso anterior.

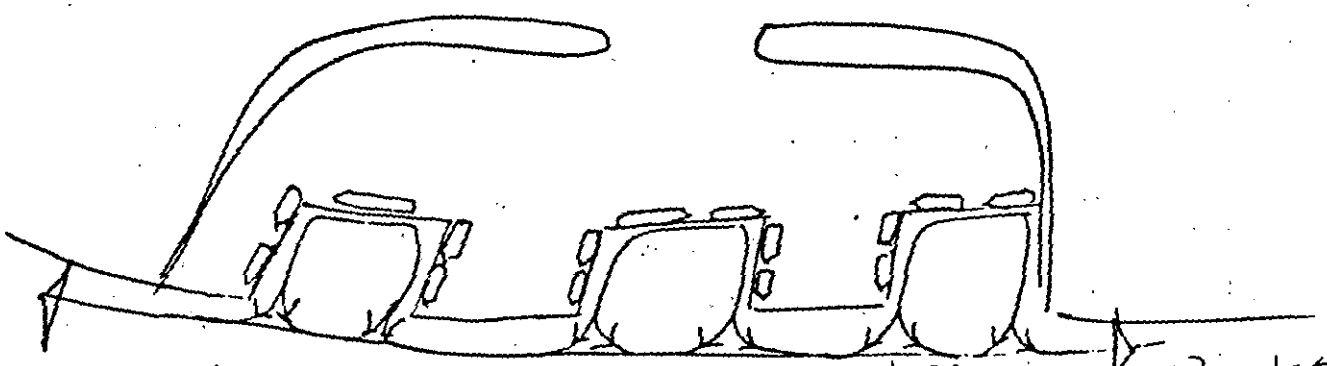
De esto, puede señalarse que el diseño más adecuado es el que aparece en la tercera forma de configuración, que es a base de muelles en espigón disponiendo, al propio tiempo, de áreas de servicio adyacentes, convenientemente dimensionadas para evitar congestionamiento.



Uso intensivo del feente de agua



Baja utilización del
frente de agua



Disposición con espigones amplio;
permitir uso intensivo del frente de agua
para la operación terrestre

3.1.2 Zonificación de terrenos portuarios

La manera como se ajustan entre sí las diferentes áreas del puerto, es un factor muy importante para evitar futuros problemas de congestionamiento. Normalmente, hay necesidad de dividir la zona portuaria conforme a las exigencias de operatividad de cada tipo de instalación por lo que, en general, la ubicación de las distintas zonas en el puerto, de acuerdo al tipo de carga que manejan, queda asociada con las siguientes consideraciones.

a. Carga general suetla

Esta forma de manejo de la carga, demanda poca área de terreno, debido, principalmente, a lo reducido del tamaño de los embarques, lo que también repercute en la profundidad requerida en los muelles de acuerdo con el tipo de barco utilizado, que rara vez excede los 10 m. La magnitud de los volúmenes manejados, hace que, en materia de accesos por tierra, no se planteen demandas significativas, aunque es deseable que dichos accesos permitan hacer una liga eficiente con el autotransporte y el ferrocarril.

b. Carga contenerizada

Para la carga contenerizada, las demandas de terreno para una terminal se incrementan considerablemente respecto de las de una carga general suelta, pudiendo ser 3 ó 4 veces mayor la superficie requerida. La profundidad necesaria aumenta, también, aunque no más allá de los 12 metros. Dado el carácter de la carga y los volúmenes manejados que pueden requerir trenes unitarios o un flujo continuo y eficiente de camiones, estas terminales imponen condiciones de acceso terrestre específi

cas, que frecuentemente son independientes de las generales del puerto.

c. Graneles agrícolas

La ubicación y características de la zona destinada a este tipo de carga, está condicionada, en primer término, a la forma de realizar la carga y la descarga y, en segundo término, a si se contempla algún tipo de procesamiento de los granos cuando la terminal es para recepción. Con respecto a las maniobras de carga o descarga, dependerá, si en el puerto se regulará la transferencia, o si se hará en forma directa entre barco y transporte terrestre.

En el primer caso, se requerirá mayor área tanto para el almacenamiento como para su posterior desalojo, o para su entrada por vía terrestre. Para el segundo, será necesario contar con zonas de maniobra suficientes para entrada o salida y espera de los vehículos terrestres.

En general, los accesos terrestres deben, en la medida de lo posible, ser independientes de los generales del puerto para evitar problemas de congestionamiento.

d. Graneles minerales

Generalmente, las áreas destinadas a esta carga se mantienen aisladas del resto de las instalaciones, porque el tipo de barco más frecuentemente usado, demanda de profundidades superiores a los 12 metros, lo cual puede requerir que, inclusive, queden fuera de la zona protegida. Igualmente, su ubicación queda condicionada a razones de tipo ambiental dado que, por el tamaño de los lotes manejados, el almacenamiento

casi siempre, se hace al aire libre, lo cual ocasionará problemas, sobre todo cuando el producto produzca polvos u olores molestos o dañinos. De requerirse accesos terrestres para el desalojo o la entrada de esta carga, estos deben ser exclusivos.

e. Petróleo y derivados

Frecuentemente se ubican en zonas aisladas, lo más cerca posible de las mayores profundidades del puerto o fuera de él, si el calado de los barcos rebasa la profundidad disponible en el puerto. Dada la extensión requerida para las áreas de almacenamiento, es común que tales áreas no se involucren entre las demandas de terreno portuario inmediato o con acceso cercano a los frentes de agua.

Por último, en relación con estas consideraciones sobre zonificación de las áreas de tierra, cabe adicionar dos cuestiones más; la relativa al factor seguridad y la tocante a la compatibilidad de cargas.

El factor seguridad para el puerto, es elemento preponderante en las consideraciones de zonificación, de aquí que, el movimiento de cargas riesgosas, petróleo o productos químicos, por ejemplo, obligue a ubicarlo en sitios alejados del resto del puerto donde, en caso de un siniestro, los efectos sean mínimos y el control y posibilidades de aislarlo óptimos.

Compatibilidad de cargas. Es frecuente que cierto tipo de cargas puedan en un momento dado contaminar o dañar a otras, lo cual constituye otro factor condicionante de zonificación del puerto. Así por ejemplo, una

terminal para manejo de cereales puede establecerse, sin riesgo, cerca de otra en la que se muevan piezas de acero, madera, papel, pero no - cuando la carga sea productos químicos, fertilizantes, etc.

4.1.3 Caso de los puertos industriales

Es necesario diferenciar en estos criterios de zonificación general y de - uso del frente de agua, el caso de los puertos industriales, en el cual, - las consideraciones de dimensionamiento, responden principalmente a demandas de tipo industrial, tanto en lo que se refiere a la extensión de los terrenos como a la forma y relación de las dimensiones de los mismos.

Esto conduce a que el frente de agua que en un momento dado se le asigne a una industria, no necesariamente resulta de la dimensión óptima en cuanto al aprovechamiento de dicho frente, sino que es el resultado de la demanda de la industria que ocupará ese terreno.

Igualmente, tomando en consideración que las fábricas que ocupan mayor área y que serán las que demanden los frentes de agua principales, propiciarán el establecimiento de una serie de industrias secundarias y terciarias, deberá preverse, por una parte los terrenos requeridos para dichas industrias, y por otra, la forma de servirlos por vía marítima. La solución más frecuente, es crear terminales de uso común para manejo exclusivo de productos industriales.

Por otra parte, es normal considerar dentro del desarrollo del puerto industrial una terminal de usos múltiples para el manejo de carga bajo el princi

pio de un puerto comercial convencional; la zona destinada para ello deberá ubicarse de manera de evitar que sus características operativas y de desarrollo interfieran con las del puerto industrial. (Figuras 2 y 3)

4. Capacidad de un Puerto

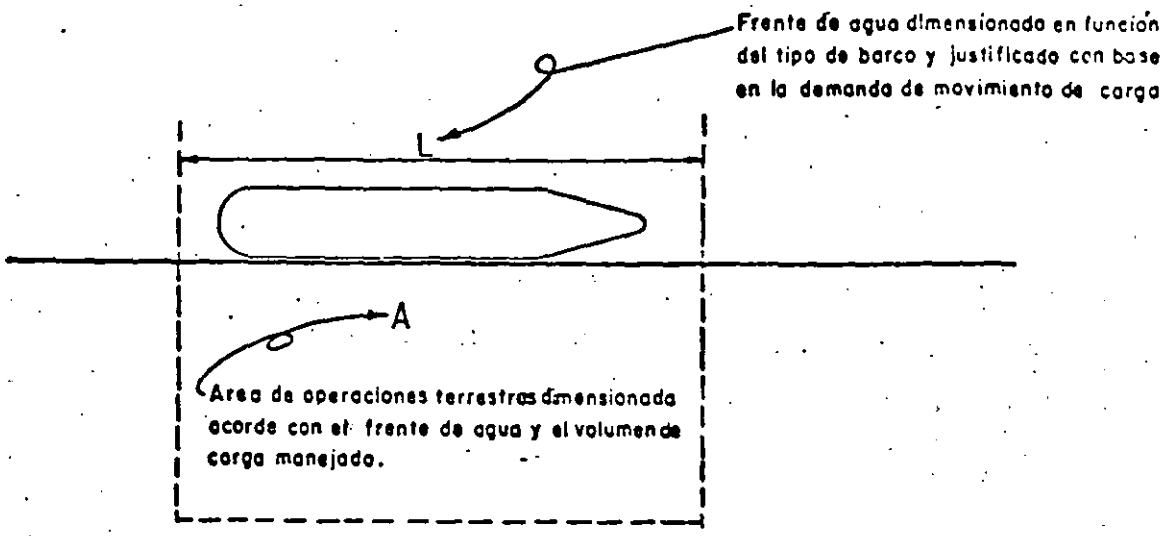
4.1 Puertos comerciales

En términos generales hay que definir dos tipos de capacidades de un puerto, la capacidad real que es la que se observa como resultado de la operación de cada una de las áreas que lo integran y la teórica que es la que se obtendría de la simple consideración de instalaciones y equipo disponible y los rendimientos teóricos acordes con ellos.

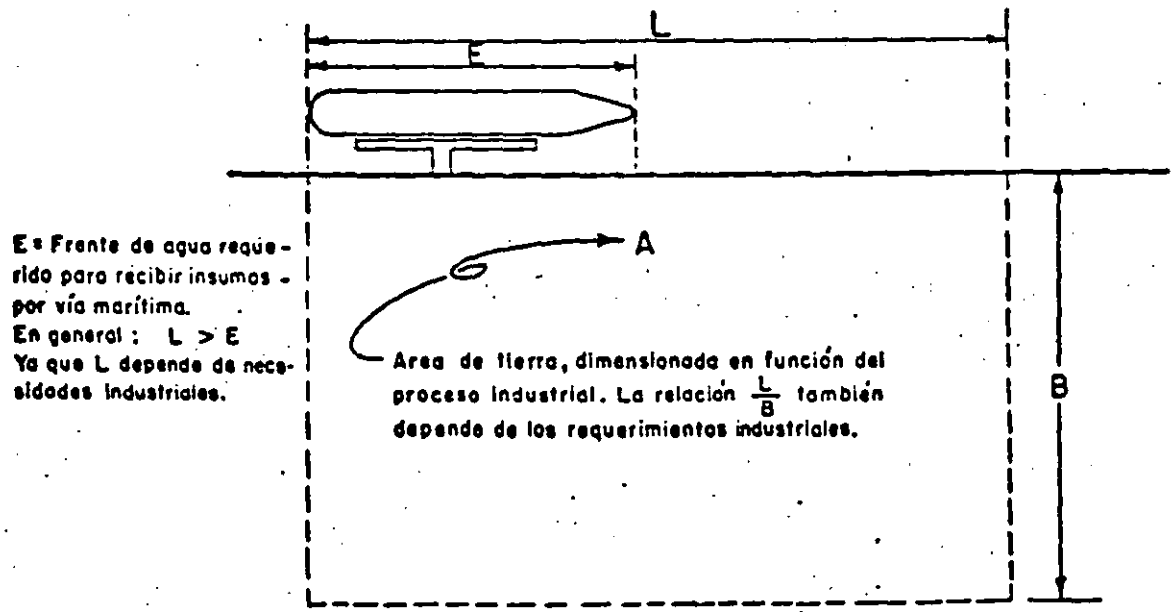
A partir de esta definición se considera que la diferencia entre la capacidad real y la capacidad teórica constituye el margen de capacidad del puerto y en cierta medida el signo que tenga ese margen sería indicación del mayor o menor grado de saturación o de la eficiencia del propio puerto.

Para fines de análisis puede visualizarse la capacidad del puerto como tres tubos en serie, cada uno de los cuales representaría la zona de atraque, la de carga y descarga de los barcos y la de almacenamiento, siendo la capacidad máxima la porción de menor capacidad. (Figura 4)

USO DEL FRENTE DE AGUA Y ZONAS DE TIERRA



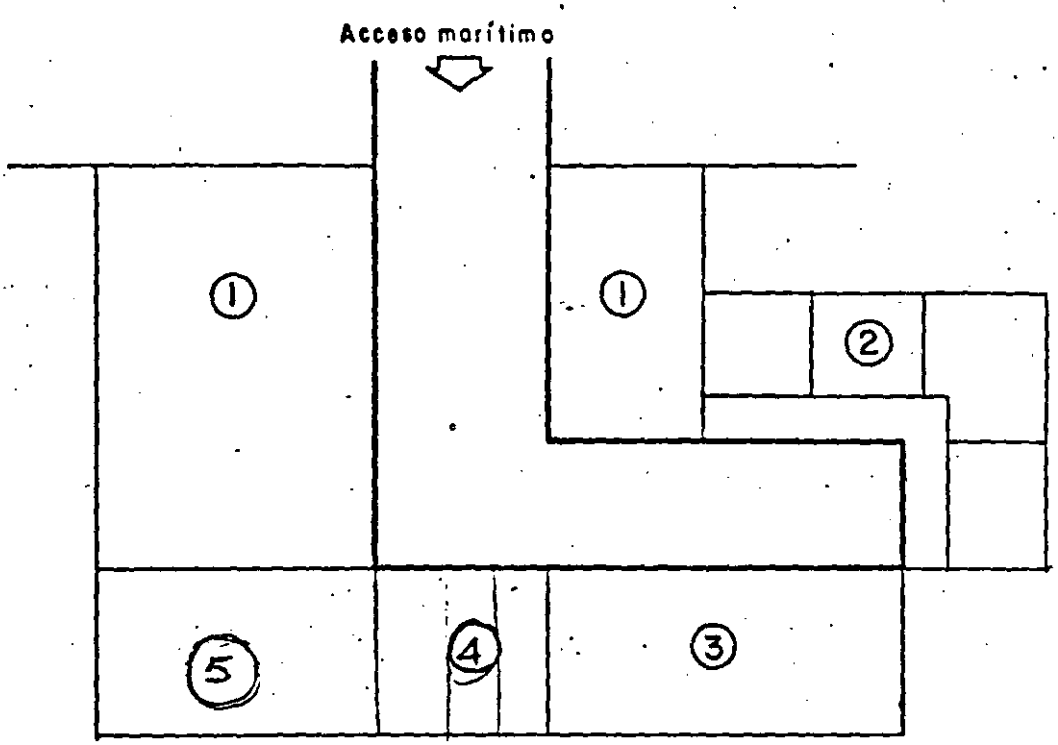
PUESTO DE ATRAQUE CONVENCIONAL EN PUERTO COMERCIAL



FRENTE DE AGUA Y PUESTO DE ATRAQUE EN PUERTO INDUSTRIAL

Figura 2

ESQUEMA DE ZONIFICACION DE UN PUERTO INDUSTRIAL



(1) Terrenos para industrias que requieren frente de agua propio para recibir barcos de gran calado.

(2) Terreno para industrias que pueden utilizar un frente de agua común.

(3) Zona destinada a una terminal de usos multiples.

4 Terrenos para industrias con frente de agua exclusivo para barcos de porte medio

5 Terrenos para industria que no requieren frente de agua.

Figura 3

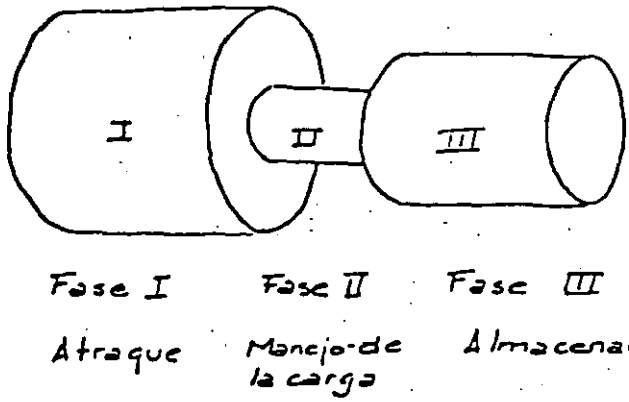


Figura 4

Estimación de la capacidad teórica

Un procedimiento usual para estimar en una forma preliminar la capacidad teórica de un puerto es a base del uso de índices de rendimiento. Este método si bien permite un cálculo preliminar de la capacidad y a la vez ubica cuellos de botella, no permite identificar ni las posibilidades ni los efectos que sobre la capacidad tendrían el cambio en el régimen de operación por ejemplo, es decir se trata de un procedimiento estático que señala efectos pero no causas.

La aplicación de este método presupone la necesidad de zonificar el puerto en la parte destinada al atraque de los barcos donde básicamente en la zona de carga y descarga donde los índices se referirían principalmente a los equipos de manejo de carga y descarga y la que co

ponde a las zonas de almacenamiento en la cual se mediría el grado de rendimiento de las mismas.

Indice de rendimiento

A. Rendimientos normales por metro de muelle

Carga general	700 ton/m
Contenedores	2 800 ton/m
Graneles sin inst. esp.	2 500 ton/m
Graneles con inst. esp.	5 000 ton/m

Coeficientes correctores:

i. Calado

Carga general	12 m	f = 1
	5 m	f = 0.8
Graneles	12 m	f = 1
	7 m	f = 0.5

ii. Carga media

. Muelles exclusivos para barcos de calendario fijo.	0.5
. Muelles exclusivos y para barcos charter.	0.5 a 1.0
. Muelles concesionados para carga general.	1.1
. Muelles concesionados para graneles o muelles de uso público para cargas homogéneas.	1.2

iii. Número de muelles unificados

Se consideran muelles contiguos que se explotan bajo el mismo régimen y el barco puede operar en cualquiera de ellos.

No. de puestos	1	2	3	4
Coeficiente	1 a 1.05	1.10 a 1.15	1.12 a 1.25	1.3 a 1.35

B. Rendimiento de equipos para manejo de carga y descarga

Rendimiento horario medio (a)

Elemento	Carga general	Carga general pesada	Conte-nedores	Graneles ligeros	Graneles pesados
Grúa 3 ton	15				
Grúa 3 a 6 ton	25				
Grúa 6 ton	30	60		50	75
Grúa 12 ton	30	100		70	125
Grúa 30 ton	30	150	150	70	160
Grúa 30 ton		150	200		160
Grúa de Cont.			300		

Horas de utilización anual: (b)

Grúas	1 600
Grúas de contenedor	1 100

Rendimiento anual: a x b

Coeficientes correctores

Por vida útil del equipo

	No modernizado	Modernizado
1 v 15 años	1	1
15 v 25 años	0.8	0.95
25 años	0.7	0.9

C. Rendimiento de las superficies de almacenamiento

Indice de apilamiento	ton/m2
Carga general ligera	0.5
Carga general convencional	2
Carga general unitaria	4
Contenedores	2
Graneles sólidos ligeros	4
Graneles sólidos pesados	6

Número de rotaciones anuales:

Carga general	15
Graneles sólidos	25
Contenedores	25

Grado de ocupación:

	Bodega	Patio
Carga general	0.6	0.75
Contenedores		0.5
Graneles		0.85

Ejemplo:

Movimiento previsto

1985	1990
75 000	105 000

Análisis de un muelle de carga general:

1 puesto de 130 m Profundidad actual: 8 m

Tipo de muelle: concesionado

Estructura de la carga: 50% ligera, 50% convencional

Fase I

Rendimiento:	700 ton/ml
Longitud:	130 m
Corrección por calado:	0.9
Coeficiente carga media:	1.1
Total:	700 x 30 x 0.9 x 1.1 = 90 000 ton

Fase II

1 grúa de 3/6:	5 años de vida
Rendimiento:	25 ton/h
Utilización:	1 600 h
2 grúas de 3 ton:	8 años de vida
Rendimiento:	10 ton/h
Utilización:	1 600 h
Total:	(25+2x20) 1 600 = 104 000 ton

Fase III

Superficie descubierta:	4 500 m2
Superficie cubierta:	1 610 m2
Indice de apilamiento:	1.25 (media entre 2 y 0.5)
Ciclos anuales:	20 (media ponderada entre cubierta y exterior)
Grado de ocupación:	Descubierta: 0.75
	Cubierta: 0.6

Total (4.500 x 0.75 + 1 610 x 0.6) 1.25 x 20 = 108.525 ton

Capacidad máxima:	80.080 ton
Actividad 1973	60.540 ton

Este método es aplicable en cálculos y estimaciones rápidas pero manifiesta serias limitaciones cuando se trata del diagnóstico del puerto. Para estos fines es recomendable el uso de métodos más dinámicos, mismos que se analizarán a continuación.

5. Optimización del Número de Muelles

Se manejará en este apartado el concepto de la optimización del número de muelles como una variante de la determinación de la capacidad del puerto. En el apartado anterior se ha presentado el método del uso de valores índices que, como se señaló, es aplicable en las primeras etapas de la planeación de un puerto. Sin embargo en condiciones normales existen otros factores que pueden modificar sustancialmente esta capacidad.

Así por ejemplo, en el método de índices se presupone que el movimiento

anual de carga se distribuye uniformemente a lo largo del año y en barcos - estándar a plena capacidad. Lo anterior es válido en ciertos casos de manejo de graneles agrícolas o minerales pero no lo es tanto para barcos de carga general moviendo este tipo de carga en forma suelta o unitizada, de ahí la necesidad de examinar el fenómeno según un proceso más dinámico que refleje este tipo de situaciones aleatorias.

La intención de realizar un análisis dinámico, se refiere, en primer término, al examen de la disciplina de arribo de los barcos, que puede manejarse con métodos probabilísticos como la teoría de colas. Esta forma de análisis, permite optimizar el número de muelles requerido para manejar un cierto movimiento de carga.

Debe señalarse que la aplicación de esta teoría, elimina un falso cálculo, frecuentemente hecho, cuando se aplica algún método de índices que se refiere a ignorar el tamaño promedio de lote manejado en cada embarque o desembarque.

Lo anterior es particularmente significativo en puertos pequeños y medianos, donde los barcos cargan o descargan lotes menores a su capacidad total; ello significa que, para manejar un cierto volumen anual de carga según esta modalidad, puede requerirse un mayor número de barcos si en cada embarque se usara la capacidad total de las embarcaciones, lo cual se manifestará en una mayor ocupación de los muelles.

Por otra parte, esta forma de análisis en la que es viable determinar el mayor o menor grado de congestionamiento que se puede tener en el puerto, permite calcular los costos que esto representa y al propio tiempo apoya el cri

terio de decisión relativo a la mejor alternativa de infraestructura y operación para satisfacer una demanda dada.

Lo anterior constituye la base para optimizar el programa de desarrollo del puerto siguiendo un principio de minimización de costos, esto es, la selección de las mejores opciones correspondientes a cada horizonte de planeación son aquellas que satisfagan la demanda respectiva sobre la base de un costo portuario (fijo y variable) mínimo. Optimizados los costos puede procederse a hacer el proyecto y dimensionamiento detallado de instalaciones y equipo.

El número óptimo de muelles en un puerto, cuando la demanda y el rendimiento operativo son fijados en una fecha dada, depende fundamentalmente de dos parámetros:

- Costos de congestionamiento (esperas) de las embarcaciones, y
- Costos de desarrollo (inversiones y mantenimiento) del puerto.

Estos dos tipos de costo son estrictamente intercambiables en las condiciones antes descritas, ya que el congestionamiento puede evitarse construyendo muelles adicionales y la construcción de muelles puede diferirse aceptando más congestionamiento.

En estas condiciones, el problema se reduce a calcular, en primer término, los costos de esperas de las embarcaciones y, en segundo lugar, los costos

de desarrollo del puerto. El número óptimo de muelles se determina cuando los costos de espera se equilibran con los de desarrollo.

5.1 Costos de espera de los barcos

Los costos de espera de los barcos pueden ser calculados mediante la aplicación de la teoría de colas, para el caso de una sola línea de espera, población infinita, número múltiple de servidores, disciplina de servicio del primero en llegar es el primero en ser servido, y proceso completamente establecido.

Para definir totalmente el sistema que da lugar a la cola, es necesario considerar, además de los supuestos básicos anteriores, las funciones de probabilidad de llegadas de embarcaciones y de servicios en el muelle.

Por cuestiones de conveniencia matemática, al analizar un sistema de múltiples servidores, se supone que la distribución de probabilidades de llegadas de embarcaciones sigue la curva de Poisson; esto es:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \qquad \text{para } n = 0, 1, 2, \ldots, \text{ y } t \geq 0$$

en donde:

$P_n(t)$ = probabilidad de n llegadas durante el tiempo t.

λ = promedio de llegadas por unidad de tiempo; en este caso medido en barcos/día.

e = base de los logaritmos Neperianos.

Por otra parte, la distribución de probabilidades de los tiempos de ser-

vicio se supone que sigue una curva exponencial negativa.

$$f_{(t)} = \mu e^{-\mu t} \qquad \text{para} \quad t \geq 0$$

donde:

$f_{(t)}$ = densidad de probabilidad de los tiempos de servicio.

μ = promedio de servicios por unidad de tiempo; en este caso medido en barcos/día.

e = base de los logaritmos Neperianos.

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que en algunos puertos, tanto del exterior, como de México, aun cuando la distribución probabilística de llegada puede asimilarse a una curva de Poisson, los tiempos de servicio siguen, más bien, una distribución de Erlang:

$$f_{(t)} = \frac{\mu^k}{(k-1)!} t^{k-1} \mu e^{-k\mu t} \qquad \text{para} \quad t \geq 0$$

en donde:

$f_{(t)}$ = densidad de probabilidad de los tiempos de servicio.

μ = promedio de servicios por unidad de tiempo.

k = número de fases o tareas de que consta la secuencia de servicio, cada una de las cuales tiene una distribución exponencial negativa.

Esta distribución de probabilidades se convierte en una curva exponencial negativa cuando k = 1.

Con el fin de aplicar este método al caso de puertos mexicanos, a partir

de análisis específicos realizados en los puertos de Tampico y Veracruz se ha determinado que la distribución de probabilidades de los tiempos - de servicio puede representarse, razonablemente bien, por una curva de - Erlang con parámetros k = 3. En los cuadros 5.1, anexos al final del capítulo, se presentan los valores de los tiempos de espera para diferentes tasas de ocupación (expresadas en % y en días) y para s (número de - longitudes de atraque) entre 1 y 30.

Para calcular los costos de espera, a partir de los datos del cuadro citado, es necesario determinar la ocupación en días (o en porcentaje) y - el costo diario de espera de una embarcación. La ocupación puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$O = \frac{T}{E}\left(\frac{E}{R\,H_m} + \frac{A}{H_a}\right)$$

en donde:

O = ocupación (días/año)

T = tráfico anual (ton/año)

E = embarque promedio (ton/barco)

R = rendimiento horario (ton/hora)

H_m = horas diarias de maniobra (horas/día)

A = tiempo de atraque y desatraque (horas/barco)

H_a = horas hábiles diarias para atraque y desatraque (horas/día)

Con la ocupación como entrada para el cuadro, se determinan los días de espera al año y consiguientemente el costo anual total de espera CE.

5.2 Costos de desarrollo del puerto

Los costos portuarios de desarrollo están constituidos por los gastos evitables mediante la aceptación de más congestionamiento, que en este caso corresponden a la inversión y a los costos de mantenimiento de la inversión.

Para los efectos de la comparación con los costos de espera de las embarcaciones, las inversiones se calculan en forma de un costo anual equivalente con una tasa de descuento estipulada; y a esta cantidad se añade el costo de mantenimiento anual estimado como un porcentaje de la inversión inicial. Entonces el costo anual de desarrollo puede expresarse de la siguiente manera:

$$C\,D = I\left[i\,\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + m\right]$$

en donde:

C D = costo anual de desarrollo ($/año)

I = inversión inicial ($)

i = tasa anual de descuento

n = vida útil de la inversión (años)

m = tasa anual de conservación

De manera general pueden asignarse estos valores de n y m.

n = 30 años ; m = 0.03 de la inversión inicial

5.3 Costos de espera y costos de desarrollo

El número óptimo de muelles se determina con la comparación entre los costos de desarrollo y esperas de un número s de muelles y los mismos costos de s + 1 muelles. La justificación de un muelle adicional puede expresarse matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{Si} \quad C_E + C_D = C_T$$

$$C_{T_s} > C_{T_{s+1}}$$

El muelle adicional se justifica si la suma de los costos de desarrollo y esperas de s muelles es mayor que la suma de los mismos costos de s + 1 muelles. El punto de indiferencia se presenta en el caso de igualdad.

En el caso de querer integrar en un solo proceso de proyecto tanto la determinación del número óptimo de muelles como el área de almacenamiento correspondiente en instalaciones para carga general suelta, para contenedores, para servicio Ro/Ro y para graneles secos, se presenta el uso del método propuesto por la UNCTAD que se apoya en el empleo de un conjunto de gráficas que involucran distintos factores de diseño.

Este procedimiento es aplicable cualquiera que sea el tipo de carga manejado. Definido el número de muelles, el dimensionamiento de las áreas de almacenamiento deberá hacerse de manera de conservar los rendimientos operativos y la capacidad definida para los muelles.

Cuadro 5.1

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 1			
5	18	1	1
10	36	4	3
15	55	10	7
20	73	18	12
25	91	30	20
30	109	47	31
35	128	69	46
40	146	97	65
45	164	134	89
50	182	182	121
55	201	245	163
60	219	328	219
65	237	441	294
70	255	596	397
75	274	821	547
80	292	1,167	778
85	310	1,758	1,172
90	328	2,956	1,971

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 2			
5	37	0	0
10	73	1	1
15	110	3	2
20	146	6	4
25	183	12	8
30	219	22	15
35	356	36	24
40	292	56	37
45	329	83	55
50	365	122	81
55	402	174	116
60	438	246	164
65	475	347	231
70	511	491	327
75	548	704	469
80	584	1,039	692
85	621	1,616	1,077
90	657	2,801	1,867

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 3			
5	65	0	0
10	110	0	0
15	164	1	1
20	219	2	1
25	274	5	3
30	329	11	7
35	383	20	13
40	438	34	23
45	493	56	37
50	548	86	57
55	602	131	87
60	657	194	129
65	712	286	191
70	767	419	279
75	821	622	415
80	876	945	630
85	931	1,511	1,007
90	986	2,684	1,789

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 4			
5	73	0	0
10	146	0	0
15	219	0	0
20	292	1	1
25	365	2	1
30	438	6	4
35	511	12	8
40	584	22	15
45	657	38	25
50	730	63	42
55	803	101	67
60	876	157	105
65	949	240	160
70	1,022	365	243
75	1,095	559	372
80	1,168	871	581
85	1,241	1,426	951
90	1,314	2,588	1,725

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 5			
5	91	0	0
10	183	0	0
15	274	0	0
20	365	0	0
25	456	1	1
30	548	3	2
35	639	7	5
40	730	15	10
45	821	27	18
50	913	48	32
55	1,004	80	53
60	1,095	129	86
65	1,186	205	137
70	1,278	322	215
75	1,369	506	337
80	1,460	809	539
85	1,551	1,354	903
90	1,643	2,505	1,670

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 6			
5	110	0	0
10	219	0	0
15	329	0	0
20	438	0	0
25	548	1	1
30	657	2	1
35	767	4	3
40	876	10	7
45	986	19	13
50	1,095	36	24
55	1,205	64	43
60	1,314	108	72
65	1,424	177	11[illegible]
70	1,533	286	19[illegible]
75	1,643	462	30[illegible]
80	1,752	756	504
85	1,862	1,291	861
90	1,971	2,431	1,621

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 7			
5	128	0	0
10	256	0	0
15	383	0	0
20	511	0	0
25	639	0	0
30	767	1	1
35	894	3	2
40	1,022	7	5
45	1,150	14	9
50	1,278	28	19
55	1,405	51	34
60	1,533	90	60
65	1,661	158	105
70	1,789	256	171
75	1,916	424	283
80	2,044	709	473
85	2,172	1,235	823
90	2,300	2,365	1,577

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 8			
5	146	0	0
10	292	0	0
15	438	0	0
20	584	0	0
25	730	0	0
30	876	1	1
35	1,022	2	1
40	1,168	4	3
45	1,314	10	7
50	1,460	22	15
55	1,606	42	28
60	1,752	76	51
65	1,898	134	89
70	2,044	230	153
75	2,190	391	261
80	2,336	668	445
85	2,482	1,164	789
90	2,628	2,305	1,537

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 9			
5	164	0	0
10	329	0	0
15	493	0	0
20	657	0	0
25	821	0	0
30	986	0	0
35	1,150	1	1
40	1,314	3	2
45	1,478	8	5
50	1,643	17	11
55	1,807	34	23
60	1,971	65	43
65	2,135	118	79
70	2,300	208	139
75	2,464	362	241
80	2,628	631	421
85	2,792	1,136	759
90	2,957	2,249	1,499

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 10			
5	183	0	0
10	365	0	0
15	548	0	0
20	730	0	0
25	913	0	0
30	1,095	0	0
35	1,278	1	1
40	1,460	2	1
45	1,643	7	5
50	1,825	13	9
55	2,008	28	19
60	2,190	55	37
65	2,373	104	69
70	2,555	189	126
75	2,738	336	224
80	2,920	597	398
85	3,103	1,096	731
90	3,285	2,197	1,465

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 11			
5	201	0	0
10	402	0	0
15	602	0	0
20	803	0	0
25	1,004	0	0
30	1,205	0	0
35	1,405	0	0
40	1,606	1	1
45	1,807	4	3
50	2,008	10	7
55	2,208	23	15
60	2,409	48	32
65	2,610	92	61
70	2,811	172	115
75	3,011	312	208
80	3,212	567	378
85	3,413	1,057	705
90	3,614	2,148	1,432

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 12			
5	219	0	0
10	438	0	0
15	657	0	0
20	876	0	0
25	1,095	0	0
30	1,314	0	0
35	1,533	0	0
40	1,752	1	1
45	1,971	3	2
50	2,190	8	5
55	2,409	19	13
60	2,628	41	27
65	2,847	82	55
70	3,066	157	105
75	3,285	291	194
80	3,504	538	359
85	3,723	1,020	680
90	3,942	2,103	1,402

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 13			
5	237	0	0
10	475	0	0
15	712	0	0
20	949	0	0
25	1,186	0	0
30	1,424	0	0
35	1,661	0	0
40	1,898	1	1
45	2,135	2	1
50	2,373	6	4
55	2,610	16	11
60	2,847	35	23
65	3,084	73	49
70	3,322	143	95
75	3,559	272	181
80	3,796	512	341
85	4,033	986	657
90	4,271	2,059	1,373

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 14			
5	256	0	0
10	511	0	0
15	767	0	0
20	1,022	0	0
25	1,278	0	0
30	1,533	0	0
35	1,789	0	0
40	2,044	1	1
45	2,300	2	1
50	2,555	5	3
55	2,811	13	9
60	3,066	30	20
65	3,322	65	43
70	3,577	131	87
75	3,833	255	170
80	4,088	486	325
85	4,344	954	636
90	4,599	2,019	1,346

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 15			
5	274	0	0
10	548	0	0
15	821	0	0
20	1,095	0	0
25	1,369	0	0
30	1,643	0	0
35	1,916	0	0
40	2,190	0	0
45	2,464	1	1
50	2,738	4	3
55	3,011	11	7
60	3,285	26	17
65	3,559	58	39
70	3,833	120	80
75	4,106	239	159
80	4,380	466	311
85	4,654	924	616
90	4,928	1,980	1,320

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 16			
5	292	0	0
10	584	0	0
15	876	0	0
20	1,168	0	0
25	1,460	0	0
30	1,752	0	0
35	2,044	0	0
40	2,336	0	0
45	2,628	1	1
50	2,920	3	2
55	3,212	9	6
60	3,504	23	15
65	3,795	52	35
70	4,087	110	73
75	4,380	224	149
80	4,672	445	297
85	4,964	896	597
90	5,256	1,943	1,295

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 17			
5	310	0	0
10	621	0	0
15	931	0	0
20	1,241	0	0
25	1,551	0	0
30	1,862	0	0
35	2,172	0	0
40	2,482	0	0
45	2,792	1	1
50	3,103	3	2
55	3,413	8	5
60	3,723	20	13
65	4,033	47	31
70	4,344	102	68
75	4,654	210	140
80	4,964	426	284
85	5,274	869	579
90	5,585	1,907	1,271

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 18			
5	329	0	0
10	657	0	0
15	986	0	0
20	1,314	0	0
25	1,643	0	0
30	1,971	0	0
35	2,300	0	0
40	2,628	0	0
45	2,957	1	1
50	3,285	2	1
55	3,614	6	4
60	3,942	17	11
65	4,271	42	28
70	4,599	94	
75	4,928	198	132
80	5,256	407	271
85	5,585	844	563
90	5,913	1,873	1,249

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 19			
5	347	0	0
10	694	0	0
15	1,040	0	0
20	1,387	0	0
25	1,734	0	0
30	2,081	0	0
35	2,427	0	0
40	2,774	0	0
45	3,121	0	0
50	3,468	2	1
55	3,814	5	3
60	4,161	15	10
65	4,508	38	25
70	4,855	86	57
75	5,201	186	124
80	5,548	390	260
85	5,895	819	546
90	6,242	1,841	1,227

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 20			
5	365	0	0
10	730	0	0
15	1,095	0	0
20	1,460	0	0
25	1,825	0	0
30	2,190	0	0
35	2,555	0	0
40	2,920	0	0
45	3,285	0	0
50	3,650	1	1
55	4,015	5	3
60	4,380	13	9
65	4,745	34	23
70	5,110	80	53
75	5,475	176	117
80	5,840	374	249
85	6,205	796	531
90	6,570	1,809	1,206

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 21			
5	383	0	0
10	767	0	0
15	1,150	0	0
20	1,533	0	0
25	1,916	0	0
30	2,300	0	0
35	2,683	0	0
40	3,066	0	0
45	3,449	0	0
50	3,833	1	1
55	4,216	4	3
60	4,599	12	8
65	4,982	31	21
70	5,365	74	49
75	5,749	166	111
80	6,132	359	239
85	6,515	774	516
90	6,899	1,779	1,186

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 22			
5	402	0	0
10	803	0	0
15	1,205	0	0
20	1,606	0	0
25	2,008	0	0
30	2,409	0	0
35	2,811	0	0
40	3,212	0	0
45	3,614	0	0
50	4,015	1	1
55	4,417	3	2
60	4,818	10	7
65	5,220	28	19
70	5,621	68	45
75	6,023	156	104
80	6,424	344	229
85	6,826	753	502
90	7,227	1,750	1,167

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 23			
5	420	0	0
10	840	0	0
15	1,259	0	0
20	1,679	0	0
25	2,099	0	0
30	2,519	0	0
35	2,938	0	0
40	3,358	0	0
45	3,778	0	0
50	4,198	1	1
55	4,617	3	2
60	5,037	9	6
65	5,457	25	17
70	5,877	63	42
75	6,296	148	99
80	6,716	330	220
85	7,136	733	489
90	7,556	1,722	1,149

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 24			
5	438	0	0
10	876	0	0
15	1,314	0	0
20	1,752	0	0
25	2,190	0	0
30	2,628	0	0
35	3,066	0	0
40	3,504	0	0
45	3,942	0	0
50	4,380	1	1
55	4,818	2	1
60	5,256	8	5
65	5,694	23	15
70	6,132	58	39
75	6,570	140	93
80	7,008	318	212
85	7,446	714	476
90	7,884	1,695	1,130

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 25			
5	456	0	0
10	913	0	0
15	1,369	0	0
20	1,825	0	0
25	2,281	0	0
30	2,738	0	0
35	3,194	0	0
40	3,650	0	0
45	4,106	0	0
50	4,563	0	0
55	5,019	2	1
60	5,475	7	5
65	5,931	20	13
70	6,388	54	36
75	6,844	132	88
80	7,300	305	203
85	7,756	695	463
90	8,213	1,669	1,113

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 26			
5	475	0	0
10	949	0	0
15	1,424	0	0
20	1,989	0	0
25	2,373	0	0
30	2,847	0	0
35	3,322	0	0
40	3,796	0	0
45	4,271	0	0
50	4,745	0	0
55	5,220	2	1
60	5,694	6	4
65	6,169	18	12
70	6,643	50	33
75	7,118	125	83
80	7,592	294	196
85	8,067	678	452
90	8,541	1,643	1,095

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 27			
5	493	0	0
10	986	0	0
15	1,478	0	0
20	1,971	0	0
25	2,464	0	0
30	2,957	0	0
35	3,449	0	0
40	3,942	0	0
45	4,435	0	0
50	4,928	0	0
55	5,420	1	1
60	5,913	5	3
65	6,406	17	11
70	6,899	47	31
75	7,391	118	79
80	7,884	283	189
85	8,377	661	441
90	8,870	1,618	1,079

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 28			
5	511	0	0
10	1,022	0	0
15	1,533	0	0
20	2,044	0	0
25	2,555	0	0
30	3,066	0	0
35	3,577	0	0
40	4,088	0	0
45	4,599	0	0
50	5,110	0	0
55	5,621	1	1
60	6,132	5	3
65	6,643	15	10
70	7,154	43	29
75	7,665	112	75
80	8,176	272	181
85	8,687	644	429
90	9,198	1,594	1,063

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 29			
5	529	0	0
10	1,059	0	0
15	1,588	0	0
20	2,117	0	0
25	2,646	0	0
30	3,176	0	0
35	3,705	0	0
40	4,234	0	0
45	4,763	0	0
50	5,293	0	0
55	5,822	1	1
60	6,351	4	3
65	6,880	14	9
70	7,410	40	27
75	7,939	105	71
80	8,468	262	175
85	8,997	628	419
90	9,527	1,571	1,047

Ocupación		Espera (días)	
%	Días	k = 1	k = 3
S = 30			
5	548	0	0
10	1,095	0	0
15	1,643	0	0
20	2,190	0	0
25	2,738	0	0
30	3,285	0	0
35	3,833	0	0
40	4,380	0	0
45	4,928	0	0
50	5,475	0	0
55	6,023	1	1
60	6,570	4	3
65	7,118	12	8
70	7,665	37	25
75	8,213	101	67
80	8,760	252	168
85	9,308	613	409
90	9,855	1,549	1,033

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

ING. RICARDO CARDENAS GONZALEZ

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS

ESTUDIOS BASICOS

INTRODUCCION

El proyecto y la construcción de las obras marítimas y portuarias requiere para su realización de los Estudios Básicos que permitan definir el tamaño del proyecto, el sitio del proyecto y las características básicas de los elementos fundamentales que en él influyen.

En la medida en que estos estudios básicos se realicen, se podrá contar con un buen proyecto, con una buena obra que funcione adecuadamente y tenga el mínimo de problemas de servicios y mantenimiento.

Para iniciar dichos estudios es preciso saber en forma clara que es lo que se quiere tener, para que se quiere tener y como se planea que va a funcionar, ya que en base a esto, se podrán realizar todas las actividades relativas al proyecto de que se trata.

Definida la idea del proyecto se procederá a la realización de los estudios básicos que se han planteado de acuerdo con los con

ceptos generales siguientes:

ESTUDIOS GENERALES

Dentro de este concepto se deberá establecer el marco general en que se desarrollará el proyecto, tomando como base la información cartográfica, topográfica, batimétrica, geológica y aerofotográfica existente, de tal manera que puedan definirse las diferentes áreas susceptibles de ser estudiadas a mayor detalle.

En muchas ocaciones la información existente no es completa, por lo que será necesario complementarla con inspecciones oculares reconocimientos de tipo general, de manera que puedan dar una panorámica clara de los diferentes aspectos que incluyen desde el medio general hasta las condiciones de infraestructura con que se cuenta.

ESTUDIOS DEL MEDIO TERRESTRE

Este tipo de estudios se enfoca fundamentalmente al conocimiento de la zona costera en sus aspectos morfológicos con especial atención a las formaciones rocosas, procesos costeros, erosiones, azolvamientos, características del terreno, tipo de suelo, resistencia del mismo, etc., para lo cual se recurre fundamentalmente a la realización de trabajos de tipo aerofotogramétricos, geológicos y topográficos.

El primer tipo de trabajos permite verificar las condiciones actuales de la zona costera y por comparación con otros anteriores las posibles modificaciones y detección de problemas específicos.

Los estudios geológicos de tipo general, permiten conocer las características físicas de los suelos de la zona, así como su posible utilización de acuerdo con el proyecto de que se trata, dentro de este campo se pueden considerar igualmente reconocimientos preliminares por métodos geofísicos o muestreos de las condiciones y características de los suelos.

Los trabajos topográficos serán la base en el que se apoyarán para su localización todos los trabajos posteriores, incluyendo la ingeniería de detalle que se realice finalmente.

ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS

De fundamental importancia en el proyecto y construcción del proyecto de las obras marítimas y portuarias, es el conocimiento de las condiciones oceanográficas definidas básicamente por el oleaje, corrientes, mareas, vientos, ciclones, batimetrías y dinámica litoral, para lo cual en una primera instancia se deberá recabar la información existente o bien en el caso de que ésta no exista, pronosticar o producir la que sea factible y proceder

desde luego a su verificación mediante la medición de los fenómenos indicados.

Las condiciones del desarrollo de nuestra zona costera, han hecho que a la fecha no contemos con la mayor parte de esta información, por lo que deberá programarse su obtención mediante la integración de brigadas de estudios abocadas a su recopilación.

Mediante una estación oceanográfica se pueden obtener informaciones sobre oleaje, corrientes y mareas.

Los vientos se obtienen de las instalaciones de anemocinemógrafos y los ciclones se detectan por las cartas del tiempo que establece el Servicio Meteorológico Nacional.

Las batimetrías se realizan para la zonas en estudio en función de los requerimientos planteados en cuanto a superficie y periodicidad.

La dinámica litoral se determina de acuerdo con la evolución de de la línea de costa, la información del oleaje, muestreos de material playero, de corrientes litorales y material en suspensión.

Al definir los conceptos anteriores y relacionarlos entre sí, se obtienen los fundamentos para la realización de las diferentes - alternativas de los proyectos requeridos que serán analizados mediante estudios específicos para seleccionar el más adecuado.

ESTUDIOS ECOLOGICOS Y AMBIENTALES.

Consisten básicamente en establecer las características existentes en el medio ambiente, en especial sobre la flora y fauna, a fin de prever y minimizar el impacto que las obras produzcan sobre las mismas y consecuentemente hacer las recomendaciones necesarias para evitar un efecto negativo por causa del proyecto.

ESTUDIOS EN MODELO REDUCIDO

Definidos los tipos de obras y los sitios para su localización - se puede proceder de acuerdo con las diferentes alternativas - - planteadas a un análisis de las mismas, mediante la utilización de modelos reducidos que normalmente son de 3 tipos:

a) Modelos de Fondo Fijo
b) Modelos de Fondo Móvil
c) Modelos de Estabilidad

El primer tipo de modelos permite estudiar de acuerdo con las --

condiciones oceanográficas existentes, las alteraciones que las obras propuestas introducen, detectando efectos de agitación y concentración de energía, dependiendo de la disposición y tipo de obras.

Este tipo de estudios ayudan a definir fundamentalmente, las condiciones en planta de las obras ya sean obras exteriores, muelles, canales de acceso, dársenas, así como las condiciones de operación de las embarcaciones dentro de la zona portuaria.

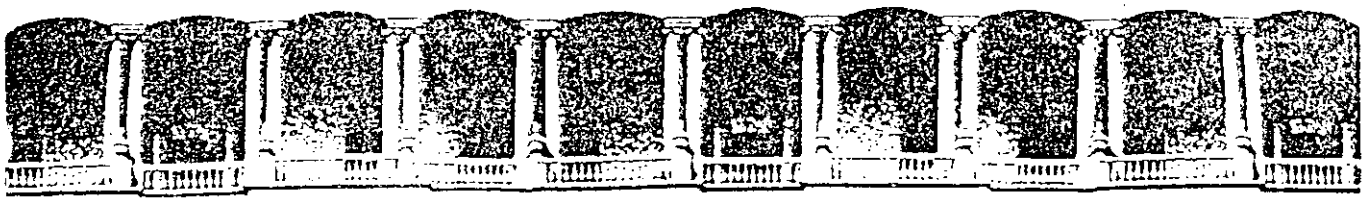
Los estudios de fondo móvil se utilizan cuando la dinámica litoral plantea problemas de azolvamiento o erosión de la zona costera y se requiere proyectar obras de protección contra esos fenómenos.

La representación de las condiciones oceanográficas y en general de los procesos costeros requieren de una adecuación de los equipos y materiales que representan los fenómenos que se dan en la naturaleza.

Los modelos de estabilidad permitirán definir de acuerdo con las condiciones de oleajes, la estructuración de las obras de protección y su comportamiento ante las condiciones extremales a que

pueda ser sometido.

Al contar con este tipo de estudios considerados como básicos, podremos tener la certeza de que el proyecto de las obras requeridas será el adecuado para responder a las necesidades planteadas.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS.

OBRAS INTERIORES

ING. RICARDO CARDENAS GONZALEZ

III CURSO INTERNACIONAL DE DESARROLLO MARITIMO, PORTUARIO Y COSTERO.

MODULO CONSTRUCCION

OBRAS INTERIORES:

LAS OBRAS INTERIORES PERMITEN EL MOVIMIENTO DE LA CARGA Y EL PASAJE.PRINCIPALMENTE ESTAN CONSTITUIDAS POR:

ASTILLEROS
- DIQUES SECOS
- DIQUES FLOTANTES
- VARADEROS
- GRADAS DE CONSTRUCCION

ELEMENTOS OPERATIVOS
- BODEGAS DE MUELLE
- BODEGAS DE TIERRA
- VIAS
- PATIOS
- ESTACIONES
- SILOS
- FAROS
- EQUIPOS CONTRA INCENDIO
- EQUIPOS PARA MANEJO DE MERCANCIAS

ESTRUCTURAS DE ATRAQUE

MUELLE:

ES LA ESTRUCTURA QUE SIRVE DE ENLACE O TRANSICION DE LA CARGA ENTRE EL BARCO Y LA TIERRA FIRME.

LOS MUELLES PUEDEN SER POR SU UBICACION

MARGINALES

EN ESPIGON
- INCLINADOS
- PERPENDICULARES

SE CONOCE COMO MUELLE MARGINAL AQUEL QUE SU EJE LONGITUDINAL ESTA PARALELO A LA COSTA, SI EL EJE LONGITUDINAL DEL MUELLE ES PERPENDICULAR U OBLICUO A LA COSTA SE DENOMINA MUELLE EN ESPIGON.

EN LOS PUERTOS LOCALIZADOS EN RIOS ES OBLIGADA LA CONSTRUCCION DE MUELLES MARGINALES, Y SOLO EN RIOS MUY ANCHOS SE ADOPTARAN LOS DE ESPIGON.

DEPENDIENDO DEL COSTO DEL TERRENO SE PODRA TAMBIEN ELEGIR ENTRE QUE TIPO DE MUELLE CONSTRUIR, ASI PARA TERRENOS BARATOS SE PREFIEREN MUELLES MARGINALES Y EN TERRENOS DE ALTO COSTO LOS DE ESPIGON.

EN ESTA OCASION HABLAREMOS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE QUE SE COMPONEN LOS MUELLES EN GENERAL; ASI COMO EL EQUIPO UTILIZADO Y DE LOS DIFERENTES PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN DURANTE SU CONSTRUCCION.

PARA PODER DESCRIBIR LOS PROCEDIMIENTOS Y ETAPAS CONSTRUCTIVAS DIVIDIREMOS LOS MUELLES EN:

SUB ESTRUCTURA
SUPERESTRUCTURA
ACCESORIOS
INSTALACIONES

SUB ESTRUCTURA DE UN MUELLE: (CIMENTACION)

LA SUB ESTRUCTURA PUEDE SER DE VARIOS ELEMENTOS COMO SON:

- **PILOTES Y TABLAESTACAS.**
  - DE MADERA
  - DE CONCRETO ARMADO
  - DE TUBO DE ACERO
  - PERFILES ESTRUCTURALES
- **PILAS**
  - DE CONCRETO ARMADO
  - DE ACERO
- **ELEMENTOS DE GRAVEDAD (PREZOLADOS O COLADOS EN SITIO)**
  - MUROS DE CONCRETO
  - BLOQUES DE CONCRETO

PILOTES

HABLAREMOS AHORA DE LOS DIFERENTES EQUIPOS CON LOS QUE CONSTRUIREMOS LA SUB ESTRUCTURA Y QUE ENUNCIAMOS A CONTINUACION.

EQUIPO MAYOR

GRUAS

MARTILLO PILOTEADOR
COMPRESOR

EQUIPO MENOR

BOMBA ALTA PRESION
SOLDADORA
PLANTA LUZ 30 KW.

EMBARCACIONES

CHALANES
REMOLCADOR
LANCHA CON M.F.B.

EQUIPO AUXILIAR

ESCANTILLON
MANGUERAS Y CONECCIONES

VEHICULOS

TRACTO CAMION
DOLLYS

FABRICACION E HINCADO

TENIENDO UN PROYECTO YA PARA CONSTRUCCION DE UN MUELLE Y HABIENDO HECHO LA PLANEACION PARA SU EJECUCION, SE PROCEDE A LA CONSTRUCCION DE PILOTES DE CONCRETO ARMADO, UTILIZANDO PARA ELLO, CAMAS PREVIAMENTE COLADAS Y DEBIDAMENTE DIMENCIONADAS.

VAMOS A SUPONER, POR EJEMPLO, QUE LOS PILOTES SE HINCARAN EN UNA CAPA DE - ARENA, POR LO QUE, POR PROYECTO SE LES CHIFLONEARA. ASI EN LA CONSTRUCCION DE - LOS PILOTES SE LE COLOCARA EL CHIFLON SIENDO A BASE DE TUBERIA DE P.V.C., MISMA QUE DEBERA QUEDAR EXACTAMENTE POSICIONADA PARA EVITAR DESVIACIONES DEL PILOTE - TENIENDO YA CONSTRUIDOS LOS PILOTES SE PROCEDE A DESPEGARLOS DE LA CAMA DE FA-- BRICACION Y A INICIAR EL ACARREO TERRESTRE DE ELLOS EN DOLLYS JALADOS POR UN -- TRACTO CAMION, HACIA EL MUELLE, ESTE PUEDE SER PROVISIONAL O ALGUN OTRO QUE NOS

SEA PROPORCIONADO PARA DE AHI, CARGARLOS A UN CHALAN AUXILIAR QUE JALADO POR UN REMOLCADOR SERVIRA PARA ALIMENTAR DE PILOTES AL CHALAN DE HINCADO, EL CUAL SE - ENCUENTRA EN LA ZONA DE HINCA DEL MUELLE.

EL CHALAN DE HINCADO ESTA PROVISTO DE UNA GRUA, MARTILLO PILOTEADOR, BOMBA DE ALTA PRESION, MANGUERAS Y CONEXIONES Y EL ESCATILLON.

EN EL CHALAN DE HINCADO SE ALMACENARAN EL Nº DE PILOTES NECESARIOS PARA -- TERMINAR UN EJE COMPLETO O UN CONJUNTO DE PILOTES.

PRINCIPALES ACTIVIDADES EN EL HINCADO DE PILOTES:

1.- COLOCACION DEL ESCANTILLON COMO EQUIPO AUXILIAR PARA EL HINCADO DE PILOTES, SE VERIFICARA SU ALINEACION Y NIVELACION DESDE TIERRA, PARA SOBRE EL COLO-- CAR EL CABALLETE CON LA GUIA PARA POSICIONAR EL PILOTE DEBIDAMENTE CON LOS EJES Y NIVELES DEL PROYECTO. EL ESCANTILLON CONSISTE EN UNA ESTRUCTURA METALICA QUE PUEDE SER DE PERFILES ESTRUCTURALES O DE TUBO, TIENE FORMA DE UN PARALELEPIPEDO HUECO CON CUATRO ZANCOS EN LAS ESQUINAS QUE SIRVEN PARA SOSTENER EL ESCANTILLON. SOBRE EL SE COLOCARA EL CABALLETE GUIA PARA HINCAR -- LOS PILOTES.

ANTES DE INICIAR LA MANIOBRA DE INCADO, A CADA PILOTE SE LE COLOCAN MARCAS A CADA 50 CENTIMETROS, CON EL OBJETO DE CONTROLAR LA PENETRACION REAL DEL - PILOTE.

2.- UNA VEZ POSICIONADO EL ESCANTILLON, SE PROCEDE EN EL CHALAN DE HINCADO AL - MANEJO E IZAMIENTO DEL PILOTE, COLOCANDOLE YA DESDE ENTONCES LAS MANGUERAS DE LA BOMBA DE ALTA PRESION A LAS PREPARACIONES PARA EL CHIFLONEO, EL PILOTE SE ESTROBARA DE ACUERDO AL CALCULO QUE PARA IZARLO SE TENGA. SE LEVANTARA Y SE PARARA CON LA GRUA, METIENDOLO A LA ZONA DEL ESCANTILLON REZARGANDO LO EN EL CABALLETE GUIA PARA ASI VERIFICAR DESDE TIERRA SU POSICION Y SU -- INCLINACION SI ES QUE POR PROYECTO LA TENGA, UNA VEZ VERIFICADA SU POSICION TOPOGRAFICAMENTE, LOS ESTROBOS DEJANDO AL PILOTE UNICAMENTE CON EL ESTROBO- QUE LO MANTIENE VERTICAL O INCLINADO.

3.- ESTANDO YA EL PILOTE EN SU POSICION Y SOSTENIDO CON LA GRUA, SE INICIA LA - ACTIVIDAD DEL HINCADO EMPEZANDO CON EL CHIFLONEO. SE PONDRA A TRABAJAR LA - BOMBA DE ALTA PRESION Y SE INICIARA A SUBIR Y BAJAR EL PILOTE PARA QUE POR MEDIO DEL CHIFLONEO VAYA PENETRANDO, ESTA ACTIVIDAD SE MANTENDRA HASTA QUE- LLEGUE EL PILOTE A LA PROFUNDIDAD DE PROYECTO, ESPECIFICACIONES O ASI LO INDIQUE EL SUPERVISOR DE CAMPO. SE RETIRARA LA CONEXION DE LA BOMBA DE ALTA -

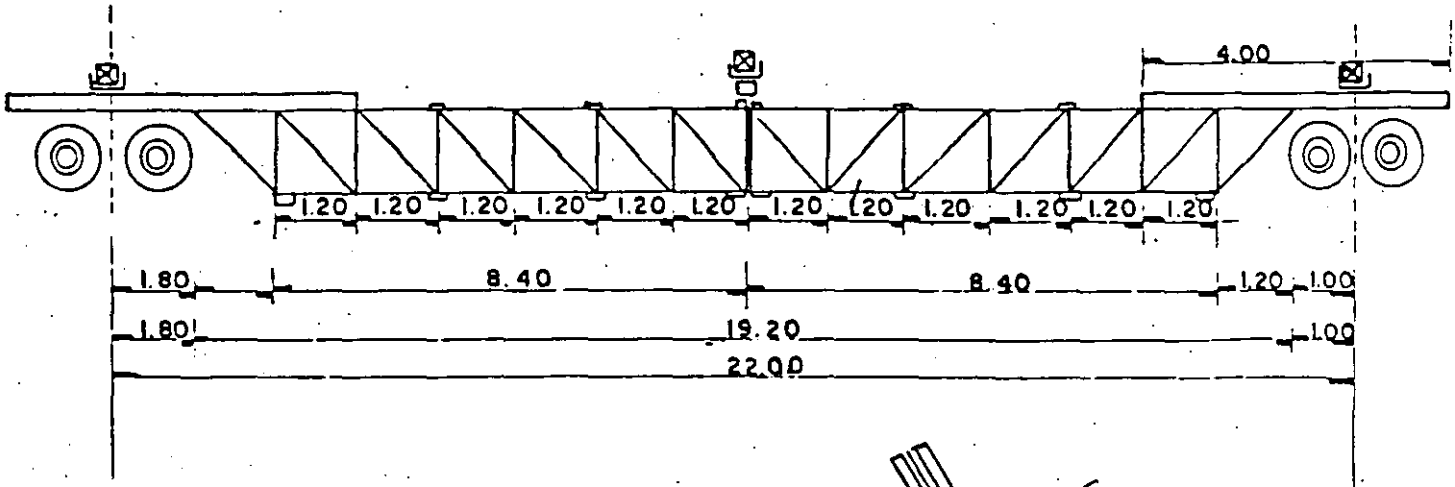
PRESION Y LA GRUA SOLTARA EL PILOTE PARA TOMAR EL MARTILLO PILOTEADOR Y ASI INICIAR EL HINCADO CON EL GOLPEO, HASTA QUE LLEGUE SEGUN EL CASO AL REBOTE (ESPECIFICACION) O LOS NIVELES DE PROYECTO. TODA ESTA ACTIVIDAD SE REGISTRARA PARACADA UNO DE LOS PILOTES A HINCAR Y SE TENDRA LA ESTADISTICA DE PENETRACION PORCHIFLONEO Y POR GOLPEO.

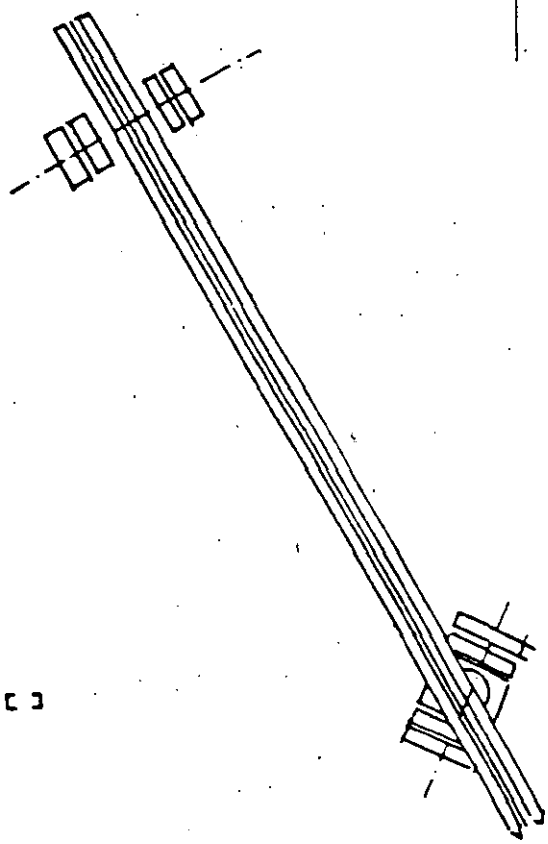
PARA EL CASO DE QUE SE TENGA OTRO TIPO DE MATERIAL DONDE SE VAYAN A HINCAR LOS PILOTES, EXISTE TAMBIEN EL PROCEDIMIENTO DE PERFORACION PREVIA, LA CUAL SEREALIZA CON UN EQUIPO ESPECIAL PARA ELLO COMO PUEDE SER UNA PERFORADORA CASA---GRANDE O CODWELL.

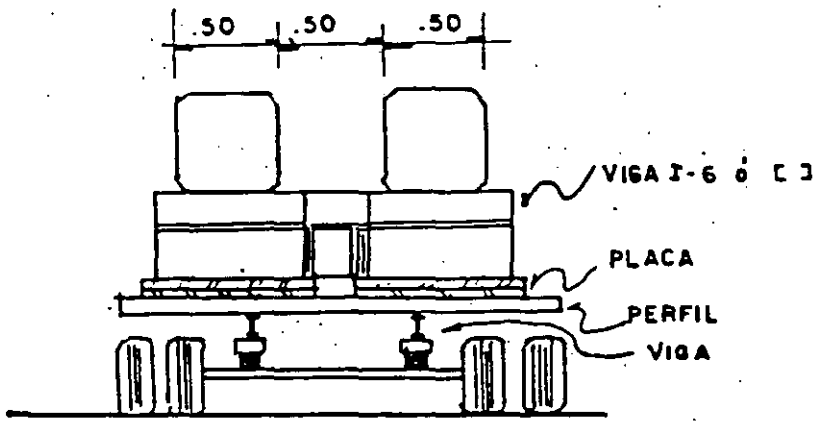
EXISTEN ESPECIFICACIONES DONDE NO SE PERMITE EL CHIFLONEO DE LOS PILOTES--SINO QUE, UNICAMENTE PUEDEN SER HINCADOS CON GOLPEO.

CARGA DE PILOTES A DOLLY PARA SU ACARREO TERRESTRE

TRANSPORTACION DE PILOTES.

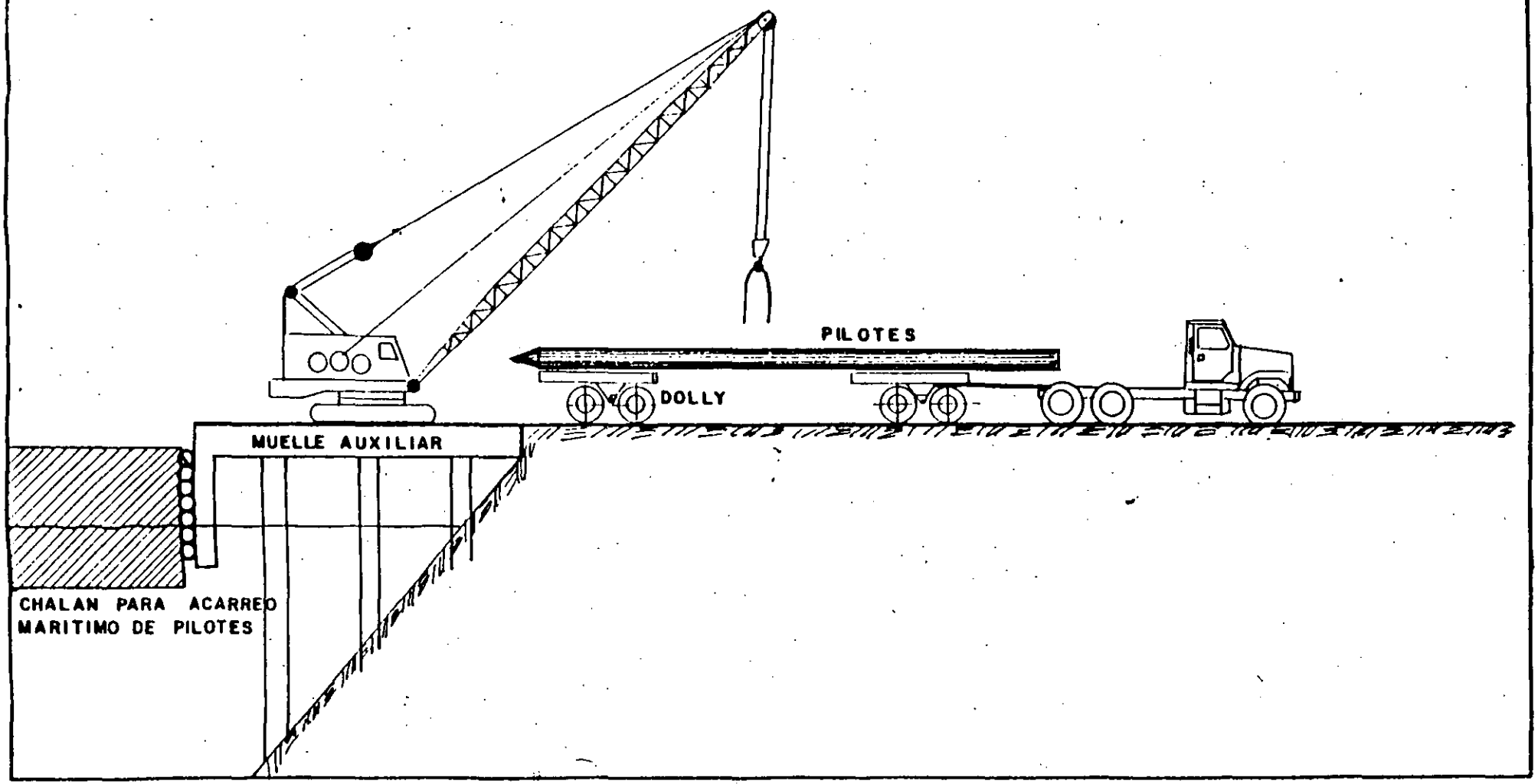




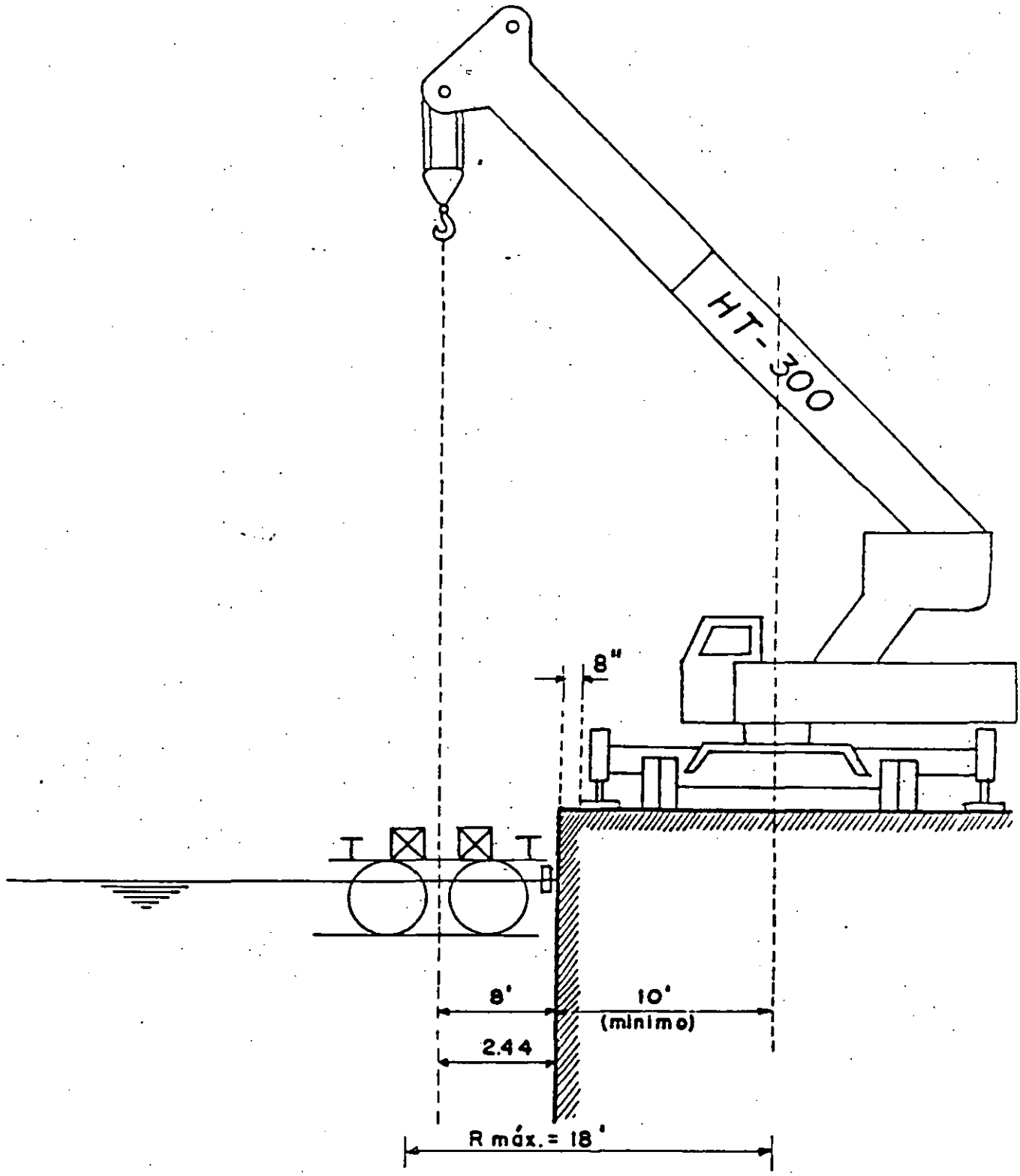


DOLLY

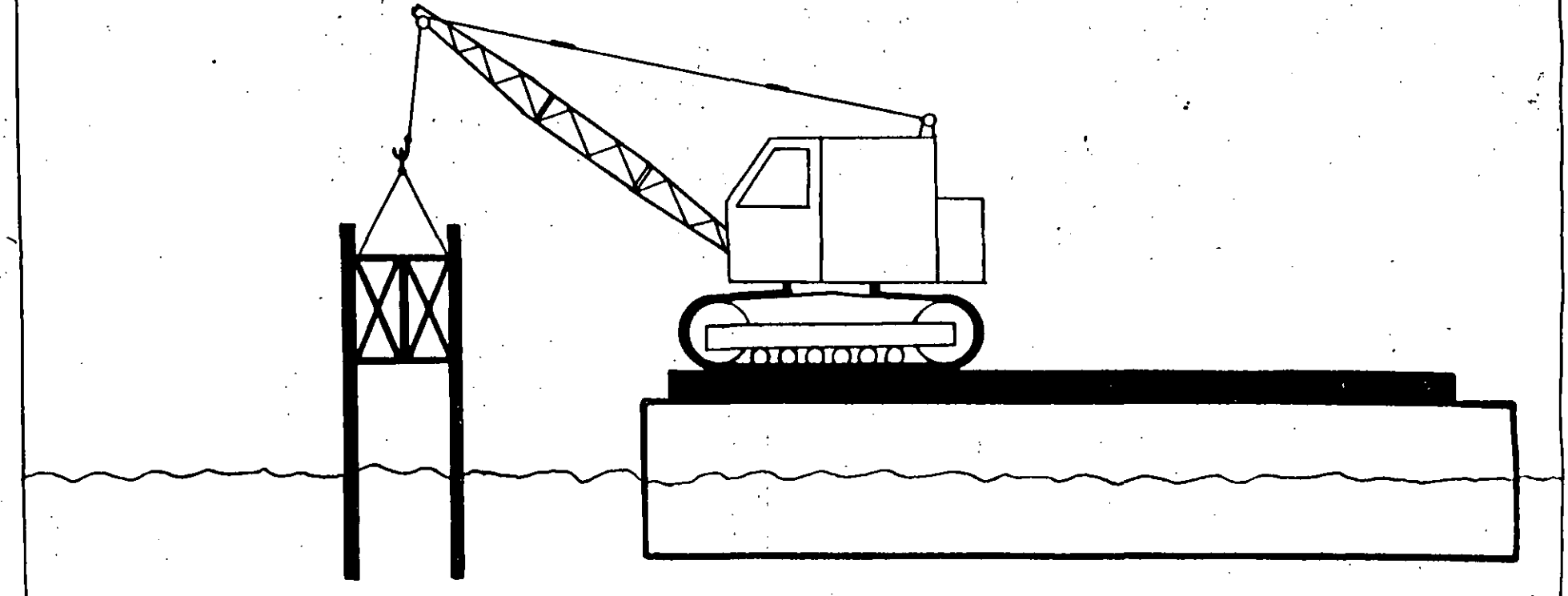
DESCARGA DE PILOTES DE DOLLY Y CARGA A CHALAN PARA EFECTUAR EL ACARREO MARITIMO



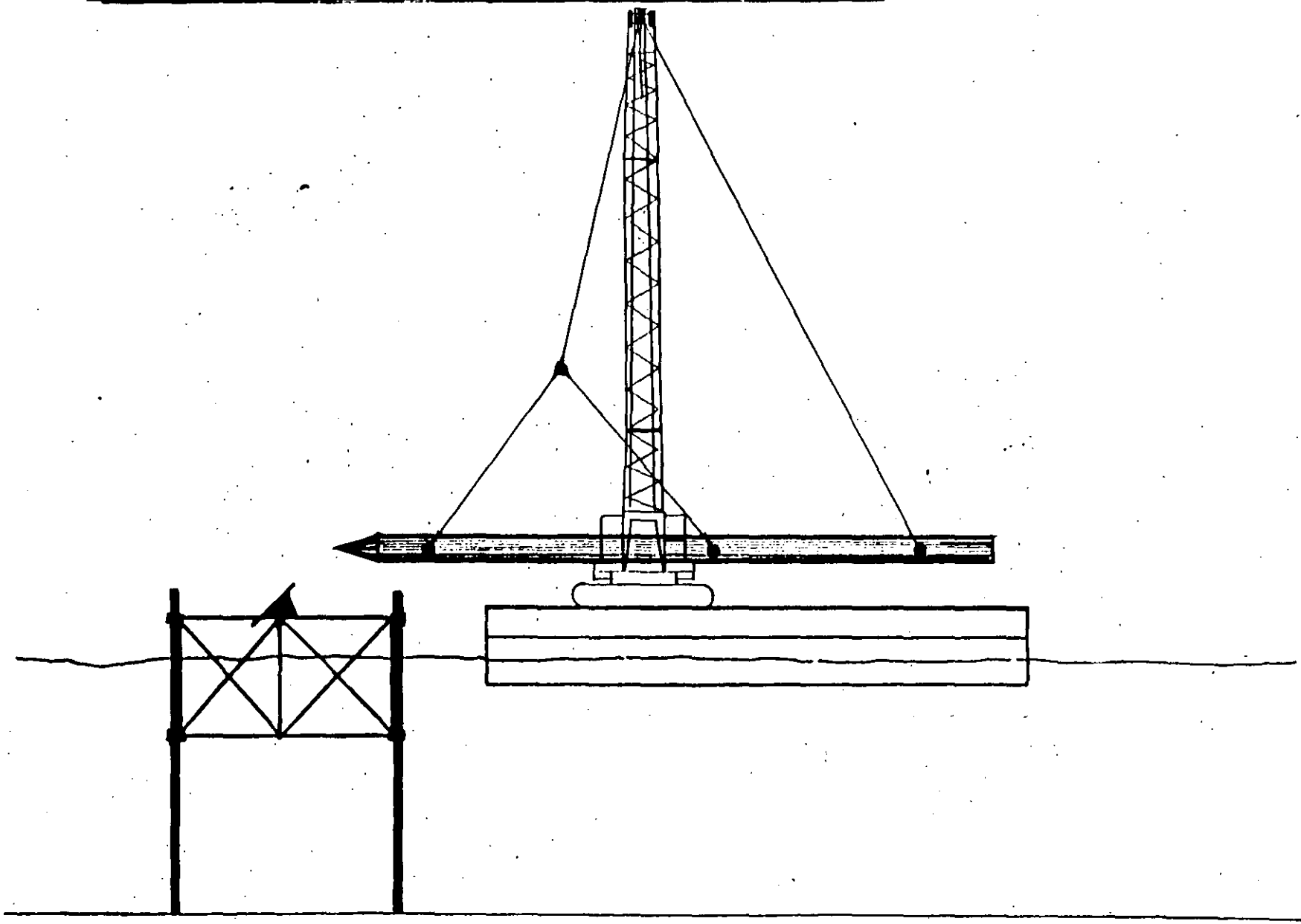
CARGA DE PILOTES A CHALAN.



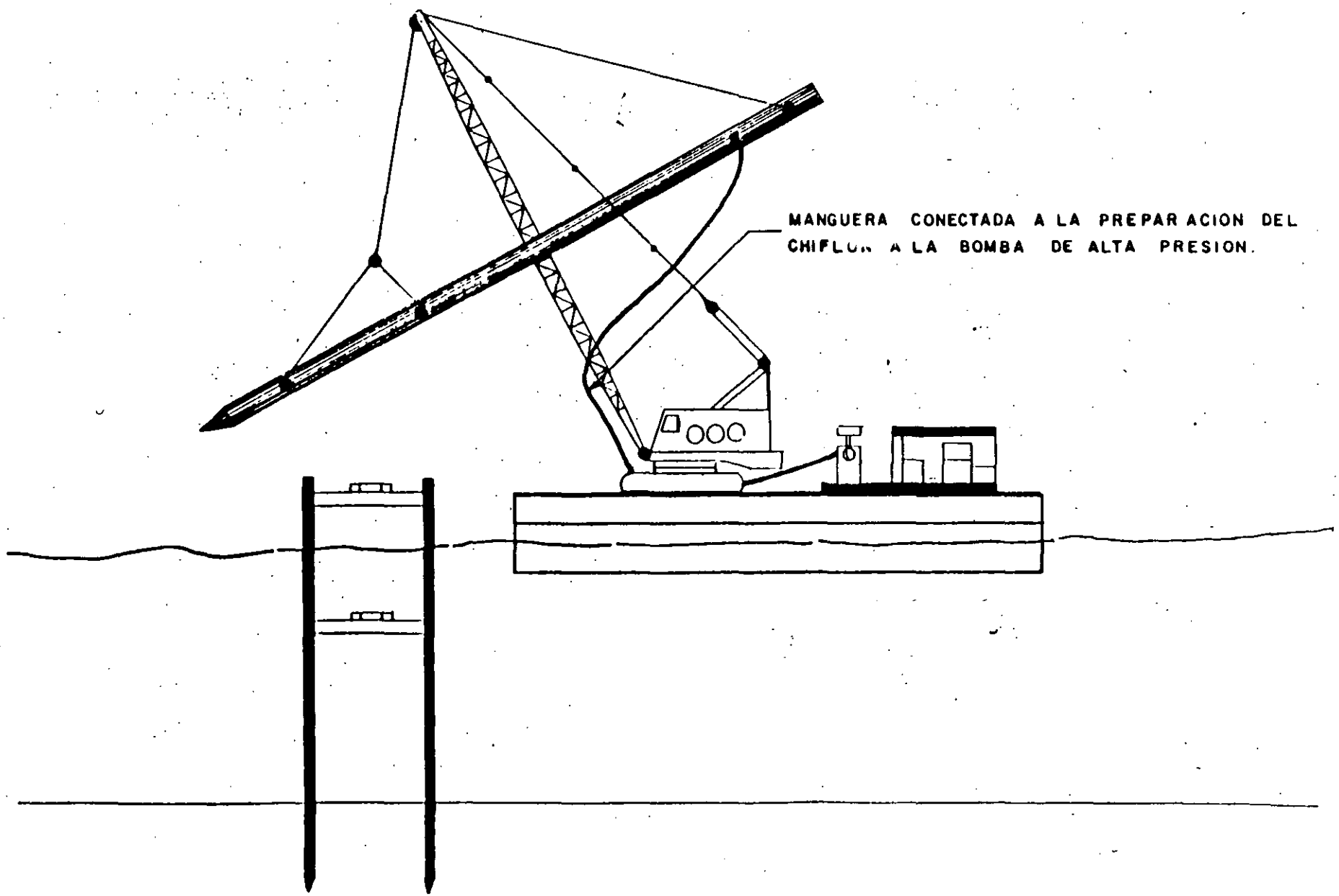
POSICIONAMIENTO DEL ESCANTILLON PARA UBICACION TOPOGRAFICA DE LOS PILOTES



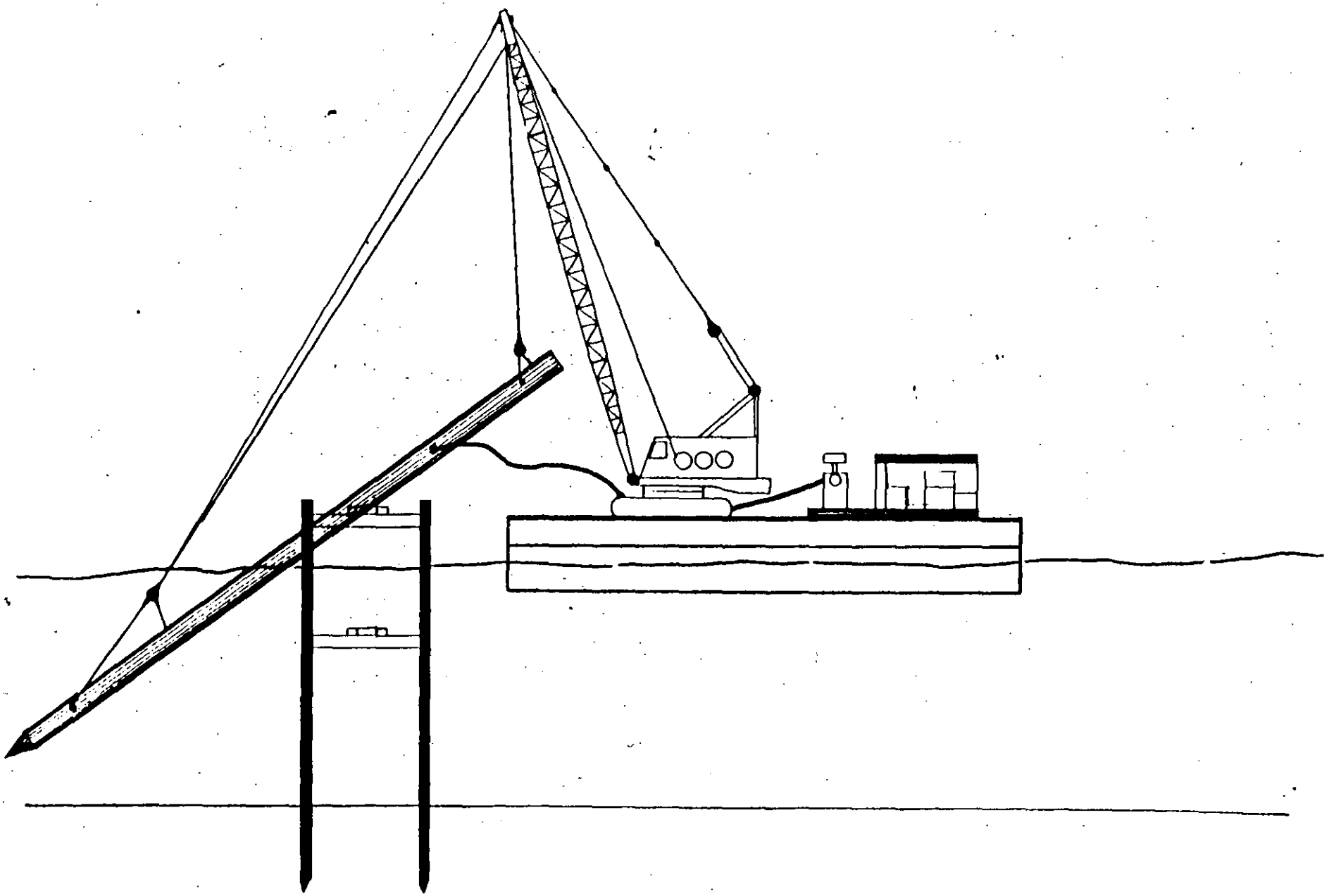
MANEJO E IZAJE DEL PILOTE



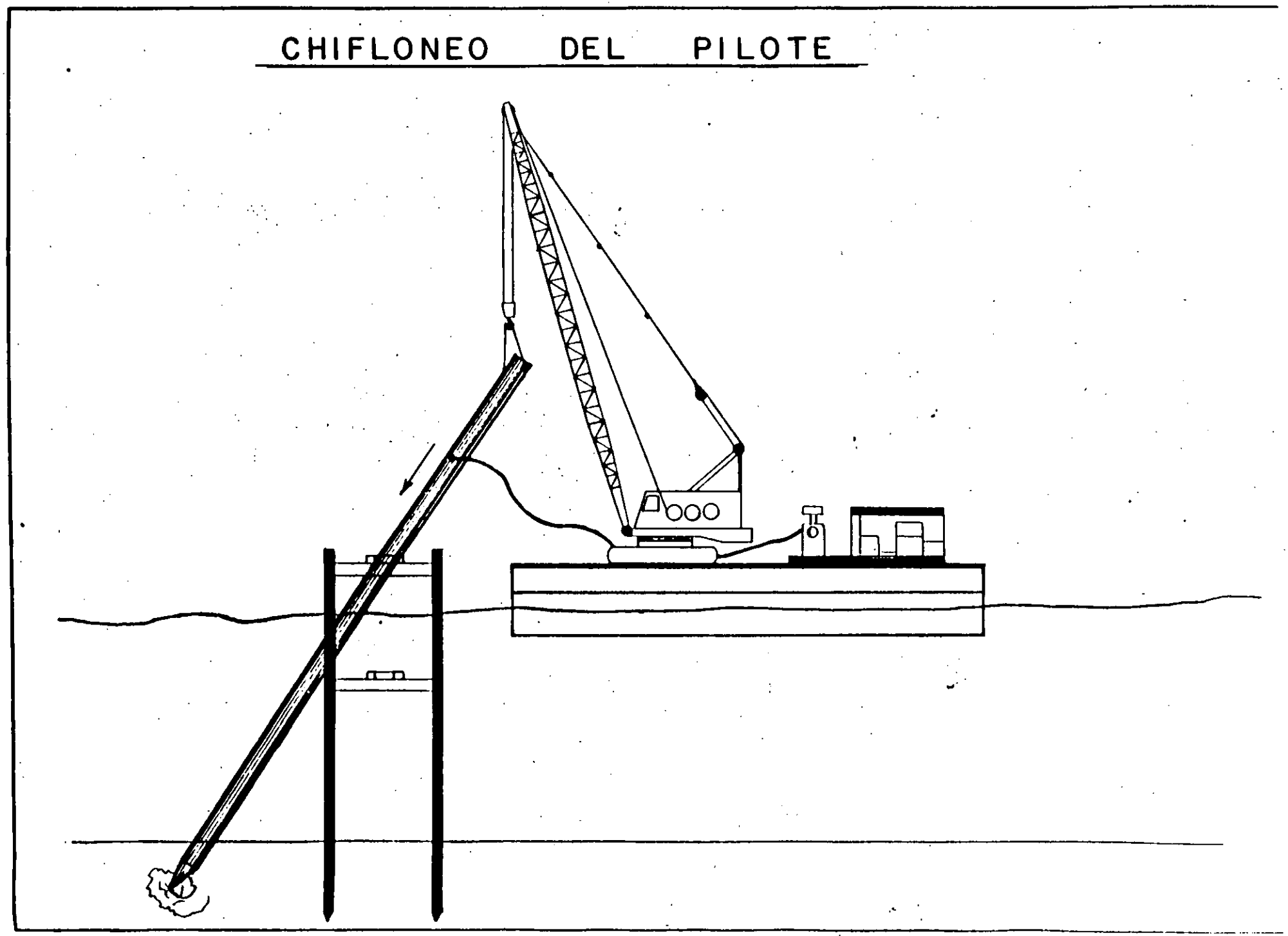
MANIOBRA DEL PILOTE PARA PONERLO VERTICAL Y COLOCARLO DENTRO DEL ESCANTILLON

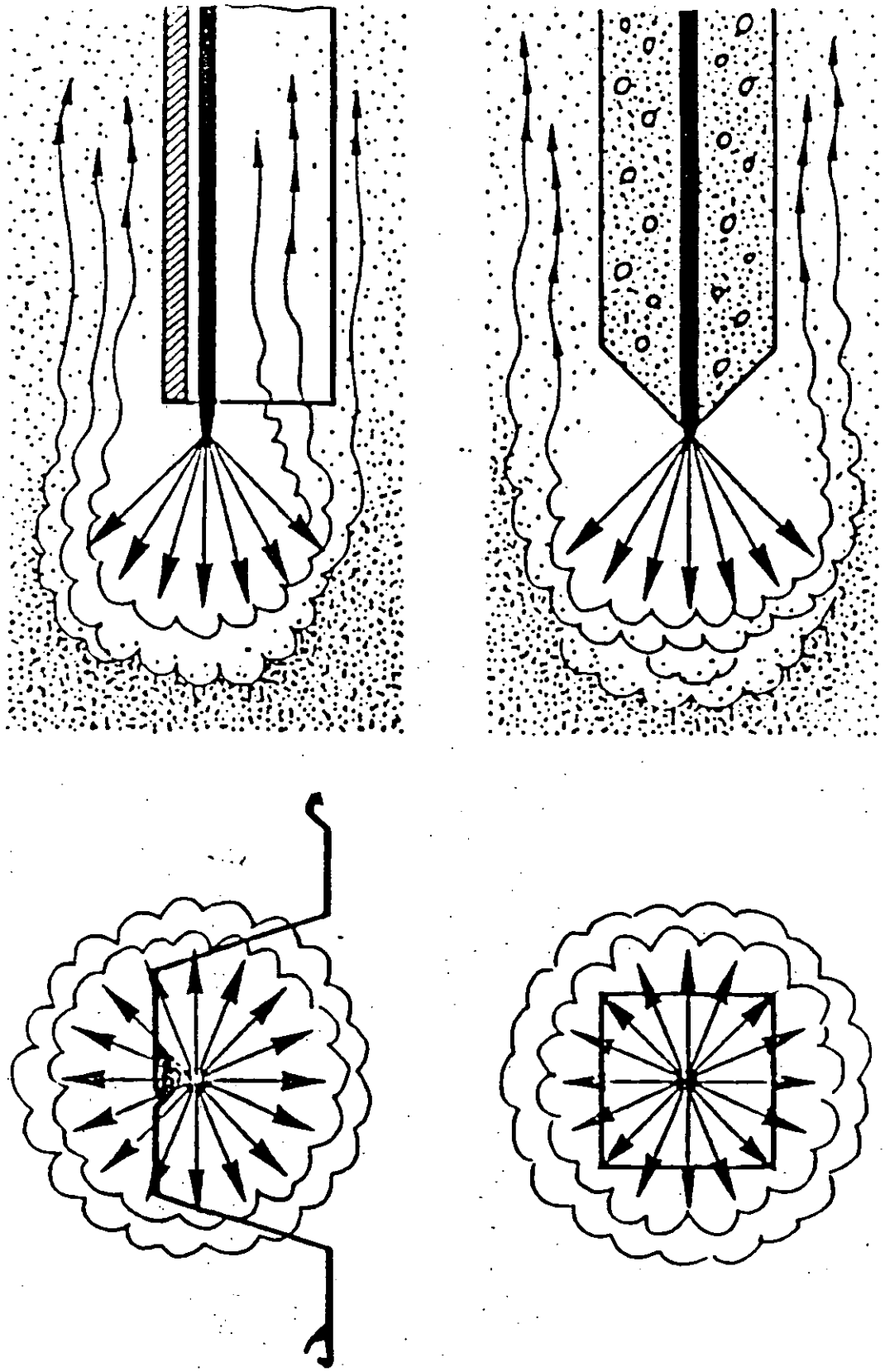


POSICIONANDO EL PILOTE DENTRO DEL ESCANTILLON



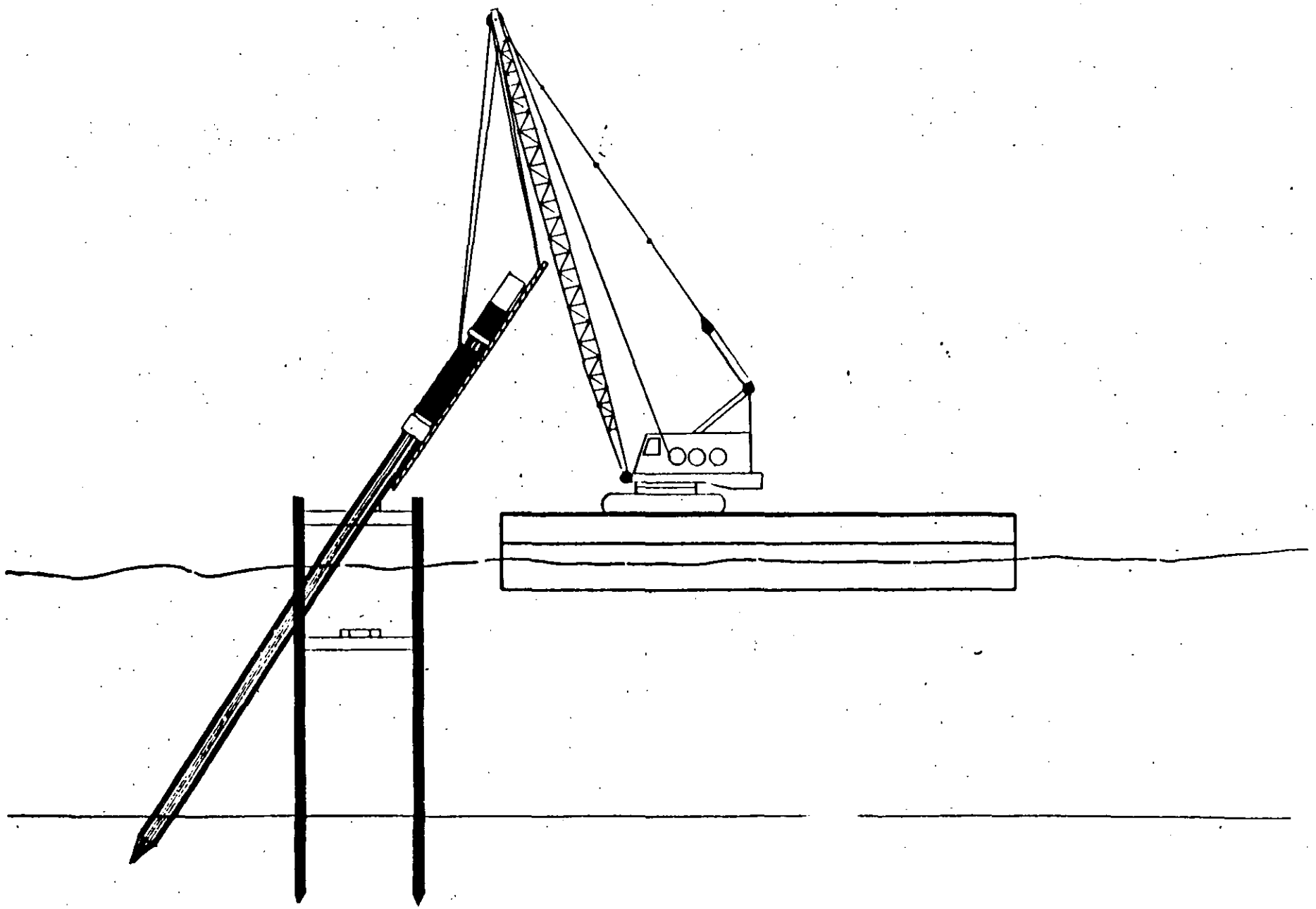
CHIFLONEO DEL PILOTE

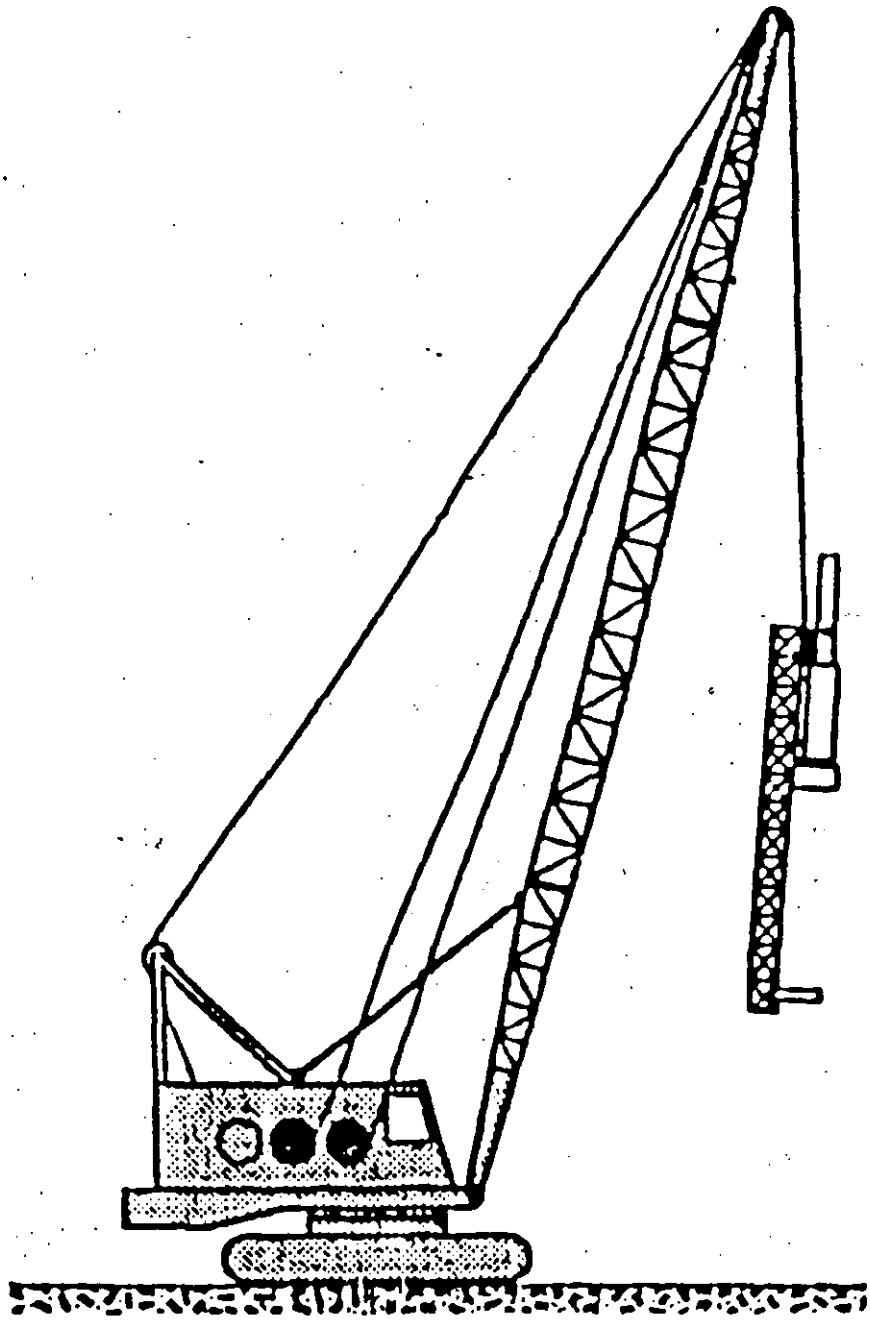




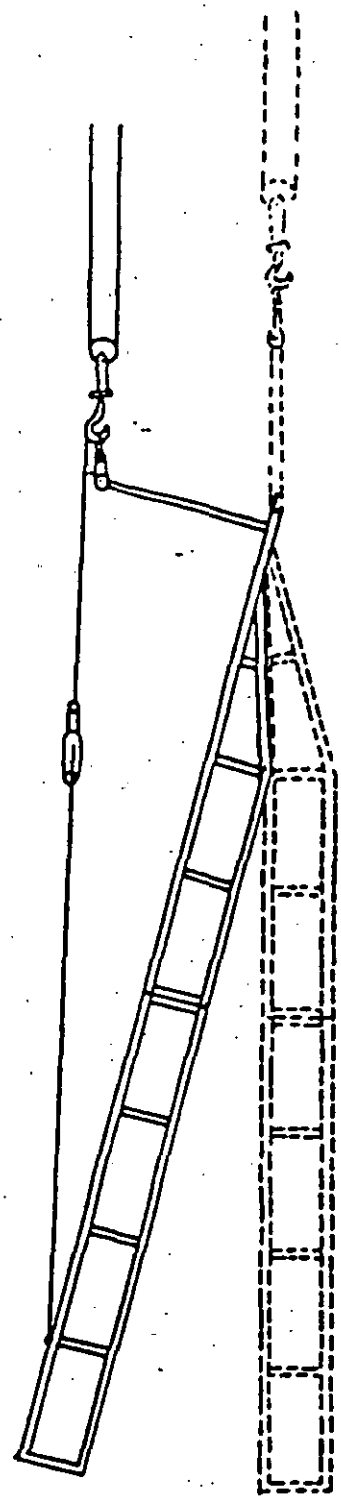
EFECTO DEL CHIFLON EN LA PUNTA DE LA TABLESTACA Y DEL PILOTE (REF. 1)

HINCADO DEL PILOTE CON MARTILLO PILOTEADOR

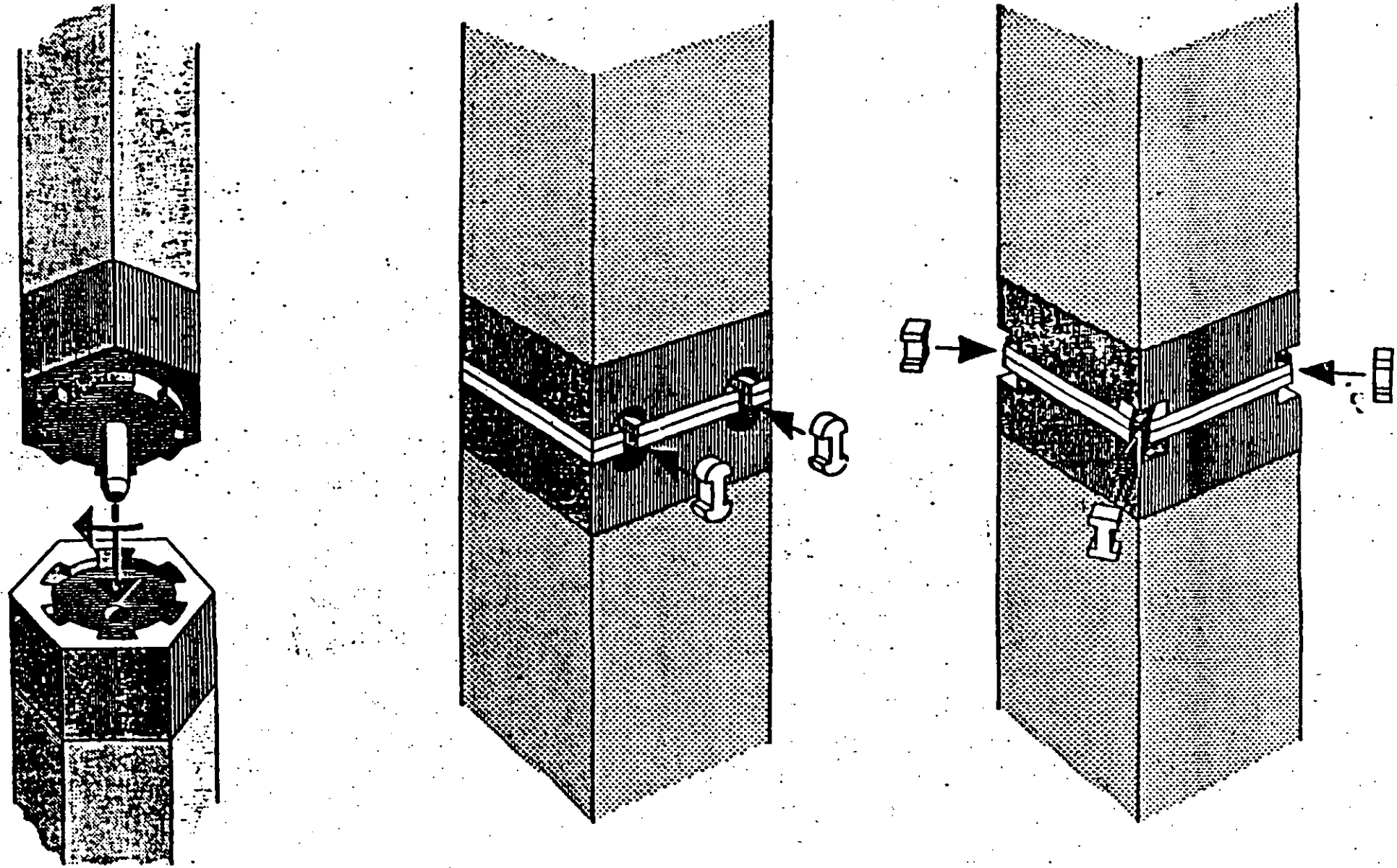




EQUIPO DE HINCADO: GRUA Y MARTILLO CON GUIA OSCILANTE
(REF. 3)



INCLINACION GUIA PARA PILOTES INCLINADOS.



DIFERENTES TIPOS DE UNION PARA EXTENCION DE PILOTES, EVITANDO TARDADOS Y COSTOSOS TRABAJOS DE SOLDADURA. (REF. 2)

CONSTRUCCION DE PILAS

PILAS EN TIERRA

I.- DIAMETROS Y PROFUNDIDADES DE PERFORACION MAS COMUNES.- Los diámetros que se utilizan en la perforación de pilas van desde los 0.30 M. hasta los 2.50 Mts., las profundidades de perforación varian de acuerdo al tipo de maquinaría.

II.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.- La construcción de una pila consta básicamente de 3 actividades en general.

II.1 PERFORACION DE PILA
II.2 COLOCACION ACERO DE REFUERZO
II.3 COLADO DE CONCRETO

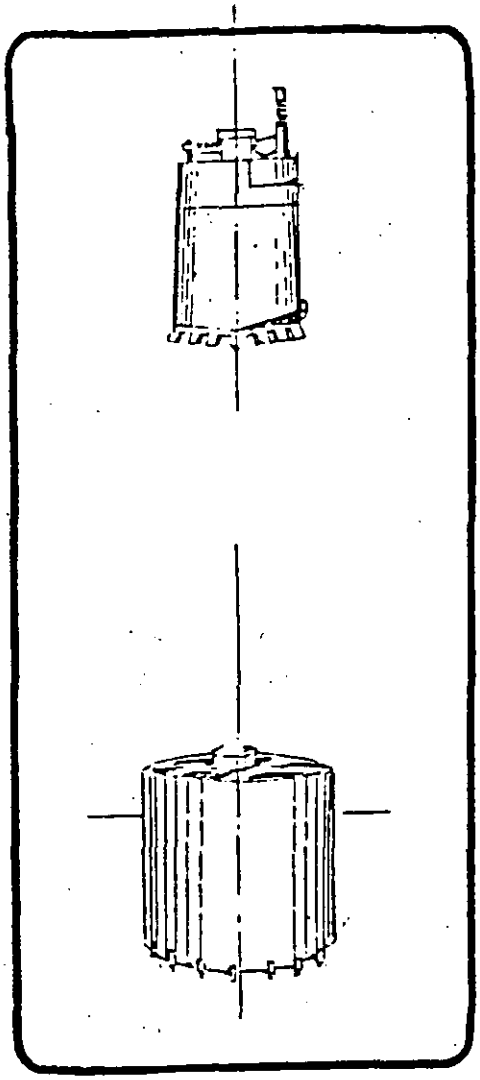
II.1 PERFORACION DE PILA : Para la realización de la excavación es recomendable el uso de un brocal que sirva de guía a la herramienta de ataque y además evitar caídas de la parte superior del pozo, así como un mejor manejo de los lodos. Esta excavación se puede realizar básicamente por dos tipos de máquinas: una que está especialmente diseñada para la realización de los trabajos, y otra que es un mecanismo que se adapta a una grúa convencional sobre orugas. Para contener las paredes de esta excavación se utiliza un Lodo Bentonítico que es mezclado a base de agua-bentonita, cuyo proporcionamiento varía de acuerdo al tipo de terreno. Comunmente se usa un proporcionamiento no mayor del 10% en peso de bentonita en relación con el agua. Es muy importante que esta mezcla se efectúe adecuadamente y se le dé el tiempo suficiente de hidratación.

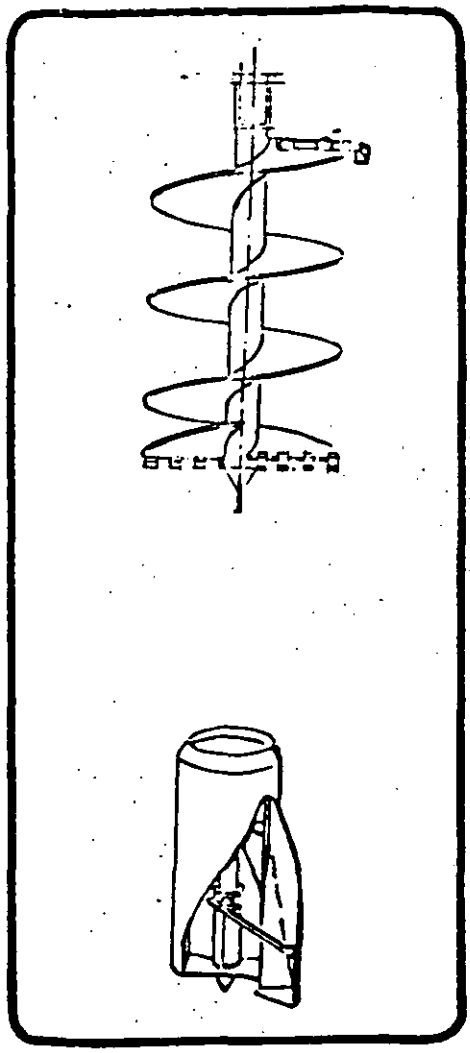
II.2 COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO.- El habilitado del acero de fuerzo se lleva a cabo en el patio y en función de la longitud de la pila se hace en una ó más secciones, que nos determinan

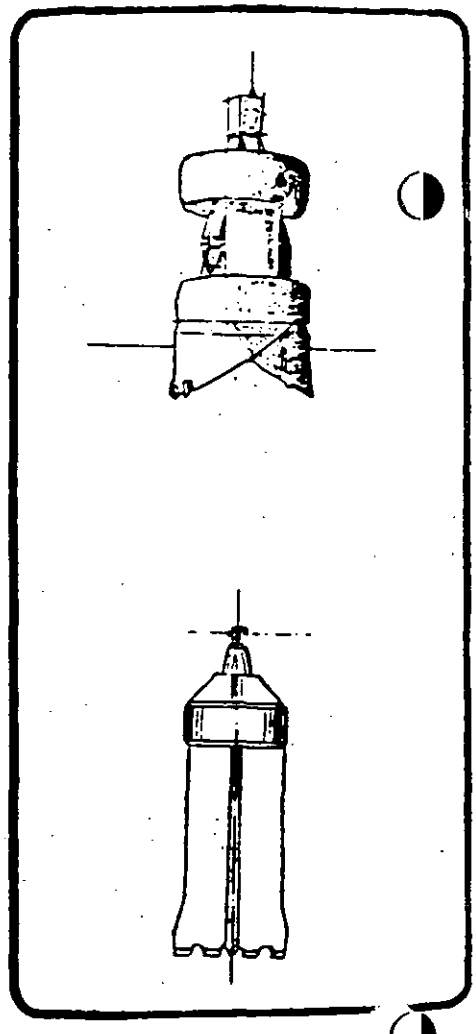
el tipo y tamaño de grúa a utilizar, para su colocación dentro de la excavación. La grúa puede ser de tipo hidraúlica ó de cable. Para garantizar el recubrimiento que es necesario en el -- acero y ayudar a su deslizado se fabrican una especie de Pollitos de concreto de rodillo con un tramo de PVC en el centro.

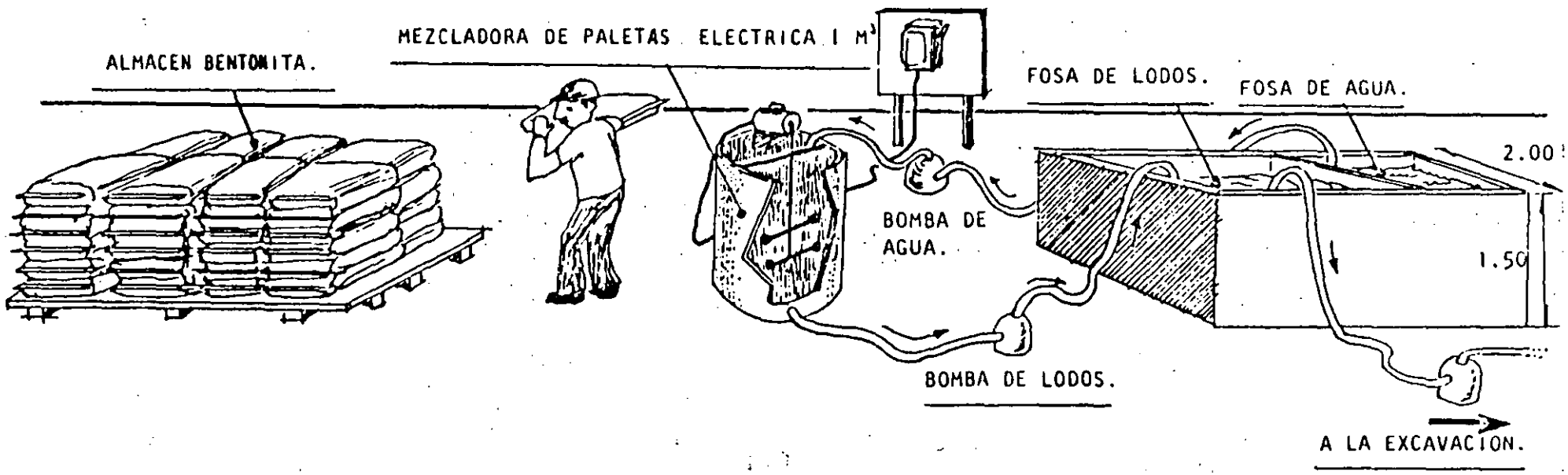
II.3 COLADO DE CONCRETO.- Para realizar la colocación de concreto se utiliza una "Trompa de Colado". Durante el colado el extremo inferior ó de descarga de la trompa se mantiene embebido dentro - del concreto fresco para evitar que se lave y segregue. Los --- proporcionamientos de agregados son altamente importantes, recomendándose agregados de grava y no de roca triturada. Cuando la pila no va armada, use el agregado grueso un tamaño maximo de - $1\frac{1}{2}$". Cuando la pila es de poco diámetro ó va armada, use agregado máximo de 3/4". Para el caso de agregado fino, use suficiente arena, en proporción de 42 a 45% con un mínimo de 40%. Cemento: es escencial una mezcla rica que para un colado promedio, es de 8 bultos por M3 aproximádamente. El revenimiento recomendable es de 15 a 18 cm. con un mínimo de 13 y un máximo de 20. En muchos casos específicos el uso de aditivos retardantes o -- plastificantes han dado resultados excelentes con ó sin aire -- (no se aconseja usar acelerantes). El diámetro de las trompas es en general 8 veces mayor que el tamaño del agregado grueso.- Las más comunes son trompas de 10" a 12". En el terreno superior se coloca una tolva. Todo el conjunto se sube o baja durante el colado para lo cuál se puede utilizar el mismo equipo que se dedica a la colocación del Acero de Refuerzo. Las trompas son generalmente pesadas para evitar que floten cuando están vacias.

1d. Herramienta de perforación





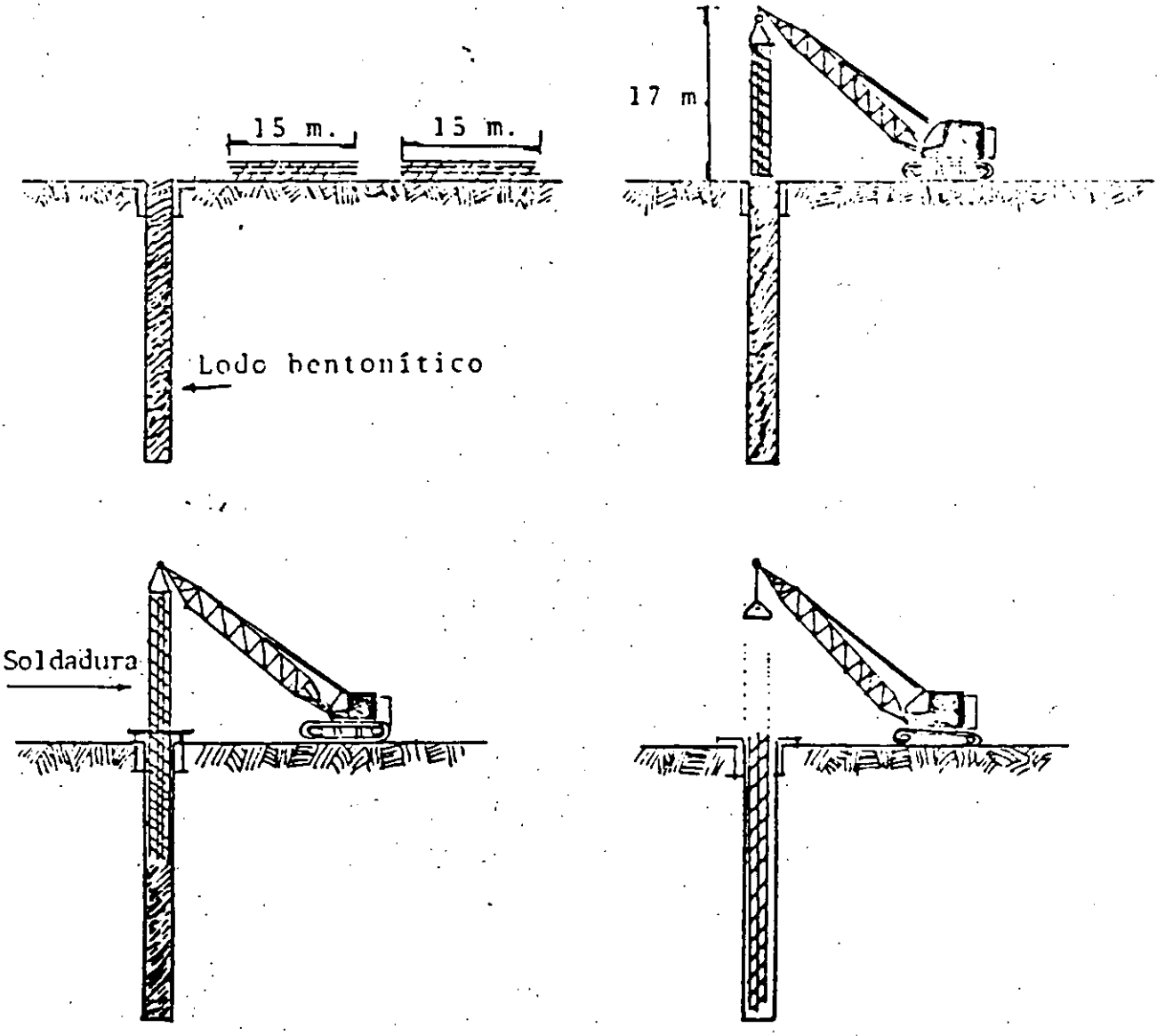




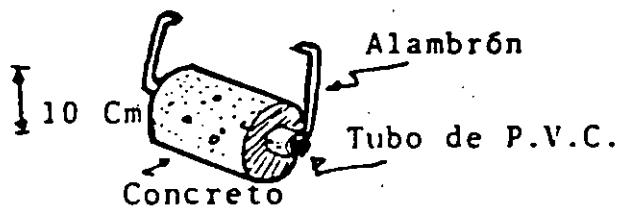
1e.- SISTEMA DE MEZCLADO Y SUMINISTRO DE LODOS.

III.2 COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO-

2a. Colocación de armado de 30 m. en dos secciones

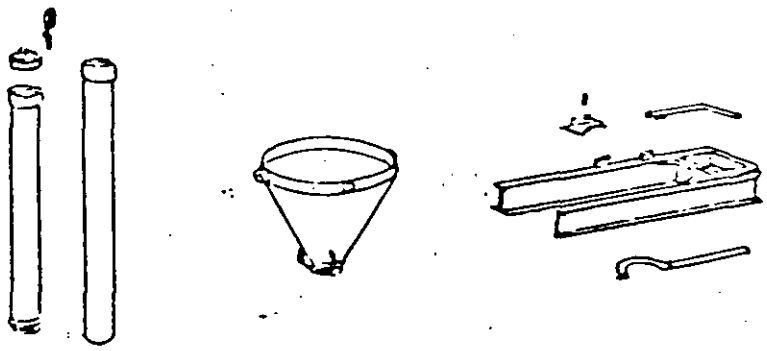


2b. Separadores de Concreto (Pollitos)



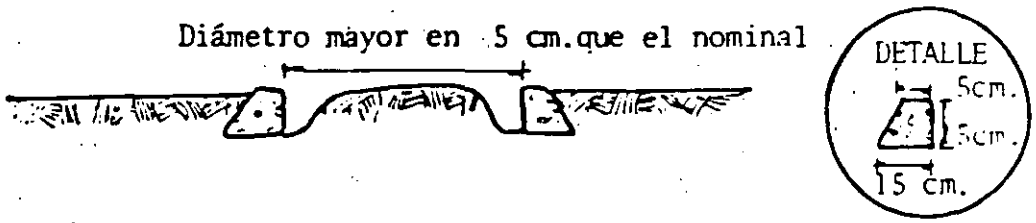
III.3 COLADO DE CONCRETO

3a. Tubería Tremie y tolva

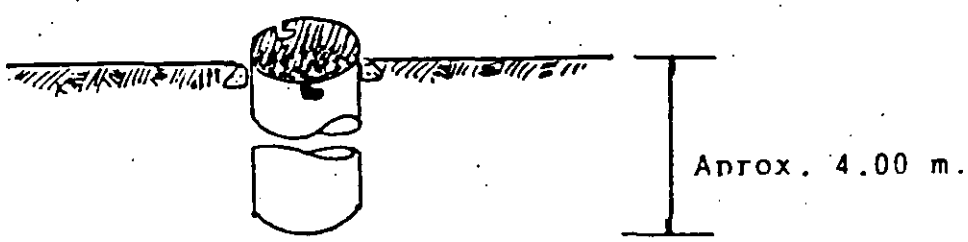


IV. DETALLES CONSTRUCTIVOS

IV.1 Brocal de concreto para mejorar la guía de la herramienta de perforación, para disminuir los derrumbes al principio de la excavación y para un mejor manejo de lodos.



IV.2 Ademe Metálico.- Una vez llegada la excavación a la zona donde termina el terreno suelto(superior) se coloca un ademe metálico que generalmente es de 4.00 m. de longitud, para evitar derrumbes en el pozo al continuar la profundización de la excavación. Este ademe se extrae una vez colada la pila sin esperar a que transcurra más de una hora, evitando con esto dificultades de extracción.



IV.3 Para evitar taponamientos en la tubería de colado no debe haber interrupciones en el mismo, mayores de 10 minutos. El extremo inferior de la trompa debe permanecer en inmersión dentro del concreto una longitud aproximada de 1.00 m. Al iniciar el descenso de la trompa se debe colocar en el extremo de ésta un tapón de madera con extremo de hule, amarrado con un alambre delgado. El mejor método de reinmersión es el usar un diablo (balón inflado). La trompa se alza hasta quedar libre de concreto, se empuja hacia abajo el balón por medio del concreto hasta llegar casi al fondo, se coloca la trompa otra vez en el concreto fresco y se continua el colado.

PILAS EN AGUA

DEPENDIENDO DE UN ESTUDIO DEL SUBSUELO Y TENIENDO LOS DATOS DE COMO ESTAN CONSTITUIDAS LAS CAPAS ESTRATIGRAFICAS DEL TERRENO DONDE SE VAN A CONSTRUIR -- LAS PILAS, SERA EL PROCESO CONSTRUCTIVO A SEGUIR.

DESCRIBIREMOS BREVEMENTE EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS PILAS EN -- FORMA GENERAL Y VEREMOS EN FORMA PARTICULAR LOS SISTEMAS DE EXCAVACION PARA COLOCAR LA CIMBRA DE LA PILA DEPENDIENDO DEL TIPO DEL SUELO DONDE VAN A SER CONSTRUIDAS.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN GENERAL PARA PILAS

LA PILA ES UN ELEMENTO ESTRUCTURAL GENERALMENTE SOLIDO Y DE FORMA CILINDRICA QUE VA EMPOTRADA EN EL SUELO PARA ASEGURAR SU ESTABILIDAD Y SE CONSTRUYE DE LA SIGUIENTE FORMA.

SE LOCALIZA TOPOGRAFICAMENTE EL SITIO EXACTO DE SU UBICACION DE ACUERDO AL PROYECTO, COLOCANDO EN ESTE SITIO EL ESCANTILLON QUE SERVIRA PARA SOPORTAR LA-- CIMBRA METALICA DE LA PILA. EN ALGUNOS CASOS, PARTE DE LA CIMBRA SE CONSIDERA - PERDIDA Y OTRA RECUPERABLE, LA PARTE PERDIDA ES LA QUE SE EMPOTRA EN EL TERRENO

LA CIMBRA SE ARMARA EN LA CUBIERTA DEL CHALAN, Y ESTA FORMADA POR DOS MEDIAS CAÑAS UNIDAS CON TORNILLOS.

ESTANDO YA COLOCADA LA CIMBRA METALICA EN SU POSICION SE PROCEDE A LA PENETRACION DE ELLA, EXCAVANDO CON EL PROCEDIMIENTO ADECUADO DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO.

UNA VEZ PENETRADA LA CIMBRA A LOS NIVELES DE PROYECTO, SE PROCEDE A COLO--

EL METODO DESCRITO ANTERIORMENTE SE PROCEDE A RETIRAR LA CIMBRA Y SE HACE LA EXCAVACION CON ALMEJA, LOGRANDO CON ESTE METODO HACER LA EXCAVACION Y LLEGAR A LA COTA DEL PROYECTO, TERMINANDO DE EXCAVAR SE PROCEDE A COLOCAR LA CIMBRA TAPANDO LAS POSIBLES SOBREEXCAVACIONES EN LA PARTE SUPERIOR CON COSTALES RELLENOS DE ARENA.

POSTERIORMENTE SE SIGUE EL PROCESO DE CONSTRUCCION DE LA PILA.

3.- SI EL ESTRATO DEL SUELO ES BOLEO COMPACTO SE INTENTARA HACER CON EL PROCESO ANTERIOR, SI NO ES POSIBLE, SE PROCEDERA A UTILIZAR UN PUYON QUE NO ES MAS QUE UN TUBO RELLENO DE CONCRETO CON PUNTA DE TUBO DE ACERO EL CUAL SE LEVANTARA CON LA GRUA Y SE DEJARA CAER EN CAIDA LIBRE, CON ESTO SE AFLOJARA EL MATERIAL Y SE PODRA SACAR CON LA ALMEJA SE CONTINUARA CON ESTE PROCESO DE EXCAVACION HASTA LLEGAR A LA COTA DEL PROYECTO PARA SEGUIR CON EL PROCESO DE --- CONSTRUCCION DE LA PILA.

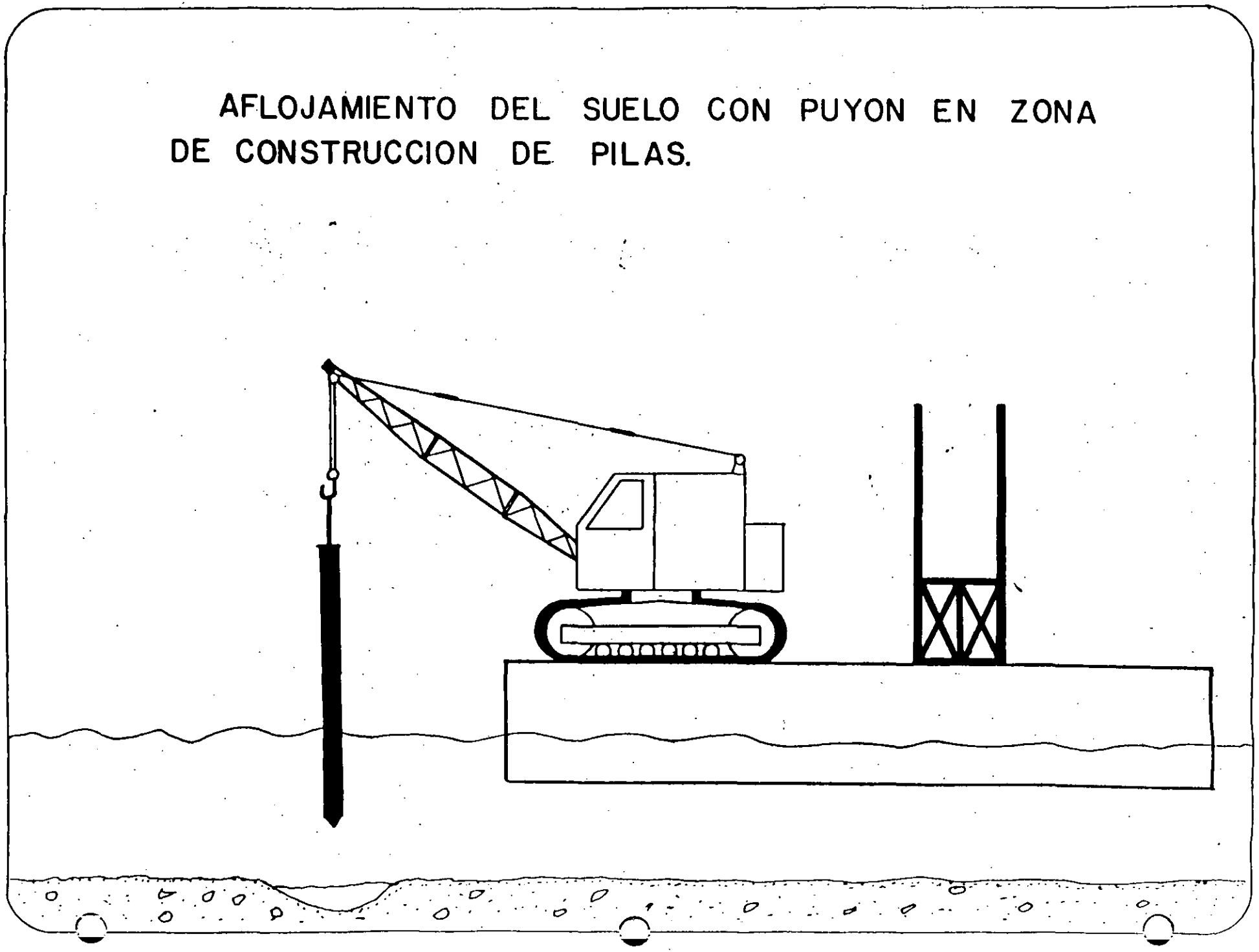
4.- SI EL ESTRATO DEL SUELO TIENE UNA DUREZA DONDE LOS METODOS ANTERIORMENTE DESCRITOS NO FUNCIONEN SE PROCEDERA ENTONCES A UTILIZAR EQUIPO ESPECIAL PARA - PERFORACION Y SE SEGUIRA EL MISMO PROCESO PARA LA CONSTRUCCION DE LAS PILAS.

5.- CUANDO LA ZONA Y LAS CONDICIONES LO PERMITEN SE PODRA UTLIZAR DINAMITA PARA- AFLOJAR EL MATERIAL Y ASI PODER EXCAVAR CON ALMEJA, ACTUALMENTE ESTA ALTERNATIVA NO ES USUAL.

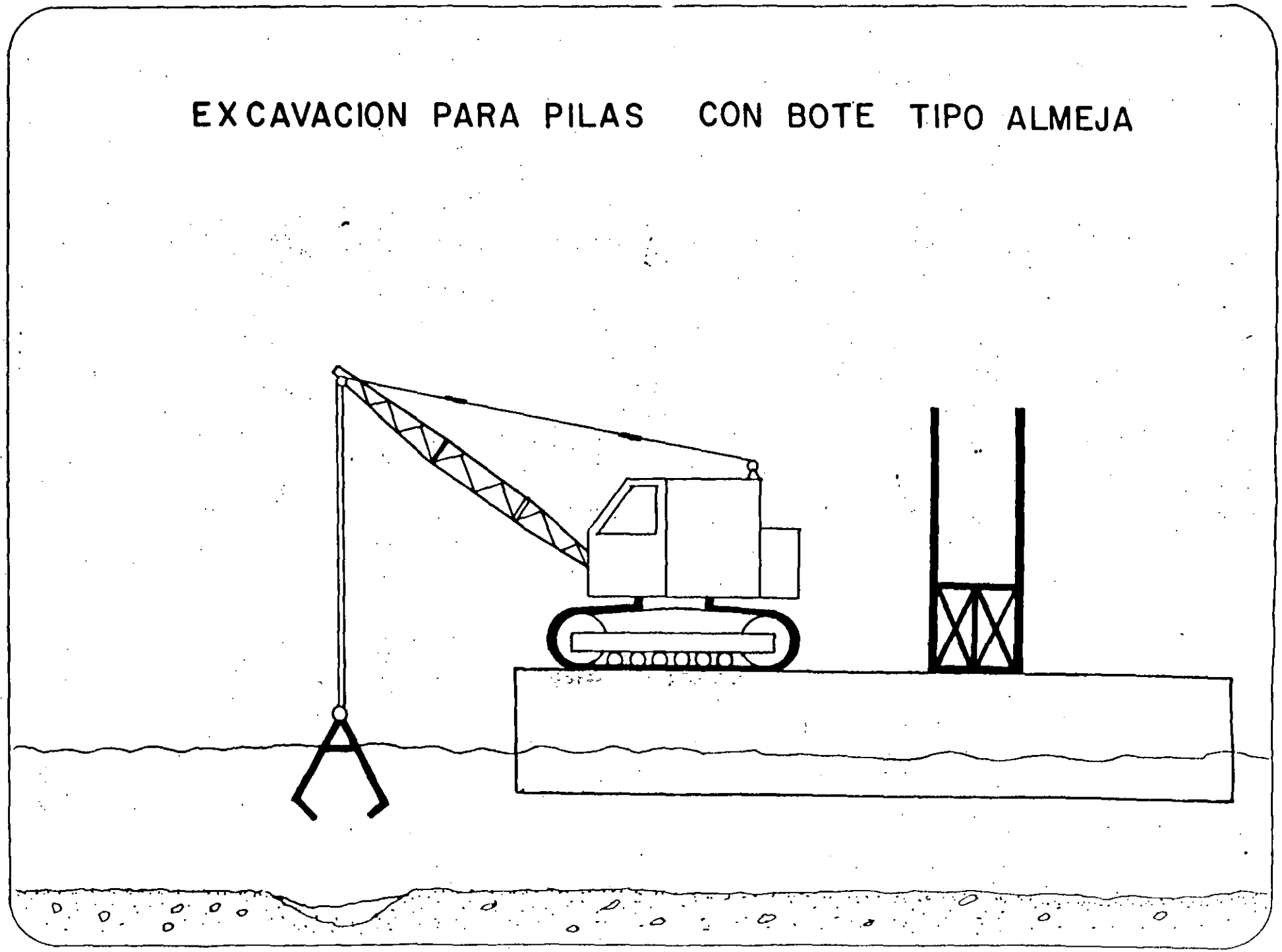
RELACION DE EQUIPO NECESARIO PARA LA CONSTRUCCION DE PILAS:

CHALAN	DRAGADOR
GRUA	TUBO TREMIE
ALMEJA	ESCANTILLON
CUBETA PARA CONCRETO	MANGUERAS Y CONEXIONES
COMPRESOR	LANCHA CON MOTOR F.B.

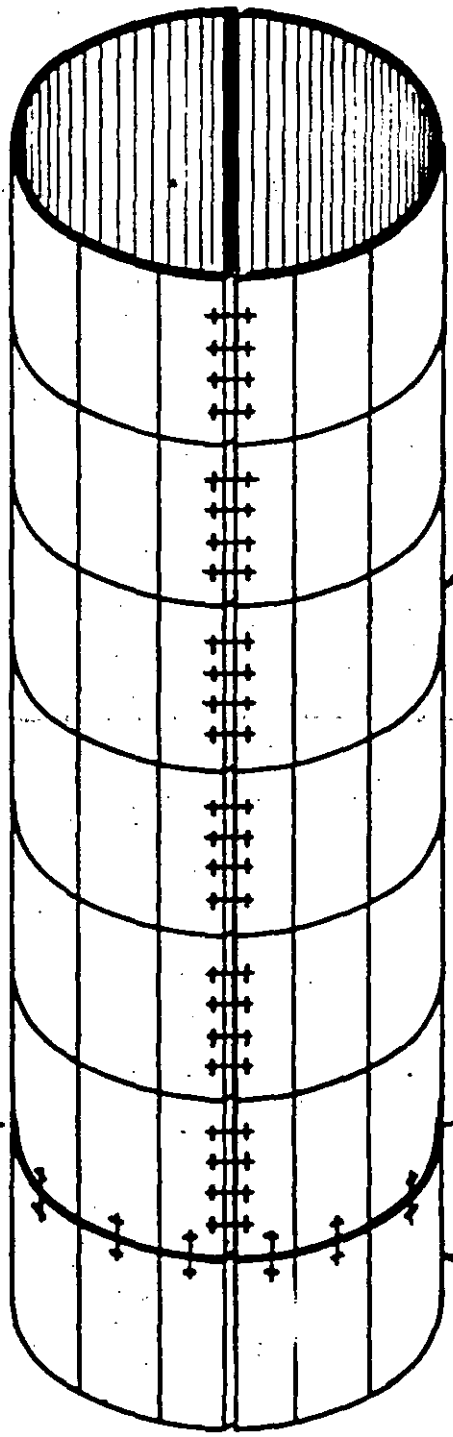
AFLOJAMIENTO DEL SUELO CON PUYON EN ZONA DE CONSTRUCCION DE PILAS.



EXCAVACION PARA PILAS CON BOTE TIPO ALMEJA



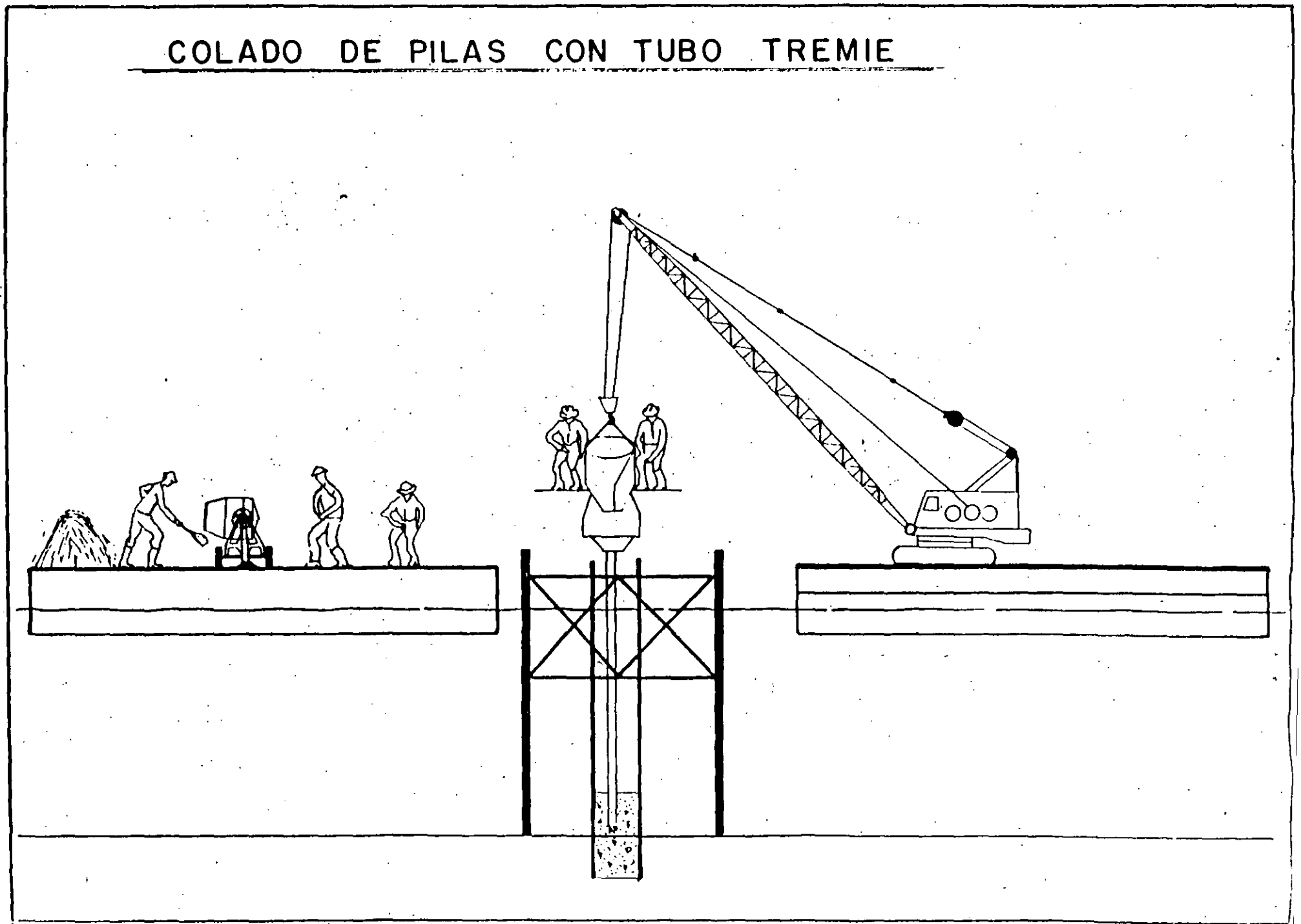
CIMBRA METALICA PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PILA



CIMBRA RECUPERABLE A BASE DE LAMINA CAL. 16 Y REFUERZOS DE ANGULO DE 3" Y TORNILLOS DE 1/2"

CIMBRA PERDIDA A BASE DE LAMINA CAL. 20 Y REFUERZOS DE ANGULO DE 3"

COLADO DE PILAS CON TUBO TREMIE



MUELLES A BASE DE ELEMENTOS DE GRAVEDAD

DENTRO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE COMPONEN UN - MUELLE, TENEMOS TAMBIEN LOS QUE ESTAN CONSTITUIDOS A BASE DE ELEMENTOS DE GRAVEDAD QUE SON GENERALMENTE DE CONCRETO Y PUEDEN SER PRECOLADOS O COLADOS EN SITIO, LOS PRECOLADOS SON DE CONCRETO ARMADO UNICAMENTE POR TEMPERATURA Y PREPARACION- PARA SU IZAJE, LOS COLADOS EN SITIO SON GENERALMENTE DE CONCRETO SIMPLE O CONCRETO CICLOPEO.

EN LOS MUELLES FORMADOS POR ELEMENTOS PRECOLADOS, EL CUERPO DEL MUELLE SE - FORMARA CON ELEMENTOS DE DIFERENTES FORMAS Y TIPOS DE ACUERDO AL DISEÑO Y PUEDEN SER, CUBOS, CAJONES, PARALELEPIPEDOS, ETC.

LOS SISTEMAS DE CONSTRUCCION DE LOS MUELLES VARIARA DE ACUERDO CON EL SISTEMA ELEGIDO. SI EL MUELLE ES DE BLOQUES, SE DEBE DISPONER DE UN PATIO DE FABRICACION Y CURADO Y DE MEDIOS APROPIADOS PARA SUS MOVIMIENTOS, EL TRANSPORTE SE HACE POR MEDIO DE PLATAFORMAS Y TRACTOCAMION, HASTA LA ZONA DE COLOCACION, SE COLOCARA CON GRUA CON CAPACIDAD DE ACUERDO AL TAMAÑO DE LOS BLOQUES, SUELEN COLOCARSE POR PILAS COINCIDIENDO LAS JUNTAS EN VERTICAL Y HORIZONTAL, SI BIEN ALGUNAS - VECES SE COLOCAN CON JUNTAS ALTERNADAS, LOS BLOQUES SE COLOCAN A HUESO, O SEA -- SIN MORTERO SE SUPERVISARA SU COLOCACION POR MEDIO DE BUZOS.

LA COLOCACION DE LOS BLOQUES INICIARA DESPLANTANDOLOS SOBRE UNA BASE DE MATERIAL GRANULADO, PREVIAMENTE CONSTRUIDA SOBRE EL EJE DEL MUELLE, VIGILANDO SU - TRAZO Y SU NIVEL CON BOYAS EN LA SUPERFICIE DEL AGUA.

SE PUEDEN CONSTRUIR MARGINALES O EN ESPIGON AVANZANDO SOBRE EL MUELLE MISMO QUE SE VA CONSTRUYENDO.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UN MUELLE A BASE DE MUROS DE GRAVEDAD DE CONCRETO COLADOS EN SITIO.

SE UBICARA EL EJE DEL MUELLE YA SEA MARGINAL O EN ESPIGON, COLOCANDO PARA - ELLO BOYAS DEBIDAMENTE VERIFICADAS POR TOPOGRAFIA, EL MUELLE SE DESPLANTARA SOBRE UNA BASE DE MATERIAL GRADUADO, EL CUAL SE COLOCARA CON BOTE TIPO ALMEJA Y -- GRUA, SE MARCARA SOBRE EL CABLE DE LA GRUA LOS NIVELES QUE SE REQUIERAN DE ACUERDO AL PROYECTO, DEJANDO LA BASE MAS O MENOS NIVELADA, SE TENDRA COMO EQUIPO AUXILIAR UN BLOQUE DE CONCRETO TIPO CUBO QUE SERVIRA PARA NIVELAR LA BASE Y COMPACTARLA ESTA ACTIVIDAD SE EFECTUA CON LA GRUA.

DE ACUERDO A LA FORMA DEL MURO, SE DISEÑARA LA CIMBRA FORMANDOLA CON ELEMENTOS ESTRUCTURALES METALICOS Y RECUBRIENDO LA CIMBRA DE CONTACTO CON LAMINA CAL.- 18, DEJANDO LAS PREPARACIONES QUE CONFORMARAN LAS JUNTAS (LLAVES) ENTRE MURO Y

MURO, ESTA CIMBRA DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE PESADA PARA EVITAR UN POSIBLE VOLTEAMIENTO DURANTE EL COLOCADO, O TAMBIEN SE LE PODRA COLOCAR UN CONTRAPESO EVITARLO.

ESTA CIMBRA DEBE ESTAR FABRICADA EN PARTES PARA PODER ARMARLA EN LA SUPERFICIE, EL SISTEMA DE ARMADO DEBE SER POR MEDIO DE PERNOS, PARA QUE AL DESCIMBRAR SEA RELATIVAMENTE FACIL DESARMARLA Y PODRA SER EN TRAMOS DE 3 O 4 MTS.

TENIENDO LA CIMBRA YA FABRICADA Y ARMADA SE COLOCARAN SOBRE LA BASE GRADUADA PREVIAMENTE COLOCADA Y VERIFICANDO SU TRAZO Y NIVELACION POR MEDIO DE TOPOGRAFIA PARA PODER EFECTUAR, EL COLADO ESTANDO YA DEBIDAMENTE VERIFICADA POR SUPERVISION, SE CUBRIRAN LOS POSIBLES HUECOS EN LA BASE DE LA CIMBRA CON COSTALES RELLENOS DE ARENA.

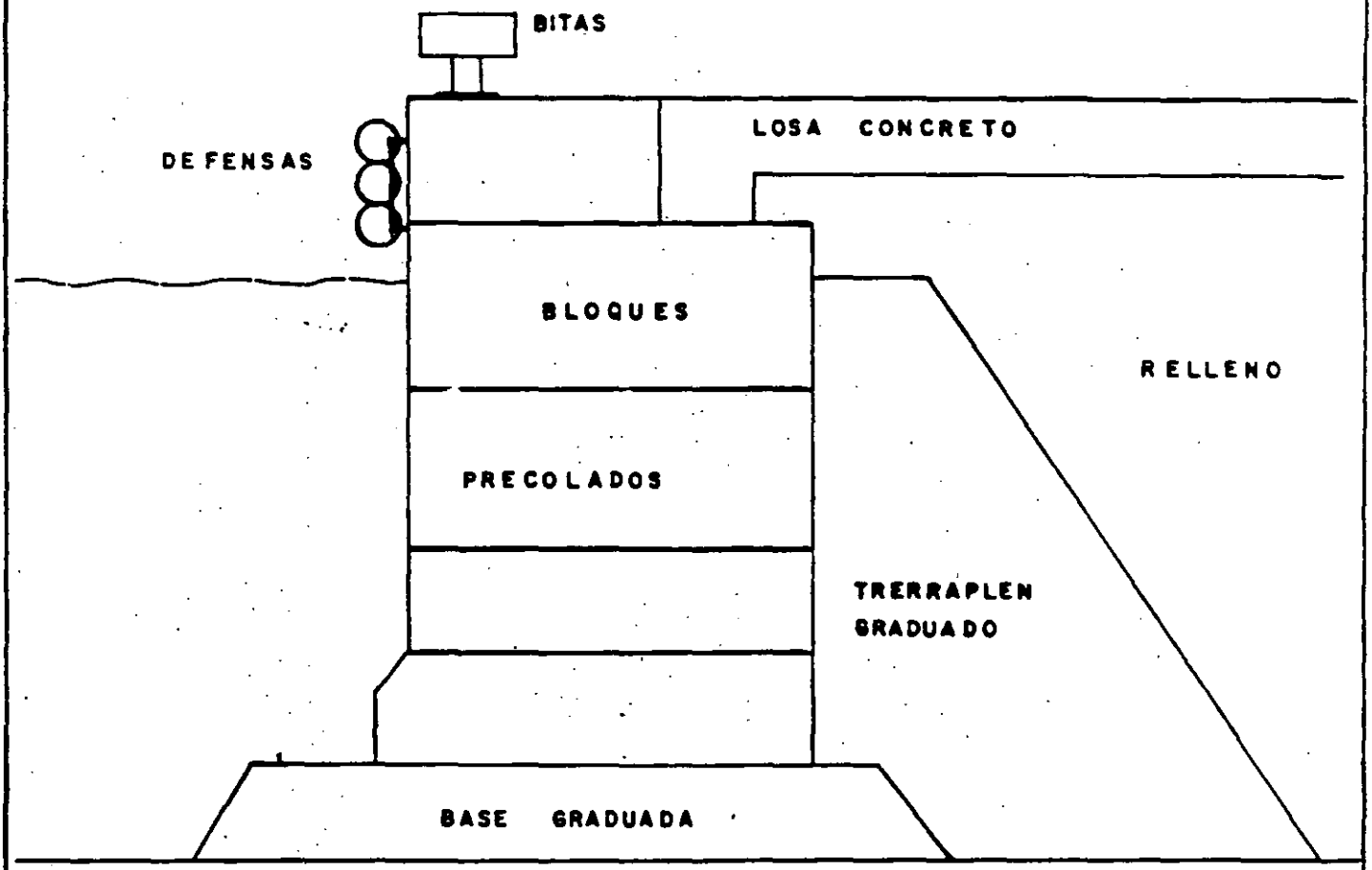
EL COLADO SE EFECTUARA CON EL SISTEMA DEL TUBO TREMIE YA DESCRITO ANTERIORMENTE EN LA CONSTRUCCION DE PILAS, EL CONCRETO SERA DE UN REVENIMIENTO DE 16 a 18 CMS. Y ESTARA ELABORADO CON GRAVA DE 1 1/2", SI EL COLADO ES CON CONCRETO CICLOPEO SE TENDRA YA DEBIDAMENTE SELECCIONADA LA PIEDRA A UTILIZARSE, COLOCANDOLA ENTRE EL MOLDE DE LA CIMBRA UNA VEZ TENIDO COLOCADA APROXIMADAMENTE EL 30% - DEL VOLUMEN A COLAR, SE VIBRARA UNICAMENTE LA PARTE SUPERIOR DEL MURO.

EL DECIMBRADO SE EFECTUARA AL DIA SIGUIENTE DEL COLADO, DESARMANDO LA CIMBRA, QUITANDO LOS PERNOS QUE LA CONFORMAN Y SACANDO TODOS LOS COSTADOS CON LA - GRUA.

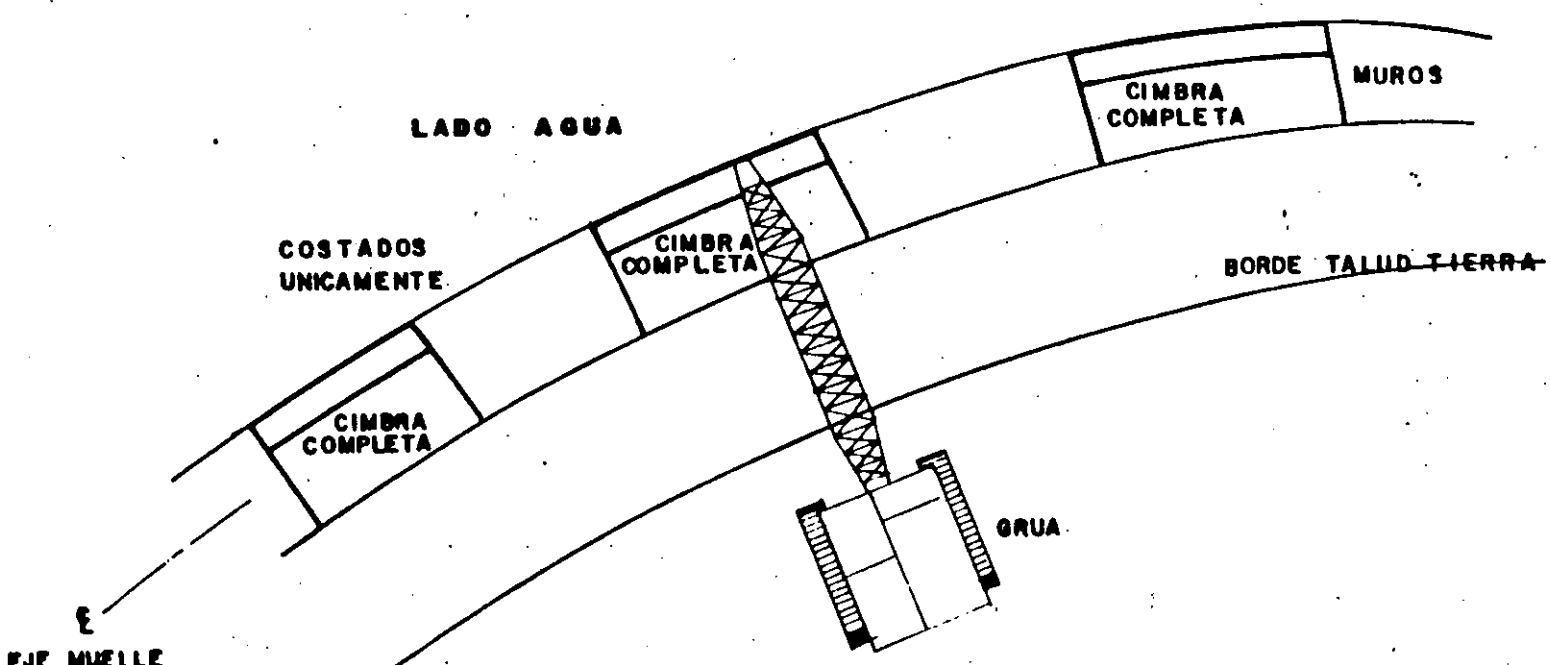
EL EQUIPO QUE SE REQUIERE ES EL SIGUIENTE

GRUA
CUBETA PARA CONCRETO
CAMION REVOLVEDORA
PLANTA DE CONCRETO
VIBRADORES
EQUIPO AUXILIAR

MUELLE A BASE DE MUROS DE GRAVEDAD PRECOLADOS

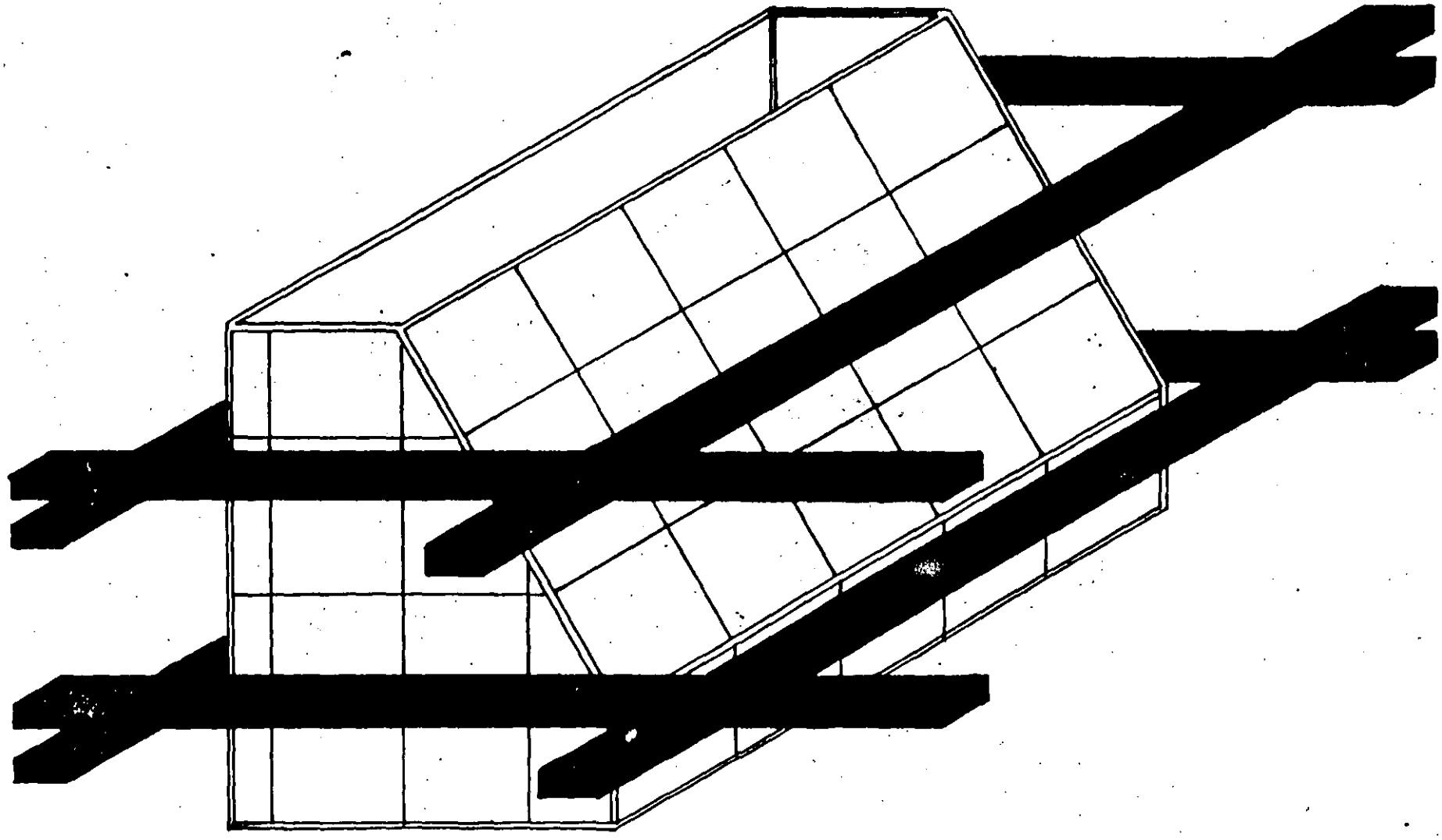


FRENTE DE TRABAJO DE UN MUELLE MARGINAL A BASE DE MUROS DE GRAVEDAD

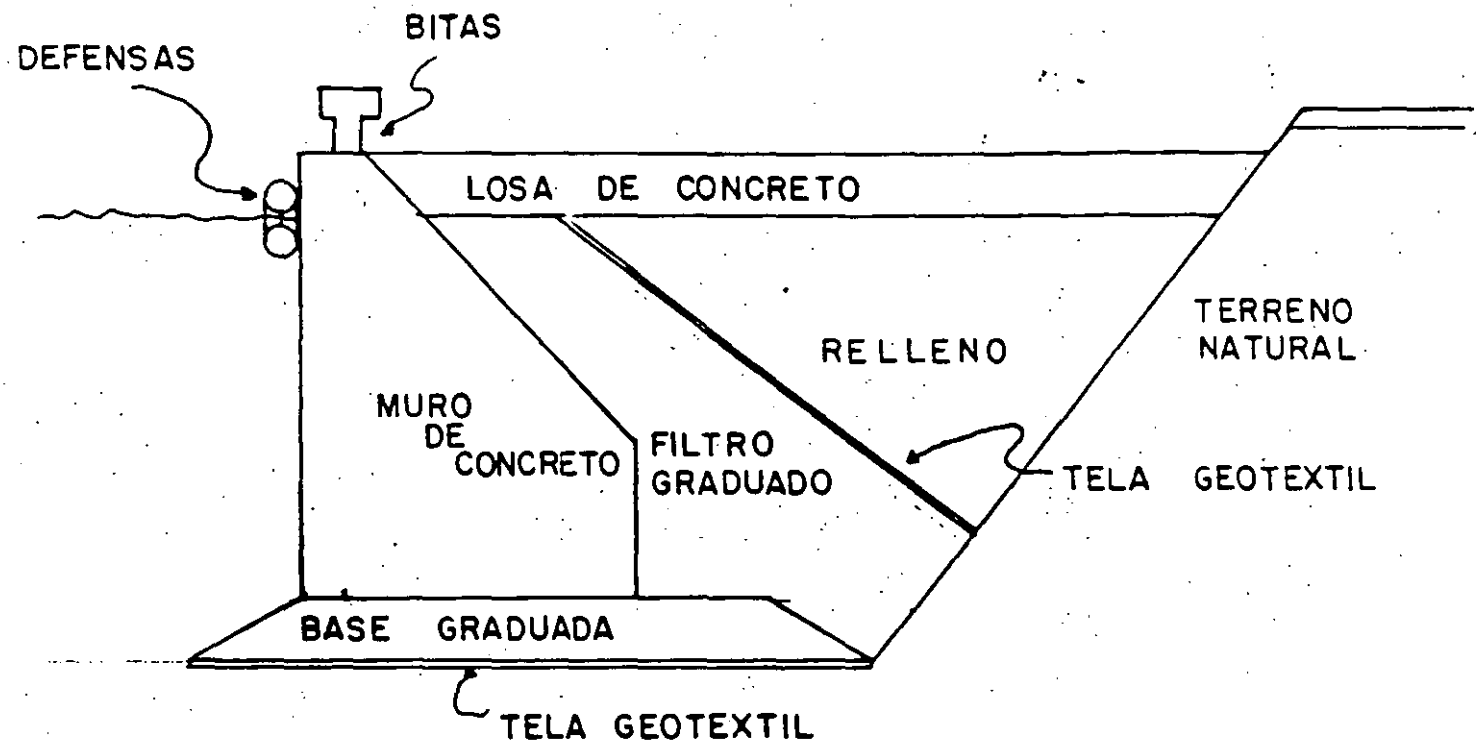


SE RECOMIENDA CONSTRUIR MUROS CON CIMBRA COMPLETA ALTERNADOS, PARA EN LOS INTERMEDIOS UTILIZAR SOLAMENTE COSTADOS DE LOS MUROS.

CIMBRA METALICA PARA UN MURO DE GRAVEDAD



MUELLE A BASE DE MUROS DE GRAVEDAD COLADOS EN SITIO



SUPERESTRUCTURA DE UN MUELLE

LA SUPERESTRUCTURA DEL MUELLE PUEDE SER DE DIFERENTES ELEMENTOS LOS CUALES PUEDEN SER : DE MADERA, DE PERFILES ESTRUCTURALES, DE ELEMENTOS PRECOLADOS O DE CONCRETO ARMADO COLADO EN SITIO .

DESCRIBIREMOS BREVEMENTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO COLADO EN SITIO PARA LO CUAL TENDREMOS LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES :

1.- COLOCACION DE MORDAZAS .

2.- COLOCACION DE OBRA FALSA .

3.- COLOCACION DE TABLEROS DE MADERA PARA LA CIMBRA DE CONTACTO .

4.- COLOCACION DEL ARMADO DE LA SUPERESTRUCTURA --- (ACERO DE REFUERZO).

5.- COLADO DE LA SUPERESTRUCTURA .

6.- DESCIMBRADO .

1.- COLOCACION DE MORDAZAS

UNA VEZ QUE SE TIENEN PILOTES HINCADOS O PILAS EN VARIOS EJES DEL MUELLE SE PROCEDE A MODULAR LOS TRAMOS QUE EN LA PLANEACION SE CONTEMPLARON PARA LA CONSTRUCCION DE LA SUPERESTRUCTURA, INICIANDO PARA CADA TRAMO LA COLOCACION DE MORDAZAS EN CADA UNO DE LOS PILOTES ESCOGIDOS. LAS MORDAZAS SON ELEMENTOS DE ACERO DEBIDAMENTE DISEÑADAS PARA SOPORTAR EL PESO QUE GENERARA EL TRAMO -- SUPERESTRUCTURA A CONSTRUIR .

2.- COLOCACION DE OBRA FALSA

LA OBRA FALSA PODRA SER DE PERFILES ESTRUCTURALES LOS CUALES SE COLOCARAN CUBRIENDO LOS CLAROS ENTRE PILOTE Y PILOTE Y SE APOYARAN EN LAS MORDAZAS QUE PREVIAMENTE SE HAN COLOCADO .

3.- COLOCACION DE LA CIMBRA DE CONTACTO

SOBRE LA OBRA FALSA SE COLOCARAN LOS TABLEROS DE MADERA PARA LA CIMBRA DE CONTACTO Y SE ALINEARAN Y NIVELARAN UTILIZANDO PARA ELLO BARROTES 2"X4" Y-

POLINES 4"X4" .

DE ACUERDO AL DISEÑO SE HABILITARA LA CIMBRA TANTO PARA LOSAS, TRABES O-LO QUE SE CONTEMPLE EN EL, COLOCANDO PROMERO LA CIMBRA DE FONDO Y DESPUES LOS COSTADOS ,

4.- COLOCACION DEL ARMADO DE LA SUPERESTRUCTURA

TENIENDO YA TERMINADA LA CIMBRA DE CONTACTO SE PROCEDERA A COLOCAR EL ARMADO DEL TRAMO DE SUPERESTRUCTURA A COLOCAR, TENIENDO PARA ELLO DE ANTEMANO - HABILITADO TODO EL ACERO DE REFUERZO NECESARIO DE ACUERDO AL PROYECTO .

5.- COLADO DE LA SUPERESTRUCTURA

UNA VEZ HABIENDO EFECTUADO LAS CUATRO ACTIVIDADES ANTERIORES Y HABIENDO-VERIFICADO TODAS Y CADA UNA DE ELLAS SE PROCEDERA A EFECTUAR EL COLADO, CONSIDERANDO EL EQUIPO ADECUADO SEGUN SE TRATE Y A LA PROBLEMATICA QUE PRESENTE, - TENIENDO EN CUENTA QUE ESTA ACTIVIDAD SE REALIZA POR TIERRA O POR AGUA .

6.- DESCIMBRADO

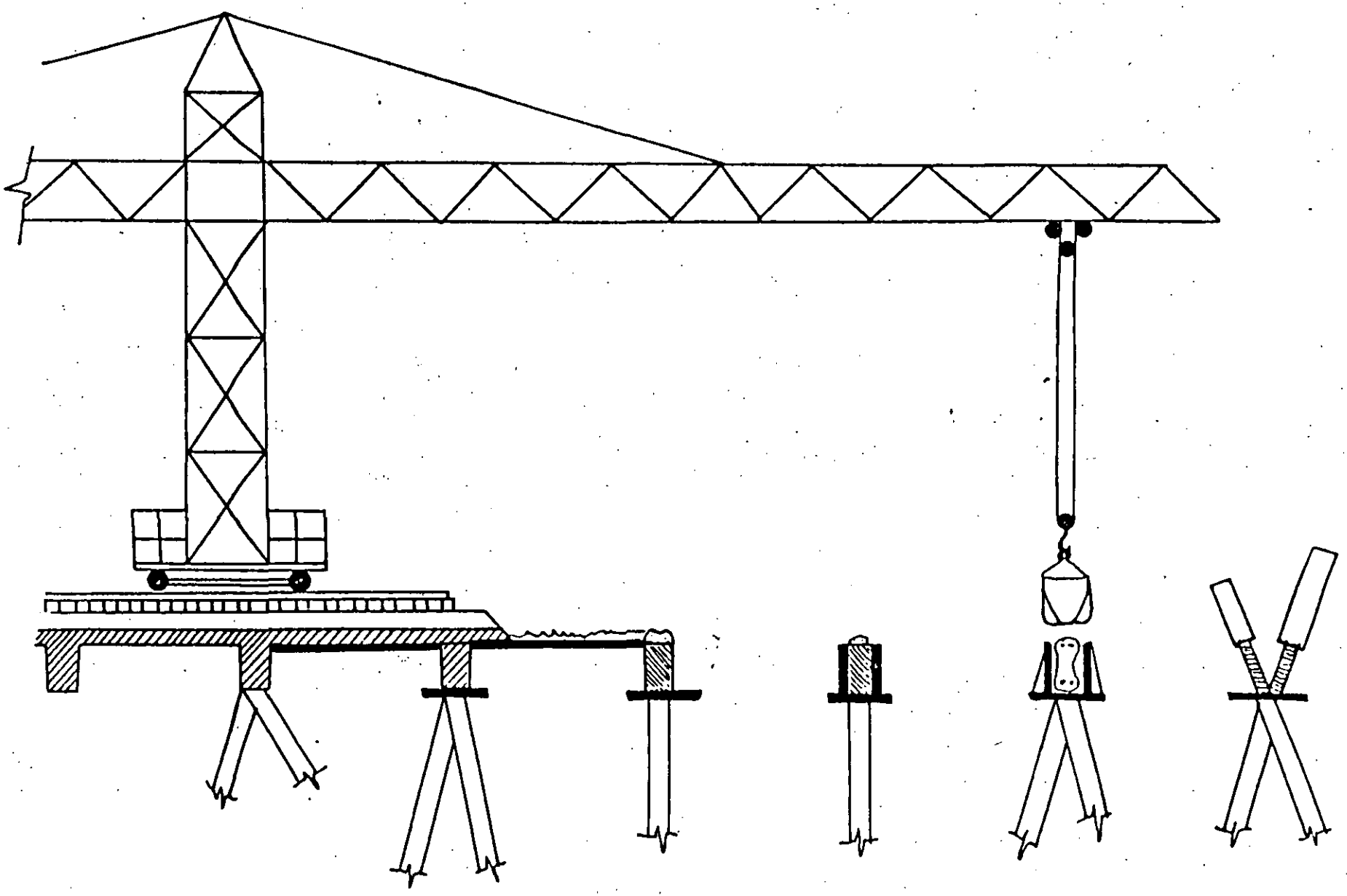
EL DESCIMBRADO SE EFECTUARA UNA VEZ QUE HAYA TRANSCURRIDO EL TIEMPO NECESARIO DE EDAD DEL CONCRETO, UTILIZANDO PARA ELLO EL EQUIPO AUXILIAR NECESARIO.

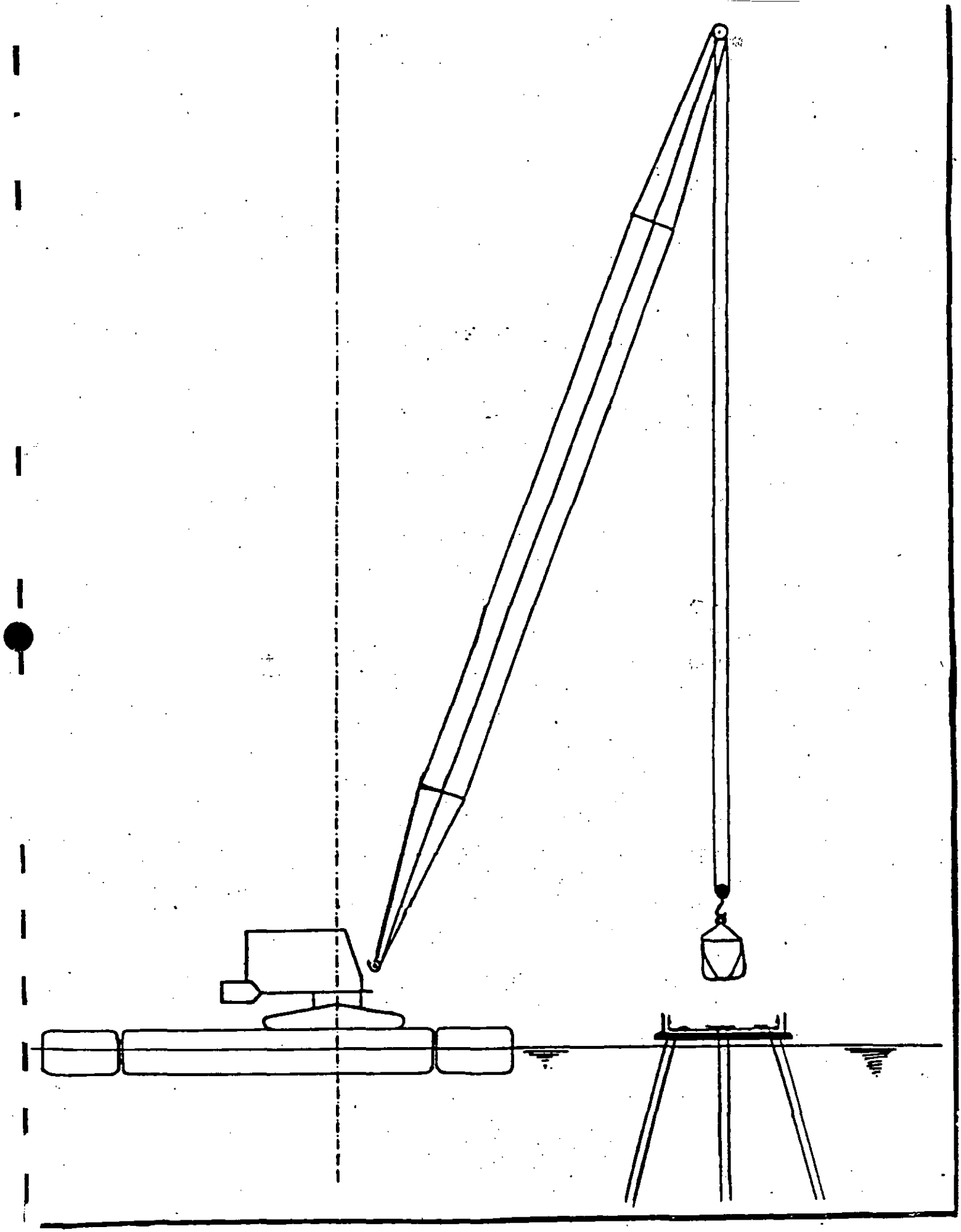
PRIMERO SE QUITAN LAS CUÑAS DE NIVELACION DE LA CIMBRA PARA QUE ESTA SE-AFLOJE Y SE PUEDAN EMPEZAR A QUITAR ALGUNOS ELEMENTOS DE LA MISMA .

POSTERIORMENTE SE QUITARAN LAS MORDAZAS QUEDANDO LIBRE LA OBRA FALSA Y - EL RESTO DE LA CIMBRA .

EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA SUPERESTRUCTURA ES SEMEJANTE PARA MUELLES-CON CUALQUIER TIPO DE SUBESTRUCTURA .

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE LA SUPERESTRUCTURA.





COLADO MARINO CON GRUA, CHALAN Y BACHA

ELEMENTOS DE AMARRE Y PROTECCION

PARA SU UTILIZACION LOS MUELLES PRECISAN DIVERSOS SERVICIOS CUYOS FINES - SON DIFERENTES, SE NECESITAN ELEMENTOS PARA EL AMARRE DE LAS EMBARCACIONES, -- ELEMENTOS PARA AMORTIZAR CHOQUES Y GOLPES Y PARA DEFENDER EL CASCO DE LOS BU-- QUES O LA OBRA DE ATRAQUE .

DISPOSITIVOS DE AMARRE

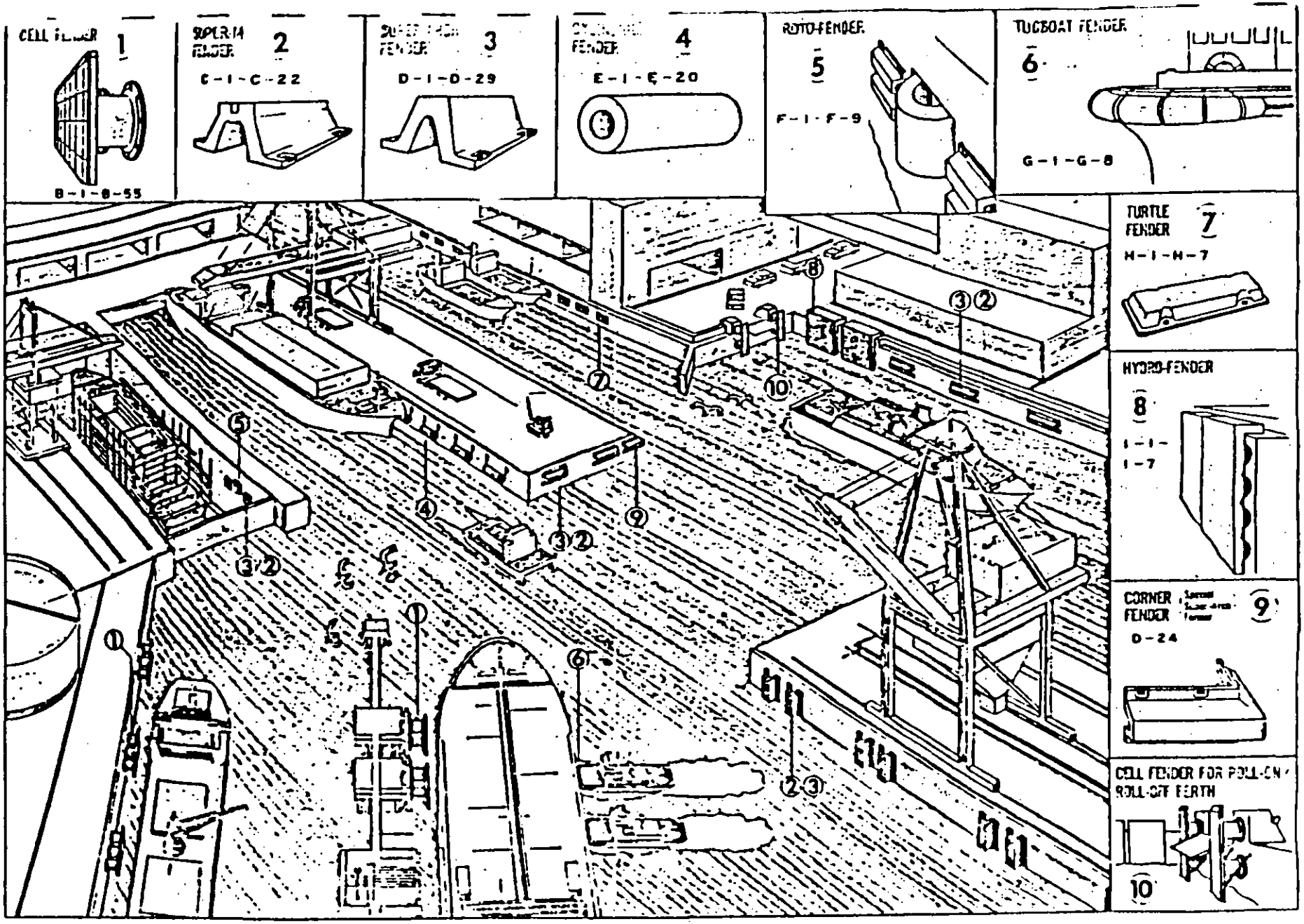
SON DE MUCHOS TIPOS, ENTRE OTROS PUEDEN CITARSE, BITAS, BOLARDOS, ARGO-- LLAS, GANCHOS, LOS CUALES SE COLOCAN EN LOS MUELLES, DEJANDO PREVIAMENTE DU-- RANTE SU CONSTRUCCION TODAS LAS PREPARACIONES QUE SE REQUIERAN PARA SU COLOCA CION, DE ACUERDO A LAS EMBARCACIONES QUE ATRACAN EN EL MUELLE SERAN LAS CAPA- CIDADES DE ESTOS ELEMENTOS .

LOS ELEMENTOS DE AMARRE PUEDEN SER FABRICADOS EN OBRA O DE FABRICA Y DE- DIVERSOS MATERIALES COMO ACERO Y FIERRO COLADO .

DISPOSITIVOS DE PROTECCION

DEFENSAS : SON ELEMENTOS QUE SE INTERPONEN ENTRE EL MUELLE DE ATRAQUE Y- EL BUQUE PARA EVITAR DAÑOS TANTO AL BUQUE COMO AL MUELLE, EN O DURANTE EL --- ATRAQUE .

LA DEFENSA ES UN ELEMENTO DEFORMABLE CONSTITUIDAS DE HULE Y PUEDEN SER - DE MUCHOS TIPOS, COMO POR EJEMPLO : GIRATORIAS, CILINDRICAS, EN V , ETC. AN- TIGUAMENTE SE UTILIZABAN DEFENSAS DE MADERA Y ACTUALMENTE HAY ALGUNAS EN USO.



DIFERENTES TIPOS DE ELEMENTOS DE PROTECCION EN OBRAS DE INTERIORES DE UN PUERTO

(REF. 4)

R E F E R E N C I A S

1).- PILE DRIVING WITH WATER JETTING. DELMAG ZRE 02 003 / 0

2).- PILE CONNECTIONS FOR CONCRETE PILES. DELMAG . ZRDE 02 006 / 0

3).- RESBALADERA OSCILANTE. DELMAG. ZRS 30 005/0

4).- DESING MANUAL - BRIDGESTONE MARINE FENDERS.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS

DESARROLLO PORTUARIO

ONU

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

INTRODUCCIÓN

i) La secretaría de la UNCTAD viene desplegando desde hace muchos años, por medio de su Sección de Puertos, una actividad constante para ayudar a los países en desarrollo en sus esfuerzos por ampliar y modernizar sus puertos marítimos, que constituyen un eslabón vital de la cadena de transporte. Uno de los principales objetivos de esa actividad ha sido la capacitación de personal competente en materia de administración y planificación portuarias. Para ello, la UNCTAD ha utilizado extensamente los cursillos de capacitación portuaria, las becas y diversas publicaciones técnicas.

ii) En el curso de esta labor se hizo patente la necesidad real de una obra de consulta en la que se resumieran, en forma fácilmente comprensible, los principios básicos de la planificación portuaria moderna. Este Manual tiene por objeto satisfacer esa necesidad.

iii) **Al parecer, hasta ahora, en muchos países las autoridades no se han percatado bien de la importancia primordial de una política previsora de desarrollo portuario. Por eso, a menudo los puertos no se hallan en condiciones de adaptarse al ritmo de expansión del tráfico marítimo de altura y cabotaje del país.**

iv) Los problemas de congestión que últimamente tienen planteados muchos puertos del mundo, en particular en los países en desarrollo, ponen claramente de manifiesto las consecuencias de no haber previsto la adecuada ampliación de la capacidad de los puertos *antes* de producirse el aumento del tráfico. Las enormes sumas perdidas a causa de la congestión habrían sido en muchos casos suficientes para crear un excelente sistema de puertos modernos.

v) Por otra parte, los puertos marítimos pueden desempeñar un papel destacado en el fomento del comercio internacional al generar actividades comerciales e industriales que contribuyen directamente al progreso económico del país. La historia de muchos puertos europeos —por ejemplo, Hamburgo, Amberes, Marsella, los puertos de Polonia y, especialmente, Rotterdam— muestran cómo una política audaz de ampliación y modernización portuaria puede revitalizar la economía de una región.

vi) La finalidad inmediata del Manual es servir de guía cotidiana a los responsables de la planificación portuaria en su difícil tarea de formulación de una política de desarrollo portuario y de preparación de programas realistas de ampliación y mejora de cada puerto. Su finalidad última es contribuir a la capacitación en los países en desarrollo de un personal competente de planificación portuaria que pueda colaborar en igualdad de condiciones con los expertos internacionales y los asesores extranjeros.

vii) La primera parte del Manual versa sobre los principios generales de la planificación portuaria y sobre los procedimientos que han de aplicarse para elaborar un programa de trabajo práctico y coherente, formular previsiones del tráfico y la productividad y estudiar los diversos problemas que influyen directamente en el desarrollo de los puertos.

viii) El Manual indica que la elaboración de un programa de desarrollo portuario ha de pasar por una serie de etapas concretas, que describe someramente, para lograr que la labor de los planificadores sea más sistemática y eficiente y para evitar que pueda omitirse algún aspecto importante. Sin embargo, como no era posible tratar debidamente en un solo volumen la multitud de problemas relacionados con la planificación de un gran puerto, se consideró que el Manual debía girar principalmente en torno a aquellos aspectos con los que aparentemente están menos familiarizados los planificadores de los países en desarrollo y referirse sólo brevemente a otras cuestiones. Se recomienda que los responsables de la planificación portuaria traten de constituir una biblioteca de obras de consulta sobre desarrollo portuario y, a estos efectos, se incluye en el anexo III una lista de publicaciones de especialistas y organizaciones internacionales y de la secretaría de la UNCTAD.

ix) En la segunda parte del Manual se examinan los métodos de planificación de diversos tipos de instalaciones portuarias. Se describen los procedimientos para la elaboración de los planes relativos a los muelles de carga general y a las terminales especializadas para la manipulación de contenedores o de mercancías a granel. Las decisiones sobre inversiones portuarias deben estar basadas, para que sean acertadas y realistas, en análisis numéricos exactos de las diversas opciones y en procedimientos correctos para elegir los planes más ventajosos.

x) No se recomienda la utilización de métodos complejos. Por el contrario, la UNCTAD ha elaborado una serie de métodos sencillos, principalmente en forma de curvas y diagramas, basados tanto en datos empíricos como en cálculos matemáticos, que ofrecen un grado de exactitud numérica comparable al de muchos de los métodos más modernos basados en el empleo de computadoras y que resultan más satisfactorios para un uso general.

xi) La decisión de recomendar métodos manuales simples se adoptó después de ensayar durante varios años el método basado en el empleo de computadoras, utilizado por la secretaría de la UNCTAD en sus primeros trabajos sobre modelos de simulación de los puertos marítimos. Aunque esos primeros trabajos permitieron forjar los métodos simplificados que se recomiendan en el Manual y constituyeron la base del programa de investigación de la UNCTAD sobre el

desarrollo de los puertos, las personas que realizaron esa labor llegaron al convencimiento de que el costo de la utilización de métodos basados en el empleo de computadoras por los responsables de la planificación portuaria en los países en desarrollo resultaría demasiado alto, considerando lo limitado de los recursos de tiempo y de personal calificado, para que la aplicación de tales métodos pudiera considerarse justificada en la mayoría de los casos. Esa conclusión viene corroborada por el hecho de que, en la presente etapa de rápida evolución tecnológica, se considere que la incertidumbre e inexactitud de la información utilizada como insumo en esos países probablemente persistirá durante muchos años.

xii) Los responsables de la planificación portuaria deberían tener presente más bien que nada puede reemplazar la experiencia y el buen sentido. Los diagramas y las fórmulas no son sino un instrumento auxiliar de su labor, un medio que les evita la necesidad de realizar cálculos que llevan mucho tiempo y libera su mente para un trabajo creador. La planificación portuaria es una tarea estimulante y compleja, pero no excepcionalmente difícil. Requiere un cabal entendimiento del modo como funciona un puerto eficiente, un conocimiento adecuado de las condiciones económicas generales del país, mucho sentido común y un cierto talento para imaginar el futuro.

xiii) Confiamos en que el presente Manual constituirá una útil aportación al logro del objetivo internacional común de establecer un sistema mundial de puertos eficientes. No es probable que sean muchas las decisiones adoptadas con ayuda del Manual que puedan aplicarse antes de comienzos del decenio de 1980 y cabe que, para entonces, las técnicas hayan experimentado considerables modificaciones. Por eso es de la máxima importancia que todos los planes de desarrollo portuario sean lo más flexibles posible a fin de permitir una pronta reacción a la evolución de la demanda.

LISTA DE CUADROS

CUADROS DE LA PRIMERA PARTE

Cuadro		Página
1.	Lista de las etapas del proceso de preparación de un plan de desarrollo portuario	12
2.	Lista de servicios portuarios auxiliares	14
3.	Lista de elementos de organización necesarios de una administración portuaria	14
4.	Disposición típica de previsión del tráfico	40
5.	Peso máximo por TEU en función del coeficiente de estiba	45
6.	Lista para el cotejo de las cifras de productividad	52
7.	Comparación de las tablestacas de acero y las de hormigón	86
8.	Costos de mantenimiento del equipo móvil: valores adoptados a los efectos de estimación	101
9.	Gastos de mantenimiento de los elementos estructurales: valores adoptados para los cálculos	103
10.	Duración media de la vida económica de diversas instalaciones y equipo portuarios	104

CUADROS DEL ANEXO AL CAPITULO V

A.1.	Proyecciones de la corriente total de carga, 1980–2000	64
A.2.	Intensidad de utilización de los terrenos para manipulación y almacenamiento de carga, 1973	65
A.3.	Proyecciones de las necesidades de terreno, 1980–2000	65
A.4.	Resumen de la utilización de los terrenos para fines distintos de la manipulación y el almacenamiento de la carga, por zona de planificación, 1973	66
A.5.	Cambios planificados en las zonas de manipulación de diferentes tipos de carga	68

CUADROS DE LA SEGUNDA PARTE

1.	Características físicas de los buques portacontenedores	129
2.	Tipos corrientes de buques portacontenedores de enlace	142
3.	Equipo de manipulación que se necesita en las terminales polivalentes de carga general	146
4.	Principales dimensiones de los buques portagabarras	155
5.	Dimensiones de las gabarras	155
6.	Planificación de los medios de transporte para un solo producto	181
7.	Planificación de los medios de transporte para varios productos	181

CUADROS DE LOS ANEXOS

I.	Características de los productos a efectos de planificación de puertos	199
II.	Coeficientes de actualización	206
III.	Coeficientes de amortización	207
IV.	Tabla de 1.400 números aleatorios	208
V.	Previsión y probabilidad del tráfico de carga en una terminal	212
VI.	Combinaciones de previsiones de tráfico y probabilidades correspondientes	212
VII.	Resumen del análisis de los datos portuarios recopilados para el estudio de los recargos por congestión	214
VIII.	Tiempos medios de espera de los buques en una cola $M/E_2/n$	215
IX.	Tiempos medios de espera de los buques en una cola $E_2/E_2/n$	216
X.	Ejemplo de cálculo de tiempo de utilización económica o del período de sustitución de una carretilla elevadora	219

ABREVIATURAS Y SIGLAS

Nombres de organismos y organizaciones

AIPCN	Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación
API	American Petroleum Institute
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FIDIC	Federación Internacional de Ingenieros Consultores
ICHCA	Asociación International de Coordinación del Transporte de Carga
ISO	Organización Internacional de Normalización
OIT	Organización Internacional del Trabajo
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo

Otras abreviaturas

BACAT	Sistema de buques portagabarras del tipo catamarán
CCC	Carga completa de contenedor
CPC	Carga parcial de contenedor
EC	Estación de contenedores
FLASH	Buque de enlace LASH
f.o.b.	Franco a bordo
GNL	Gas natural licuado
GPL	Gas de petróleo licuado
LASH	Buque portagabarras del tipo LASH
PERT	Método de examen y evaluación de proyectos
PNB	Producto nacional bruto
ro/ro	Transbordo por rodadura
s.d.	Sin datos
TEU	Unidad equivalente de veinte pies
TIR	Tasa interna de rendimiento
TPM	Toneladas de peso muerto
TRB	Toneladas de registro bruto
VNA	Valor neto actualizado

Gráfico *Página*

A.4. Comparación de las proyecciones de movimiento de mercancías y las necesidades de terreno . . . 64
A.5. Diferentes propuestas de terraplenado . . . 66
A.6. Plan general del puerto de Los Angeles, 1990 . . . 67

Gráficos de la segunda parte

1. Fases por las que atraviesa un puerto en expansión . . . 108
2. Estimación del número efectivo de puestos de atraque . . . 112
3. Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I.A: necesidades de puestos de atraque (de 2 a 10 puestos) . . . 112
4. Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I.B.: necesidades de puestos de atraque (de 10 a 30 puestos) . . . 113
5. Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación II.A: costo de permanencia del buque en el puerto (de 2 a 10 puestos de atraque) . . . 114
6. Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación II.B: costo de permanencia del buque en el puerto (de 10 a 30 puestos de atraque) . . . 115
7. Ejemplo de utilización del diagrama de planificación I.A. . . . 116
8. Ejemplo de utilización del diagrama de planificación II.A . . . 117
9. Factor de corrección de la longitud del puesto de atraque para la planificación de una terminal de carga general fraccionada . . . 118
10. Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación III: necesidades de superficie de almacenamiento . . . 119
11. Variación de la demanda de almacenamiento . . . 120
12. Tipos de construcción de tinglados de tránsito . . . 121
13. Disposición característica de una zona moderna de tres puestos de atraque de carga fraccionada (480 x 250 metros) . . . 123
14. Pequeño puesto de atraque moderno para servicios de cabotaje o insulares . . . 124
15. Factor de corrección según el tamaño de la reserva de cuadrillas para la planificación de una terminal de carga general fraccionada . . . 125
16. Grúa de torre móvil en el muelle . . . 126
17. Ejemplos de complementos para carretillas elevadoras . . . 128
18. Organigrama de los factores que intervienen en la planificación de una terminal de contenedores . . . 131
19. Ejemplo de disposición de una terminal de contenedores con almacenamiento en remolques . . . 132
20. Ejemplo de disposición de una terminal de contenedores con carretillas-pórtico . . . 133
21. Ejemplo de disposición de una terminal de contenedores con grúas-pórtico . . . 134
22. Ejemplo de disposición de una terminal de contenedores mixta . . . 135
23. Terminal de contenedores — Diagrama de planificación I: zona de almacenamiento de contenedores . . . 136
24. Terminal de contenedores — Diagrama de planificación II: superficie de la estación de contenedores . . . 137
25. Sección transversal de una estación de contenedores . . . 138
26. Terminal de contenedores — Diagrama de planificación III: días de puesto de atraque que se requieren . . . 140
27. Terminal de contenedores — Diagrama de planificación IV: costo de la permanencia de buques en el puerto. . . . 141
28. Tipos corrientes de grúas-pórtico . . . 143
29. Disposición propuesta para una terminal polivalente de carga general con dos puestos de atraque. . . . 143
30. Primera fase de la terminal polivalente, variante 1. . . . 146
31. Primera fase de la terminal polivalente, variante 2 . . . 147
32. Diversas disposiciones de un muelle de transbordo por rodadura . . . 149

Gráfico		Página
33.	Disposición preferible de un puesto de atraque único en esquina para buques ro/ro	150
34.	Ejemplo de rampa giratoria para transbordo por rodadura	151
35.	Ejemplo de rampa-puente ajustable para transbordo por rodadura	151
36.	Diagrama de planificación para terminales ro/ro: zona de almacenamiento de vehículos	152
37.	Instalaciones para portagabarras tipo LASH en Bremerhaven	156
38.	Principales dimensiones de los graneleros de carga seca	158
39.	Calados operacionales para diferentes coeficientes de carga en relación con el peso muerto para buques graneleros de carga seca	159
40.	Ejemplo de cargador móvil con transportador elevado	160
41.	Comparación entre el cargador radial y el cargador lineal	161
42.	Grúa descargadora de cuchara con carro móvil elevado	162
43.	Grúa giratoria de cuchara	163
44.	Equipo neumático portátil de manipulación	163
45.	Transportador de cadena para descarga	165
46.	Principio del transportador-volcador	167
47.	Apiladora de materiales en pilas o montones	168
48.	Apiladora-recogedora típica	168
49.	Recogida subterránea con alimentación de la cinta transportadora por gravedad	169
50.	Puerto de exportación con apilamiento en caballones	171
51.	Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación I: tiempo de permanencia en el puesto de atraque	175
52.	Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación II: costo de la permanencia de buques en el puerto	176
53.	Variación típica del nivel de existencias en una terminal de carga seca a granel	178
54.	Directrices para determinar el volumen de la reserva de exportación en función del movimiento anual de mercancías y del cargamento medio de los buques	179
55.	Disposición de los montones de material	179
56.	Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación III: dimensiones de los montones de material	180
57.	Puestos de atraque para la carga de mineral de hierro: tonelajes máximos aceptables de los buques	182
58.	Corriente de material en el puerto de exportación de mineral de Nouadhibou (Mauritania)	182
59.	Tonelaje de los buques utilizados para el transporte de cereales	183
60.	Plan de una terminal de cereales típica	184
61.	Ejemplo de muelle polivalente para petróleo, minerales y carga a granel	187
62.	Disposición típica en espigón de una terminal de petroleros	189
63.	Principales dimensiones de los superpetroleros	190
64.	Instalación típica para la manipulación de aceites vegetales	192

Gráficos de los anexos

I.	Distribución de probabilidad acumulativa para el ejemplo numérico del método de Montecarlo	211
II.	Comparación de la distribución del tráfico total en los casos con correlación y sin ella	213
III.	Distribución de las llegadas de buques de carga fraccionada para un promedio de un buque cada dos días	214
IV.	Comparación de las distribuciones Erlang 1 y Erlang 2 para un tiempo medio de servicio de cinco días	216
V.	Relación entre el tiempo medio de espera del buque y la tasa de utilización de los puestos de atraque	217

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICOS DE LA PRIMERA PARTE

Gráfico		Página
1.	Planificación portuaria nacional	6
2.	Planificación de los proyectos a plazo medio de desarrollo portuario	11
3.	Información necesaria para los proyectos de desarrollo portuario	13
4.	Estructura orgánica típica de un puerto	15
5.	Puerto artificial de Kobe (Japón)	17
6.	Procedimiento general de desarrollo portuario	19
7.	Proceso de licitación típico	19
8.	Variación de los costos portuarios en función del aumento del tráfico	26
9.	Variación del costo del tiempo de permanencia del buque en el puerto en función del aumento del tráfico	26
10.	Variación del costo total de permanencia en el puerto en función del aumento del tráfico	26
11.	El método del plazo de amortización	35
12.	Asignación de fondos a varios proyectos que compiten entre sí.	36
13.	Previsiones de las exportaciones marítimas de cereales para la alimentación animal	38
14.	Separación de una variación estacional de una tendencia	44
15.	Efecto de los servicios de enlace sobre la actividad de los muelles	46
16.	Capacidad combinada del sistema de manipulación a bordo y del sistema de traslación	50
17.	Diagrama de una carretera con secciones de anchura variable	51
18.	Diversas configuraciones de puertos artificiales	55
19.	Diversas configuraciones de puertos naturales	56
20.	Diseño con longitud máxima del muelle	56
21.	Diseño con una zona de servicio máxima	56
22.	Diseños de espigones modernos	57
23.	Distribución del tráfico entre las distintas zonas portuarias	60
24.	Efectos de la deriva litoral en un puerto costero	71
25.	Dimensiones típicas de un canal en el sentido de la anchura	73
26.	Ejemplo de una dársena de esclusa	75
27.	Cinco tipos de draga de uso común	77
28.	Ejemplos de diques	80
29.	Ejemplos de diversos elementos artificiales para mantos de defensa	81
30.	Ejemplos de construcción de muros de muelle	83
31.	Espigón para grandes petroleros	87
32.	Características de la superficie de agua necesaria para el sistema de amarre de boya única	88
33.	Ejemplos de defensas	90
34.	La corriente de importación	93
35.	Red de transportes interiores	94
36.	Consecuencias de la creación de depósitos intermedios	95
37.	Red de distribución interior combinada carretera/ferrocarril	95
38.	Limitación del acceso de vehículos al muelle	96
39.	Comparación entre la instalación de una estación de carga de contenedores en la zona portuaria o en el exterior de la misma	97
40.	Configuración de un andén de carga para vehículos de carretera	99
41.	Plataforma de carga en vagones de ferrocarril	99

GRÁFICOS DEL ANEXO AL CAPITULO V

A.1.	Desarrollo pasado y futuro del puerto de Los Angeles, 1872-1990	62
A.2.	Utilización del terreno en el puerto de Los Angeles, 1975	63
A.3.	Proyecciones de tonelaje para el puerto de Los Angeles	64

ÍNDICE

		Página
Abreviaturas y siglas		x
	Párrafos	
Introducción	i–xiii	1

PRIMERA PARTE

Capítulo			
I.	Gestión del desarrollo portuario	1–91	5
II.	Principios de planificación	92–182	24
III.	Previsión del tráfico	183–243	38
IV.	Previsión de la productividad	244–270	49
V.	Planificación general y zonificación portuaria	271–306	54
	Anexo — Estudio del plan general del puerto de Los Angeles	*1–22*	61
VI.	Aspectos de ingeniería civil	307–466	69
VII.	Transportes interiores	467–501	93
VIII.	Política en materia de mantenimiento y equipo	502–531	100

SEGUNDA PARTE

I.	Consideraciones sobre la planificación de terminales	1–14	107
II.	El grupo de puestos de atraque de carga fraccionada	15–95	110
III.	Terminales de contenedores	96–146	129
IV.	La terminal polivalente de carga general	147–159	144
V.	Condiciones que debe reunir una terminal para el tráfico de transbordo por rodadura	160–185	148
VI.	Condiciones que debe reunir una terminal para buques portagabarras	186–199	154
VII.	Terminales para carga seca a granel	200–377	157
	Anexo — Planificación del almacenamiento de la carga a granel	*1–2*	188
VIII.	Terminales para carga líquida a granel	378–408	189
IX.	Tráficos diversos	409–422	194

ANEXOS

Anexo			
I.	Información general	1–9	197
	A. Factores de conversión		197
	B. Características de los productos	1–4	198
	C. Coeficientes de actualización	5–6	198
	D. Coeficientes de amortización	7–8	198
	E. Tabla de números aleatorios	9	198
II.	Técnicas matemáticas	1–35	210
	A. Análisis del riesgo por el método de Montecarlo	1–9	210
	B. Simulación	10–13	211
	C. Combinación de incertidumbres sobre las clases de tráfico	14–21	212
	D. Estadísticas de llegadas de buques, distribuciones de tiempos de servicio y tiempos de espera	22–28	213
	E. Base matemática de los diagramas de planificación	29	215
	F. Cálculo del tiempo de utilización económica	30–35	218
III.	Obras de consulta sobre desarrollo portuario	1–3	220

EXPRESIÓN DE GRATITUD

La secretaría de la UNCTAD desea expresar su agradecimiento a las numerosas administraciones portuarias, organizaciones de planificación, consultores en economía e ingeniería y demás organismos que han colaborado en este proyecto exponiendo sus métodos de planificación y facilitando información a la secretaría.

En particular, han colaborado activamente con la secretaría en la preparación del Manual el Sr. B. Nagorski y el Sr. S. M. Maroof y las empresas de consultores Rendel, Palmer and Tritton y Sir William Halcrow and Partners.

También han suministrado una información muy útil Bremerhaven Lagerhaus Gesellschaft, Manalytics Incorporated, el Consejo Nacional de Puertos del Reino Unido, el Instituto de Desarrollo de las Zonas Portuarias del Japón, Peat, Marwick, Mitchell and Company, el Departamento de Estudios y Planificación de la Junta del Puerto de Los Angeles y Sea-Land Service Incorporated.

La secretaría de la UNCTAD desea asimismo expresar de modo especial su agradecimiento a los Gobiernos de Dinamarca, Finlandia, Noruega, los Países Bajos y Suecia que, mediante la aportación de una generosa subvención, han hecho posible la realización de este trabajo.

La secretaría de la UNCTAD se complace en señalar que el Sr. A. J. Carmichael, asesor en cuestiones portuarias del Departamento de Transportes del Banco Mundial, y otros funcionarios del Banco que se ocupan de cuestiones relacionadas con el desarrollo de los puertos internacionales han acogido favorablemente la publicación de este Manual y han recomendado su uso como obra de consulta.

Son muy de agradecer las valiosas observaciones y sugerencias del personal del Banco Mundial. Aunque las opiniones expresadas en el Manual son las de la secretaría de la UNCTAD, los funcionarios del Banco Mundial que han leído el texto se han manifestado de acuerdo con la opinión de la secretaría de que las medidas de desarrollo portuario que se adopten sobre la base de los métodos recomendados probablemente serán, económica y técnicamente, apropiadas.

PROP GABRIEL MOQTIXTLE
D.G.O.M. MEXICO 1984

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE COMERCIO Y DESARROLLO
Ginebra

Desarrollo portuario

Manual de planificación para los países en desarrollo

Preparado por la secretaría de la UNCTAD

NACIONES UNIDAS
Nueva York, 1980

NOTA

Las signaturas de los documentos de las Naciones Unidas se componen de letras mayúsculas y cifras. La mención de una de estas signaturas indica que se hace referencia a un documento de las Naciones Unidas.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La palabra « dólares » denota dólares de los EE. UU.

TD/B/C.4/175

PUBLICACION DE LAS NACIONES UNIDAS

Número de venta: S.77.II.D.8

Precio: 15 dólares de los EE. UU.

Primera parte

Capítulo primero

GESTIÓN DEL DESARROLLO PORTUARIO

A. — Necesidad de un plan nacional de puertos

1. Los adelantos tecnológicos de los últimos años hacen indispensable la planificación global del sistema de transportes de los países en desarrollo a fin de lograr un equilibrio entre las capacidades de las diversas partes del sistema. En la esfera del transporte marítimo es posible a veces, en particular por lo que respecta a los movimientos de mercancías a granel y de cargas autorizadas, incluir en un plan coordinado las instalaciones marítimas, portuarias y de transporte interior. En otros casos, el tráfico marítimo escapa al control del responsable de la planificación y sólo es posible coordinar las instalaciones portuarias con las del transporte interior y la distribución. Planificar un puerto marítimo sin tomar en consideración las intalaciones conexas de los sistemas de transporte por carretera, ferrocarril y gabarras puede dar lugar a graves deficiencias en las comunicaciones nacionales. Esto es particularmente cierto en el caso de los países en desarrollo, en muchos de los cuales el tráfico de mercancías está experimentando un rápido crecimiento y unos cambios no menos rápidos. La planificación coordinada se examinará más adelante en el capítulo V de la primera parte, que trata de la planificación general y zonificación portuaria.

2. En el sector de los puertos se precisa un plan equilibrado para cada clase de trabajo marítimo. Hay que tomar en consideración el número de puertos, su especialización y su emplazamiento. Aunque algunos países todavía permiten la libre competencia entre sus puertos, ésta ya no se considera aceptable cuando los recursos nacionales son limitados. Por ejemplo, la tendencia a la manipulación de las mercancías a granel en terminales especializadas con un considerable movimiento de mercancías (el movimiento anual de mercancías de esas terminales se mide en millones de toneladas) significa que la totalidad de la corriente del tráfico nacional de un producto determinado puede ser manipulada en una terminal, independientemente de las necesidades geográficas aparentes. Permitir que ese tráfico se distribuya entre una serie de puertos, como puede ocurrir sin una planificación nacional, significa que cada puerto sólo estará en condiciones de instalar un equipo de capacidad reducida, lo que impedirá que el país se beneficie de las economías de escala resultantes del empleo de grandes graneleros, o bien que cada puerto tendrá que realizar grandes inversiones en terminales que se utilizarán por debajo de su capacidad. Cualquiera de esas dos posibilidades dará lugar a fuertes aumentos de los costos unitarios que muchas veces pueden ser muy superiores al aumento de los costos del transporte terrestre resultante de la construcción de una terminal especializada única que permita un gran movimiento de mercancías.

3. La necesidad de evitar el exceso de inversiones resultante de la competencia en un contexto en que las técnicas de manipulación de la carga son cada vez más costosas es cada vez mayor con respecto a todas las clases de cargas. Los países en desarrollo no pueden permitirse imitar el ejemplo de Europa en lo concerniente a las inversiones en muelles para contenedores realizadas en el decenio de 1960, cuando la capacidad total instalada fue varias veces superior a la demanda.

4. La evolución técnica reciente de los métodos de transporte requiere instalaciones de manipulación de la carga tan especializadas que la coordinación regional de las inversiones en terminales especializadas está claramente justificada. La planificación común de las inversiones portuarias por parte de los países que comparten el mismo *hinterland* puede ser claramente ventajosa desde el punto de vista económico, pero en cualquier caso, en la actualidad es prácticamente imprescindible que cada país elabore su propio plan nacional de puertos.

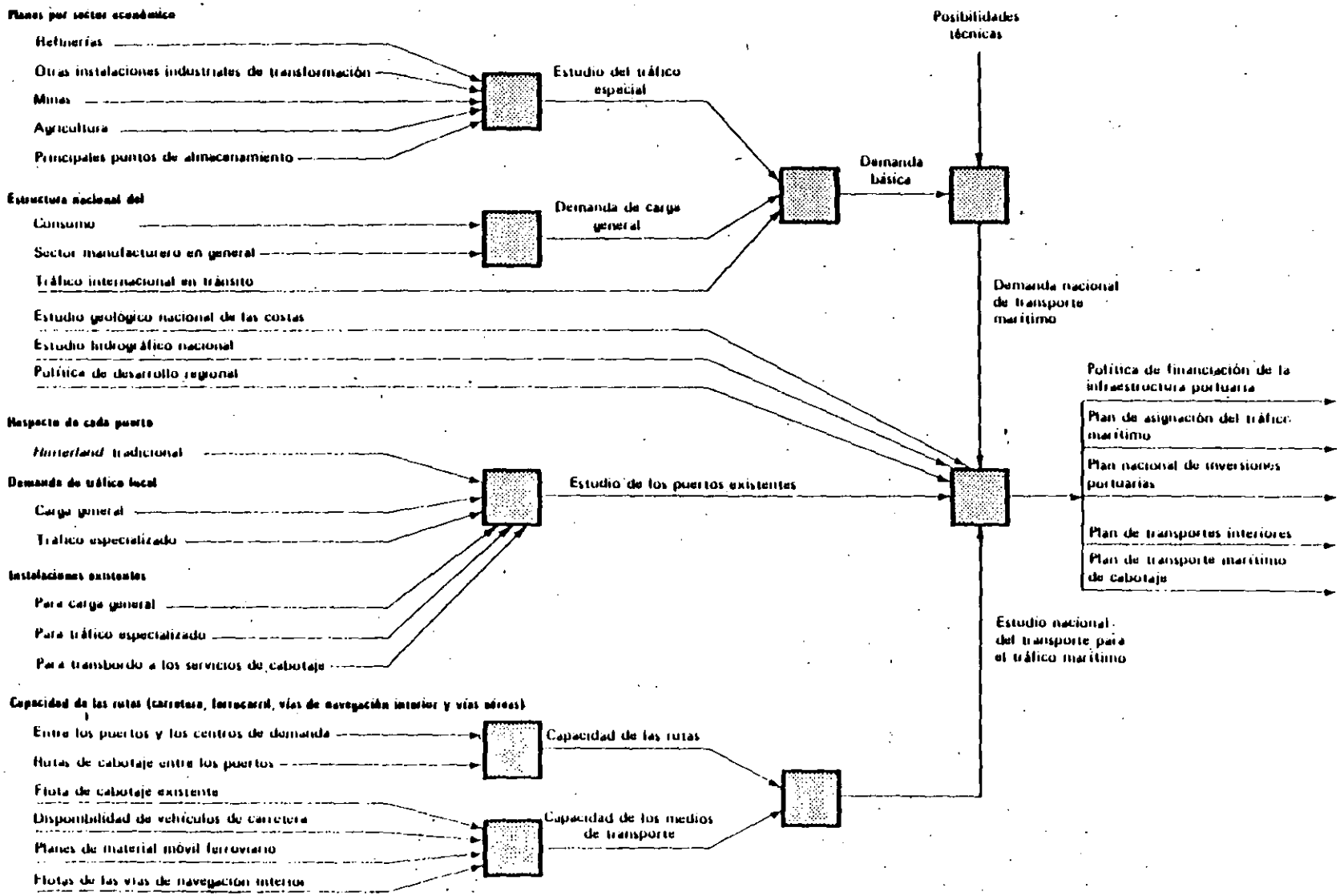
5. En el gráfico 1 se muestran los factores que hay que tomar en consideración al elaborar un plan portuario nacional. Sería conveniente utilizar ese gráfico como referencia para determinar los aspectos que requieren un estudio más a fondo antes de adoptar ninguna decisión importante en materia de inversiones portuarias. El trabajo que esto supone probablemente justificaría el mantenimiento de un pequeño núcleo permanente de técnicos especializados de planificación, que reforzaría otro equipo técnico cuando fuera necesario proceder a una revisión general del plan nacional.

6. Las principales actividades indicadas en el gráfico 1 son la previsión de la demanda nacional de transporte marítimo, el estudio de los puertos existentes y el estudio nacional de los medios de transporte disponibles para el tráfico marítimo. Además, en los casos en que se considere la construcción de grandes terminales, sería conveniente llevar a cabo estudios preliminares geológicos e hidrográficos de la costa.

7. De resultas de este examen se formularán una serie de planes conexos: un plan de asignación del tráfico marítimo, un plan nacional de inversiones portuarias, un plan de transportes interiores y un plan de transporte marítimo de cabotaje. Todos estos planes se concebirán exclusivamente en el plano estratégico general, y la planificación detallada de las distintas instalaciones quedará para cuando se prepare cada proyecto concreto de desarrollo portuario.

GRAFICO 1

Planificación portuaria nacional



B. — Administración portuaria nacional

8. En este punto también será necesario decidir la política de financiación de la infraestructura portuaria a fin de determinar la parte que será costeada por la administración central y la parte que se sufragará con cargo a los ingresos propios de cada administración o autoridad portuaria. Ciertas partidas importantes de gastos de capital podrán constituir un esfuerzo excesivo para la economía del puerto si tuviesen que ser sufragados con cargo a los ingresos, manteniendo al mismo tiempo las tarifas portuarias a un nivel razonable. Algunos sostendrían que sólo la financiación de los sistemas de transporte conexos por carretera y ferrocarril no debería corresponder al puerto, mientras que otros aducirían que la de las principales obras de infraestructura, como las escolleras, y obras como el dragado de los canales de acceso también debería correr a cargo, total o parcialmente, de la administración central o regional. Incumbe a las autoridades de cada Estado decidir la política apropiada con arreglo a la capacidad financiera de los puertos existentes y la rentabilidad prevista de los nuevos puertos proyectados.

9. Al decidir en qué medida debería incumbir a la administración central la competencia para fijar el orden de prioridades del desarrollo portuario, conviene tener presente que, por razón de sus propios límites naturales, la administración portuaria puede tener dificultades para determinar el emplazamiento económicamente adecuado de una nueva terminal. En un período de transición, la administración del puerto probablemente hará hincapié en las soluciones que le permitan preservar o ampliar su nivel de actividad. Los adelantos técnicos modernos hacen que esas tendencias sean poco recomendables desde el punto de vista del interés general del país, puesto que el emplazamiento de las instalaciones portuarias existentes puede ser inadecuado para el empleo de las nuevas técnicas.

10. Por consiguiente, hay buenas razones para establecer un organismo oficial especializado con atribuciones generales para coordinar la política portuaria a nivel nacional. A fin de crear y mantener la capacidad necesaria y hacer posible un libre intercambio de ideas entre las numerosas partes interesadas, quizás convenga que ese organismo sea independiente del ministerio competente y adopte la forma de una junta nacional de puertos con facultades definidas por ley, como las que se enumeran a continuación. Existe un estrecho paralelismo con el establecimiento en diversos países de organismos autónomos de aeropuertos, del petróleo, etc. Dichos organismos podrían disponer de una pequeña secretaría permanente.

11. Para una gestión eficiente de las actividades del puerto, las decisiones relativas a su explotación deberían adoptarse localmente; por lo general sería desacertado conferir a la junta nacional de puertos competencias en materia de explotación. Su función principal debería ser la función de coordinación y reglamentación y su objetivo primordial el de evitar una inoportuna duplicación de las inversiones. Las competencias que pudiera ser procedente conferir por ley a la junta nacional de puertos son las siguientes:

a) Inversiones: competencia para aprobar propuestas de inversiones portuarias cuyo importe rebase una cifra determinada, por ejemplo, 5 millones de dólares. El criterio para su aprobación sería que la propuesta estuviera de una manera general en conformidad con el plan nacional de puertos, cuya aplicación incumbiría a la junta;

b) Política financiera: competencia para fijar los objetivos financieros comunes de los puertos (por ejemplo, rendimiento de las inversiones, definido sobre una base común) y la política común sobre la financiación central o local de las infraestructuras; prestar asesoramiento a la Administración central sobre solicitudes de crédito;

c) Política tarifaria: competencia para fijar una estructura tarifaria común (las condiciones locales determinarán la medida en que la junta debería fijar también los niveles tarifarios);

d) Política laboral: competencia para fijar unas normas de contratación, una escala de salarios y unas condiciones de ascenso comunes; competencia para aprobar unos procedimientos sindicales comunes;

e) Concesión de licencias: competencia, en su caso, para establecer los principios que hayan de regir la concesión de licencias a empleadores portuarios, agentes, etc.;

f) Información e investigación: competencia para reunir, cotejar, analizar y difundir para su uso general datos estadísticos sobre la actividad portuaria y patrocinar estudios sobre cuestiones portuarias, según proceda;

g) Cuestiones jurídicas: competencia para prestar asesoramiento jurídico a las administraciones portuarias.

12. Sería aconsejable que la junta elaborase un método para obtener asesoramiento de personas con una gran experiencia en materia de puertos, transporte marítimo y transporte interior, en cuestiones industriales, comerciales, financieras y económicas, en materia de ciencias aplicadas y de organización de la mano de obra. Una posibilidad sería la cooptación de esas personas como miembros del consejo de administración de la junta o de sus comisiones auxiliares. También se establecería un enlace con los organismos nacionales representativos de los cargadores, armadores, etc.

13. Uno de los peligros de conferir a la Junta competencias en materia de inversiones portuarias y política tarifaria es que esto puede dar lugar a más demoras. Por consiguiente, sería indispensable establecer además un procedimiento de urgencia para acelerar o incluso eludir el proceso normal de adopción de decisiones cuando, por ejemplo, el tráfico registrara variaciones repentinas o se produjese un rápido aumento de la congestión.

C. — Desarrollo portuario

14. El desarrollo de cada puerto en particular debe planificarse detalladamente dentro del marco de la estrategia nacional general. El desarrollo de un puerto consiste en una combinación de la planificación a plazo medio y largo de nuevas instalaciones, más, en el caso de un puerto existente, un programa de medidas a corto plazo para mejorar la gestión, las instalaciones existentes y su utilización.

15. Cada inversión debe comprender varias etapas: en primer lugar, una fase de planificación que concluya con una recomendación acerca de la línea de conducta que ha de seguir el puerto y en la que los distintos aspectos técnicos sólo se traten de una manera general; en segundo lugar, una fase de decisión durante la cual puede entrarse en el fondo de la cuestión y que comprenderá la obtención de recursos financieros; en tercer lugar, una fase de concepción técnica que permita traducir el plan elegido en proyectos técnicos detallados; y, finalmente, la fase de construcción o ejecución. Este Manual versa esencialmente sobre la fase de planificación y sólo aborda los detalles técnicos indispensables para proporcionar la información necesaria con miras a elaborar las estimaciones preliminares de costos. Las estimaciones definitivas de costos dependen principalmente de la dificultad técnica y la magnitud del proyecto. Esas estimaciones y la labor ulterior de concepción técnica y construcción deben llevarse a cabo después de investigaciones más detalladas realizadas por ingenieros civiles y técnicos calificados en consulta con la administración portuaria. La utilización del Manual no trata de suplir al empleo de esos especialistas.

16. El plan a largo plazo o plan general, como suele llamarse, consiste en una previsión de la situación futura después de que se hayan producido una serie de acontecimientos. No trata, sin embargo, de determinar si se producirá cada uno de esos acontecimientos ni cuándo se producirá exactamente, ya que ello dependerá de la evolución del tráfico. El plan general se formulará en el contexto del plan nacional de puertos y, a su vez, servirá de marco para la elaboración de los planes a plazo medio y para la definición de proyectos concretos. El método consistente en pasar de un plan general a largo plazo a una propuesta detallada a plazo medio debería ser el procedimiento normal.

17. No obstante, el programa de mejoras prácticas inmediatas para la utilización de las instalaciones existentes puede llevarse adelante con independencia de los planes a plazo largo y medio. Existirá siempre la necesidad de proceder urgentemente a modestas mejoras técnicas y operacionales, como la ampliación del espacio de almacenamiento disponible, la introducción de un nuevo equipo de manipulación de la carga o la adquisición de gabarras o de lanchas de practicaje. Las mejoras de ese tipo son independientes de las futuras inversiones de capital y no deberían retrasarse hasta que se haya terminado el plan principal de inversiones.

18. La identificación y eliminación de los estrangulamientos que impiden el movimiento productivo de las mercancías, por ejemplo, pueden ser estudiadas con arreglo a los métodos expuestos en el informe de la UNCTAD sobre el movimiento de mercancías en los muelles [1]. Esos métodos pueden aplicarse en cualquier momento, independientemente del proyecto de planificación, pero sería aconsejable que a mediados de la fase de planificación se haya realizado un análisis del movimiento de las mercancías suficiente para obtener estimaciones adecuadas y utilizables en la práctica de la productividad futura. La elaboración de esas estimaciones es una de las tareas más importantes y difíciles de los responsables de la planificación portuaria.

D. — Planificación a largo plazo

19. Para preparar el plan nacional de puertos y el plan general de cada puerto, el planificador necesita determinar el contexto de desarrollo dentro del cual operará cada puerto. Para ello debería examinar los aspectos siguientes:

a) Función del puerto, que puede abarcar las tareas siguientes, o algunas de ellas:

i) Atender a las necesidades de intercambio internacional de su *hinterland*, según se refleja en las previsiones del tráfico, ya todas las necesidades globalmente, ya con exclusión de determinadas mercancías (por ejemplo, mercancías a granel, cuya manipulación deberá efectuarse en terminales especiales que no dependen del puerto);

ii) Contribuir a la promoción del comercio y al desarrollo industrial regional;

iii) Atraer una mayor proporción del tráfico internacional, ya mediante el transbordo, ya mediante los transportes interiores;

iv) Proporcionar facilidades de tránsito hacia *hinterland* lejanos a los que tradicionalmente no se prestan servicios o hacia países vecinos sin litoral;

b) Alcance de las competencias del puerto con respecto a las necesidades de infraestructura, a saber:

i) Competencias marítimas, que pueden ser globales y abarcar desde la recalada hasta el atraque, o pueden excluir las maniobras en estuarios, ríos o canales de acceso o la financiación de las principales obras marítimas (por ejemplo, escolleras principales, grandes dragados);

ii) Competencias terrestres, que pueden ser globales y abarcar los enlaces por carretera o ferrocarril entre el puerto y los almacenes interiores, etc., o excluir los enlaces compartidos con otros usuarios o las carreteras o ramales ferroviarios locales de enlace;

c) Política de utilización del terreno para el puerto, que puede gozar de libertad dentro de límites fijos, de libertad para adquirir o enajenar terrenos contiguos en el mercado libre o mediante compra forzosa o de libertad para adquirir terrenos no contiguos para almacenamiento, para almacenes de despacho de mercancías hacia el interior o para nuevos puestos de atraque en nuevos emplazamientos costeros;

d) Política financiera respecto del puerto, que puede ser plenamente comercial, autosuficiente y con libertad para fijar las tarifas según las necesidades, estar sujeta a restricciones en materia de política tarifaria vinculadas a una limitación en lo relativo a la responsabilidad comercial o estar sujeta al control público como instrumento del desarrollo nacional.

20. El plan a largo plazo hará más hincapié en lo que es conveniente que en aquello que según las tendencias parece probable. El responsable de la planificación necesita colocarse en la situación futura, aunque sea 20 años más tarde, y tratar de trazar un cuadro coherente de lo que existirá en ese momento.

[1] *Movimiento de mercancías en los muelles: métodos sistemáticos para mejorar las operaciones de manipulación de carga general* (publicación de las Naciones Unidas, N.º de venta: S.74.II.D.1).

21. Esa perspectiva general permitirá al responsable de la planificación presentar una previsión razonable del futuro que, por lo menos, sea viable y lúcida, aun cuando no pueda haber ninguna seguridad de que sus predicciones sean correctas en todos los detalles. El aspecto de la utilización del terreno y el de las principales realizaciones en los canales y zonas marítimas son los elementos más fundamentales del plan a largo plazo. Esos elementos deben tratarse de manera que corresponda al incremento previsto del tráfico, que a largo plazo puede ser bastante considerable (por ejemplo, un incremento del 10% anual sobre un millón de toneladas supone en 20 años un aumento de 6,7 millones de toneladas). Los adelantos técnicos modernos hacen más imperativa que nunca la necesidad de disponer de una superficie considerable. Una terminal de contenedores o una gran terminal mineralera necesitan una superficie de decenas de hectáreas. Es evidente que si no se reservan considerables extensiones de terreno puede ocurrir que éste sea utilizado primero para zonas residenciales o para otros fines.

22. Las políticas de planificación industrial de la administración central, regional o municipal y el plan nacional de puertos, cuando éste exista, deberían proporcionar en gran parte el marco necesario para fijar los objetivos de cada puerto. Sin embargo, no sería razonable esperar que los responsables de esas políticas sean muy precisos al principio, ya que su conocimiento de las posibilidades de desarrollo portuario será probablemente incompleto. Es casi seguro, pues, que el responsable de la planificación portuaria, después de hablar con las autoridades interesadas y de recoger las diversas opiniones, se encontrará con que quedan aún algunas cuestiones sin responder. Se verá entonces obligado a llenar esas lagunas haciendo sus propias hipótesis sobre la función a largo plazo del puerto. Es mucho más importante lograr una interpretación razonablemente completa de esa función, quizás en el plazo de un mes después del comienzo del proyecto, que tratar de obtener una declaración oficial exacta y de carácter formal.

E. — Secuencia de las inversiones

23. Como los planes de inversión a plazo corto y largo forman parte de la misma secuencia de inversiones financieras y beneficios económicos, toda la secuencia debería considerarse estrictamente como un solo programa y el responsable de la planificación debería tratar de definir el óptimo económico global para toda la serie de inversiones.

24. Sin embargo, esto es un ideal que todavía es inalcanzable, ya que no se dispone de una metodología satisfactoria para calcular ese óptimo económico tan complejo[2]. Por ahora, lo más que puede hacerse es tratar de definir una serie de opciones de inversión principales y calcular los costos y los beneficios para cada una de las principales fechas de inversión y de puesta en servicio. Los encargados de la planificación pueden recibir asistencia de instituciones de investigación o empresas de consultores para realizar un estudio general de preinversión del país. El objetivo fundamental será determinar la dirección general de la expansión y cuantificar el tonelaje que haya de ser manipulado y sus formas de expedición. Calculando una serie de programas de inversión posibles para ese tráfico, el planificador puede llegar a concebir un programa que no se aleje demasiado del óptimo, pero incluso eso supondrá mucho trabajo. Para simplificar el proceso, sólo es necesario realizar cálculos aproximados durante la fase inicial de selección de opciones antes mencionada. Quizás sea útil señalar que el plan a largo plazo puede estar basado en una secuencia de inversiones concreta, independientemente, en gran medida, del ritmo de evolución de las tendencias, de suerte que, aunque la secuencia misma sea bastante rígida, la cronología de las inversiones será flexible.

25. Es conveniente que el plan general se mantenga en todo momento como marco formal del programa de inversiones portuarias. Debería ser modificado periódicamente, ya en virtud de una decisión concreta de reconsiderar globalmente la situación futura en una fecha determinada (y en la presente etapa tecnológica del transporte marítimo, en la que los cambios son tan rápidos, sería oportuno proceder a una revisión cada tres o cinco años), ya como consecuencia de acontecimientos ocurridos durante el periodo que aconsejen tal revisión.

F. — Mantenimiento de la capacidad del puerto durante las obras

26. Un puerto debe continuar prestando el mismo nivel de servicios durante la ejecución de un proyecto de mejoras o ampliación. La justificación del proyecto suele ser la previsión de un tráfico mayor del que puede atenderse y resultaría contraproducente permitir que las propias obras del proyecto causaran una congestión de la que quizá fuera difícil recuperarse.

27. Debe elaborarse un programa operacional en el que se indique, para toda la duración de las obras, el modo de atender al aumento del tráfico a pesar del cierre de algunas instalaciones o de las obstrucciones. Cabe que el programa ponga de manifiesto la necesidad de prever temporalmente unas instalaciones complementarias con el único objeto de mantener la capacidad del puerto durante la ejecución del proyecto. Tales instalaciones constituyen una carga financiera para el proyecto y puede ocurrir que su costo sea determinante para la elección de una opción técnica diferente. En cualquier caso, será necesario escalonar cuidadosamente las obras y la puesta en servicio de instalaciones provisionales.

28. Las dificultades para mantener la capacidad pueden incluso dar lugar a una modificación de la estrategia de desarrollo del puerto. Por ejemplo, la construcción en dos etapas de un nuevo grupo de puestos de atraque puede estorbar menos las operaciones del puerto que el cierre de una zona más amplia para construir todos esos puestos de atraque dentro de un solo proyecto. Inversamente, la terminación más rápida de la construcción del grupo en un proyecto en vez de en dos proyectos parciales consecutivos puede suponer en algunos casos una perturbación menor.

[2] Los principios matemáticos aplicables no son complejos, pero el cálculo de la acción recíproca de los costos y beneficios de diversas secuencias de inversión exige un tiempo de computadora y analistas que, en vista de la incertidumbre de las previsiones del tráfico, la productividad y los costos, no está justificado.

G. — Planificación a plazo medio: el estudio de viabilidad

29. El plan a plazo medio que suele adoptar la forma de un estudio de viabilidad sobre la mejor manera de satisfacer una necesidad determinada es detallado y va seguido de la fase de concepción técnica. El plan a plazo medio debe ser coherente con el plan general y considerarse como una etapa de su realización. Todo estudio de viabilidad que apunte a la necesidad de apartarse del plan general deberá aportar pruebas convincentes en apoyo de esa afirmación. Si se acepta la desviación, será menester revisar el plan general para tener en cuenta sus posibles efectos sobre otras instalaciones. Todo ese proceso necesita tiempo y puede darse la circunstancia de que, en el intervalo, se vea claramente la necesidad de un cambio de orientación, por ejemplo, si se produce un avance técnico. En tal caso podría resultar plenamente apropiado introducir los cambios necesarios, incluso ya mediada la ejecución del proyecto, a condición de que se analicen claramente y se acepten las consecuencias en materia de costos.

30. Sería preferible que cada estudio de viabilidad abarcase solamente una propuesta a plazo medio. Por ejemplo, la decisión de construir una terminal de contenedores podría estudiarse como una cuestión independiente de la decisión de ampliar la capacidad de almacenamiento de los muelles de carga general. Muchas veces, sin embargo, por razones de conveniencia administrativa a causa de las relaciones materiales dentro del puerto, varios de esos proyectos se combinan en un solo estudio de viabilidad y un solo informe. Aunque esto es aceptable, los análisis numéricos de cada proyecto deberían ser independientes. No es conveniente incluir en una evaluación económica o financiera varias propuestas de inversión diferentes. Por ejemplo, una propuesta conjunta relativa a dos nuevos puestos de atraque para carga fraccionada y una nueva terminal para carga a granel complicará la decisión si sólo se proporciona una serie de cifras sobre costos e ingresos. Cabe que los puestos de atraque para carga fraccionada estén justificados económicamente, aunque ocasionen pérdidas desde el punto de vista financiero; la propuesta conjunta ocultaría ese hecho y disimularía que su explotación estaría subvencionada por la terminal para carga a granel rentable. En el capítulo II de la primera parte, relativo a los principios de planificación, se examina más a fondo esta cuestión.

31. Indudablemente, los cambios tecnológicos que se están produciendo en varios sectores podrían influir notablemente en el plan de inversiones. Algunos de esos cambios afectarán a esferas en las que el personal del puerto no esté calificado, por lo que el director del proyecto de desarrollo portuario debería obtener asesoramiento exterior sobre esas cuestiones. No debería incumbirle, por ejemplo, la realización de un estudio amplio sobre la evolución de la tecnología de los buques o de los métodos de manipulación de la carga. Son abundantes los trabajos sobre estas cuestiones y debería poderse remitir a ellos. Caso de haber dificultades, puede acudir a la secretaría de la UNCTAD, que prestará toda la ayuda que le sea posible.

32. De igual modo, en la esfera de la previsión económica no incumbe al responsable de la planificación portuaria realizar previsiones del comercio internacional o incluso regional, por importante que éstas sean como base para el cálculo del tráfico previsto. Para esas previsiones económicas, el planificador debe acudir a otras fuentes, generalmente al organismo nacional de planificación económica. No obstante, es probable que, una vez agotadas esas fuentes, la información obtenida siga siendo incompleta y que deba reunir por sí mismo los datos que falten recurriendo a diversas fuentes de tipo comercial y bancario.

33. El procedimiento de un plan a plazo medio supone buscar la solución de una necesidad concreta y culmina con una justificación de inversión. Normalmente se lleva a cabo como un proyecto preciso con un programa de trabajo claramente definido. Es conveniente preparar un resumen de todo el abanico de actividades del proyecto mediante una representación similar a la del gráfico 2. Los diagramas de este tipo muestran una secuencia de actividades, destacando las que se deben terminar antes de pasar a la siguiente y que, por lo tanto, han de recibir prioridad; son útiles para exponer la serie de tareas y competencias técnicas necesarias. Pero, una vez publicados, no deben considerarse sagrados. No es aconsejable, en particular, impedir que se aborde una cuestión antes del momento previsto en el diagrama. La parte central del diagrama reproducido en el gráfico 2, relativa a la planificación de proyectos a plazo medio, señala tres etapas principales, indicadas mediante flechas verticales.

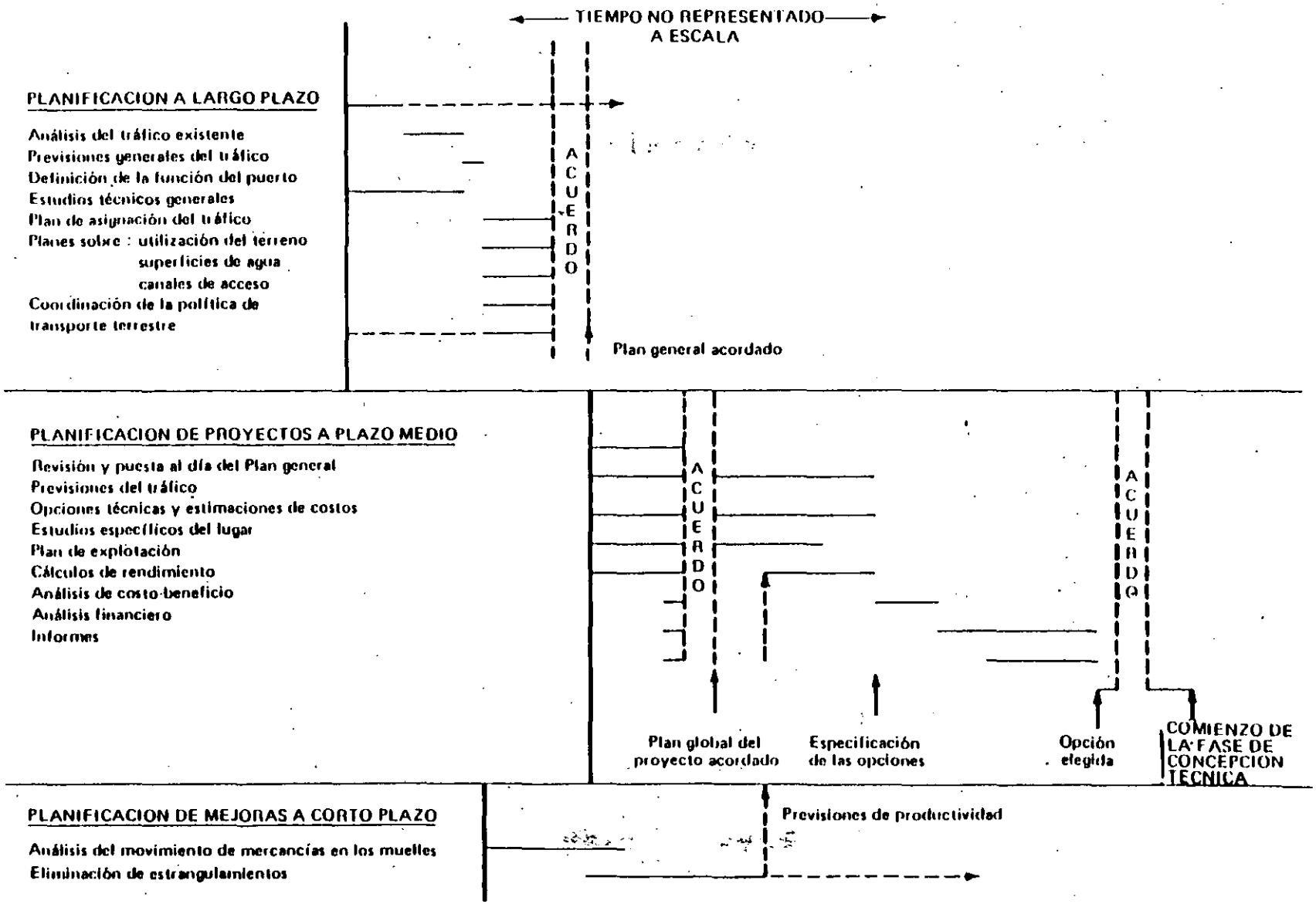
34. La primera fase, que, tras un período destinado a obtener el acuerdo de las autoridades, lleva a una definición general del proyecto, quizás necesite un 10% del tiempo disponible, aunque tal vez el 20% sea una cifra más adecuada si antes de iniciar el proyecto no se han estudiado suficientemente las necesidades del puerto futuro. Por otra parte, si no existe un plan general, tal vez sea necesario primero dedicar bastante tiempo a la reunión de datos sobre el tráfico y a la realización de estudios geológicos e hidrográficos preliminares.

35. La segunda fase comprende la elaboración de previsiones detalladas del tráfico y estudios técnicos generales, así como la determinación de todas las opciones viables, con estimaciones aproximadas del costo de cada una de ellas. Comprende asimismo la importante tarea de estudiar, respecto de cada opción, el plan de explotación y los métodos de manipulación de la carga que se aplicarán. Para que las respuestas a estas cuestiones prácticas sean realistas, debería realizarse una previsión de la productividad basada en los progresos logrados hasta el momento a consecuencia de las mejoras a corto plazo. Esta fase necesitará, por lo menos, el 30% del tiempo de planificación.

36. La tercera fase entraña la realización de los análisis que permitirán determinar cuáles son las opciones más interesantes, y culmina con la recomendación de una solución única. Es probable que sea la fase más larga, a la que haya que dedicar más del 30% del tiempo. Comprende, en primer lugar, la realización de cálculos de rendimiento para determinar el nivel de servicios proporcionado por cada combinación de tráfico e instalaciones y, a continuación, sobre la base de esas cifras de rendimiento, la selección de opciones

GRÁFICO 2

Planificación de los proyectos a plazo medio de desarrollo portuario



CUADRO 1

Lista de las etapas del proceso de preparación de un plan de desarrollo portuario

1. *Política general de desarrollo:* determinación de la función del puerto y de la extensión de sus atribuciones financieras y de planificación (a plazo corto, medio y largo).
2. *Previsiones del tráfico:* elaboración de las previsiones del tráfico para el período del plan de desarrollo.
3. *Política tecnológica:* examen, para cada clase de tráfico incluida en las previsiones y en función de la forma prevista de presentación de la carga, de las posibles técnicas de manutención portuaria y sus efectos en la productividad futura.
4. *Asignación del tráfico:* agrupación de las clases de tráfico de características similares o compatibles y asignación a las mismas de terminales o grupos de puestos de atraque planificados por separado.
5. *Determinación preliminar de dimensiones:* determinación aproximada, respecto de cada terminal o grupo de puestos de atraque, sobre la base de los gráficos de planificación, del nivel de las nuevas instalaciones necesarias y estimación aproximada de sus dimensiones.
6. *Selección preliminar de los emplazamientos:* proporción, para cada combinación posible de terminales y grupos de puestos de atraque, de zonas terrestres y marítimas de extensión adecuada y en emplazamientos que no pongan obstáculos al tráfico de las zonas contiguas.
7. *Viabilidad técnica:* realización, respecto de cada emplazamiento, de los estudios técnicos necesarios para indicar las obras principales de toda índole que hayan de efectuarse. En su caso, modificación de los emplazamientos para eliminar las propuestas de costo excesivamente elevado.
8. *Estimaciones aproximadas de costos:* estimación de los costos de construcción y equipamiento de cada una de las instalaciones examinadas.
9. *Reducción preliminar de opciones:* eliminación, sobre la base de toda la información disponible y, en su caso, mediante la repetición de las etapas interdependientes 4 a 8 de este proceso, de las soluciones posibles menos interesantes.
10. *Examen de las conclusiones con los órganos decisorios y obtención de su acuerdo sobre una breve lista de posibilidades.*
11. *Planificación de la explotación:* elaboración, respecto de todas las opciones elegidas, de un plan de explotación de las instalaciones, determinación del equipo necesario y del objetivo de productividad.
12. *Determinación final de las dimensiones:* repetición en detalle de la etapa 5 del proceso sobre la base de los gráficos de planificación apropiados.
13. *Diseño técnico preliminar:* trazado, para cada solución posible, de la planta de todas las instalaciones necesarias con suficiente detalle para poner de manifiesto todos los problemas relacionados con los accesos marítimos o terrestres y con el emplazamiento de las zonas de operaciones y de almacenamiento.
14. *Estimaciones detalladas de costos:* especificación de las estimaciones de costos de todas las obras y servicios para que sirvan de base a los análisis económicos y financieros.
15. *Análisis de costo-beneficio:* análisis de las bases económicas de cada una de las opciones.
16. *Análisis financiero:* Análisis de la viabilidad financiera de cada opción y examen de los métodos disponibles para lograr una situación financiera sana.
17. *Selección definitiva:* reunión de todos los análisis y comparación de las ventajes y los inconvenientes globales de cada opción para llegar a recomendar una solución.
18. *Examen de las conclusiones con los órganos decisorios y obtención de su acuerdo de principio sobre la solución recomendada.*
19. *Informes:* formulación de la solución convenida en un informe, con los análisis complementarios correspondientes.
20. *Obtención de la autorización necesaria para proceder a la ejecución y adopción de disposiciones para allegar recursos financiero de fuentes internacionales y nacionales.*

mediante análisis económicos y financieros. En el cuadro 1 figura una lista de las 20 etapas del proceso de elaboración de un plan de desarrollo portuario. La secuencia de tareas constituye un ejemplo del método de reducción progresiva de las opciones posibles.

H. — Análisis necesarios

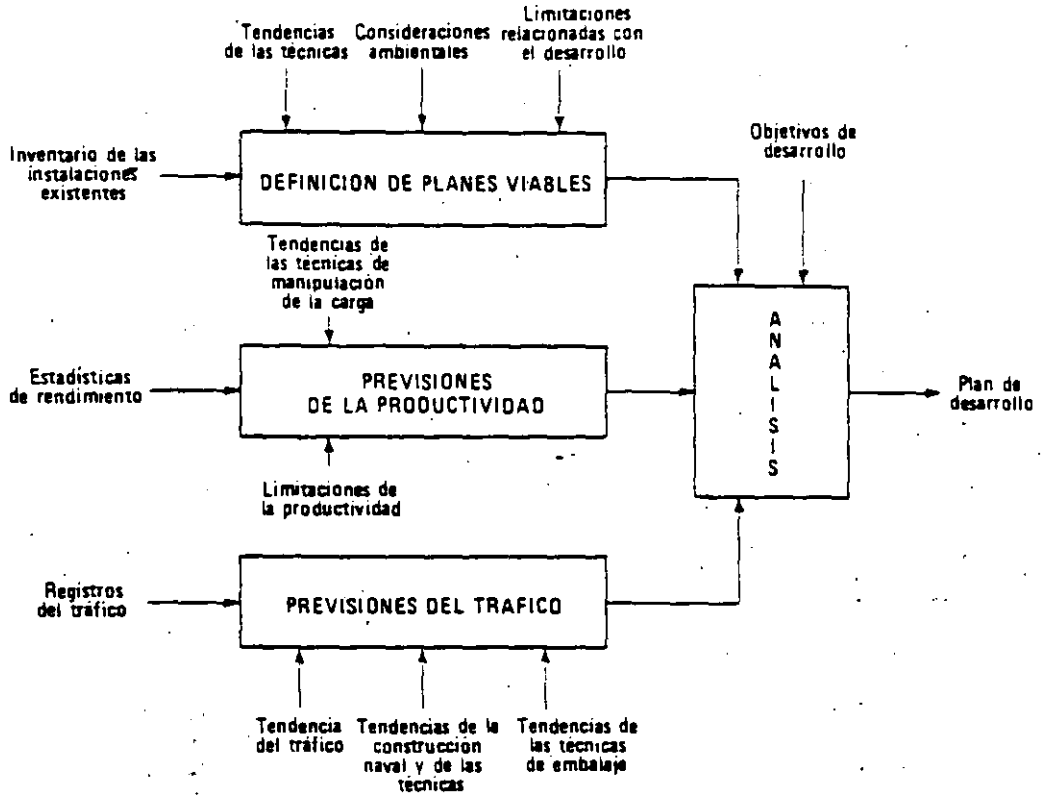
37. En la tercera etapa hay un riesgo de que, si carece de experiencia, el equipo de planificación portuaria no se concentre en las tareas debidas. El análisis económico de costo-beneficio y el análisis financiero, que indica si una instalación podrá autofinanciarse, son, con mucho, los instrumentos más importantes para llegar a la decisión de inversión acertada. No obstante, entrañan la realización de cálculos bastante laboriosos y monótonos que son menos interesantes que el cálculo, mediante nuevos métodos, del rendimiento de cada una de las opciones para los distintos niveles de tráfico previstos. El interés de esas técnicas de cálculo del rendimiento (por ejemplo, la simulación utilizando una computadora) puede ser causa de que se les dedique una proporción excesiva del valioso tiempo del proyecto. Si un equipo dispone de un modelo de simulación adecuado y tiene experiencia de su empleo, ese trabajo puede hacerse rápidamente. Por el contrario, si ese método constituye para él una novedad, no debería en ningún caso dedicarse a aprender la técnica durante una evaluación de inversiones portuarias. Lo que se gane en precisión, se perderá sin duda en tiempo y esfuerzo.

38. Con todo, los cálculos del rendimiento son importantes y algunos de los métodos más sencillos utilizados hasta ahora no son bastante rigurosos para las necesidades actuales. Por eso, la secretaría de la UNCTAD ha llevado a cabo un programa de investigación para elaborar una nueva metodología que ofrecerá una vía intermedia entre las reglas empíricas y los modelos de simulación mediante computadora. Esa metodología se describe en la segunda parte de este Manual. Consiste en varias series de curvas generales que, dado un conjunto de datos empíricos de insumo razonablemente precisos ofrecen una base suficientemente rigurosa para el análisis económico. Esas curvas de rendimiento se han concebido intencionadamente de modo que su precisión corresponda a la precisión de los datos y cifras de que dispone habitualmente el responsable de la planificación de un puerto.

39. Para llegar a una única recomendación de inversión, será menester realizar los cálculos para diversos casos, en cada uno de ellos respecto de la manipulación del tráfico futuro mediante un conjunto de instalaciones futuras a un nivel de productividad futura. Las relaciones de esas necesidades de información para la planificación del desarrollo portuario se indican esquemáticamente en el gráfico 3. Las estadísticas

GRAFICO 3

Información necesaria para los proyectos de desarrollo portuario



operacionales necesarias para las previsiones de la productividad constituyen el eje de esa información.

40. En resumen, el equipo de planificación portuaria tendrá que disponer de la competencia y del tiempo necesarios para realizar los análisis siguientes:

a) Un análisis del rendimiento para determinar los efectos de los distintos niveles de capacidad del puerto sobre el nivel de los servicios proporcionados a los usuarios;

b) Estudios técnicos para determinar la viabilidad y el costo aproximado de cada diseño;

c) La planificación de la explotación para determinar de qué manera se utilizarán las intalaciones propuestas así como su productividad y costo de explotación;

d) Un análisis económico para comparar las ventajas de cada opción en función de los costos y beneficios que genera;

e) Un análisis financiero para determinar qué ingresos se obtendrán para tarifas y niveles de tráfico distintos y si esos ingresos serán suficientes para sufragar el costo de las instalaciones y los intereses y amortización de los préstamos eventuales. También deben estudiarse los efectos del proyecto sobre los costos y los ingresos actuales, y la consiguiente viabilidad financiera del puerto en su conjunto.

41. Sin duda, el proyecto completo supone un trabajo enorme, pero en vista de la importancia que tiene para la economía nacional llegar a la decisión idónea, esa labor está plenamente justificada. Solamente es posible reunir todos esos cálculos en un modelo para computadora que dé una solución «óptima». Ahora bien, este método es muy caro y poco satisfactorio como base de decisiones de inversión. En vez de eso, los planificadores deberían continuar realizando un análisis particular, con datos compatibles, para cada una de las opciones que deseen estudiar con detalle. En los casos en que el equipo de planificación pueda utilizar computadoras, esa posibilidad debería aprovecharse primero para la tarea simple, pero laboriosa, de realizar el análisis de costo-beneficio de una serie de propuestas posibles y de su sensibilidad a la incertidumbre de los datos de entrada. Previa solicitud, se puede obtener del Departamento Central de Proyectos del Banco Mundial un programa de computadora bien documentado para esa labor.

I. — Servicios auxiliares

42. Para ser completo, un plan de desarrollo portuario debe incluir la prestación de una variedad de servicios que tienen carácter auxiliar respecto de las principales operaciones portuarias de transbordo y almacenamiento de la carga y que abarcan desde los servicios de salvamento y extinción de incendios hasta los servicios de tratamiento de datos y manipulación de documentos. En capítulos ulteriores se examinan separadamente los servicios auxiliares, de los que se da una lista en el cuadro 2. Por lo general, esos servicios exigirán recursos financieros cuyo importe puede suponer un considerable incremento de los costos totales del proyecto. Aunque ciertas instalaciones y servicios auxiliares fueran financiados separadamente, habría que prever en el contexto del plan de adquisición de terrenos las superficies eventualmente necesarias.

CUADRO 2

Lista de servicios portuarios auxiliares

1. Practicaje;
2. Remolcadores;
3. Embarcaciones portuarias;
4. Asistencia a la navegación;
5. Servicios de extinción de incendios;
6. Servicio de salvamento;
7. Servicios médicos;
8. Servicios de policía y seguridad del puerto;
9. Zona de materias peligrosas;
10. Zonas de mantenimiento del equipo;
11. Cantinas;
12. Salas de reposo y alojamientos provisionales;
13. Servicios recreativos para tripulaciones y trabajadores portuarios;
14. Servicios de suministro de combustible;
15. Servicios públicos (agua, electricidad, alcantarillado);
16. Abastecimiento y piezas de recambio para buques;
17. Talleres de pequeñas reparaciones;
18. Estación de cuarentena;
19. Alumbrado (para trabajo nocturno);
20. Comunicaciones (inclusive del buque a tierra);
21. Lucha contra la contaminación (zonas de protección, instalaciones para la purificación de las aguas contaminadas);
22. Eliminación de desechos (zonas de descarga, incineradores, trituradoras);
23. Protección del medio ambiente (playas, zonas verdes, espacios libres, parques).

J. — Desarrollo de la organización portuaria

43. La elección de una forma apropiada de administración portuaria es más bien un elemento de la política portuaria que una parte de la elaboración de un plan de desarrollo portuario concreto. El sistema básico de administración portuaria, sea ésta centralizada o autónoma, debería determinarlo la junta nacional de puertos. Sin embargo, algunos elementos orgánicos de la administración son responsabilidad de las autoridades portuarias locales. En el cuadro 3 figura una lista de esos elementos.

44. En el caso de un nuevo puerto o de una terminal portuaria independiente, los responsables de la planificación deberían aprovechar la ocasión para hacer sugerencias encaminadas a modificar y mejorar esos elementos orgánicos. La posibilidad de abandonar prácticas inadecuadas puede ser un argumento poderoso en favor de la construcción de un nuevo puerto en vez de la ampliación de un puerto existente. Sin embargo, incluso en el caso de que la propuesta sea la de ampliación de un puerto existente, no debería desaprovecharse la ocasión de introducir, en la medida de lo posible, técnicas de gestión modernas para la explotación de las nuevas instalaciones. En particular, la introducción de nuevas tecnologías puede incitar a introducir cambios para mejorar la explotación. Por ejemplo, la creación de una terminal de contenedores puede ir acompañada de la introducción de métodos modernos de tratamiento de datos para mejorar la calidad de la información que necesitan los servicios de gestión para el control de la corriente de contenedores.

CUADRO 3

Lista de elementos de organización necesarios de una administración portuaria

1. Estructura orgánica;
2. Procedimientos administrativos;
3. Análisis y control de costos;
4. Estructura tarifaria;
5. Trámites aduaneros y documentación;
6. Sistemas de telecomunicaciones y de tratamiento electrónico de datos;
7. Procedimientos de reunión, análisis y difusión de datos;
8. Normas sobre plantillas y dotación de personal;
9. Procedimientos de selección del personal;
10. Programas de capacitación;
11. Comercialización y relaciones públicas (incluida la formación de los posibles usuarios de las nuevas instalaciones o servicios propuestos).

45. En todo caso, se realicen o no inversiones importantes, como la demanda de servicios del puerto y el medio empresarial moderno varían, quizás sea necesario adaptar la estructura orgánica del puerto y, probablemente, atribuirle nuevas funciones.

46. Es difícil generalizar en lo que se refiere a la estructura orgánica óptima de un puerto moderno, pero en el gráfico 4 se presenta una estructura típica. Hay que destacar la sección de planificación, encuadrada dentro del departamento de servicios de gestión, que tiene las siguientes competencias:

a) Análisis de las tendencias del tráfico existente y estadísticas del rendimiento;

b) Análisis y previsión del tráfico futuro, en función del tonelaje de buques y de mercancías por tipos y rutas;

c) Evaluación de la información sobre nuevas tecnologías navales y de manipulación de la carga en cuanto afecten a las tareas portuarias futuras;

d) Análisis de las necesidades de zonas terrestres y marítimas, equipo y almacenamiento;

e) Enlace con todos los demás organismos de planificación interesados;

f) Preparación y actualización del plan general del puerto;

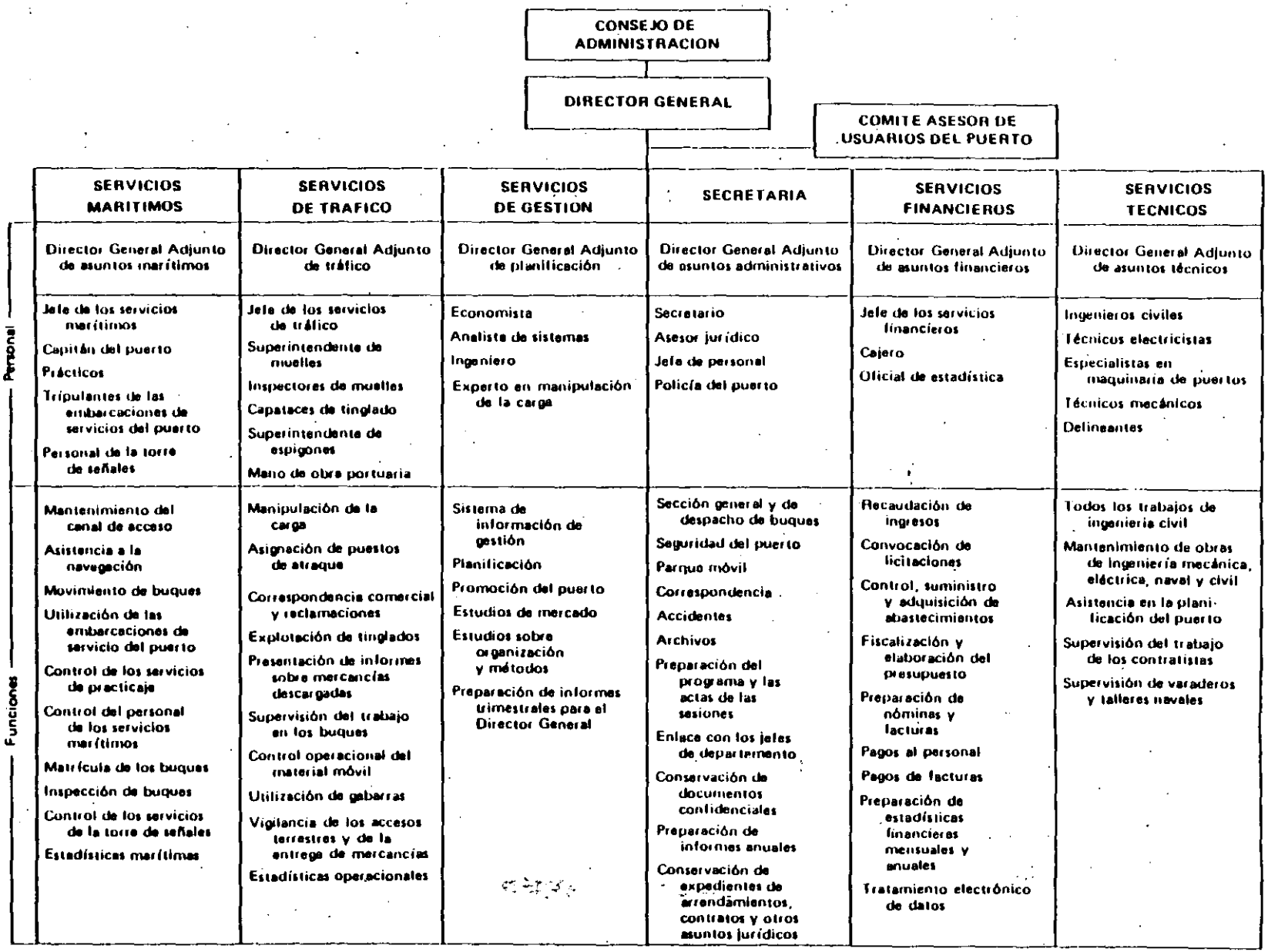
g) Elaboración de propuestas de obras concretas.

En caso de nuevas obras importantes puede crearse en el departamento técnico, encargado de la realización de las nuevas obras, una sección de ejecución.

47. Puede haber razones de orden local para que la estructura del puerto sea muy diferente. Adviértase, además, que ese tipo de organización es más particularmente apropiado para los puertos más importantes, que gozan en gran medida de autonomía administrativa. En lo que respecta a los puertos más pequeños o en los casos en que sea más adecuado centralizar el control de varios puertos, algunas de esas competencias incumbirían, por supuesto, al ministerio correspondiente o a la junta nacional de puertos. Con todo, sería desacertado transferir íntegramente al órgano central cualquiera de las funciones enumeradas. Por reducido que sea el personal portuario para el desempeño de una función determinada, cada puerto debería conservar un amplio grado de autonomía y personal especializado suficiente. El departamento de asuntos jurídicos, para el que quizás sea difícil justificar el

GRÁFICO 4

Estructura orgánica típica de un puerto



mantenimiento de personal especializado en cada puerto, puede constituir una excepción.

K. — Control de proyectos

48. Un proyecto general de planificación portuaria no requiere métodos de vigilancia y control tan detallados como los que han de aplicar los ingenieros encargados de la concepción técnica o la construcción de las instalaciones. La utilización de un método de examen y evaluación de proyectos (PERT) está fuera de lugar en este contexto y la aplicación de métodos de la trayectoria crítica es ilógica en este tipo de proyecto analítico.

49. Un método simple de control es definir unos objetivos sucesivos o «puntos de referencia» en un gráfico y examinar periódicamente los progresos realizados. El final de cada una de las tres etapas antes mencionadas podría constituir un buen punto de referencia en el que se adoptaría una decisión intermedia.

50. En la mayoría de los casos sería apropiado celebrar reuniones mensuales para comprobar la marcha de los trabajos. Esas reuniones deberían ser oficiosas, de carácter técnico y tan amplias como lo requiriesen los asuntos estudiados. Muchas veces será menester dedicar por lo menos medio día al examen de los trabajos, tiempo que debería considerarse bien empleado.

51. En muchos de estos proyectos es posible prescindir de la presentación a los órganos de gestión u otras autoridades administrativas de informes oficiales sobre la marcha de los trabajos. La presentación automática de informes mensuales o trimestrales puede acarrear más inconvenientes que ventajas. Es mejor redactar un informe sólo cuando haya algo interesante que comunicar y limitarse a presentar periódicamente notas muy breves sobre las cuestiones examinadas en las reuniones y las medidas acordadas en ellas. Debería establecerse de antemano un calendario para la preparación de proyectos de informes.

52. No es aconsejable delegar la responsabilidad de todo el proyecto a un analista y dejar que se encierre en un despacho para trabajar sobre él durante seis meses. El analista debe salir muy a menudo de su despacho para discutir con las personas que están al corriente de los problemas prácticos. Esto significa que los miembros del personal superior encargados de las cuestiones de tráfico y miembros del departamento técnico deberían participar regularmente en las reunione sobre la marcha de los trabajos. Es más útil recoger sus impresiones a medida que avanzan los trabajos que recibir sus observaciones después de terminados. No obstante, el director del proyecto debe tomar la iniciativa, después de escuchar todas las observaciones, de impulsar el proyecto hasta su terminación, sean cuales fueren las dudas expresadas (sobre la exactitud de los datos, la exactitud de las previsiones, etc.). No debería permitirse que las dudas expresadas durante las reuniones y la necesidad de estudiar ciertas cuestiones técnicas fueran causa de demoras. El director del proyecto debe insistir en que los trabajos sigan adelante sobre la base de la mejor información de que se disponga a fin de alcanzar los objetivos intermedios previstos.

L. — Empleo de consultores

53. En muchos casos, el organismo de planificación encargado del desarrollo portuario juzgará que carece de algunas de las competencias técnicas necesarias para llevar a término los trabajos y, sin renunciar por ello al control general, deseará contratar a especialistas en las esferas en que se manifiesten esas carencias. En otros casos considerará preferible contratar la realización de esos trabajos en su totalidad. Ambas soluciones son aceptables, pero al recurrir a colaboraciones exteriores convendría tener presente lo siguiente:

a) Habría que poner a la disposición del nuevo equipo los resultados de la labor ya realizada y los estudios de planificación anteriores, aunque se hayan abandonado sin adoptar medidas al respecto. Por otra parte, aunque la labor anterior pueda ser criticada en algunos puntos, a menudo será más útil contratar nuevamente al mismo equipo para que proceda a su revisión o emprenda el estudio de un nuevo aspecto que volver a empezar con otro equipo;

b) Exigir urgentemente respuestas inmediatas puede resultar más costoso que dar a los consultores más tiempo para que lleven a cabo su labor a su ritmo normal;

c) El equipo exterior debería ser contratado para que realice gran parte de su labor en el puerto mismo. Esto significa que deberían proporcionársele locales de oficinas bien equipados que les permitan realizar un trabajo intensivo durante ese período;

d) Los contratos de consultoría deberían designar individualmente a las personas contratadas y debería cuidarse de verificar su competencia. De no hacerse así, no cabe esperar que una gran competencia colectiva se refleje en un alto rendimiento individual;

e) La administración debería designar un funcionario de enlace para que se encargara de modo exclusivo de los contactos con el equipo, confiándole un grado de autoridad suficiente en materia de decisiones técnicas y administrativas.

M. — Asistencia de la UNCTAD

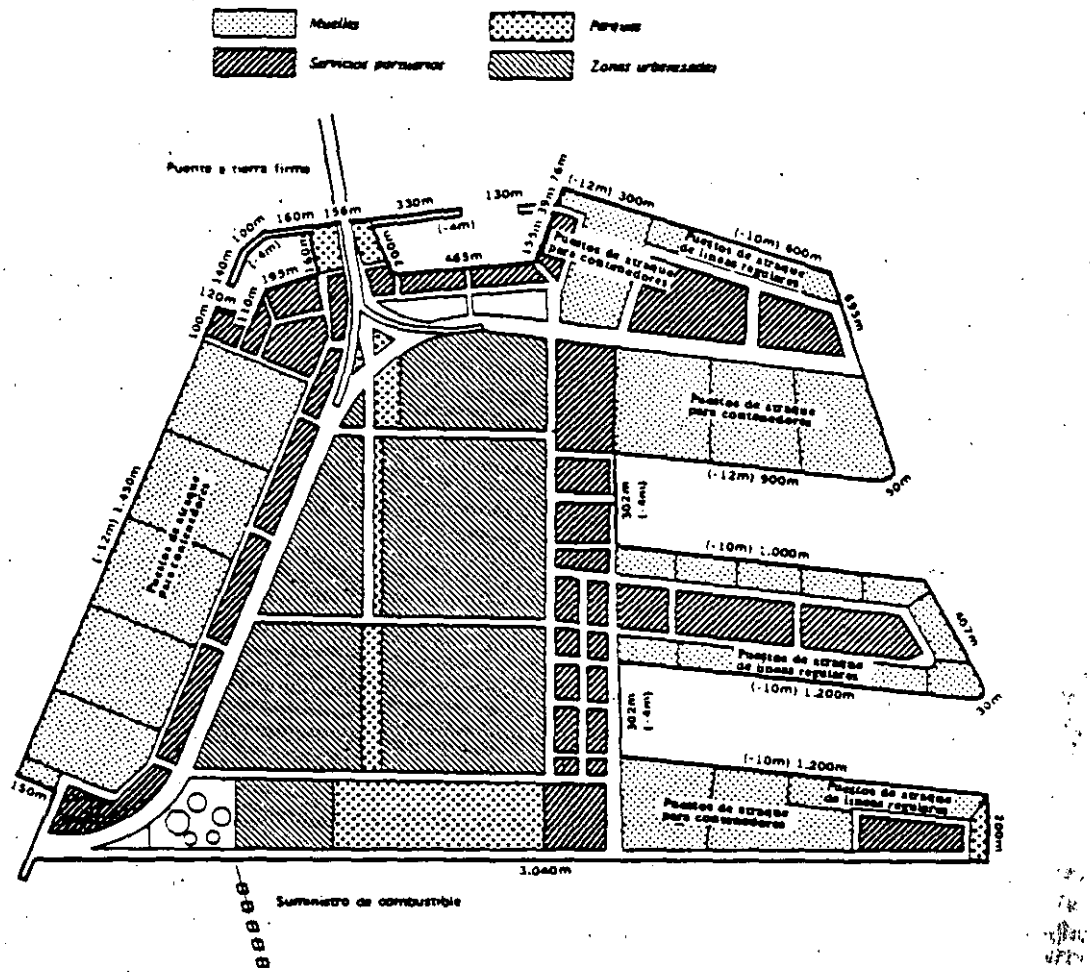
54. La UNCTAD puede proporcionar asistencia en relación con cualquiera de las cuestiones examinadas en este Manual. Las peticiones oficiosas de asesoramiento sobre puntos de detalle pueden dirigirse directamente a la secretaría de la UNCTAD en Ginebra. Las solicitudes de asistencia de más importancia pueden ser objeto de un proyecto de asistencia técnica del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, formulado en consulta con el representante residente en el país de que se trate.

N. — Financiación del desarrollo portuario

55. La escala del desarrollo de un puerto puede ser muy amplia, y en el caso de una economía en expansión, los recursos financieros necesarios exigirán normalmente la acción conjunta de la administración central, la administración local y, en su caso, las instituciones financieras internacionales.

GRÁFICO 5

Puerto artificial de Kobe (Japón)



56. Un proyecto de desarrollo que no pase de un millón de dólares puede ser útil, pero es más probable que el costo de un proyecto normal de desarrollo portuario ascienda a varias decenas de millones de dólares. En la parte más alta de la escala es interesante examinar la financiación de un importante proyecto completo de desarrollo, casi terminado, en el puerto de Kobe (Japón). Tal como se ve en el gráfico 5, ese proyecto consiste en un puerto artificial construido en terrenos ganados al mar.

57. El desarrollo del puerto artificial de Kobe forma parte del plan general de la Junta de Desarrollo Portuario de la Bahía de Osaka, adoptado en 1968; de hecho los trabajos para ganar terreno al mar empezaron en 1966. Las obras, que permitirán ofrecer 11 puestos de atraque para contenedores y 18 puestos de atraque para buques de línea regular de carga general, además de instalaciones y servicios completos operacionales y comerciales, estarán terminadas en 1980, en el plazo total de 14 años. La explotación del primer puesto de atraque comenzó en 1969, tres años después de iniciadas las obras.

58. El presupuesto total del proyecto de desarrollo del puerto artificial de Kobe es de 466 millones de dólares. Esa cifra comprende el movimiento de 80 millones de metros cúbicos de tierra mediante cinta transportadora desde una zona montañosa cercana hasta la orilla y, después, mediante gabarras hasta el emplazamiento que debe ganarse al mar. La financiación del proyecto debía ser la siguiente:

	Porcentaje
Subvenciones de la administración central	10
Subvenciones de la administración local	10
Préstamos a largo plazo de la administración central	40
Préstamos a largo plazo del sector privado (compañías navieras y concesionarios exclusivos de terminales)	40

El 80% de los préstamos a largo plazo se obtuvo mediante la emisión de obligaciones de la Junta de Desarrollo Portuario.

O. — Contenido de una propuesta de inversión

59. La propuesta de una inversión portuaria importante dirigida a una entidad inversora debería formularse más o menos como sigue:

a) Razones que justifican la propuesta;

b) Carácter de la propuesta, es decir, explicación de si el proyecto propuesto entrará en competencia con otros proyectos para la obtención de capital o bien si viene a sustituir a otra propuesta;

c) Previsiones del tráfico, con indicación de las hipótesis básicas, la evolución futura prevista y el margen de incertidumbre;

d) Previsiones de la productividad, con indicación de las razones de cualquier estimación de la productividad que sea diferente de la productividad observada, así como de las necesidades de capacitación correspondientes;

e) Plan de explotación de las nuevas instalaciones y servicios, en particular política de asignación del tráfico y plan de emergencia para los períodos de mayor demanda;

f) Análisis del rendimiento, con indicación de los tiempos previstos de rotación de los buques y de las necesidades de puestos de atraque/día para cada clase de tráfico;

g) Tarifas propuestas;

h) Análisis de costo-beneficio;

i) Análisis financiero, en particular previsiones de los recursos de tesorería y análisis de los riesgos e incertidumbres.

P. — Procedimiento para la ejecución de proyectos portuarios

1. Fases de ejecución

60. La última fase de la labor preparatoria de un proyecto de desarrollo portuario consiste en disponer lo necesario para las obras. Los planes mejor concebidos pueden verse malogrados si las obras se hacen mal o si no se eligen debidamente los materiales de construcción. El período de vida útil de las instalaciones de nueva construcción puede resultar más corto, con lo que la amortización del capital invertido será más difícil. Por otra parte, la realización de unas obras cuya necesidad es urgente puede verse demorada si no se prepara cuidadosamente la ejecución práctica del proyecto portuario.

61. Al estudio de viabilidad señalado en la parte central del gráfico 2 sigue una fase de concepción técnica de la opción elegida que, por regla general, corre a cargo de ingenieros consultores. Se llevan a cabo las investigaciones sobre el terreno a que se refiere el capítulo relativo a los aspectos de ingeniería civil, se ultiman el proyecto técnico y los planos de todas las instalaciones y se elaboran las estimaciones de costo. Quizá sea necesario reservar durante parte de esa fase de concepción técnica la posibilidad de optar entre dos variantes y aplazar la decisión definitiva hasta que un conocimiento suficiente de las consecuencias técnicas y financieras de cada una de ellas permita elegir un solo proyecto.

62. El procedimiento general de planificación, concepción técnica y construcción aparece representado en el gráfico 6, en el que puede advertirse que, aun cuando no haya demoras en la adopción de decisiones y la obtención de fondos comience lo antes posible en la fase de concepción técnica, no es probable que las primeras obras queden terminadas antes de cuatro años. Por consiguiente, tan pronto como se haya tomado la decisión de llevar adelante el proyecto técnico elegido, se puede ganar tiempo estableciendo un calendario sistemático para el a menudo largo proceso de licitación. El gráfico 7 representa un proceso típico en el cual transcurren ocho meses entre la decisión de proceder a la ejecución y el momento en que puede firmarse el contrato principal. En un folleto publicado por el Banco Mundial se dan directrices más completas para la contratación administrativa [1]

2. Principios de licitación

63. Es conveniente, especialmente en lo que concierne a los proyectos portuarios más importantes, solicitar ofertas de varios contratistas a fin de poder elegir la más ventajosa. Hay que tener cuidado de tratar únicamente con empresas de alto nivel profesional y amplia experiencia en materia de construcción de obras marítimas. Las ofertas de bajo precio que puedan presentar contratistas menos competentes y experimentados pueden resultar finalmente muy costosas, a causa de las dificultades y demoras que pueden surgir y de la posibilidad de reclamaciones de pagos suplementarios.

64. Por lo general, es conveniente encomendar a un contratista principal todas las obras de ingeniería civil y las instalaciones especializadas de dimensiones medias, como las centrales eléctricas, el material de alumbrado y el equipo mecánico no excesivamente complicado. El hecho de que dos o tres contratistas trabajen simultáneamente puede crear confusión en la obra, especialmente si sus trabajos son de naturaleza análoga. La construcción de instalaciones especializadas, como un silo para cereales o instalaciones para una gran terminal de carga a granel, exige que se recurra a contratistas especializados. Esos servicios pueden ser prestados por un subcontratista designado en el contrato principal. Las obras de ingeniería civil relacionadas con algunas instalaciones especiales, como las cimentaciones, pueden dejarse en manos del contratista principal. Para los grandes trabajos de dragado es casi inevitable una licitación separada. No debe esperarse que los contratistas de ingeniería civil dispongan del variado y costoso equipo necesario.

65. En algunos países en desarrollo hay contratistas locales competentes, de categoría internacional, que normalmente estarían entre los precalificados. En los grandes proyectos sería desacertado, sin embargo, limitar las licitaciones a los contratistas locales, puesto que de ese modo se perderían los beneficios de la competencia internacional y del acceso a un amplio abanico de conocimientos técnicos. Es posible asegurar trabajo a las empresas locales alentando a los contratistas extranjeros a que recurran en todo lo posible a la subcontratación de dichas empresas para las obras menos complicadas. La limitación de las licitaciones a los contratistas locales sólo sería oportuna en relación con proyectos poco importantes. En muchos países se exige que los licitadores extranjeros se asocien con una empresa local solvente.

66. En el caso de la construcción de grandes complejos portuarios, incluso las obras de ingeniería

[1] *Normas para la adquisición con préstamos del Banco Mundial y créditos de la AIF*, Washington, D.C., Banco Mundial, 1977.

GRAFICO 6

Procedimiento general de desarrollo portuario

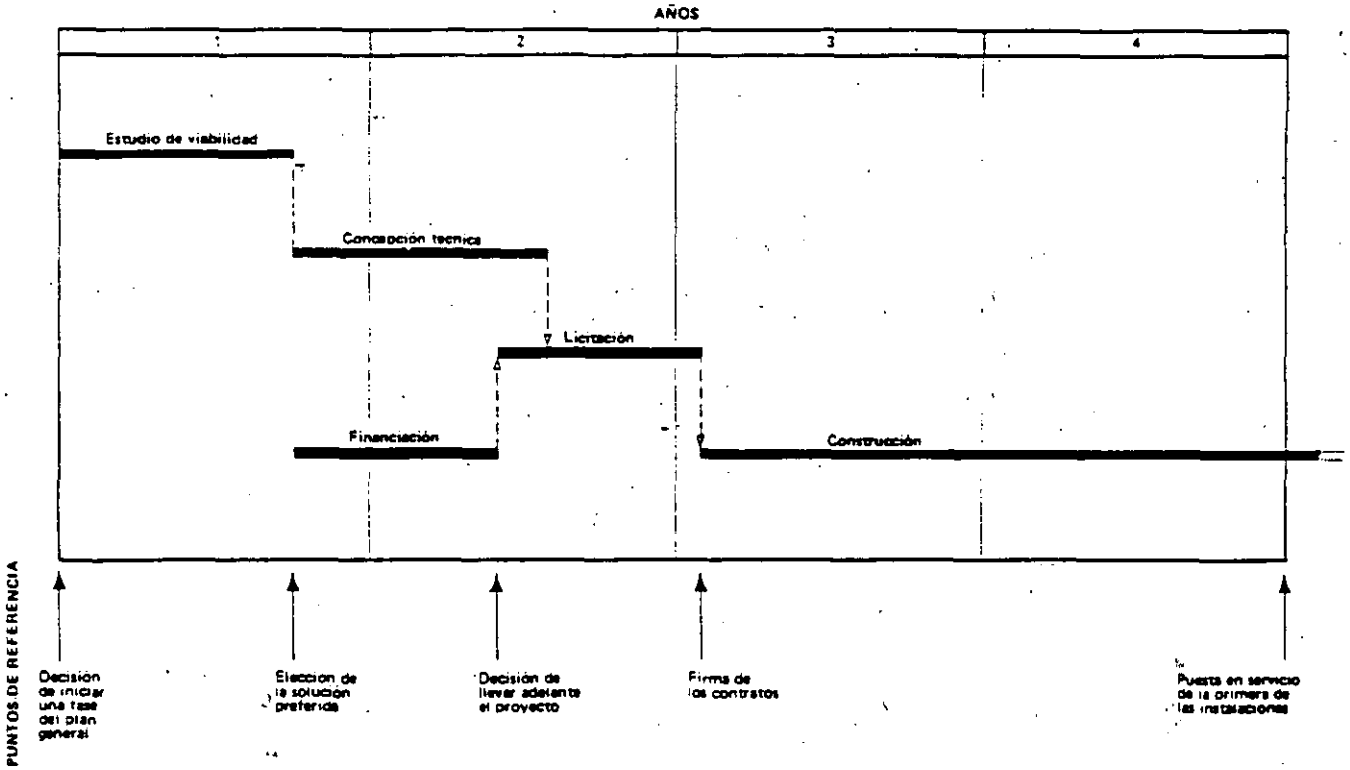
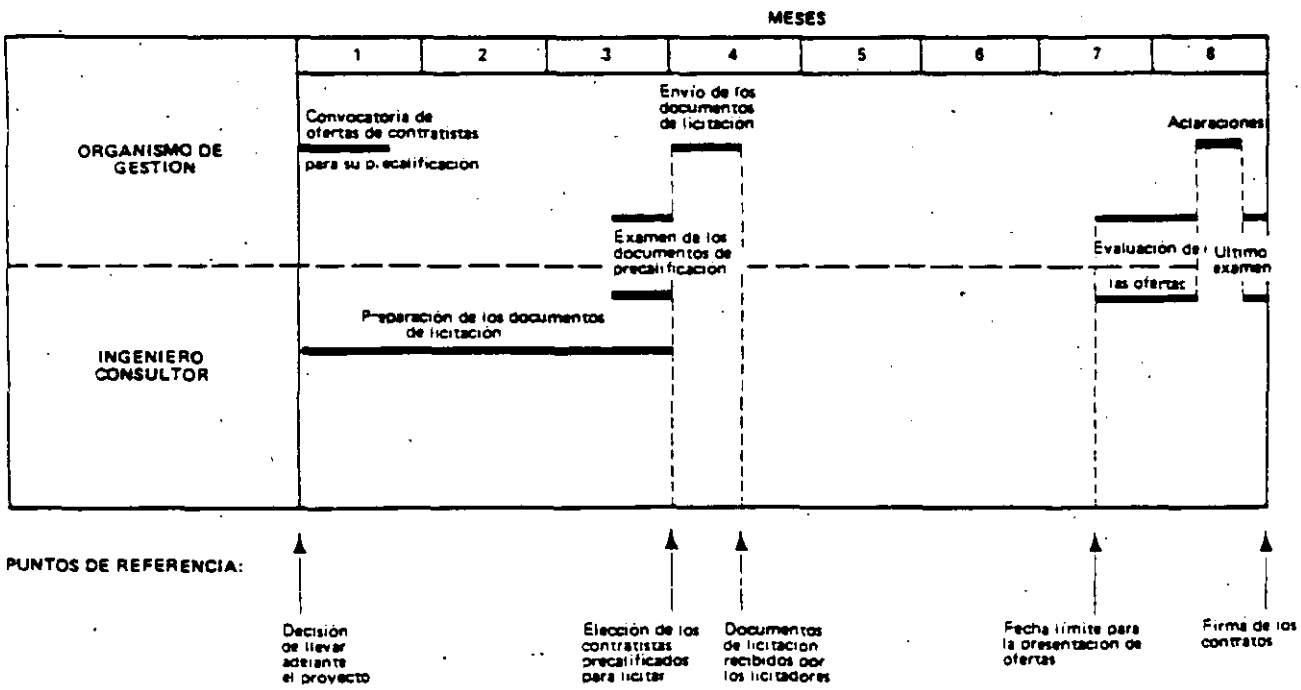


GRÁFICO 7

Proceso de licitación típico



civil básicas pueden dividirse en un pequeño número de contratas separadas. Es muy posible construir rompeolas independientemente de las obras realizadas en la zona portuaria, pues no hay peligro de interferencia mutua y, por otra parte, la construcción de grandes rompeolas puede ser una tarea difícil que exige toda la atención de un contratista. Por regla general, también se organizarán licitaciones separadas para los dragados y los trabajos encaminados a ganar terreno al mar, que suelen ser muy importantes en ese tipo de grandes proyectos. Sin embargo, por razones de simplicidad y de conveniencia administrativa puede confiarse a un contratista principal la totalidad o la mayoría de las obras de construcción, en la inteligencia de que, por acuerdo con los organismos oficiales, se asociará con otras empresas o empleará subcontratistas.

67. En una primera fase debería preguntarse a los contratistas internacionales reputados si están interesados en el proyecto y dispuestos a presentar ofertas en una fecha determinada. En caso afirmativo, los contratistas deberían enviar documentos de precalificación que acrediten su experiencia y realizaciones en el campo de que se trate. A fin de alcanzar a un mayor número de empresas se puede completar el envío de cartas particulares mediante anuncios en publicaciones profesionales o en los diarios más importantes. En las cartas y los anuncios sólo es necesario indicar muy brevemente el carácter y alcance del proyecto.

68. Una vez recibidos los documentos de precalificación, se puede confeccionar una lista de las empresas calificadas para presentar ofertas. En esta fase hay que resistir a la tentación de precalificar a demasiados contratistas. Normalmente, sin embargo, una parte de los invitados a presentar ofertas se abstienen de hacerlo. La finalidad perseguida es reunir un número suficiente de ofertas para poder establecer comparaciones sobre una base amplia. Seguidamente se envían los documentos de licitación a las empresas elegidas con la petición de que presenten sus ofertas antes de una fecha determinada. Los documentos de licitación constituirán la base del futuro contrato. Generalmente es preferible comunicar a cada empresa convocada los nombres de las demás. En esta materia, el secreto no tiene mucha utilidad y a menudo puede ser claramente ventajoso acelerar el posible proceso de formación de asociaciones o consorcios.

3. Documentos de licitación

69. Además de las condiciones técnicas, financieras y jurídicas del contrato, debería proporcionarse una descripción clara y completa del proyecto. Un contratista no puede formular una oferta realista más que con conocimiento suficiente de las instalaciones portuarias necesarias y una información segura sobre las circunstancias del lugar y las condiciones de trabajo. Conviene conceder tres meses a todos los licitadores para que preparen y presenten sus ofertas y debe pedirse a cada uno de ellos que visite el emplazamiento de las futuras obras a fin de informarse acerca de las condiciones locales.

70. Las condiciones detalladas de la licitación, incluidos el pliego de condiciones, las normas técnicas de todas las obras, las ubicaciones, etc., suelen formar un volumen de unas 200 páginas. Su preparación debe correr a cargo de un equipo de ingenieros familiarizados con la redacción de ese tipo de documentos. La Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC) y otras asociaciones análogas reconocidas suelen disponer de modelos uniformes de pliegos de condiciones que pueden ser de utilidad en esa labor. Una administración portuaria media no tiene normalmente capacidad para realizar esa tarea y en ese caso conviene contratar a una empresa de ingenieros consultores para la preparación de los documentos de licitación. Se trata de una continuación natural de la tarea anterior de los consultores que han colaborado en la planificación de las instalaciones portuarias propuestas.

71. Los documentos de licitación suelen estar compuestos de dos partes: información general para los licitadores y normas técnicas detalladas de todas las obras. La información general comprende los datos siguientes:

a) Datos prácticos sobre la presentación de ofertas, fecha de cierre, etc.;

b) Descripción completa del proyecto;

c) Información básica acerca de las condiciones locales;

d) Indicación de los depósitos exigidos como garantía: una pequeña fianza de licitación (del 2 al 3% del valor del contrato) y una fianza de fiel cumplimiento del contrato o una garantía bancaria más importante del adjudicatario (del 10 al 15% del importe total de las obras);

e) Pliego de condiciones (modelo uniforme y variantes);

f) Cubicaciones, a las que el licitador tiene que aplicar los precios unitarios correspondientes a cada categoría de trabajos;

g) Las cuestiones relativas a las disposiciones jurídicas, el procedimiento de arbitraje, los problemas de responsabilidad del contratista y las modalidades de pago suelen figurar en el pliego de condiciones. Las cláusulas sobre aumento de precios, con indicación de las disposiciones de revisión y los precios máximos, deberían estar claramente definidas. La utilización de un modelo uniforme de contrato es muy útil para los licitadores.

72. El pliego de condiciones puede incluir disposiciones sobre pagos anticipados al contratista por sus gastos de movilización de equipo, que pueden ser importantes. Cabe que haya que traer del extranjero, con grandes gastos, grúas de gran potencia, martinetes, explanadoras, niveladoras, camiones, remolques y otros vehículos y, quizás, una draga con su equipo auxiliar. Es menester proporcionar alojamientos, tinglados para el almacenamiento de los materiales de construcción y cantinas, lo que muchas veces exige un abastecimiento especial de agua y una pequeña central eléctrica; debería pedirse a los licitadores que presentaran un presupuesto separado para todas esas partidas. Otro método, aunque poco recomendable, especialmente en caso de obras importantes, consiste en pedir a los licitadores que incluyan los costos prorrateados de los gastos iniciales en sus precios unitarios para las distintas obras. Este método da lugar a una inflación artificial de los precios unitarios, con lo que se harán

pagos excesivos si se tienen que realizar obras suplementarias no previstas en los planes originales o si el volumen de obra es de algún modo superior al indicado en las cubicaciones.

73. La segunda parte de los documentos de licitación comprende:

a) Una lista del equipo que el contratista tiene que llevar a pie de la obra y de las instalaciones provisionales que han de proporcionarse a su personal, los obreros y el equipo de supervisión;

b) Los pliegos de condiciones técnicas propiamente dichos, es decir, una descripción detallada de todos los trabajos que ha de llevar a cabo el contratista, los materiales que han de ser utilizados, su almacenamiento, manipulación, muestreo y medición y el modo de organización de las diversas actividades de construcción. Los pliegos de condiciones técnicas como parte integrante de una serie de planos y dibujos básicos.

74. Es útil autorizar a los licitadores a que formulen sus propias propuestas de modificación de algunas de las condiciones técnicas de la licitación y presenten una oferta alternativa con todos los detalles técnicos, además de la oferta obligatoria de conformidad con los documentos de licitación. Los contratistas más experimentados quizá puedan sugerir ligeras modificaciones de los proyectos técnicos o la utilización de materiales diferentes que permitan una disminución de los precios sin afectar a la calidad o las características de las obras.

75. Los licitadores deben presentar sus precios en forma de precios unitarios. El licitador debe indicar, respecto de cada partida de las cubicaciones, dos cifras distintas relativas, respectivamente, al precio unitario pedido (por metro cúbico, metro cuadrado, kilogramo, tonelada, etc.) y al total de la partida conforme a la cubicación indicada. Sin embargo, el pago se efectuará de conformidad con el trabajo efectivamente realizado según las mediciones del ingeniero supervisor y no con arreglo a la cifra original, que se indica en las cubicaciones. En lo que se refiere a las partidas respecto de las cuales se puede calcular exactamente de antemano la cantidad de materiales y el volumen de trabajo necesarios, como, por ejemplo, un edificio para oficinas, se utiliza a menudo un método diferente de fijación de precios. En este caso se puede proponer en la oferta una suma global para cada una de esas partidas, de suerte que, una vez terminados los trabajos, no será necesario proceder a las mediciones sino sólo al control acostumbrado de la calidad del trabajo y de los materiales. Se utiliza un procedimiento similar respecto de las partidas de costos directos, por ejemplo el equipo especificado en el contrato.

4. Evaluación de las ofertas y adjudicación de la contrata

76. La evaluación de las ofertas tiene por objeto determinar el valor de cada oferta para el organismo de gestión y cuál es la oferta más ventajosa (que puede no ser la del mejor postor, es decir, aquel que propone el precio más bajo). Además del precio de la oferta, ajustado para corregir errores aritméticos, deberían tomarse en consideración otros factores como el plazo de terminación de las obras o la eficiencia y compatibilidad del equipo, la disponibilidad de servicios y piezas de recambio y la seguridad de los métodos de construcción propuestos. Estos factores deberían expresarse, en la medida de lo posible, en términos monetarios, según criterios especificados en los documentos de licitación.

77. El organismo de gestión o su consultor deberían elaborar un informe sobre la evaluación y cotejo de las ofertas en el que se expongan las razones concretas en que se basa la determinación de la oferta más ventajosa. La contrata debería adjudicarse al licitador que haya presentado la oferta más ventajosa y que al mismo tiempo cumpla los requisitos exigidos de competencia y recursos financieros. Después de las aclaraciones y discusiones finales, se puede proceder a la firma del contrato, la notificación a los contratistas no adjudicatarios y la devolución de los depósitos de licitación.

5. Supervisión de los trabajos

78. Los trabajos del contratista, aun en el caso de que su competencia y seriedad no ofrezcan dudas, deben ser debidamente supervisados a fin de que la administración estatal o portuaria interesada pueda tener la seguridad de que las obras se llevan a cabo de plena conformidad con los planes aprobados. La obligación principal de los supervisores de obras es la de verificar la calidad de los materiales y del trabajo. Los materiales de construcción se deben inspeccionar antes de su envío desde el lugar de origen. Es preciso controlar atentamente el método de transporte de los materiales, su almacenamiento en el lugar de las obras, su limpieza y cualesquiera otras operaciones de preparación para su uso. Deberían supervisarse los métodos de trabajo y las operaciones técnicas, como la mezcla de cemento y ácidos y el hormigonado.

79. Una segunda función de los supervisores de obras es la de medir el volumen de trabajo realizado y las cantidades de materiales utilizados por el contratista a fin de determinar la cuantía de los pagos parciales periódicos. Esos pagos suelen ser mensuales y efectuarse sobre la base de las certificaciones firmadas por el ingeniero jefe supervisor. Los pagos se calculan sobre la base de los precios unitarios citados en la contrata, tras aplicar el coeficiente de revisión de precios, y de las mediciones de los supervisores.

80. El supervisor tiene también como función dar orientaciones y, en su caso, directrices al contratista y ayudarle a resolver los problemas. Tiene el deber de explicar las partes más complicadas de los proyectos, proporcionar planos y dibujos complementarios y dar instrucciones en caso de duda. Debe hacerse cargo asimismo de que las sugerencias formuladas por un contratista de gran experiencia pueden ser muy útiles, aunque estén en disconformidad con algunas de las cláusulas de los pliegos de condiciones técnicas originales. En tales casos, la desviación puede ser aceptada a condición de que ambas partes así lo hagan constar por escrito, acompañado de sus firmas, indicando sus consecuencias en cuanto a tiempo y costo. Finalmente, el supervisor puede estar facultado, de conformidad con el procedimiento de arbitraje, para zanjar cuestiones litigiosas relacionadas con el contrato.

81. La organización de esa labor de supervisión puede ser una tarea sencilla si se trata de un proyecto de relativamente poca importancia, pero en el caso de un gran proyecto se necesita un numeroso equipo de supervisores, ya que todas las funciones antes señaladas no pueden ser realizadas por una sola persona. Un proyecto importante necesita, además de un ingeniero experimentado como jefe del equipo de supervisión, ingenieros civiles, técnicos mecánicos y electricistas, topógrafos, contables y personal de oficina. Estas personas deben disponer de locales, alojamiento y medios de transporte apropiados, que tal vez deban ser proporcionados por el contratista con arreglo a las condiciones del contrato. Cabe asimismo que, en ocasiones, el equipo de supervisores tenga que solicitar ayuda especializada.

82. Es, pues, habitual confiar la tarea de supervisión a la empresa de ingenieros consultores que ha preparado el pliego de condiciones técnicas y los planos detallados del proyecto. El personal de esa empresa está más familiarizado con las características técnicas de la obra y, por lo tanto, se encuentra en una posición favorable para ofrecer orientaciones o directrices al contratista. Son pocas las administraciones portuarias capaces de proporcionar esos servicios de supervisión con su propio personal, pero sería útil agregar al equipo de supervisión uno o dos miembros calificados del personal del puerto.

6. Licitaciones de diseño y construcción (contratos «llave en mano»)

83. Para los proyectos portuarios urgentes es posible utilizar un procedimiento diferente. En vez de proporcionar a los posibles licitadores los diseños y condiciones técnicas definitivas, se invita a un pequeño número de empresas muy experimentadas a que propongan detalles de construcción, elaboren las especificaciones y los presenten con las correspondientes estimaciones de precios. Se facilita a los licitadores una descripción general de las instalaciones portuarias, sus características, dimensiones y trazado general e incumbe a éstos elegir el mejor diseño estructural y los materiales más apropiados. Este tipo de acuerdo se conoce asimismo con el nombre de contrato «llave en mano», ya que el constructor tiene que proyectar y construir un complejo de instalaciones en perfecto estado de funcionar.

84. La ventaja del contrato «llave en mano» es doble. Permite, por una parte, un ahorro considerable de tiempo, dado que los cálculos de precios se efectúan simultáneamente con la elaboración de las especificaciones en una sola operación. Por otra parte, la administración portuaria interesada puede obtener así una gran variedad de ideas y diseños de fuentes muy experimentadas a un costo relativamente bajo.

85. La administración del puerto necesita un personal altamente calificado para la elaboración de los planos básicos y demás elementos del pliego de condiciones, así como para evaluar después las diversas ofertas técnicas, en particular las distintas especificaciones propuestas, y para supervisar las obras. Como no son muchos los puertos que dispongan de personal suficientemente competente para ello, cabe que sea necesario también en este caso recurrir a ingenieros consultores. Existe una posibilidad de ahorro de tiempo de ingeniero consultor, pero no es probable que ese ahorro sea muy grande.

86. La tarea de elaborar una oferta de diseño y construcción es difícil y costosa y sólo para construir puertos. El número de empresas invitadas a presentar ofertas no debería pasar de tres, ya que de lo contrario el incentivo para participar sería muy pequeño. El alto costo de la preparación de la oferta no estaría justificado si la posibilidad de obtener la adjudicación de la contrata frente a la competencia fuera muy pequeña. Por consiguiente, es perfectamente apropiado, en las licitaciones de deseño y construcción, ofrecer una pequeña compensación financiera por la preparación de las ofertas, independientemente de la adjudicación final de la contrata.

87. El método de diseño y construcción se aplica más a menudo en el caso de obras que exigen técnicas muy especializadas, como refinerías de petróleo, instalaciones de la industria petroquímica o incluso grandes silos de cereales. No obstante, si las circunstancias del caso lo justifican, también puede utilizarse para proyectos más generales de construcción portuaria.

7. Licitaciones a obras de dragado y trabajos para ganar terreno al mar

88. El pliego de condiciones de un proyecto importante de dragado suele ser una modificación típica del modelo de la FIDIC. No es fácil determinar de antemano la cantidad de materiales que se han de extraer por dragado o la naturaleza exacta del suelo. A efectos de pago, por consiguiente, es menester definir cuidadosamente la fórmula de medición del volumen de materiales efectivamente extraído. Las características de las mareas y las condiciones meteorológicas pueden afectar seriamente a las operaciones de dragado y el tipo de equipo necesario. Los documentos de licitación para obras importantes de dragado deberían prepararse con especial cuidado, y los datos reunidos durante las investaciones sobre el terreno a que se refiere el capítulo VI de la primera parte, relativo a los aspectos de ingeniería civil, deberían ponerse íntegramente a disposición de los licitadores.

89. Debido a la propia naturaleza de las operaciones de dragado, no se puede nunca esperar que el contratista alcance exactamente el calado que se había fijado. Los documentos de licitación deben prever un margen de tolerancia adecuado; en cualquier caso, la cantidad de material extraído sólo se puede determinar aproximadamente. La descripción de los tipos de suelos que se encontrarán debería ser lo más exacta posible. Los documentos de licitación deberían indicar la naturaleza y el volumen estimado de cada tipo, así como el grado de exactitud que se atribuye a las estimaciones. Sería preferible que la clasificación de los suelos se llevara a cabo de conformidad con el informe de 1972 de la Comisión Internacional Permanente de la AIPCN *, dado que los licitadores podrían no comprender una nomenclatura diferente. La clasificación de las rocas está menos normalizada, por lo que es indispensable

* Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación, 155 rue de la Loi, Bruselas (Bélgica).

que en los documentos de licitación figure una descripción detallada.

Q. — Participación de los planificadores del proyecto

90. Como la mayor parte de la labor ordinaria de ejecución suele encomendarse a los ingenieros consultores, el equipo local de planificación portuaria tiene ocasión de concentrar su atención en los aspectos sustantivos de carácter permanente. Los miembros del equipo deberían seguir la marcha de los trabajos para asegurarse de que la concepción y los diseños se traducen en la realidad en forma de instalaciones técnicas, cada una de las cuales tiene una función predeterminada. Los pequeños errores y los defectos aparentes pueden corregirse normalmente durante el período de construcción.

91. Es muy conveniente que, cuando las nuevas instalaciones entren en servicio, los planificadores portuarios, o al menos una parte del equipo local original, observen cuidadosamente las operaciones ordinarias del puerto para determinar de qué modo los diversos detalles del diseño influyen en la eficiencia de la explotación diaria. Si se llevan a cabo durante cierto tiempo, esas observaciones constituirán una orientación utilísima para la planificación de futuras instalaciones y la posible mejora de las que acaban de entrar en servicio.

Capítulo II

PRINCIPIOS DE PLANIFICACIÓN

A. — Objetivos de la planificación portuaria

92. En teoría, las instalaciones de un puerto deben proyectarse teniendo en cuenta los buques que habrán de utilizarlas, el transporte terrestre y las instalaciones portuarias en el otro extremo de la ruta, o sea, como parte de un sistema de transporte integrado. Desgraciadamente, raras veces puede lograrse ese ideal, que sólo es posible cuando toda la cadena de transporte está sometida a una administración unificada, como por ejemplo, en el caso de una terminal especializada para carga química a granel que esté vinculada a una fábrica local de productos químicos, cuyos órganos de gestión controlen también la flota de buques y el sistema de distribución por vía terrestre; o en el caso de una operación de transporte en contenedores de puerta a puerta, en la que el porteador dirija todo el sistema.

93. En tales casos, el planificador debe examinar el problema portuario enteramente dentro del contexto del sistema de transporte más amplio, del que el puerto forma parte integrante. El planificador no debe olvidar que las consideraciones estratégicas y sociales desempeñan una función importante en la ubicación de un nuevo puerto. Teniendo en cuenta estas consideraciones, debe no obstante alentar y ayudar a los planificadores industriales en la búsqueda del óptimo económico global en lo que se refiere, por ejemplo, al tonelaje de los buques, el ritmo de descarga, el volumen de la reserva de estabilización y los servicios de transporte interior. En esa fase, el planificador debe examinar asimismo las especificaciones técnicas de los buques propuestos y elucidar cualquier problema técnico que pueda surgir en el puerto.

94. La mayor parte de las veces, sin embargo, será muy difícil elaborar y aplicar esos planes globales, debido a los muchos intereses distintos en juego. En esos casos, insistir en un plan de transporte integrado como condición previa para el desarrollo del puerto puede ocasionar importantes retrasos. Además, en el caso de un muelle público para la manipulación de carga general, habrá tantos usuarios diferentes —cada cual con sus propios sistemas de distribución física— que apenas tendría sentido la planificación del transporte integrado. En ese caso, la planificación del desarrollo del puerto puede seguir adelante sin problemas con el siguiente objetivo:

> Proporcionar instalaciones portuarias y sistemas operacionales en beneficio del país al costo combinado más bajo posible para el puerto y para sus usuarios.

95. Planificar con miras a la consecución de ese objetivo exige un buen conocimiento de los futuros clientes y de sus probables cargas, y representa la modalidad tradicional de planificación portuaria, cuya finalidad es elaborar el plan más adecuado para hacer frente a cualquier demanda de tráfico, sin tratar de influir directamente en la forma de ésta. Naturalmente, hay que tomar en consideración toda actividad de promoción en favor del puerto y todos los esfuerzos encaminados a conseguir tráfico e incrementar su volumen.

B. — El plan de inversiones

96. Los puertos de los países en desarrollo deben realizar normalmente su labor de planificación partiendo del supuesto de que durante los próximos decenios habrá un clima de crecimiento continuo. La constante expansión del comercio exterior de la mayoría de los países en desarrollo entraña una expansión constante del comercio marítimo, y para servir una zona interior plenamente desarrollada se necesitarán probablemente instalaciones portuarias mucho más importantes que las que existen en la actualidad. Es evidente que, a pesar del efecto compensador de la introducción del uso de contenedores y de la política de sustitución de las importaciones, hay razones para suponer que los países en desarrollo experimentarán en general un fuerte crecimiento constante de la demanda de nuevas o de mejores instalaciones portuarias.

97. Habrá innovaciones tecnológicas y sociales que obligarán a utilizar nuevos tipos de instalaciones o distintos emplazamientos —lugares situados, por ejemplo, más cerca de las aguas más profundas o en un centro industrial de nueva creación—. Se producirá, en consecuencia, una ruptura con el pasado y se planteará la necesidad de una nueva política de desarrollo, independiente de los planes anteriores. Pero en muchos casos el aumento de la demanda será continuo, y la adopción de una nueva tecnología tendrá un carácter gradual, dando lugar a toda una serie de inversiones sucesivas. Así por ejemplo, según se indica en el capítulo IV de la segunda parte, una terminal polivalente de carga general puede construirse por etapas, en cada una de las cuales se tienen en cuenta las instalaciones existentes para la manipulación de ese tipo de carga. En tales casos conviene, tanto desde el punto de vista técnico como económico, procurar que las inversiones se consideren efectivamente como una secuencia.

98. En el plan general de cada puerto debe establecerse la estrategia de desarrollo a largo plazo y en ésta, a su vez, deben indicarse las posibles secuencias de inversión. Antes de adoptar una decisión sobre cualquier proyecto de desarrollo en el marco del plan general, la entidad inversionista debe exigir que se hagan análisis económicos comparativos de diversas variantes de la secuencia de la que ese proyecto es parte inte-

grante. Entre las principales variantes objeto de estudio deberán figurar las siguientes:

a) El aplazamiento de las inversiones de capital a fin de destinarlas a la mejora de la productividad (equipo, instalaciones especiales y programas de formación conexos);

b) La mejora de las instalaciones existentes, en lugar de la construcción de otras nuevas;

c) La combinación de las fases primera y segunda de un programa de desarrollo en un solo gran proyecto, a fin de economizar costos de construcción y de evitar las perturbaciones que produciría en las operaciones portuarias un segundo período de actividades de construcción;

d) La simple política económica consistente en invertir sucesivamente en las distintas instalaciones a medida que aumenta la demanda de cada una de ellas.

Los dos primeros métodos deben utilizarse, en la medida de lo posible, antes de invertir en la ampliación de las instalaciones.

99. El plan más adecuado consistirá generalmente en una combinación de las cuatro posibilidades, por lo que no es probable que los métodos matemáticos de optimización de la política de desarrollo sean con frecuencia de utilidad. No hay más solución satisfactoria que calcular los resultados económicos y financieros de cada una de las secuencias de desarrollo y compararlos detenidamente, entre sí. Esta labor de búsqueda de la mejor secuencia de las transformaciones por las que debe pasar el puerto en su evolución hacia una meta de crecimiento —a diferencia de la simple búsqueda de su mejor configuración para atender a un determinado tráfico previsto— puede llevarse fácilmente a cabo mediante un análisis de costos y beneficios actualizados.

100. Una de las principales ventajas de haber estudiado una posible secuencia de inversiones es que, en cualquier momento del período posterior a la inversión inicial, será relativamente fácil modificar el plan a medida que cambien las circunstancias, puesto que ya se dispone de la información necesaria para ello. Esta adaptabilidad es un aspecto importante del plan de desarrollo permanente que, por otra parte, requiere la actualización periódica de las previsiones sistemáticas del tráfico, así como la capacidad para percibir y evaluar rápidamente los cambios repentinos que puedan producirse en los servicios de transporte marítimo o en la demanda de tráfico. La cuestión de las previsiones del tráfico se examina en el capítulo III. El principio que debe establecerse es el de que la administración del puerto debe mantener una capacidad permanente para percibir las variaciones de la demanda y revisar el programa de desarrollo. A este respecto cabría considerar la adopción de las medidas siguientes:

a) Establecimiento de pequeñas secciones permanentes de planificación y estudio de mercados;

b) Organización de reuniones periódicas (trimestrales o semestrales, por ejemplo) de planificación, para dar cuenta de los cambios registrados y examinar las medidas que podrían adoptarse;

c) Previsión en cada proyecto de desarrollo —ya esté sufragado por recursos nacionales, ya por fondos externos— de la posibilidad de modificarlo, si hubiere lugar, en cualquier fase adecuada de su ejecución;

d) Garantía de que los cálculos económicos, de operaciones y financieros de cada una de las posibles propuestas están debidamente documentados y conservados para facilitar su consulta.

C. — Principios de construcción de una terminal

101. En la segunda parte del presente Manual se exponen los métodos adecuados para calcular la capacidad que debe tener una terminal para atender a una determinada demanda del tráfico. Para efectuar esos cálculos se han aplicado distintos principios en función de la naturaleza de las diferentes clases de tráfico marítimo:

a) En cuanto a la carga fraccionada de tipo corriente, es necesario ante todo determinar el número de puestos de atraque que se necesitarían para mantener a un nivel económico el tiempo de espera de los buques;

b) En cuanto a la carga contenedorizada, es necesario ante todo determinar la superficie necesaria para atender al movimiento anual sin obstaculizar el desarrollo de la operación;

c) En cuanto a la carga especializada a granel, es necesario ante todo determinar el ritmo horario que se necesita para la carga o descarga de los buques en un plazo aceptable.

102. Aunque el punto de partida de cada cálculo es distinto, el método completo requiere un estudio conjunto de la productividad, el número y tamaño de las instalaciones necesarias y el nivel de servicio que deba proporcionarse. La relación entre la capacidad de la terminal y el nivel de servicio proporcionado es un aspecto básico de todos los planes de desarrollo y se examina en los párrafos siguientes.

D. — El problema de la planificación de la capacidad de los puestos de atraque

103. Si la llegada de los buques al puerto se efectuase con absoluta regularidad, y si el tiempo dedicado a su carga y descarga fuese constante, sería sencillo determinar la capacidad de atraque que garantizaría la plena utilización de cada puesto y evitaría la espera de los buques. Desgraciadamente, nunca puede existir esa situación ideal. Los buques de línea regular y, en particular, los buques tramp llegan a puerto un tanto al azar. Por otra parte, el tiempo necesario para su carga y descarga varía considerablemente en función de las variaciones de las cantidades y los tipos de carga manipulada, el procedimiento de estiba empleado y el ritmo de la manipulación.

104. Esta combinación de un ritmo variable de llegada de los buques y un tiempo también variable de carga y descarga de los mismos significa que sólo a expensas de una cola constante de buques puede garantizarse una tasa completa de ocupación de los puestos de atraque. Inversamente, la única forma de que los buques no tengan nunca que esperar para el atraque es contentarse con una tasa media sumamente

baja de ocupación de los puestos. Ninguna de estas dos soluciones es aceptable, por lo que lo que se necesita es un término medio entre ambas.

E. — Consideraciones relativas a los costos

105. Los costos portuarios se componen de dos partes:

a) Un componente fijo, que es independiente del tonelaje global manipulado y en el que se incluyen, por ejemplo, los costos de capital de los muelles, tinglados, grúas, etc.;

b) Un componente variable, que depende del tonelaje global manipulado (costo de la mano de obra y los empleados, costo del combustible, gastos de conservación, etc.).

A medida que aumenta el tonelaje manipulado en un puesto de atraque, disminuye el componente fijo, expresado en costo por tonelada. El componente variable, en cambio, expresado también en costo por tonelada, seguirá siendo probablemente bastante estable hasta que el puesto de atraque tenga que aceptar un movimiento de carga mucho mayor, en cuyo momento el costo variable por tonelada tenderá a aumentar debido a la necesidad de utilizar métodos más costosos de manipulación de la carga. En el gráfico 8 se expone la relación entre los costos portuarios por tonelada y el movimiento de mercancías. Como puede apreciarse, la curva de los costos portuarios (que representa la suma de los componentes fijo y variable) alcanza un valor mínimo cuando la tasa de reducción del costo fijo por tonelada equivale a la tasa de aumento del costo variable por tonelada (punto A del gráfico).

106. Hay que tener, además, en cuenta el costo del tiempo de permanencia del buque en el puerto, tiempo que se compone asimismo de dos partes principales:

a) El tiempo de permanencia del buque en el puesto de atraque;

b) El tiempo que pasa el buque en espera de que quede libre un puesto de atraque.

A medida que aumenta el tráfico, aumenta el tiempo que pasan los buques en espera de atracar. Cuando las tasas de ocupación de los puestos de atraque son

GRAFICO 8

Variación de los costos portuarios en función del aumento del tráfico

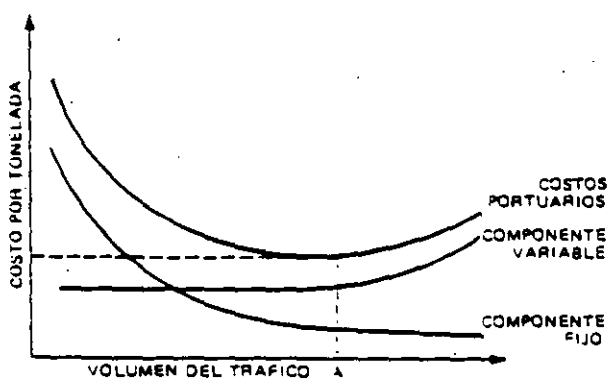
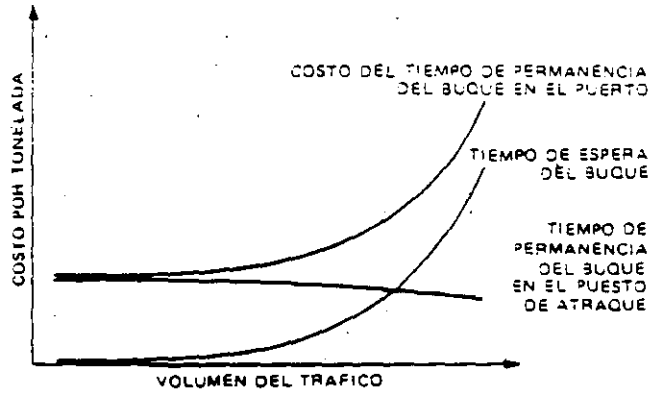


GRAFICO 9

Variación del costo del tiempo de permanencia del buque en el puerto en función del aumento del tráfico



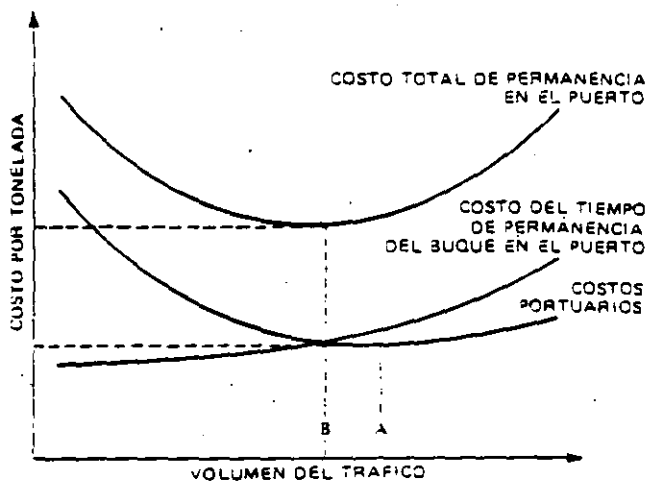
elevadas, este aumento del tiempo de espera de los buques es muy considerable, como puede apreciarse en el gráfico 9.

107. El total de los costos en que incurren los buques en el puerto se determina, según se indica en el gráfico 10, añadiendo a los costos portuarios efectivos el costo del tiempo de permanencia del buque en el puerto. La curva del costo total por tonelada tiene también un punto mínimo (el punto B del gráfico), pero ese mínimo se logra con un movimiento más bajo que el que da lugar al costo portuario más reducido (punto A). Los planificadores portuarios tienen que tener presente este factor sumamente importante. La planificación exclusivamente encaminada a reducir al mínimo los costos portuarios proporcionará generalmente a los navieros un nivel de servicio poco satisfactorio que puede conducir a la imposición de recargos por congestión y que no será económicamente aceptable.

108. El costo total mínimo depende de la cuantía de los distintos elementos. La posición de ese mínimo depende de los costos relativos de capital de los buques y los puestos de atraque. Así, para los buques

GRAFICO 10

Variación del costo total de permanencia en el puerto en función del aumento del tráfico



de carga general fraccionada se justifican económicamente tasas de ocupación de los puestos de atraque más elevadas que para los buques especializados, mucho más costosos, tales como los buques portacontenedores, los petroleros y los cargueros de gas natural licuado. Por tal motivo, los gráficos 8, 9 y 10 no tienen escalas cuantificadas. Además, la forma de las curvas y, por tanto, la posición del mínimo depende de la relación entre la tasa de ocupación del puesto de atraque y el tiempo de espera del buque, que es una relación compleja. Cabe utilizar la teoría de las colas, que es una técnica matemática, pero no deja de ser arriesgado utilizar los cuadros publicados, basados en esa teoría, cuando no se comprenden debidamente los supuestos que entran en juego.

109. Para ayudar al planificador a elegir la capacidad de la terminal, en la segunda parte del Manual se incluyen diagramas de planificación en los que se han tenido en cuenta todos los factores prácticos importantes y que permiten establecer una relación entre el tiempo de espera y la tasa de ocupación del puesto de atraque suficientemente precisa para que los planificadores puedan determinar la capacidad económica óptima que se necesita para atender a determinadas demandas de tráfico. Estas relaciones se basan en una distribución de los tiempos de llegada y de servicio que corresponde lo más fielmente posible a las condiciones típicas.

F. — Ocupación de los puestos de atraque

110. Hay que tener cuidado al interpretar los datos sobre la ocupación de los puestos de atraque a fin de utilizarlos como criterio para futuros planes o para establecer la relación entre la tasa de ocupación de los puestos de atraque y el movimiento de mercancías en distintos terminales. La ocupación del puesto de atraque es una medida de utilización de instalaciones y no debe interpretarse como medida de la demanda de tráfico a menos que los demás factores principales —recursos utilizados, productividad, normas de atraque— permanezcan constantes, lo que raramente ocurre.

111. Así por ejemplo, una determinada terminal de contenedores estaba recopilando datos estadísticos mensuales sobre la ocupación de los puestos de atraque y el volumen de carga manipulada. El examen de un período de nueve meses demostró que existía una relación aparentemente inversa entre las dos series de datos estadísticos: a medida que disminuía la cifra relativa al tonelaje manipulado, aumentaba la correspondiente a la ocupación de los puestos de atraque. Este fenómeno parecía contrario al sentido común, y un análisis más detenido puso de relieve que la cifra más elevada correspondiente a la ocupación de los puestos de atraque se debió a la congestión de la terminal, que reducía el tiempo de rotación de los buques y hacía, por lo tanto, que los puestos de atraque estuvieran ocupados durante períodos más largos, al paso que disminuía el tonelaje manipulado. En este caso, las medidas urgentes adoptadas por la administración para mitigar la congestión en la terminal condujeron a una inversión de la tendencia, con nuevo aumento del movimiento de mercancías y disminución, en cambio, de la ocupación de los puestos de atraque.

112. Aunque los datos disponibles sobre la ocupación de los puestos de atraque pueden ser engañosos, cabe utilizar para calcularla el método empírico, siempre que se defina claramente el objetivo de productividad. Más aconsejable es el procedimiento que se utiliza en los diagramas de planificación que figuran en la segunda parte del Manual y que consiste en obtener las cifras relativas a la ocupación de los puestos de atraque como estadística de rendimiento derivada de cálculos basados en los demás factores. Seguidamente pueden comprobarse esos resultados comparándolos con las cifras registradas.

G. — Relación entre el tiempo de espera y el tiempo de servicio

113. Esta relación se utiliza ampliamente como medida del nivel de servicio proporcionado por una terminal, ya que parece lógico suponer que los buques con menos carga que desembarcar no puedan esperar tanto tiempo como los buques que tengan más. Generalmente se considera que el tiempo de espera no debe representar más del 10 al 50% del tiempo de trabajo, pero esa relación también es engañosa, ya que puede mejorar (o sea, disminuir) a medida que empeora (o sea, aumenta) la duración del servicio. Como en el caso de la ocupación de los puestos de atraque, tal relación no debe utilizarse más que cuando los demás factores sean constantes. Y mejor aún sería que, como se hace en los diagramas de planificación de la segunda parte del Manual, se prescindiera de la relación y se utilizara como única medida de rendimiento del puerto el tiempo total de rotación. Cuando el plan se ha basado en la realización de inversiones con miras al logro del óptimo económico, la relación entre el tiempo de espera y el tiempo de servicio arrojará, forzosamente una cifra aceptable, generalmente inferior al 30%.

H. — Planificación basada en las variaciones del tráfico

114. No hay necesidad de recurrir a un complicado aparato matemático para demostrar que una reacción tardía del puerto ante un aumento del tráfico ocasionará una congestión que puede ser grave y duradera. Suponiendo, por ejemplo, que una terminal pueda recibir 60 buques al mes, un aumento del 10% del tráfico —que sólo equivale a 6 buques adicionales por mes— pasará probablemente inadvertido durante varios meses si no se controlan cuidadosamente las llegadas. A menos que se adopten medidas para acelerar el ritmo de trabajo, tres meses más tarde se añadirán a la cola 18 buques adicionales. Si la administración del puerto reacciona entonces ante la situación aumentando en un 10% la tasa de manipulación de los buques en el puerto y mantiene constantemente esa tasa más elevada, lo único que conseguirá es impedir que la congestión siga agravándose. Aun así, habrá una cola permanente de más de 18 buques y largos tiempos de espera. Para suprimir la congestión, se necesitan medidas más eficaces: si el ritmo de trabajo aumentase en un 15% con respecto al inicial, de modo que el puerto pudiera recibir 69 buques al mes, aún se necesitarían seis meses más para despejar la congestión. Esta dificulta,

además, enormemente la introducción y el mantenimiento de mejoras en los ritmos de manipulación.

115. Aunque en tales circunstancias es posible adoptar medidas urgentes, tal posibilidad no constituye un motivo aceptable para limitar la inversión en la fase de planificación. Hasta ahora no se ha reconocido debidamente que, por lo que respecta a su capacidad, muchos puertos han estado operando con un margen de seguridad excesivamente reducido.

116. El funcionamiento con un margen demasiado reducido de capacidad suplementaria puede tener graves consecuencias, no sólo cuando el tráfico aumenta gradualmente, sino también cuando registra aumentos imprevistos a corto plazo, sobre todo porque un puerto tiende a ser ineficiente cuando está congestionado. El puerto puede, en ese caso, llegar a encontrarse en una situación de la que no pueda salir sin la adopción de medidas urgentes. Un grupo de buques graneleros fletados que lleguen simultáneamente puede impedir, por ejemplo, que los buques de carga general utilicen los puestos de atraque, al paso que su carga puede provocar una congestión en la zona terrestre del puerto. Eso hace que las instalaciones no puedan recuperarse para hacer frente al tráfico ordinario, una vez superado el período de máxima afluencia. Cuando el aumento de la demanda provoca la congestión de un puerto, su ritmo de trabajo disminuye y el movimiento de mercancías registra un descenso. Esa es una razón poderosa para utilizar mayor capacidad cuando la demanda es elevada y una capacidad menor cuando se reduce, o sea, para disponer de una reserva de capacidad portuaria que sólo se utilice durante los períodos de mayor tráfico. ¿Conviene, pues invertir en la creación de cierta capacidad suplementaria y mantenerla en reserva para los casos de emergencia? Al examinar este problema, el planificador tiene que preguntarse qué forma adoptará el aumento del tráfico cuando se produzca, cómo se enterará la administración de que se ha producido, y qué control tendrá la administración portuaria sobre la reacción del puerto ante ese aumento.

117. El aumento del tráfico adoptará probablemente una de las formas siguientes:

a) La introducción de un nuevo servicio de transporte marítimo o de más buques fletados;

b) Una tendencia gradual hacia una mayor carga de los buques en un servicio existente;

c) Escalas más frecuentes de un servicio existente (mediante la entrada en servicio de más buques, que normalmente se anuncia por anticipado);

d) Escalas excepcionales, por ejemplo de buques desviados de un puerto vecino congestionado.

118. Otro cambio que puede producir un efecto importante sobre el puerto, sin que sea registrado como una variación del nivel del tráfico, es el relacionado con la modalidad de transporte de la carga. Por ejemplo, la decisión de transportar los cereales a granel puede plantear graves problemas a un puerto que se dedica habitual y eficientemente a la descarga de cereales transportados en sacos.

119. El aumento será repentino cuando, por ejemplo, un nuevo servicio represente una parte importante del tráfico total de un puerto; cuando se adopte una importante decisión nacional en materia de planificación —por ejemplo, la de ampliar un programa de construcción, con la consiguiente llegada al puerto de una serie de buques fletados para el transporte de cemento—, o cuando el tráfico desviado de un gran puerto vecino congestionado invade un puerto más pequeño. La reacción a un aumento repentino ya producido viene generalmente demasiado tarde, dado el tiempo que se necesita para efectuar el ajuste. Cuando el cambio es gradual (ya sea porque responde a un aumento progresivo de la carga de los buques, ya porque un buque adicional puesto en servicio no representa más que una pequeña proporción del número total de llegadas) puede pasar inadvertido, a menos que se controlen muy detenidamente las cifras del tráfico. Aunque las actuales estadísticas precisas reflejan de hecho los cambios que se están operando, ya que el nivel del tráfico oscila constantemente en torno a su valor medio, la variación normal del tráfico puede ocultar una tendencia importante. Las consultas con los usuarios pueden ayudar a descubrir esas tendencias o incluso a predecirlas.

120. Pueden surgir problemas de corta duración. Cuando, por ejemplo, la llegada de un buque de pasaje prioritario impide el trabajo en un muelle de carga durante un turno, no es probable que el efecto sea grave. La carga de exportación apilada no ocupará probablemente una parte importante del espacio de almacenamiento disponible. En situaciones algo más prolongadas, en cambio, pueden plantearse problemas de congestión. Así, por ejemplo, cuando los importadores aprovechan la situación de bajo precio de un producto, pueden llegar simultáneamente muchos contenedores, la organización de cuyo transporte ulterior requerirá probablemente varias semanas, durante las cuales los contenedores permanecerán en la zona portuaria y, a menos que se disponga de espacio de reserva, producirán una congestión en el parque de contenedores.

121. Las variaciones del tráfico a largo plazo plantean la cuestión del nivel adecuado de la inversión portuaria. En este caso, la elección del volumen de la capacidad suplementaria que pueden eventualmente utilizarse, pero que se mantiene en reserva, es una decisión muy grave. El equilibrio entre la inversión necesaria para crear una capacidad de reserva y mantener así inactivas costosas instalaciones, por una parte, y la probabilidad de que se produzca una congestión de las intalaciones, por otra, tendrá que basarse en razones puramente económicas. Hay que reconocer, sin embargo, que la incertidumbre en la previsión es tal que el mero hecho de encontrar la solución económica óptima respecto de la mejor previsión y de realizar las inversiones pertinentes no constituye en sí un plan portuario satisfactorio.

l. — Planes coordinados de contingencia

122. Un plan de inversiones deberá prever, además, los medios necesarios para que el puerto pueda hacer frente a los aumentos anormales de la demanda de tráfico. Se recomienda resueltamente que cada puerto disponga de un plan de contingencia para poner en servicio, de manera sistemática y coordinada, capacidad adicional de reserva de distintos tipos. Lo más

necesario para poder ofrecer esa capacidad de reserva es el espacio adicional de atraque. Una posibilidad es invertir en más puestos modernos de atraque de los que necesitan y demorar luego su puesta en servicio; esa falta de utilización de puestos de atraque cuya construcción ha requerido grandes recursos de capital resultará, sin embargo, por lo general, demasiado costosa. Los procedimientos para atender al tráfico suplementario deben ser baratos y sencillos, como, por ejemplo, la descarga en gabarras y la ulterior descarga de éstas en los muelles a ellas destinados. Eso aumentará los costos de manipulación de la carga, pero el costo económico total por tonelada de carga será más reducido que en el caso de que los buques tengan que esperar a ser cargados o descargados por el procedimiento normal.

123. Las características de tales instalaciones suplementarias —costo de capital reducido y elevado costo de explotación— son precisamente las de los viejos puestos de atraque de los puertos o las de los fondeaderos. Una política eficaz puede consistir en utilizar los nuevos puestos de atraque corrientes en circunstancias normales y mantener en reserva para los periodos de máximo tráfico los viejos puestos de atraque y fondeaderos. Esa política es también ventajosa desde el punto de vista de la productividad, ya que la concentración en lo posible del tráfico en los nuevos puestos de atraque se traducirá en una reducción de los costos de explotación. En cierto que ese procedimiento plantea ciertas dificultades de gestión en cuanto a la puesta en servicio y el retiro del servicio de los puestos de atraque suplementarios, ya que la transferencia de mano de obra y de equipo no suele ser fácil, pero el esfuerzo estaría justificado.

124. Hay otras varias formas de capacidad de reserva. Cada uno de los factores que intervienen en la medición de la capacidad (según se indica en los diagramas de planificación de la segunda parte del Manual) puede entrañar determinada capacidad suplementaria. Por lo que se refiere a la carga y descarga de los buques, esos factores son los siguientes:

a) La productividad en toneladas manipuladas por hora-cuadrilla;

b) El número de cuadrillas asignadas por buque;

c) El número de días en que el puesto de atraque permanece en servicio;

d) El número de horas trabajadas al día.

125. Para mantener bajos los costos unitarios hay que procurar en todo momento que la productividad sea lo más alta posible. Como hay generalmente un contingente de mano de obra que supone un costo para el puerto incluso cuando está inactiva, y dado que la distribución de la carga en las bodegas limita con frecuencia la eficacia de las cuadrillas adicionales, será normalmente desacertado mantener en reserva cuadrillas suplementarias. No deben considerarse como reserva los días asignados a las operaciones de conservación y dragado, ya que esas operaciones son indispensables para la capacidad a largo plazo del puesto de atraque, aunque tal vez sea útil prever cierto margen de flexibilidad al preparar el calendario de trabajo para los periodos de máximo tráfico. Así pues, las principales posibilidades de maniobra se encontrarán en el número de horas trabajadas. Un puerto que esté congestionado debe trabajar el mayor número posible de horas dentro de los límites impuestos por la superficie de almacenamiento y la mano de obra calificada disponibles. El objeto debe ser volver a una cifra inferior a ese máximo tan pronto como se despeje la congestión.

126. No es buena política que los planificadores basen sus análisis de inversión en la hipótesis de que la entrada en funcionamiento de las nuevas instalaciones puede efectuarse al mismo tiempo que se introducen métodos de trabajo más intensivos. La planificación continua de acuerdo con las posibilidades máximas de trabajo y la inversión económica mínima hará que el puerto sea vulnerable a las variaciones normales de tráfico. Los planificadores portuarios deben conceder a la creación de una capacidad de reserva la misma atención sistemática que se presta al plan de desarrollo portuario y al programa de introducción de mejoras prácticas en la utilización de las instalaciones existentes.

127. La preparación del plan coordinado de contingencia del puerto se compone de tres elementos principales:

a) Creación de capacidades de reserva equivalentes en todas las partes del sistema portuario;

b) Obtención de aprobación previa para la utilización de esas capacidades cuando se produzcan, o puedan producirse, ciertas situaciones;

c) Establecimiento de un sistema de información que dé a conocer automáticamente la existencia o la inminencia de tales situaciones.

La base de toda acción de contingencia será la aprobación de la autoridad competente, aunque esa aprobación sólo se concederá normalmente cuando los indicadores convenidos de la demanda hayan rebasado el umbral previsto.

128. Además de la utilización de más muelles de anclaje, del aumento de las horas extraordinarias de trabajo y del trabajo en días normalmente festivos, el plan típico de contingencia puede incluir:

a) La ampliación de las instalaciones de manipulación mediante el alquiler de grúas móviles no pertenecientes al puerto;

b) El aumento del promedio de cuadrillas por buque mediante la contratación de mano de obra adicional;

c) La aceleración de la reparación del equipo mediante la compra de piezas de recambio fabricadas en el país;

d) El fletamento de gabarras adicionales y la carga y descarga por ambos costados del buque en los fondeaderos, y por el costado exterior del buque en el puesto de atraque;

e) La utilización de locales adicionales para el almacenamiento de mercancías en depósito de aduanas, ya sea dentro o fuera del puerto;

f) El alquiler de más camiones y remolques para el transporte de la carga a las zonas de almacenamiento;

g) La concesión de prioridad de atraque a los tipos de buques que requieren un tiempo de rotación reducido y a los que transportan mercancías perecederas.

J. — La solución óptima desde el punto de vista económico

129. La principal ventaja económica de la inversión portuaria es la relacionada con la reducción del tiempo de rotación del buque. Este suele ser, por consiguiente, el factor determinante para establecer la mejor solución económica. Hay dos aspectos que deben tener en cuenta los administradores al adoptar sobre esa base una decisión en materia de inversiones.

130. En primer lugar, es posible que el beneficio inmediato de la inversión portuaria no lo obtenga la entidad inversionista sino los usuarios del puerto, muchos de los cuales serán extranjeros. A la larga, sin embargo, la ampliación y modernización de las instalaciones portuarias reportará considerables beneficios al puerto y al país en su totalidad. También está plenamente justificado que la autoridad invierta en una capacidad superior a la económicamente óptima cuando tenga buenas razones para hacerlo, por ejemplo para proporcionar al usuario un nivel de servicio deliberadamente más elevado, como medida de promoción destinada a estimular el uso del puerto o a fomentar la industria local como parte de una política de desarrollo regional. No es probable, en cambio, que haya buenas razones para invertir por debajo de lo económicamente óptimo, salvo cuando el análisis correspondiente se haya hecho sobre una base demasiado estrecha o cuando las autoridades encargadas de adoptar la decisión sepan que, en un contexto más amplio, es necesario limitar el desarrollo del puerto (por ejemplo, cuando haya que desviar el tráfico a otros puertos o a otros modos de transporte).

131. El segundo aspecto es el relacionado con las repercusiones prácticas del tiempo medio de espera de los buques. El cálculo de este servicio que se presta a los buques no es tan sencillo como pudiera parecer. Un cálculo típico de costos y beneficios puede indicar que la mejor relación entre el costo del tiempo de espera de los buques y el de creación de una capacidad suplementaria se consigue con una tasa de ocupación de los puestos de atraque del 75% para un grupo de cinco puestos de atraque de carga general, y que eso supone un tiempo medio de espera de un día, frente a un tiempo medio de servicio de tres días y medio.

132. Ahora bien, un tiempo medio de espera de un día tiene un significado matemático muy preciso, ya que, considerado a la larga, y sobre la base de un grupo de cinco puestos de atraque, esa espera supone que:

a) Cerca del 55% de los buques encuentran, a su llegada, un puesto de atraque libre y no tienen que esperar en absoluto;

b) Cerca del 10% de los buques tienen que esperar más de cuatro días;

c) Cerca del 5% de los buques tienen que esperar más de 10 días;

d) Durante cerca del 2% del tiempo, todos los puestos de atraque están libres.

133. En lo que se refiere, por consiguiente, a este grupo de puestos de atraque, que representa una solución económicamente óptima, la mayor parte del tiempo no hay cola de buques en espera de que quede libre un puesto de atraque, y durante una semana al año aproximadamente es posible que estén libres los cinco puestos de atraque. A pesar de ello, habrá momentos en que se formen colas que hagan que el tiempo de espera de los buques sea muy superior al tiempo de servicio.

134. De aquí se deducen las tres enseñanzas siguientes:

a) Un grupo de puestos de atraque que raramente, o nunca, reduce a cero su cola de buques tiene una carga superior a la económicamente óptima;

b) La situación normal de un grupo de puestos de atraque debe ser la que ofrezca posibilidades de atraque inmediato para la mayoría de los buques que llegan al puerto, aunque el hecho de que eso sea cierto en el caso de un puerto determinado no significa que no pueda justificarse una inversión ulterior;

c) Los navieros no pueden utilizar el tiempo excesivo de espera de unos cuantos buques como argumento de que el puerto está congestionado. Sólo el promedio de los tiempos de espera de un número suficientemente grande de buques puede utilizarse como argumento válido de que existe tal congestión.

135. El planificador debe tener presente asimismo que, aun con el mismo ritmo de trabajo y la misma demanda media de tráfico a largo plazo, pueden producirse desviaciones sustanciales respecto del tiempo medio de espera. Existe siempre la posibilidad de que durante un mes o más se mantenga un nivel de tráfico superior al medio, con un lento aumento del tiempo de espera y de la longitud de la cola, que tardarán también cierto tiempo en normalizarse. Esa tendencia al aumento del tiempo de espera puede contrarrestarse mediante una política de operaciones que permita hacer frente a la presión. Hay que tomar, por ejemplo, medidas para intensificar, cuando sea necesario, el ritmo de trabajo. La planificación sobre la base de la solución económicamente óptima a largo plazo sin tener en cuenta las contingencias, conducirá forzosamente a una congestión a corto plazo.

K. — Programación del tráfico

136. Cuando haya instalaciones costosas para la carga y descarga de costosos buques, la supresión del tiempo de espera del buque se reflejará en una baja tasa de ocupación del puesto de atraque que no será aceptable para el puerto. La única manera de aumentar la tasa de ocupación de los puestos de atraque sin dar lugar a una probabilidad inaceptablemente grande de que el buque tenga que esperar por un puesto de atraque es persuadir a los armadores para que programen con más regularidad las llegadas de sus buques. De ese modo pueden asignarse días concretos para determinadas líneas, a fin de garantizar a cada buque un atraque inmediato siempre que llegue a tiempo. Cuando se utiliza ese sistema, se prevé generalmente cierto margen de flexibilidad en cuanto a las horas de llegada, aunque con la salvedad de que todo buque que sobrepase ese margen pierde la prioridad.

137. Si es posible persuadir a varias líneas para que acepten ese sistema, puede conseguirse una tasa de ocupación bastante elevada de los puestos de atraque. En tales casos deja de aplicarse la relación entre el tiempo de servicio y el tiempo de espera, y la necesi-

dad de puestos de atraque puede calcularse directamente a partir del programa de llegadas previstas. Cuando se asignan ciertos días a los servicios regulares y otros al tráfico general, las necesidades de este último tendrán que calcularse deduciendo del total de días en que pueden utilizarse los puestos de atraque, los días asignados a las llegadas programadas. Ese cálculo puede efectuarse directamente con los diagramas de planificación que figuran en la segunda parte del Manual.

L. — Variaciones estacionales

138. Cuando los estudios del tráfico revelan una variación estacional importante, lo primero que debe hacer el planificador portuario es persuadir a las organizaciones de usuarios o a los planificadores del sector industrial para que examinen la posibilidad de adoptar medidas destinadas a nivelar la demanda. Para contrarrestar las fluctuaciones de ésta puede modificarse la política de pedidos y de constitución de reservas. También pueden implantarse nuevas industrias, por ejemplo de transformación de productos agrícolas en artículos no perecederos, para reducir el extraordinario aumento de la demanda en la época de la cosecha. Otra forma de ajuste, a la que se puede recurrir en todo momento, es tratar de conseguir tráfico complementario para la terminal de que se trate durante el período de menor actividad.

139. Estos procedimientos de nivelación de la demanda pueden ser, desde el punto de vista económico, menos costosos que la creación de la necesaria infraestructura portuaria y de las instalaciones conexas de distribución, unida al mantenimiento de una reserva de mano de obra, a un nivel que permita hacer frente a la demanda en el período de máximo tráfico pero que resulta excesivo durante gran parte del año. La desventaja económica de esta infrautilización se verá compensada en parte por los bajos costos unitarios que se derivan de la eficiente manipulación de grandes cantidades durante los períodos de mayor tráfico. La estimación de las ventajas y de los inconvenientes debe hacerse, sin embargo, caso por caso.

140. Las variaciones estacionales inevitables no pueden por menos de ocasionar una pérdida económica considerable que estará relacionada con el nivel de los servicios que proporcione el puerto a sus clientes durante el período de máximo tráfico. Una solución extrema es proyectar el puerto en función del tráfico medio mensual, lo que dará lugar a largos tiempos de espera para los buques y la carga durante los períodos de máximo tráfico. Cabe, en cambio, construir instalaciones que permitan hacer frente a la demanda en los períodos de máximo tráfico y aceptar su infrautilización durante los períodos de escasa actividad. Normalmente, ninguna de esas soluciones será aceptable.

141. La administración del puerto debe pronunciarse ante todo sobre un nivel aceptable de demoras durante los períodos de máximo tráfico. Luego pueden adoptarse medidas para establecer las instalaciones necesarias. Al calcular los costos y beneficios de cada temporada y al combinarlos seguidamente, hay que tener cuidado de no perder de vista importantes consideraciones operacionales. Con objeto de reducir la inversión, puede examinarse también la posibilidad de construir, para los períodos de máximo tráfico, instalaciones provisionales o secundarias. Aunque esas instalaciones secundarias serán menos eficientes y tendrán costos unitarios de explotación más elevados, contribuirán no obstante a reducir los costos de capital. En el desarrollo de un puerto ya existente puede resultar conveniente utilizar las instalaciones modernas durante todo el año y recurrir únicamente a las instalaciones menos eficientes durante los períodos de máxima demanda. Tal vez puedan utilizarse, además, esas instalaciones más viejas para atender al tráfico fluvial o de cabotaje durante el resto del año.

142. Las fluctuaciones estacionales se deben con frecuencia a los máximos estacionales que se producen respecto de un grupo reducido de mercancías a granel, o a granel y por unidades, por lo que será conveniente utilizar equipo especializado para la manipulación de tales mercancías. Si el volumen de esas mercancías estacionales justifica la instalación de equipo fijo que impide la utilización del puesto de atraque durante otros períodos, tal vez sea necesario cerrar el puesto de atraque especializado durante los períodos de menor actividad. Normalmente, será preferible disponer de un tipo de equipo especializado que se pueda trasladar o desmontar durante esos períodos de escasa actividad. Ello permitirá utilizar los puestos de atraque, modernos durante todo el año, al paso que los viejos puestos de atraque sólo se destinarán a la manipulación de la carga general cuando en los más modernos se esté utilizando el equipo especializado de manipulación de la carga a granel.

M. — Capacidad y especialización del tráfico

143. Al determinar la capacidad necesaria para hacer frente a la demanda prevista, no tiene mucho sentido, por pequeño que sea el volumen total del tráfico, considerar el puerto como una sola entidad. Hay que examinar por separado cada clase de tráfico y hacer, también por separado, las previsiones sobre el tonelaje anual, el tamaño de los buques, la productividad y el nivel aceptable de servicio correspondientes a cada una de ellas. El tráfico debe asignarse, ya sea individualmente, ya por combinaciones de tipos, a los distintos grupos de puestos de atraque; entonces hay que determinar la capacidad adecuada para cada grupo de puestos. Este principio, consistente en tratar separadamente los distintos tipos de tráfico, se refleja en todos los métodos que se exponen en la segunda parte del Manual, en la que a cada clase principal de tráfico corresponde una curva separada de planificación.

144. La agrupación de cargas o buques con características muy diferentes al efectuar el análisis del tráfico puede provocar graves errores. Puede ocurrir, por ejemplo, que varios buques de transbordo por rodadura (ro/ro) utilicen, en un puerto determinado, un grupo de puestos de atraque para carga fraccionada respecto de los cuales la demanda es bastante reducida. La demanda global de manipulación de la carga (calculada en días-muelle requeridos) no justificará la inversión adicional, ya que el actual tiempo medio de espera sólo representa, por ejemplo, una décima parte del tiempo

medio de servicio. Esos promedios ocultan, sin embargo, el hecho de que los buques ro/ro, con un tiempo de servicio más reducido, reciben un nivel inadecuado de servicio, situación que no se puede remediar plenamente concediéndoles prioridad en el atraque. Tal vez convenga invertir en un muelle especial de transbordo por rodadura, aunque esa cuestión deberá ser objeto de un estudio separado. El muelle especial puede reportar ventajas adicionales, como la posibilidad de programar los servicios ro/ro, de introducir tarifas especiales, etcétera.

145. En la fase de planificación hay que tener presente que, en resumidas cuentas, la manipulación de tráficos desiguales en el mismo grupo de puestos de atraque hace que el movimiento de mercancías sea más reducido que cuando esos tráficos se mantienen separados. Esta cuestión es complicada, ya que, por una parte, la especialización provoca una pérdida de flexibilidad, que se refleja en:

a) Una pérdida de capacidad de atraque como resultado de la división del puerto y del tráfico en dos, antes de la asignación de los puestos de atraque, o sea, una pérdida de flexibilidad en el atraque;

b) Una pérdida de la capacidad de las zonas de tránsito debido a la mezcla de tráfico complementario por ejemplo a la alternancia de buques que desembarcan carga destinada a los tinglados con buques que desembarcan carga a granel para entrega directa mientras se despeja el tinglado.

Por otra parte, la especialización reporta las siguientes ventajas desde el punto de vista de la coherencia de las operaciones:

a) Una mejora de la capacidad de servicio en cada instalación cuando la separación de las diferentes clases de tráfico supone, asimismo una separación de los tiempos medios de servicio elevados y reducidos y de los buques de mayor y menor eslora, o sea, una mejora lograda gracias a una mayor coherencia de la demanda;

b) Una mejora de la productividad media, ya que puede lograrse que las instalaciones especializadas sean más eficientes que las de uso general;

c) Una mejora resultante de una más plena utilización de las costosas extensiones de agua, por cuanto, por ejemplo, los costos de dragado son más reducidos en el caso de los puestos de atraque asignados a buques más pequeños.

146. Aunque en cada caso concreto será necesario enjuiciar las ventajas e inconvenientes que presenta la especialización, puede decirse que existe una norma de carácter general. Siempre que un tráfico determinado pueda por sí solo proporcionar un movimiento de mercancías suficiente para una terminal especializada separada, ésta debe ser la base óptima para la inversión. El planificador, debe por consiguiente, centrar su atención en la identificación y separación del tráfico que pueda justificar la construcción de instalaciones especializadas. Cuando un tráfico determinado no pueda por sí solo justificar la construcción de un puesto de atraque especializado, el planificador tendrá que volver a una solución polivalente. En el capítulo IV de la segunda parte se examinan determinadas combinaciones de tráfico para las que pueden concebirse terminales polivalentes eficientes.

147. Por lo general resulta difícil determinar el grado en que el tráfico mixto reduce la capacidad de atraque. Los efectos son especialmente graves cuando eventualmente un buque granelero de gran tonelaje se carga o se descarga en un puesto de atraque que recibe normalmente buques más pequeños de carga general, en cuyo caso la secuencia de atraque puede verse considerablemente perturbada. Los diagramas de planificación de la segunda parte del Manual pueden utilizarse para comparar el efecto que sobre el tiempo de permanencia de los buques produce la construcción de dos muelles especializados separados o de una terminal polivalente compuesta de dos muelles.

N. — Flexibilidad e innovaciones técnicas

148. La flexibilidad que da el plan de contingencia para hacer frente a una demanda fluctuante de tráfico debe ir acompañada de la flexibilidad necesaria para introducir innovaciones técnicas. La elección de una estrategia portuaria es inequívoca a este respecto, y consiste en construir instalaciones especializadas separadas para cada una de las principales técnicas de manipulación o en desarrollar instalaciones polivalentes que permitan hacer uso de cualquier técnica. Las intalaciones especializadas son las más eficientes y económicas cuando se utilizan intensivamente, pero resultan antieconómicas durante el período de transición. Las instalaciones polivalentes entrañan gastos más elevados de instalación y funcionamiento, pero es probable que se utilicen plenamente durante todo el período y pueden, por consiguiente, resultar, en resumidas cuentas, más baratas. La falta de previsión para la introducción de nuevas técnicas puede resultar muy cara, ya que el nuevo tráfico será manipulado de manera ineficiente y por procedimientos antiguos, a un costo muy elevado.

149. Una terminal especializada estará normalmente justificada cuando una previsión del tráfico indique que hay suficiente demanda, incluso en el caso de que el tráfico restante no permita utilizar plenamente otras instalaciones. Este principio se aplicará a las terminales especializadas para cargas tales como contenedores, productos forestales, productos siderúrgicos y mercancías secas a granel. Así, por ejemplo, un puerto que tenga actualmente seis muelles de carga fraccionada, por cada uno de los cuales pasen anualmente 150.000 toneladas, puede enfrentarse con un tráfico previsto de 1.200.000 toneladas de carga general, el 50% de las cuales serán contenedorizadas. Si se construye un muelle especializado de contenedores, su movimiento de 600.000 toneladas permitirá utilizarlo a un nivel razonable y justificará la construcción de la terminal. Sólo quedarán, sin embargo, otras 600.000 toneladas para su distribución entre los seis puestos de atraque existentes, cuya capacidad de manipulación actual asciende a 900.000. Con todo, la mejor política será construir el muelle especializado y retirar del servicio dos puestos de atraque para carga fraccionada, o mantenerlos para su utilización eventual como puestos de atraque suplementarios.

150. La otra posible solución en este caso consistiría en seguir atendiendo al tráfico combinado en los puestos de atraque de carga fraccionada y en construir otros dos puestos de atraque tradicionales. El costo de

estos dos puestos de atraque podría ser inferior al costo de una terminal especializada de contenedores. Sin embargo, hay que descartar decididamente esta política, habida cuenta del costo por tonelada y del servicio poco satisfactorio que con ella se prestaría a los operadores de contenedores.

151. Mucho más difícil es la decisión que ha de adoptar el puerto cuando las previsiones de tráfico con empleo de una técnica especializada no justifican la inversión en una terminal separada. En el ejemplo citado, si la fracción contenedorizada prevista no representara más que el 20% (240.000 toneladas), la demanda total de servicios portuarios para contenedores no justificaría normalmente la inversión en una terminal especializada. No obstante, se necesitan tanto instalaciones para la manipulación de los contenedores como capacidad adicional para la manipulación de carga fraccionada. La solución en este caso podría ser la construcción de una nueva terminal polivalente que estuviera dotada de un conjunto de instalaciones de manipulación como las que se recomiendan en la segunda parte del Manual. La principal ventaja de esta solución es que la terminal polivalente puede transformarse, por etapas, de una terminal destinada esencialmente a la carga fraccionada en una terminal fundamentalmente destinada a la carga unitarizada en sus diversas formas, en función de las cambiantes necesidades del tráfico.

152. Incluso cuando, debido a las circunstancias locales, se prevea que un puerto seguirá recibiendo principalmente tráfico de carga fraccionada de tipo corriente, sigue siendo aconsejable el principio de la flexibilidad del proyecto. Siempre que sea posible, las zonas de explotación deberán ser más extensas, la profundidad del agua mayor, los cimientos del muelle más sólidos y las superestructuras menos permanentes que en el caso de las instalaciones tradicionales. Todo ello facilitará la readaptación de los puestos de atraque y les permitirá recibir los buques construidos con arreglo a las técnicas más modernas, que eventualmente lleguen a ellos.

O. — Principios de evaluación de las inversiones

153. En esta sección se recapitulan los principios fundamentales de evaluación de las inversiones en la medida en que afectan a los puertos. Por lo general, antes de aprobar un préstamo para un proyecto de inversión portuaria, hay que proceder a una evaluación financiera y económica de éste. La evaluación financiera es esencialmente un cómputo de la rentabilidad comercial y no es suficiente por sí sola. En realidad, es la evaluación económica —la comparación de los costos y beneficios sociales del proyecto para el país— la que determina si conviene o no conceder el préstamo.

154. Las dos evaluaciones son idénticas en varios aspectos:

a) Ambas requieren la evaluación de una sucesión de costos y beneficios durante toda la vida útil del proyecto;

b) En ambas se tiene en cuenta el valor del dinero en función del tiempo, considerando que, como el dinero del año actual puede devengar intereses, tiene más valor que el dinero del año que viene, por lo que éste debe actualizarse al momento presente para que las dos sumas resulten realmente comparables;

c) En ambas se utilizan para la evaluación de la inversión criterios comunes, entre los que figuran uno o varios de los siguientes:

i) La tasa media de rendimiento;
ii) El plazo de reembolso;
iii) El valor neto actualizado;
iv) La tasa interna de rendimiento;
v) La relación beneficio-costo.

Las dos evaluaciones difieren, sin embargo, en cuanto a los costos y beneficios incluidos, ya que la cuenta portuaria se refiere a los costos y beneficios directos, mientras que al gobierno le interesan también los costos y beneficios sociales resultantes de la promoción del comercio y otros efectos similares.

P. — Evaluación financiera

155. Los costos financieros son directos, y representan los desembolsos efectivos que tendrá que realizar la autoridad portuaria en relación con la inversión. Comprenden el costo de todos los estudios preliminares y de preparación del plan, el costo de los terrenos, la construcción y la adquisición de equipo, y el costo de funcionamiento de las instalaciones, incluidos los salarios, el combustible, las piezas de recambio, etc. Los beneficios financieros representan la diferencia entre los ingresos resultantes del funcionamiento de las nuevas instalaciones y los que se habrían obtenido sin ellas. La fuente principal de tales ingresos adicionales serán los derechos percibidos sobre los buques y sobre la carga.

156. Es evidente que los resultados de la evaluación financiera dependerán en gran medida del movimiento de mercancías que en ella se prevea. Normalmente, pues, habrá que extender la evaluación a toda una gama de previsiones sobre el crecimiento del tráfico. Además, al calcular los resultados financieros, hay que aprovechar la oportunidad para calcular las consecuencias de los distintos niveles de las tarifas. Con ello se obtendrá la información necesaria para determinar con conocimiento de causa una escala adecuada de derechos portuarios.

157. El criterio financiero para la justificación de un proyecto consiste en que, con una tarifa realista y una vez sufragados todos los costos, incluidos los de depreciación anual, los ingresos netos obtenidos en cada año de explotación permitan amortizar los intereses del capital tomado en préstamo y compensar los intereses no percibidos por el capital invertido por el propio puerto. La adopción de este criterio financiero conducirá, pues, a la acumulación de las reservas que se necesitarían para construir instalaciones de un valor equivalente una vez expirado el plazo de amortización.

Q. — Evaluación económica

158. La evaluación económica se conoce generalmente con el nombre de análisis de costos y benefi-

cios, aunque, en rigor, ese término podría aplicarse también a la evaluación financiera. La evaluación económica se basa en costos y beneficios que difieren en varios sentidos de las transacciones financieras. Una característica fundamental de esos costos y beneficios es que corresponden principalmente a los participantes en el comercio que no son la autoridad portuaria.

R. — Costos

159. Los recursos principales para un proyecto portuario en un país en desarrollo son la tierra, el trabajo y las divisas. El costo económico de cada uno de esos recursos es su «costo de oportunidad» o «precio virtual». Ese costo es equivalente al máximo de los beneficios a que se renuncia al destinar los recursos a ese proyecto y no a otro. En el caso del terreno, es posible que un puerto haya adquirido anteriormente, por un millón de dólares, por ejemplo, los terrenos que necesita para su ampliación. Es posible también que el valor del terreno haya aumentado y que si dicho terreno se destinara a la construcción de oficinas, pudiera valorarse, por ejemplo, en cinco millones de dólares. En la evaluación económica, por consiguiente, los cinco millones de dólares figurarían como costo del terreno. El costo de oportunidad de la mano de obra es muy bajo cuando no existen otras posibilidades de empleo útil. En las regiones con una tasa elevada de desempleo, independientemente de los sueldos que se paguen, los costos de mano de obra que se tienen en cuenta en la evaluación económica serán muy limitados y pueden incluso reducirse muchas veces a cero.

160. En los países en desarrollo, los tipos de cambio de las divisas se fijan con frecuencia a niveles arbitrarios, por lo que la demanda es superior a la oferta. En tal caso, el costo económico del componente de recursos en divisas del proyecto será más elevado del que se obtendría con arreglo a la cotización normal. Es precisamente ese tipo de cambio más elevado, establecido normalmente por un Banco Central o un Ministerio de Finanzas, el que debe utilizarse en la evaluación económica para computar el componente de recursos en divisas sobre una base común con los demás costos. Los derechos aduaneros y demás impuestos que gravan los elementos utilizados en un proyecto de desarrollo portuario no se incluyen en los costos económicos, ya que representan simplemente un pago de transferencia de las autoridades portuarias al gobierno.

S. — Beneficios

161. Los principales beneficios económicos de una inversión portuaria son los siguientes:

a) La reducción de los costos de los transportes que representa la utilización de buques que pueden transportar las mercancías a un costo más bajo por tonelada de carga (por ejemplo, buques mayores o más modernos);

b) La reducción del tiempo de rotación de los buques en el puerto. Este beneficio es con frecuencia el más importante, y es indispensable calcular tanto el tiempo de espera como el tiempo de permanencia en el puesto de atraque. Prescindiendo del hecho de que de esa ventaja suelen beneficiarse en primer lugar los armadores extranjeros, es actualmente práctica usual incluirla en la evaluación, en el entendimiento de que, a la larga, redundará también en beneficio de la economía nacional, por ejemplo mediante la fijación de fletes más bajos;

c) La reducción del tiempo de permanencia de las mercancías en el puerto y en los buques, reducción que libera el capital inmovilizado en esas mercancías y reporta, en consecuencia, beneficios financieros indirectos a todo el país;

d) La reducción de los costos de transporte como resultado de la apertura de nuevas rutas para el traslado de la carga al interior o desde el interior del país. Esa reducción se consigue, por ejemplo, cuando las nuevas instalaciones portuarias contribuyen a reducir el tramo terrestre del transporte;

e) Los beneficios resultantes del fomento o el posible incremento de la actividad económica nacional. Estos beneficios son con frecuencia difíciles de calcular y sólo deberían incluirse cuando esa actividad no pueda darse de no ejecutarse ese proyecto portuario. De tales beneficios hay que deducir el costo de oportunidad de los recursos utilizados en ese incremento de actividad;

f) Los beneficios resultantes de la posible expansión de las exportaciones, por ejemplo, mediante la construcción de instalaciones para buques graneleros de mayor tonelaje, que contribuirán a una reducción de los costos de transporte y harán que el precio del producto de exportación en el extranjero sea más competitivo. Gracias a las nuevas instalaciones puede conseguirse, por ejemplo, que las exportaciones de un producto determinado se eleven de uno a dos millones de toneladas anuales y que, al mismo tiempo, disminuya el precio de su transporte. En ese caso habrá que incluir tanto la reducción de los gastos de transporte del primer millón de toneladas como el beneficio obtenido de la venta del segundo millón.

T. — Actualización

162. El primer paso consiste en calcular, año por año, la corriente monetaria neta a que se espera que dé lugar el proyecto durante toda su duración. Esa corriente es, en cualquier año determinado, igual a la diferencia entre los beneficios y los costos, expresados ambos en términos monetarios. Esa corriente neta se actualiza luego para obtener el valor neto actualizado. Para ello puede recurrirse nuevamente a tablas de actualización como las que figuran en el anexo I. Con arreglo a una tasa de actualización del 10%, por ejemplo, una corriente neta de 100.000 dólares en el quinto año de un proyecto tiene un valor actualizado de 62.100 dólares, ya que el factor de actualización es del 0,621. Ello equivale a decir que 62.100 dólares valdrían 100.000 dólares al cabo de cinco años si se invirtieran a una tasa de interés del 10%.

163. En cuanto a la rentabilidad comercial, la tasa correcta de actualización es el tipo de interés vigente en el mercado. En lo que se refiere, en cambio, a la rentabilidad económica nacional, la tasa de actualiza-

ción adecuada es más difícil de definir debido a los factores sociales. La elección de la tasa adecuada de actualización es una cuestión de política nacional, respecto de la cual el planificador portuario necesita asesoramiento.

U. — La trampa del costo de la congestión

164. Hay una trampa que evitar cuando se evalúa una inversión portuaria que tiene por objeto reducir o impedir la congestión. Tratándose de una inversión de esa clase, la primera instalación adicional reportará mayores beneficios que la segunda o que las ulteriores. Ello se debe a la enorme reducción de los costos de congestión a que da lugar la construcción de la primera instalación, reducción que no pueden en modo alguno igualar los ulteriores aumentos de capacidad. Eso no debe utilizarse como argumento para afirmar que esa primera inversión, de carácter limitado, es la más económica, ya que, a la larga, ello equivaldría a planificar para un nivel sustancial y permanente de congestión. Para minimizar los costos globales del transporte marítimo, el nivel adecuado de inversión es el que proporciona la máxima capacidad posible, satisfaciendo al mismo tiempo el criterio de inversión que se ha adoptado.

V. — Resumen de los métodos de evaluación

165. Son varios los métodos de evaluación que pueden utilizarse dependiendo de la naturaleza y la magnitud de la inversión. Esos métodos se analizan detenidamente y con ayuda de ejemplos concretos, en un documento sobre inversiones portuarias preparado por la secretaría de la UNCTAD [1]. Los métodos más corrientes son los siguientes:

a) El de la tasa media de rendimiento;

b) El del plazo de amortización;

c) El del valor neto actualizado;

d) El de la tasa interna de rendimiento;

e) El de la relación beneficio-costo.

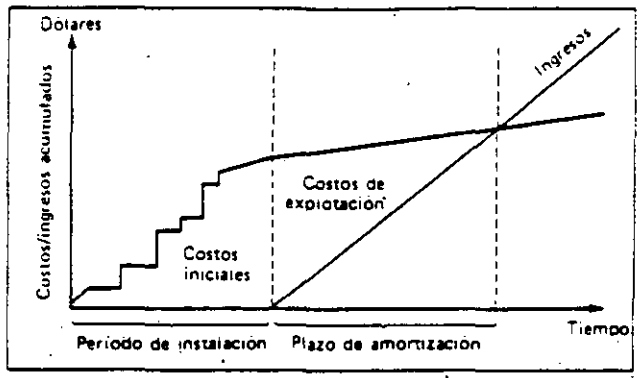
La evaluación de un proyecto portuario puede hacerse utilizando cualquiera de esos métodos. No obstante, para los análisis de costos y beneficios económicos las técnicas más adecuadas son las tres últimas.

166. La tasa media de rendimiento es un concepto contable que representa la relación entre los beneficios anuales medios, después de deducidos los impuestos y la depreciación, y la inversión neta media en el proyecto (la inversión inicial dividida por dos), o a veces la propia inversión inicial. Como la depreciación reducirá gradualmente a cero el valor de la inversión durante la vida útil del proyecto, la inversión media viene a ser el resultado de dividir por dos la inversión total.

167. El método del plazo de amortización es aquel en que el criterio de evaluación es el número de años que se necesitan para recuperar o «amortizar» la inversión monetaria inicial. Los principios básicos del cálculo basado en el plazo de amortización son los que

GRAFICO 11

El método del plazo de amortización



se indican en el gráfico 11, que no necesita explicación.

168. El método del valor neto actualizado (VNA) tiene en cuenta el valor del dinero en función del tiempo. Con arreglo a ese método, hay que aplicar una tasa de actualización especificada para actualizar todas las futuras corrientes de efectivo, corrientes cuya suma representa el valor neto actualizado de la inversión. El criterio utilizado en el método del VNA es el de aceptar el proyecto si el VNA es superior a cero y rechazarlo en el caso contrario.

169. El método basado en la tasa interna de rendimiento (TIR) es otro de los métodos que tienen en cuenta el valor del dinero en función del tiempo. La TIR es la tasa de actualización que arroja un VNA nulo, o sea, la tasa a la que el valor actualizado de los beneficios es equivalente al valor actualizado de los costos. Si la TIR de un proyecto excede de la tasa requerida de rendimiento, o tasa umbral, el proyecto es aceptable; pero no lo será en el caso contrario. El método de la TIR y el método del VNA darán respuestas análogas con respecto a la aceptación o al rechazo de una propuesta de inversión.

170. El método basado en la relación beneficio-costo utiliza el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costos y se obtiene dividiendo los primeros por los segundos. Una relación beneficio-costo superior a la unidad significa que el proyecto es aceptable, mientras que una relación inferior a la unidad significa que es inaceptable.

W. — Las cuatro decisiones en materia de inversión

171. Son cuatro las preguntas concretas que hay que hacer en relación con una propuesta de inversión portuaria:

a) ¿Está justificada la propuesta en sí desde el punto de vista económico y financiero?

b) ¿Representa esa propuesta la mejor utilización posible de los fondos disponibles?

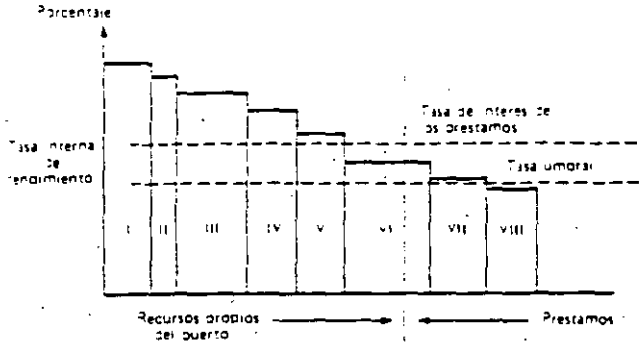
c) ¿Es adecuado el nivel propuesto de inversión en instalaciones adicionales?

d) ¿Cuál es el momento más oportuno para realizar la inversión?

[1] «Evaluación de inversiones portuarias» (TD/B/C.4/174).

GRAFICO 12

Asignación de fondos a varios proyectos que compiten entre sí



172. Para responder a la primera pregunta, el método elegido dependerá de que pueda llegarse a un acuerdo sobre la tasa adecuada de actualización que debe utilizarse. Cuando todos los interesados puedan convenir en una rentabilidad mínima requerida del capital, las corrientes de efectivo podrán actualizarse con arreglo a esta tasa, y la justificación óptima del proyecto en sí se basará en la relación beneficio-costo o en el valor neto actualizado. Cuando sea difícil llegar a un acuerdo sobre la tasa adecuada de actualización, será preciso calcular la TIR. En algunos casos tal vez convenga optar desde el principio por este último método, simplemente para impedir que haya dudas y demoras en el programa de evaluación de los proyectos.

173. Para responder a la segunda pregunta, y a fin de determinar el procedimiento que debe seguirse para distribuir una cantidad determinada de fondos entre varios proyectos, el método más sencillo es clasificar los proyectos con arreglo a sus VNA y suspender las inversiones en el proyecto que ya no satisfaga más que marginalmente el criterio de inversión utilizado, o cuando se hayan agotado los fondos, si esta segunda circunstancia se produce antes. Desgraciadamente, complica la situación el hecho de que generalmente habrá, como mínimo, dos tipos diferentes de fondos (las reservas del puerto y los préstamos) y que los criterios aplicables a cada uno de ellos pueden ser distintos. Cabe, sin embargo, aplicar a ambos un método único, como se indica en el gráfico 12, en el que los proyectos que compiten por los fondos se han clasificado según su TIR, indicándose, además, en el eje horizontal, el punto en el que se agotan los fondos propios y se requerirá, por lo tanto, un préstamo. En el ejemplo utilizado, la TIR de los cinco primeros proyectos está por encima de la tasa requerida de rendimiento, o tasa umbral, del capital propio del puerto, mientras que la del sexto está también por encima de ese nivel, pero sin llegar al nivel más elevado del interés que ha de pagarse por los fondos tomados en préstamo, fondos que en todo caso se requerirían. Una posibilidad sería realizar el proyecto VII antes que el proyecto VI, aplazándose este último o, si ello no fuera técnicamente aceptable, reduciéndolo en una tercera parte. La clasificación basada en la TIR no será, sin embargo, el único criterio; también influirá en la decisión el hecho de que un proyecto sea socialmente útil, cree empleo o reporte ventajas directas más que indirectas.

174. La tercera pregunta es la relativa a la elección del nivel adecuado de inversión en instalaciones: la de cuál es, por ejemplo, el número adecuado de puestos de atraque en que debe invertirse en un momento determinado. El nivel correcto de inversión se determina aumentando gradualmente el número de puestos de atraque hasta que el VNA (o la TIR) sean sólo ligeramente superiores al valor requerido.

175. Finalmente, para determinar cuándo hay que invertir en instalaciones adicionales, una vez que se haya adoptado la decisión acerca de la modalidad del proyecto, puede utilizarse el método basado en la tasa de rendimiento del primer año. Ese método requiere una comparación entre el beneficio del primer año completo y el costo del proyecto actualizado hasta el año de la terminación de su construcción, o sea, hasta el año anterior a aquel en que el proyecto empezará a reportar beneficios. Si la relación resultante es inferior a la tasa de actualización, debe aplazarse un año el proyecto.

X. — Propuestas conjuntas

176. Con dos propuestas —A y B— habrá que realizar cálculos para tres casos, o sea, para A, para B y para A y B conjuntamente. Si no hay interacción entre las dos propuestas en lo que se refiere, por ejemplo, a la participación en el tráfico, la distribución del espacio, las necesidades de almacenamiento y los accesos terrestres, A y B conjuntamente consideradas serán simplemente la suma de A y B consideradas por separado. Cuando haya interacción entre ambas, la propuesta conjunta tendrá que ser objeto de análisis separado.

177. Cuando, en la evaluación de una inversión se incluyan dos propuestas de acción recíproca habrá que calcular, pues, separada y conjuntamente, tanto los costes como los beneficios. Y es evidente que la evaluación conjunta de tres o cuatro propuestas de ese tipo constituirá una onerosa tarea y planteará muchas complicaciones al organismo encargado de adoptar una decisión. Esa solución será, sin embargo, generalmente preferible a una separación artificial de proyectos que se afectan mutuamente. Por ejemplo, la decisión de adquirir carretillas de horquilla elevadora para viejos puestos de atraque repercutirá en la decisión de construir nuevos puestos, ya que esas carretillas sirven también para aumentar la capacidad. Si esas dos cuestiones se consideran como proyectos de inversión separados, no sólo será incorrecto el cálculo de los beneficios que puede reportar cada uno de ellos, sino que, además, es posible que la autoridad inversora no se percate de la necesidad de efectuar una elección real e importante en cuanto a la inversión más ventajosa de sus recursos financieros. Eso puede hacer que opte por la construcción de los nuevos puestos de atraque y que renuncie a las carretillas de horquilla elevadora, con el consiguiente desaprovechamiento de la posibilidad de conseguir a corto plazo una útil mejora de la capacidad.

178. Por otra parte, es igualmente erróneo presentar un sólo análisis cuando se trata en realidad de dos

propuestas separadas. De ese modo puede pasar desapercibido el hecho de que una de las propuestas puede ser rentable y la otra no. Es preciso examinar separadamente la justificación económica y la viabilidad financiera de cada tipo de instalación. No siempre se puede evitar la solución consistente en compensar las pérdidas que entraña una propuesta con los beneficios que reporta la otra, pero antes de optar por esa solución es importante examinar métodos que permitan obtener la compensación financiera del beneficio económico, normalmente mediante un reajuste de las tarifas.

Y.— Examen de la incertidumbre

179. Una vez que se ha procedido al análisis de costos y beneficios y al análisis financiero para la previsión central de cada parámetro, puede estudiarse el efecto de la incertidumbre mediante un sencillo análisis de sensibilidad. Para ello vuelven a efectuarse los primeros análisis variando cada vez uno de los parámetros principales en una cantidad que se estima que representa un grado de riesgo comparable. Para cada uno de esos valores se calculan nuevamente los efectos económicos y financieros. Los costos del tiempo de espera del buque pueden deducirse simplemente de los gráficos de planificación que figuran en la segunda parte del Manual. En el caso de un proyecto con una TIR del 12%, por ejemplo, los análisis de sensibilidad pueden arrojar los resultados que se indican en el cuadro de pie de página.

180. La variación porcentual producida en la TIR por cada variación de un parámetro permite a la autoridad inversora apreciar los efectos de las variaciones en sus estimaciones y tener en cuenta todas las posibilidades al adoptar sus decisiones. Una reducción de la productividad del 20%, por ejemplo, entraña, como puede apreciarse, una variación de la TIR dos veces mayor (−4%) que un aumento del 20% del costo de las instalaciones (−2%). Una evolución tecnológica más rápida que hiciera perder a las instalaciones su carácter competitivo en 15 años en vez de 20, produce un efecto del 2% sobre la TIR.

181. Una útil variante consiste en invertir el cálculo y averiguar la variación que tiene que experimentar cada una de las variables para que sin modificarse las demás variables, la TIR quede reducida al nivel mínimo aceptable. Si los costos de construcción, por ejemplo, tienen que aumentar en un 40% para que la TIR descienda por debajo de la tasa aceptable (tasa umbral), la administración local puede considerar que se trata de un riesgo aceptable.

182. Los gráficos de planificación que figuran en la segunda parte del Manual han sido concebidos teniendo en cuenta ese análisis de sensibilidad. Como no es necesario realizar cálculos, cada valor posible puede ensayarse con gran rapidez, y obtener de ese modo sin mayores dificultades el costo total del tiempo de los buques para un análisis de sensibilidad. Cuatro de los seis parámetros anteriormente mencionados pueden utilizarse como insumos para las tablas de planificación a fin de obtener el costo total del tiempo del buque. Los otros dos parámetros (el costo de las instalaciones y su vida útil) pueden introducirse directamente en el análisis de costos y beneficios.

	Estimación central	*Posición de riesgo*	*TIR en la posición de riesgo (porcentaje)*
Costo de las instalaciones	10 millones de dólares	12 millones de dólares	10
Productividad	500 toneladas/buque diarias	20% menos	8
Tasa de aumento del tráfico	5% anual	2% más al año	14
Vida útil de las instalaciones	20 años	15 años	10
Costo del tiempo de los buques	2 000 dólares diarios	2 500 dólares	15
Número de días de utilización de las instalaciones al año	300	270	10

Capítulo III

PREVISIÓN DEL TRÁFICO

A. — Principios de la previsión

183. La esencia de la previsión del tráfico portuario consiste en descubrir:

a) Qué clases y tonelajes de mercancías pasarán por el puerto;

b) Cómo se embalarán y se transportarán como carga marítima esas mercancías;

c) A qué escalas de buques dará lugar ese movimiento de mercancías.

La previsión del tráfico requiere una combinación de conocimientos comerciales y económicos; las técnicas matemáticas tienen una importancia secundaria y a menudo pueden omitirse por completo. Es mucho más importante tener siempre presente el alto grado de incertidumbre de cualquier previsión y tomar medidas para minimizar el riesgo consiguiente.

184. Todas las previsiones del comercio futuro son inseguras, y los puertos son particularmente vulnerables a esa inseguridad, dados sus largos plazos de planificación y sus pocas posibilidades de influir sobre la demanda. Todas las previsiones deberán vincularse a los planes nacionales generales de desarrollo. Por otra parte, el comercio marítimo está atravesando un período de rápida evolución que influye de modo crítico en los volúmenes y los tipos de tráfico que probablemente utilicen un puerto dado. Los errores de previsión pueden ser considerables y las consecuencias de una sobrestimación y de una subestimación no son equivalentes. Construir más de lo necesario sólo puede añadir, como máximo, unos dólares por tonelada al costo de los fletes, pero construir menos de lo necesario puede provocar una congestión que dé lugar a costos adicionales de 100 dólares por tonelada.

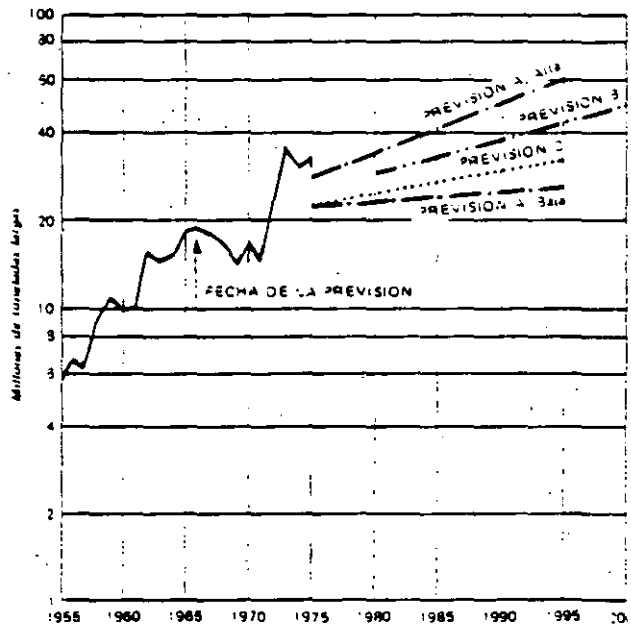
185. Incluso cuando se han tomado todas las precauciones para elaborar previsiones realistas y fundadas, la incertidumbre que persiste da lugar, generalmente, a una amplia variación de los posibles niveles de tráfico cuando se proyectan con varios años de antelación a la fecha de puesta en servicio y fechas posteriores; la incertidumbre es aún mayor tratándose del plan general a largo plazo. Así pues, todas las previsiones deben considerarse con precaución. Es de esperar que el nivel de tráfico efectivo se aproxime más al nivel central de las previsiones que a las previsiones superior o inferior, pero el riesgo de que no sea así es generalmente demasiado grande para que lo acepten las administraciones portuarias. Esto se aplica tanto al volumen como al tipo de tráfico. Por ello la amplitud de variación de las previsiones del tráfico será normalmente la primera preocupación cuando se trate de hacer un análisis de sensibilidad de las inversiones tal como el que se discute en el capítulo II.

186. Nunca se insistirá bastante en que ni siquiera el análisis más penetrante permite hacer previsiones precisas con más de unos pocos años de antelación. Por ejemplo, el gráfico 13 muestra las previsiones de las exportaciones de uno de los principales productos de exportación hechas en 1967 en tres estudios independientes preparados por consultores económicos experimentados. Aunque uno de los consultores daba una amplia gama de posibilidades entre una estimación alta y una estimación baja de la tendencia, la cifra real de 1973 alcanzó un nivel que incluso la previsión más alta no había anunciado hasta 1982 y que la opinión más general no esperaba hasta 1995. Obsérvese que las cifras de tonelaje se dan en escala logarítmica y que los errores son muy grandes. Esta amplitud de incertidumbre no es ni mucho menos inusitada.

187. El planificador puede hacer mucho por reducir al mínimo este riesgo buscando como solución un diseño que sea sensato, es decir, que constituya una buena inversión para toda una serie de posibles valores del tráfico futuro. Para ello tiene que poder elaborar diversos escenarios distintos que describan esas opcio-

GRÁFICO 13

Previsiones de las exportaciones marítimas de cereales para la alimentación animal



Fuentes: Port Development in the United States (Washington, National Academy of Sciences, 1976), *Highlights of US Imports & Export Trade* (Washington, USA Bureau of Census), varios números.

nes. La administración portuaria puede limitar el riesgo todavía más introduciendo un sistema operacional que pueda responder a las variaciones del tráfico, junto con un sistema de información que dé una indicación clara cuando se necesite esa respuesta.

B. — Elaboración de los escenarios

188. Un escenario de tráfico es una descripción coherente de la totalidad del tráfico futuro que probablemente llegue al puerto, partiendo del supuesto de que el puerto no ha hecho nada para impedir la llegada del tráfico, sino que lo ha alentado ofreciendo unas instalaciones razonablemente satisfactorias. Para cada categoría de carga, se consideran los volúmenes probables en diferentes circunstancias y las posibles opciones tecnológicas que pueden utilizarse en el transporte y la manipulación. Luego se elaboran varios escenarios, todos ellos intrínsecamente coherentes, de modo que resuelvan cualquier contradicción en cuanto a las previsiones relativas a distintos tráficos y permitan hacer una estimación fiable de los recursos necesarios.

189. En el equipo que elabora los escenarios debe figurar un director de explotación que podría ser el director de tráfico del puerto. El encargado de esa planificación debe consultar al departamento de tráfico durante la etapa inicial del proyecto y la participación del director de tráfico es un modo eficaz de hacerlo. Debiera invitarse también a participar en el equipo, de ser posible como miembros de pleno derecho, a representantes de los cargadores y los navieros. Si el equipo que elabora los escenarios está exclusivamente compuesto por personal local que no ha salido recientemente de la región, sería aconsejable enviar a un pequeño grupo a visitar puertos modernos en el extremo opuesto de sus rutas principales, a fin de familiarizarse con la posible evolución futura.

190. La elaboración de los escenarios no podrá hacerse hasta después de realizados análisis de rutina de los datos del tráfico, un examen de las tendencias numéricas y unas proyecciones sencillas, ya que sobre esos datos se basa el escenario. Con todo, el equipo debiera tener presente el peligro que entraña formular conclusiones extrapolando cifras anteriores. Por ejemplo, un equipo que únicamente tenga en cuenta las cifras anteriores del tráfico puede pasar por alto el posible tráfico de exportación de minerales procedentes de minas insuficientemente explotadas pero en las que se ha determinado con seguridad la existencia de un potencial de producción y exportación a mercados extranjeros. El elevado volumen potencial de esas exportaciones afectará considerablemente al desarrollo del puerto.

C. — Estadísticas de control

191. Incumbe al encargado de elaborar las previsiones del tráfico la labor de suministrar una previsión de la tendencia central así como un sistema para controlar a intervalos fijos si el tráfico efectivo comienza a apartarse de la previsión. A intervalos que podrían ser anuales, determinados «indicadores» señalarían a la administración la conveniencia de seguir adelante con arreglo a los planos o de cambiar de dirección. Este enfoque, que puede ser sencillo y muy eficaz, requiere:

a) La reunión periódica de un pequeño número de estadísticas básicas de tráfico para fines de control;

b) la atribución a un miembro de la administración del puerto (por ejemplo, al jefe de la dependencia permanente de planificación, cuando exista) de la responsabilidad de reactivar el proceso de planificación cuando se produzcan desviaciones previamente determinadas respecto de la previsión.

192. Como la ejecución completa de cualquier proyecto de inversión portuaria puede llevar hasta cinco años, es posible que durante ese período la desviación respecto de la previsión pase del nivel aceptable. En ese caso, habría que repetir el proceso de planificación, empezando a partir de la fase a la que se haya llegado en el proyecto. Normalmente suele ser posible introducir algunos reajustes, incluso en una fase bastante avanzada.

193. Las estadísticas de control más útiles que pueden obtenerse de los registros de los buques y de los turnos que deben llevarse son, según convenga en el caso de cada terminal:

a) El tonelaje total manipulado;

b) El tiempo medio de rotación de los buques;

c) El tonelaje medio cargado y descargado por buque;

d) El volumen del tráfico especial manipulado en una terminal polivalente, es decir, los porcentajes de contenedores y de unidades de transbordo por rodadura, de envíos a granel y envíos de carga a granel ensacada y de cargas paletizadas y preeslingadas o preembaladas;

e) El porcentaje de buques con un tipo específico de aparejos, como grúas sobre cubierta o rampas a popa;

f) La eslora media de los buques;

g) El calado máximo a la llegada y la eslora máxima de los buques.

Salvo en el último punto, es preferible utilizar para las estadísticas de control el promedio trimestral móvil.

D. — Combinación de la incertidumbre de factores independientes

194. Cuando se está preparando una previsión del tráfico a partir de un análisis detallado de los factores que intervienen, que se combinan (por adición o por multiplicación) para producir la cifra final, se debe proceder con precaución respecto de las estimaciones optimistas y pesimistas de cada factor independiente. Es evidente que si existen tres factores independientes que influyen sobre la previsión la probabilidad de que resulte que los tres toman un valor alto o un valor bajo es muy pequeña. Hay métodos estadísticos sencillos para calcular esa probabilidad global. Esos métodos se exponen en la sección C del anexo II del Manual y deberían utilizarse llegado el caso.

E. — El procedimiento de previsión

195. El primer paso consiste en examinar detalladamente el tráfico existente, preferiblemente sobre una base anual, retrocediendo por lo menos tres años. De ser posible, el análisis debiera dividirse de dos maneras: por países de carga o de descarga y por clases principales de carga. Así se obtendrá una tabulación como la que se muestra en el cuadro 4.

196. El agrupamiento en regiones de las corrientes por países debiera hacerse por zonas de carga y descarga para rutas concretas. Esto es útil porque, en general, la misma clase procedente de la misma zona de carga se transportará de modo similar. No obstante, también conviene llevar registros independientes de las distintas corrientes por países, porque eso simplificará el ajuste de las previsiones para tener en cuenta las circunstancias políticas y de otra índole.

197. El agrupamiento del tráfico por clases debiera hacerse de modo que sea posible estimar, en primer lugar, los volúmenes de carga y, en segundo lugar, el número y los tipos de buques que la transportan. No hay ningún modo sencillo de hacerlo y es probable que las clases utilizadas incluyan una mezcla de mercancías y de tecnologías de transporte. Uno de los métodos de clasificación es el siguiente:

a) Todo el tráfico a granel debería clasificarse separadamente por productos;

b) El tráfico a granel del mismo producto debería subdividirse según el modo de transporte y de manipulación en los casos en que ese punto tenga importancia (por ejemplo, trigo transportado y descargado a

CUADRO 4

Disposición típica de previsión del tráfico

	Origen													
	Europa noroccidental							*Asia sudoriental*						
Importaciones[a]	*Noruega*	*Suecia*	*Países Bajos*	*República Federal de Alemania*	*Reino Unido*	*Francia*	*Total*	*Malasia*	*Singapur*	*Indonesia*	*Filipinas*	*Total*	*Japón*	*Estados Unidos*
Carga líquida a granel														
Petróleo crudo														
Productos derivados del petróleo														
Azufre[b]														
Melazas/aceites vegetales														
Carga seca a granel														
Carbón														
Mineral de hierro														
Azufre[b]														
Cemento[b]														
Cereales														
Otros														
Contenedores y carga de transbordo por rodadura[c]														
En buques celulares														
En buques de tipo clásico														
En buques ro/ro														
Carga transportada por métodos intermedios														
Madera embalada														
Productos siderúrgicos														
Otras mercancías preeslingadas y paletizadas														
Carga fraccionada														
Trigo en sacos														
Cemento en sacos[b]														
Fertilizantes en sacos														
Frutas refrigeradas														
Vehículos														
Maquinaria														
General														

[a] Los principales productos que figuran en el cuadro son típicos de los que pueden necesitar una previsión independiente en un solo puerto; no se pretende que la lista sea completa.

[b] Los productos deberían subdividirse en distintas clases de tráfico según el modo de transporte.

[c] Los contenedores ISO y las cargas ro/ro deberían registrarse en toneladas y en unidades equivalentes de veinte pies (TEU).

granel; trigo transporado a granel y ensacado en la bodega antes de la descarga);

c) La carga que no sea a granel debería subdividirse según el modo de transporte, es decir, según la clase de buque que la transporte, como sigue:

i) Buque de línea regular de tipo clásico;
ii) Buque portapaletas especializado (cargador lateral, etc.);
iii) Buque ro/ro;
iv) Buque portacontenedores celular;
v) Buque mixto de carga a granel y por unidades (para madera embalada, productos siderometalúrgicos, etc.).

Además, como principio primordial, cualquier producto que tenga importancia especial localmente debiera registrarse por separado.

198. Normalmente, aplicando este enfoque a un puerto de un país en desarrollo se obtendrá una lista de unos 10 grupos de tráfico de exportación y 20 grupos de tráfico de importación. Hay que tener cuidado respecto de las unidades utilizadas. A los efectos del desarrollo portuario no resulta satisfactorio registrar el movimiento en toneladas de pago (o toneladas de flete o toneladas de puerto), que mezclan medidas de peso y de volumen. Todas las cifras deberían estar en toneladas de peso bruto (es preferible utilizar toneladas métricas de 1.000 kg pero, si esto no es posible, debe especificarse claramente la unidad exacta empleada. En cuanto a los contenedores, debería registrarse tanto el tonelaje del contenido como el número de cajas (en unidades equivalentes de 20 pies, o TEU; una unidad de 40 pies equivale a dos TEU).

199. Surge una dificultad cuando los buques embarcan mercancías pertenecientes a una clase de tráfico diferente de las que han desembarcado y posiblemente para una ruta distinta. Por ejemplo, un buque de línea regular que ha descargado manufacturas procedentes de Europa occidental puede cargar algodón para el Lejano Oriente; o, después de terminar un viaje para descargar fertilizante de acuerdo con una póliza de fletamento, un buque podría cargar clinker a granel con destino a un puerto cercano. Si esas operaciones de descarga y carga se realizan en diferentes terminales, trasladándose el buque de un puesto de atraque a otro, la solución es simple. Las terminales o grupos de puestos de atraque independientes deben planificarse por separado, como ya se explicó en el capítulo II, y su tráfico ha de considerarse como demandas independientes. Por ello, un buque que descarga en una terminal y carga en otra terminal distinta debe contarse como dos buques diferentes a los efectos de la planificación. Es este un punto en el que las estadísticas ordinarias de los puertos no estarán de acuerdo con los datos de los planificadores.

200. Si las operaciones de descarga y carga de mercancías perfenecientes a una clase de tráfico diferente se desarrollan en el mismo puesto de atraque, la solución no es tan clara. Generalmente convendrá utilizar las cifras medias de rendimiento para el tráfico mixto. Hay dos razones para separar los tráficos en las estadísticas:

a) Obtener una estimación más exacta del tiempo de rotación y de la productividad de los buques;

b) Permitir que se elaboren previsiones independientes de cada clase de tráfico y que se revisen según cambien las condiciones.

201. Los datos de planificación necesarios para el proceso de diseño efectivo expuesto en la segunda parte del Manual utilizan un conjunto único de cifras medias para la corriente de tráfico. El procedimiento normal será empezar preparando previsiones detalladas por productos y obtener cifras agregadas de tráfico.

F. — Previsión de la carga transportada en buques ro/ro

202. La diversidad de las clases de carga transportada en buques ro/ro hace especialmente difícil convertir las previsiones sobre el tonelaje de productos en previsiones de cargamentos completos. La mayor parte de los buques transportan una combinación de las siguientes cargas:

a) Transbordada por rodadura:
i) Contenedores sobre semirremolques/chasis, con o sin tractor;
ii) Cargas similares a contenedores sobre remolques o semirremolques de carretera, con o sin tractor;
iii) Carga sobre ruedas (camiones, turismos, autobuses, etc., que constituyen por sí mismos el cargamento).

b) Transbordada por transporte:
iv) Contenedores transportados y colocados en su lugar por grandes carretillas de horquilla elevadora o carretillas-pórtico;
v) Otras unidades de carga como, por ejemplo, la madera embalada;
vi) Carga general transportada por carretillas de horquilla elevadora y estibada en bodegas de tipo clásico, incluida una elevada proporción de paletas (la carga general también puede transbordarse por rodadura utilizando remolques y luego apilarse).

c) Transbordada por elevación:
vii) Operaciones normales con contenedores en cubierta o en compartimentos especiales.

203. A los efectos del desarrollo portuario, será difícil determinar el tipo de buque ro/ro que transportará la carga en el futuro y por ello no se conocerán las proporciones en que se combinan esas siete clases. Una simplificación a efectos estadísticos y de previsión consistirá en agruparlas únicamente en cuatro categorías:

a) Contenedores: clases i), ii), iv) y vii) (cabe señalar que las cargas similares a contenedores pueden medirse en TEU, ya que la capacidad de carga de un remolque de carretera es más o menos semejante a la de un contenedor de la misma longitud);

b) Carga transbordada por métodos intermedios: clase v);

c) Carga dotada de ruedas: clase iii);

d) Carga general: clase vi).

204. Esta clasificación permite pues que la previsión de la carga ro/ro forme parte de la previsión global de la terminal, ya que se harán previsiones totales para las cuatro categorías, con independencia del tipo de barco

que las transporte. Sólo después de preparadas las previsiones de la carga se podrá considerar, según la ruta marítima, qué volumen aproximado de cada una de las cuatro categorías de carga se transporta en buques de tipo clásico, en buques portacontenedores celulares o en buques de transbordo por rodadura.

205. El cálculo definitivo para determinar el número de cargamentos ro/ro y luego el número probable de llegadas de buques no puede ser muy preciso. Tras discutir la cuestión con los armadores interesados, una solución factible y coherente será especificar uno o más « buques ro/ro normalizados », con una determinada capacidad parcial de carga para cada una de las cuatro categorías. La primera categoría se definirá según la capacidad del buque en TEU y el resto en toneladas de peso muerto.

G. — La previsión del mercado

206. Una parte esencial de un plan realista de desarrollo portuario es la identificación de los usuarios potenciales y de los medios de transporte que se utilizan para las diversas mercancías. Esta identificación debería realizarse al tomar la forma de previsión del mercado. En muchos puertos será aconsejable nombrar un director comercial que lleve a cabo un estudio continuo del mercado, asegurando una estrecha coordinación de esa actividad con la de planificación.

207. Los objetivos de la previsión del mercado deberían consistir en determinar:

a) Los usuarios actuales:
- i) Quiénes son;
- ii) Qué tráfico ofrecen;
- iii) Qué autoridades toman la decisión de utilizar o no el puerto;
- iv) Qué factores influyen en su decisión;
- v) Qué servicios de atraque, de manipulación de carga o de otro tipo necesitan.

b) Los usuarios potenciales: un análisis similar;

c) La capacidad del puerto para influir en el mercado:
- i) Qué usuarios y qué tráficos podrían conseguirse mediante una acción por parte del puerto;
- ii) Qué nuevas instalaciones se necesitarían para ello;
- iii) Cuál será el efecto de un aumento o una disminución de las tarifas portuarias.

208. Estas preguntas son difíciles de contestar, y la práctica comercial normal ocultará la verdad. Sin embargo, un esfuerzo permanente por analizarlas junto con representantes de las empresas navieras y las conferencias, así como los cargadores y los representantes de los transportes interiores, reportará normalmente buenos dividendos y permitirá elaborar un plan portuario que efectivamente satisfaga la demanda futura efectiva en lugar de seguir pasivamente las tendencias anteriores. Dado el ritmo especialmente rápido de a evolución de la tecnología de los buques y de la manipulación de la carga, en cada etapa del análisis habría que preguntar concretamente:

a) Qué tipos de buques se están construyendo para los servicios que puedan afectar al puerto (o se están transfiriendo a esos servicios);

b) Qué métodos de manipulación de la carga se necesitarán.

H. — Tasa de crecimiento

209. En algunas industrias de servicios, como por ejemplo las telecomunicaciones, la demanda puede verse limitada únicamente por la capacidad de las instalaciones existentes, de modo que toda previsión se puede verificar. En los puertos hoy se observa hasta cierto punto esa influencia de la inversión, puesto que las instalaciones modernas originan a menudo actividades comerciales e industriales relacionadas con el tráfico marítimo, y esas actividades tienen un efecto multiplicador sobre el desarrollo de puerto. Sin embargo, se considera generalmente que esa influencia es pequeña. Por supuesto, un puerto en el que la inversión vaya retrasada respecto de la demanda frenará el desarrollo económico, al menos en su región; pero un puerto que invierta antes de que surja la demanda correspondiente puede no estimular más que muy ligeramente el desarrollo económico. En una situación de competencia, una inversión portuaria importante hecha a tiempo puede representar una diferencia muy grande. Sin embargo, normalmente no es conveniente que los puertos de los países en desarrollo se den a una intensa competencia ni hagan inversiones especulativas.

210. El hecho de que un puerto congestionado pueda frenar el desarrollo económico tiene una consecuencia importante. No es inusitado que los encargados de la planificación portuaria elaboren sus propias estimaciones de las tasas futuras de crecimiento nacional y regional, moderando las ambiciones de crecimiento de la administración central con el agua fría de experiencias pasadas. Esto puede ser comprensible desde el punto de vista estricto de los intereses financieros de un puerto, ya que normalmente la administración del puerto tiene que asegurarse de que el futuro puerto sea financieramente viable, y no lo será si, por ejemplo, la inversión se ha hecho sobre la base de un objetivo fijado por el gobierno de un crecimiento del 11% anual del PNB, siendo así que durante los cinco años de un proyecto de desarrollo el crecimiento efectivo ha sido de un 6% únicamente. En ese caso, en el momento de la puesta en servicio de las nuevas instalaciones, la demanda será únicamente el 79% de la demanda prevista, lo que representa un error de más del 20%.

211. Sin embargo, esta actitud conservadora no es admisible de parte de una administración portuaria. El pasado no siempre es un guía seguro para el futuro. En el caso anteriormente mencionado, siempre habría la posibilidad de que se produjese un cambio que acelerase el crecimiento hasta alcanzar el nivel previsto. La administración portuaria debe aceptar la idea de que puede haber cuestiones de más importancia y que sus atribuciones no incluyen la revisión de los objetivos que fija el gobierno. En cambio, la administración portuaria debe hacer dos cosas:

a) Señalar a los encargados de la planificación central las consecuencias de una alta tasa de crecimiento económico para la inversión portuaria en el momento en que se esté formulando el plan nacional de modo que pueda tenerse en cuenta ese factor;

b) Introducir en cada plan de proyecto puntos de revisión en los que se tomará en consideración la evolución cuantitativa y cualitativa de la demanda; esto formará parte del sistema de indicadores anteriormente mencionado (véase el párrafo 191).

I. — Acontecimientos

212. Siempre debería prestarse atención a los acontecimientos importantes que puedan influir en el nivel de un tráfico determinado, tanto para explicar variaciones pasadas como para indicar variaciones futuras. Cabe citar aquí los acontecimientos políticos, la puesta en servicio de nuevas fábricas y refinerías, la construcción de nuevas vías de transporte interior, las variaciones del precio de mercado de un producto importante y la evolución de la agricultura del *hinterland*.

213. La dificultad que presenta la predicción de acontecimientos futuros no debería desalentar al encargado de elaborar las previsiones. Muy a menudo, un nuevo examen de una previsión hecha anteriormente demostrará que no se previó un acontecimiento crucial. Esto no destruye el valor de la previsión ni significa que ésta fuera mala. Lo único que se puede hacer es preparar una previsión basada en la mejor información disponible. Los acontecimientos o circunstancias inesperados nunca pueden preverse. La posibilidad de que se produzcan es una de las principales razones por las que se recomienda la flexibilidad en la planificación en el capítulo II.

J. — Efecto de las políticas del propio puerto

214. La política que siga el puerto influirá en los niveles futuros del tráfico que lo utilice. Los usuarios de un puerto son de dos tipos:

a) Los usuarios cautivos, es decir, las empresas navieras, los cargadores y las industrias locales que realizan sus envíos a través del puerto porque no existe otra ruta económica;

b) Los usuarios no cautivos, es decir, aquellos que tienen que transportar mercancías procedentes de la región y destinadas a ella, pero que pueden utilizar otro puerto de la región u otro medio de transporte, y además, los que pueden cesar sus actividades comerciales con la región, frenando así el desarrollo económico local.

Ambos tipos de usuarios no cautivos reaccionarán ante las decisiones que tome el encargado de la planificación del puerto. Así pues, un puerto puede provocar, con una política errónea, una desviación del tráfico a otros puertos o una pérdida de tráfico regional. Normalmente esas cuestiones deberían discutirse a nivel de la planificación regional considerando un conjunto de objetivos para el puerto.

215. Uno de los principales efectos perjudiciales que puede tener un puerto para el tráfico que lo utiliza es impedir que se introduzcan tipos de buques más económicos o más modernos. Por ejemplo, puede impedirse la entrada de buques graneleros de mayor tonelaje no ofreciendo un calado mayor. Generalmente se trata de cambios de ese tipo y no de una disminución gradual de la demanda a medida que se elevan los costos o baja el nivel del servicio.

216. El intento de evaluar las relaciones de tráfico más complicadas sólo se justifica en raras ocasiones, como por ejemplo cuando existen puertos rivales en el mismo país. Métodos como la estimación de la elasticidad de la demanda, el análisis de los efectos de la competencia entre puertos y el análisis de la sensibilidad de la creación de tráfico son difíciles de aplicar al ser insuficiente el conocimiento de las intenciones comerciales de las empresas navieras y de los cargadores. Además, siempre hay la posibilidad de que acontecimientos imprevistos afecten seriamente a la previsión. No obstante, puede haber ocasiones en las que el encargado de la planificación considere que el nivel de utilización de una instalación dependerá de las tarifas fijadas al efecto y se halle, al mismo tiempo, ante la dificultad de que las tarifas necesarias para amortizar la instalación dependen del nivel de utilización. En ese caso, es preferible realizar la previsión sobre la base de que las tarifas y los costos unitarios de manipulación serán comparables con los de otras instalacions técnicamente similares de la región y, por lo tanto, no atraerán ni disuadirán el tráfico. En consecuencia, la investigación del mercado que hay que hacer antes de la inversión debiera basarse en el supuesto de un nivel de servicios y de tarifas que corresponda aproximadamene a los de otras instalaciones. No obstante, si las nuevas instalaciones de un puerto van a utilizar técnicas perfeccionadas, por ejemplo para la manipulación de exportaciones de carga seca a granel, los costos pueden ser bastante más bajos que los de otras instalaciones más antiguas de la región y no puede utilizarse el mismo enfoque. El encargado de elaborar las previsiones se ve entonces obligado a estimar la relación entre las tarifas y el tráfico.

K. — Previsión de las tendencias

217. El hecho de que, durante los últimos años, haya aumentado una clase determinada de tráfico no significa por sí sólo que la tendencia haya de persistir. Las tendencias pueden invertirse muy rápidamente. Antes de proyectar en el futuro una tendencia pasada el planificador debiera determinar la razón de esa tendencia y la probabilidad de que se mantenga. En los países en desarrollo, la razón será en la mayor parte de los casos alguna de las siguientes:

a) El tráfico depende directamente del PNB;

b) El tráfico de un determinado producto se ha desarrollado o frenado deliberadamente (por ejemplo, autosuficiencia nacional respecto a un producto alimenticio principal; desarrollo de una nueva industria o explotación de minas);

c) Se está produciendo un cambio gradual en los centros regionales de producción o de consumo;

d) Se está produciendo una modificación gradual de la tecnología del transporte o de las rutas de transporte (de carga fraccionada a contenedores; de transporte marítimo o transporte terrestre, etc.).

218. Si se trata de poner de manifiesto una tendencia del tráfico en una serie de cifras anuales, lo mejor es utilizar métodos sencillos. Generalmente sólo es

necesario calcular una tasa de crecimiento anual, o bien calcular cifras trimestrales y determinar a ojo la tendencia. Cuando la tendencia es especialmente importante y es probable que persista, puede lograrse mayor precisión efectuando un «ajuste por el método de los mínimos cuadrados», para averiguar la forma de la tendencia. Se trata de un método clásico que figura en los manuales de estadística.

L. — Variaciones estacionales

219. Cuando se examina un registro detallado del tráfico —por ejemplo, cifras mensuales para varios años— puede observarse una pauta cíclica regular. Esto se debe normalmente a una variación estacional de la demanda o de la producción de ciertos artículos. La curva de la tendencia permanente puede substraerse del total para obtener la variación estacional. Quedará todavía una variación residual aleatoria superpuesta a esa variación estacional, como se ve en el gráfico 14. Es probable que esos análisis resulten mucho más sencillos y útiles si se divide el tráfico según los productos principales, manteniendo aparte los productos estacionales.

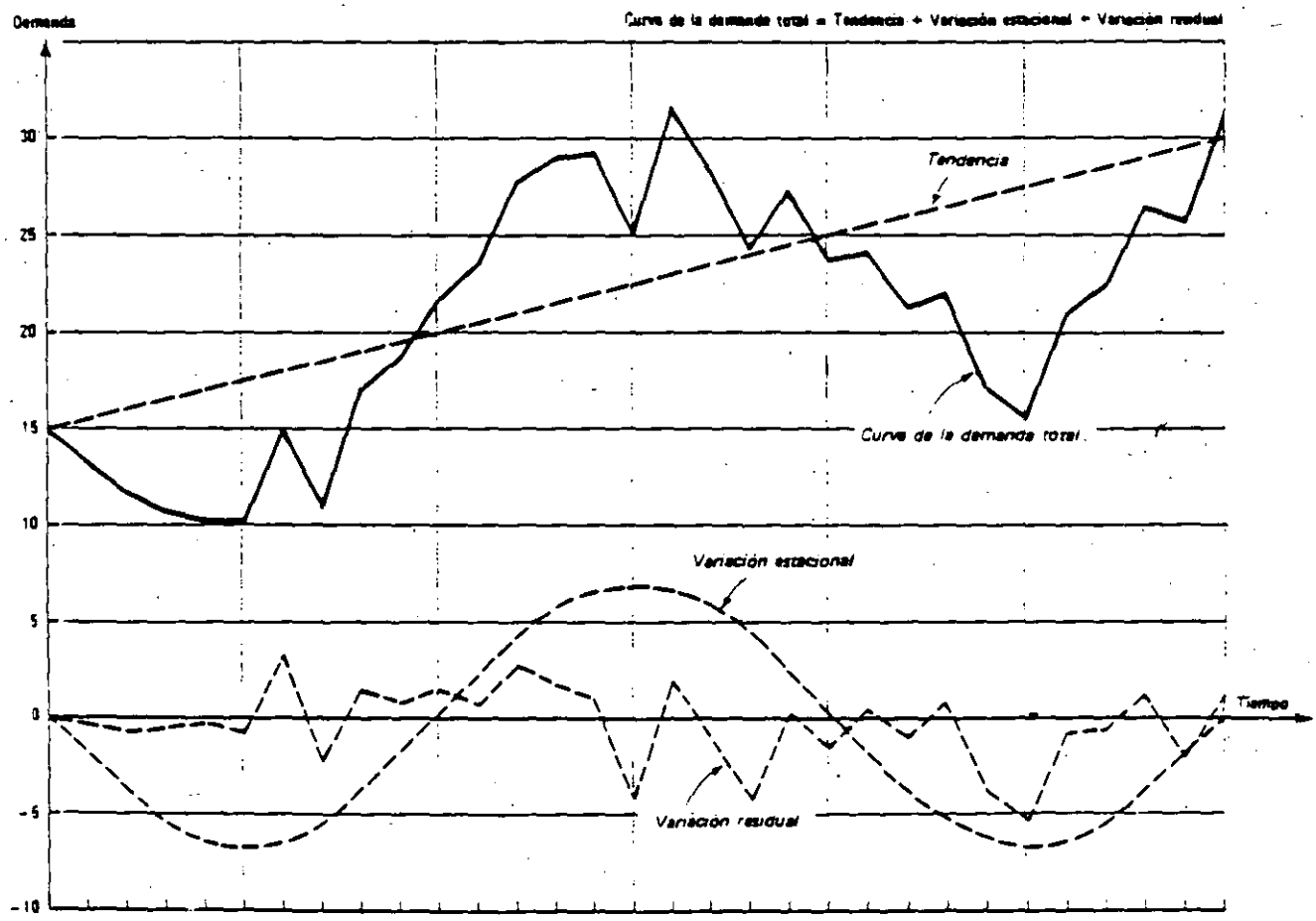
M. — Tráfico de carga general y tendencias del PNB

220. Mientras el tráfico especializado está generalmente relacionado con el desarrollo de un sector industrial concreto o con determinados acontecimientos y decisiones de política, el tráfico de carga general —que en muchos países en desarrollo consiste principalmente en importaciones de bienes de consumo y de manufacturas en general— depende mucho más de la evolución de la riqueza nacional, cuya medida es el producto nacional bruto. Los valores del PNB y los objetivos oficiales debieran tomarse directamente de las cifras disponibles en el servicio de planificación económica nacional. Los encargados de la planificación portuaria no deberían dedicarse normalmente a esa forma de previsión. Sin embargo, es necesario ajustar la tendencia del PNB y prever la desviación de tendencia del *hinterland* respecto de la tendencia nacional.

221. Por ejemplo, la tendencia del *hinterland* puede situarse por debajo de la tendencia nacional debido a la existencia de tasas de crecimiento diferentes en las diversas zonas o regiones del país. Cabe esperar que persistan los factores responsables de esa situación a menos que se prevea para el período del plan de desa-

GRAFICO 14

Separación de una variación estacional de una tendencia



rrollo la adopción de medidas concretas por parte de las autoridades con vistas a restablecer el equilibrio. Cuando se dispone de cifras regionales del PNB pueden hacerse, entre el crecimiento regional y el crecimiento del tráfico de carga general, comparaciones útiles que permitirán mejorar las proyecciones.

222. Independientemente de las políticas deliberadas de desarrollo regional, habrá ocasiones en que las presiones acumuladas den lugar por sí solas a variaciones del comercio. Una presión periódica es la que se produce cuando una región central, o área metropolitana, crece hasta un punto en el que el costo del suelo y de la mano de obra llega a ser muy alto y las condiciones industriales se hacen menos atractivas. Cuando se da esa situación, un puerto situado en una zona de menor presión y bien comunicado con los principales mercados nacionales puede esperar un crecimiento bastante rápido de la industria que busca lugares donde las condiciones sean más favorables.

N. — Previsiones del tráfico de contenedores

223. Al preparar la previsión del tráfico de contenedores deberían observarse varios principios:

a) En cada caso debe determinarse, en función de las circunstancias económicas y comerciales concretas, el porcentaje de cualquier tráfico que pueda llegar a ser contenedorizado;

b) No hay listas fijas de los productos que son «contenedorizables» y de los que no lo son, y cada año se utilizan contenedores para transportar una mayor variedad de mercancías;

c) Debe preverse siempre que una proporción importante de contenedores se transportarán vacíos;

d) El peso medio de la carga por contenedor de 20 pies puede variar de 5 a 18 toneladas, según el tipo de producto.

224. Durante los años iniciales de las operaciones con contenedores en los países en desarrollo existirá un desequilibrio comercial significativo, con predominio de los contenedores utilizados para la importación, ya que pocos de esos países serán capaces de suministrar carga contenedorizada de exportación suficiente para llenar los contenedores de importación disponibles. El número de contenedores vacíos que se cargue en los países en desarrollo será, pues, muy alto. No obstante, aun así se descargará en los países en desarrollo un pequeño número de contenedores vacíos, por ejemplo contenedores refrigerados para las exportaciones perecederas. Así pues, al número de contenedores cargados exportados e importados a través del puerto habría que añadir un número adecuado de contenedores vacíos. De no disponerse de información, una cifra del 60% de unidades vacías para la exportación y del 5% de unidades vacías para la importación sería una estimación razonable.

225. Aunque para la planificación aproximada pueden utilizarse promedios globales de tonelaje de carga por contenedor, es poco aconsejable utilizar una única cifra general, ya que un tonelaje previsto de 500.000 toneladas, por ejemplo, podría transportarse en un número de contenedores TEU comprendido entre 30.000 y 60.000 unidades. Siempre que sea posible, deberá determinarse el tipo principal de carga que se transportará (por ejemplo, arroz, manufacturas en general, fruta refrigerada), y aplicando el coeficiente de estiba apropiado, puede utilizarse la cifra media de toneladas por TEU, como se indica en el cuadro 5. Si no se puede disponer de esa información, sería prudente planificar sobre la base de una cifra máxima de 12 toneladas por TEU para los bienes de consumo en general importados por los países en desarrollo.

CUADRO 5

Peso máximo por TEU en función del coeficiente de estiba

Coeficiente de estiba de la carga		
Pies cúbicos por tonelada	*Metros cúbicos por tonelada*	*Peso neto de la carga por TEU en toneladas*
60	1.7	17.1
70	2.0	14.5
80	2.3	12.6
90	2.5	11.6
100	2.8	10.4
110	3.1	9.4
120	3.4	8.5
130	3.7	7.8
140	4.0	7.3

226. Cuando se conoce la clase de carga, el procedimiento para planificar con mayor precisión es similar al utilizado para calcular los cargamentos de los buques. Conforme al coeficiente de estiba de la carga, el cargamento máximo puede estar limitado por el peso o por el espacio ocupado. A los efectos de la planificación, puede considerarse que el volumen interior de un contenedor de 20 pies es de 29 m^3 (1.024 pies cúbicos). Ese volumen se llenará con el peso máximo admisible de 18 toneladas de carga únicamente si el coeficiente de estiba de la carga es de 57 pies cúbicos por tonelada (o 1.6 metros cúbicos por tonelada). Son productos de esa densidad, por ejemplo, la harina, las patatas y las almendras de palma.

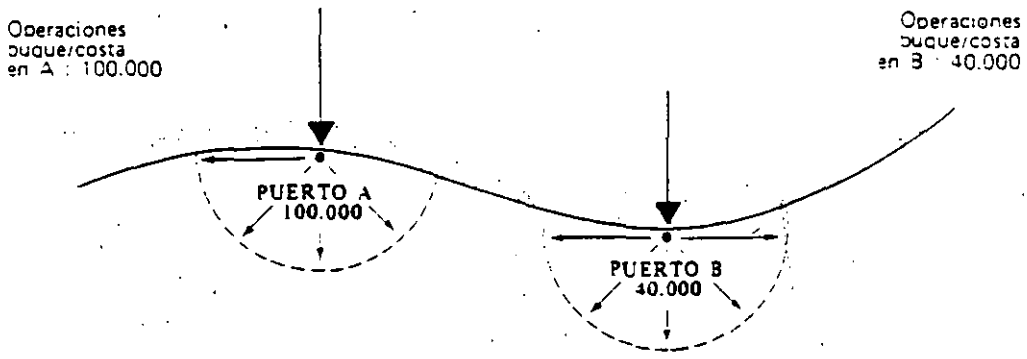
227. Tratándose de cargas con coeficientes de estiba superiores a 60 pies cúbicos por tonelada el factor limitativo será el tamaño del contenedor, como se ve en el cuadro 5. Para las cargas con coeficientes de estiba inferiores la limitación será el peso máximo admisible por contenedor (18 toneladas); esas cargas ocuparán en el contenedor una altura inferior a los 2,2 metros normalmente disponibles. El peso neto, de todas ellas se aproximará a las 18 toneladas. Para las mercancías con un coeficiente de estiba inferior, puede justificarse la utilización de contenedores cuya altura sea la mitad. Sin embargo, no es probable que pueda preverse esta proporción, de modo que no parece que se justifiquen los intentos de estimar el efecto de la utilización de contenedores cuya altura sea la mitad, sobre el apilamiento y sobre la productividad.

O. — Cambios en el *hinterland*

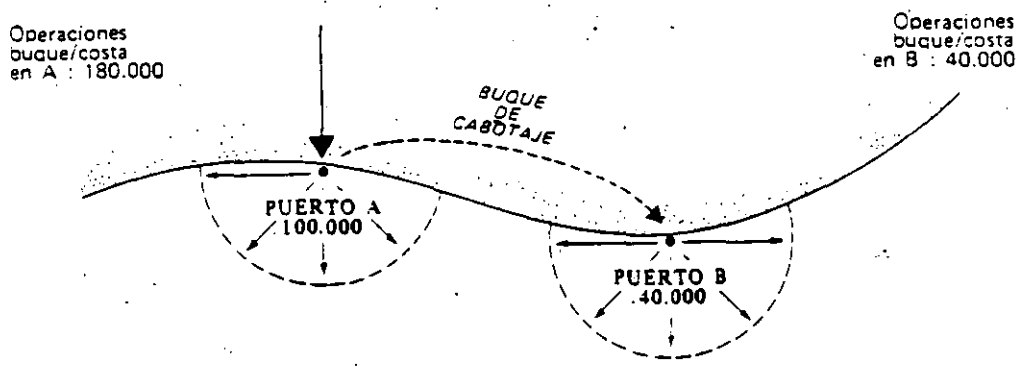
228. Pueden examinarse el *hinterland* local y el *hinterland* más amplio del puerto estudiando los lugares de procedencia y de destino en el interior de una muestra de envíos. El *hinterland*, y por ende la deman-

GRAFICO 15

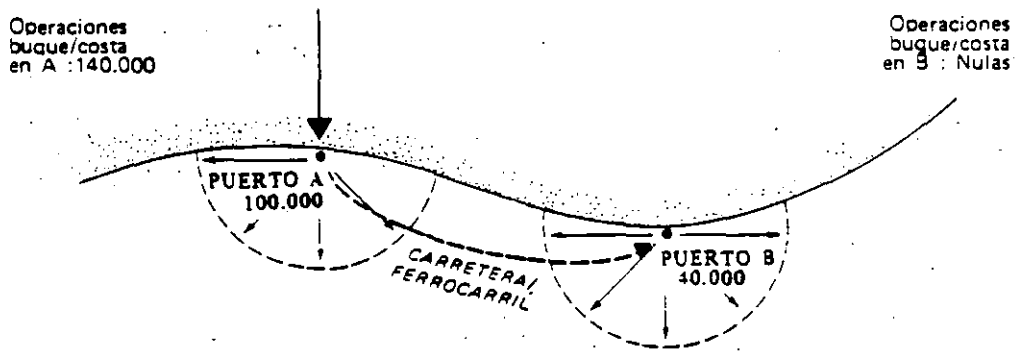
Efecto de los servicios de enlace sobre la actividad de los muelles



a) *Ambos puertos en la ruta principal*



b) *Puerto A : puerto principal; puerto B : puerto enlazado por buque de cabotaje o gabarra*



c) *Puerto A : puerto principal; puerto B : puerto enlazado por carretera/ferrocarril*

da del puerto, puede verse afectado por las variaciones de los siguientes factores:

a) Población y PNB;

b) Planes regionales de desarrollo;

c) Evolución del transporte terrestre;

d) Evolución del cabotaje y de las vías de navegación interior;

e) Posible reasignación del tráfico a puertos vecinos.

El planificador debiera examinar esos factores al preparar la previsión del tráfico.

P. — Tráfico oficial

229. Debería poderse obtener información sobre el tráfico que determinados departamentos de la administración central u otras autoridades han decidido ya asignar al puerto. La única previsión que hay que hacer a ese respecto es obtener una estimación razonable de la tasa de crecimiento de ese tráfico, que consistirá generalmente en grandes cantidades de determinados productos. Por ejemplo, las administración central puede tomar la decisión de importar una determinada cantidad de abonos o de cemento. En ese caso, debería tratarse por todos los medios de convencer a los encar-

gados de la planificación central de la necesidad crucial de escalonar las fechas de llegada de una serie de cargamentos a granel. Puede producirse una congestión muy grave si no se tiene en cuenta esa necesidad, y debieran exponerse a los encargados de la planificación central las consecuencias económicas de la concentración de las llegadas de graneleros.

Q. — Tráfico de transbordo

230. La tendencia a una planificación más racional de las rutas y la necesidad de reducir el número de escalas de los buques grandes, rápidos y caros que sirven las rutas principales hacen que cobre mayor importancia la función de transbordo de los puertos. Esa función no sólo introduce un tipo muy diferente de buques (los buques de enlace son más pequeños, pueden maniobrar con menor calado y tienen un alto coeficiente de carga), sino que puede producir también en el tráfico resultante toda una serie de efectos que a menudo no se tienen en cuenta.

231. Por ejemplo, el gráfico 15 se refiere a dos puertos, A y B, cada uno de ellos con una demanda de tráfico de su propio *hinterland* de 100.000 y 40.000 unidades anuales, respectivamente. Cuando hace escala en ambos puertos el buque que sirve la ruta principal (caso *a*), cada uno tiene únicamente el nivel normal de actividad correspondiente al tráfico de su propio *hinterland*. En el caso *b* el buque que sirve la ruta principal deja de tocar en el puerto B y su tráfico se transporta en un buque de enlace. El nivel de actividad de los muelles será:

En el puerto A: El propio tráfico del puerto más el doble del tráfico de transbordo destinado al puerto B (primero la descarga del buque que sirve la ruta principal y después la carga del buque de enlace).

En el puerto B: El mismo nivel de actividad, pero con buques más pequeños.

En el caso *c* el servicio de enlace con B se realiza por vía terrestre. El nivel de actividad será, entonces:

En el puerto A: El propio tráfico del puerto más el tráfico de transbordo con destino a B.

En el puerto B: Nulo.

232. Es evidente que la demanda de servicios portuarios varía considerablemente. Tras prever la demanda de tráfico para el *hinterland* del puerto, el encargado de elaborar las previsiones debe considerar si será un puerto principal o un puerto de enlace para ese tráfico y la proporción del tráfico de transbordo que probablemente se transporte por mar o por vías de navegación interior, en oposición al que se efectúe por carretera o ferrocarril. Esto influirá tanto en las instalaciones de manipulación como en las necesidades de espacio de almacenamiento. El tráfico de transbordo por carretera o ferrocarril representará también, por supuesto, una carga adicional en relación con los problemas de manipulación y acceso de los vehículos de transporte terrestre.

R. — Cambios tecnológicos

233. El encargado de la planificación ha de examinar, para cada clase de tráfico y cada producto principal, la posibilidad de que varíen los métodos de embalaje, manipulación y almacenamiento y los tipos de buques. Esas posibilidades deben discutirse con los principales cargadores y empresas navieras a fin de determinar:

a) Qué decisiones se han adoptado ya;

b) Cuál será la evolución probable a largo plazo:

i) Suponiendo que el puerto desempeñe un papel activo, ofreciendo las instalaciones modernas necesarias;

ii) Suponiendo que el puerto utilice sus instalaciones actuales.

Si es posible, también habría que celebrar discusiones con los administradores de los puertos situados en el extremo opuesto de las principales rutas, dado que la situación tecnológica en el extremo opuesto determinará generalmente los cambios. Esta es una de las razones para llevar estadísticas de tráfico por rutas.

234. La decisión de introducir nuevas tecnologías es adoptada generalmente por el operador del buque. Desgraciadamente, la decisión de inversión del puerto suele tener que tomarse mucho antes de que pueda lograrse de la empresa naviera un compromiso firme de traer un tipo determinado de buques al puerto. Esto crea gran incertidumbre en lo que respecta a la naturaleza del tráfico futuro, y a menudo lo único que podrá hacer el encargado de la planificación será sugerir que la tendencia general de la tecnología justifica un tipo determinado de instalación portuaria. La decisión de la administración del puerto en ese caso —por ejemplo, invertir en una costosa grúa para contenedores—, entrañará inevitablemente un cierto riesgo.

235. Las innovaciones técnicas que se están produciendo en el transporte marítimo se examinan detalladamente en una serie de informes sobre el tema preparados por la secretaría de la UNCTAD [6]. Esas innovaciones toman la forma de un movimiento hacia la especialización del tráfico y las economías de escala, tanto a bordo de los buques como en lo que respecta al peso de la unidad indivisible de carga que se desembarca por elevación, rodadura o flotación. Las repercusiones sobre la planificación de la utilización de los contenedores y otras unidades de carga, así como de los métodos de transbordo por rodadura y de los buques portagabarras, se examinan en la segunda parte del Manual.

S. — Cargamentos y número de escalas de los buques

236. Partiendo de una previsión de los tonelajes de cada clase principal de carga en cada ruta principal, que se basa en las tendencias probables en cuanto a modos de transporte y tecnologías de manutención, puede obtenerse, mediante las cifras de cargamentos medios, el número de escalas de buques.

237. La previsión del número de escalas (previsión del tráfico de buques) y de las dimensiones correspon-

[6] «Las innovaciones técnicas en la esfera del transporte marítimo y sus efectos en los puertos» (TD/B/C.4/129 y Supp.1 a 5).

dientes de los buques es importante para la planificación destinada a determinar los elementos siguientes:

a) Los calados necesarios;

b) La longitud necesaria de los puestos de atraque;

c) La productividad futura;

d) El tiempo de rotación de cada buque;

e) La frecuencia de las escalas;

f) Las zonas de apoyo necesarias para manipular los cargamentos máximos.

238. Será útil examinar las posibilidades de agrupamiento de los envíos con las organizaciones locales de cargadores y con las compañías navieras. Debiera alentarse a esos órganos a considerar cuál es la frecuencia de envío, el tamaño de los envíos y la demanda de almacenamiento, necesarios y económicos, con la esperanza de que surja una tendencia hacia la realización de economías en materia de transporte y de distribución.

239. Del análisis de las tendencias y de las discusiones surgirá una imagen del futuro que debiera ser satisfactoria a los efectos de la previsión del tráfico de buques. La previsión del número de escalas debería hacerse con arreglo a los dos métodos siguientes y, en caso de necesidad, debería llegarse a una transacción entre las distintas previsiones:

a) Dividiendo la cifra total de carga por la del cargamento medio;

b) Determinando directamente el número de escalas partiendo de los registros actuales y de la tendencia general.

240. No debe suponerse que haya una relación directa entre el tonelaje cargado y descargado por un buque en un puerto y el tonelaje del buque. En los servicios de línea regulares, el volumen del cargamento embarcado o desembarcado en un puerto determinado es prácticamente independiente de la capacidad de transporte del buque, salvo en el caso de los puertos de matrícula o de los puertos terminales, en los que las cargas suelen representar una proporción mayor de la capacidad del buque. Por otra parte, en el caso de los servicios cortos de enlace marítimo o de los transbordadores, es razonable suponer que el cargamento será completo (con un mínimo del 10% de capacidad no utilizada, además de la limitación derivada del coeficiente de estiba). En el caso de los graneleros, normalmente no es probable que efectúen escalas para cargar o descargar menos del 25% de la capacidad del buque, pero no hay que suponer que los tramps graneleros vayan a conseguir regularmente un alto porcentaje de utilización de su capacidad en un solo puerto. Cabe esperar que el cargamento varíe entre el 25 y el 75% de la capacidad del buque, salvo en las terminales principales de gran capacidad, por ejemplo para la exportación de minerales, en los que los graneleros pueden embarcar cargamentos completos.

241. El porcentaje de la capacidad de transporte de un buque que se carga en un puerto está determinado por el más pequeño de estos dos factores: la carga disponible y el espacio de transporte disponible. Por otra parte, para un espacio determinado, habrá un cargamento mínimo que justifique la escala desde el punto de vista económico. Ese cargamento dependerá también de la distribución de las escalas hechas en los puertos vecinos como parte de una distribución de la capacidad de transporte. En el caso de los buques portacontenedores, los cargamentos por puerto han llegado ya a cifras típicas por razones económicas. El número medio de TEU cargados o descargados por escala es de 400 a 500 en las rutas transoceánicas y de 100 a 150 en las rutas cortas. Esos promedios son en ambos casos relativamente independientes del tonelaje del buque. La pauta de la distribución de la capacidad de transporte se modifica, por supuesto, considerablemente cuando se introducen servicios de enlace.

T. — Tonelaje de los buques

242. Es muy posible que sea inútil el tratar de determinar el tonelaje futuro de los buques que servirán una ruta buscando la relación entre el tonelaje de los buques y la longitud de la ruta en los servicios existentes en todo el mundo. Esas relaciones existen, pero son tan poco precisas que tienen menos valor que el juicio empírico de un operador. Por ejemplo, aunque hay una relación evidente entre las TRB de una determinada clase de buques ro/ro y la distancia de servicio, lo que era de esperar por razones económicas, hay grandes variaciones dentro de esa tendencia. En los servicios a corta distancia de 1.500 millas el tonelaje de los buques varía de 2.000 a 8.000 TRB y en los servicios de 4.000 millas de 7.000 a 14.000 TRB. La planificación no puede basarse en tendencias tan poco precisas. El encargado de la planificación debiera estudiar el tráfico efectivo del puerto y tratar de prever las tendencias futuras a fin de determinar ese factor esencial.

243. Un elemento que no debe olvidarse en la planificación a largo plazo de la manipulación de cargas a granel es la tendencia a utilizar buques cada vez mayores, debido a las economías de escala que permiten obtener. En consecuencia, es preciso contar con un calado y una anchura de las dársenas y los canales suficientes para el desarrollo a largo plazo de las terminales de carga a granel. Las relaciones entre las TPM y las principales dimensiones de los buques son razonablemente sistemáticas y pueden, por lo tanto, utilizarse en la planificación. Esas relaciones pueden hallarse en los diversos capítulos de la segunda parte del Manual relativos a los distintos tipos de buques.

Capítulo IV

PREVISIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

A. — Errores de la estimación de la productividad

244. La estimación de la productividad que ha de lograrse en las operaciones de manipulación de la carga es un elemento fundamental de la planificación del futuro desarrollo de un puerto. Los errores en este campo pueden conducir a graves equivocaciones en lo tocante a las inversiones. Cuando se piensa en ampliar las instalaciones existentes, el planificador ha de determinar:

a) Cuál es la productividad real en la actualidad (los datos registrados son muchas veces inexactos o engañosos);

b) Cómo afectarán a la productividad las nuevas instalaciones (teóricamente, los nuevos métodos deberían mejorar la productividad, pero en la práctica no siempre es así).

245. En muchos casos las estimaciones de la productividad futura han resultado muy deficientes, casi siempre por ser demasiado altas. Es probable que esto se haya debido sobre todo a dos errores básicos:

a) Al contrario de lo que equivocadamente suele pensarse, un aumento de la productividad de la manipulación de la carga no dará automáticamente por resultado un aumento del movimiento de mercancías en los muelles. Supongamos, por ejemplo, que el paso de la manipulación corriente de carga fraccionada a la utilización de paletas trae consigo un aumento del ritmo de descarga de un 50%, de 10 toneladas por cuadrilla/hora a 15 toneladas por cuadrilla/hora. Pues bien, si esto no va seguido de una aceleración análoga de todas las actividades subsiguientes (almacenamiento, despacho de aduanas, etc.) no aumentará el movimiento de mercancías en los muelles y es probable que el aumento del ritmo de carga o descarga de los buques sea muy pequeño;

b) A los planificadores les es difícil aceptar el hecho de que, así como la productividad puede aumentar, también puede disminuir. Sin embargo, en los países en desarrollo es corriente que, en ciertas etapas de desarrollo, haya un período de transición durante el cual baja la productividad.

246. Por ejemplo, es probable que en un puerto de una región tropical húmeda en el que se ha estado utilizando habitualmente mano de obra de contrata, constituida por los jóvenes más aptos de las aldeas del interior, disminuya constantemente el trabajo efectivo al pasar a utilizar mano de obra permanente, con empleo asegurado hasta la edad de 60 años. En este caso, sólo podrá mantenerse la productividad (por no hablar siquiera de aumentarla) mediante la introducción gradual de equipo mecánico de manutención adaptado a las condiciones locales.

247. De la misma manera, es probable que en un puerto en el que se han ido perfeccionando los métodos de manipulación manual de la carga a lo largo de varios decenios y en el que empiezan a utilizarse métodos mecánicos que requieren menos densidad de mano de obra la productividad baje durante bastante tiempo. Por ejemplo, una mano de obra calificada y numerosa puede descargar un número de toneladas de trigo en sacos por cuadrilla que puede ser difícil alcanzar durante el primer año de funcionamiento del equipo de descarga de mercancías a granel.

248. Cuando se trata de una nueva terminal y no hay datos locales que sirvan de base para las estimaciones de la productividad, los planificadores se ven obligados a basarse en las cifras de rendimiento de otros lugares. Ahora bien, hay que andar con cuidado al hacer esto. En muchos casos, las cifras que se toman como base corresponden a instalaciones en las que las condiciones son absolutamente distintas. Por lo general, los nuevos métodos han sido introducidos primeramente en países de clima templado, y el rendimiento que se puede lograr en un clima tropical puede ser bastante inferior, no sólo a causa del problema humano de mantener una actividad continua en condiciones climatológicas difíciles, sino además por los efectos directos de la humedad y del calor sobre el equipo, que pueden reducir considerablemente tanto su rendimiento como su fiabilidad.

249. Estos efectos locales se ven agravados a veces por la información optimista que dan los fabricantes de equipo de manipulación para promover su venta. Se tiende a dar cifras de rendimiento a corto plazo, dando a entender que para calcular el rendimiento a largo plazo basta con una mera multiplicación, lo que pocas veces es cierto, sea la máquina que sea, por las siguientes razones:

a) Puede haber otras partes de la instalación que no lleguen a mantener el mismo ritmo que el equipo principal;

b) Habrá fallas y averías;

c) Habrá períodos en que el equipo esté parado para las operaciones normales de mantenimiento.

250. Estas cuestiones se discutirán más adelante con mayor detenimiento en los capítulos en que se examinan los tipos principales de equipo y se dan algunas cifras que pueden servir de orientación. No obstante, de ser posible, el planificador debe buscar cifras que reflejan la experiencia real de puertos de condiciones análogas al suyo con el equipo de que se trate. También pueden prestar asistencia la secretaría de la UNCTAD y organizaciones como la Asociación Internacional de Coordinación del Transporte de

Carga (ICHCA) y la Asociación Internacional de los Puertos.

B. — Productividad nominal y productividad efectiva

251. Hay tres elementos básicos para la determinación del rendimiento en las operaciones de manipulación de la carga. El primero de ellos es la productividad nominal, definida como el número de toneladas que maneja cada cuadrilla, grúa, cargador, bomba, etc., durante una hora de trabajo sin interrupción. El segundo consiste en las interrupciones que tienden a producirse en un turno de trabajo, con el tiempo muerto consiguiente, que reduce el rendimiento del turno. Debido a ese tiempo muerto el rendimiento horario medio baja a lo que podría llamarse la productividad efectiva. El tercero es la forma en que se utilizan las cuadrillas y los aparatos (por ejemplo, el número utilizado por escotilla y por buque, el número de turnos de trabajo y el número de horas extraordinarias que se trabajan. Este elemento, que se denomina intensidad de trabajo, determina el esfuerzo total utilizado y, combinado con la productividad efectiva, da el rendimiento a largo plazo.

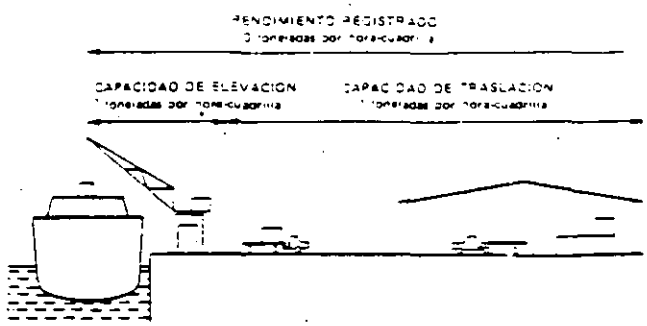
252. Una de las cosas que más deben preocupar al planificador es hacer una evaluación realista de la productividad efectiva sobre la base de todas las cifras de productividad, optimistas y arbitrariamente elegidas, que se le den. Por ejemplo, muchos operadores de terminales de contenedores dan cifras de productividad de 700 TEU por día, pero un riguroso análisis hecho por la UNCTAD [7] mostró que de 21 grandes terminales de contenedores, solamente había una, que prestaba servicios a buques portacontenedores de los llamados de la segunda y tercera generaciones, capaz de mantener una productividad de ese orden (749 TEU por día) durante varios meses, mientras que en la gran mayoría de las terminales, en los que se trabajaba con dos grúas-pórtico, la productividad oscilaba entre 300 y 500 TEU por día.

C. — Correspondencia de las operaciones

253. Algunas partes del sistema del puesto de atraque están vinculadas entre sí, por cuanto cada tonelada de carga que pasa por una de ellas tiene que pasar igualmente por las demás. Las vinculaciones más importantes son las existentes entre el sistema de manipulación a bordo y el almacenamiento, y luego entre el almacenamiento y el transporte tierra adentro. Entre las dos primeras operaciones vinculadas, es decir, la descarga del buque y el almacenamiento, debe haber correspondencia de hora en hora; y de no ser así una operación tendría que esperar a otra, o se amontonarían las mercancías en la zona de operaciones y provocarían una congestión. Para determinar si la correspondencia entre ambas operaciones es adecuada se precisa conocer la capacidad horaria de cada operación por separado. Pero ese es precisamente el problema: es difícil medir independientemente esas capaci-

GRAFICO 16

Capacidad combinada del sistema de manipulación a bordo y del sistema de traslación



dades, porque todo rendimiento registrado será el de las dos operaciones combinadas. Por ejemplo, en el caso de el gráfico 16, en el que se sabe que el rendimiento de una operación de carga fraccionada es de 10 toneladas cuadrilla/hora, será muy difícil determinar si esa cifra está limitada por la cuadrilla que engancha la carga en la bodega del buque o por el tractor que traslada la carga al tinglado.

254. Entre la operación por la que se retira la carga de los almacenes para su transporte tierra adentro y la de almacenamiento de la carga no puede haber correspondencia hora por hora, ni siquiera día por día, tratándose de carga general. Los trámites de despacho de aduana y de entrega llevan un tiempo que puede variar considerablemente. Pero, por ejemplo, la capacidad de despacho de la carga de las zonas de almacenamiento en tránsito debe ser semanalmente la correspondiente a la corriente de carga que llega del muelle para almacenamiento porque, de otra manera, se acumularía demasiada carga en las zonas de almacenamiento al aire libre y se produciría una seria congestión.

255. Si para la carga fraccionada se aplican en una fase suficientemente temprana del período de planificación del proyecto métodos como los descritos en el informe de la UNCTAD sobre el movimiento de mercancías en los muelles [8], pueden servir de base para lograr aumentos de la productividad actual del puerto y para dar a los planificadores una idea más exacta de la probable productividad futura. En la fase de la planificación conviene ser muy prudente e incluso pesimista. Las cifras de planificación deben ser más bajas que las que el personal de explotación se fije a sí mismo para alcanzarlas con un nuevo conjunto de métodos de trabajo o con un nuevo equipo.

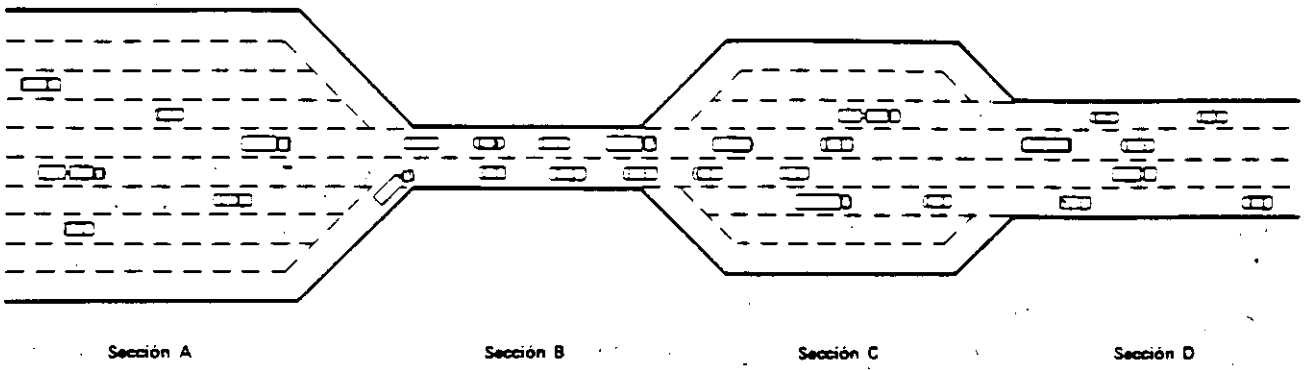
256. Los métodos propuestos en el informe sobre el movimiento de mercancías en los muelles se pueden utilizar para verificar si la propuesta de desarrollo de una terminal llevaría efectivamente a una capacidad de movimiento de mercancías equilibrada. En las operaciones que se efectúan en un puerto los diversos subsistemas funcionan juntos, de modo que la eficacia de uno de ellos afecta a las operaciones de los demás. Cabe considerar que los diversos subsistemas equivalen a una serie de secciones de carretera con anchur

[7] Véase TD/B/C.4/129/Supp.1, cuadro 10.

[8] Véase la nota 1.

GRAFICO 17

Diagrama de una carretera con secciones de anchura variable



diferentes, como se ve en el gráfico 17. En ese sistema de tráfico, el movimiento máximo viene determinado por la sección B, que es la más estrecha y forma un estrangulamiento. Evidentemente, es imposible aumentar la capacidad global ensanchando cualquier otra sección, si no se mejora primeramente la sección B. La única manera de aumentar la capacidad global consiste en aumentar la capacidad de la sección B hasta la sección D, que es la inmediatamente superior. Después, para aumentar aún más la capacidad total (si hay razones que lo justifiquen) habrá que aumentar en igual medida la capacidad de la sección B y la de la sección D.

257. En muchas terminales, los dos principales elementos de los costos de capital serán el costo de los puestos de atraque y su equipo de descarga y el costo de las zonas de almacenamiento. En la segunda parte del Manual se incluyen gráficos de planificación para ambos elementos, pero es importante comprender que la planificación de esos importantes elementos está basada en la hipótesis de que se dispone del mismo nivel de capacidad en las otras fases de las operaciones a fin de poder explotar cabalmente las dos inversiones principales. Para operaciones de importación se necesitará en particular:

a) Un diseño de la capacidad del sistema de traslación de la carga desde el punto de descarga hasta el de almacenaje;

b) Un diseño de la capacidad del sistema de despacho de la carga de los almacenes;

c) Verificar con los planificadores del sector la capacidad del sistema de distribución subsiguiente.

D. — Condiciones locales

258. Puede haber un equipo de manutención que imponga al trabajador que lo maneja una carga y un ritmo de trabajo excesivos para un clima caluroso y para la constitución física de la mano de obra local. Esto reducirá la producción a un nivel inferior al que puede lograrse en un clima templado. En algunos casos los dispositivos de control, por ejemplo pedales, se han diseñado para su utilización por personas de tipo físico diferente, lo que dificulta mucho las tareas y reduce aún más la producción. Esta observación se puede aplicar a las carretillas de horquilla elevadora y a otro equipo más moderno.

259. Así pues, es de fundamental importancia asegurarse no sólo de que los objetivos de productividad sean realistas para las condiciones locales, sino también de que los proveedores del equipo pueden dar referencias acerca de su introducción con buenos resultados en puertos de condiciones análogas. Si no hay una experiencia concreta en que basarse, los puertos deberían rechazar las ofertas de equipo no ensayado y adquirir únicamente equipo de resultados comprobados.

E. — Aumentos de la productividad

260. Aunque en este capítulo se ha venido insistiendo en el riesgo que se corre si la planificación se basa en previsiones demasiado optimistas de la productividad futura, sería un error olvidar que introduciendo ciertos cambios pueden irse logrando poco a poco aumentos reales de la productividad. Las medidas encaminadas a mejorar la productividad que pueden incluirse en un proyecto propuesto son, en términos generales, de tres tipos: medidas encaminadas a mejorar las relaciones humanas (mano de obra y personal administrativo); medidas relativas a los factores técnicos medidas de carácter administrativo y de procedimiento.

261. Pertenecen al primer grupo todas las medidas encaminadas a mejorar la actuación de cada miembro del personal administrativo y de cada trabajador, independientemente de las condiciones técnicas existentes. En muchos puertos se ha visto que la productividad de la mano de obra y del personal de oficina no depende solamente de su competencia profesional, sino que también depende en gran parte del grado en que estén satisfechos de sus condiciones de trabajo y del interés que tengan en ese trabajo. Entre las medidas concretas cabría citar las siguientes:

a) Un nivel de salarios adecuado, en proporción a lo arduo de la labor de los trabajadores portuarios, con primas cuando se sobrepase la norma establecida;

b) Posibilidades de ascenso a puestos más calificados;

c) Medidas para la prevención de accidentes, puestos de primeros auxilios y servicios médicos bien organizados;

d) Cantinas y servicios higiénicos cerca de las zonas de trabajo;

e) Viviendas e instalaciones de esparcimiento adecuadas;

f) Facilidades de formación técnica y de instrucción general, y mayor delegación de responsabilidades, con el consiguiente fomento de la iniciativa.

262. En relación con los factores técnicos pueden tomarse las medidas siguientes:

a) Establecimiento de programas preventivos de conservación del equipo, con talleres dotados de los instrumentos y el personal adecuados y con existencias adecuadas de piezas de repuesto;

b) Compra de paletas para su utilización con carga general;

c) Compra de tractores con remolques acoplados o carretillas de horquilla elevadora adicionales para aumentar la capacidad de movimiento horizontal de la carga;

d) Establecimiento de programas de capacitación técnica para contramaestres, obreros y sindicalistas, con inclusión de visitas a puertos de países desarrollados.

263. El tercer grupo de medidas, relacionadas con el mejoramiento de los procedimientos y la organización, incluye algunas que originarán probablemente un considerable aumento del movimiento de mercancías en un muelle de carga general. Entre las medidas concretas están las siguientes:

a) Aplicación estricta de la norma de que los distintos envíos deben retirarse de los tinglados de tránsito en un plazo determinado, normalmente de siete a diez días;

b) Simplificación de reglamentos obsoletos y procedimientos engorrosos que pueden hacer más lento el tránsito de la carga por el puerto.

264. No debe pensarse que un porcentaje de aumento de la productividad se traduce en un porcentaje equivalente de reducción del tiempo de servicio. El aumento de la productividad y la reducción de tiempo de servicio no son proporcionales, porque:

$$\text{Tiempo de servicio} = \frac{\text{toneladas manipuladas}}{\text{productividad efectiva del buque}}$$

siendo la productividad efectiva del buque el número de toneladas manipuladas en el puesto de atraque por día. Todo lo más que un 100% de aumento de la productividad puede dar por resultado es un 50% de disminución del tiempo en el puerto de atraque. Pueden utilizarse los gráficos de planificación incluidos en la segunda parte del Manual para determinar los efectos de diferentes cambios de la productividad.

F. — Rendimiento a largo plazo

265. Al preparar los gráficos de planificación se ha tratado de obtener datos al nivel detallado de productividad efectiva —número de cuadrillas, toneladas manipuladas por cuadrilla/hora, etc.— más bien que al nivel general de rendimiento, como toneladas al día o toneladas al año. Esos datos son los que convienen para que las previsiones se establezcan en términos plenamente operacionales. Si se necesitan cifras de rendimiento a más largo plazo se pueden tomar de las escalas de producción apropiadas de los gráficos de planificación.

G. — Aumento de la productividad con los grandes cargamentos

266. Ha quedado demostrado que, con cualquier combinación de tipo de carga y método de manipulación, puede lograrse una productividad mayor si la cantidad de carga es grande. Esto se debe primeramente a la reducción del tiempo que se pierde para iniciar las operaciones y, en segundo lugar, a que el ritmo de trabajo se va acelerando si el período de trabajo es prolongado. No obstante, ese efecto de aumento de la productividad no es suficientemente preciso para poder utilizarlo en los cálculos de planificación, y a menudo es anulado por otros factores que ocasionan variaciones. Sería prudente basar la planificación en una cifra única para el cargamento medio de un buque.

H. — Efectos contrapuestos

267. Los aumentos de la productividad van acompañados en muchos casos de factores sociales y comerciales que los contrarrestan. La tendencia gradual a la reducción del horario de trabajo y la resistencia que se advierte en la industria en general contra el traba-

CUADRO 6

Lista para el cotejo de las cifras de productividad [a]

Clase de carga	*Toneladas por día-buque*
Carga general de tipo corriente:	
Rutas transoceánicas	700
Rutas cortas y de cabotaje	500
Carga general enteramente paletizada	900
Productos forestales empaquetados	1 500
Productos siderúrgicos empaquetados	2 000
Carga preeslingada	900
Unidades ro/ro	2 500
Contenedores:	
Rutas transoceánicas	450 TEU [b]
Rutas cortas y de enlace	275 TEU [b]
Carga seca a granel:	
Carga	70% de la capacidad nominal del cargadero [c]
Descarga	50% de la capacidad nominal del descargador [c]
Carga líquida a granel	Capacidad de bombeo del buque (entre el 5 y el 10%, aproximadamente, de la capacidad horaria en TPM)

[a] Antes de utilizar estas cifras remítanse los párrafos 268 a 270.

[b] Véase el párrafo 252.

[c] Véanse las definiciones de capacidad en el capítulo VII de la segunda parte, referentes a terminales para carga seca a granel.

nocturno o en los fines de semana, pueden llegar a ser factores importantes en los puertos del futuro. Además, las reducciones teóricas del tiempo de servicio del buque debidas al aumento de la productividad pueden verse contrarrestadas por el aumento del tiempo muerto, ya que los armadores pueden tender a hacer que el buque permanezca el mismo tiempo que antes en puerto.

I. — Objetivos de productividad

268. Dar cifras típicas o incluso cifras medias de productividad horaria o diaria puede inducir a error. Hay muchas razones válidas localmente por las que un puerto, o un grupo de puestos de atraque en un puerto, puede llegar a una cifra mucho más alta que otro, y las comparaciones de ese tipo entre puertos diferentes no son de gran utilidad. Cada puerto debe comparar su rendimiento actual con el de años anteriores y tratar de mejorarlo, y no tratar de alcanzar cifras aparentemente superiores obtenidas en otros puertos, que pueden haberse calculado sobre bases diferentes.

269. Al utilizar los gráficos de planificación incluidos en la segunda parte del Manual, las cifras utilizadas para las toneladas por hora-cuadrilla, la fracción de tiempo trabajada y el número de cuadrillas empleadas deben ser cifras registradas efectivamente. Cuando no se dispone de esas cifras, y particularmente cuando un puerto tiene poca experiencia en el tipo de operación propuesta, es muy recomendable que el personal operacional visite un puerto con experiencia en esa operación y, de poder ser, con condiciones locales similares. La información que dicho personal reúna durante la visita se debería utilizar como base para la planificación, con los ajustes necesarios para tener en cuenta las condicines locales.

270. No obstante, el planificador querrá verificar si la cifra propuesta está comprendida en la escala adecuada, para asegurarse de que sus estimaciones de la productividad son realistas. En el cuadro 6 se dan los valores que pueden utilizarse con tal fin. Las cifras dadas corresponden a un equipo bien capacitado y motivado que trabaje en el número medio de escotillas para cada clase de buque, y para un sistema de turnos de trabajo que dé una fracción del tiempo trabajado (horas normales de turno por semana divididas por 168) de 0,6. Por lo tanto, se puede considerar que las cifras corresponden a objetivos operacionales a largo plazo. No obstante, su finalidad principal es servir de lista de referencia para evitar estimaciones de productividad excesivamente optimistas. No deberían utilizarse cifras más altas salvo que su empleo esté plenamente justificado, y es posible que los planificadores prefieran adoptar cifras más bajas, conforme a las circunstancias locales.

Capítulo V

PLANIFICACIÓN GENERAL Y ZONIFICACIÓN PORTUARIA

A. — Ubicación de los puertos

271. Los antiguos puertos tradicionales estaban ubicados, por lo general, cerca de una ciudad costera o formaban parte de la propia ciudad. Su función era servir a esa ciudad y, secundariamente, a las zonas y ciudades del interior. El tráfico era sobre todo de carga general. Incluso cuando había productos importantes que exportar, las cantidades eran suficientemente pequeñas como para poderlas manipular en forma de carga fraccionada (por ejemplo, en sacos). Las actividades comerciales asociadas con el puerto, salvo el almacenamiento de las mercancías, no necesitaban mucho terreno, y había poca actividad industrial. Así pues, si el centro de la ciudad estaba a orillas del mar era un emplazamiento aceptable para los antiguos muelles de carga general.

272. En los últimos decenios muchos factores han influido en la ubicación de los puertos y han cambiado casi por completo la descripción precedente:

a) Se han tenido que retirar de la zona urbana central las actividades comerciales, los almacenes y la industria ligera, porque al aumentar su magnitud necesitan más espacio y porque la demanda de terrenos en el centro de la ciudad para otros usos se ha hecho demasiado grande;

b) Han nacido y se han desarrollado industrias que necesitan grandes superficies y fácil acceso al puerto o al sistema de distribución al interior, o a ambos;

c) El tonelaje de las principales mercancías ha aumentado hasta tal punto que toda la escala de las operaciones anteriores ha sido superada;

d) El aumento ha permitido introducir el transporte a granel, en el que se utilizan buques mayores, que necesitan mayor calado y grandes zonas de almacenamiento en tránsito, y exige asimismo vías de acceso al interior libres de obstáculos;

e) Las economías de escala han inducido a las autoridades encargadas de la planificación portuaria a limitar el esfuerzo de desarrollo a un solo puerto, que sirve a una zona mucho mucho más extensa que antes;

f) Se ha abandonado, en general, por razones de protección del medio, la vieja práctica de mezclar la actividad del puerto con la vida normal de la población de la ciudad.

273. Como consecuencia, la parte de la ciudad a orillas del mar ha dejado de ser el lugar preferido para la construcción de un puerto moderno. Pueden seguir funcionando puertos existentes en las ciudades, pero solamente sirven a una fracción del tráfico total, principalmente el tráfico residual de carga fraccionada del *hinterland*, más el tráfico de cabotaje y de gabarras. El tráfico principal y la mayor parte del tráfico de carga general, especialmente la unitarizada, tienen que desplazarse a lugares más adecuados. En los países en desarrollo, donde la unitarización progresa lentamente, puede caber la posibilidad de seguir, durante cierto tiempo todavía, manipulando toda la carga general en el viejo puerto, pero si el volumen del tráfico de carga general es considerable, aunque esa carga no esté unitarizada, puede necesitarse un nuevo puerto más convenientemente ubicado. En la gran mayoría de los casos hay que sacar de la zona urbana las actividades portuarias industriales, aunque sólo sea por razones de protección del medio ambiente. De hecho, el nuevo puerto puede constituir un centro de desarrollo regional, de modo que su ubicación puede utilizarse para estimular el crecimiento económico nacional.

274. En el caso de los puertos que proyectan transferir algunas actividades a otras zonas se puede considerar la posibilidad de compensar el costo de las nuevas instalaciones vendiendo o arrendando el valioso terreno que ocupan en la ciudad.

B. — El concepto del plan general

275. Al buscar lugares adecuados para nuevos proyectos de desarrollo portuario o para ampliaciones de puertos existentes hay que tener en cuenta que se necesitan:

a) Aguas profundas y seguras en los puntos de atraque y canales de acceso satisfactorios;

b) Terreno de extensión suficiente;

c) Mano de obra;

d) Buen acceso a carreteras, ferrocarriles o vías de navegación interior.

En este capítulo se examina cómo pueden armonizarse las dos primeras necesidades. La disponibilidad de mano de obra para el puerto es un aspecto muy importante de la cuestión, ya que los costos económicos y sociales del reasentamiento de trabajadores son considerables. En el capítulo VI se examinan los aspectos técnicos de la zona marítima del puerto. En el capítulo VII se consideran las conexiones con los transportes interiores.

276. Esas necesidades tienen que tenerse en cuenta al comienzo de la labor de planificación general. En el capítulo I se ha descrito la relación entre el plan general y otros proyectos de desarrollo portuario a más corto plazo, señalándose que el objeto del plan general es la preparación para el futuro a largo plazo. Se trata sobre todo de establecer un marco racional de desarro-

llo en el que puedan encajar sucesivos proyectos de construcción a medida que el tráfico aumente.

277. Los encargados de la planificación general deben considerar el futuro lejano y buscar las configuraciones más económicas, pero en esa etapa de la planificación no conviene utilizar las técnicas usuales de evaluación financiera de un proyecto. Los criterios principales son de carácter industrial, social y ambiental, con suficiente estudio de los aspectos de ingeniería prácticos para asegurarse de que la orientación a largo plazo escogida no conduzca a gastos de ingeniería civil excesivos. Una de las consideraciones principales que hay que tener en cuenta en el plan general es mantener abiertas durante el mayor tiempo posible las opciones que se ofrecen al puerto. Para ello el planificador debe prestar especial atención a la preparación de un programa global de utilización del suelo y evitar que llegue a autorizarse una utilización del suelo con otros fines que obstaculicen el futuro desarrollo del puerto.

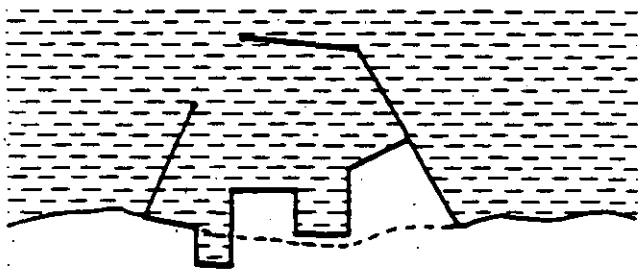
C. — Clases de puertos

278. Antes de tomar una decisión conviene examinar una amplia gama de posibilidades. A menudo se comete el error de prestar atención especial demasiado pronto a una determinada propuesta. Ese error ha de evitarse muy particularmente en la etapa de la planificación general, porque entonces es cuando hay posibilidad de influenciar todo el futuro desarrollo regional del país. La etapa conceptual se inicia con la estrategia nacional coordinada en materia de puertos, y en ella se ofrecen numerosas opciones a un país con un extenso litoral o con muchos ríos.

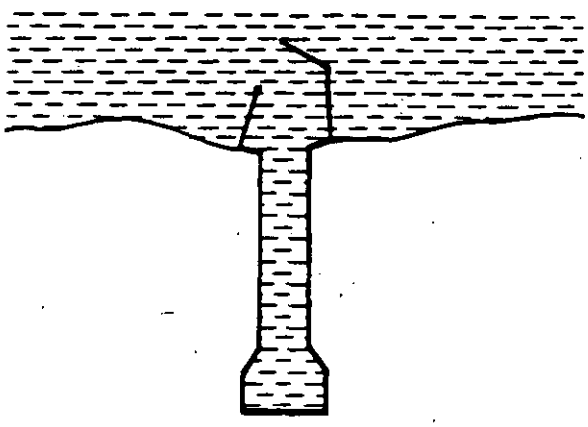
279. En los gráficos 18 y 19 se presentan en forma simplificada las principales clases de puestos que pueden tomarse en consideración antes de quedarse con una lista reducida de posibles ubicaciones. El objeto del desarrollo portuario es en todos los casos proporcionar una superficie de agua resguardada con acceso a extensiones de terreno apreciables. A este respecto es particularmente útil el puerto artificial formado por un canal excavado en tierra firme; para tener la posibilidad de aplicar una política óptima de utilización del terreno, cabe tomar en consideración la forma de Y del gráfico 18 C. Esta forma de Y también puede ser útil como forma elemental de dársena en puertos más complejos. No obstante, se ha visto en ciertos casos que esos canales amplifican el oleaje, de modo que hay que estudiar cuidadosamente los modelos. Cuando las instalaciones que se necesitan requieren más espacio que el que podría obtenerse mediante

GRÁFICO 18

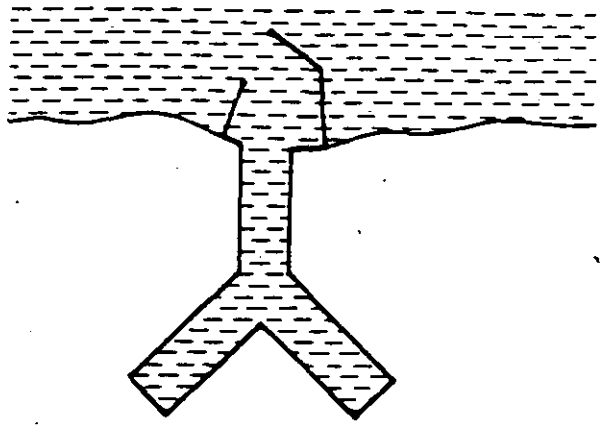
Diversas configuraciones de puertos artificiales



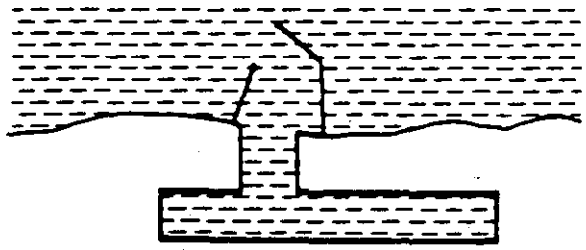
A. — En saliente (la línea de puntos indica la costa original)



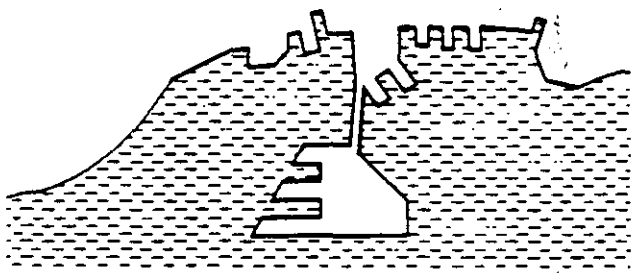
B. — Canal excavado en tierra firme y dársena de maniobra



C. — Canal excavado en forma de Y



D. — Canal excavado paralelo a la costa



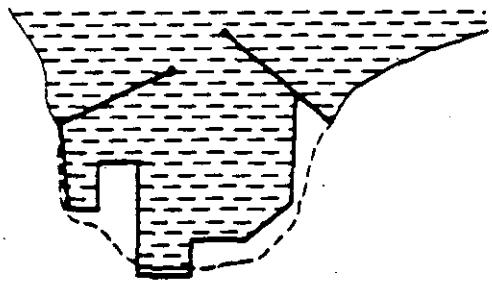
E. — Adición de una isla-puerto artificial a un puerto ya existente

la ampliación de los muelles de un puerto ya plenamente desarrollado y cuando las condiciones de calado lo permiten, la adición de una gran isla artificial unida a tierra por un puente, como muestra el gráfico 18 E, es una solución.

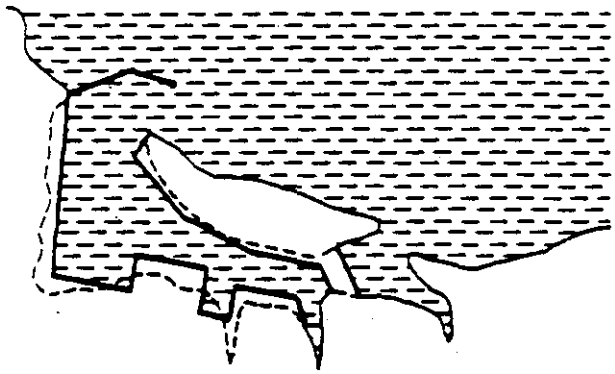
280. Tratándose de puertos naturales, es probable que el puerto en estuario, como el del gráfico 19 C, sea la solución más productiva por unidad de costo de construcción, siempre que el costo del dragado no resulte demasiado alto. A fin de evitar gastos excesivos de dragado para mantener ese tipo de puerto en condiciones adecuadas es preciso analizar con particular detenimiento las condiciones hidráulicas, y la configuración más satisfactoria será, normalmente, la que refuerce el régimen natural en vez de perturbarlo.

GRAFICO 19

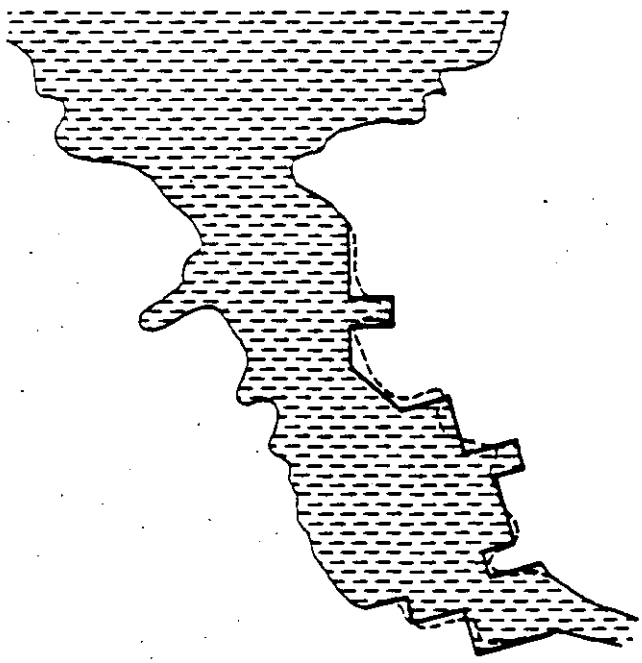
Diversas configuraciones de puertos naturales



A. — Aprovechamiento de una obra natural



B. — Aprovechamiento de una isla natural frente a la costa



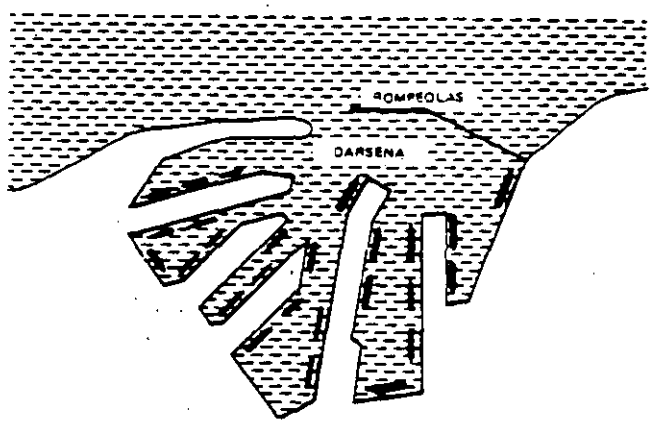
C. — Desarrollo de un puerto natural en estuario

D. — Configuración del puerto

281. Un indicador de las necesidades de terreno que es útil para el diseño de un puerto es el número de metros cuadrados de la zona de servicio operacional por metro lineal de muelle. Si se trata de un muelle lineal, la cuestión puede reducirse a la de la profundidas que ha de tener la zona de servicio a partir del borde del muelle. Cuando los buques eran pequeños y el ritmo de manipulación de mercancías bajo, el número de metros cuadrados por metro lineal de muelle era pequeño, en muchos casos de unos 50 m^2, incluida la superficie de las explanadas, los tinglados y las vías férreas. Esto permitía construir dentro de un puerto espigones largos y estrechos y dar al muelle una longitud máxima, como en el caso del gráfico 20.

GRAFICO 20

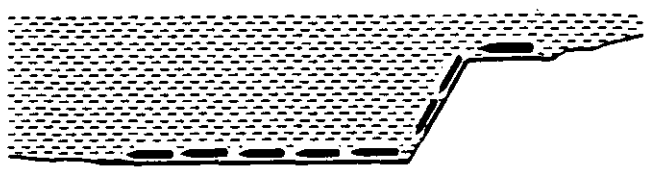
Diseño con longitud máxima del muelle



282. En esa disposición típica de los viejos puertos se utilizaba al máximo la superficie de las dársenas. Al aumentar la carga transportada por buque y mejorar la productividad, rápidamente el indicador subió a 100 y luego a 200, de modo que con esa disposición era imposible disponer de una zona de servicio suficiente. Más recientemente se ha dado en tratar de eliminar por completo espigones y dársenas, utilizando únicamente zonas en ángulo cóncavo y largos muelles seguidos, como muestra el gráfico 21.

GRAFICO 21

Diseño con una zona de servicio máxima



283. Aunque el diseño del gráfico 21 es excelente desde el punto de vista operacional, es evidente que utiliza mucha más costa natural y muchas más aguas abrigadas por puesto de atraque que el diseño del gráfico 20. Así pues, es probable que esa construcción sólo sea económicamente viable en los ríos y estuarios, en los que se dispone de largas riberas y extensas superficies de aguas protegidas. Resultaría muy caro construir el puerto del gráfico 21 en una costa que necesitase protección artificial mediante rompeolas.

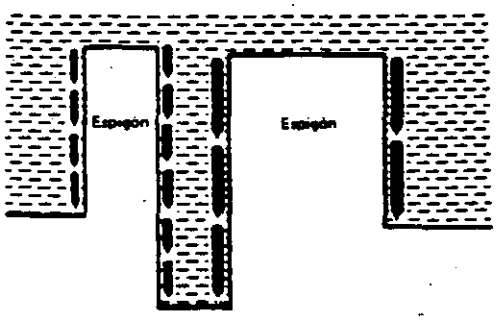
284. El mejor diseño cuando se trata de proporcionar la zona de servicio necesaria sin utilizar demasiado litoral o aguas abrigadas es de tipo de espigón, pero con espigones mucho más anchos que los tradicionales. Como norma general puede considerarse que un espigón para cualquier tipo de carga general debe tener por lo menos un ancho equivalente a dos veces la eslora del buque, como muestra el gráfico 22 A, lo que quiere decir que un espigón operacional medio para carga debe tener unos 320 metros de anchura. Por razones operacionales conviene, de ser posible, utilizar el extremo del espigón únicamente para embarcaciones de servicio del puerto y no como puesto de atraque. En muchos casos, las corrientes y los vientos dominantes, a más de otros factores que afectan a la navegación, harán preferibles los espigones oblicuos o en espiga, como los del gráfico 22 B.

E. — El puerto industrial

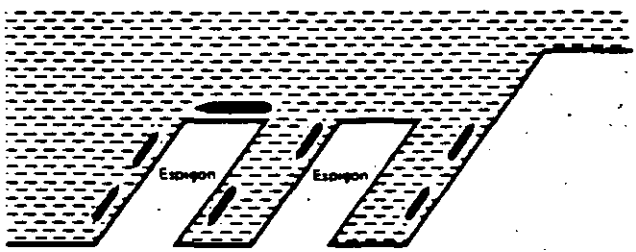
285. Es cuestión de importancia primordial para un gobierno la de si el puerto ha de desempeñar únicamente su función primordial de transferencia de la carga entre el transporte terrestre y el transporte marítimo o bien ha de tener un papel más amplio y más activo en el desarrollo nacional. Muchas veces hay razones de carácter económico que justifican claramente la instalación de ciertas industrias en el punto en que se encuentran diferentes sistemas de transporte, ya que su ubicación en cualquier otro lugar situado entre la fuente de la materia prima y el punto de destino del producto introduciría una fase más de manipulación y almacenamiento en tránsito.

GRAFICO 22

Diseños de espigones modernos



A. — Espigones rectos



B. — Espigones oblicuos o en espiga

286. Pero la cuestión es bastante más compleja. La actividad portuaria es en sí misma una importante industria. Un puerto emplea un gran número de trabajadores y los adiestra en muy diversas especialidades que son transferibles a otras industrias. El puerto es, pues, el centro de actividad de toda una comunidad y atrae naturalmente otras actividades industriales. Desde el punto de vista del medio ambiente, también es probable que, si los vientos dominantes lo permiten, se pueda reducir al mínimo la contaminación de la atmósfera si las fábricas se sitúan en el litoral. Así pues, proyectar un puerto sin pensar en crear una zona industrial es desaprovechar una valiosa oportunidad para estimular el desarrollo regional. La construcción de un nuevo puerto que no incluya alguna actividad industrial sólo puede justificarse normalmente cuando:

a) Las presiones urbanas y/o las razones ambientales impiden su desarrollo;

b) Factores geográficos o climáticos limitan al estricto mínimo las actividades en el litoral.

287. Estrictamente hablando, los grandes polígonos industriales que, por razones de economía, se han de ubicar cerca de la costa, deberían considerarse exclusivamente como generadores de tráfico y se les deberían prestar servicios portuarios en la forma normal. No obstante, hay razones para que esas zonas industriales tengan sus propias instalaciones portuarias. De aquí surge el concepto de puerto industrial especializado que sirve solamente a ese grupo de industrias y que está separado del puerto comercial. La existencia de complejos industriales relativamente aislados —por ejemplo, una mina con las correspondientes instalaciones para el tratamiento del mineral cerca de una zona poco desarrollada de la costa— puede justificar la construcción en las inmediaciones de una terminal especial para reducir los costos de transporte. Las grandes terminales de petroleros también suelen situarse lejos de las zonas edificadas, por razones ambientales y de seguridad. No obstante, es probable que en ambos casos el factor determinante sea el calado disponible, aun cuando la posibilidad de construir largos espigones o terminales frente a la costa da mucha libertad de ubicación.

288. Esta libertad para operar independientemente de un puerto establecido puede tener muchos atractivos para los planificadores industriales que prefieran controlar todas las etapas de sus operaciones. Sin embargo, es preciso hacer dos advertencias. En primer lugar, hay que reconocer que, a largo plazo, los complejos industriales de todo tipo tienden a atraer las industrias y el comercio asociados con ellos, de modo que poco a poco va constituyéndose un núcleo de población local, con las consiguientes necesidades de terrenos. Sería prudente prever esa evolución antes de decidir el emplazamiento de una terminal especializada.

En segundo lugar, aun cuando parezca que la terminal estará situada en un lugar no desarrollado de la costa y no se pueda imaginar ningún otro uso para ese terreno, las perspectivas a largo plazo pueden ser muy diferentes. La costa, que es un recurso nacional, no debería cederse a un usuario sin obtener a cambio un ingreso razonable. En esos casos es posible que haya que promulgar leyes que redefinan los límites de una zona portuaria existente para incluir la nueva terminal, de modo que la administración portuaria pueda obtener ingresos, así como proporcionar todos los servicios varios (conservación de las ayudas a la navegación, reparación de buques, servicios de remolcadores y lucha contra incendios) cuya duplicación sería antieconómica.

289. Tratándose de grandes zonas de desarrollo industrial y no de industrias aisladas, si esas zonas están situadas junto a un puerto se les deberían proporcionar los servicios portuarios normales de uso común y no caer en la tentación de ceder el litoral exclusivamente para necesidades especiales de la industria. La carga general debe utilizar las instalaciones portuarias normales, y sólo debería darse una terminal separada dentro de la zona portuaria ampliada cuando se trate de un complejo industrial específico que requiera una terminal especializada para carga a granel. Así pues, la satisfacción de las necesidades de manipulación de carga de la zona en desarrollo estará totalmente sometida a la planificación y al control de la administración portuaria, una de cuyas preocupaciones principales en lo que respecta a la planificación general será excluir de la utilización de los terrenos del puerto a los usuarios que no sea indispensable situar en la zona portuaria. Los análisis han puesto de relieve que la proporción de usuarios que es preciso situar en la zona portuaria es a veces asombrosamente pequeña. Estas consideraciones pueden conducir a reorientar la zona de desarrollo hacia el interior y no paralelamente a la costa, con lo cual se dará a la comunidad marítima libertad de acción en el futuro.

290. Las industrias secundarias y terciarias son las que añaden más valor y las que más promueven el desarrollo regional, mientras que las industrias primarias son las que más ingresos proporcionan a un puerto. En consecuencia, cuando la administración portuaria vaya a distribuir los terrenos entre las diversas industrias pueden surgir conflictos de intereses. Cuando el beneficio económico derivado de la utilización de los terrenos de un puerto determinado sean tales que prevalezcan sobre el interés financiero del puerto, puede ser conveniente que el gobierno conceda al puerto una subvención por utilización del terreno a fin de compensar su pérdida de ingresos.

F. — Terrenos ganados al mar

291. Muchas veces se ganan al mar parcelas de terreno útil extrayendo el agua por bombeo o trasladando el material dragado junto a un muelle a un lugar en que se necesite tierra. Esa labor de ingeniería puede modificar considerablemente las posibilidades del plan general.

292. Por estos medios es posible modificar una isla, un banco de arena, un terreno pantanoso o una lengua de tierra que de otro modo no se podrían utilizar, creando un muelle de atraque y una zona de servicio. Las pequeñas islas frente a la costa pueden desempeñar un papel importante en un puerto moderno, particularmente en el establecimiento de instalaciones de manipulación de carga a granel para productos que puedan trasladarse a tierra firme por medio de tuberías o de transportadores, sin necesidad de construir con un costo elevado una carretera cara sobre un malecón. Otra posibilidad, que resulta onerosa, es la de crear, utilizando tecnología avanzada, un puerto flotante completo frente a la costa. Sin embargo, no es probable que esta solución sea factible en el caso de un país en desarrollo.

293. Otra posibilidad es ganar al mar grandes extensiones de terreno, por ejemplo para proporcionar amplias zonas de desarrollo industrial. Por lo general, estas zonas tendrán que ser suficientemente grandes para varias industrias, y su desarrollo, como parte de una política regional, correrá a cargo normalmente de una administración pública, esto es, la administración portuaria al tratarse de una zona industrial portuaria. Esa administración arrendará a largo plazo a la industria diversos emplazamientos. Desgraciadamente, en el momento de la planificación es posible que no se tenga mucha seguridad en cuanto a las posibilidades de arriendo, porque los posibles arrendatarios no manifestarán su interés mientras esa zona no deje de parecer un arenal o una marisma y vaya asemejándose a un verdadero polígono industrial. Si se toma la decisión de ganar terrenos al mar para establecer industrias, habrá que seguir adelante sin tener la absoluta seguridad de que se podrá arrendar el terreno así ganado al mar. Pero una vez acondicionado el terreno la demanda de la industria puede aumentar muy rápidamente y, por regla general, la operación resultará beneficiosa para el desarrollo regional.

294. La ejecución de ese tipo de proyectos de infraestructura grandes y onerosos requiere tanto tiempo que hay que iniciar los trabajos no sólo mucho antes que cualquier proyecto para construir la superestructura correspondiente, sino incluso antes de que se manifieste la necesidad de esa superestructura. Este aspecto es vital para el desarrollo de un puerto, y fue probablemente en los Países Bajos donde se comprendió primero su importancia: el éxito del puerto de Rotterdam se debió en gran parte a una decisión de ese tipo.

295. Cuando las previsiones indican que el crecimiento del comercio llegará a necesitar nuevas e importantes instalaciones portuarias, los programas en gran escala para ganar terrenos al mar merecen serio estudio como solución a largo plazo. Ganando terrenos al mar es posible llegar a las aguas profundas, con lo que se reducen los gastos de dragado. Todo el complejo puede proyectarse de manera que se minimicen los efectos desfavorables en el orden social y ambiental. El complejo puede llegar a ser un proyecto conjunto residencial, comercial e industrial, con comunicaciones debidamente planificadas, incluso un aeropuerto comercial. Es probable que esos planes integrados vayan haciéndose cada vez más necesarios a medida que se acelera el desarrollo.

296. El principio antes indicado de escoger una configuración de muelles que esté en consonancia con la del litoral existente se aplica aún más estrictamente

en el caso de los planes de recuperación de vastas extensiones de marismas o terrenos pantanosos. En tales casos hay que tener en cuenta que no sólo la considerable modificación del interfaz tierra/agua tiene efectos ambientales que sólo pueden preverse parcialmente mediante estudios modelos, sino que, además, en los canales de acceso y al pie de los muelles pueden producirse fenómenos de repleción y otros fenómenos que normalmente pueden reducirse al mínimo si se coopera con el sistema natural.

G. — Racionalización del uso de los terrenos del puerto

297. Además del tipo de proyectos que se acaba de indicar, que permiten proporcionar al puerto moderno el terreno adicional que necesita ganando terrenos al mar y ampliando o construyendo nuevas dársenas, es preciso examinar el modo en que se utilizan los terrenos del puerto y la configuración general de la zona litoral. Este examen es parte esencial del plan general, ya que la racionalización de la configuración y de la zonificación de los terrenos permite liberar tierra para satisfacer las crecientes necesidades de zonas de servicio de los puertos modernos.

298. En un puerto que ha ido creciendo sin plan preconcebido hasta llegar a ser una compleja estructura de espigones, dársenas y zonas de clasificación ferroviarias, un aspecto importante de la racionalización es la simplificación del diseño del puerto, cerrando los puestos de atraque que los métodos modernos de manipulación de la carga han hecho redundantes, colmando dársenas, levantando vías férreas y rehaciendo la superficie del terreno. Así se puede dar a un puerto cuya configuración original se parece a la del gráfico 20 la configuración que se muestra en el gráfico 19 A. El proceso es gradual, pero en la etapa de la planificación general debe determinarse ya la orientación a largo plazo del esfuerzo de modernización.

299. Otra posibilidad consiste en trasladar actividades no esenciales fuera de la zona portuaria. Estrictamente hablando, la única actividad esencial de un puerto es la carga y descarga de los buques, y todas las demás actividades pueden desarrollarse a cierta distancia, ya tierra adentro, ya en una parte menos valiosa de la costa. Un puerto de este tipo no es práctico desde el punto de vista comercial, pero la transferencia de actividades tierra adentro cuando se agotan los terrenos del puerto es una solución válida en la planificación general. El almacenamiento o depósito a largo plazo, con las actividades conexas de clasificación y comerciales, figuran entre los primeros candidatos al traslado. Las tres condiciones técnicas necesarias para el traslado a un depósito tierra adentro son las siguientes: en primer lugar, que la operación de transporte pueda organizarse económicamente; en segundo lugar, que en los documentos de transporte estén consignadas las mercancías como expedición directa; en tercer lugar, que los trámites aduaneros se transfieran al nuevo depósito. Con todo, puede haber serios problemas de organización, de modo que puede que esta solución sólo sea viable para los países que disponen de una sólida base administrativa.

H. — Principios generales del diseño de un puerto

300. La forma en que se ajusten entre sí las diferentes zonas será un factor muy importante para evitar la futura congestión del puerto. El error más grave que hay que evitar es permitir que se asuman compromisos a largo plazo respecto de una parcela de terreno que más tarde puedan impedir la ampliación de otras zonas y/o el acceso a ellas. También sería un error permitir que los terrenos se utilicen —aun cuando no existan inversiones a largo plazo— para fines que más tarde resultaría muy difícil cambiar por razones sociales y políticas; por ejemplo, la utilización de la costa como lugar de recreo.

301. Todos los puertos, salvo los más pequeños o los muy especializados, constan de varias terminales o grupos de puestos de atraque separados, en cada uno de los cuales se manipula un determinado tipo de tráfico. La necesidad de dividir la zona portuaria en zonas especializadas resulta de la exigencia de una mayor productividad en cada terminal. Cuando el volumen de tráfico es demasiado pequeño y no justifica la existencia de una terminal separada para cada tipo de tráfico, o cuando la incertidumbre en cuanto a la forma del tráfico futuro no justifica la construcción de una terminal especializada, la solución puede ser una terminal polivalente. En términos generales, el puerto comprenderá las zonas separadas que muestra el gráfico 23.

302. Es preciso delimitar claramente esas zonas antes de avanzar mucho en la preparación del plan general. Más tarde, la administración portuaria debería reconocer el carácter distinto de cada una de esas zonas, delegar la responsabilidad específica de su control en administradores especialmente designados y establecer en cada zona sistemas de información independientes para reunir datos estadísticos sobre el tráfico y el rendimiento.

303. El punto a partir del cual resulta económico proporcionar una terminal especializada para determinada clase de tráfico depende sobre todo del movimiento anuaal correspondiente. El planificador debe determinar el tiempo de rotación de los buques con una terminal especializada y sin ella. Luego, disponiendo ya de las estimaciones de costos para las diversas terminales, se puede elegir la estrategia de desarrollo que mejor convenga.

304. La ubicación relativa de las distintas zonas en el puerto dependerá de los siguientes factores:

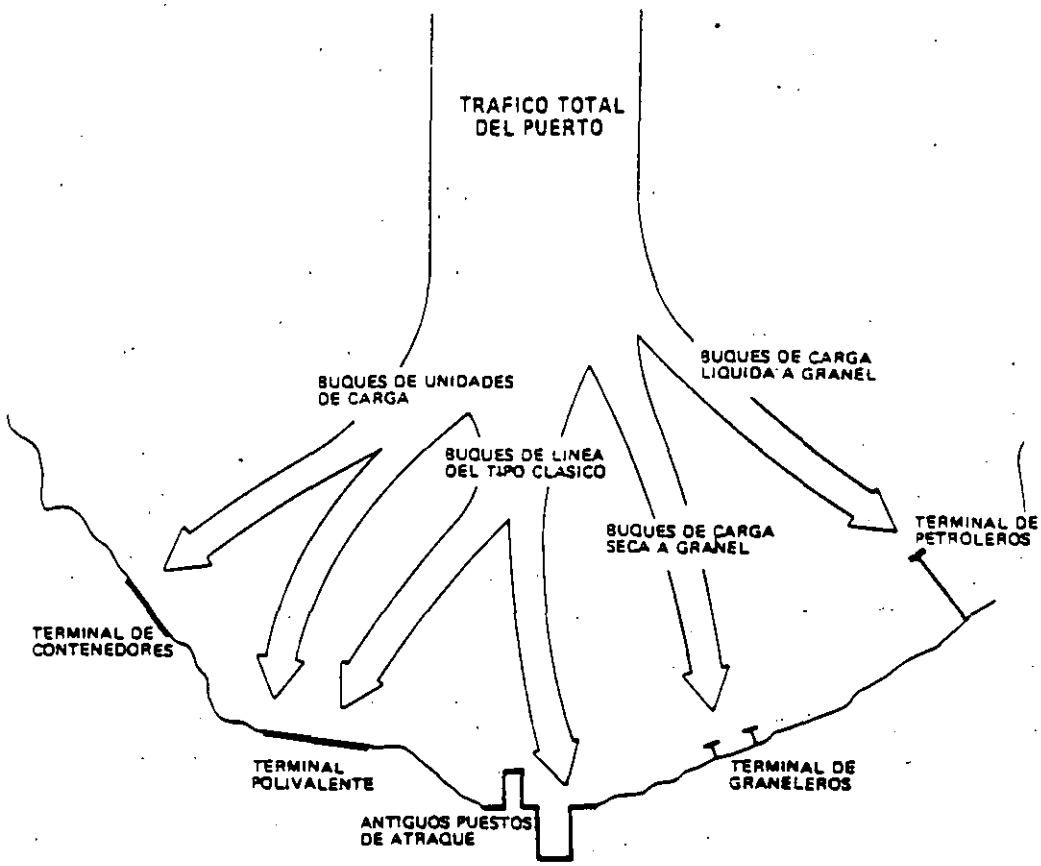
a) El calado necesario en cada terminal: el calado tradicional para buques de carga fraccionada, de 7,5 a 10 metros, no será adecuado para los buques portacontenedores transoceánicos ni para los graneleros de carga seca o los petroleros;

b) El terreno necesario para cada terminal: por ejemplo, la zona de apoyo de un muelle de contenedores es mayor que la de un muelle para carga fraccionada;

c) La influencia de los vientos dominantes: hay que situar las diferentes zonas de modo que el polvo y los olores de las cargas a granel no sean llevados por el viento hacia los muelles de carga general, las instalaciones para pasajeros o las zonas habitadas;

GRAFICO 23

Distribución del tráfico entre las distintas zonas portuarias



d) Consideraciones de seguridad: sería preferible situar las terminales de petroleros, que a menudo hay que ubicar dentro de la zona portuaria principal, cerca de la entrada del puerto, a distancia razonable de las zonas destinadas a la carga general. Para otros tipos de carga peligrosa se necesitarán zonas especiales análogas;

e) El acceso a los transportes interiores: las terminales para carga seca a granel deberían situarse de manera que tuvieran fácil acceso a la red de carreteras o de ferrocarriles, sin necesidad de atravesar zonas muy pobladas;

f) La compatibilidad de las zonas contiguas: además de tener en cuenta los vientos dominantes, debe cuidarse de que no estén juntas zonas cuyas cargas respectivas puedan tener efectos recíprocos perjudiciales. Por ejemplo, una zona para cereales y harina se puede situar sin riesgo cerca de las terminales para productos de madera o acero, pero no en las proximidades de instalaciones para carga y descarga de abonos;

g) El sistema de la corriente de tráfico: no se debería adoptar un plan de zonificación sin asegurarse previamente de que las carreteras y caminos, las vías de ferrocarril, los transportadores y los oleoductos y tuberías forman un conjunto armonioso. No es conveniente un plan que produzca un gran número de cruces de carreteras, de puentes y de pasos superiores.

305. Antes de decidir si se ha de atribuir o no a un tráfico determinado una zona que le esté exclusivamente destinada, hay que determinar si existe la posibilidad de hallar un tráfico compensatorio de importación/exportación. Estudiando los puntos de origen y de destino del tráfico que indica la previsión tal vez se advierta la posibilidad de una combinación de corrientes compatibles que ayude a llenar los buques en el viaje de retorno. Esa posibilidad ha de discutirse con las autoridades encargadas del transporte marítimo. Si las diferentes clases de tráfico de que se trata se atienden en el mismo lugar, se reducirán al mínimo los movimientos de los buques en el puerto y se podrán utilizar con mayor intensidad las zonas de servicio.

I. — Aumento de los ingresos derivado de grandes ampliaciones de los puertos

306. El costo que supone crear vastas superficies de agua abrigadas o ganar al mar grandes extensiones de tierra será muy elevado. Será, pues, esencial explotar plenamente el potencial así creado, a fin de distribuir los costos entre toda una serie de utilizaciones. Por ejemplo, el mejor lugar para construir los rompeolas que han de formar un puerto artificial puede ser un lugar tal que esos rompeolas delimiten una superficie de agua más extensa que la que se necesitaría para los fondeaderos y los accesos a los muelles. En tal caso, convendría buscar el medio, por ejemplo la ampliación de los muelles o espigones, la construcción de un puerto de pesca o de un puerto para embarcaciones de

recreo, de utilizar más ampliamente esa superficie de agua y de distribuir los costos y beneficios de la construcción de los rompeolas entre un mayor número de usuarios. De la misma manera, cuando se trata de una zona de marismas puede ser necesario situar las instalaciones portuarias al nivel mínimo de la bajamar, que puede estar a varios kilómetros de distancia de la tierra seca. Las obras de defensa necesarias para crear el puerto pueden ser más viables si abarcan una gran extensión de terreno que si abarcan meramente una estrecha banda de acceso. En ese caso, el costo de las obras puede quedar parcialmente compensado por los ingresos que reporte la extensión de tierra firme así creada.

ANEXO

ESTUDIO DEL PLAN GENERAL DEL PUERTO DE LOS ANGELES

A. — Desarrollo histórico del puerto

1. El gráfico A.1 muestra las diversas etapas del desarrollo del puerto, desde 1872 hasta el momento en que se preparó un nuevo plan general, en 1975. Las etapas por las que ha pasado el puerto constituyen un ejemplo interesante de cómo puede una bahía con unas cuantas islas cerca de la costa transformarse en un gran puerto con gran longitud de muelles y extensos terrenos. Se verá, sin embargo, que aunque las zonas desarrolladas hasta 1975 eran muy extensas, el plan general para 1990 prevé un incremento neto de unas 404 hectáreas de terreno para cubrir las necesidades del puerto.

2. En 1872 (primer diagrama del gráfico A.1) se manipulaban en el puerto 50.000 toneladas de carga al año, en pequeños espigones, situados principalmente en la zona de San Pedro, y el canal de acceso estaba a la izquierda de Dead Man's Island. Ese canal, que antes tenía 45,7 centímetros de profundidad en bajamar, se había dragado poco tiempo antes hasta darle una profundidad de unos 3 metros.

3. Entre 1872 y 1908 se hicieron muchas obras en el puerto: se construyó un rompeolas a partir de la punta sur y dos rompeolas cortos que delimitaban el canal de entrada al puerto interior, que se estaba empezando a utilizar, y se dragó el canal para darle una profundidad de 4,57 metros. En 1908 los rompeolas formaban un puerto exterior en el que se construyeron espigones en saliente. Se instalaron vías férreas hasta los muelles de Rattlesnake Island y hasta los espigones del puerto exterior. El aumento de la carga manipulada fue muy rápido, pasando de 500.000 toneladas a un millón de toneladas entre 1888 y 1908. Con trabajos de dragado sucesivos se dio entonces a la totalidad del canal principal una profundidad de 5,49 metros en marea baja.

4. Entre 1908 y 1915 Rattlesnake Island se fue acondicionando poco a poco hasta formar un nuevo puerto, con zonas de almacenamiento y comerciales de extensión considerable y muelles. En el extremo meridional de la isla, ahora llamada Terminal Island, se estaba desarrollando un puerto pesquero de cierta importancia. Se suprimió el rompeolas situado al este para ensanchar el canal, pero Dead Man's Island seguía siendo un obstáculo.

5. En 1929 se ganaron al mar nuevos terrenos y se ensanchó aún más Terminal Island, se eliminó Dead Man's Island y se ganó asimismo al mar la zona de Reservation Point, reservada para uso federal (hoy día, e incluso en el plan general para 1990, Reservation Point es una zona que sigue destinada a uso federal, lo que, en realidad, no guarda relación con los objetivos reales del puerto). Los puestos de atraque necesarios se construyeron en la forma utilizada corrientemente en esa época, recortando las orillas del canal principal en forma de espigones y de dársenas. En ese período se construyeron carreteras de acceso hasta los muelles, así como puentes y viaductos. Cuando se abrió el canal de Panamá aumentó considerablemente el tráfico, que se duplicó tres veces entre 1920 y 1930, alcanzando un máximo de 26 millones de toneladas, de las cuales 21 millones correspondían a importaciones de petróleo. Se hicieron obras considerables en la dársena del oeste, del lado de tierra, en particular trabajos de dragado, y todos los canales del puerto se profundizaron hasta 10,67 metros.

6. En 1935 se construyó al otro lado de la bahía el rompeolas central para proporcionar aguas abrigadas, y se fueron estableciendo almacenes, servicios de transbordadores y otros muchos servicios e instalaciones.

7. A partir de 1947, el desarrollo del puerto obedeció sobre todo a la necesidad concreta de proporcionar instalaciones especializadas para determinadas compañías de navegación, en particular una terminal para cereales a granel, terminales especiales para petroleros y una terminal para chatarra metálica, así como nuevas zonas de almacenamiento y edificios para las aduanas. En el plan de desarrollo de 1960 se preveía la construcción de 15 nuevos puestos de atraque en los cinco años siguientes y la primera instalación para contenedores. Durante este período se terminó el dragado definitivo de varios bancos de arena dentro de la dársena occidental. Empezó a desarrollarse la navegación de recreo y se construyó un muelle para esas embarcaciones de recreo, así como fondeaderos para yates y pequeñas embarcaciones.

8. Las obras principales que se hicieron en el puerto entre 1967 y 1975 fueron la construcción de varios muelles de contenedores y el mejoramiento de las carreteras de acceso. En 1974 se construyeron instalaciones para buques ro/ro y comenzó la planificación de las destinadas a buques para el transporte de gas natural licuado (GNL).

9. El gráfico A.2 muestra la zonificación del puerto en 1975.

B. — Necesidades futuras

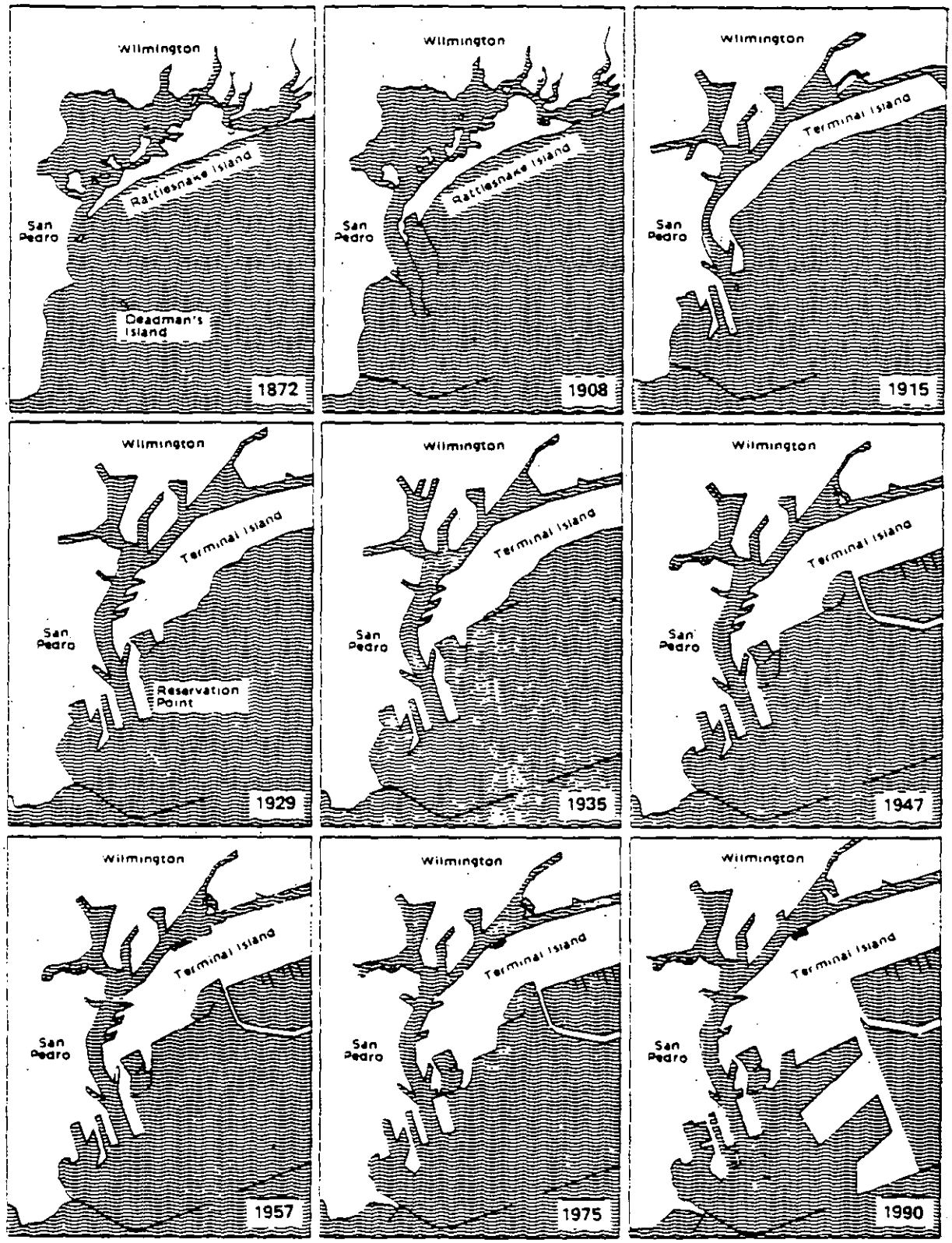
10. En 1975 se hizo un amplio estudio de planificación general para evaluar las necesidades a largo plazo del puerto y establecer, para la zonificación y las grandes mejoras del puerto, una serie de normas que pudieran traducirse en el futuro inmediato en proyectos detallados de desarrollo.

11. Al hacer ese estudio se advirtió que para que el puerto siguiera siendo competitivo debía poder acoger buques de mayor tamaño y calado. Cada vez con más frecuencia llegan al puerto buques cuyo calado es superior a los 9 metros del puerto interior y a los 14 metros del puerto exterior y del canal. Muchos de ellos no pueden entrar en el puerto a plena carga y antes de darles entrada es preciso aligerarlos en mar profunda, más allá del rompeolas. Se preveía que en 1990 el tamaño medio de los buques cisterna sería de 250.000 TPM (calado de 21 a 23 metros, aproximadamente) y el de los buques graneleros de 100.000 TPM (calado mínimo de unos 14 metros). Además, el examen de la flota mundial de portacontenedores mostraba que el puerto no podría acoger a buques mayores que los de la llamada segunda generación. Por otra parte, se espera la aparición de buques criogénicos para el transporte de GNL, que tendrán también más calado que el que puede entrar en el puerto. Muchos de los usuarios de zonas situadas en el puerto interior han indicado que para seguir utilizándolo necesitarían un calado de unos 14 metros. Así pues, el puerto necesita evidentemente aguas más profundas para recibir buques de tamaño cada vez mayor.

12. En segundo lugar, el estudio puso de manifiesto que también se necesitaban nuevos terrenos. Los análisis de la utilización del suelo y las previsiones de la carga indicaban una necesidad neta de unas 400 hectáreas adicionales para satisfacer las necesidades del puerto en 1990. Era preciso aumentar la longitud de los muelles

GRAFICO A.1

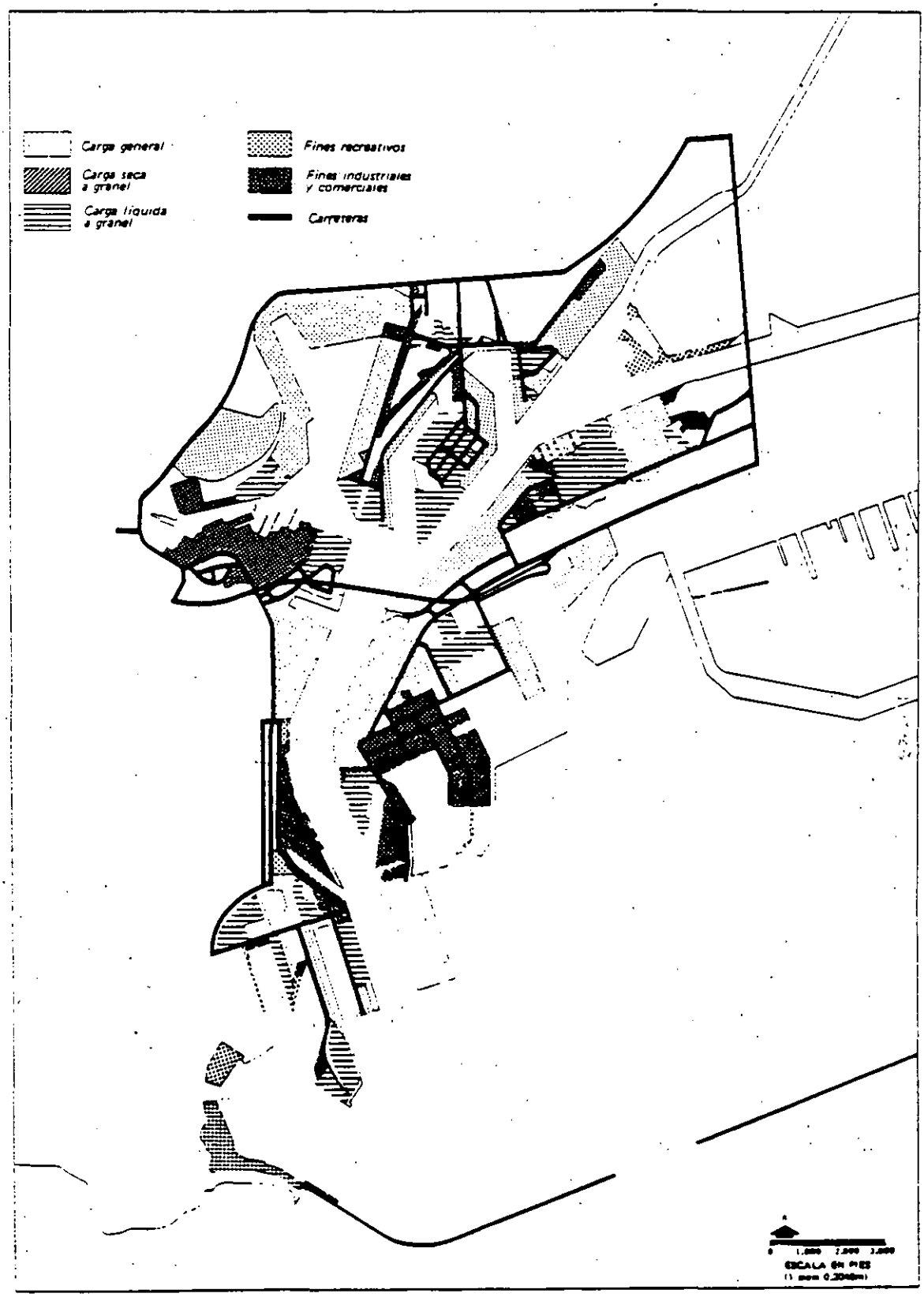
Desarrollo pasado y futuro del puerto de Los Angeles, 1872-1990



Fuente: Este gráfico, como todos los de este anexo, se ha tomado de «Port of Los Angeles Comprehensive Master Plan, 1990», preparado para el puerto por Voorhees, Trimble and Nelson Consolidated, Inc., en 1975.

GRAFICO A.2

Utilización del terreno en el puerto de Los Angeles, 1975



CUADRO A.1

Proyecciones de la corriente total de carga, 1980–2000
(En miles de toneladas cortas)

Grupo de productos	Año 1973	1980	1990	2000
Carga general				
Carga general especial:				
Madera en rollo	355	483	483	483
Automóviles	235	301	421	538
Hierro y acero	410	658	795	960
Bananas	102	102	124	150
Total de carga general especial	1 102	1 544	1 823	2 131
Contenedores	3 224	4 848	7 315	9 363
Carga fraccionada	1 025	1 025	1 384	1 747
Total de carga general	5 351	7 417	10 522	13 231
Carga líquida a granel*				
Petróleo crudo	7 528	26 974	47 402	68 828
Otras cargas líquidas a granel	9 040	9 040	9 222	9 408
Total de carga líquida a granel	16 568	36 014	56 624	78 236
Carga seca a granel	2 397	2 397	3 009	3 814
TOTAL	24 316	45 828	70 155	95 281

Fuente: Este cuadro, como todos los siguientes, se ha tomado de «Port of Los Angeles Comprehensive Master Plan, 1990», preparado para el puerto por Voorhees, Trindle and Nelson Consolidated, Inc., en 1975.

* No incluido el GNL, cuyas importaciones en 1990 han sido estimadas por el Western LNG Terminal en unos 6 millones de toneladas y en el año 2000 en 12 millones de toneladas.

GRAFICO A.3

Proyecciones de tonelaje para el puerto de Los Angeles

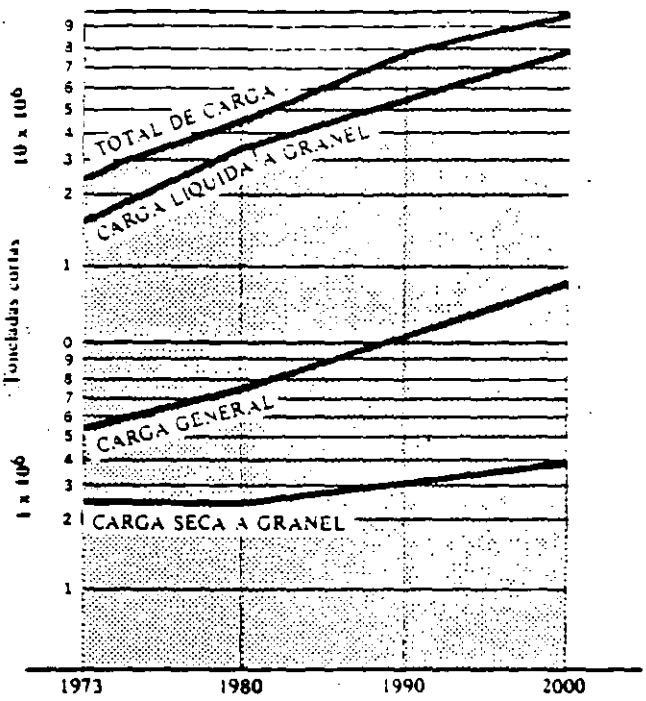
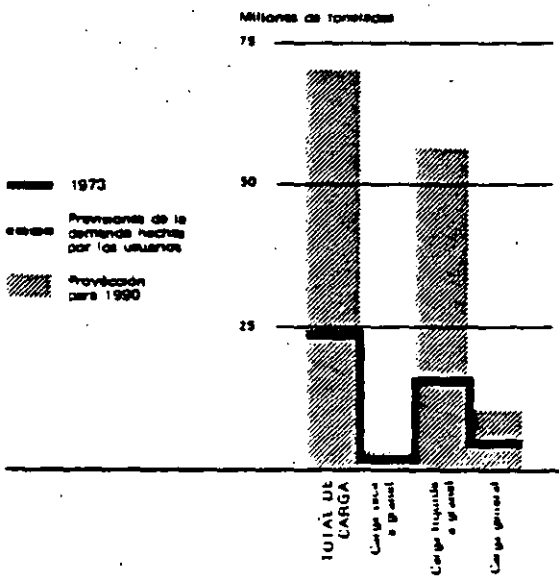


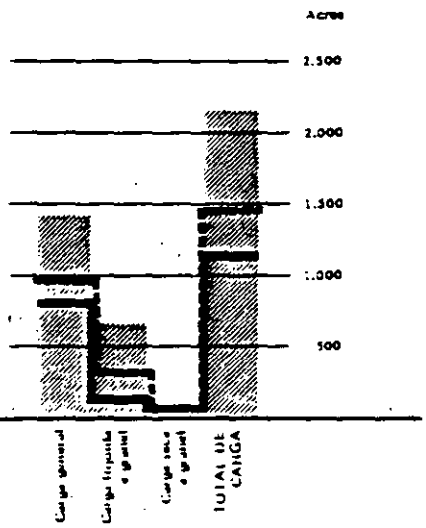
GRÁFICO A.4

Comparación de las proyecciones de movimiento de mercancías y las necesidades de terreno

A. — *Proyecciones de movimientos de mercancías*



B. — *Necesidades de terreno*



paralelos al litoral, así como las superficies que se hallan detrás de ellos para satisfacer las necesidades de los arrendatarios. En el puerto ya no hay sitios cuyas características permitan este tipo de desarrollo.

13. Como para aumentar el calado del puerto se necesitaba un importante programa de dragado, se ofrecía una oportunidad única de resolver de manera conveniente desde el punto de vista económico, técnico y ambiental, las necesidades del puerto de aguas más profundas y terrenos más extensos. La solución consistía en combinar el actual programa de dragado con un programa de terraplenado. Esta posibilidad hizo que se propusiera la creación de una vasta zona de terraplén que se extendería hacia el sudeste a partir de Terminal Island.

14. La estimación de la capacidad del puerto necesaria en cuanto a manipulación de carga se hizo más bien desde el punto de vista de las necesidades de terreno que desde el punto de vista del número de puestos de atraque necesario. Los planificadores habían llegado a la conclusión de que con cualquier diseño razonable de los espigones, como los presentados en este capítulo (véanse los gráficos 18 y 19), se obtendría un número de puestos de atraque suficiente si la zona de servicio situada detrás de los muelles tenía la extensión necesaria para el movimiento anual típico de mercancías.

15. Se examinaron detalladamente las distintas zonas del puerto, pero la proyección preliminar de la corriente de carga se hizo teniendo en cuenta la demanda global de servicios portuarios. En el gráfico A.3 y el cuadro A.1 se presenta la previsión a largo plazo para el año 2000, con un desglose por principales grupos de carga. En esas previsiones se utilizaron técnicas normalizadas como las que se describen en el capítulo III. El gráfico A.4 muestra la magnitud del aumento entre las cifras reales de 1973 y las proyecciones para 1990. La fase siguiente consistió en convertir las previsiones de corrientes de mercancías en necesidades de terrenos; se utilizaron coeficientes de utilización directa del terreno, relacionando la cifra del movimiento anual de mercancías con el número de acres necesarios, como se hace para la situación actual en el cuadro A.2. Había incertidumbre en cuanto a la intensidad a largo plazo de la utilización de la tierra, y para los cálculos se utilizaron dos hipótesis diferentes. En el caso A se partió de la hipótesis de que todos los arrendatarios de terrenos mantendrían la actual intensidad de toneladas por acre, y los resultados así obtenidos indicaban necesidades muy grandes, como se ve en el cuadro A.3. En el caso B se partió de la hipótesis de que el progreso tecnológico permitiría intensificar la utilización de los terrenos, y se empleó una cifra de intensidad un 30% más alta. En el cuadro A.3 se presentan asimismo los resultados obtenidos con esta otra hipótesis, que indican necesidades menores, y de hecho ésta fue la hipótesis utilizada en el plan general.

16. La previsión se comparó con los resultados de una encuesta sobre la opinión de los usuarios, y los dos resultados se indican en el gráfico A.4, B. Es interesante observar que los usuarios del puerto prevén necesidades de terreno mucho menores que las pronosticadas por el equipo de planificadores, pero cabe suponer que, en muchos casos, los cálculos de los usuarios sean demasiado bajos, porque los usuarios enfocan la planificación a largo plazo con un criterio convencional y probablemente menos imaginativo.

CUADRO A.2

Intensidad de utilización de los terrenos para manipulación y almacenamiento de carga, 1973

Grupo de productos	*Superficie bruta (en acres)*	*Tonelaje total (en millares de toneladas cortas)*	*Toneladas anuales por acre (en millares de toneladas cortas)*
Carga general			
Carga general especial:			
Madera en rollo	70	355	5.07
Automóviles	197	440	2.23
Hierro y acero	[a]	[b]	[b]
Bananas	9	102	11.33
Total de carga general especial	276	897	s.d.
Contenedores	187	3 224	17.24
Carga fraccionada	314	1 230	3.91
Total de carga general	777	5 351	s.d.
Carga líquida a granel	215	16 568	80.42
Carga seca a granel	97	2 397	24.71
TOTAL	1 089	24 316	s.d.

[*] Un acre = 0,4047 hectáreas.

[a] La utilización de terrenos para cargas de hierro y acero está incluida en la superficie indicada para las instalaciones de manipulación y almacenamiento de automóviles y carga fraccionada.

[c] El tonelaje de hierro y acero (410 000 toneladas cortas; véase el cuadro A.1) se ha dividido por igual entre automóviles y carga fraccionada.

CUADRO A.3

Proyecciones de las necesidades de terreno, 1980-2000

(En acres[*])

Grupo de productos	*1973*	*Hipótesis A*			*Hipótesis B*		
		1980	*1990*	*2000*	*1980*	*1990*	*2000*
Carga general							
Carga general especial:							
Madera en rollo	70	95	95	95	73	73	73
Automóviles	197	282	366	455	216	282	350
Hierro y acero[a]							
Bananas	9	9	11	13	7	8	10
Total de carga general especial	276	386	472	563	296	363	433
Contenedores	187	281	424	543	216	326	418
Carga fraccionada	314	346	455	567	266	350	436
Total de carga general	777	1 013	1 351	1 673	778	1 039	1 287
Carga líquida a granel[b]	215	448	704	973	344	542	748
Carga seca a granel	97	97	122	154	75	94	118
TOTAL	1 089	1 558	2 177	2 800	1 197	1 675	2 153

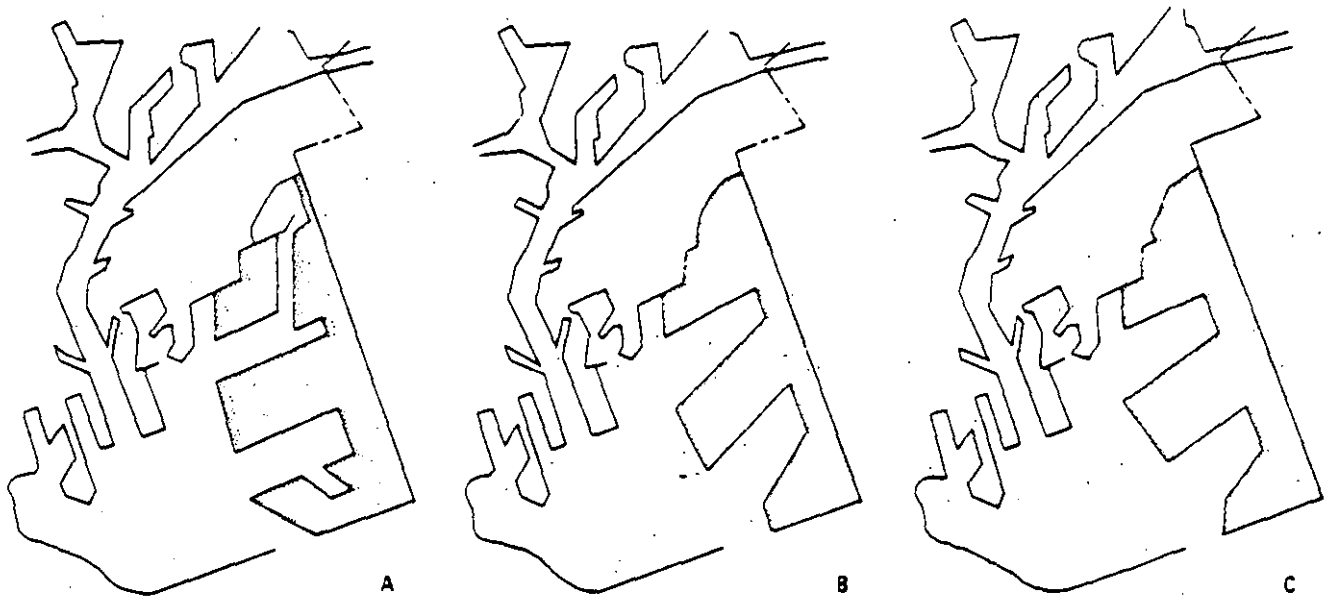
[*] Un acre = 0,4047 hectáreas.

[a] Las necesidades de terreno para cargas de hierro y acero se han incluido en la superficie indicada para las instalaciones para automóviles y carga fraccionada.

[b] No incluidas las necesidades de terreno calculadas para el GNL.

GRAFICO A.5

Diferentes propuestas de terraplenado
(Se eligió la variante C)



17. La manipulación de la carga sólo es una de las formas de utilización de los terrenos del puerto, de modo que se hicieron previsiones análogas respecto de los usos industriales, comerciales, recreativos, administrativos y diversos. Esas previsiones se presentan en el cuadro A.4, en el que los usos del terreno se desglosan según las zonas de planificación, esto es, según las zonas portuarias. También para esos usos se prevén considerables aumentos, particularmente para los usos industriales, y hay que proporcionar el terreno correspondiente.

C. — Decisiones tomadas en el marco del plan general

18. Como ya se ha sugerido, la principal decisión fue la de efectuar importantes trabajos de dragado además de crear por terraplenado una nueva zona portuaria de 1.034 acres (418,5 hectáreas). Se prevé llevar a cabo ese terraplenado en coordinación con el programa general de dragado y con la demanda de canales más profundos. También se observó que sería necesario realizar análisis hidrodinámicos, y se decidió utilizar un modelo del puerto. La principal posibilidad que se había descartado al tomar esa decisión fue la de utilizar boyas en alta mar para el amarre de buques en aguas profundas, debido sobre todo a que en la zona de la bahía de San Pedro puede haber terremotos, de modo que podrían romperse las tuberías submarinas, con graves consecuencias. Además, la experiencia práctica había demostrado, en opinión de los planificadores del puerto, que con el amarre de buques a una sola boya el costo de conservación de las tuberías flotantes era elevado. El alto costo de la excavación de una zanja para la instalación de tuberías, la conservación de las boyas y la posibilidad de colisión entre buques, junto con los posibles efectos ecológicos sobre la vida marina eran razones a favor de la decisión de aumentar la profundidad del agua dentro del puerto en vez de utilizar las aguas profundas fuera de él.

19. En lo que respecta al terraplenado, la decisión fue menos difícil de tomar porque, como muestra el gráfico A.5, en las tres soluciones posibles dentro de los límites del puerto se preveía la misma zona de terraplén, aunque con configuraciones de muelles diferentes, si bien en todas ellas había un espigón principal como ya se ha descrito (véase el gráfico 22). Se eligió la solución del diseño

CUADRO A.4

Resumen de la utilización de los terrenos para fines distintos de la manipulación y el almacenamiento de la carga, por zona de planificación, 1973
(En acres[a])

Uso	Zona de planificación[b] 1	2	3	4	5	6	7	Puerto[c]
Industrial	5	14	78	13	68	221	4	403
Comercial	1	42	18	0	0	5	0	66
Recreativo	70	2	0	0	19	4	0	95
Administrativo	37	0	0	0	23	285	0	345
Otros[d]	22	60	51	85	374	285	270	1 147
TOTAL	135	118	147	98	484	800	274	2 056

[a] Un acre = 0,4047 hectáreas.

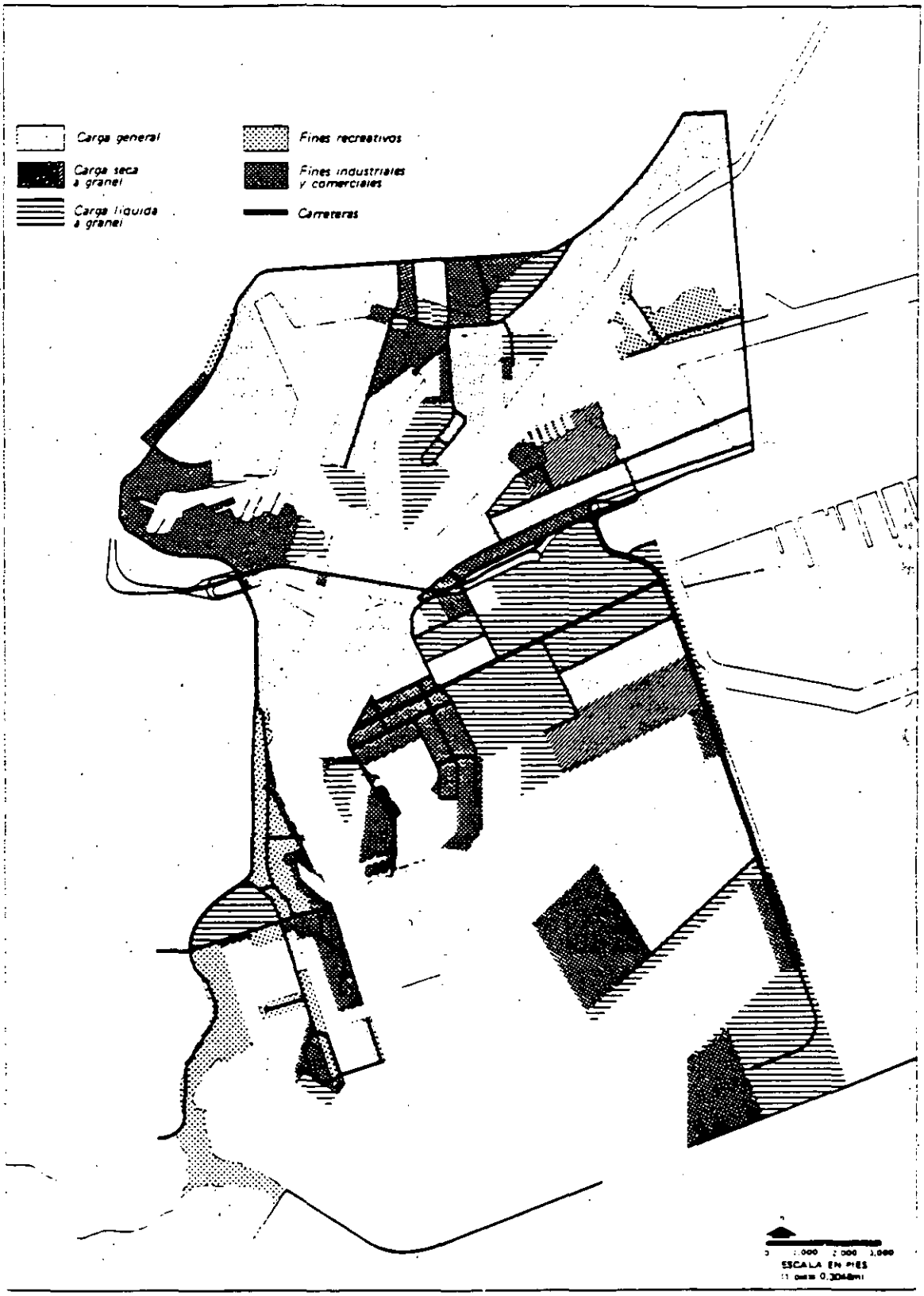
[b] La zona 1 es la del proyectado terraplén de Terminal Island que hoy día no existe.

[c] Incluye terrenos situados dentro de las zonas de estudio del puerto no controlados por el Departamento de Puertos de Los Angeles.

[d] Incluye terrenos no ocupados, terrenos en litigio, la zona residencial de Knoll Hill (zona 3), y servidumbres de paso de carreteras, ferrocarriles y servicios públicos. Desde 1973, en la zona 3 hay arrendados 32 acres para instalaciones destinadas a carga líquida a granel.

GRAFICO A.6

Plan general del puerto de Los Angeles, 1990



CUADRO A.5

Cambios planificados en las zonas de manipulación de diferentes tipos de carga
(En acres)*

Tipo de carga	Zona de planificación							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Contenedores								
1975	—	—	57	33	11	86	—	—
1990	—	—	63	175	—	155	100	—
Carga fraccionada								
1975	14	33	—	—	195	42	—	30
1990	—	11	—	—	250	52	100	—
Carga especial								
1975	—	—	—	89	57	100	—	30
1990	—	—	—	—	136	60	65	30
Carga seca a granel								
1975	—	21	—	—	6	70	—	—
1990	—	—	—	—	10	70	100	—
Carga líquida a granel[a]								
1975	—	—	—	—	5	—	—	—
1990	—	—	—	—	5	—	—	—

* Un acre = 0,4047 hectáreas.

[a] No incluida la carga líquida a granel para producción de energía.

más sencillo y en la que la anchura de los espigones y del dique de enlace era mayor.

20. Una vez determinadas así las líneas generales de desarrollo del puerto, se examinó desde un nuevo punto de vista la cuestión de la distribución de los distintos tipos de utilización del suelo entre las siete zonas portuarias diferentes, habida cuenta de la combinación de las posibilidades futuras y de la utilización actual. En muchos casos se invitó a los usuarios a trasladarse a lugares más adecuados. Se decidió eliminar pequeñas irregularidades del trazado del muelle para proporcionar mejores puestos de atraque y demoler algunas superestructuras anticuadas, como ciertos almacenes, para proporcionar zonas de servicio más amplias. En el cuadro A.5 se resumen los cambios de utilización del suelo previstos para cada una de las zonas; en ese cuadro puede verse que no hay una política general de especialización o de distribución de cargas entre zonas. A la zona 7, que es la nueva zona creada por terraplenado, se le han asignado diversos tipos de carga.

21. Se estableció un plan de comunicaciones, consistente en un nuevo trazado para las conexiones ferroviarias y de carretera, con una importante conexión por carretera sobre el dique que enlaza la zona de terraplén propuesta y diversas simplificaciones en los accesos por carretera a otras zonas del puerto. El gráfico A.6 muestra la utilización de los terrenos y la red de comunicaciones previstos en el plan general para 1990.

22. Antes de finalizar el plan se hizo una serie de análisis de impacto para asegurarse de que el plan general propuesto no creaba problemas. Dichos análisis fueron los siguientes:

a) Un análisis del impacto sobre la atmósfera, en el que se examinó principalmente la contaminación de la atmósfera que podría resultar de las actividades industriales en el puerto;

b) Un análisis del impacto sobre los recursos biológicos, en el que se examinaron los posibles efectos del plan sobre los mecanismos modernos y el desplazamiento de peces y plankton;

c) Un análisis del impacto sobre los recursos geológicos, esto es, un análisis de los efectos de los trabajos de dragado del canal principal y de terraplenado sobre el medio geológico.

d) Un análisis del impacto sobre los recursos hídricos, en el que se estudiaron los problemas de abastecimiento de agua y de tratamiento de aguas residuales, así como cuestiones de seguridad de la navegación;

e) Un análisis del impacto sobre los recursos culturales, para determinar si el plan iba a afectar a lugares de interés arqueológico o histórico;

f) Un análisis del impacto socioeconómico, estudio importante que consistió en el examen de las necesidades de energía, de cuestiones de higiene, de seguridad y de empleo, así como de cuestiones de estética, en estrecha cooperación con las autoridades locales de planificación.

Capítulo VI

ASPECTOS DE INGENIERÍA CIVIL

A. — Introducción

307. En un proyecto de desarrollo portuario, la labor de los ingenieros abarca un largo período de tiempo. Comenzando con estudios iniciales del potencial del desarrollo de diversas ubicaciones posibles, se estiman, en términos aproximados, los costos de las propuestas de ingeniería que satisfacen las necesidades de zonas marítimas y terrestres a fin de proporcionar una base para la evaluación de la inversión y para la decisión sobre el proyecto. Luego se preparan los dibujos y especificaciones detallados, se celebran contratos, se supervisa la labor de construcción, y, finalmente, se entregan las nuevas instalaciones a la autoridad encargada de la explotación.

308. En este capítulo la atención se centra en el papel que desempeña el ingeniero en los estudios que dan lugar a un programa de inversión. El juicio técnico es importante para poder efectuar unas estimaciones adecuadas de las diversas opciones de desarrollo, pero en esa etapa no es preciso prestar mucha atención a los detalles.

309. En la labor de los ingenieros en el seno del equipo encargado del proyecto un elemento muy importante es que las estimaciones sean realistas. Para ello, debe partirse de un buen conocimiento de las características físicas del lugar y una plena comprensión de las necesidades de los diversos tipos de tráficos marítimos y portuarios.

B. — Investigaciones sobre el terreno

1. Consideraciones generales

310. Una investigación cuidadosa del lugar es esencial para el éxito del proyecto. La investigación sobre el terreno consiste en el estudio de todas las característica físicas de la zona:

a) Hidrografía y topografía;

b) Influencias meteorológicas y oceanográficas;

c) Hidráulica de la costa, que incluye la influencia local del mar sobre los procesos que afectan al litoral;

d) Exploración del subsuelo terrestre y submarino.

Pueden utilizarse, como complemento de los estudios sobre el terreno, técnicas especiales con modelos hidráulicos para prever las modificaciones debidas a las obras de construcción portuaria.

2. Estudios hidrográficos y topográficos

311. Es esencial poseer datos seguros sobre la batimetría (la profundidad del agua en el mar o en el río). Las diversas profundidades del agua se representan en las cartas marinas mediante las cifras de los distintos sondeos o por curvas de nivel.

312. Tratándose de un nuevo proyecto, los mapas hidrográficos disponibles pueden proporcionar información suficiente para los estudios técnicos preliminares. También es posible obtener copias de las cartas, mapas y gráficos con que trabajaron los hidrógrafos que realizaron la labor original de elaboración de los mapas hidrográficos. En sus mapas de trabajo pueden figurar sondeos a intervalos menores que los que se dan en los mapas publicados.

313. Cuando se planifica el estudio batimétrico detallado para el proyecto, la zona seleccionada debería ser lo bastante extensa para incluir diversas opciones en cuanto a accesos marítimos y emplazamientos para las instalaciones portuarias.

314. La mayor parte de los levantamientos batimétricos se realizan en la actualidad mediante sondas acústicas de gran definición, que pueden montarse en un buque adecuado obtenido en la región. Sin embargo, todavía se utiliza el método más antiguo de sondeo con sondaleza, especialmente en los lugares difíciles y cerca de estructuras existentes.

315. Es necesario realizar levantamientos topográficos junto con los levantamientos hidrográficos para determinar puntos del litoral. También es necesario un levantamiento de las zonas terrestres que interesan a las obras portuarias.

316. Cuando se busca un emplazamiento para un nuevo puerto, después de examinar en primer lugar todos los planos disponibles, hay que determinar una zona para levantamientos preliminares y hay que establecer puntos topográficos permanentes. A medida que cristaliza el proyecto, se determina con mayor precisión el alcance de la labor de levantamiento de planos necesaria y aumenta correspondientemente el grado de detalle.

317. Para elaborar los dibujos que figuran en el contrato, debieran prepararse planos topográficos muy detallados de la zona portuaria, prestando especial atención a los accesos por carretera y ferrocarril. Una escala adecuada para esos planos sería 1 : 1.000.

3. Estudio meteorológico

318. Aunque en la mayor parte de las regiones habitadas del mundo existen registros meteorológicos, en algunos casos pueden ser insuficientes para una

estimación completa de las tendencias estadísticas. No obstante, puede esperarse razonablemente que, para cualquier emplazamiento existan registros de los vientos y las precipitaciones atmosféricas en algún lugar cercano, que sirvan al menos para un estudio preliminar. Una vez escogido el emplazamiento, habrá que instalar un anemómetro, un pluviómetro y un barógrafo para registrar las condiciones meteorológicas durante la etapa de construcción y para poder utilizarlos ulteriormente como parte de la actividad del puerto.

319. Conocer la frecuencia y la fuerza de las tempestades es importante para proyectar obras de ingeniería marítima. El anemómetro de registro continuo permitirá obtener las velocidades y direcciones de los vientos y la duración de las ráfagas.

4. Estudio oceanográfico

320. La oceanografía es el estudio del comportamiento del mar y abarca una amplia gama de fenómenos naturales. Para un proyecto portuario, los factores concretos que presentan interés son las olas, las corrientes y las mareas.

321. La longitud, altura y periodo de las olas que llegan a la costa pueden estimarse a partir de los registros de los vientos. Las olas dependen de la velocidad, y la duración del viento así como de la distancia durante la cual el viento actúa sobre el agua, y hay relaciones empíricas entre estos factores y las olas que generan. Los registros de los buques dan más información sobre las olas, pero el método más seguro es la medición directa. Esta se lleva a cabo generalmente mediante un ondámetro registrador.

322. Las principales corrientes oceánicas son bien conocidas, pero su importancia para el diseño de un nuevo puerto es mucho menor que la de las corrientes locales, que es preciso medir.

323. Los registros de las mareas son generalmente bastante fidedignos, pero a menudo hay que tener cuidado para determinar el nivel de referencia correcto de las mareas en relación con el levantamiento topográfico y los sondeos. El nivel de referencia puede obtenerse registrando las mareas durante un periodo de un mes como mínimo y determinando el nivel medio del agua. Entonces pueden ajustarse los marecómetros a ese nivel de referencia y se puede seguir registrando las mareas durante el período de ejecución del proyecto.

5. Estudio hidráulico del litoral

a) *Olas*

324. Es preferible medir las olas que se producen directamente en el emplazamiento del puerto. Hay muchos tipos de ondámetros adecuados, y el elemento más importante para escoger un tipo determinado es que se pueda utilizar y mantener en buen estado en el lugar de que se trate. La extrapolación estadística de los datos tomados durante un cierto período permite calcular la periodicidad probable de una altura de ola determinada, o bien las alturas de olas vinculadas a tempestades de una periodicidad determinada: por ejemplo, una vez al año, cada diez años, cada cincuenta años o cada cien años.

325. La interacción de la ola con el fondo del mar, a medida que la ola avanza hacia la costa, modifica la dirección y la altura de la ola. Los efectos de repleción y refracción son complejos, pero generalmente se adoptan criterios y cálculos simplificados a los efectos de la planificación.

b) *Corrientes*

326. Las corrientes deben estudiarse en las cercanías del puerto para determinar su velocidad y dirección en las diversas fases de la amplitud de la marea. También hay que tener en cuenta las variaciones estacionales y lunares de las corrientes y los efectos de la corriente de agua dulce, en el caso de un estuario.

327. Las corrientes litorales se miden mediante flotadores que se sueltan en lugares previamente determinados para registrar luego su trayectoria, o mediante correntímetros que registran las variaciones de intensidad y dirección en un punto fijo.

c) *Deriva litoral*

328. Cuando hay una corriente cerca de la costa, la combinación de la acción de las olas sobre la costa, que desprende materiales, y de la corriente, que transporta materiales de playa, puede alterar la línea de costa. Este mecanismo de transporte de sedimentos se denomina deriva litoral. Durante un cierto período, puede haber deriva litoral en un sentido y luego en sentido contrario, pero generalmente habrá una dirección predominante.

329. Cuando un accidente, como por ejemplo una ensenada de marea o un estuario interrumpe la playa, tiende a formarse una lengua de arena en la dirección del movimiento de materiales predominante. Asimismo, si se sitúa perpendicularmente a la playa un obstáculo, como un rompeolas, se acumularán materiales de un lado del obstáculo y se producirá un fenómeno de erosión del otro lado. El gráfico 24 muestra los efectos de la deriva litoral. Es, pues, importante, al proyectar un puerto en una costa, estimar el grado de deriva litoral e investigar sus consecuencias probables.

6. Estudio geotécnico

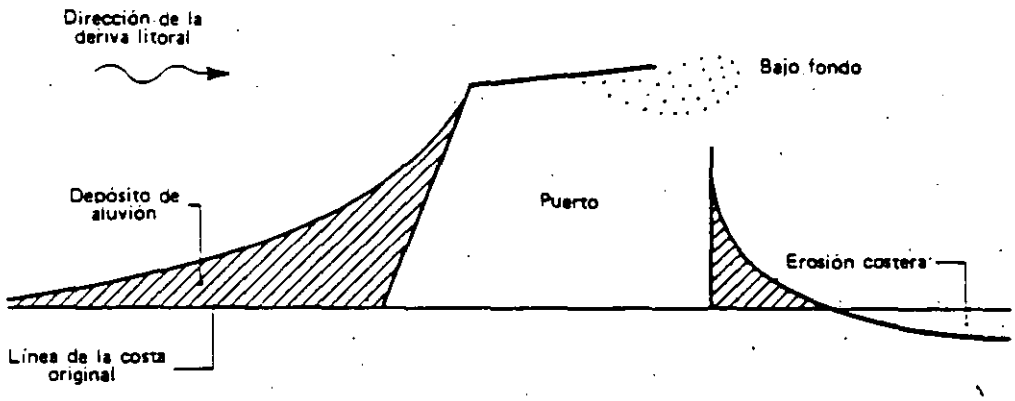
330. La investigación geotécnica del emplazamiento es un paso previo importante para la construcción de un puerto. Las perforaciones exploratorias frente a la costa utilizando artefactos flotantes o una plataforma temporal resultan onerosas, pero el costo de la investigación es generalmente pequeño en relación con el valor de las instalaciones construidas.

331. Los principales métodos utilizados para la investigación del subsuelo son los siguientes:

a) *Pozos de sondeo* hechos excavando dentro de un tubo de revestimiento. Este método, denominado

GRAFICO 24

Efectos de la deriva litoral en un puerto costero



también sondeo y barrena de cuchara, utiliza un cabezal cortador cilíndrico y barrenas para perforar la roca y otros obstáculos. Funciona mediante un cable metálico conectado a un torno. Se obtienen muestras no perturbadas para un examen minucioso.

b) Pozos de sondeo formados por perforación rotativa. Se utiliza una barrena templada para recoger muestras de roca. Este método es lento y costoso y por ello se utiliza únicamente cuando tienen que determinarse las propiedades mecánicas exactas de los estratos duros a los efectos de los cimientos de las obras de ingeniería.

c) Pruebas penetrométricas. Para investigar subsuelos blandos, se introduce un cono en el subsuelo mediante una presión constante. La fricción lateral y la resistencia en el extremo proporcionan los datos necesarios. Generalmente, las pruebas penetrométricas se complementan con pozos de sondeo hechos por el método clásico con barrena de cuchara.

d) Sondeo por inyección. Se puede obtener alguna información limitada sobre la naturaleza general de ciertos estratos del suelo mediante inyección de agua a alta presión.

e) Pruebas con paletas. Para medir la resistencia de los subsuelos al esfuerzo cortante, es importante evitar la perturbación estructural de las muestras. Para ello, se perfora un pozo de sondeo de la profundidad requerida, se introduce un dispositivo con cuatro paletas en el subsuelo no perturbado del fondo del pozo de sondeo y se hace girar hasta que el subsuelo se derrumba, lo que da una medida de su resistencia.

f) Exploración geofísica. Los sondeos sísmicos dan información sobre los límites entre distintos estratos del subsuelo. Deben complementarse con uno o varios de los métodos de exploración directa mencionados.

332. La forma exacta de la investigación geotécnica será distinta para cada emplazamiento y cada proyecto. Debieran usarse normas internacionales convenidas para la clasificación de los suelos. El objetivo debería ser mejorar el conocimiento de los suelos a medida que avanza el proyecto, pero como, en muchas partes del mundo, el costo de la movilización de personal y equipo especialmente para los pozos de sondeo en mar abierto es elevado, debe conseguirse un rendimiento máximo de cualquier programa de trabajo: volver luego para reunir información suplementaria puede resultar muy costoso.

7. ESTUDIOS CON MODELOS HIDRÁULICOS

333. Las técnicas de construcción de modelos hidráulicos, tanto físicos como matemáticos, están progresando rápidamente. En muchos proyectos no habrá necesidad de estudios con modelos, pero en ciertas situaciones especiales es importante la utilización de modelos para la previsión de las modificaciones debidas a las obras de desarrollo propuestas y para la realización de economías en los costos de construcción y conservación.

334. Las investigaciones con modelos para la planificación y el diseño de puertos se efectúan generalmente en colaboración con un instituto importante de investigaciones hidráulicas, y normalmente el ingeniero discutirá los requisitos del proyecto con una de esas organizaciones antes de formular un programa de investigación aplicada.

335. Mediante los modelos se estudian normalmente tres características físicas del medio del puerto: el movimiento del agua y sus efectos sobre los buques; el movimiento del suelo y sus efectos sobre las zonas de navegación y los efectos del medio marino sobre la estabilidad y la seguridad de las estructuras.

336. Un modelo hidráulico de la disposición propuesta para un puerto permite medir la acción de las olas para varias configuraciones de los espigones y diversos emplazamientos de los muelles y escoger la solución óptima. Los modelos sencillos comparan la altura de las olas por medición directa, pero hay técnicas más complicadas que permiten estudiar el movimiento de maquetas de buques.

337. En un puerto situado en un río o en un estuario, la construcción de nuevas instalaciones puede alterar la altura y la velocidad de la marea, lo cual influye a su vez sobre el movimiento de los materiales del fondo y sobre la sedimentación y la erosión en los

canales de navegación. Hay modelos matemáticos y modelos físicos para la previsión de esas modificaciones que son para el ingeniero un medio valioso de apreciar la mejor solución. Se trata de una labor especializada que necesita una experiencia considerable: a menudo se precisan mediciones muy cuidadosas sobre el terreno y un considerable trabajo de experimentación para obtener resultados útiles.

338. Los movimientos de la costa causados por un nuevo proyecto pueden estudiarse adecuadamente mediante modelos matemáticos, y también pueden utilizarse técnicas similares para determinar, por ejemplo, la alteración de la acción de las olas provocada por el dragado de un canal o por el hecho de depositar material de dragado frente a la costa. Además de los modelos normales de tres dimensiones, se utilizan frecuentemente modelos físicos bidimensionales para el diseño de espigones, a fin de estudiar la estabilidad de la construcción y la posible erosión del fondo del mar.

339. A menudo sucede que, aunque pueda haber grandes posibilidades de utilizar la investigación con modelos en un proyecto, no se dispone del tiempo necesario para llevar a la práctica un programa completo de pruebas con modelos durante el período del estudio de viabilidad, especialmente si se necesita un programa largo sobre el terreno y en laboratorio. En ese caso, quizá se pueda formular el programa inicial de inversión de manera que las decisiones difíciles desde el punto de vista técnico se dejen para fases posteriores, lo que permitirá hacer una investigación cuidadosa durante los primeros años de ejecución del proyecto.

C. — Requisitos de la superficie de agua

1. Método aproximado para el cálculo del calado de los buques

340. Para planificar la profundidad del agua, pueden utilizarse las curvas que muestran el calado a plena carga, junto con la eslora y la manga, de buques modernos típicos de cada tipo, que figuran en la segunda parte del Manual.

341. Un método aproximado útil para los encargados de la planificación que no tienen acceso permanente a las curvas es el siguiente:

El calado a plena carga en metros es igual a la raíz cuadrada del peso muerto (en miles de TPM) más 5.

Por ejemplo, un granelero de 100.000 toneladas tiene un calado aproximado de $(\sqrt{100}+5)$ metros, o sea, 15 metros.

342. Esta fórmula da el calado con una aproximación de un metro, para toda la gama de 10.000 a 500.000 TPM, en el caso de los buques de carga a granel seca y líquida. Da también una cifra válida para los buques de carga general hasta un mínimo de 5.000 TPM aproximadamente. Para los buques de menos de 5.000 TPM la cifra del calado es exagerada, mientras que para los buques portacontenedores de segunda y tercera generación la estimación del calado es insuficiente más o menos en un metro.

2. Canales de acceso

a) *Introducción*

343. En los accesos inmediatos a un puerto, los buques se ven obligados generalmente a utilizar un determinado canal de acceso. Esa imposición puede obedecer únicamente a razones de disciplina de la navegación, o puede ser necesaria para dirigir a los buques por un itinerario que tenga suficiente calado. Es probable, especialmente a medida que aumenta el tamaño de los buques, que éstos tengan que acercarse a la mayoría de los grandes puertos por un canal artificial o natural que pueda necesitar dragados de mantenimiento.

b) *Características del emplazamiento del canal*

344. Para determinar si es posible construir un canal de acceso, es necesario conocer la dirección y la fuerza de las corrientes y la dirección predominante de las olas, dado que la acción de las corrientes y de las olas puede provocar desplazamientos considerables de los materiales del fondo. Es más probable que esto ocurra cuando el canal está cerca de la costa natural y disminuye la profundidad del agua. Ha habido casos de canales que se ciegan rápidamente debido a la acción de las olas y las corrientes.

345. Si el puerto está situado en las cercanías de un río, hay que estudiar también el volumen de sedimentos en suspensión que lleva el río, preferiblemente durante un período mínimo de un año. Un estudio de los archivos históricos del lugar puede permitir comprender ciertos problemas que pueden presentarse.

c) *Diseño teórico de los canales*

346. El objetivo básico del diseño de canales de acceso es que todos los buques que tengan que hacer escala en el puerto puedan pasar en condiciones de seguridad del mar a la zona de atraque.

347. Si por razones de economía se decide limitar la profundidad del canal, ésta deberá ser suficiente, sin embargo, para que los buques de mayor calado puedan atravesar la parte menos profunda del canal en algún momento de cada ciclo de mareas. El diseño comprende la construcción de diagramas temporales que indican la relación entre las horas de paso de los buques, la altura de la marea y la profundidad del agua.

348. Los requisitos relativos a la velocidad de los buques en el canal son hasta cierto punto contradictorios. En un canal de mucha longitud, el tiempo de tránsito de un buque de gran calado, y por lo tanto su velocidad, pueden ser cruciales para que el buque pueda atravesar una zona poco profunda a una hora precisa, mientras que el aumento de la velocidad tiene como resultado un aumento del «asentamiento de popa» del buque, lo que reduce la profundidad útil bajo la quilla.

349. Las dimensiones de los canales, junto con el calado en los muelles y fondeaderos, tendrán una gran influencia sobre el servicio que pueda ofrecer el puerto al número cada vez mayor de buques de gran tamaño.

Normalmente, hay que hacer un estudio conjunto de los aspectos económicos y técnicos para decidir la política que conviene seguir. En los proyectos en los que tienen especial importancia las cuestiones relacionadas con la superficie de agua, el cálculo de las ventajas e inconvenientes para todas las opciones posibles puede resultar difícil, pero debe llevarse a cabo sobre la base de la información más exacta disponible, y quizás convenga hacer una simulación del tráfico que ponga en relación el diagrama de paso de los buques en función de la hora y de la marea con el ritmo de las llegadas de los buques y la duración del servicio. Esto puede hacerse manualmente, con ayuda de los diagramas de planificación que figuran en la parte segunda del Manual, pero podría ser laborioso, y sería útil poder utilizar para ello un modelo de simulación elaborado mediante una computadora.

d) *Anchura de los canales*

350. Una consideración importante es si el canal debe tener anchura suficiente para que pasen simultáneamente buques en ambas direcciones. A menos que haya limitaciones económicas estrictas, debiera hacerse un canal de dos direcciones para ofrecer un libre acceso al puerto. Una consideración secundaria es que, si se produce un accidente en una vía del canal, seguirá siendo posible el acceso al puerto y será menor el trastorno del tráfico de entrada y salida del puerto.

351. La anchura de los canales depende del tonelaje de los buques que deban utilizarlos y de las características físicas del lugar. Como ejemplo típico, ilustrado en el gráfico 25, en un canal bien señalado, puede considerarse que la anchura total del canal de profundidad máxima necesario para el tráfico en ambas direcciones incluye, en las partes rectas, vías de maniobra que tengan el doble aproximadamente de la manga del buque en cada dirección, más unos 30 metros entre los buques y una distancia desde el buque a la orilla, de cada lado, de hasta una vez y media la manga del buque. Para un buque de carga típico de 20.000 TPM, convendría una anchura total de unos 190 metros.

352. En las curvas del canal hace falta una anchura mayor que en las partes rectas debido a la tendencia de los buques a derivar en las curvas. Se necesitará una anchura adicional, que dependerá del radio de la curva, pero que será aproximadamente igual a la manga de cada buque, para tener en cuenta la manga proyectada de los buques que toman la curva. Este elemento de la manga proyectada aparecerá también en las partes rectas del canal sometidas a la acción de los vientos y corrientes contrarios que también harán derivar a los buques.

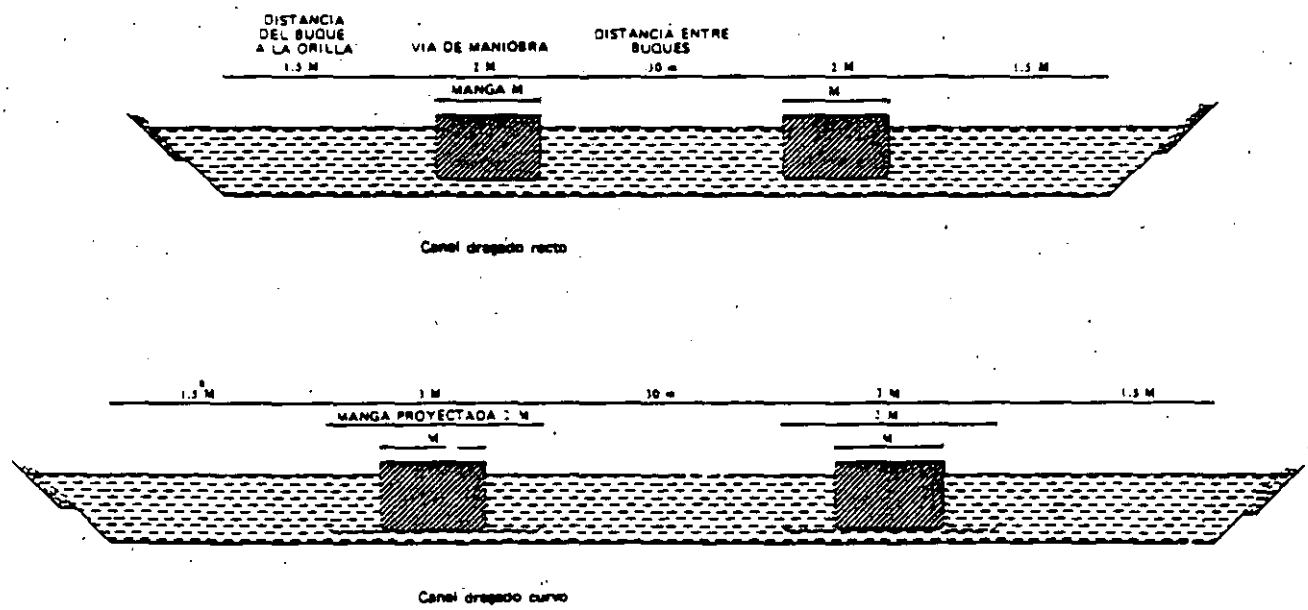
e) *Profundidad de los canales*

353. La determinación de la profundidad del agua en un canal es tarea compleja, e inevitablemente ha de llegarse a un compromiso, por una parte, entre dar libre acceso a los buques de mayores dimensiones permitiendo que utilicen el canal en todas las fases de la marea y, por otra parte, excluir a los buques de gran tonelaje, limitando su coeficiente de carga o permitiendo su acceso únicamente con marea alta. El costo del dragado necesario para excavar y mantener un canal profundo para buques de gran tonelaje que lo utilicen sólo ocasionalmente puede ser muy elevado.

354. Cuando la naturaleza del tráfico es tal que los buques de mayor tonelaje transportan cargas completas únicamente en una dirección, es decir, exportaciones o importaciones, puede excavarse un canal más profundo en la dirección correspondiente, si es posible establecer una separación clara entre ambas direcciones.

GRAFICO 25

Dimensiones típicas de un canal en el sentido de la anchura



355. Los elementos que deben tenerse en cuenta a este respecto son los siguientes:

a) Los tiempos de tránsito de los buques por el canal, tanto a favor de la corriente de la marea como contra ella, y la relación entre esos tiempos y el ciclo de la marea;

b) La naturaleza del fondo marino o fluvial que, si está formado de cieno blando, por ejemplo, puede dar lugar a que se decida reducir la profundidad útil bajo la quilla de los buques que utilicen el canal;

c) El calado de los buques: al entrar un buque en un canal de acceso varía su línea de carga debido a factores como las variaciones de la densidad del agua, que pueden producirse a lo largo del canal, los efectos del asentamiento de popa y la acción de las olas, que hace que el buque cabecee y dé bandazos.

356. Para decidir el diseño del fondo del canal hay que estudiar cada caso y cada emplazamiento, pero normalmente es posible y suficiente para los estudios iniciales hacer una estimación preliminar del orden de magnitud de que se trata. Para un buque de carga general con un calado de 9 metros en el mar, el asentamiento de popa requiere aproximadamente medio metro en un canal estrecho; el cabeceo necesita un calado adicional equivalente aproximadamente a la mitad de la altura de las olas y los bandazos algo menos. El paso a agua dulce añadiría aproximadamente un cuarto de metro al calado, pero generalmente esto sólo sucede en aguas protegidas donde no hay cabeceo ni bandazos. Así pues, dejando una distancia de medio metro desde la quilla al fondo del canal, si éste es blando, se puede admitir, para la planificación preliminar, que un buque de nueve metros de calado en alta mar puede necesitar unos 10 metros y medio de profundidad libre en un canal de acceso. Esa profundidad tendría que ser mayor si el fondo del canal fuera duro. En ciertos puertos donde hay depósitos de cieno muy blando, puede admitirse una distancia del fondo del mar a la quilla nula o incluso negativa, pero esos casos requieren un estudio muy especial.

357. Hay que tener en cuenta que los canales no siempre tienen una profundidad uniforme, especialmente si están situados a lo largo de un accidente natural modificado, como por ejemplo un río o un estuario con mareas. Por ejemplo, un canal relativamente largo puede tener una profundidad limitada únicamente en una pequeña parte de su longitud. Con el dragado regular de esa zona concreta puede obtenerse la profundidad necesaria para que los buques puedan recorrer toda la longitud del canal sin tener en cuenta la marea, lo que facilitará mucho el acceso al puerto.

358. Los buques que tengan que utilizar un canal de acceso, deberían tener un calado no superior a aquel que deje un margen de seguridad especificado desde el fondo del canal a la quilla en las partes menos profundas del canal. Como se ha sugerido anteriormente, podría considerarse como adecuado para la mayor parte de los buques un margen mínimo de un metro a un metro y medio. Ese margen especificado tiene generalmente en cuenta el asentamiento de popa, de modo que la profundidad libre bajo la quilla será menor en realidad que la especificada. En los casos en que la profundidad libre bajo la quilla del buque sea un factor crítico, debe calcularse cuidadosamente el tiempo de tránsito del buque por el canal, el momento de su llegada a la parte menos profunda y la altura de la marea en ese momento, y debe preverse la eventualidad de que los buques no consigan atravesar la parte menos profunda en el momento previsto.

f) *Trazado de los canales*

359. La capacidad de maniobra de un buque en una vía de navegación cerrada y de profundidad limitada disminuye por dos razones: *a*) porque el buque tarda más en responder al timón debido a la poca profundidad del agua, y *b*) porque la proximidad de las orillas del canal tiende a hacer que el buque sea atraído hacia ellas. Esa atracción o succión que experimenta el buque hacia las orillas del canal se produce también entre dos buques que se cruzan.

360. Por lo tanto, cuando haya cambios de dirección en el trazado de un canal deben tenerse en cuenta estas limitaciones de la capacidad de maniobra de los buques. Los radios de las curvas deben ser lo mayores posible, y los movimientos que exigen al buque lo más sencillos posible.

361. Puede considerarse que las características geométricas deseables de las curvas en los canales de navegación destinados a buques trasoceánicos de carga general son las siguientes:

Angulo de desviación no superior a 30 grados;
Radio de curvatura no inferior a 1.500 metros.

362. Un canal situado en mar abierto debiera, de ser posible, trazarse según el sentido predominante de las tempestades y la dirección de las principales corrientes. Cuando esas orientaciones son distintas y cuando hay otros factores contradictorios, es preciso estudiar el problema con modelos. Cuando un canal se encuentra situado dentro de un gran estuario o río, también será aconsejable efectuar estudios con modelos, salvo en los casos más sencillos.

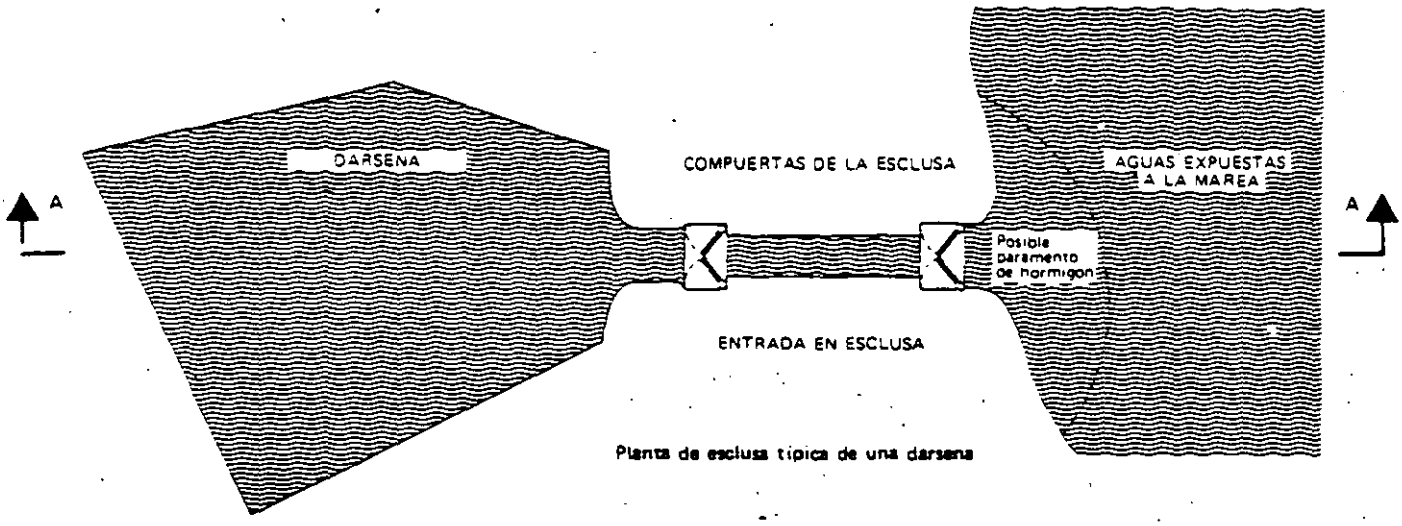
3. Dársenas de espera y zonas de maniobra

363. Las dársenas de espera son fondeaderos o muelles donde puedan permanecer los buques para las inspecciones de sanidad o de otro tipo en espera de que cambien las condiciones atmosféricas, o mientras esperan un puesto de atraque. Hay fondeaderos especiales independientes para los buques que transportan explosivos o mercancías peligrosas, y esas zonas deberían señalarse como tales en las cartas. Los fondeaderos se encuentran generalmente lejos de la terminal marítima y junto a los canales principales, de modo que estén cerca del agua profunda, pero no entorpezcan los movimientos de los otros buques. Al asignar las zonas de espera, debe tenerse en cuenta la distancia de borneo, durante el ciclo de la marea, de un buque anclado o amarrado a una boya.

364. Las zonas de espera, lo mismo que la zona portuaria, pueden estar protegidas por accidentes naturales o por estructuras artificiales como escolleras, pero en muchos puertos los buques esperan un puesto de atraque anclados frente a la costa.

GRAFICO 26

Ejemplo de una dársena de esclusa



Planta de esclusa típica de una dársena

Sección transversal A–A

365. En los accesos inmediatos a los puestos de atraque, generalmente los buques tienen que hacer maniobras más complicadas que las necesarias en el canal de acceso. En consecuencia, la superficie de agua debe ser generosa y, en la mayor parte de los casos, será necesaria la ayuda de un remolcador.

366. La más básica de estas maniobras consiste en hacer girar el buque y, como indicación general del espacio necesario para que gire un buque, puede considerarse que se necesita un círculo de diámetro cuatro veces superior a la eslora del buque cuando no se utilizan remolcadores. Cuando se pueda disponer de remolcadores bastará con un círculo de la mitad de ese diámetro. Esas cifras son cifras medias, y la zona realmente necesaria dependerá también de las condiciones del viento, de las olas y de las corrientes en cada caso concreto. En esta etapa de la planificación debería consultarse a las empresas navieras.

367. Cuando el espacio es limitado, puede hacerse girar el buque en torno al extremo de un malecón o de un muerto de amarre. Algunos buques modernos están equipados con propulsores de proa que aumentan considerablemente su capacidad de maniobra, con lo que pueden maniobrar en un espacio limitado. Sin embargo, en la mayor parte de los puertos seguirá habiendo muchos buques que necesiten las zonas más amplias mencionadas.

4. PUERTOS SOMETIDOS A LA INFLUENCIA DE LA MAREA Y DARSENAS DE ESCLUSA

368. En el diseño teórico del puerto es una decisión importante la de si los muelles del puerto han de estar expuestos a la influencia de la marea o si puede justificarse una dársena de esclusa. Una dársena de esclusa es aquella en la que se mantiene fijo el nivel del agua, normalmente al nivel de la pleamar fuera de la dársena. El acceso a la dársena se realiza a través de una esclusa. Esta disposición se ilustra en el gráfico 26.

369. Cuando la amplitud de la marea sea tal que serían necesarios un puerto de profundidad excepcional y unos muelles igualmente altos para que los buques pudieran permanecer a flote en bajamar, habría razones de gran peso en favor de la construcción de una esclusa en la entrada a la dársena. Las fluctuaciones de la marea también pueden crear problemas en relación con la carga y la descargan como por ejemplo los buques ro/ro. Así pues, al considerar la posible necesidad de una dársena de esclusa, debe tenerse en cuenta el tipo de tráfico.

370. Los inconvenientes de las dársenas de esclusa son:

a) El elevado costo de la construcción del dique y de la propia esclusa, que es una obra de ingeniería complicada, aunque cuanto mayor sea el número de puestos de atraque entre los que pueda repartirse el costo del dique y de la esclusa, más viable resultará la propuesta;

b) Los retrasos debidos al funcionamiento de la esclusa.

371. Para tomar un ejemplo concreto, en un puerto con un número considerable de puestos de atraque y una amplitud de marea de unos tres metros, resultó económico construir instalaciones para los buques de mayor tonelaje, cerrando toda la dársena para mantener más alto el nivel del agua. El costo de la nueva

esclusa era inferior al que hubiera representado aumentar la profundidad del puerto. Un factor crucial en ese caso fue la posibilidad de seguir utilizando el puerto durante la construcción de la esclusa. La decisión de ampliación o de mejoramiento de un puerto depende a menudo de consideraciones respecto de la posibilidad de utilizar sin interrupción las instalaciones existentes.

372. La elección depende pues, en cada caso, del análisis económico, operacional y técnico, pero la tendencia moderna, en la medida de lo posible, no parece favorable a las dársenas de esclusas. Se considera generalmente que la flexibilidad operacional que permite el libre acceso al mar abierto compensa el inconveniente del aumento de los costos de capital que lleva consigo esa opción.

5. Ayudas a la navegación

373. El trazado de las partes rectas de un canal se suele señalar mediante dos postes, como mínimo, situados en la costa frente a los buques que llegan, claramente visibles de día y provistos de luces por la noche.

374. Los límites del canal navegable se señalan mediante balizas fijas o boyas flotantes. Estas últimas son más comunes en los canales profundos en mar abierto pero, en un sistema fluvial, suelen resultar más económicas las primeras. Las boyas deben poder resistir la acción de las olas y ser visibles en todo momento.

375. Los sistemas de boyas difieren en las distintas partes del mundo y, por lo tanto, es importante determinar el sistema adecuado para un puerto concreto. En la mayor parte de los países puede obtenerse el indispensable asesoramiento de las autoridades responsables de los faros y de los departamentos de guardacostas o ministerios de marina.

376. Las consideraciones principales que llevan a la elección del espaciamiento de las ayudas visuales para los buques que llegan a un puerto y que salen de él son:

a) La configuración del canal;

b) La frecuencia con que la visibilidad es baja;

c) El estado del mar habitual en el canal;

d) La existencia de corrientes y vientos de costado.

En las curvas habrá que separar menos las boyas y será preciso utilizar boyas luminosas si hay buques que llegan al puerto de noche.

377. Con frecuencia, un nuevo puerto necesitará una baliza o faro principal de localización, y también habría que tener en cuenta, en la planificación general, la posibilidad de utilizar reflectores de radar que los buques puedan localizar, un radar de puerto para vigilar y controlar los movimientos de los buques y comunicaciones radioeléctricas entre el buque y la costa.

378. La Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, cuya sede está en Londres, puede proporcionar asesoramiento sobre estas cuestiones de navegación especializadas.

6. Factores económicos

379. El costo de capital de las estructuras marítimas puede variar proporcionalmente al cubo del calado y, en el caso de los canales y dársenas dragados, cuanto mayor sea el calado mayores serán también los gastos de mantenimiento, quizá proporcionales al cuadrado del calado. Así pues, las decisiones relativas a la profundidad y la anchura de los canales y dársenas y, al número de puestos de atraque sólo deberían tomarse, en general, tras un estudio económico completo de cada caso.

D. — Dragado

1. Introducción

380. La remoción de materia del fondo del mar o del río para tener un mayor calado en los accesos a los puertos y junto a los muelles tiene una larga historia. A medida que ha aumentado el tonelaje de los buques, el dragado de los puertos existentes ha asumido cada vez más importancia.

381. En los últimos años se han logrado grandes avances en la tecnología del dragado y en la sección 3 se describen diversos tipos de dragas que hoy se utilizan.

382. El dragado en sí es esencialmente una operación de excavación, pero la elección del equipo adecuado es vital para realizar economías. Cualquier operación de dragado requiere un examen especial del tipo de suelo que ha de dragarse, del mejor medio de extraer los materiales y del programa óptimo de trabajo. Deben considerarse tanto la operación principal de dragado como el dragado de mantenimiento.

2. Características del lugar de dragado

383. Las investigaciones sobre el lugar de dragado especialmente necesarias para las obras deberían proporcionar datos sobre las mareas y la batimetría, sobre los vientos, las olas y las corrientes, y sobre el tipo de materiales que han de dragarse, su resistencia estratigráfica, la distribución granulométrica, el grado de compactación y, en el caso de los cienos, las características de sedimentación cuando han sido perturbados. En todos los casos, deberían utilizarse clasificaciones normalizadas de los materiales que hayan de dragarse.

384. En la sección B se describe la realización de investigaciones generales, de las que forman parte las efectuadas para las operaciones de dragado.

3. Tipos de draga

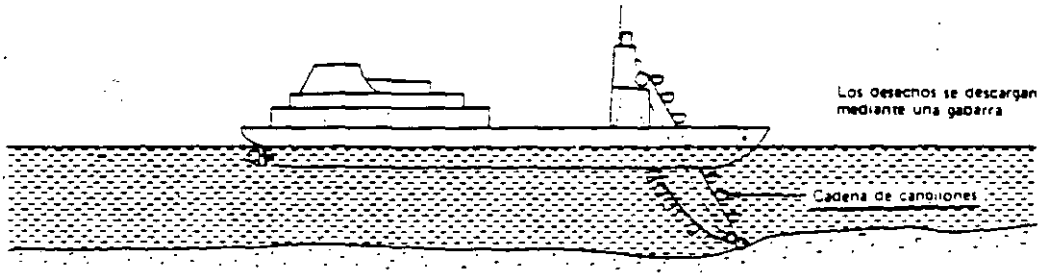
385. Generalmente se puede disponer, para las obras de dragado contratadas, de los siguientes tipos de dragas, cuyo funcionamiento se ilustra en el gráfico 27:

a) La draga de cangilones. La draga de cangilones moderna esté compuesta de una cadena continua de cangilones montada sobre una escala que se ajusta a la

GRAFICO 27

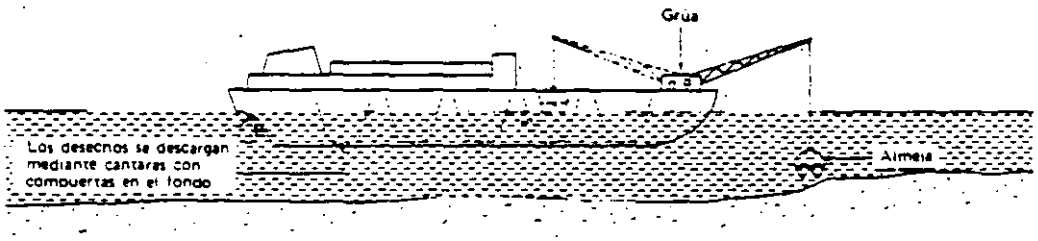
Cinco tipos de draga de uso común

a)



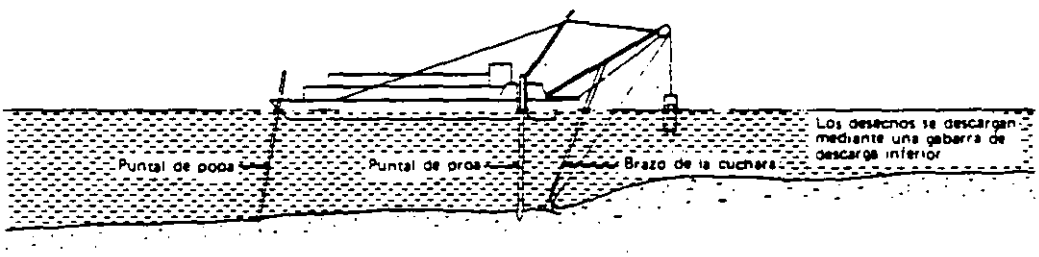
DRAGA DE CANGILONES CON PROPULSION PROPIA

b)



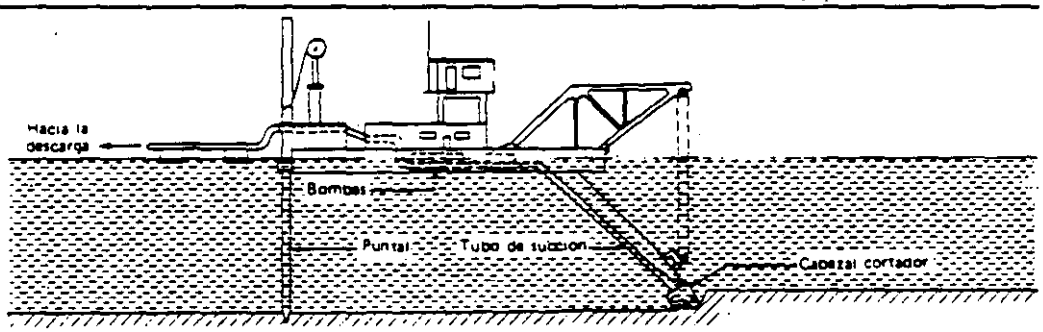
DRAGA DE ALMEJA CON CANTARA Y PROPULSION PROPIA

c)



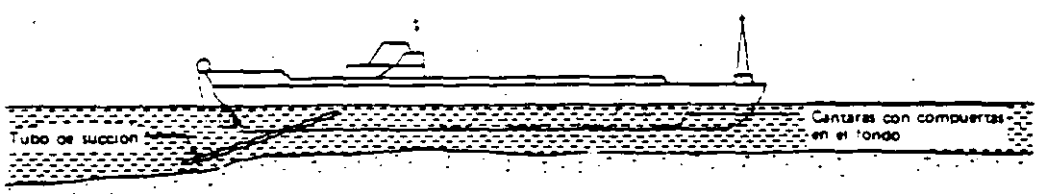
DRAGA DE CUCHARA SIN PROPULSION PROPIA

d)



DRAGA DE SUCCION CON CABEZAL CORTADOR SIN PROPULSION PROPIA

e)



DRAGA DE CANTARA CON TUBO DE SUCCION CON PROPULSION PROPIA

profundidad de trabajo. En el extremo superior de la escala, cada cangilón descarga su contenido en vertederas que conducen los materiales hasta un gánguil de compuertas.

Es preferible limitar la utilización de las dragas de cangilones a los lugares protegidos, y este tipo de dragas resulta útil para igualar con bastante precisión el fondo. Pueden utilizarse con algunos materiales duros pero si los cangilones cargan pedazos grandes pueden producirse considerables retrasos.

b) La draga de almeja. Las dragas de almeja son normalmente embarcaciones autopropulsadas provistas de una cántara y una grúa de almeja. Una versión más sencilla, que requiere la utilización de gabarras, es simplemente una grúa montada sobre un pontón.

c) La draga de cuchara. La excavación se realiza mediante una pala situada en el sentido de la marcha o en sentido contrario, montada en un brazo suspendido del pontón, que funciona excavando los materiales del fondo.

d) La draga de succión. Los componentes básicos de este tipo de draga son un casco de pontón que contiene las bombas y los motores, un tubo de succión que desciende desde la embarcación hasta el fondo del mar y una tubería de descarga, desde las bombas hasta una zona de descarga o, en algunos casos, hasta una gabarra.

Sólo los materiales granulares pequeños pueden dragarse por succión y es corriente que este tipo de draga esté equipada con un cabezal cortador giratorio situado en el extremo del tubo de succión. Los cabezales cortadores pueden diseñarse para ajustarse al material concreto que haya de dragarse y las dragas de succión con cabezal cortador pueden extraer arena y grava, arcillas de dureza media y, añadiéndoles cortadores especiales, arcillas duras y rocas blandas o fragmentadas. Sin embargo, el rendimiento varía considerablemente según el tipo de material y las condiciones. No obstante, esta draga de succión con cabezal cortador constituye en la actualidad el equipo de dragado más utilizado para las obras principales y resulta especialmente adecuado para ganar tierras al mar.

e) La draga de cántara con tubo de succión. Las dragas de cántara con tubo de succión son embarcaciones con propulsión propia dotadas de tubos de succión suspendidos a uno o a ambos lados. Los materiales dragados llegan a la cántara a través de los tubos de succión. Cuando la cántara está llena, la draga se traslada a la zona de descarga.

Este tipo de draga se utiliza mucho para el mantenimiento de canales, en los que su capacidad para maniobrar como un buque presenta una ventaja evidente. Otra ventaja de este tipo de embarcación en comparación con los otros tipos examinados, es que puede seguir funcionando con eficacia en aguas agitadas y en mar abierto. Sin embargo, sólo es adecuado para materiales relativamente fragmentados como los que se encuentran en los dragados de mantenimiento.

4. Utilización de las dragas

386. La elección de la draga más adecuada depende de los materiales que hayan de dragarse, de la profundidad del dragado, del volumen y disposición de los materiales y de la situación de la zona de descarga, del ritmo de trabajo que se precise y también de si la draga dispone exclusivamente o no de la vía de navegación.

387. Es preciso considerar cuidadosamente el programa y la secuencia de las operaciones de dragado. Si es posible, el dragado debiera comenzar en el lugar donde sea menos probable que se produzca un aterramiento debido a dragados posteriores. En la planificación general del proyecto, hay que considerar el momento en que han de desarrollarse las operaciones del dragado en relación con la construcción de otras partes del proyecto, algunas de las cuales, como las escolleras o espigones, pueden proporcionar protección o influir sobre el aterramiento. El momento del dragado puede depender también de las variaciones estacionales locales de las corrientes de mareas y de los vientos que pueden hacer las operaciones de dragado mucho más fáciles en una estación que en otra, especialmente en los estuarios. Otro factor que hay que tener presente es la fecha en que haya de empezar la explotación de un nuevo puerto, que puede ser antes de la conclusión de todo el proyecto, de modo que las exigencias de la construcción de ciertos puestos de atraque o las necesidades de acceso a ellos influya sobre la secuencia de las operaciones de dragado.

388. La extracción de rocas duras constituye una actividad de dragado especializada, porque es preciso encontrar un medio de fragmentar la roca antes de poder extraerla del fondo del mar por uno de los métodos convencionales de dragado descritos. Generalmente se utiliza una draga de cangilones o una draga de almeja para extraer los fragmentos de roca, pero se han empleado también dragas de succión tratándose de rocas suficientemente fragmentadas.

389. El método más comúnmente utilizado para romper las rocas bajo el agua es la perforación y voladura, aunque si se trata de rocas agrietadas, con capas de estratificación finas, puede fragmentarse también atacando con una barrena pesada o un martillo de aire comprimido la superficie de la roca.

390. La perforación y voladura bajo el agua es una operación especializada, lenta y onerosa y pueden ser necesarias muchas pruebas antes de obtener los resultados necesarios para poder utilizar las dragas. El dragado de coral o de arena cementada suele plantear problemas. A veces pueden fragmentarse con facilidad y dragarse con una draga de succión con cabezal cortador de gran potencia. No obstante, sólo una cuidadosa investigación dirá si existe esa posibilidad y las formaciones masivas pueden tener que tratarse como rocas antes de poder extraerlas por dragado.

5. Terraplenado

391. Es una ventaja considerable poder utilizar para un proyecto de terraplenado los materiales dragados durante la construcción de un puerto, pero sólo se prestan a ese fin ciertos materiales granulares. Los cienos y las arcillas son generalmente mucho más difíciles de utilizar.

392. Deberían analizarse y controlarse cuidadosamente las características de asentamiento del material

de relleno antes de autorizar la construcción. Puede ser necesario precargar mediante la construcción de diques a fin de lograr el asentamiento del terreno en un plazo razonable antes de construir edificaciones. Un análisis geotécnico dará generalmente las soluciones correctas.

393. Un aspecto importante de la planificación del proyecto es el equilibrio entre el dragado y el terraplenado, que debe estimarse en cada caso con vistas a realizar economías.

6. Factores económicos

394. Para estimar los costos del dragado es importante recordar que, en muchos casos, hay que traer de ejos equipo pesado para realizar el trabajo, con los consiguientes gastos de movilización. El volumen de dragado necesario en un proyecto dado influye, pues, mucho sobre el costo unitario global. Para una obra modesta puede resultar económico utilizar un equipo sencillo, como son las excavadoras montadas sobre gabarras. Incluso aunque sus costos de explotación y productividad sean menos favorables, la economía lograda al movilizar un equipo menos complejo puede compensar con creces la menor eficiencia sobre el terreno.

395. Esas decisiones son difíciles de tomar y a menudo la mejor solución consiste en sacar a concurso las obras, pero durante el estudio de un proyecto debe considerarse los diversos factores para poder hacer una evaluación realista de los costos del dragado.

E. — Diques

1. Datos necesarios para el diseño

396. Cuando la protección natural es insuficiente, hace falta construir diques para formar un puerto artificial. Los diques desvían, reflejan o absorben la energía del oleaje y de las tempestades, que de otro modo entrarían en la zona portuaria creando así una zona de aguas relativamente tranquilas.

397. La principal información necesaria para el diseño de dos diques es la altura y el período de las olas de tempestad que pueden producirse. El método normalmente utilizado consiste en elegir una ola teórique represente la ola máxima medida durante una tempestad que estadísticamente se produciría una vez cada determinado número de años, por ejemplo una vez cada cien años. La probabilidad de que las olas rompan contra la estructura es también un elemento importante para el diseño. Deben recogerse también datos sobre la ola máxima diaria probable en las zonas de oleaje continuo, ya que esto puede tener importantes consecuencias para el alzado del dique.

398. Para determinar la ola teórica es necesario estudiar los datos oceanográficos y meteorológicos disponibles. Es preferible realizar directamente el registro de las alturas y períodos de las olas en el emplazamiento de puerto, pero esto no siempre es posible en el tiempo disponible.

399. Como las olas son generadas por los vientos, puede hacerse una estimación de la actividad de olas a partir de los datos anemométricos. Los informes locales sobre tempestades también son útiles para la elaboración de una imagen estadística de las olas que pueden preverse. También debieran registrarse o estimarse los niveles máximos del agua durante las mareas y las tempestades, ya que la profundidas del agua cerca de las entradas del puerto influye sobre las olas.

400. El diseño de los cimientos de los diques requiere una investigación geotécnica cuidadosa. Hay que hacer sondeos y tomar muestras de suelo y roca en una zona lo bastante extensa para que puedan considerarse variaciones de la posición del dique, y para que se pueda investigar la posibilidad de una erosión del fondo del mar a cierta distancia frente al dique. La resistencia y las propiedades de asentamiento de los terrenos situados bajo un dique han de estudiarse hasta profundidades iguales por lo menos a la anchura de la base del dique, ya que los terrenos débiles en profundidad pueden verse sobrecargados por una gran estructura. Puede aumentarse la carga admisible de los terrenos débiles superficiales colocando sobre la superficie una capa de arena o grava antes de construir el dique.

2. Diversos tipos de dique

401. Los diques pueden estar aislados frente a la costa o tener la forma de un brazo que se proyecta desde la costa. El dique puede presentar un muro vertical o casi vertical o una superficie inclinada compuesta por bloques de diversos tamaños. Los dos tipos se ilustran el gráfico 28. La estructura puede quedar sumergida por el mar con ciertas alturas de marea o con todas ellas.

402. Antiguamente, los diques de muro vertical o casi vertical estaban formados a menudo por dos muros de sillería colocados en hiladas horizontales bien aparejadas, con un relleno de mampuestos entre los muros. Posteriormente, la costosa mampostería fue sustituída por bloques de hormigón y más recientemente se han utilizado cajones de hormigón armado. Los cajones se construyen en un dique y luego se suelen transportar por flotación hasta su posición final y se hunden en el fondo, previamente perforados, o en una capa de escollera. Normalmente es necesario ensamblar de algún modo los cajones. Otro método consiste en prefabricar en tierra los cajones y transportarlos luego por la parte ya terminada del dique colocándolos en posición mediante una grúa-pórtico en voladizo.

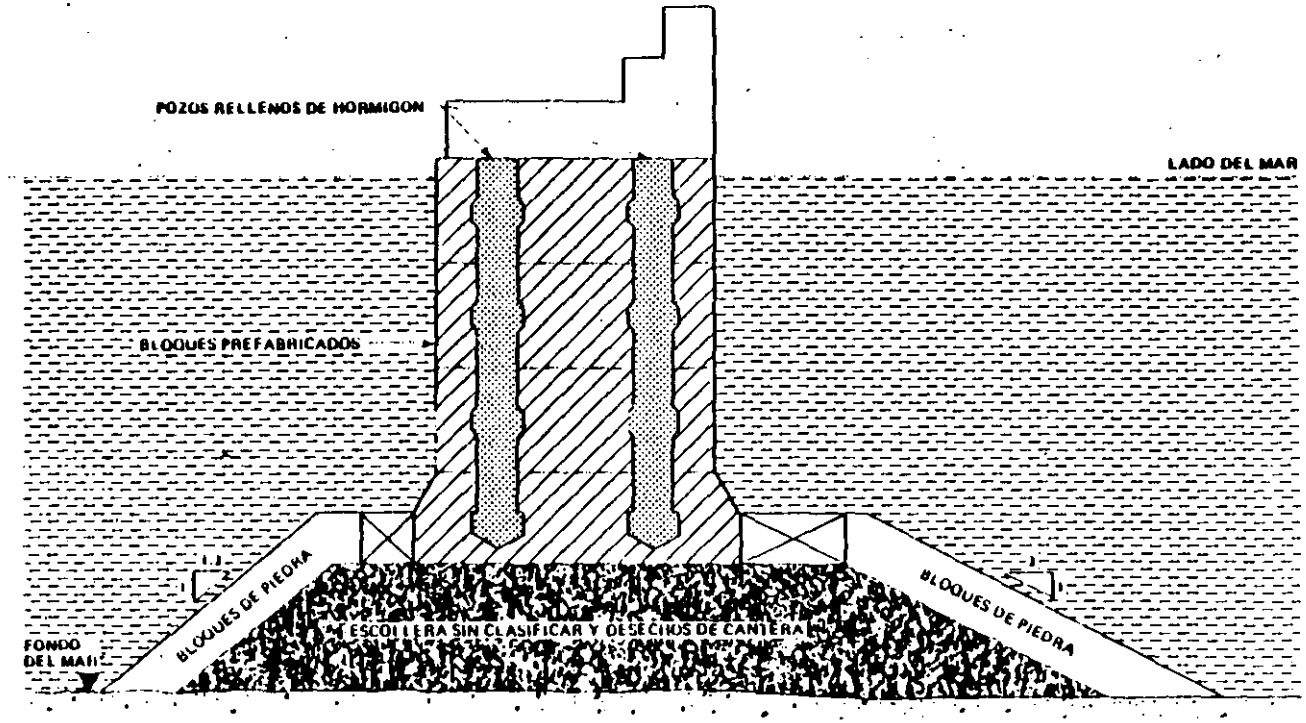
403. Los diques de escollera difieren en el tipo de manto de defensa. Esos diques tienen una sección transversal de forma básicamente trapezoidal con un macizo de escollera de menor tamaño llamado núcleo. Sobre los taludes y en la parte superior del núcleo se coloca un manto de defensa de piedra clasificada. En la parte exterior del dique, que disipa la energía de las olas de tempestad, se sitúa el manto de defensa principal. Se han construido numerosos diques de este tipo con un manto de defensa de roca natural y hay mucha información publicada al respecto.

404. En los casos en que resultaría antieconómico utilizar piedras del tamaño adecuado, se emplean elementos artificiales de hormigón. El estudio detenido

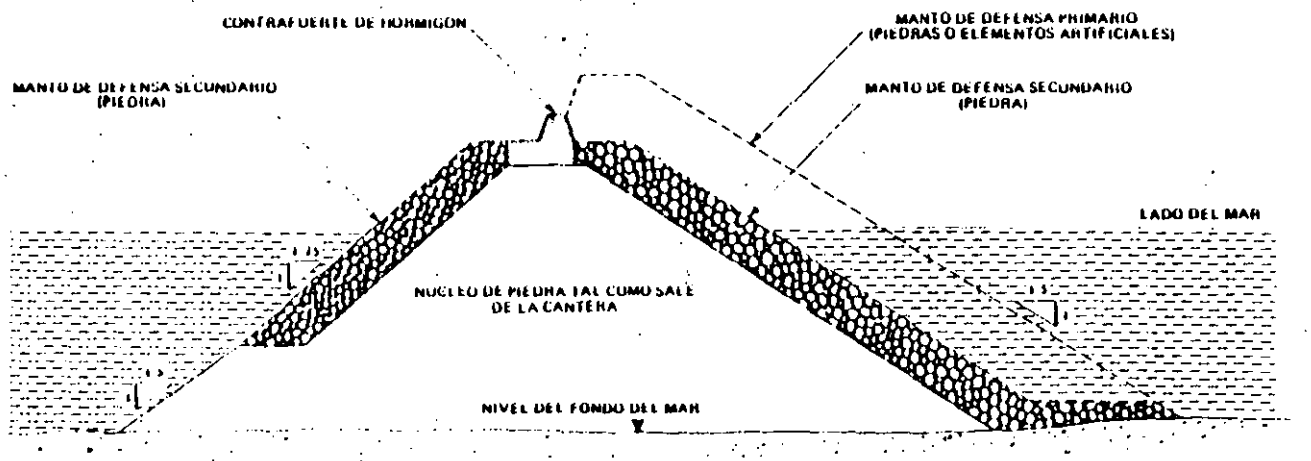
GRÁFICO 28

Ejemplos de diques

A. — *Dique de muro vertical*



B. — *Dique de sección trapezoidal*



del problema ha permitido idear numerosas formas para los elementos, que resisten muy bien los embates del oleaje. En su forma más sencilla (un cubo de hormigón) el manto de defensa artificial sustituye al relleno de escollera, pero muchas de esas unidades especiales se han diseñado para mejorar el enlace entre las unidades, proporcionando al mismo tiempo la mayor proporción de huecos en el manto de defensa para disipar la energía de las olas. En el gráfico 29 se ilustran ejemplos de mantos de defensa artificiales.

405. Cuando se diseña la sección transversal de un dique de escollera, hay que investigar la calidad y la producción de la cantera de donde procede la piedra. Conviene hacer una estimación de las proporciones probables de cada tamaño que pueden obtenerse de la cantera para poder combinarlo en la estructura terminada y reducir al mínimo el desperdicio de ciertos tamaños.

3. Procedimiento de diseño

406. Puede hacerse una estimación preliminar de las condiciones que debe cumplir el dique dibujando las posibles disposiciones del dique en una carta marina y calculando su eficacia para interceptar los embates previstos de las olas. Luego puede verificarse mediante pruebas con modelos la eficacia de las distintas configuraciones propuestas para reducir la altura de las olas dentro del puerto.

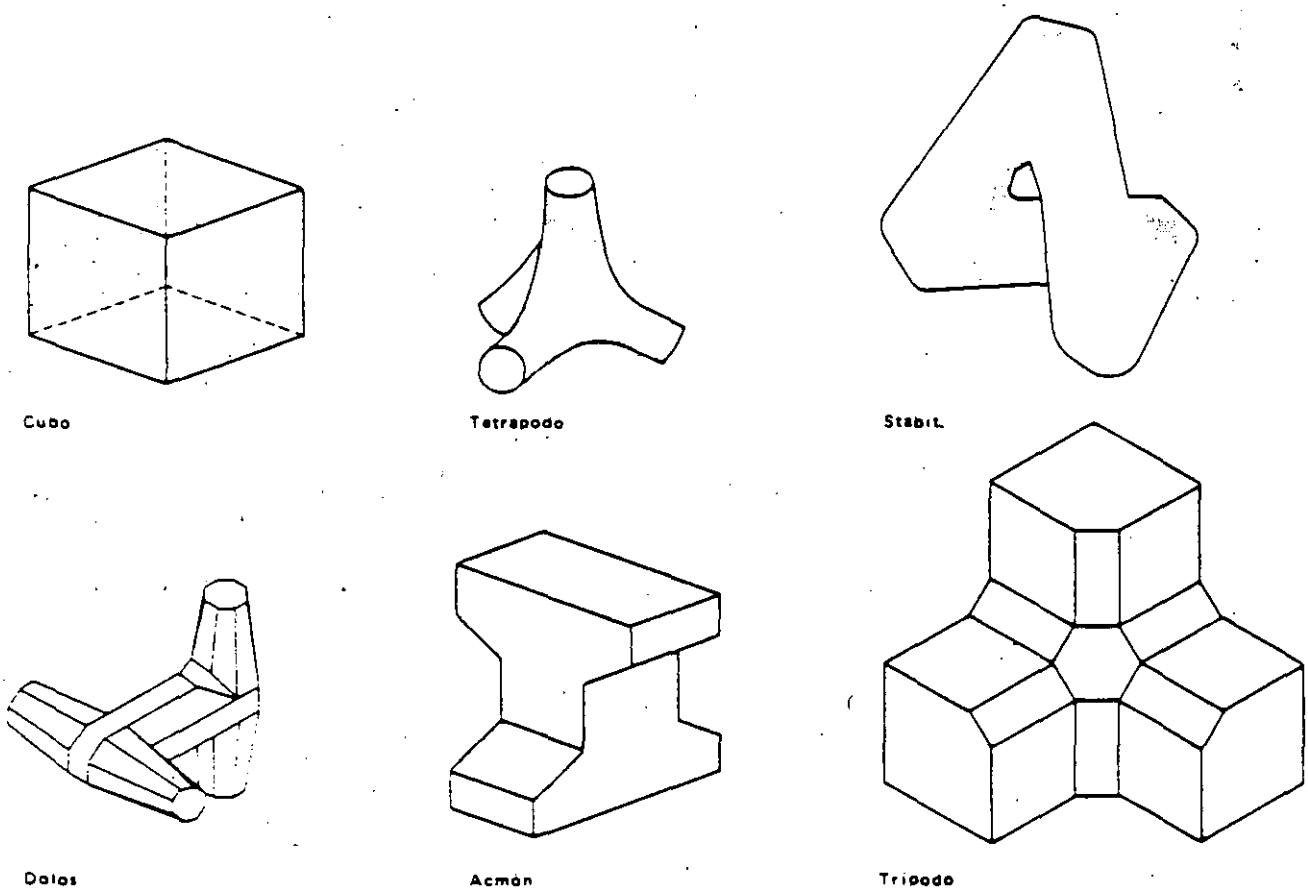
407. Generalmente es inevitable llegar a una avenencia entre la solución hidráulica más eficaz para excluir del puerto el oleaje y la facilidad de acceso y atraque de los buques. Hay que conocer los tipos de buques y métodos de manipulación de la carga para ajustar la actividad residual de las olas en el puerto a las necesidades del transporte marítimo.

408. El diseño de la masa del dique para que no exista posibilidad de vuelco es bastante sencillo pero, con frecuencia, resulta menos fácil tomar disposiciones para evitar el corrimiento de los cimientos. Las medidas para asegurar un factor suficiente de seguridad contra ese riesgo pueden consistir en una cortina de tablestacas o en una acumulación adicional de material contra el muro interior del cajón neumático.

409. Un inconveniente de los diques de muro vertical consiste en la acción de socavación de los cimientos, que puede provocar la refracción de las olas en la parte exterior del muro. Este aspecto debería examinarse cuidadosamente. No obstante, una regla aproximada es que, si el material erosionable del fondo está situado a una profundidad inferior al doble de la altura de las olas por debajo del nivel mínimo del agua, deben tomarse cuidadosas precauciones contra la socavación.

Gráfico 29

Ejemplos de diversos elementos artificiales para mantos de defensa



4. Construccion

410. La contrucción de los dos tipos principales de dique examinados en las secciones anteriores requiere métodos y equipo totalmente distintos.

411. El núcleo de un dique de tipo escollera se construye por lo general arrojando gradualmente al mar los materiales a partir de la costa, pero hay que tomar precauciones para evitar la fragmentación de las rocas que puede producirse cuando se cargan y luego cuando se arrojan al mar. Luego una potente grúa puede desplazarse sobre el núcleo y colocar la capa superior de piedra, terminando así el perfil, y colocar después mantos de defensa hechos de piedra y/o de elementos artificiales. Puede utilizarse una grúa flotante, pero esto sólo resulta conveniente desde el punto de vista económico en zonas en las que suele haber poco oleaje. Las piedras que forman la parte inferior del núcleo también pueden arrojarse desde gabarras.

412. El tipo de dique de cajones requiere unos procesos de construcción que normalmente se desarrollan en otro lugar. Los cajones, que están hechos de hormigón y tienen el fondo cerrado, se construyen generalmente en un dique seco o en una zona de botadura hasta que las paredes del cajón tienen una altura suficiente para que éste pueda flotar. Cuando las paredas han alcanzado la altura necesaria, se remolcan los cajones hasta el emplazamiento del dique y allí se hunden en el fondo del mar, previamente acondicionado. Para esa operación debería elegirse un momento en que las corrientes y el oleaje sean mínimos. Es preciso llenar los cajones, normalmente de arena, lo antes posible despues de hundirlos, para que alcancen cuanto antes su peso total y puedan resistir la acción de las olas.

5. Factores economicos

413. La elección de un tipo concreto de dique depende también de otros factores, como la posibilidad de disponer de materiales, instalaciones y mano de obra. Un dique de muro vertical creará una demanda de esos factores distinta de la de un dique trapezoidal de escollera.

414. El dique de escollera necesitará un mayor volumen de materiales debido a su forma. Por ello, en una zona donde haya abundantes estratos rocosos que puedan servir de elementos para el manto de defensa, se preferirá ese tipo de dique. Una de las principales partidas de gastos es la grúa de grandes dimensiones necesaria para la manipulación de las piedras, cuyo precio se suele cargar por entero a los costos del proyecto. Tratándose de diques cortos, ello representa un elevado costo unitario. Esta forma de dique no necesita mucha mano de obra especializada.

415. El dique de muro vertical hecho de cajones requiere menos volumen de materiales. El manto de defensa está hecho de hormigón armado y como material de relleno puede utilizarse arena o grava. El equipo que se requiere es más modesto pero se necesitan medios para remolcar los cajones hasta su posición definitiva. Esos medios, por ejemplo remolcadores, pueden utilizarse normalmente en el puerto. Para preparar los moldes necesarios para construir los cajones se necesita mano de obra más especializada.

F. — Muelles y espigones

1. Introduccion

416. Debe hacerse una distinción entre estructuras pesadas, sobre las que pueden moverse gruas y vehículos de grandes dimensiones, y estructuras ligeras, que sólo pueden sostener tuberías, correas transportadoras y vehículos ligeros. Las estructuras pesadas —que se denominan muelles— pueden ser marginales (es decir, paralelas a la línea de la costa) o en forma de malecones que se proyectan desde la costa. Las estructuras ligeras, que se proyectan también hacia aguas más profundas, se denominan espigones.

417. Los espigones resultan económicos en los casos en los que la profundidad necesaria para los buques sólo existe a cierta distancia de la costa. Son adecuados para las mercancías a granel —secas o líquidas— cuando en el morro del espigón situado en aguas profundas se encuentra el equipo especializado de carga y descarga y las mercancías se transportan a tierra por tuberías o correas transportadoras a lo largo del espigón. Los espigones no son adecuados para la carga general, caso en que es importante tener la zona de almacenamiento cerca del buque, a menos que el espigón sea la única solución económica debido a la gran amplitud de la marea.

418. En cualquier proyecto habrá diversas posibilidades técnicas que pueden requerir el mejoramiento de instalaciones anticuadas o la construcción de instalaciones nuevas conforme a criterios modernos. En el caso de las nuevas estructuras, pueden utilizarse métodos de contrucción conocidos, pero cuando se trata del mejoramiento de instalaciones antiguas lo normal es que haya elementos que limiten considerablemente las opciones técnicas y cada caso debe examinarse como un problema especial.

2. Muros de muelle

419. Pueden utilizarse varias formas de construcción, cada una de las cuales es adecuada para ciertas condiciones. Cabe citar los muros de contención de bloques, los muros de tablestacas anciadas y los muelles marginales de pilotes descubiertos, que se describen a continuación.

a) *Muros de contención de bloques*

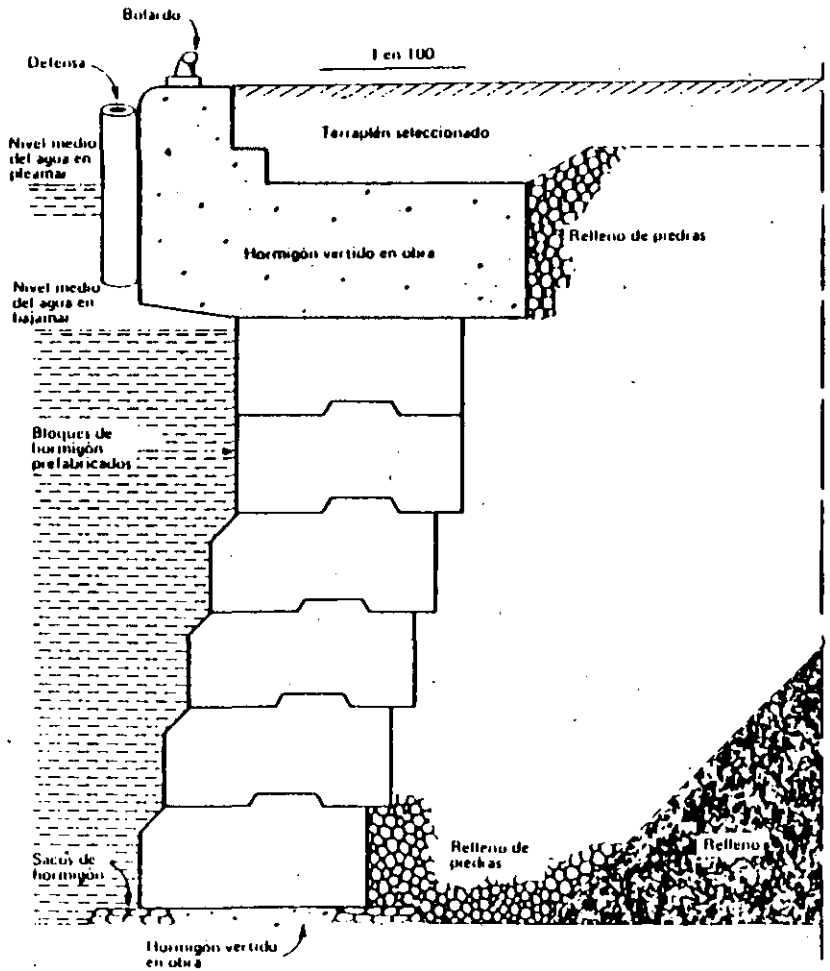
420. Este tipo de muro, que se muestra en el gráfico 30 A, requiere unos cimientos firmes, no erosionables, preferiblemente de piedra o arcilla dura, pero puede utilizarse una capa de piedra sobre suelo fragmentado para impedir la socavación.

421. El muro puede construirse con bloques separados, colocados generalmente bajo el agua. Entre las posibles variantes cabe citar la disposición homogénea de los bloques en la que éstos se colocan en hiladas horizontales, la disposición de los bloques en capas, en la que los bloques van dispuestos en un plano inclinado, lo cual permite que el muelle se adapte al asentamiento del terreno, y la utilización de bloques huecos, que reduce el peso de elementos que han de manipu-

GRÁFICO 30

Ejemplos de construcción de muros de muelle

A. — *Muro de contención de bloques*



B. — *Tablestacado de acero anclado*

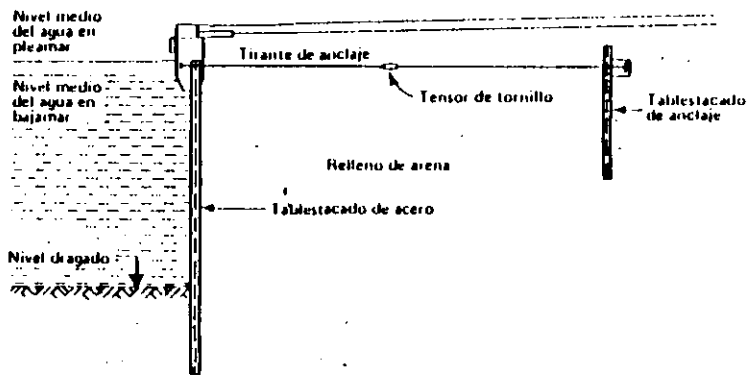


GRAFICO 30 (*continuación*)

C. — *Sección transversal de muelle sobre pilotes descubiertos, con pilotes hincados con inclinación*

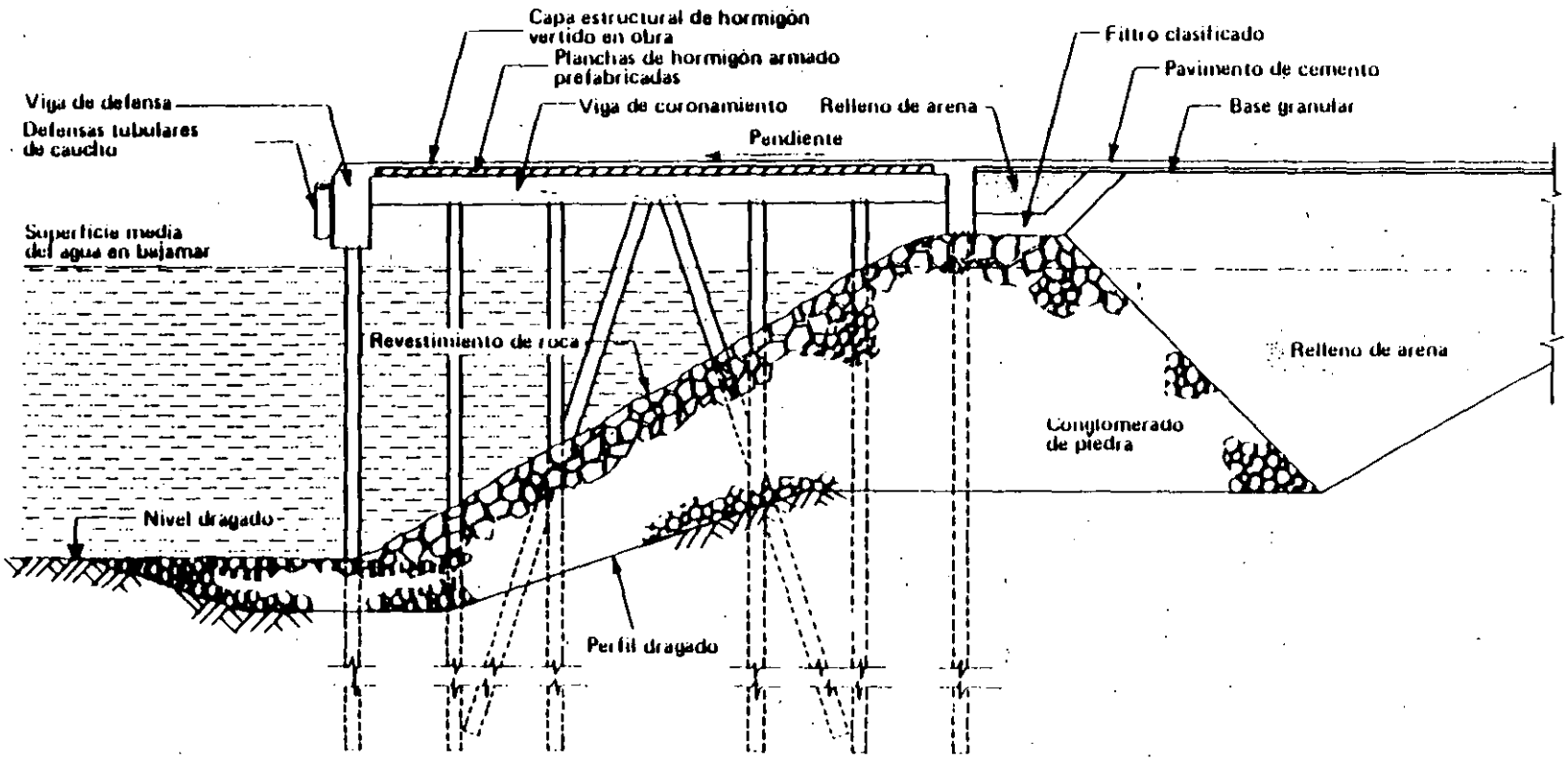
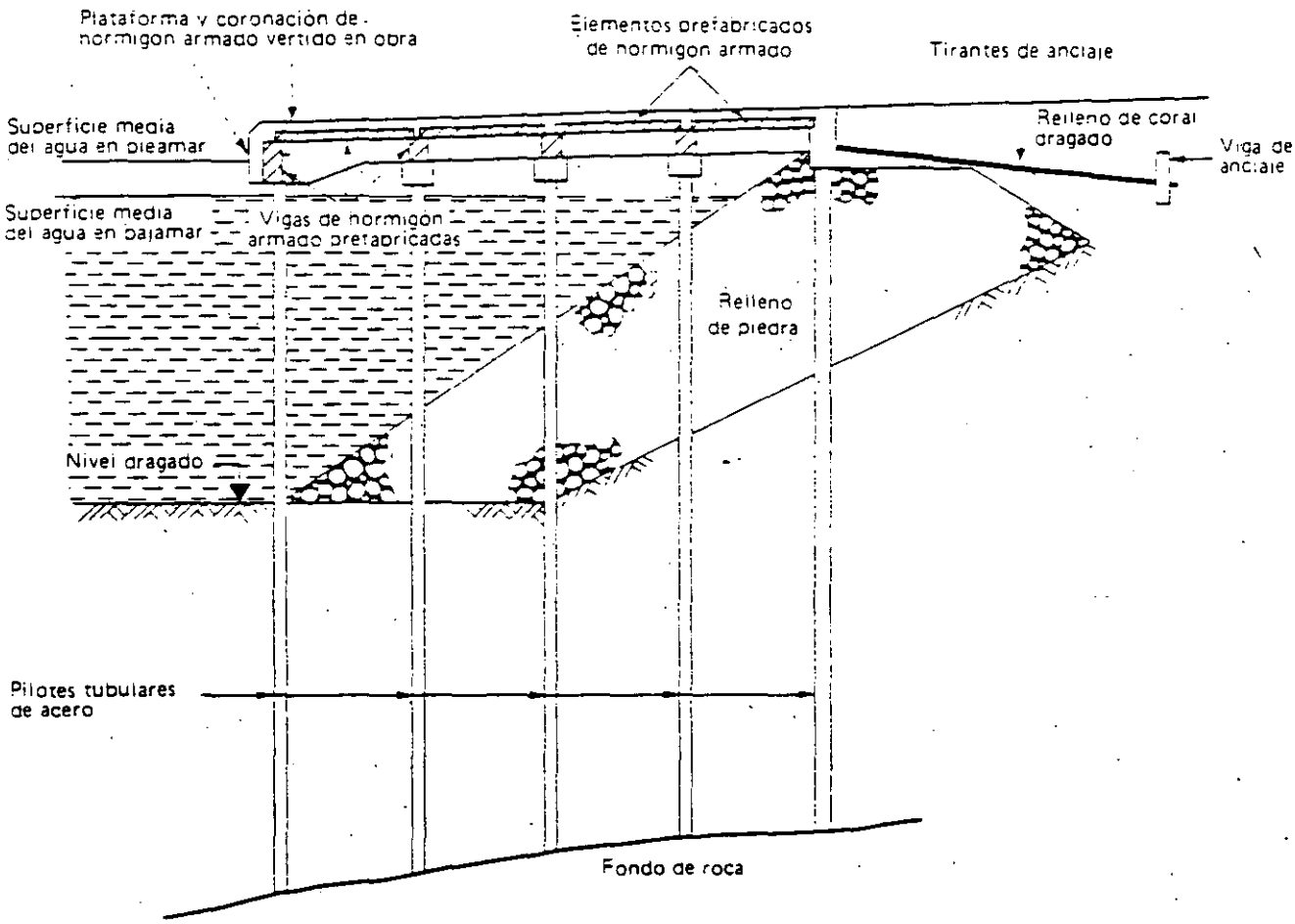


GRÁFICO 30 (conclusión)

D. — *Sección transversal de muelle sobre pilotes descubiertos con anclaje*



larse. Si el muro puede construirse en seco, es muy adecuada la construcción con hormigón en masa.

422. Los cajones de hormigón pueden utilizarse para la construcción de los muros de muelle, bien transportando por flotación los cajones prefabricados hasta el lugar donde han de colocarse y hundiéndolos luego, bien construyendo cada cajón en su posición definitiva y excavando de modo que se hunda hasta el nivel deseado.

423. La conveniencia de cada uno de estos muros de gravedad depende mucho de las condiciones del suelo. Generalmente sólo se utilizarán bloques y cajones flotantes cuando el muelle se construya en aguas cuya profundidad se aproxime a la profundidad de dragado definitiva. Puede construirse un cajón en su posición definitiva cuando el muelle está entonces en tierra firme y cuando el terreno por encima del nivel de dragado es blando.

b) *Tablestacados anclados*

424. Los muros de contención hechos de tablestacas de acero ancladas, que se muestran en el gráfico 30 B, se han utilizado frecuentemente como muros de muelles y deben recomendarse especialmente cuando la altura del muelle no tiene que ser excesivamente grande y cuando el suelo es de arena de densidad media.

425. Pueden obtenerse muros de muelle de mayor altura utilizando las tablestacas metálicas compuestas y las secciones de tablestacas en H, que ahora existen en el mercado. Para reducir el momento de flexión del muro se puede emplear una doble fila de barras de anclaje o construir una plataforma para reducir la carga por encima del tablestacado. En este tipo de muro pueden utilizarse tablestacas de hormigón y, en muchos países donde el costo del tablestacado metálico es alto porque hay que importarlo, el hormigón permite hacer economías considerables.

426. Sin embargo, las tablestacas de hormigón son más pesadas, más difíciles de hincar y hay problemas para lograr que la arena no se escape entre ellas, de modo que todavía puede justificarse el precio de compra del tablestacado metálico. En el cuadro 7 se comparan los factores que deberían considerarse en cada caso.

c) *Malecones sobre pilotes descubiertos*

427. Una de las formas más frecuentemente utilizadas para la construcción de malecones es la plataforma

CUADRO 7

Comparación de las tablestacas de acero y las de hormigón

Aspecto	Tablestacas de acero	Tablestacas de hormigón
Material	Costo alto	Costo bajo
Transporte	Generalmente hay que importarlas	Pueden fabricarse sobre el terreno
Inspección y tratamiento	Requieren inspecciones sencillas y certificados de calidad de los trabajos; limpieza y posiblemente limpieza con chorros de arena sobre el terreno	Requieren una cuidadosa comprobación sobre el terreno de los materiales y de la ejecución
Manipulación	Relativamente ligeras y solidas	Pesadas, necesitan una manipulación cuidadosa
Hinca	Pueden hincarse sin precauciones	Es necesario hincarlas con cuidado y pueden fisurarse
Ampliación	Fácil ampliación por soldadura	La ampliación requiere mucho tiempo o necesita conexiones complicadas
Mantenimiento	Pueden sufrir corrosión y necesitan pintura, muros más gruesos o protección catódica	Necesitan poco mantenimiento si están bien construidas y no han sufrido daños

sobre pilotes descubiertos que se muestra en el gráfico 30 C y D. Esa forma de muelle puede comprender, además de los pilotes verticales normales, pilotes hincados con inclinación (inclinados) y/o barras de anclaje unidas a bloques de anclaje colocados a cierta distancia detrás del muelle. Ese tipo de muelle se contruye sobre un talud revestido de piedra (talud con un paramento de piedra más dura) o sobre un terraplén o dique de piedra que sirve para retener los materiales más finos —generalmente materiales de relleno— situados detrás del muelle.

428. Para reducir la anchura de la explanada de la plataforma, se construye a veces un murete de contención en la parte trasera del muelle a fin de retener el material de relleno de la capa superior. Pueden utilizarse diversas técnicas de construcción con acero, hormigón o incluso, en las estructuras de poca importancia, madera. Es preciso determinar la anchura de la plataforma y la distancia entre pilotes que resulten más económicas, examinando diversas soluciones en cada caso.

429. Cuando hay una importante carga vertical, por ejemplo contenedores o grúas para la manipulación de carga a granel, una solución adecuada para la estructura del muelle pueden ser los pilotes cilíndricos de hormigón de gran diámetro. Además, la distancia entre los carriles de las grúas puede influir sobre la distancia entre los pilotes y debería tenerse en cuenta al proyectar las dimensiones de los muelles.

3. Espigones y muertos de amarre

430. Los espigones permiten al buque atracar a cierta distancia de la costa. El espigón está unido a la costa por una estructura de caballetes o una calzada elevada sobre la que puede haber una carretera, tuberías o correas transportadoras. En ciertos casos especiales, se puede prescindir de la estructura de acceso utilizando, por ejemplo, oleoductos submarinos para el petróleo, o teleféricos para el mineral a granel. Pueden construirse espigones en las aguas protegidas de los puertos para crear un puesto de atraque relativamente económico destinado a los buques de carga especializada y, en esos casos, sólo se necesita una corta estructura de acceso.

431. En otros casos, los espigones pueden construirse en mar abierto frente a la costa, con una larga estructura de acceso para llegar a aguas suficientemente profundas. Un espigón puede ser un medio económico de proporcionar una instalación para buques cisterna y buques graneleros, pero antes de adoptar esta solución hay que tener en cuenta las condiciones desfavorables de la construcción y los períodos en que no puede utilizarse el puesto de atraque debido a las condiciones atmosféricas.

432. Mientras que en el caso de los muros de muelles normales la estructura realiza las dos funciones de ofrecer un puesto de atraque para el buque y una plataforma de trabajo para las operaciones de carga y descarga del buque, en el caso de un espigón suele resultar económico separar las dos funciones desde el punto de vista estructural. Así pues, en la plataforma de trabajo (o morro del espigón) se sitúa el equipo de manipulación de la carga a granel, los dispositivos para la manipulación de las tuberías, etc., mientras que los muertos de atraque y de amarre separados sirven para retener e inmovilizar el buque (véase el gráfico 31). De ese modo, la plataforma destinada al equipo de manipulación de la carga no tiene que recibir el impacto horizontal del atraque del buque o de la maniobra de carga cuando está atracado, ya que el buque sólo entra en contacto con los muertos de atraque.

433. Cuando no varía mucho el tamaño de los buques, como en los puestos de atraque para petroleros o mineraleros, los muertos de atraque o de defensa se colocan generalmente a ambos lados del morro del espigón a intervalos aproximados de 0,4 veces la eslora del buque.

434. El muerto puede estar compuesto por un grupo de pilotes inclinados con los extremos superiores encajados en un sombrerete de hormigón, y defensas de caucho del lado destinado al atraque para amortiguar

los golpes. Otra posibilidad consiste en formar un muerto de atraque mediante un grupo de tubos de gran diámetro de acero de alta resistencia hincados o fijados en el fondo del mar. La absorción de energía por esos muertos de tubos de acero flexibles puede calcularse para ajustarla a la energía prevista del atraque de un buque, y frecuentemente resulta económico que la sección de los tubos varíe según la altura. El grado de fijación del pilote en el suelo es importante para esos cálculos, de modo que deben determinarse en primer lugar las propiedades del suelo mediante una investigación completa del fondo.

435. En los espigones se proporcionan muertos de amarre provistos de norays para las amarras de los buques. Para ello se utiliza un grupo de pilotes o alguna otra estructura de ese tipo que resista la fuerza de tracción ejercida sobre los norays, que puede llegar a ser de 100 y a veces de 200 toneladas, según el tamaño de los buques. En este caso, los pilotes se colocan a cierta distancia detrás de la línea de atraque del buque. Cuando el espigón está cerca de la costa y con un acceso muy corto, los muertos de amarre pueden construirse en la propia costa. Debería ser posible el acceso a los muertos de amarre en pequeñas embarcaciones provistas de cabos.

436. El morro del espigón es generalmente una estructura sencilla sobre pilotes, provista de defensas para los pequeños buques o gabarras que pueden utilizar el puesto de atraque. Para este tipo de estructuras se utilizan a menudo pilotes de acero con una plataforma de hormigón armado.

4. Tipos especiales de puestos de atraque

437. Además de los muelles y espigones que suele tener cualquier puerto, hay toda una serie de tipos de puestos de atraque poco corrientes para servicios especiales de transporte marítimo. Es poco probable que esas instalaciones especiales formen parte de la planificación y el diseño de instalaciones portuarias de uso común, ya que, generalmente, corresponden a un desarrollo industrial particular.

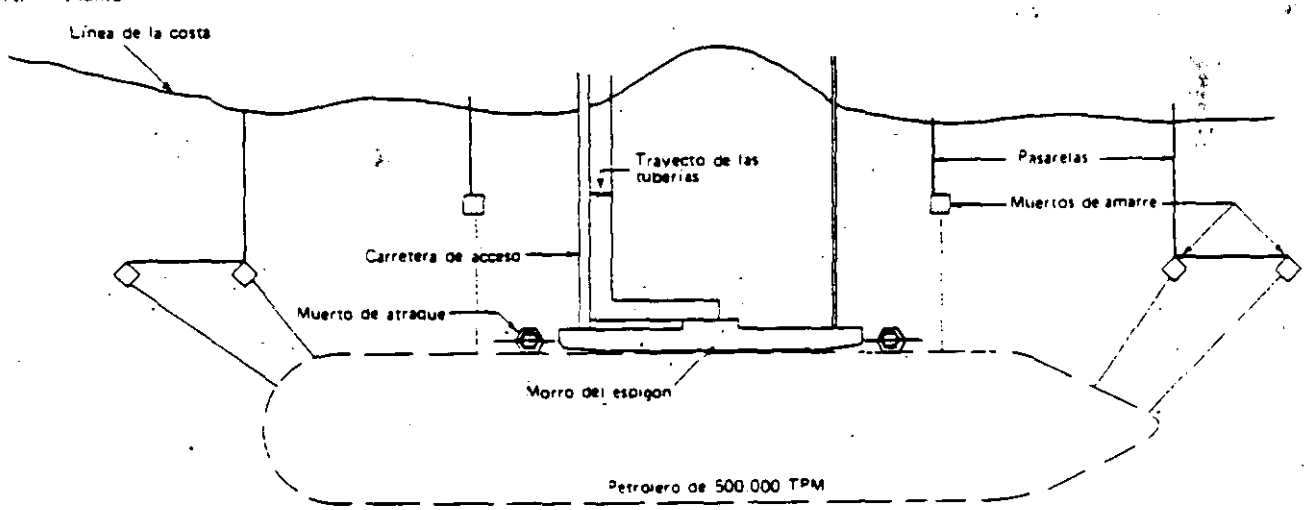
438. En la actualidad los minerales a granel y el petróleo se transportan en buques de gran tonelaje y es difícil ampliar los puertos existentes para construir puestos de atraque destinados a esos buques. Además, las nuevas fuentes de petróleo crudo y de minerales se encuentran muchas veces en zonas donde no existen puertos y donde es preciso, por lo tanto, construir instalaciones completamente nuevas.

439. Aunque los espigones pueden adentrarse mucho en el mar, es posible que resulten más económicas las islas naturales o artificiales construidas en alta mar

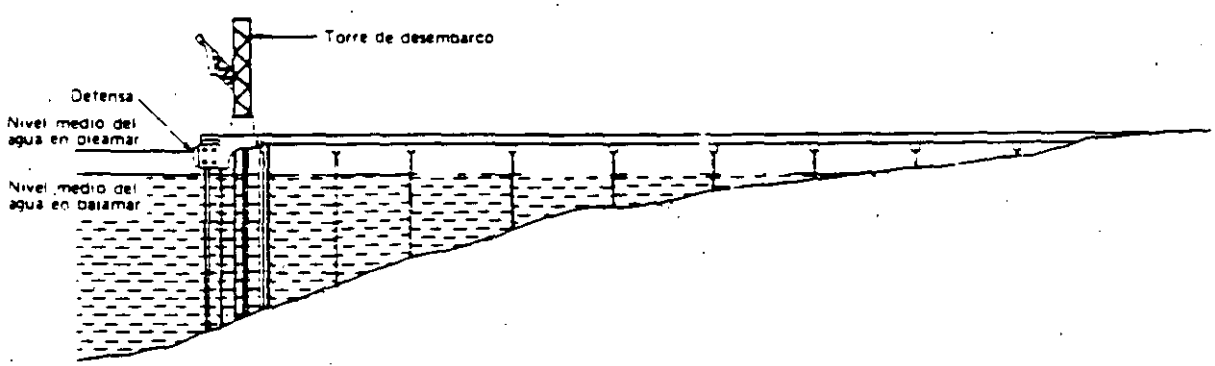
Gráfico 31

Espigón para grandes petroleros

A. — *Planta*



B. — *Alzado*



en condiciones favorables. La calzada de acceso es sustituida por teleféricos (para materiales secos como los minerales) o por tuberías submarinas (para los productos líquidos). A veces esas islas presentan la ventaja adicional de permitir el almacenamiento y facilitar el posterior transbordo.

440. Otra novedad que ha aparecido en los últimos años en lo que se refiere a la descarga del petróleo son los sistemas de amarre de punto único para grandes petroleros que se ilustran en el gráfico 32. Hace tiempo que se conoce el uso de boyas de amarre y oleoductos submarinos corrientes para los petroleros pero, más recientemente, se han instalado grandes boyas o estructuras fijas únicas que retienen el buque. Existen muchos tipos, y algunos de ellos incluyen una conexión mediante mangueras en el mismo puesto de amarre, mientras que en otros se separan ambas funciones. La característica principal de todos esos sistemas es, no obstante, que el buque puede situarse en la posición más favorable en relación con las corrientes marítimas y los vientos girando en torno a la boya.

441. Las principales ventajas de estos sistemas son que el tiempo de inactividad debido a las condiciones atmosféricas es menor que en el caso de un puesto de atraque fijo en el mismo emplazamiento; el desembolso de capital y el tiempo que se tarda en poner el sistema en servicio son generalmente menores; el atraque presenta menos problemas y es relativamente fácil trasladar el sistema a un nuevo emplazamiento. Esas ventajas pueden verse neutralizadas a causa de su costo y de los problemas de mantenimiento y seguridad que plantean.

5. Accesorios de los puestos de atraque

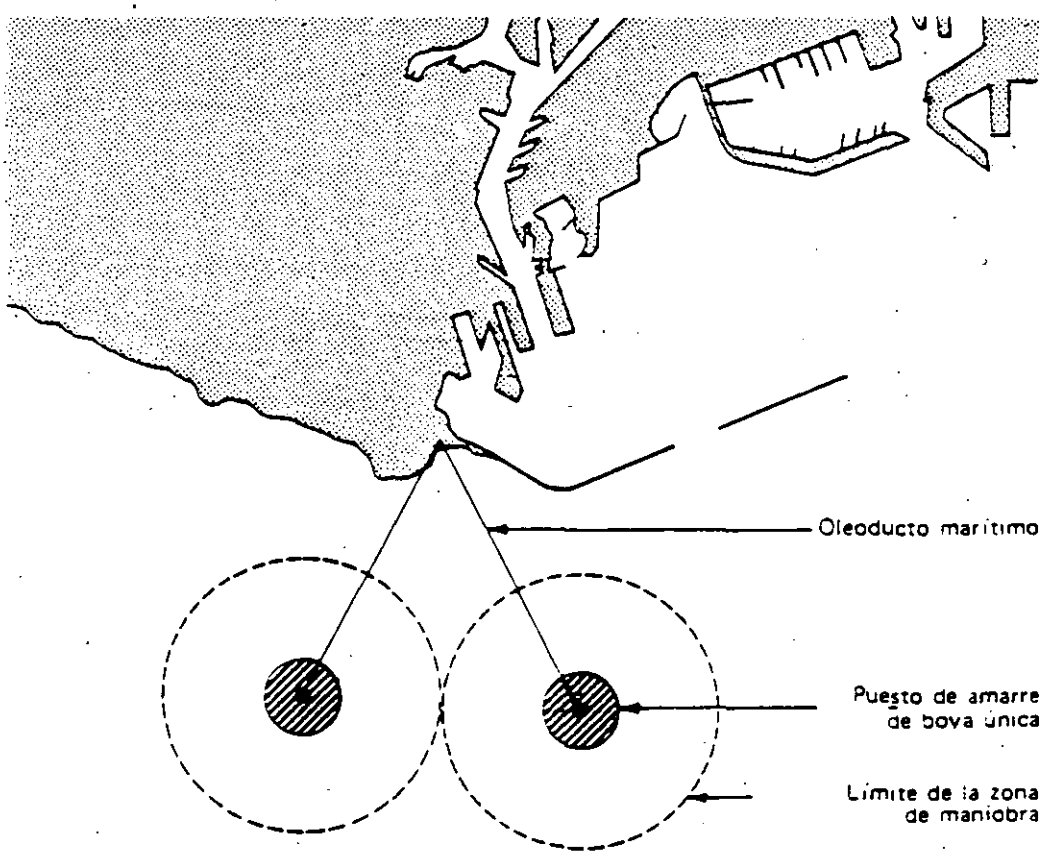
442. Entre los accesorios necesarios en un puesto de atraque figuran las defensas para absorber la energía de impacto de los buques, los dispositivos de amarre para asegurar el buque durante su permanencia en el puesto, las escalas de acceso o las escalerillas para las embarcaciones pequeñas y botes y los servicios adecuados para las diversas necesidades de los buques en un puerto. Las defensas se examinan con más detalle en la sección 6 y las demás características se describen brevemente en los siguientes párrafos.

a) *Dispositivos de amarre*

443. El tamaño de los dispositivos de amarre varía gradualmente desde los necesarios para los botes pequeños hasta los que se utilizan para los grandes buques graneleros, e incluyen norays, bitas, argollas de amarre, cornamusas y ganchos de suelta rápida.

Gráfico 32

Características de la superficie de agua necesaria para el sistema de amarre de boya única



Fuente: Port of Los Angeles Comprehensive Master Plan, 1990.

444. El dispositivo más importante y de uso más frecuente es el noray, que debería ser un poste bajo de fundición provisto de un saliente para que se puedan asegurar bien los cabos de los buques. Aunque los norays se clasifican según las cargas de ruptura, deberán diseñarse de modo que la rotura se produzca primero en los pernos de sujeción para una carga previamente determinada, quedando así a salvo la propia estructura.

445. En los folletos de los fabricantes figuran la capacidad de los norays y la distancia a que deben colocarse unos de otros para buques de ciertos tamaños. Por ejemplo, para los buques de 20.000 TPM, serían adecuados norays de 50 toneladas a intervalos de 25 metros. En los puestos de atraque para buques de gran tamaño se utilizan generalmente ganchos de suelta rápida y existen en el mercado diseños patentados que responden a las necesidades de los armadores.

b) *Escalas o escalerillas de desembarque*

446. En la parte exterior del muelle deberían situarse escalas o escalerillas de desembarque a intervalos aproximados de 40 metros. Se utilizan no sólo para permitir el acceso a los buques de franco bordo bajo y a las pequeñas embarcaciones, sino también como medida de seguridad si cae alguien al agua. En los muertos de amarre aislados son también necesarias escalas o escalerillas de desembarque para permitir el acceso desde la lancha durante las operaciones de manipulación de los cabos.

c) *Servicios*

447. El puerto puede ofrecer diversos servicios en un puesto de atraque. El más común es el suministro de agua dulce. El suministro de agua puede realizarse mediante tomas de agua con contador, situadas a lo largo del borde del muelle a intervalos de 50 a 100 metros y alimentadas por canalizaciones circulares que son generalmente una extensión de la red local de suministro de agua. Cualquier limitación del suministro de agua dulce por buque debería especificarse en los documentos portuarios.

448. También debe disponerse de agua para la extinción de incendios. Como puede resultar caro utilizar agua dulce, aunque causa menos daños a la carga, es posible emplear agua de mar. Se puede tender canalizaciones especiales de agua salada, que normalmente se dejan vacías, y sólo conducen el agua salada en casos de emergencia, mediante una instalación de bombeo fija o móvil. A fin de lograr una mayor eficacia, pueden instalarse canalizaciones a presión y bombas automáticas de uso instantáneo. Ese sistema de emergencia contra incendios situado en tierra firme se añade a los artefactos normales de extinción de incendios instalados a bordo de remolcadores.

d) *Suministro de combustible*

449. En algunos puertos es preciso suministrar combustible a los buques. Si no se utiliza una gabarra de aprovisionamiento de combustible ni se dedica a ese propósito un puesto de atraque especial, se puede instalar el suministro de combustible en el muelle de carga de modo que el buque pueda ser aprovisionado mientras está atracado al muelle. Según las clases de tráfico previstas, puede ser necesario fuel-oil, gasoil, dieseloil y productos intermedios. No es necesario facilitar esos combustibles en todos los puestos de atraque, pero deberían proporcionarse en emplazamientos convenientes tomas de combustible alimentadas por tuberías subterráneas. Pueden ser necesarias válvulas mezcladoras y deberían especificarse el ritmo máximo y mínimo de suministro en toneladas por hora.

e) *Energía eléctrica*

450. No es corriente que las autoridades portuarias suministren energía eléctrica a los buques, pero puede ser necesario, según la usanza normal en los buques que hagan escala en el puerto. En ese caso, se instalarían tomas de corriente en la esplanada de cada puesto de atraque. Es necesario iluminar las esplanadas para su utilización nocturna y, para evitar los postes de alumbrado que podrían dificultar la manipulación de la carga, las luces se sitúan normalmente sobre los tinglados de tránsito. En los muelles abiertos, es preferible colocar las luces sobre torres metálicas altas lejos de los buques.

f) *Servicio telefónico del buque con tierra firme*

451. La comunicación telefónica directa desde el buque constituye un servicio cada vez más importante. Generalmente se instalan conexiones telefónicas en cada puerto de atraque, preferiblemente cerca de un extremo para que estén situadas convenientemente en relación con la superestructura del buque. En la explanada se instalan conducciones por las cuales pueden pasar los cables telefónicos cuando se necesitan.

6. Defensas en los muelles

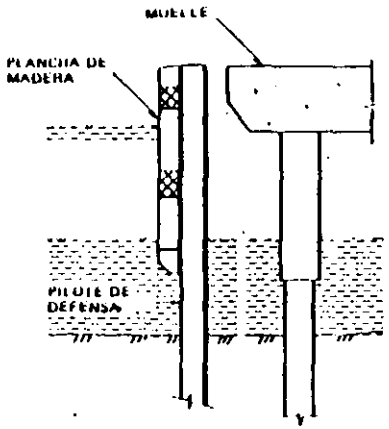
452. El impacto de un buque que atraca sobre la estructura de un muelle puede causar daños tanto al buque como al muro del muelle, a menos que se instale un sistema de defensa que lo amortigüe: en el gráfico 33 se dan algunos ejemplos de ese tipo de defensas.

453. En el caso de un muelle macizo, por ejemplo construido con bloques de cemento, la fuerza máxima aceptable vendría determinada por la capacidad del buque para resistir una deformación permanente, ya que el muro podría soportar fuerzas mucho mayores que el buque. En el caso de los muelles de pilotes descubiertos, la resistencia de la estructura suele ser el factor determinante en el diseño de las defensas. En ambos casos, las defensas deben colocarse de modo que amortigüen las fuerzas que se transmiten a una parte determinada de la estructura.

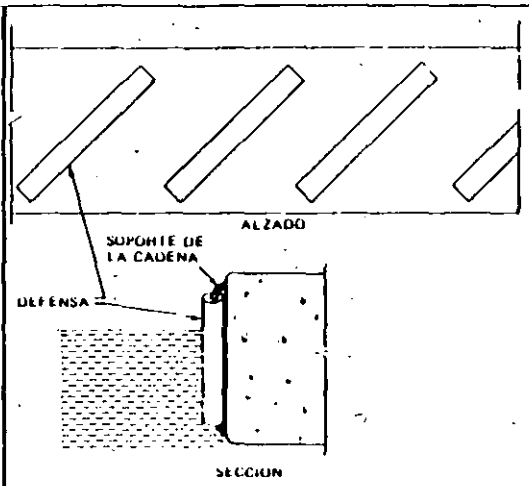
454. Los sistemas de defensa varían desde artefactos bastante complicados hasta prácticamente ninguna defensa en ciertos puestos de atraque para buques más pequeños. La forma más corriente de defensa en la

GRAFICO 33

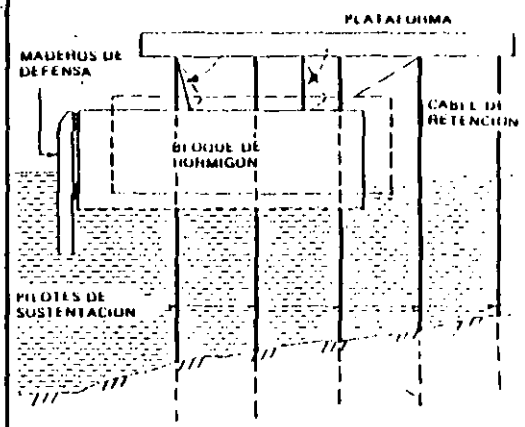
Ejemplos de defensas



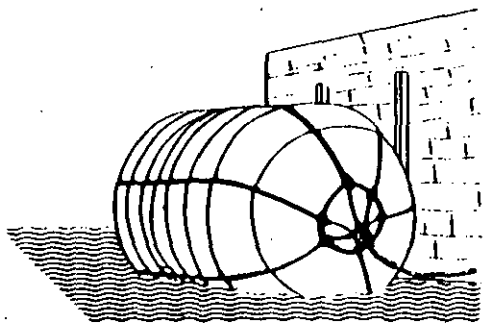
A.– PILOTE DE DEFENSA



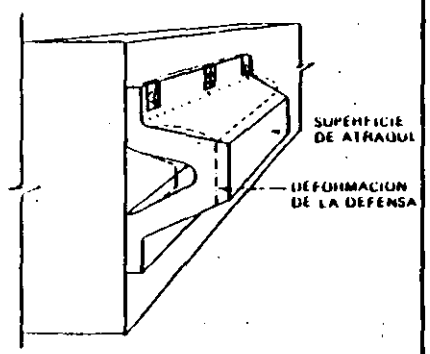
B.– DEFENSAS CON TUBOS DE CAUCHO SUSPENDIDOS



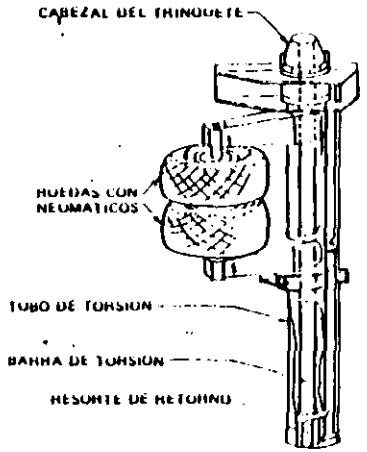
C.– DEFENSA DE GRAVEDAD SUSPENDIDA



D.– DEFENSA NEUMATICA



E.– DEFENSA DE CAUCHO TIPO ARCO



F.– DEFENSA DE TORSION (TIPO "CAMBRIDGE")

actualidad consiste en piezas de caucho de diversas formas que pueden asegurarse fácilmente sobre la estructura y están concebidas para ajustarse a las condiciones de cada caso. También se usan frecuentemente defensas de madera, en especial en los muelles de carga general, aunque su mantenimiento suele ser considerable.

455. La velocidad de atraque admisible de un buque depende de su tonelaje, de la pericia del marino o del patrón de remolcador y de las condiciones meteorológicas y del puerto. Debería elegirse una velocidad superior a la normal como valor teórico para que las defensas y estructuras puedan resistir a cualquier tipo de atraque, pero generalmente es imposible prever una colisión accidental. Los fabricantes de defensas patentadas publican datos sobre la absorción de energía de sus defensas y cuadros que permiten escoger las más idóneas.

456. Otros tipos de defensas están concebidos normalmente como sistemas mecánicos y estructurales que responden a una aplicación particular. En cuanto a los puestos de atraque especializados, los operadores de los buques tendrán normalmente una opinión sobre los tipos de defensas adecuados para sus buques y deberían ser consultados en la medida de lo posible. Los siguientes tipo de defensa, ilustrados en el gráfico 33, figuran entre la selección normalmente disponible.

457. Los sistemas de pilotes de defensa utilizan pilotes hincados en el fondo del mar a lo largo de la parte exterior del muelle. La energía del impacto es absorbida principalmente por la flexión del pilote. En el caso de cargas de atraque elevadas, se aumenta generalmente la capacidad de resistencia añadiendo un bloque de caucho entre la cabeza del pilote y la estructura del muelle y uniendo los pilotes entre sí con barras longitudinales para repartir la carga.

458. Las defensas de tubos de caucho son muy convenientes y económicas, pero, debido a su capacidad limitada de absorción de energía se utilizan generalmente en estructuras que pueden resistir impactos. Son fáciles de instalar, suspendidas con cadenas o cables de acero, y fáciles de reemplazar. Normalmente se instalan en diagonal para que absorban los movimientos horizontales y verticales de los bloques. En los puertos con gran amplitud de marea, puede ser necesario instalar varias filas de defensas. En algunos casos, las defensas de caucho se colocan entre una plancha de madera o de acero y el muro del muelle. Como el coeficiente de fricción del costado del buque contra la madera o el acero es menor que contra el caucho, se reducen mucho las fuerzas longitudinales. Se han diseñado otros diversos tipos de defensas de caucho que trabajan por esfuerzo constante por torsión o por flexión y, en algunas defensas, se utilizan conjuntamente el caucho y el acero para formar una unidad de absorción de energía.

459. Las defensas de gravedad suspendidas están diseñadas para transformar la energía cinética del buque en movimiento en energía potencial mediante la elevación de un peso. Hay tres tipos generales, que trabajan mediante un sistema de cables, mediante un péndulo o mediante soportes giratorios. Un ejemplo típico de los muchos que se han utilizado, es aquel en que se suspende un gran bloque de hormigón por debajo de la plataforma del muelle mediante dos pares de cables. La cara exterior del bloque, adecuadamente revestida con una plancha de madera, actúa como superficie de atraque. Con el impacto del buque el bloque de cemento oscila hacia atrás y hacia arriba hasta que el buque se detiene.

460. Las defensas neumáticas son dispositivos de presión estancos diseñados para absorber la energía del impacto por compresión del aire dentro de una envoltura de caucho. Uno de los tipos flota libremente pero está atado con cabos entre el muelle y el buque. Otro tipo es la defensa fija de bloque neumático, que tiene una alta capacidad de absorción de energía y está formada por un cilindro de caucho cerrado en el que se bombea el aire. El conjunto está unido a la superficie del muro del muelle.

461. Los sistemas de defensa por torsión están diseñados para absorber la energía del atraque mediante la deformación plástica de los metales en la torsión. Se utiliza una barra de torsión de acero suave, de modo que el movimiento del buque contra la defensa la retuerce.

7. Estimaciones de los costos de las obras

462. Durante las etapas iniciales de un proyecto de desarrollo portuario, los estudios técnicos tratan de identificar posibles soluciones y proporcionar estimaciones razonables de sus costos de capital y de mantenimiento. Según va adelantando un proyecto, aumenta el grado de confianza en las estimaciones, al poderse disponer de más información y realizarse un trabajo de proyecto más detallado. En cada fase deberían preverse márgenes para imprevistos, que disminuirán a medida que vaya aumentando la confianza. Los costos definitivos sólo se conocerán exactamente cuando esté terminado el trabajo. Hay que evitar la excesiva precisión en las fases iniciales y normalmente un margen de tolerancia del 20% en las evaluaciones económicas es perfectamente satisfactorio, dado que las previsiones del tráfico y del transporte marítimo no pueden ser más precisas.

463. No obstante, el ingeniero debería tratar de elaborar estimaciones para otras posibles soluciones que puedan compararse con facilidad. A menudo es necesario proporcionar al equipo de evaluación económica estimaciones para opciones que pueden no haberse previsto inicialmente al planificar las investigaciones sobre el terreno. Un ejemplo es cuando se presenta el caso de ampliar otro puerto. En esa circunstancia, el ingeniero puede tener que realizar una investigación rápida sobre otro emplazamiento, sin tiempo para llevar a cabo un estudio completo sobre el terreno y una evaluación del proyecto. El ingeniero no debería poner límites al número de proyectos y diseños que elabora el equipo, pero no debería lanzarse a una investigación demasiado detallada antes de que haya comenzado a reducirse la lista de opciones.

464. Las bases para la estimación de los costos de los trabajos de ingeniería deben ser definidas por el equipo encargado del proyecto, y frecuentemnte se decide que a lo largo de todo el proyecto se utilizarán los costos y beneficios actuales. Sin embargo, el inge-

niero puede tener que estimar las tasas de inflación de los costos de construcción, para utilizarlos según convenga en la evaluación conjunta.

465. Muchas veces es necesario dividir las estimaciones de costos según se trate de moneda local y divisas y de aportes fiscales, y el ingeniero puede recibir orientación de los economistas. Sin embargo, sobre estos elementos puede influir considerablemente el hecho de que se elija un contratista local o extranjero. Por ello el ingeniero debe adquirir desde el primer momento un buen conocimiento de la industria nacional de construcción y considerar si es capaz de ejecutar el proyecto o si sería necesario recurrir a un contratista internacional, lo cual requeriría mayores sumas en divisas.

466. Es importante considerar los efectos que pueden tener en la evaluación de los costos los diferentes planes de escalonamiento de las obras. Por ejemplo, un puerto en expansión puede necesitar en el futuro nuevos puestos de atraque para buques de carga fraccionada. Teóricamente, puede parecer atractiva la solución de construir, por ejemplo, un puesto de atraque cada dos años, pero en la práctica un estudio adecuado de la relación entre costos y fases de planificación puede demostrar que esos puestos de atraque deberían construirse al principio e iniciar unos cinco años después una nueva etapa de construcción de puestos de atraque. Es importante tener presente que los costos de movilización serían prácticamente los mismos, independientemente del número de puestos de atraque que se construyan conforme a cada contrato. Así pues, es preferible dividir en dos partes las estimaciones de los diferentes proyectos posibles: el costo directo de cada elemento de un conjunto, y luego, al final, el costo de movilización del conjunto de las obras previstas. Esto facilita la manipulación de diversas estimaciones en las comparaciones económicas.

Capítulo VII

TRANSPORTES INTERIORES

A. — El sistema en su totalidad

467. En otros capítulos se ha puesto de relieve la importancia de que el planificador portuario transcienda los límites del puerto y prevea el tramo inmediato de la cadena del transporte. A menudo tendrá poca autoridad para planificar ese tramo, pero siempre habrá de tener presente cómo entran las mercancías en el puerto y cómo salen de él y tratar de influir en consecuencia en el plan de transportes interiores.

468. El punto de partida es examinar cuál será la distribución modal del tráfico de que se trate, es decir, en qué proporciones entrará y saldrá dicho tráfico por carretera, por vía férrea o por vías de navegación interior. Muchas veces esto requerirá el examen de una muestra de los envíos que integran el tráfico. Para juzgar si es probable que se modifique la distribución modal, el principal factor será la medida en que se disponga de muelles de vías de navegación interior, acceso por carretera y terminales de ferrocarril en las instalaciones de los cargadores (fábricas, almacenes o minas). Esas instalaciones evolucionan muy lentamente, dadas las grandes inversiones que son necesarias.

469. Para cada una de las principales clases de tráfico (por ejemplo carga fraccionada, contenedores, cargas ro/ro y cada una de las principales cargas transportadas a granel) es necesario prever luego su propia distribución modal y relacionarla con el futuro sistema de distribución. En cada caso la preocupación primordial es la posibilidad de que se produzcan estrangulamientos en el sistema. El sistema puede imaginarse como una serie de cisternas conectadas entre sí en que los grifos deben cerrarse en el momento en que se llena una de las cisternas, como se ve en el gráfico 34.

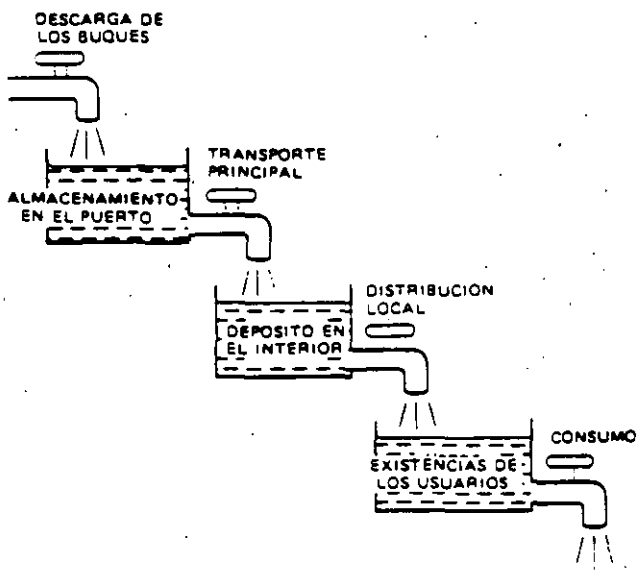
470. De acuerdo con el proceso descrito en ese gráfico, si cualquiera de los almacenes (almacenamiento en el puerto, depósito en el interior o existencias de los usuarios) se llena, la solución inmediata normal será cerrar la corriente de entrada. Con ello no tardará en llenarse el almacén precedente. Pero en el caso del almacenamiento de las importaciones en el puerto, la administración portuaria tiene dificultades para cerrar el «grifo» que representa la descarga de los buques cuando se produce una demora en el sistema, con lo que el puerto queda sobrecargado. A más largo plazo, la solución podría ser aumentar el volumen de los depósitos en el interior, pero es raro que haya posibilidad de aumentar la corriente que sale de cualquiera de los almacenes, puesto que ese aumento habría que pasarlo a cada uno de los elementos de la serie y esto sólo podría tener por resultado final un aumento del consumo, lo que no es una solución que tenga que ver con el problema del transporte.

471. Estos diagramas muestran el principio de reacción en cadena, pero en la práctica habrá normalmente una red auxiliar de conexiones de depósitos y transportes, todos los cuales conjuntamente hacen bajar el nivel del almacenamiento en el puerto, como se indica en el gráfico 35. La capacidad total de todos esos elementos deberá ser suficiente para hacer frente al ritmo total de descarga de los buques.

472. En el caso del transporte por gabarras, puede haber la posibilidad —en particular si las gabarras pueden fabricarse localmente a bajo precio— de permitir que las propias gabarras se utilicen provisionalmente para el almacenamiento. En el caso de las cargas de exportación que esperan un buque, ésta puede ser una solución económica en comparación con el costo de la doble manipulación pasando por los almacenes de exportación. Es probable que este sistema no pueda aplicarse en el caso de los vehículos de carretera o de ferrocarril, en que el costo en divisas por tonelada transportada es mucho más elevado.

GRAFICO 34

La corriente de importación

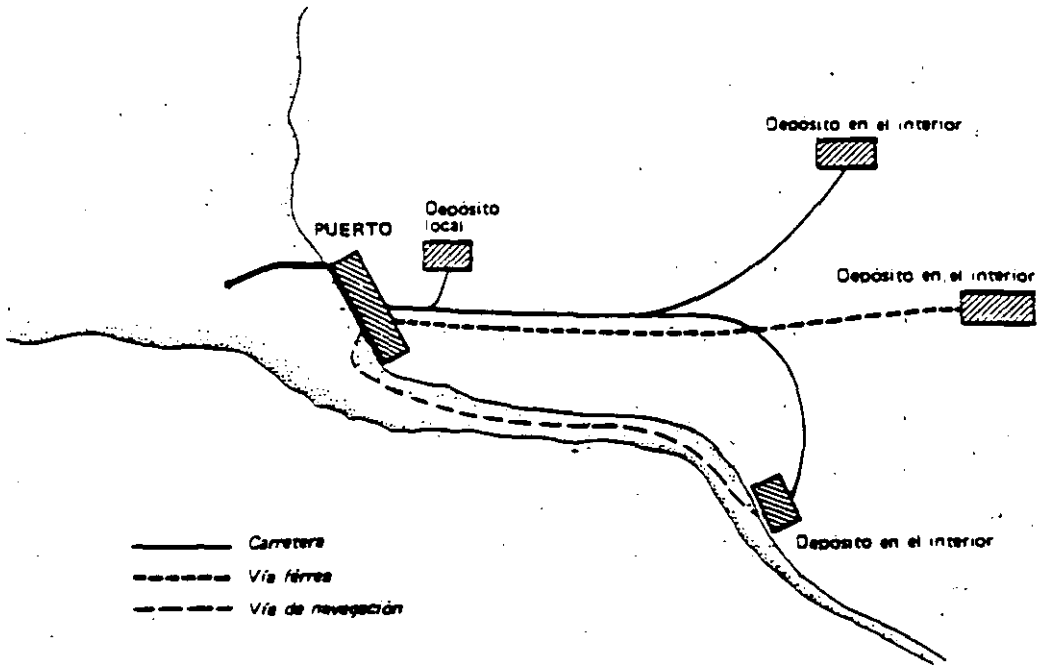


B. — Prácticas comerciales

473. El segundo «grifo» del gráfico 34, que controla la corriente de mercancías que sale del almacén del puerto, se halla, en cierta medida, bajo el control de la

GRAFICO 35

Red de transportes interiores



administración portuaria. Por lo general, las mercancías de importación sólo salen del puerto cuando:

a) Se han pagado todos los derechos y gravámenes;

b) Se han completado los trámites documentales;

c) Las mercancías se han despachado en la aduana;

d) El consignatario desea recibir las mercancías.

Uno de los objetivos del plan de desarrollo portuario debe ser fomentar un mejor funcionamiento de todos estos elementos.

474. Lo ideal sería que la corriente material de mercancías no se demorase en ningún caso por razones financieras o burocráticas. Pasará mucho tiempo antes de que se logre este ideal, pero hay varias medidas que las autoridades portuarias y de aduanas pueden adoptar conjuntamente:

a) Puede exigirse que los agentes depositen una garantía financiera que permita despachar los envíos antes de efectuado el pago de los derechos. Luego podría expedirse una factura mensual única para su pago. La introducción de esas garantías o depósitos también puede ser útil por cuanto limitaría el número de dichos agentes autorizados, concentrando así la operación de despacho en un número menor de personas más eficientes;

b) A menudo un somero estudio de la manera como se organiza el flujo de documentos mostrará que hay posibilidades de proceder a una simplificación considerable. El temor de una reducción del personal de oficina puede verse atenuado, en cierta medida, por la necesidad de transferir personal a la función de control, de mayor utilidad, mencionada a continuación;

c) Muchas veces la jornada laboral y la plantilla de las aduanas son demasiado limitados para que el trabajo se desarrolle de manera eficiente. Quizás sea posible tomar medidas ya para aumentar el rendimiento de las aduanas, ya para reducir la carga de trabajo de los aduaneros, limitando las muestras de mercancías que se abren o se someten a inspección;

d) Una aplicación estricta de los reglamentos sobre el traslado de mercancías a los almacenes a largo plazo después de un período limitado, con unos derechos de almacenamiento razonables, puede estimular a los consignatarios a retirar antes sus mercancías de los almacenes del puerto.

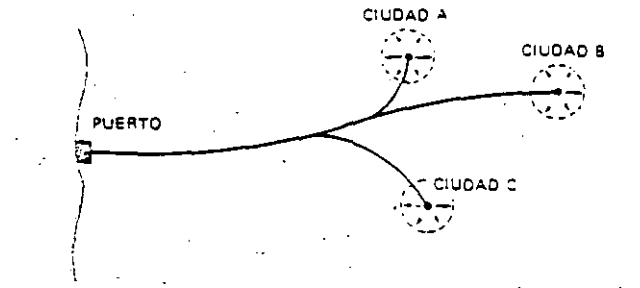
475. Por desgracia, en esta fase de las operaciones hay a veces algunos abusos, por ejemplo efectuar pagos ilícitos para acelerar los trámites. Es posible que la administración tenga que mantenerse vigilante en esta esfera, y que convenga introducir métodos sistemáticos para registrar el progreso de los documentos de consignación, manualmente o mediante el tratamiento electrónico de los datos, tan sólo para evitar tales abusos. Esa función de control puede ser una responsabilidad importante de un departamento especial que disponga de personal adecuado.

C. — Capacidad del transporte terrestre

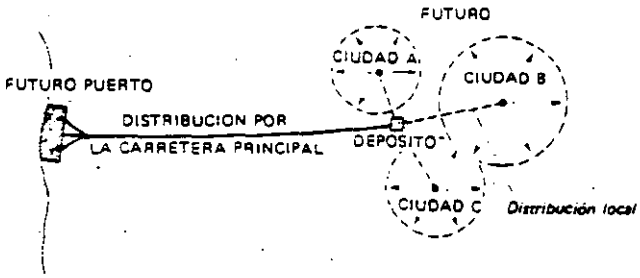
476. Para asegurarse de que se toman disposiciones apropiadas sobre la capacidad del transporte terrestre que es necesaria para hacer frente al movimiento de mercancías previsto en el puerto, el planificador portuario debería tener en cuenta tanto el parque de vehículos como la capacidad de las carreteras. Ambos factores dependen mucho de la estructura de la distribución en el interior.

GRAFICO 36

Consecuencias de la creación de depósitos intermedios



A. — *Distribución de un solo tramo*



B. — *Distribución de dos tramos*

477. No basta con calcular el número y el tipo de vehículos que serán necesarios para traer o llevar cada día las mercancías que se cargan y se descargan. Esas cifras indicarán cuáles son las necesidades en materia de manipulación, clasificación y administración y, por lo tanto, representan un primer paso para la planificación del sistema general. Sin embargo, dan muy pocas indicaciones sobre el problema del transporte puesto que no tienen en cuenta la duración del viaje del vehículo. Por ejemplo, para transportar 1.000 toneladas diarias a la zona urbana adyacente pueden necesitarse 42 vehículos de reparto de ocho toneladas, que hagan como promedio tres viajes de ida y vuelta diarios, en tanto que para transportar esas mismas toneladas a un depósito del interior situado a 600 kilómetros del puerto pueden hacer falta unos 200 vehículos de 20 toneladas que harán el viaje de ida y vuelta en cuatro días. La estructura de la distribución y la capacidad de la carretera determinan no sólo el número de vehículos que se necesitan, sino también el tipo de vehículo y las instalaciones de manipulación en el puerto. Es preciso calcular aproximadamente el número y el tipo de vehículos y pedir al planificador del transporte regional que confirme si en el plan regional se ha previsto un parque de vehículos. También puede examinarse las previsiones diarias del tráfico por carretera, por ferrocarril y en gabarras en el puerto, así como los cargamentos previstos en las explanadas.

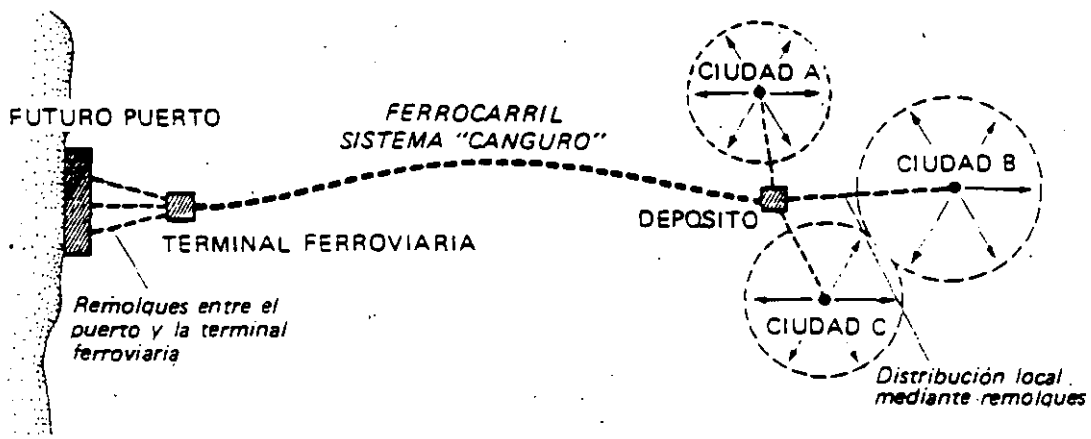
478. Si se piensa en la situación dentro de varios años, debería tenerse presente que es muy probable que el incremento del volumen del tráfico, más el crecimiento de las zonas industriales y urbanas, provoquen cambios fundamentales en la estructura de la distribución en el interior. Uno de los principales efectos, que tiene serias repercusiones para el puerto, es la necesidad de crear depósitos intermedios para separar el transporte por la carretera principal de la distribución local.

479. Ese efecto se muestra en el gráfico 36. Al pasar de una estructura de un solo tramo a una de dos tramos, es probable que aumente el tamaño y el costo del tipo de vehículo que presta sus servicios al puerto, lo cual exigirá en el puerto un servicio más rápido que se ajuste a la menor duración de su viaje a fin de reducir los costos unitarios. Esta tendencia es semejante a la que se advierte en el transporte marítimo.

480. Cuando las distancias del transporte por carretera son largas tiende a justificarse el transporte por ferrocarril y, en este caso, el planificador del transporte puede introducir un tercer tramo en el que en el puerto se cargan las mercancías en remolques de carretera, que luego se llevan a la estación ferroviaria y se transportan por ferrocarril al depósito del interior mediante el sistema «canguro» con vagones plataforma. Además, este método permite reducir la presión en la red de carreteras. Se trata de un sistema económico en el cual se combinan las mejores características del transporte a corta distancia por carretera y el transporte a larga distancia por ferrocarril. Al puerto sólo llegan los remolques más pequeños para el transporte a corta distancia, como se indica en el gráfico 37.

GRAFICO 37

Red de distribución interior combinada carretera/ferrocarril



D. — Acceso de vehículos

481. Tradicionalmente, en los muelles de carga general se manipulaba una mezcla de carga indirecta (vía el tinglado de tránsito) y de carga directa (cargada o descargada directamente de o en el vagón de ferrocarril o vehículo de carretera al costado del buque). Esto tenía ciertos inconvenientes:

a) Los movimientos de los vagones de ferrocarril o vehículos de carretera en el muelle se entorpecen mutuamente e interfieren con otras operaciones;

b) Cuando los carriles no están hundidos provocan problemas de circulación en la zona de carga y descarga que demoran el movimiento de otros vehículos y del equipo de manipulación;

c) Es difícil atenerse a una planificación rígida del parque de vehículos disponible en el momento preciso, con lo que, por lo general, la carga directa hace más lento el servicio del buque.

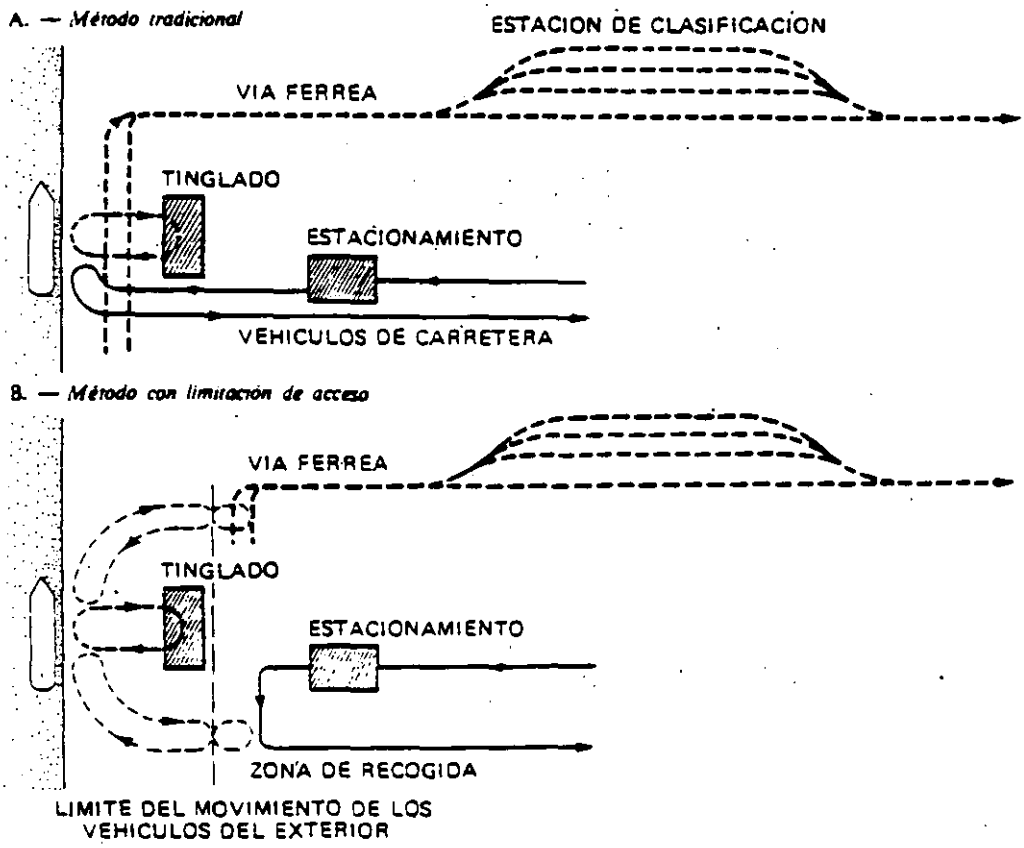
482. Esos problemas han llevado a utilizar un método que, aunque a primera vista parece restrictivo, es de funcionamiento más flexible y eficaz. Se trata de impedir a todo vehículo del exterior el acceso a la zona de carga para la entrega directa. Mediante un sistema de transbordo, que utiliza, por ejemplo, tractores y remolques para llevar las mercancías a una zona intermedia temporal situada en el punto de recogida de los vehículos de ferrocarril o de carretera, todavía pueden efectuarse entregas directas. El aumento del costo que supone el equipo necesario para ese transbordo queda equilibrado por las mejores condiciones de trabajo en el muelle y por la reducción en las demoras en las operaciones de carga y descarga del buque provocadas por la tardanza de los vehículos. En los muelles donde se trabaja con un gran número de cargas pesadas que deben izarse a los vagones de ferrocarril, pueden utilizarse vías niveladas con la superficie de la esplanada de carga. En el gráfico 38 se muestran los dos métodos aplicables; en el segundo de ellos se fija un límite más allá del cual no pueden penetrar los vehículos del exterior.

483. Otro método consiste en eliminar la entrega directa, haciendo pasar toda la carga por zonas de almacenamiento en tránsito de mayor superficie. Si bien esta posibilidad suprime el problema causado por las demoras en la disponibilidad de vehículos de entrega directa, las necesidades de superficie pueden aumentar considerablemente a medida que aumente el tiempo de tránsito de las mercancías. Sin embargo, ese método atenúa la demanda de transportes interiores y reduce así las dimensiones del parque de vehículos necesario para el servicio del puerto.

484. Los métodos que suprimen la entrega directa en el muelle introducen la doble manipulación, pero este costo suele ser compensado con creces por la reducción del tiempo de rotación más rápido de los buques y por la supresión de la vía férrea, en particular en los países donde los costos de mano de obra son moderados. También entrañan la necesidad de disponer de más unidades tractor/remolque, pero esos vehículos pueden ser de un tipo corriente, lo que da mayor flexibilidad a las operaciones.

GRÁFICO 38

Limitación del acceso de vehículos al muelle



485. En cuanto a las necesidades de mano de obra, la doble manipulación suele necesitar una transferencia de trabajadores de la zona de carga del muelle a la zona de tránsito, en lugar de un aumento global de la mano de obra utilizada. Más aún, en las operaciones en la zona de tránsito puede utilizarse mucho mejor la mano de obra, puesto que es posible planificar cuidadosamente el trabajo, en vez de depender de la improvisación en función de la hora de llegada imprevisible de los vehículos y de la carga, como ocurre con el método tradicional.

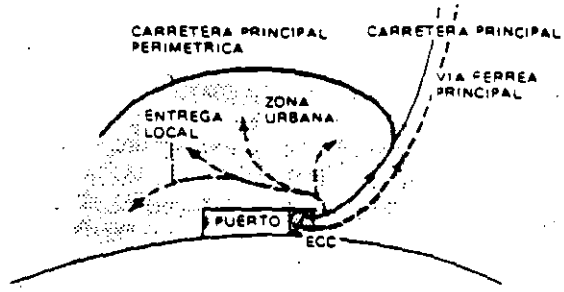
486. Este problema de la planificación más sistemática es fundamental en las operaciones portuarias modernas. Debido a que el trabajo en los buques, que requiere una actividad intensiva durante períodos breves, está separado de la operación de llegada y entrega de la carga, esta última puede desarrollarse más sistemáticamente, independientemente de la demanda punta de los buques. Esto tiene el importante efecto de reducir el parque de vehículos que requiere el servicio del puerto. Con este sistema más estable es posible realizar operaciones planificadas sin someter a una presión excesiva a la administración de nivel medio.

487. Hay una fracción residual de la carga en los puestos de atraque de carga fraccionada que, considerada aisladamente, debería cargarse directamente en vagones de ferrocarril o en camiones. Muchas veces este problema puede resolverse recurriendo a la carga y descarga en gabarras por el costado del buque. La carga puede llevarse luego a un puesto de atraque más antiguo donde puede procederse a la entrega directa. Cuando esto no es factible, quizá sea más razonable aceptar el inconveniente de no entregar directamente esa fracción de la carga que recurrir a un cambio de plan que redundaría en desventaja de todas las demás operaciones.

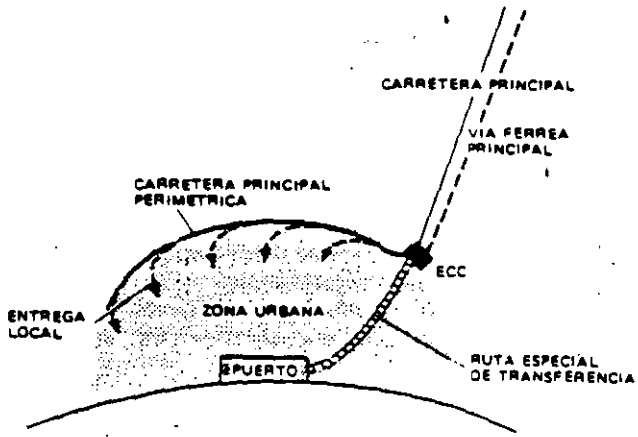
GRAFICO 39

Comparación entre la instalación de una estación de carga de contenedores (ECC) en la zona portuaria o en el exterior de la misma

A. — *ECC en la zona portuaria*



B. — *ECC en el exterior de la zona portuaria*



E. — Sistemas de transporte directo

488. El principio de separar el servicio del buque de la operación de transporte al interior se aplica aún con mayor razón al caso de los contenedores y de las cargas ro/ro. No debe permitirse que el vehículo de transporte utilice la esplanada del muelle para recoger su carga, aunque esa posibilidad sería interesante para el consignatario. Ya esté la unidad de carga destinada a un auténtico transporte directo [paletas o cargas completas de contenedor (CCC)], ya sea inferior a una carga completa de contenedor [carga parcial de contenedor (CPC)], que habrá de descargarse y despacharse nuevamente en una estación de carga de contenedores, la transferencia a la explanada del muelle y desde esa zona deberá llevarse a cabo bajo el pleno control del puerto y utilizando los vehículos del propio puerto (chasis de carretera, semirremolques, carretillas-pórtico, etcétera).

489. También habría la posibilidad de llevar más lejos este principio y de desplazar la estación de carga de contenedores de la zona del puerto a un lugar mejor situado para la distribución a la zona urbana, liberando así un valioso terreno en el puerto, como se ve en el gráfico 39. Esto resulta especialmente indicado cuando se trata de un puerto tradicional situado en una ciudad. Cuando la propuesta se refiere a la creación de un nuevo puerto, es probable que, en cualquier caso, éste se halle lejos del centro urbano, de manera que la estación de carga de contenedores puede instalarse otra vez en la zona del puerto.

490. En el caso del transporte directo, lo ideal es que el puerto no sirva en absoluto como punto de almacenamiento o clasificación de las mercancías y que en él sólo se lleve a cabo la transferencia de las unidades de carga de un vehículo a otro. En ese caso todos los trámites pueden efectuarse fuera de la zona del puerto, en un despacho de aduanas situado en el interior, lo más cerca posible de los consignatarios finales. En la práctica, es raro que ese ideal pueda alcanzarse en los países en desarrollo, puesto que la proporción de CCC es baja y, a menudo, las prácticas comerciales tradicionales exigen la reexpedición en el puerto, aun en el caso de las CCC. Inclusive si se establece un depósito de aduanas en el interior, puede ser difícil convencer a los agentes de que transfieran sus oficinas instaladas en el puerto, y también habrá que resolver los problemas de mano de obra que plantea la reconversión de los estibadores del puerto de modo que puedan trabajar en el despacho de aduanas del interior.

491. En un caso muy concreto resulta fácil aplicar la idea del despacho de aduanas situado en el interior, es decir, cuando la región costera no es un centro de producción o de consumo, de manera que la función del puerto se limita a ser una etapa en el itinerario hacia el interior del país. En tal caso puede tener muchas ventajas transferir en la medida de lo posible, la operación al interior, en particular cuando el clima de la costa no es bueno.

F. — Especificaciones técnicas

492. En otros capítulos se ha advertido del peligro que entraña aceptar las afirmaciones de los fabricantes sin estudiar cuidadosamente las necesidades locales desde el punto de vista técnico, y lo mismo puede decirse cuando se trata de los vehículos de transporte terrestre. La compra de vehículos inadecuados para el clima, el terreno, y el firme de las carreteras del país ha sido causa de graves problemas. Por ejemplo, el estado de las carreteras de muchos países en desarrollo hace que los camiones necesiten una suspensión más dura para no tener demasiadas averías. En todo caso, la escasez de servicios de mantenimiento y reparación en un largo recorrido puede hacer necesario establecer una red de estaciones de servicio en carretera y una organización coordinadora para controlarlas.

493. En el caso del ferrocarril es probable que los futuros trenes de carga sean más pesados y rápidos que los actuales. Posiblemente habrá que sustituir el material móvil actual y renovar las vías, y las locomotoras tendrán que ser mucho más potentes. El planificador del puerto debería asegurarse de que se ha obtenido el asesoramiento de un especialista para estar seguro de que las cargas teóricas previstas son correctas.

G. — Sistemas de información

494. La coordinación de los movimientos de transporte interior con los movimientos de las mercancías dentro de la zona portuaria y con las operaciones de los buques puede ser bastante difícil. A fin de reducir los costos derivados de la inmovilización de unos vehículos muy costosos, acelerar el movimiento de la carga y utilizar en la mejor forma posible el almacenamiento del puerto, es aconsejable prestar especial atención al método de comunicar información sobre las reservas de espacio de carga, la capacidad de transporte y los itinerarios de los buques. La creación de un centro de información sobre los movimientos de vehículos en el puerto puede ser un medio valioso para mejorar la coordinación entre el transporte por carretera y el transporte marítimo.

495. Cuando hay escasez de vehículos de carretera, o cuando el espacio de aparcamiento es limitado, puede resultar muy ventajoso establecer un centro de reserva de vehículos, que podría ser una oficina con suficientes teléfonos para poner en práctica un sistema de citas según el cual los transportistas puedan recoger determinados envíos en un plazo fijado previamente, de manera que la espera se reduzca al mínimo. En este caso se dará la prioridad para entrar en la zona del muelle a los camiones que lleguen dentro del plazo señalado (por ejemplo, una media hora).

H. — Accesos al recinto del puerto

496. Normalmente estará plenamente justificado, para reducir el costo de los hurtos y de los robos más importantes, construir una barrera de seguridad, y establecer un servicio de patrullas que dependan de la administración portuaria. El número de accesos al puerto debe reducirse al mínimo, aplicándose en ellos un riguroso sistema de pases. El personal de las puertas de acceso debe ser suficiente para establecer varios puntos de control, a fin de que los vehículos puedan circular sin demasiada interrupción mientras se controlan los permisos de salida. Si hay sospechas justificadas o se descubre una carga no autorizada, el vehículo deberá retirarse de la salida a una zona especial prevista para tal fin cerca de la puerta, donde se pueda efectuar una inspección más minuciosa o volver a cargar el vehículo sin obstaculizar los movimientos de los demás camiones. También puede destinarse una vía de acceso para la entrada y salida de vehículos vacíos y automóviles privados.

I. — Andenes de carga

497. Los andenes de carga ofrecen una zona cubierta de transferencia en la que los vehículos de carretera cargan o descargan mercancías que han de almacenarse bajo tejado. Debe preverse un número suficiente de andenes de carga para hacer frente a los períodos de afluencia máxima, que se puedan adaptar a cualquier situación futura. El almacenamiento cubierto deberá tener un alero de unos 5 metros para que el trabajo pueda seguir efectuándose durante el mal tiempo. También haría falta una carretera de acceso a la zona, una zona de clasificación en que se reúnan los camiones antes de aproximarse al andén de carga, y una zona de aparcamiento o zona secundaria de maniobras para que esperen los camiones antes de ser dirigidos a determinados andenes. Las zonas de aparcamiento deberían estar bajo el control de una oficina de tráfico y ser utilizadas por los camiones que esperan la tramitación de documentos.

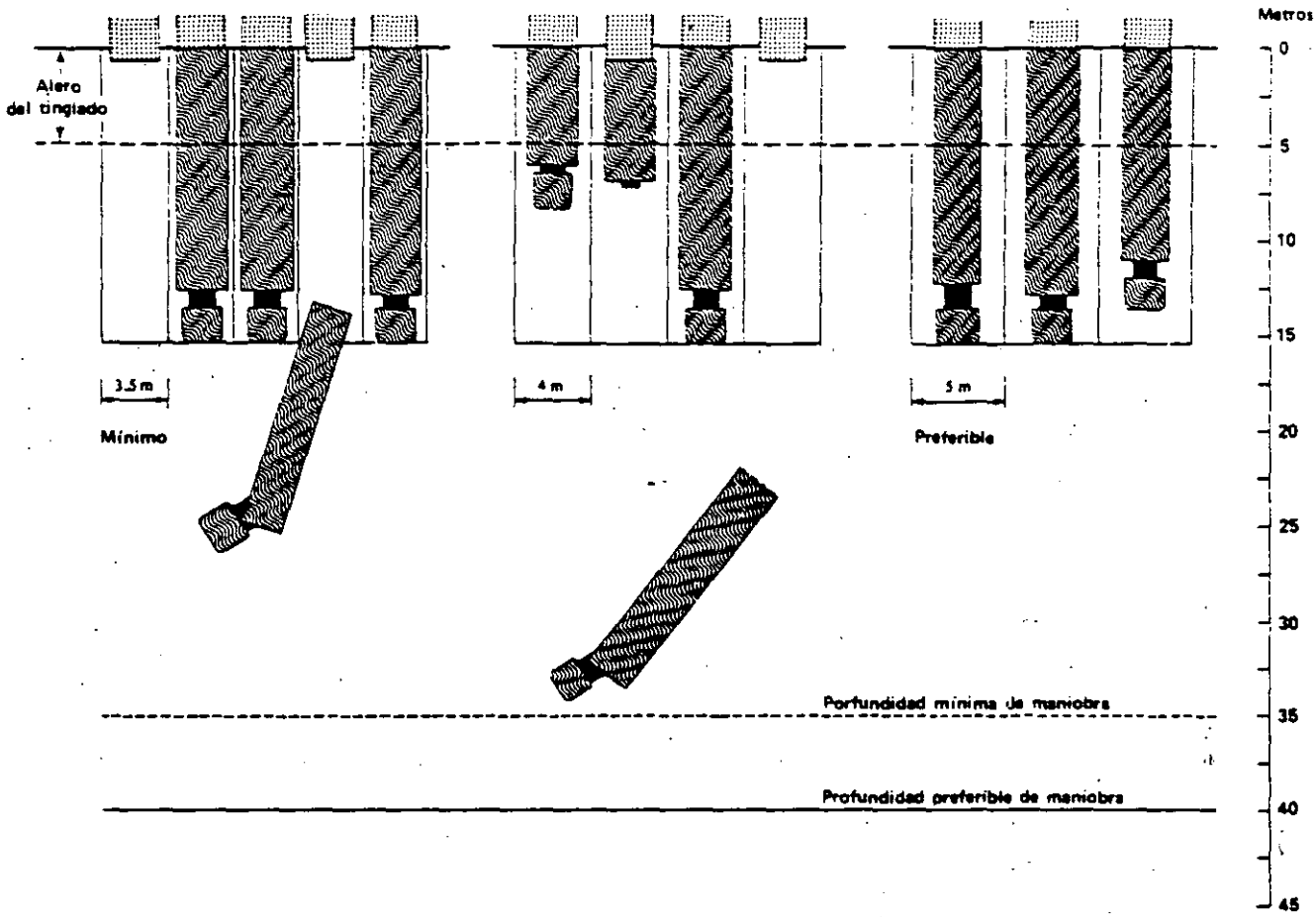
498. Las plataformas elevadas son muy útiles y deberían utilizarse conjuntamente con un artefacto de nivelación de alturas, puesto que la altura de la plataforma de los camiones varía según el tipo de vehículos y según estén éstos cargados o descargados. En el gráfico 40 se muestra una disposición típica de andenes de carga para vehículos articulados de 15 metros. Los 5 metros que se recomienda se añadan a la profundidad de la zona de clasificación permiten acelerar las maniobras, pues de esta manera los vehículos articulados pueden adelantarse unos a otros.

J. — Niveladores de plataforma

499. La buena elección y utilización de un artefacto nivelador de plataforma es indispensable para un funcionamiento eficiente. Un aparato adecuado aumentará el número de vehículos manipulados y la duración de las paletas y de los acumuladores de las carretillas de horquilla elevadora, al tiempo que reducirá los costos por desgaste de neumáticos. Las dimensiones de la placa del nivelador de plataforma dependerán de la diferencia de altura entre el vehículo y la plataforma.

GRAFICO 40

Configuración de un andén de carga para vehículos de carretera



La pendiente no debe exceder en ningún caso del 10%. El nivelador deberá tener de 1,8 a 2,1 metros de anchura y una superficie antideslizante. Hay en el mercado una gran variedad de niveladores de plataforma, y es preciso contar con el asesoramiento de un experto para hacer la elección.

K. — Puertas industriales

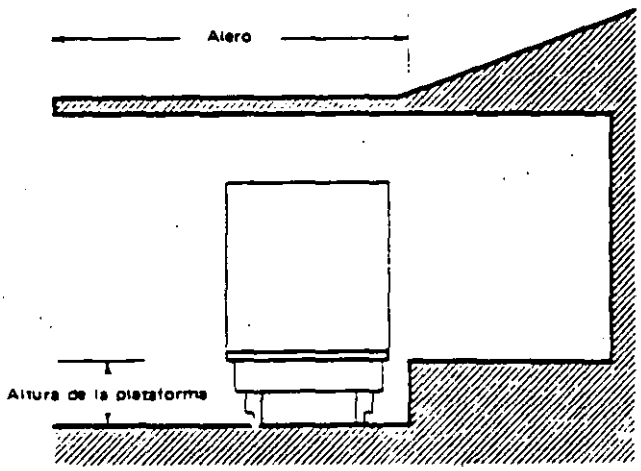
500. Además de permitir el acceso a los edificios de almacenamiento, las puertas deben ofrecer seguridad y protección contra las intemperies. Las puertas pueden ser corredizas, corredizas-plegables o enrollables y por lo general están hechas de acero, aluminio y madera. Las puertas accionadas eléctricamente deben estar provistas de un mecanismo para maniobrarlas a mano en caso de corte de corriente.

L. — Andenes de carga para vagones de ferrocarril

501. Siempre que sea posible, los andenes de carga deberán construirse de manera que puedan utilizarse tanto vehículos de carretera como vagones de ferrocarril, por ejemplo, hundiendo los carriles para obtener una superficie llana y dejando altura suficiente para los vagones de ferrocarril bajo el alero del tinglado. Si esto no es posible, parte de los andenes de carga de los tinglados de tránsito tendrá que dedicarse al tráfico ferroviario. Conviene dirigirse a las autoridades ferroviarias locales para obtener la información necesaria para diseñar la plataforma. También habrá que prever un alero para reducir al mínimo las demoras debidas al mal tiempo. Habría que utilizar dispositivos de nivelación en función de las diferencias de altura de las plataformas de los vagones. En el gráfico 41 se ofrece una plataforma típica para carga en vagones de ferrocarril.

GRAFICO 41

Plataforma de carga en vagones de ferrocarril



Capítulo VIII

POLÍTICA EN MATERIA DE MANTENIMIENTO Y EQUIPO

A. — Consideraciones generales

502. Las normas adoptadas en los puertos en materia de mantenimiento deben estar a la altura de las necesidades de las instalaciones y equipo modernos. Pocos son los puertos de países en desarrollo que han conseguido evitar la acumulación de un parque permanente de equipo pendiente de reparación. En algunos casos, la reactivación de ese equipo daría lugar al mayor aumento de rendimiento que la administración podría conseguir.

503. Un buen mantenimiento no es barato, y es preciso tenerlo en cuenta en la fase de la planificación, dado que habrá que asignar sumas importantes para talleres, piezas de recambio y mantenimiento corriente. Esto representa un gasto suplementario, pero es una inversión necesaria para que el puerto funcione debidamente.

504. Es preciso tener en cuenta la conservación de las estructuras de ingeniería civil, así como de los edificios y equipo, tanto fijo como móvil. Las diversas clases de equipo moderno de manipulación utilizado en los puertos es, naturalmente, costoso, principalmente los elementos de mayor tamaño, y el deseo de minimizar los gastos de capital hace que frecuentemente se preste insuficiente atención a los gastos de mantenimiento y a las ventajas de la normalización del equipo. Por ello se insiste en que los proyectistas diseñen el equipo de forma que el costo de instalación sea lo más bajo posible, sin atribuir la debida importancia a los gastos de mantenimiento, y se apremia a los ingenieros del puerto para que escojan el equipo cuyo precio de adquisición sea mínimo. La elección más económica posible sólo puede hacerse teniendo en cuenta todos los gastos que ocasione el equipo durante toda su vida útil.

505. Una parte del equipo móvil empleado en los puertos ha sido diseñado para ser utilizado en la industria de la construcción. El fabricante tiende a diseñarlo pensando en las necesidades de esa industria, fabricando un equipo que (siempre que sea objeto de un mantenimiento regular) pueda ser utilizado sin fallos e intensivamente durante un breve período, antes de ser desechado. Análogamente, en la industria del transporte de mercancías es frecuente que los camiones estén amortizados al cabo de tres años de uso intensivo. Es demasiado optimista esperar que los elementos del equipo móvil puedan mantenerse en funcionamiento durante diez años o más en puertos de países en desarrollo, que frecuentemente están muy lejos de los servicios posventa del fabricante y a menudo se utilizan en un clima tropical más riguroso. Si no hay datos en contra, se puede considerar que diez años es el período máximo de vida útil de gran parte del equipo portuario, mientras que para el equipo móvil más delicado, como las carretillas elevadoras, la vida útil máxima solamente es de unos cinco años. Así, por ejemplo, en un país en desarrollo, las carretillas elevadoras de una empresa portuaria estaban inmovilizadas un 45 % del tiempo y en algunas zonas del puerto se vio que era necesario disponer de un segundo parque completo de vehículos de reserva. La vida media útil de una unidad era de dos años solamente. En este caso concreto, las carretillas elevadoras estaban gran parte de ese tiempo transportando cargas a y desde la zona de almacenamiento.

506. Para la elección del equipo pueden seguirse dos políticas diferentes. O, como antes se ha indicado, los puertos tienen que conformarse con un equipo que dura poco y asignar periódicamente fondos para reemplazarlo, o tienen que exigir un equipo más robusto y duradero, adaptado a sus necesidades especiales. Cabe señalar que ciertos importantes puertos europeos insisten en obtener equipo especialmente reforzado y modificado en función de sus necesidades y, por lo general, no aceptan los modelos corrientes. A las administraciones portuarias que no necesitan mucho equipo o que no disponen del personal capacitado necesario, se les aconseja vivamente que recurran a un ingeniero mecánico especializado, con muchos años de experiencia en el mantenimiento de equipo portuario.

507. Entre los factores que deben tenerse en cuenta al escoger el equipo figuran los siguientes:

a) El uso que se piensa hacer de él;

b) El nivel de capacitación del personal que lo maneja;

c) La posibilidad de adquirir equipo robusto, utilizando un material de potencia superior a la que requiere el trabajo que ha de efectuar;

d) Su facilidad de mantenimiento;

e) La importancia de elegir un diseño adaptado en lo posible al caso de un país donde los costos de mano de obra son bajos y el costo de las divisas elevado; así por ejemplo, los cojinetes de tipo tradicional, provistos de conectadores para engrase a presión pueden ser preferibles a los cojinetes preempaquetados herméticos, que no necesitan lubricación regular pero que han de cambiarse todos los años.

508. Por lo que respecta a las grandes instalaciones especializadas, como los cargadores y descargadores, junto con sus correspondientes sistemas transportadores de grandes dimensiones, es preciso prever un servicio de mantenimiento preventivo realizado con arreglo a un programa de inspección. Así, por ejemplo, tras decidir qué elementos han de ser inspeccionados y con qué frecuencia, hay que fijar también el orden en que han de hacerse esas inspecciones. Cualquier reparación

necesaria debe ser efectuada por el inspector correspondiente durante el periodo de interrupción del trabajo, o bien, en caso de existir un equipo de reserva, cuando ese equipo esté funcionando. Cualquier equipo que necesite una reparación importante debe ser trasladado a los talleres, y debe disponerse de una unidad de repuesto completa para ser instalada en lugar de aquél. También se practica un sistema de mantenimiento preventivo consistente en un programa de sustitución. Sobre la base de la experiencia anterior, se determina la vida económica de todas las piezas sometidas a desgaste, y se cambian al final del plazo correspondiente, cualquiera que sea su estado aparente. Así por ejemplo, podría considerarse más económico sustituir todas las bombillas al mismo tiempo, en vez de tener un electricista en servicio de vigilancia permanente para sustituir las bombillas fundidas. De la misma manera, puede considerarse preferible sustituir todos los fusibles al cabo de un periodo determinado.

509. Cuando se trata de equipo móvil, el mantenimiento preventivo debe realizarse de acuerdo con un calendario de servicios periódicos. Es preciso tener preparadas unidades de repuesto que permitan retirar del servicio una unidad completa cuando todavía funciona, para inspeccionarla en condiciones ideales en un taller debidamente equipado. En términos generales, el mantenimiento del equipo móvil comprende las siguientes operaciones:

a) Engrase y limpieza, para evitar el desgaste y la corrosión;

b) Ajuste, para mantener el equipo en las condiciones previstas;

c) Revisión, para reemplazar a tiempo las piezas gastadas.

B. — El taller central

510. Teniendo en cuenta que será preciso efectuar reparaciones y revisiones importantes de un equipo muy variado, el taller central del puerto tendrá que tener una disposición apropiada para que la reparación del material y su devolución al servicio puedan hacerse en un plazo mínimo. Hay que señalar algunos puntos destacados. Por ejemplo, el taller deberá comprender una sección mecánica y otra eléctrica, más una pequeña sección electrónica especializada cuando comience a utilizarse un equipo más complicado. La sección mecánica debe contar con medios para la fabricación de estructuras metálicas ligeras, tuberías y calderería. La nave principal debe tener varias entradas y estar dotada de una grúa-puente con capacidad para manipular las piezas de las máquinas de mayor tamaño. Debe disponerse de espacio suficiente para el trabajo en el banco, con fácil acceso a la nave principal, pero que no quede debajo de la grúa-puente. Se necesitará, además, lo siguiente:

a) Juegos de herramientas especiales para cada tipo de equipo;

b) Un taller mecánico dotado de dispositivos elevadores y por lo menos de un torno capaz de tornear las piezas más grandes;

c) Una sección aparte para el servicio del equipo móvil, dotada de fosos y montacargas hidráulicos;

d) Una zona con equipo apropiado para la prueba de tracción y verificación de amarres, cables, eslingas, etcétera;

e) Una zona exterior para limpiar la maquinaria antes de que entre en el taller;

f) Un almacén central adecuado para todas las secciones, bajo la dirección de un almacenista experto y familiarizado con las técnicas de control y reposición de existencias;

g) Diferentes secciones climatizadas para el mantenimiento del equipo de inyección de combustible de los motores diesel, y una sala de acumuladores para el mantenimiento de los acumuladores de las carretillas elevadoras;

h) Oficinas administrativas dotadas de los elementos necesarios para el control de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones mediante diagramas murales y ficheros modernos.

511. El gasto total necesario para equipar un taller central de ese tipo (sin contar el costo de los edificios) probablemente será del orden de dos a cinco millones de dólares. Deberán facilitarse fondos suficientes durante la fase de financiación del proyecto de desarrollo.

C. — Orientaciones para calcular los costos de mantenimiento del equipo móvil

512. Sobre la base de la experiencia europea, en el cuadro 8 se exponen los costos aproximados anuales de mantenimiento, en porcentaje del precio de compra, correspondientes a una serie de materiales. En Europa, el costo de la mano de obra muy calificada representa la mitad de los costos totales. Para los puertos de países en desarrollo habrá que modificar, según convenga, el elemento de costo de la mano de obra, partiendo del salario base utilizado, que era de 7 dólares por hora en 1973 para los electricistas y mecánicos calificados, y aumentar la cantidad presupuestada para piezas de recambio, a fin de incluir los fletes y prever la posibilidad de que haya que sustituir más a menudo las piezas debido a las condiciones locales.

CUADRO 8

Costos de mantenimiento del equipo móvil: valores adoptados a los efectos de estimación

Tipo de material	*Costo anual de mantenimiento (1973) en porcentaje del precio de compra*
Grúa para contenedores	5
Grúa de muelle de 3 a 5 toneladas (montada sobre carriles)	5
Grúa móvil (10 toneladas a 20 metros)	8
Grúa móvil (25 toneladas a 25 metros)	10
Carretilla-pórtico	12
Carretilla elevadora (20 toneladas)	8
Carretilla elevadora (5 toneladas)	14
Tractor de carretera	10
Remolque	3

Fuente: Comunicación sobre «Problemes de manutention portuaire» presentada por CERLIC (Centre d'Études et de Recherches de Logistique Industrielle et Commerciale), al segundo curso de capacitación en la esfera de los puertos, celebrado en 1973 en Argel. UNCTAD/SIDA.

D. — Suministro de piezas de recambio

513. La previsión de una reserva adecuada de piezas de recambio constituye una parte esencial de un proyecto de inversión portuaria, y en manera alguna debe sacrificarse esa partida para hacer economías en el presupuesto. El problema inicial es determinar las piezas de recambio que se necesitan, teniendo en cuenta que las demoras en la entrega y las dificultades para obtener divisas podrían comprometer más tarde el buen funcionamiento del puerto. Los catálogos de los fabricantes pueden ser muy engañosos y, de ser posible, se debería consultar a otros puertos que utilicen el mismo equipo en condiciones similares. Basándose en los catálogos que se le facilitan y en su experiencia anterior, el usuario determina generalmente para qué equipos debe tener repuestos. En las condiciones locales, el ritmo de consumo puede ser bastante superior al previsto por el fabricante, pero pocas veces se dispondrá en el lugar de datos que lo demuestren. Si resulta posible, la normalización de los componentes reducirá la variedad de piezas de recambio que se necesitan para diferentes máquinas. Así, por ejemplo, el empleo de una gama normalizada de motores eléctricos, cajas de cambio o embragues hidráulicos reducirá considerablemente el número de piezas de recambio diferentes que habrá que tener en existencia.

514. El tipo de componente utilizado puede influir apreciablemente en la relación entre los costos de mano de obra y los costos de los recambios, pues el empleo de un determinado diseño para un mismo componente puede conducir, bien a un sistema consistente en desechar elementos inservibles, con los elevados gastos de divisas consiguientes, bien a una duración virtualmente indefinida, gracias a los desmontajes y revisiones realizados por mano de obra local y a la simple fabricación de piezas en el país.

E. — Manuales de mantenimiento

515. El manual de mantenimiento facilitado por el fabricante será insuficientemente detallado en algunos casos. Esto se debe a la necesidad de mantener los precios al nivel mínimo, pues la preparación de esos manuales puede ser muy costosa. Sería equivocado exigir una información demasiado detallada si el costo de esa información ha de añadirse al precio de compra. Debería facilitarse, sin embargo, la siguiente información, se publique oficialmente o no en un manual:

a) Instrucciones sobre el manejo;

b) Calendarios de revisiones y normas exigidas para la reparación;

c) Listas de piezas de recambio, con ilustraciones para su identificación;

d) Juegos de croquis, especialmente de aquellas piezas sometidas a desgaste que pueden fabricarse localmente, como por ejemplo, las planchas renovables con que van revestidas las vertederas de los cargaderos de mineral;

e) Especificaciones de cualquier tipo de herramientas y plantillas especiales que se requieran para los trabajos de mantenimiento.

F. — Capacitación

516. Es corriente estipular en el contrato de compra de equipo un período de capacitación del personal que ha de manejarlo, a cargo del personal del proveedor. Sin embargo, es frecuente que se desatienda la cuestión de la capacitación del personal de mantenimiento en los talleres del proveedor con las herramientas especiales que se han de suministrar. Esa disposición debería hacerse constar en el contrato cuando proceda. La capacitación durante todo el período de garantía (de uno a dos años) es útil para formar un grupo de personal bien calificado. El personal que recibe la capacitación debería estar sujeto a un contrato durante un determinado período de tiempo, a fin de contar con sus servicios en el puerto.

G. — Informes sobre defectos

517. Es conveniente establecer un sencillo sistema administrativo para tomar nota de cada defecto que se presente, que servirá para calcular los gastos de mantenimiento y los futuros suministros de piezas de recambio, y para evaluar comparativamente los resultados obtenidos con equipos de diferentes marcas y diseños. Deberían preparar estos informes tanto los encargados de manejar el equipo como el personal de talleres, y los informes deberían examinarse con regularidad para determinar las deficiencias de diseño que puedan requerir la intervención de la administración y ser tenidas en cuenta en el desarrollo futuro.

H. — Mantenimiento de estructuras

518. Las averías del equipo mecánico y del suministro de electricidad saltan a la vista, lo mismo que los desperfectos en carreteras y edificios; sin embargo, tan importante, aunque menos aparente, es la necesidad del mantenimiento de las estructuras básicas de diques, muelles y malecones. Aunque muchos puertos tienen bastantes años de experiencia, existe una sorprendente escasez de datos seguros sobre el costo del mantenimiento de las estructuras portuarias. Sin embargo, una estimación realista de los gastos de mantenimiento es esencial para completar las evaluaciones económicas y financieras de una propuesta de proyecto portuario.

519. Como parte del estudio del proyecto, el ingeniero deberá considerar las modalidades y el costo de cualquier trabajo de mantenimiento de estructuras que pueda ser necesario en el futuro. Aun cuando un proyecto de ingeniería civil de gran envergadura se presta a utilizar un alto nivel de tecnología en la fase de inversión de capital, no ocurre lo mismo más adelante, cuando los trabajos de mantenimiento y reparación han de hacerse con los medios locales.

520. Análogamente, una estructura de un determinado diseño puede suponer una menor inversión de capital, pero requerir en cambio más mantenimiento, con el consiguiente aumento del costo total de explotación. En teoría, las diferentes posibilidades pueden evaluarse conforme a un criterio económico. Sin embargo, en la práctica esos cálculos resultan forzosamente imprecisos. Así pues, la elección del diseño

CUADRO 9

Gastos de mantenimiento de los elementos estructurales: valores adoptados para los cálculos

Clase de estructura y tipo	*Gastos anuales medios de mantenimiento, en porcentaje del costo actual inicial o del costo de renovación*
Estructuras de muelles	
Tablestacado metálico	0.30
Tablestacas de acero con plataforma de hormigón armado	1.00
Tablestacas y plataforma de hormigón	0.75
Defensas de caucho	1.00
Diques	
Relleno de piedra	0.75
Revestimientos	
Explanadas de carga o carreteras de hormigón	1.00
Asfalto	1.50
Otros revestimientos (grava, etc.)	7.50
Rompeolas	2.00

apropiado y la asignación de fondos para futuros trabajos de mantenimiento son cuestión de apreciación en la que deben cooperar el ingeniero y la administración del puerto.

521. A título de orientación, en el cuadro 9 se indican los porcentajes sugeridos del costo de capital que deben preverse en los presupuestos anuales de mantenimiento durante toda la vida económica de las instalaciones. Estas cifras son muy generales y sólo deben utilizarse cuando no se disponga de información local.

522. Las disposiciones prácticas para el mantenimiento de las estructuras del puerto estarán normalmente bajo la dirección del servicio técnico de la administración portuaria. En algunos sitios se considera conveniente que estos trabajos formen parte de las responsabilidades generales de un servicio técnico o de obras públicas que también sea responsable de la conservación de otras obras de ingeniería civil en la zona. Las modalidades precisas se deciden a nivel local, pero en todo caso se necesita un fondo suficiente de mantenimiento; en el cuadro 9 se indica el volumen de la financiación que debe facilitarse.

523. Una característica sumamente importante del mantenimiento son las inspecciones e informes periódicos, que pueden servir de base para un sistema de mantenimiento preventivo de forma que las estructuras se mantengan en buen estado en vez de dejar que se deterioren durante un largo período. En caso de accidente hay que intervenir inmediatamente, y es esencial que se comuniquen rápidamente los hechos para que puedan ponerse término a toda situación peligrosa y establecerse claramente las responsabilidades financieras.

524. La mayoría de las estructuras de hormigón armado no necesitarán mantenimiento hasta que pueda observarse el deterioro en forma de pequeñas grietas. Las grietas que no sean simples fisuras capilares deben ser tapadas inmediatamente para impedir que entre la humedad y se oxide la armadura.

525. En cambio, las estructuras de acero requieren normalmente un mantenimiento regular, especialmente en el aire húmedo y salino de la mayoría de los puertos. Una estructura de acero expuesta al aire marino sufre los efectos de la corrosión, que puede afectar gravemente a su integridad estructural. En muchos sitios se emplean pinturas especiales, y las recientes investigaciones han permitido preparar muchos productos de marca de excelentes propiedades protectoras. Sin embargo, las pinturas se deterioran y estropean, y es muy difícil conservarlas en perfectas condiciones, especialmente bajo el agua.

526. Una posibilidad es diseñar la estructura teniendo en cuenta un ritmo de corrosión basado en la experiencia anterior. Si al principio se prevé un espesor suplementario de acero, después de algunos años de corrosión (por ejemplo, 40 años) todavía quedará metal suficiente para soportar fácilmente las cargas a las que está sometida. Como la corrosión del acero en el medio marino es un proceso electroquímico, también se han utilizado aceros especiales con aditivos a base de cobre para reducir la corrosión. Otro método es la protección catódica, consistente en colocar un ánodo sacrificatorio, por lo general de zinc, sobre la estructura o cerca de ella; de forma que el hierro de la estructura se convierta en cátodo y no se corroa. Un segundo método consiste en utilizar una corriente eléctrica continua para mantener una diferencia de potencial entre la estructura y un ánodo separado.

527. Los accesorios corrientes del muelle tales como defensas, escaleras de mano y argollas de amarre, así como las instalaciones de servicio de los puestos de atraque, requieren inspecciones periódicas; y las defensas, en particular, han de ser reemplazadas tan pronto como hayan sufrido cualquier daño o desgaste de consideración. En el almacén de la administración portuaria se guardan normalmente accesorios de repuesto, dispuestos para su utilización inmediata en caso necesario.

I. — Sustitución del equipo

528. La sustitución del equipo puede ser necesaria por dos motivos, es decir, por deterioro u obsolescencia gradual y por avería súbita. El equipo portuario pertenece generalmente a la primera categoría, y la dificultad estriba en comparar el costo del nuevo equipo con el creciente costo de mantener la eficiencia del viejo. Llega un momento en que es más económico sustituir un equipo viejo que mantenerlo en funcionamiento con un creciente costo de explotación. El problema que se plantea a la administración consiste en establecer un plan de sustitución tal que los costos de explotación economizados con el empleo del nuevo equipo compensen con creces el costo inicial de su compra. No existe una solución general del problema pero, a condición de disponer de datos satisfactorios sobre los costos, se han elaborado técnicas que son útiles a la administración cuando se trata de fijar el momento apropiado de la sustitución. El procedimiento consiste en determinar la vida económica de cada tipo de componente del equipo. Un punto de partida es la solución del costo mínimo, pero será necesario apartarse de ella cuando, debido a los progresos de la

tecnología, un equipo se quede obsoleto por razones ajenas a su costo de mantenimiento. Además, antes de hacer un pedido de nuevo equipo será prudente verificar:

a) Si existe un equipo más perfeccionado;

b) Si se puede aprovechar la oportunidad para reducir la variedad de tipos de equipo que se utilizan en el puerto.

529. Para comparar entre sí diferentes planes de sustitución, lo ideal es conocer el valor actualizado de todos los costos futuros correspondientes a cada uno, si esos costos varían según la edad de la máquina o, cuando se trate de elegir entre dos máquinas, si varía de una máquina a otra. Entre los costos futuros figuran los de mano de obra, energía eléctrica, mantenimiento y tiempo de inmovilidad. No obstante, debe cuidarse de no contar en los gastos de mantenimiento de cada año los costos de la reparación de daños accidentales, ya que esos daños son en gran parte independientes de la edad y no afectan a los cálculos de la vida económica.

530. Un plan de sustitución satisfactorio, basado en las estadísticas de los costos, consiste en reemplazar un elemento cada n años cuando su sustitución cada $n+1$ años resultaría más costosa. En la sección F del anexo II se expone el fundamento matemático de este sistema y se da un ejemplo numérico.

J. — Orientaciones para el cálculo de la vida económica

531. Haciendo caso omiso de la cuestión de la auténtica obsolescencia técnica antes mencionada, pueden darse orientaciones para el cálculo de la vida económica adecuada, para utilizarlas cuando no se dispone de datos sobre las tendencias de los costos de mantenimiento. En el cuadro 10 se da una serie de cifras correspondiente a diversos elementos de equipo. Esas cifras se basan en la experiencia europea, pero en general pueden aplicarse a los países en desarrollo, ya que la mayor duración, justificada por un costo inferior de la mano de obra, queda contrarrestada por una utilización generalmente más intensiva y en condiciones climáticas más duras.

CUADRO 10

Duración media de la vida económica de diversas instalaciones y equipo portuarios

Instalaciones y equipo	*Vida económica media (años)*
Diques	50
Muelles:	
Hormigón	40
Acero	25
Defensas de caucho	10
Remolcadores	20
Embarcaciones para servicios de practicaje	20
Almacenes y tinglados	25
Grúas:	
De cuchara	20
De muelle	20
De pórtico	15
Móviles	8
De torre móvil	15
Flotantes	20
Cargaderos	25
Apiladoras y máquinas recogedoras	25
Transportadores de cinta	20
Cintas	3*
Rodillos	7
Palas mecánicas móviles	6
Carretillas-pórtico	6
Tractores y remolques	8
Rampas para trasbordo por rodadura	15
Carretillas elevadoras	8
Camiones basculantes	6

Fuente: Cifras basadas en datos reunidos por la secretaría de la UNCTAD.

* Sustituidas normalmente por secciones, conforme a un programa regular.

Segunda parte

Capitulo primero

CONSIDERACIONES SOBRE LA PLANIFICACIÓN DE TERMINALES

A. — Evolución de los puertos

1. Antes de emprender la planificación de las futuras terminales y grupos de puestos de atraque, el encargado de la planificación portuaria debe tener una idea clara de las fases por las que atraviesa normalmente el desarrollo de un puerto y de la fase concreta en que se encuentra su propio puerto. En el gráfico I se muestran cinco fases de desarrollo, pero también puede haber otros modelos de desarrollo. A muy grandes rasgos, la base de los rectángulos de esos diagramas representa el número de instalaciones o longitud de muelle, y la altura el movimiento anual de mercancías de cada uno.

a) *Fase 1:* Tradicional

Un grupo de puestos de atraque para usos generales en los que se manipula una combinación de carga general fraccionada y de expediciones agrupadas de mercancías embaladas (por ejemplo, cargamentos parciales de trigo en sacos o de petróleo en barriles) o carga suelta que se embala en la bodega.

b) *Fase 2:* Agrupación de carga seca a granel

Cuando el volumen de las expediciones a granel alcanza un nivel rentable, se transportan de forma suelta en graneleros, para los que el puerto tiene que facilitar una terminal separada destinada a la carga seca a granel. Al mismo tiempo deben ampliarse las instalaciones para carga fraccionada para poder manipular el mayor volumen de tráfico de carga general.

c) *Fase 3:* Aparición de unidades de carga

Cuando empiezan a llegar al puerto unidades de carga, como las paletas, los contenedores o la madera embalada, su número es reducido y se transportan en buques de tipo corriente. Al mismo tiempo empieza a disminuir el volumen de carga fraccionada, y el de la carga seca a granel alcanza el nivel en que es necesario disponer de terminales separadas para los distintos tipos de mercancías.

d) *Fase 4:* Terminal polivalente de transición

Al aumentar el número de unidades de carga, incluida la llegada de los primeros buques portacontenedores de tipo celular, se hacen necesarias instalaciones especiales para la carga unitarizada. Pero como todavía no se sabe con certeza de qué manera evolucionará el tráfico, es necesario una terminal polivalente flexible y adaptable que sustituya en parte a los antiguos puestos de atraque de carga fraccionada. Mientras tanto, sigue aumentando y diversificándose la carga seca a granel, incluso si en una terminal polivalente de carga a granel pueden manipularse diferentes clases de carga.

e) *Fase 5:* Especializada

Aunque en el caso de un país en desarrollo puede tomar mucho tiempo, la especialización de las formas de transporte es un proceso inevitable y los volúmenes de las diversas formas especializadas del tráfico de unidades de carga, como contenedores, maderas embaladas y unidades ro/ro, aumentarán hasta alcanzar finalmente un punto en el que necesiten terminales separadas. Una terminal polivalente de la fase 4 puede transformarse fácilmente en una terminal especializada dotándola de un nuevo equipo ligeramente distinto. Cuando se alcance esta fase, el volumen residual de carga fraccionada habrá disminuido considerablemente y se habrán cerrado las antiguas instalaciones para este tipo de tráfico.

2. Es importante observar que estos últimos años la experiencia ha mostrado que intentar pasar directamente de la fase 3 a la fase 5 puede originar graves problemas financieros a menos que la transición al tráfico especializado sea muy acentuada y se efectúe rápidamente. La inversión en una terminal especializada antes de que se cristalice suficientemente la estructura del tráfico no sólo lleva consigo una utilización insuficiente, sino también un alto riesgo de obsolescencia intrínseca. Otra forma de obsolescencia que una inversión inapropiada puede provocar es que se sigan construyendo muelles de carga fraccionada de tipo corriente una vez que el puerto ha pasado a la fase 3.

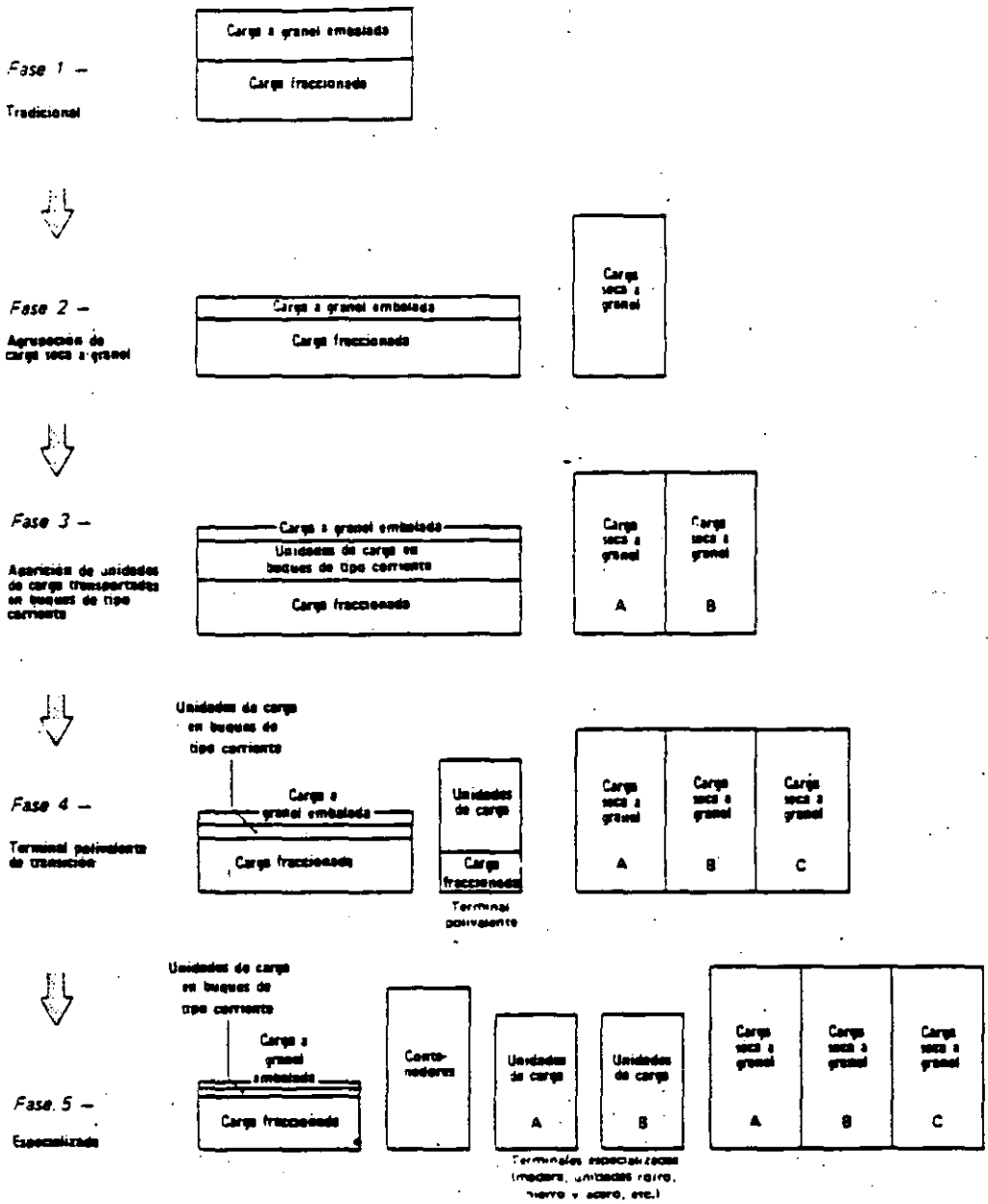
B. — Estudio de las instalaciones portuarias existentes

3. Los proyectos de desarrollo portuario pueden dividirse a grandes rasgos en dos categorías: la construcción de un puerto totalmente nuevo o de una gran terminal especializada en un nuevo emplazamiento, o —caso mucho más frecuente— una importante ampliación de un puerto existente. En ambos casos, es necesario estudiar las instalaciones portuarias ya existentes a fin de determinar su capacidad real y señalar las deficiencias que pueda haber en su concepción y utilización.

4. El primer objetivo del estudio es determinar si es posible hacer frente en parte al aumento previsto de la demanda, simplemente mediante una mejor organización de las instalaciones portuarias existentes y con modificaciones o adiciones técnicas poco importantes. El segundo objetivo es reunir información sobre las condiciones en que funcionarán probablemente los nuevos grupos de puestos de atraque o terminales y poner de manifiesto los errores de planificación cometidos anteriormente que han de evitarse.

GRAFICO I

Fases por las que atraviesa un puerto en expansión



5. Sin embargo, hay que considerar con cautela las conclusiones del equipo que realiza las investigaciones. En el futuro, la combinación de tráfico y las condiciones tecnológicas pueden ser muy distintas, y puede resultar muy difícil llevar a la práctica la posibilidad teórica de aumentar la capacidad de las antiguas instalaciones. Tal vez sea más seguro considerar la capacidad potencial y no utilizada de una instalación existente como una especie de válvula de seguridad que puede utilizarse para hacer frente a niveles máximos del tráfico o a aumentos súbitos de la demanda. Estos principios se examinan en el capítulo II de la primera parte.

6. El análisis crítico del rendimiento de las instalaciones portuarias existentes debe hacerse de forma separada para cada grupo de puestos de atraque o terminales especializadas. Es evidente que el análisis deberá empezar por la zona de carga general.

C. — Grupo de puestos de atraque de carga general

7. La labor del equipo de investigación debe empezar con un examen de las estadísticas portuarias a fin de determinar el volumen y la composición de la carga que se ha manipulado en los muelles objeto del estudio: si era predominantemente carga general fraccionada, si una parte apreciable estaba constituida por productos embalados en sacos (azúcar, arroz, harina, etc.), o si se manipulan cantidades crecientes de unidades de

carga (maderas y acero embalados) y contenedores que pueden necesitar instalaciones especiales.

8. Un examen de las estadísticas permitirá al equipo determinar en qué fase de desarrollo del tráfico se encuentra la zona de carga general y si en los planes de ampliación del puerto ha de preverse la construcción de nuevos puestos de atraque de tipo corriente de carga general o una terminal polivalente, o si el aumento del tráfico y los cambios tecnológicos han sido tan rápidos que ha llegado el momento de construir terminales especializadas para contenedores y carga seca a granel.

9. Los datos estadísticos darán también una primera indicación de si el movimiento efectivo de mercancías representa una proporción razonable de la capacidad estimada del grupo de puestos de atraque. En esta etapa se necesitan cifras aproximadas y no cálculos precisos de la capacidad de los puestos de atraque. En la mayoría de los países en desarrollo puede obtenerse en un puesto de atraque un movimiento de mercancías de unas 100.000 toneladas anuales, con predominio de la carga fraccionada, sin tiempos de espera exagerados de los buques. Cuando las cargas en sacos y algunas cargas unitarizadas representan el 30 ó 40% del total, pueden alcanzarse movimientos de mercancías superiores, de hasta 150.000 toneladas anuales.

10. Si el rendimiento efectivo del grupo de puestos de atraque ha sido muy inferior a las cifras aproximadas y a pesar de ello en algunos períodos del año los buques han tenido que esperar un puesto de atraque, esto indica que deben existir graves deficiencias, ya en la forma en que se administra, se explota y está equipada la zona de carga general, ya en el proyecto y la disposición de las instalaciones. El equipo deberá analizar cuidadosamente todas las causas de retrasos y determinar sus razones.

11. Los resultados del equipo de investigación deberían examinarse con miras a determinar la mejor manera de coordinar las nuevas instalaciones planeadas con los grupos de puestos de atraque existentes. Debería evaluarse la posibilidad de poner en actividad, total o parcialmente, instalaciones más antiguas no utilizadas. Debería tomarse una decisión preliminar sobre si la tendencia prevaleciente a un aumento gradual de las unidades de carga y los contenedores justificaría la construcción de puestos de atraque de tipo corriente o de terminales polivalentes, o quizás de una terminal de contenedores especializada. Todas las conclusiones tendrán de momento carácter provisional, pero pueden contribuir a situar en la perspectiva correcta el problema de la ampliación del puerto y a poner de relieve puntos que deberán analizarse con especial cuidado en la fase principal de la planificación del puerto.

D. — Terminales de carga a granel

12. El procedimiento para el examen de las terminales de carga a granel existentes es muy distinto del que se sigue para el examen de los muelles de carga general, pero el objetivo es fundamentalmente el mismo: determinar si existe una importante capacidad sin utilizar y detectar errores en la planificación y funcionamiento de la terminal.

13. Las terminales para la exportación de minerales exigen la mayor parte de las veces aumentos importantes de su capacidad anual, debido al rápido desarrollo de la minería y al descubrimiento de nuevos yacimientos. La primera cuestión importante que tendrán que resolver los planificadores portuarios será si se ha de construir una nueva terminal o si puede ampliarse suficientemente la terminal que ya existe sin provocar una interrupción prolongada del tráfico. Esta cuestión, así como la experiencia adquirida hasta el momento en la explotación de la terminal, deberían ser objeto de examen exhaustivo como primer paso hacia la planificación efectiva. Deberá centrarse la atención en los siguientes puntos:

a) Al planificar la terminal existente, ¿se previó con antelación la posibilidad de hacer grandes ampliaciones en caso de necesidad y, de ser así, se documentó adecuadamente el procedimiento para la ampliación?

b) ¿Están suficientemente coordinadas todas las fases de las operaciones de la terminal? Si no es así, ¿dónde se localizan los estrangulamientos y cuál es exactamente su causa?

c) ¿Constituye el volumen de la carga almacenada para su embarque una proporción adecuada del volumen del tráfico? ¿Ha ocurrido alguna vez que al llegar un buque no hubiera mercancías que cargar?

d) ¿Han sido los medios de transporte interior adecuados para el tráfico actual, y permiten un aumento considerable de capacidad sin cambiar el sistema de transporte, por carretera o ferrocarril?

e) ¿Han funcionado de forma satisfactoria los dispositivos anticontaminantes y de recogida de polvo?

14. Ese examen exhaustivo de las instalaciones portuarias existentes es un paso previo indispensable para la planificación de una ampliación importante de un puerto. El tiempo que se dedique a esta tarea puede ahorrar mucho tiempo en la fase principal de planificación y reducir a un número razonable las opciones que hayan de ser objeto de estudio detenido.

Capitulo II

EL GRUPO DE PUESTOS DE ATRAQUE DE CARGA FRACCIONADA

A. — Necesidad de muelles de carga fraccionada

15. En los países en desarrollo, algunos puertos, especialmente los más pequeños, pueden encontrarse todavía en la primera fase de su desarrollo. En el caso de esos países, es posible que el tráfico corriente de carga fraccionada siga aumentando durante diez años o más, justificando en consecuencia la construcción de nuevos puestos de atraque de tipo tradicional. En cualquier caso, durante varios decenios por lo menos seguirá afluyendo a los puertos de los países en desarrollo una proporción residual importante de carga fraccionada, de modo que será necesario mejorar o renovar las antiguas instalaciones. Por todas estas razones, los planificadores portuarios seguirán teniendo que ocuparse de la planificación y el diseño del grupo de puestos de atraque de carga fraccionada. Las administraciones portuarias que lleguen a la conclusión de que ya no existe esa necesidad deben pasar a los capítulos relativos a la terminal polivalente y a la terminal de contenedores. En muchos puertos que se desarrollan rápidamente pueden ser necesarios tanto las terminales especializadas como los muelles corrientes de carga fraccionada. Estos últimos deben planearse previendo su fácil conversión para usos especiales.

B. — El grupo de puestos de atraque

16. La expresión « grupo de puestos de atraque » se ha utilizado expresamente para las instalaciones de carga fraccionada por la siguiente razón: la planificación de la capacidad del puerto debe hacerse siempre sobre la base del conjunto de puntos de atraque que reciben la misma corriente de tráfico. Cuando varias zonas de atraque distintas pueden recibir los mismos tipos de tráfico, confinar un grupo de buques a una zona es desventajoso, en el supuesto de que los buques puedan ser igualmente atendidos en cada zona. La razón es que al dividir una corriente de tráfico en varias corrientes distintas (por ejemplo, en función de la región de origen) se pierde la flexibilidad que lleva consigo la posibilidad de asignar de manera coordinada los buques a los puestos de atraque de todo el grupo, con lo que los tiempos de espera son más largos. La forma en que han crecido los puertos ha dado lugar muchas veces a la existencia de muelles distintos o dársenas que forman conjuntamente las instalaciones disponibles para las operaciones de carga fraccionada. La totalidad de esas instalaciones constituye el grupo de puestos de atraque de carga fraccionada, y el procedimiento de planificación del mismo se examina en este capítulo.

17. Cuando el personal de explotación envía algunos de los buques que integran la corriente de tráfico de carga fraccionada a una zona de atraque y el resto a otra, sin tener en cuenta las características de las dos zonas, debería considerarse que hay dos corrientes de tráfico y dos grupos de puestos de atraque distintos. Deberían compilarse estadísticas de tráfico y efectuarse previsiones y cálculos de capacidad distintos para cada uno de ellos. Esta situación se presenta cuando hay dos zonas de atraque de calados muy distintos y la costumbre es asignar en consecuencia a una u otra zona los buques de gran calado y los de pequeño calado. El sistema de información de la administración debería hacer una distinción entre estas dos clases de tráfico. Otro ejemplo puede ser el caso en que una zona de atraque determinada se reserva a los buques de cierta ruta o conferencia. A efectos prácticos debe aceptarse que estas prácticas de atraque no suelen ser rígidas y que a veces no se aplicará esa política de segregación, en función de la situación diaria de los muelles. Sin embargo, es preferible a pesar de ello planificar las instalaciones por separado.

18. Un determinado grupo de puestos de atraque puede tener una combinación de instalaciones con productividad muy distintas que atiendan a una corriente de tráfico única. La mejor política consistirá en utilizar las instalaciones más productivas con preferencia a las menos productivas. Con arreglo a esta política, la productividad media por buque estará en función de la utilización de los puestos de atraque. Así pues, con un bajo nivel de utilización de los puestos, es decir, utilizando solamente los más productivos, la producción media diaria por buque será mayor que cuando estén ocupados todos los puestos y se utilicen también las instalaciones menos productivas. Probablemente no valga la pena tratar de estimar la productividad global ponderando las probabilidades de utilización de las distintas instalaciones. La media simple de la productividad del conjunto es, aunque algo pesimista, perfectamente adecuada a efectos de la planificación.

C. — Economías de escala y ocupación de los puestos de atraque

19. La combinación de los planes de atraque para los grupos pequeños y físicamente distintos de puestos de atraque en un plan único para la corriente de tráfico permite una reducción del tiempo de espera de los buques. El mayor riesgo de tener que esperar turno cuando los grupos de puestos se consideran independientemente surge como consecuencia de la posibilidad de que un buque tenga que esperar para atracar en un puesto cuando de hecho hay un puesto libre en otro grupo. Un ejemplo numérico mostrará la apreciable ventaja de un plan conjunto de puestos de atraque, pese a que las operaciones de cada puesto o de cada

pequeño grupo de puestos pueden organizarse mejor por separado.

20. Supongamos dos grupos independientes de cinco puestos de atraque de carga general fraccionada cada uno, con un tiempo medio de servicio del buque de tres días y medio y un ritmo de llegadas de un buque al día. Cada grupo tiene una tasa media de ocupación, que se calcula dividiendo la tasa de llegada por el producto del número de puestos de atraque y el ritmo de servicio, que en este ejemplo es 0,7 De aquí se obtiene un tiempo medio de espera del 19% del tiempo de descarga y carga, que se acerca al límite para el que el puerto debería estar proyectado (véase el cuadro VII de la sección D del anexo II).

21. Si el tráfico se combinara y se atendiera como una sola corriente que afluyera a los diez puestos de atraque, el grupo recibiría entonces dos buques al día, pero la tasa de ocupación de los puestos de atraque seguiría siendo de 0,7. Sin embargo, esa tasa de ocupación aplicada a diez puestos sólo representa un tiempo medio de espera del 6% del tiempo de servicio, lo que constituye una mejora importante de la calidad del servicio y una garantía contra una congestión importante cuando el tráfico alcanza niveles máximos.

22. Como norma general, las tasas de ocupación de los puestos de atraque para las operaciones de carga general de tipo corriente deberían fijarse de forma que no excedan las cifras indicadas en el cuadro siguiente, que se basan en una relación de cuatro a uno entre el costo de permanencia del buque en el puerto y el costo en el puesto de atraque:

Número de puestos de atraque del grupo	*Tasa máxima recomendada de ocupación de los puestos de atraque (en porcentaje)*
1	40
2	50
3	55
4	60
5	65
6 a 10	70

Dado que las administraciones de los pequeños puertos aceptarían difícilmente una tasa de ocupación de los puestos de atraque del 40 ó 50% con la infrautilización resultante de las instalaciones y de la mano de obra, el recurso a un servicio eficaz de gabarras sería una forma económica de lograr una mayor utilización de las instalaciones sin correr el riesgo de que los tiempos de espera lleguen a ser excesivos. Ese servicio de gabarras sería en tal caso como una válvula de seguridad para el servicio de buques que no pudieran atracar de costado en los períodos de mayor demanda. Sin embargo, normalmente las decisiones de inversión no pueden basarse sólo en esos límites, y requieren el procedimiento más detallado que se describe más adelante en este mismo capítulo (véase la sección G).

D. — Muelles o fondeaderos para carga general

23. A lo largo de los años se ha venido debatiendo si un puerto moderno debería prescindir completamente del servicio de buques de carga general en fondeaderos. Una opinión es que el trabajo con gabarras representa un costo de manipulación doble y aumenta los riesgos de dañar la mercancía, lo que hace la operación menos económica que la manutención en los muelles. También se ha mantenido la opinión contraria, es decir, que los fondeaderos son una instalación barata y útil para complementar en épocas de fuerte demanda el número reducido de puestos de atraque al que por falta de espacio o de medios financieros tienen que limitarse muchos puertos.

24. De hecho, habrá casos en que cada opinión esté justificada económicamente. La decisión debería basarse en los factores siguientes:

a) La importancia que para el armador tiene el atraque de costado, habiendo otras razones para preferir el atraque que simplemente facilitar la manipulación de la carga, por ejemplo la necesidad de aprovisionamiento de combustible y de otros servicios portuarios;

b) El precio relativo de los terrenos y de la mano de obra, que puede hacer más ventajosa económicamente la solución del atraque o de una combinación de atraque y de manutención en fondeadero;

c) Los métodos de trabajo aplicados en el puerto, por ejemplo la existencia o la ausencia de una flota de gabarras numerosa y bien organizada;

d) El destino u origen de la carga en el puerto: por ejemplo, sería mejor descargar en gabarras en un fondeadero la carga que se destine a muelles privados de poco calado o que se vaya a transportar ulteriormente en gabarras;

e) Las condiciones climáticas del puerto: por lo general, en los puestos de atraque es posible trabajar más días al año que en los fondeaderos.

25. No puede decirse tajantemente que, para la carga general de tipo corriente o para las mercancías a granel en sacos, el ritmo de trabajo cargando y descargando gabarras sea superior al ritmo logrado en el puesto de atraque utilizando el aparejo del buque o grúas en tierra firme. Sobre esta cuestión hay pruebas contradictorias y cabe decir que, en general, la diferencia no es significativa para ciertas cargas, mientras que para otras el trabajo en los muelles es manifiestamente más ventajoso. Además, el trabajo en los puestos de atraque ofrece la oportunidad de introducir una serie de técnicas modernas de manipulación que no pueden utlizarse cuando se emplean gabarras. Este factor, junto con la seguridad de un recuento más fácil y más exacto y de menores daños, puede ser determinante a la hora de tomar la decisión de prescindir de las operaciones en fondeaderos en un nuevo proyecto de desarrollo.

26. El argumento mejor en favor de los fondeaderos es que permite aumentar la capacidad del puerto en casos de emergencia, aunque el método de trabajo corriente sea mediante puestos de atraque. Es relativamente fácil volver a recurrir a los fondeaderos cuando el tráfico excede la capacidad inmediata de los muelles, siempre que se disponga de una flota de reserva de gabarras y de algunas instalaciones de manipulación de gabarras.

E. — Número de puestos de atraque existentes

27. Las propuestas de ampliación de un puerto se justifican generalmente comparando el nivel de servicio que prestan las instalaciones existentes con el que podría obtenerse disponiendo de más puestos de atra-

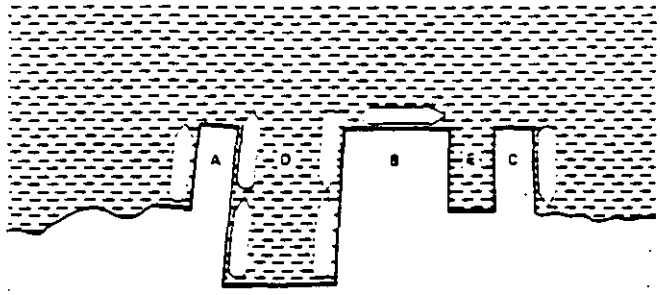
que. Para ello es necesario describir las instalaciones existentes determinando el número de puestos de atraque que comprenden. Muchas veces esto no es evidente, cuando la disposición de los muelles es complicada. No se pueden sumar los distintos tramos de muelle de un grupo de puestos de atraque y calcular así el número de puestos de atraque efectivos que esa longitud total representa. Así se sobreestimaría la capacidad del grupo, ya que la capacidad de un muelle recto suele ser mayor que la de un muelle de forma irregular.

28. El método correcto es utilizar un mapa que muestre la disposición efectiva de los muelles para determinar cuántos buques de eslora media para esa corriente de tráfico pueden atracar simultáneamente en el grupo de puestos. Para ello debería consultarse al inspector de servicios marítimos o al jefe de puerto. A los efectos de la planificación, puede considerarse que ese número de buques representa el número de puestos de atraque. Si hay tramos de muelle demasiado cortos para atender a buques de eslora media, pueden excluirse y asignarse a otra corriente de tráfico.

29. El gráfico 2 ilustra un caso de instalaciones ya antiguas que podrían inducir a un planificador a creer erróneamente que hay once puestos de atraque, cuando de hecho sólo hay siete para la eslora media prevista de los buques. En este ejemplo la longitud total de los muelles es de 2 km. La longitud de los muelles,

GRÁFICO 2

Estimación del número efectivo de puestos de atraque



excluida la parte frontal de los malecones A y C y el muelle del fondo de la dársena E, es de 1,77 km. La capacidad teórica de atraque, dada la eslora media prevista de los buques (160 m), es de once buques. No obstante, la capacidad de atraque real es, como puede verse, de siete buques, ya que es peligroso atracar más de cuatro buques de eslora media en la dársena D, y el atraque es tan difícil en la dársena E que sólo se utiliza para gabarras y barcazas. La razón de la gran discrepancia que existe es la inadecuación de la antigua dársena E para buques de ese tamaño medio.

30. Este ejemplo muestra también lo poco fiables que son las medidas de rendimiento basadas en la longitud total de los muelles. Por ejemplo, si con los

GRÁFICO 3

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I.A: necesidades de puestos de atraque (de 2 a 10 puestos)

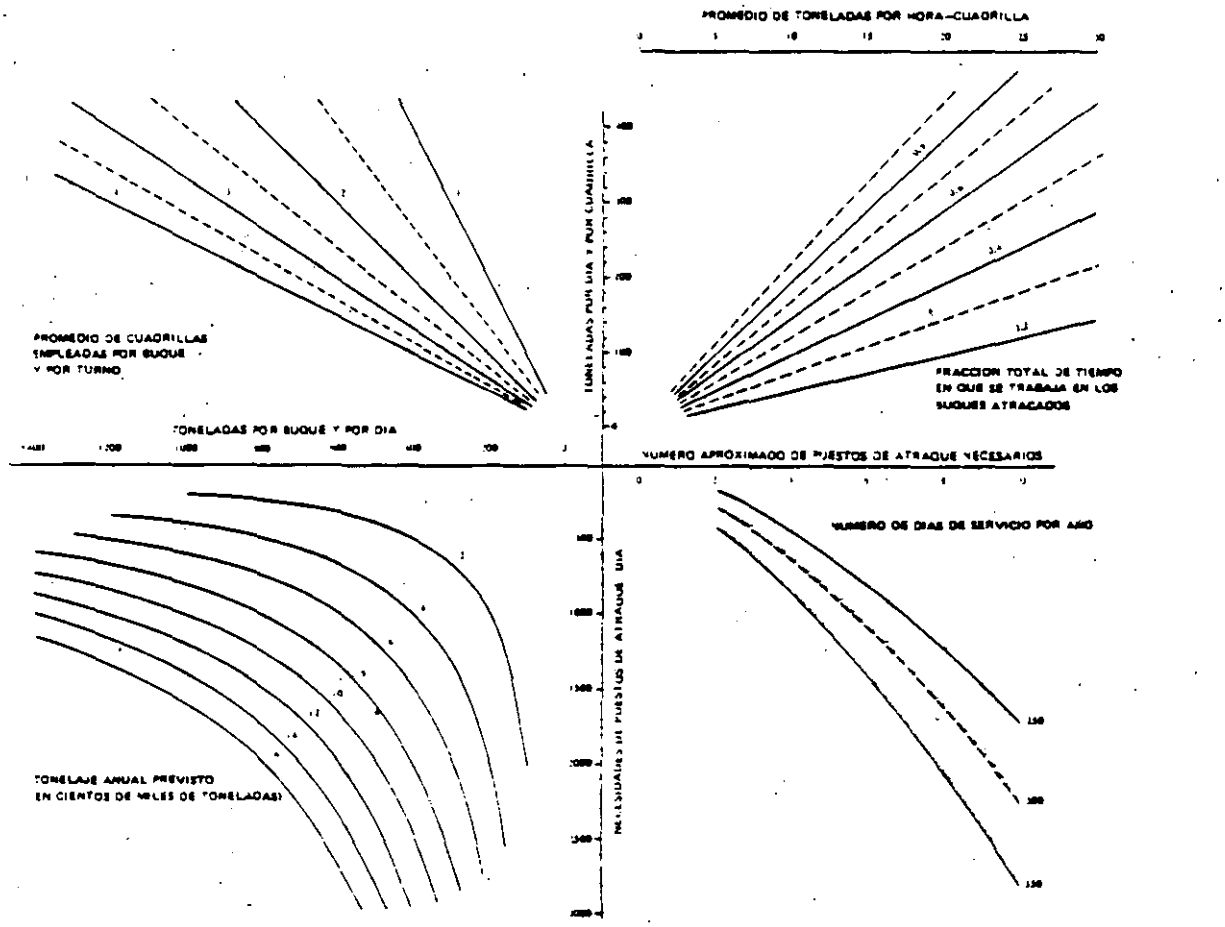
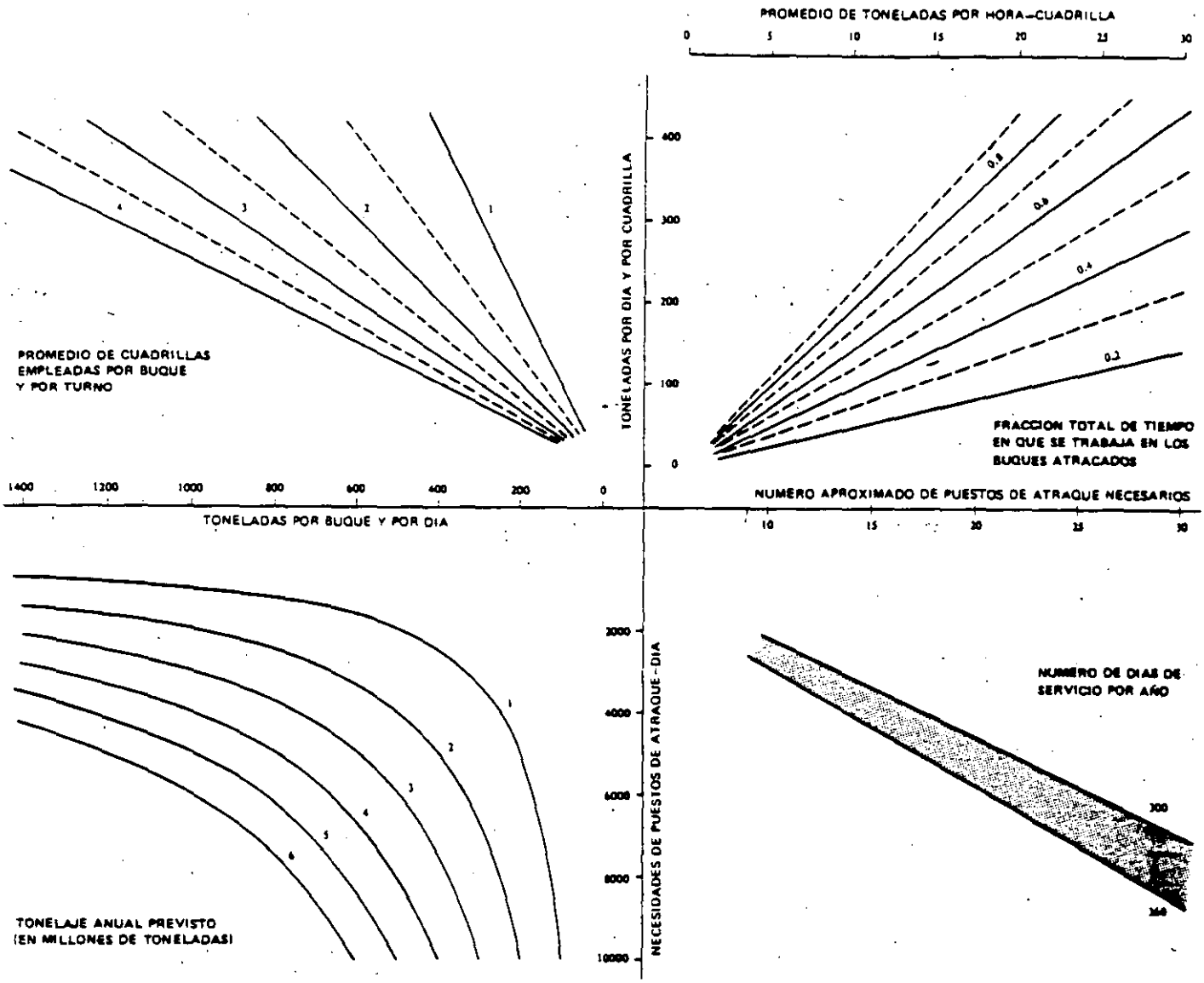


GRAFICO 4

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I.B: necesidades de puestos de atraque (de 10 a 30 puestos)



1,77 km de longitud total de muelles de este grupo de puestos de atraque se registrara un movimiento anual de 1.05 millones de toneladas de carga general, esto representaria 590 toneladas por metro lineal de muelle, lo que en general se consideraría poco. Considerando el movimiento anual por puesto de atraque para el conjunto de los siete puestos, sería más correcto hablar de 150.000 toneladas por puesto, lo que en general se considera satisfactorio.

31. Muchas veces el número efectivo de puestos de atraque utilizados en los cálculos de capacidad será distinto de la numeración oficial de los puestos de atraque. A efectos administrativos, a menudo será aconsejable mantener la identidad de los puestos de atraque, con disposiciones, números, personal y control separados para cada uno, incluso cuando los buques excedan de los límites del puesto. Esto no debería afectar a los cálculos de capacidad que efectúe el planificador.

F. — Cálculo de la capacidad de los puestos de atraque

32. Las dos principales decisiones cuantitativas que ha de tomar el planificador son:

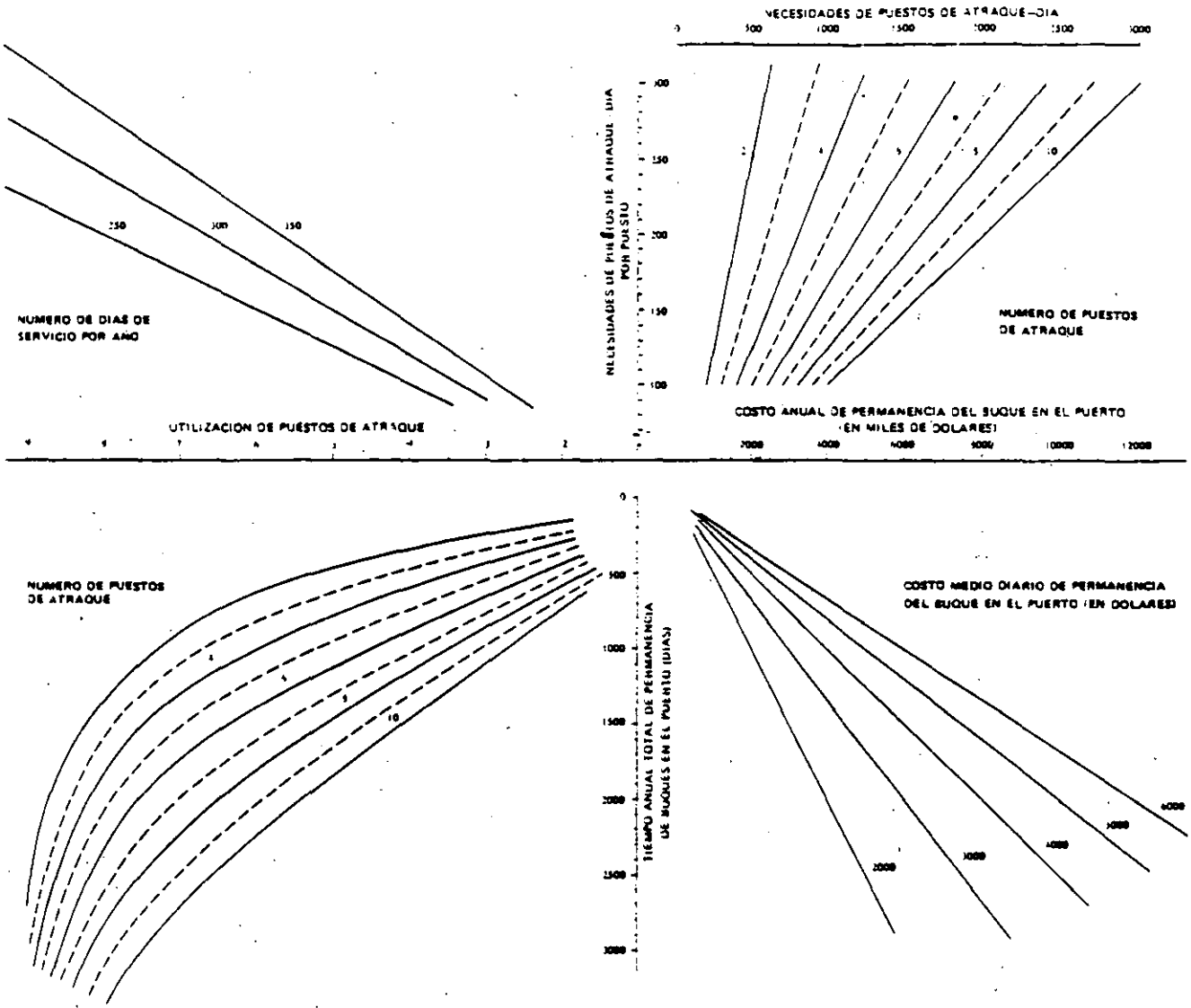
a) Cuántos puestos de atraque deberá haber en el futuro grupo de puestos;

b) Cuánto espacio de almacenamiento deberá ponerse a disposición de cada nuevo puesto de atraque y si se necesita espacio de almacenamiento adicional en los puestos existentes.

A continuación se exponen procedimientos para la adopción de cada una de esas decisiones. Se muestran diagramas de planificación distintos para terminales de 2 a 10 puestos de atraque y terminales de 10 a 30 puestos, pero antes de considerar como grupo un gran número de terminales debería analizarse cuidadosamente si la corriente de tráfico es realmente uniforme

GRAFICO 5

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación II.A: costo de permanencia del buque en el puerto (de 2 a 10 puestos de atraque)



o si no sería preferible manipular por separado parte de ese tráfico.

33. Es necesario, por supuesto, adoptar decisiones complementarias respecto de cada uno de los siguientes puntos:

a) El calado adecuado en los muelles o fondeaderos;

b) La disposición de los muelles apropiada para el plan de operaciones propuesto;

c) El equipo necesario para los puestos de atraque;

d) El efectivo adecuado de mano de obra;

e) El sistema de entrega y de recepción de la carga.

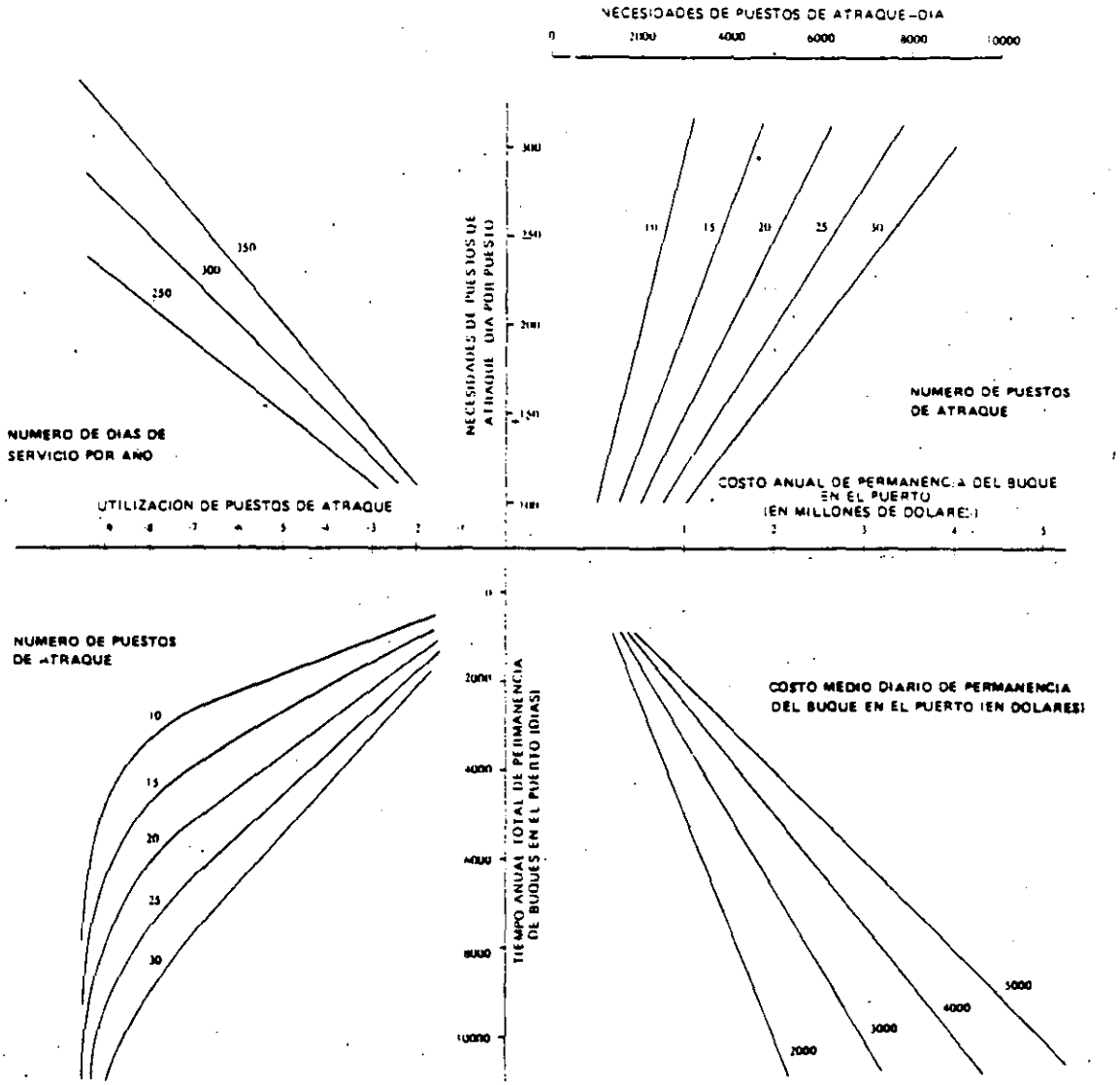
G. — Número de puestos de atraque necesarios

34. En el caso de la terminal de carga fraccionada deberían utilizarse los diagramas de planificación I.A y I.B y II.A y II.B para decidir el número adecuado de puestos de atraque. El primer diagrama (véanse los gráficos 3 y 4) permite determinar las necesidades de puestos de atraque-día (número de días de permanencia de los buques en los puestos de atraque) y el número aproximado de puestos de atraque necesarios. Esos valores se utilizan como punto de partida para el segundo diagrama (véanse los gráficos 5 y 6), que indica el tiempo previsto de permanencia del buque en el puerto y puede utilizarse como base para un análisis del costo-beneficio. Las relaciones utilizadas para preparar estos diagramas se dan en la sección E del anexo II.

35. En lo que respecta al diagrama de planificación I se toma la productividad media por cuadrilla (número de toneladas cargadas o descargadas por hora y por cuadrilla) para el grupo de puestos de atraque de carga fraccionada. Esa cifra debería extraerse de los datos obtenidos sobre el rendimiento efectivo alcanzado en el puerto o, en el caso de un nuevo puerto, de observaciones e información obtenidas en otros puertos de la región. Luego se traza una línea vertical descendente hasta el punto en que esa línea corta la línea que representa la fracción de tiempo durante la cual se

GRÁFICO 6

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación II.B: costo de permanencia del buque en el puerto (de 10 a 30 puestos de atraque)



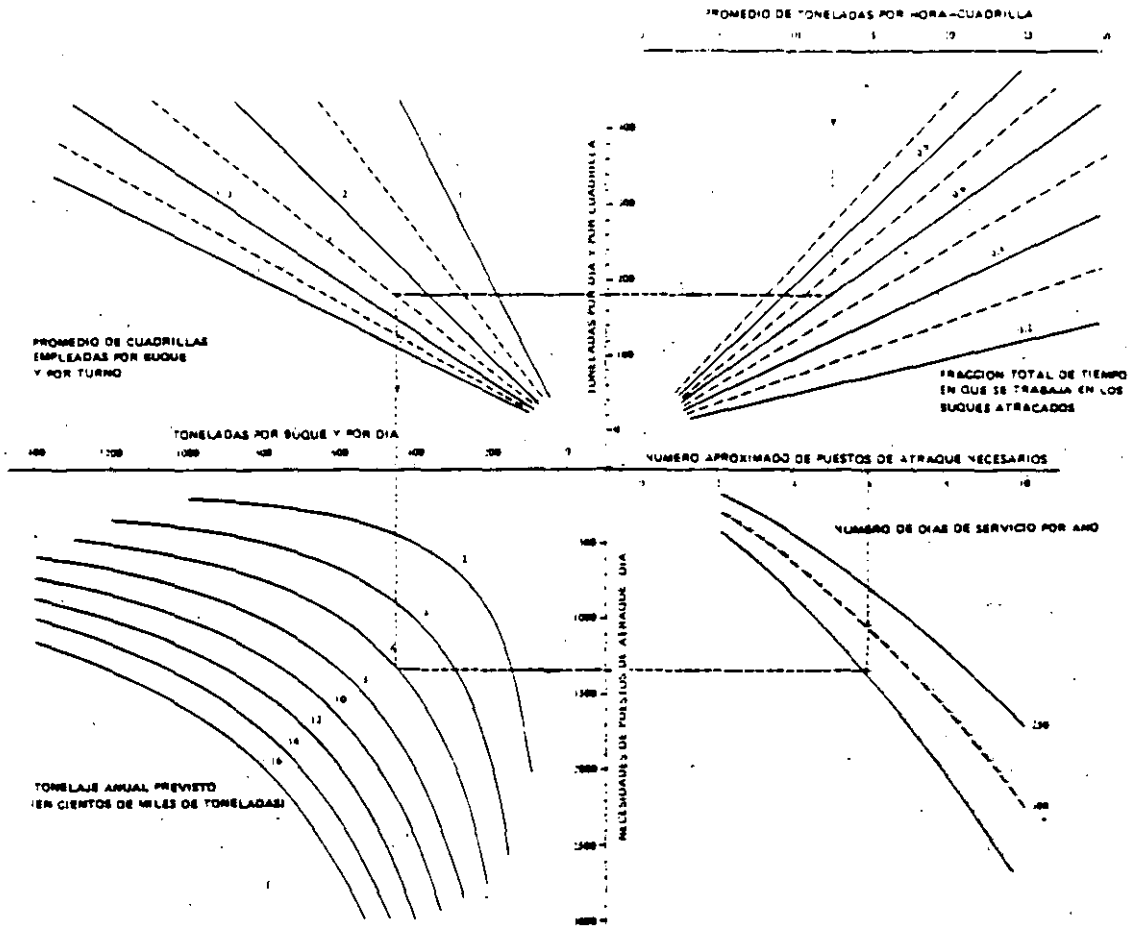
trabaja en los buques atracados. Para una terminal donde se trabajan dos turnos de ocho horas durante seis días por semana, esa fracción sería $16/24 \times 6/7$, es decir, 0,572. Así pues, ese factor tiene en cuenta los días en que no se trabaja en el puesto de atraque. Modificando ese factor en consonancia con los cambios del número de horas de trabajo, el planificador puede evaluar las consecuencias de distintos sistemas de turnos sobre las necesidades de puestos de atraque-día.

36. Seguidamente se traza una línea horizontal hacia la izquierda hasta la intersección con la línea que representa el número medio de cuadrillas empleadas por buque en cada turno. Al contrario de lo que sucede con la fracción de tiempo en que se trabaja, que está bajo el control de la administración portuaria, el número medio de cuadrillas por buque depende del tamaño del buque y de la distribución de la carga dentro del mismo. Por consiguiente, ese valor debería considerarse constante para una determinada ruta, y no algo que el planificador haya de modificar. Sin embargo, si es probable que cambien el tamaño y la distribución de la carga de los buques que visitan los puertos, deberán estimarse las repercusiones de este cambio sobre el número medio de cuadrillas empleadas por buque.

37. A continuación, la línea desciende de nuevo verticalmente hasta la curva que representa la previsión de tonelaje anual, sigue horizontalmente hacia la derecha hasta la curva que representa el número de días de servicio al año (número de días al año en el que un puesto de atraque puede ser utilizado por los buques) y sube finalmente hasta el eje que indica el número aproximado de puestos de atraque necesario. En esta trayectoria circular, las escalas de los ejes dan la siguiente información adicional: toneladas por día y por cuadrilla, toneladas por buque y por día y necesidades de puestos de atraque-día.

GRAFICO

Ejemplo de utilizacion del diagrama de planificación I.A



38. El ejemplo de utilización del diagrama de planificación I.A que se da en el gráfico 7 se basa en los siguientes datos:

Número de toneladas manipuladas por cuadrilla-hora	12,5
Fracción del tiempo de permanencia en el puesto de atraque que se trabaja en los buques	0,6
Número de cuadrillas empleadas por buque	2,5
Previsión de tonelaje	600 000
Numero de días de servicio por año	350

39. Con estos datos se obtiene una productivi
media por buque de 450 toneladas diarias, y
necesidades de puestos de atraque-día de 1.330
por año, lo que representa aproximadamente seis
tos de atraque. Pero esto solamente es una indi
aproximada y no toma en consideración el co
tiempo de permanencia del buque en el puer
obtener este costo, se introducen en el diag
planificación II las necesidades de puestos de
día obtenidas en el diagrama de planificación
los gráficos 5 y 6). Luego se utiliza un méto
al del primer gráfico, siendo los puntos de
número de puestos de atraque, el número
servicio por año, otra vez el número de
atraque y el costo medio diario de permanenc
buque en el puerto. Ese costo comprendería normal-
mente tanto los costos de funcionamiento como los

co
t
r

de
e el
nual

ma de
se han

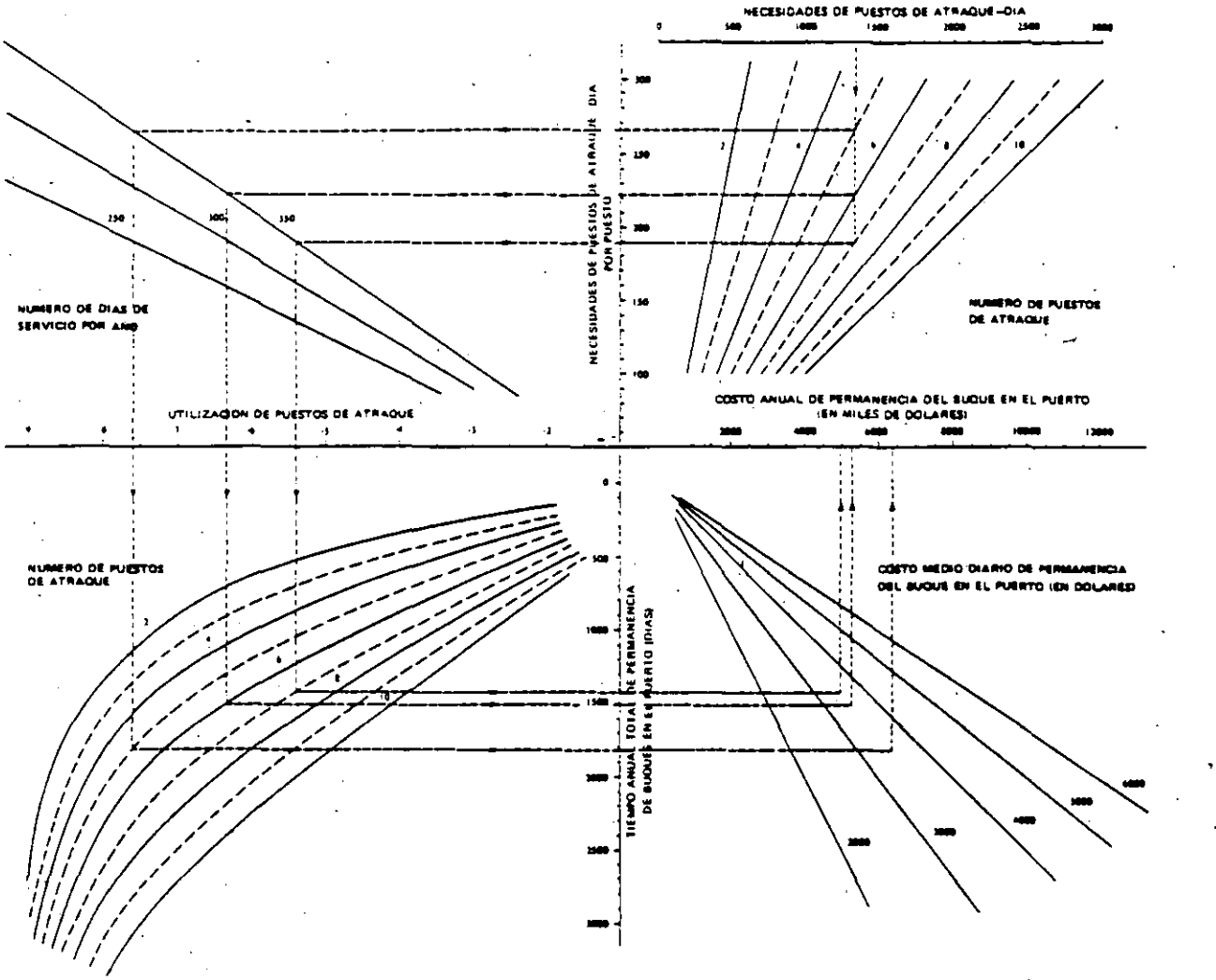
,0
6 ó 7
,0
500 dólares

, total de per-
, mientras que
manencia en el
dispone de siete
evo el tiempo de
75 días. Teniendo
la insuficiencia de
de que, de manera
, del país evolucione
superiores al costo de
preciso evaluar esas

un

GRAFICO 8

Ejemplo de utilización del diagrama de planificación II.A



opciones. El planificador tendrá que determinar si la reducción del tiempo de permanencia del buque que trae consigo la opción de seis puestos de atraque en relación con la de cinco puestos justificará la inversión en el nuevo puesto y, en caso afirmativo, si estaría justificada la opción de los siete puestos de atraque. Esto se hará normalmente mediante un análisis costo-beneficio tal como se describe en el capítulo II de la primera parte.

H. — Longitud de los puestos de atraque

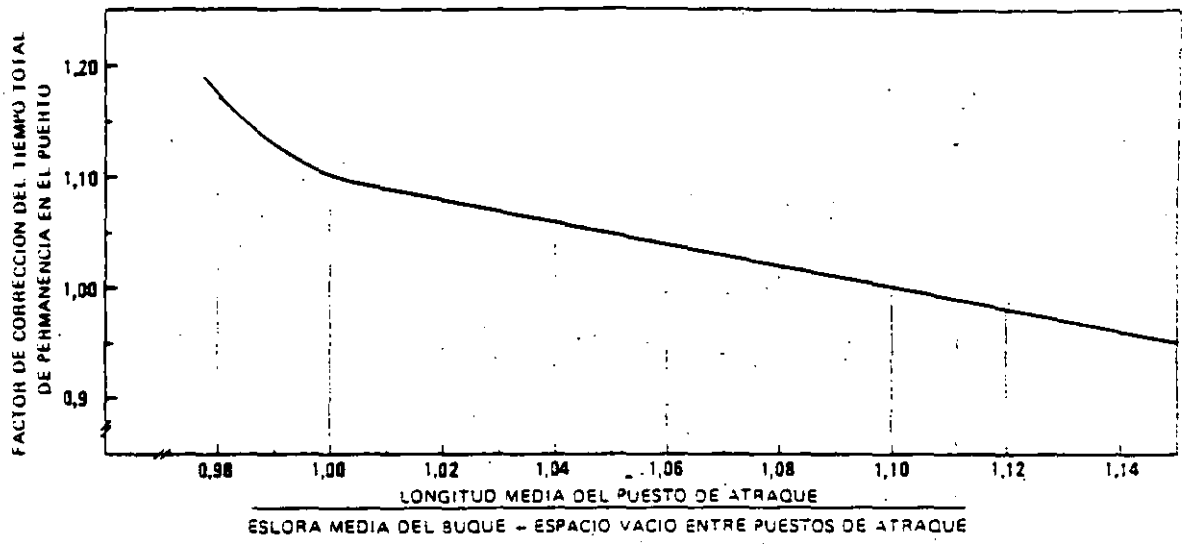
41. Una vez determinado el número de puestos de atraque necesario, hay que fijar la longitud de los nuevos para poder calcular su costo. En la planificación de puertos se ha venido siguiendo la práctica antieconómica de utilizar la longitud en boga del puesto de atraque para un tipo de tráfico sin tener en cuenta las necesidades locales. Se afirma que no tiene importancia que la longitud utilizada no corresponda al óptimo económico, ya que en un muelle recto tiene menos sentido hablar de puestos de atraque. Sin embargo, esto introduce otro elemento de error en el análisis de las ventajas e inconvenientes económicos. Cada puerto debería examinar para cada una de sus zonas cuál es la longitud de puesto de atraque más conveniente, y para ello necesita hacer un análisis amplio de las esloras de los buques en la corriente de tráfico de que se trata.

42. El factor determinante es la eslora media del buque en esa corriente de tráfico. Los experimentos realizados por la secretaría de la UNCTAD utilizando distintas distribuciones de la eslora típica muestran que existe una relación general entre el exceso de la longitud media del puesto de atraque respecto de la eslora media del buque y el tiempo de espera del buque. Esa relación se presenta en el gráfico 9 en forma de un factor de corrección que debe aplicarse al tiempo total de permanencia del buque en el puerto, que se obtiene en el diagrama de planificación II. Con un margen de seguridad del 10% no es necesario efectuar ninguna corrección. De este modo, es posible verificar en el análisis costo-beneficio las consecuencias del aumento o la disminución de la longitud del puesto de atraque.

43. El factor de corrección que se indica en el gráfico 9 se aplica a los grupos de puestos de atraque de todos los tamaños, con excepción del de un solo pues-

GRAFICO 9

Factor de corrección de la longitud del puesto de atraque para la planificación de una terminal de carga general fraccionada



to de atraque, en el que la longitud del mismo debe corresponder, por supuesto, a la eslora máxima del buque. El factor de corrección no depende particularmente del número de puestos de atraque, dado que las economías de escala obtenidas repartiendo diariamente los buques para aprovechar al máximo los espacios vacíos en un muelle recto, raras veces se aplican a longitudes de más de tres puestos de atraque.

I. — Estudios de sensibilidad

44. Cada una de las cifras utilizadas como insum deberán estar sólidamente fundamentadas. Por ejer plo, la productividad utilizada ha de basarse en plan de explotación práctico para el puesto de atrac la fracción de tiempo en que se trabaja debe basars una política laboral convenida, y el número de di servicio en las características del clima y en un pl dragado y de mantenimiento de los puestos de que.

45. A menudo se tendrán valores distintos p variables, en función de otras políticas de ge veces de otras inversiones portuarias. Los pl res deberían evaluar los costos o las econor tantes de una modificación de esos valore haya una posibilidad real de opción que e inversión conexa —por ejemplo, cuando l de una escollera permita aumentar el núr de servicio por año— deberían utilizarse valores obtenidos mediante el diagrama ción II para efectuar un estudio econón lidad.

46. Cuando la adopción de un valor medidas administrativas, como la mo tema de turnos, hay que recordar qu puede suponer costos, por el aument la subida de categoría del personal ya empl contratación de un asesor exterior o por tener pagar salarios más altos para el trabajo en turnos. Esos costos deberían tenerse en cuenta en el estudio económico de sensibilidad, de forma que si se elige esa posibilidad se prevean los fondos necesarios.

Dimensiones de las zonas de almacenamiento

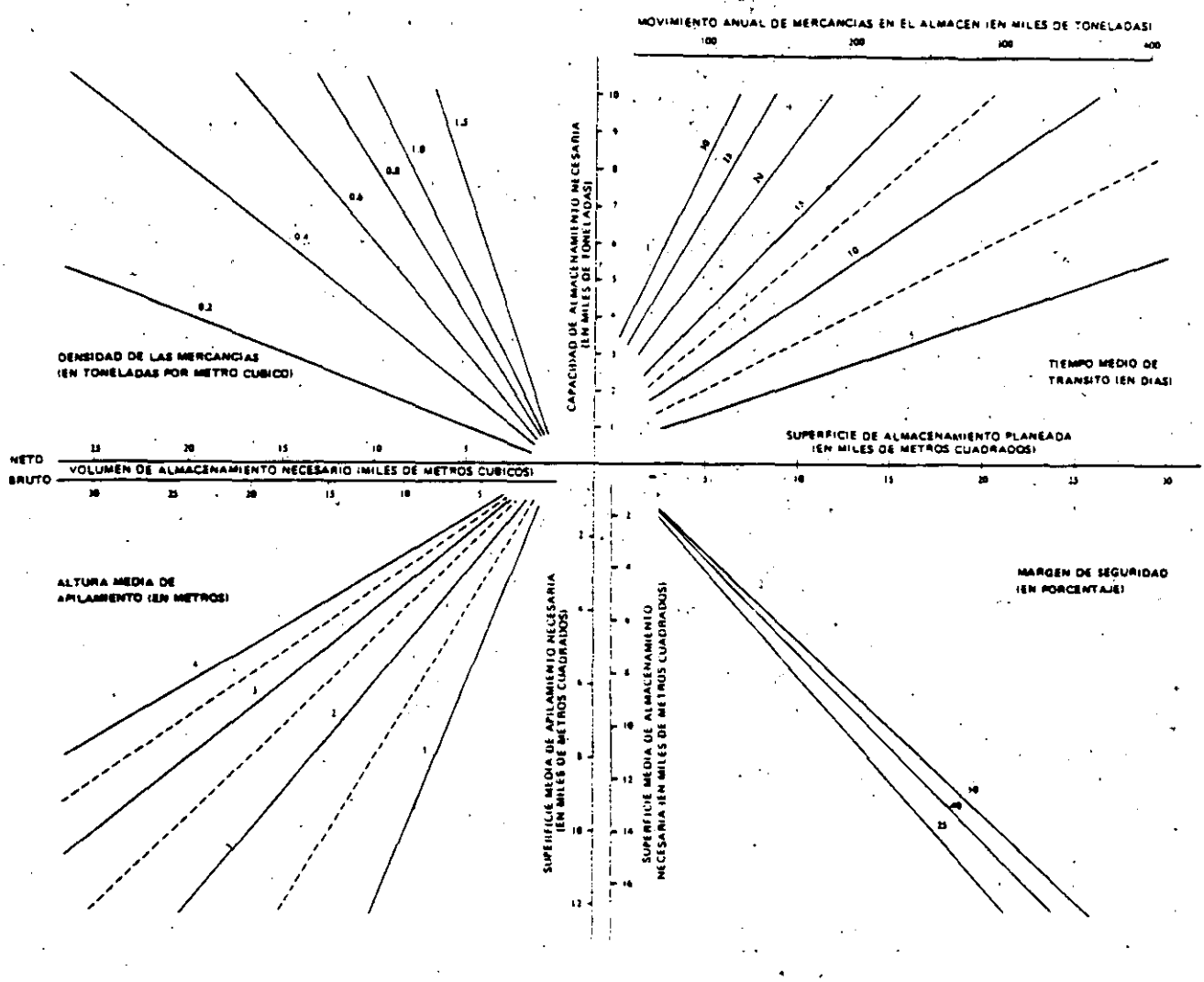
de zonas de almacenamiento
da dependen de muchos
n procedimien-
plo, los
s alma-
ráfico 10
s utiliza-
tan en la
e discuten
necesidades

un puesto de
ta y en parte
, o en espacios
orciones proba-
te o que serán
rción que pasará
icenamiento. Esa
ama de planifica-
mpo medio que la
ios que se atribuya
pido de las mercan-
, tiempo de tránsito
optarse medidas para
nsito si pasa de diez
tores se determina la
ecesaria.

Icularse la relación me-
d, de la combinación de
áfico que utiliza los alma-
de las mercancías es a
de su coeficiente de estiba
n la bodega del buque que

GRAFICO 10

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación III: necesidades de superficie de almacenamiento



las transporta, en general puede utilizarse ese coeficiente teniendo presente el nivel de precisión de las previsiones de tonelaje y la necesidad correspondiente de tener en cuenta el espacio perdido en el almacén. En el cuadro I del anexo I se presentan coeficientes típicos. Partiendo de la densidad estimada puede calcularse el volumen neto de almacenamiento necesario. A ese volumen hay que añadir un margen por espacio perdido, es decir, por el espacio adicional necesario cuando se deshacen las partidas de mercancías y se colocan por separado los diversos artículos. Un valor típico para ese ajuste sería el 20%, valor que se ha utilizado en el diagrama de planificación. El planificador conoce pues el volumen bruto de almacenamiento necesario, a partir del cual debe calcularse la superficie de apilamiento necesaria.

50. Debe estimarse la altura media de apilamiento de la mezcla de mercancías de que se trate. A los efectos de la planificación, esa altura es el promedio de las alturas de apilamiento de las diversas cargas que componen la mezcla en un almacén lleno. La altura de apilamiento es función del tipo de mercancías y del tipo de embalaje, y éstos deberían ser los factores determinantes. Cuando se trata de carga fraccionada, pueden apilarse distintas mercancías hasta alcanzar una altura de uno a tres metros, con un promedio de dos metros. Partiendo de esa altura puede determinarse la superficie de apilamiento necesaria.

51. También habrá que elegir tal vez entre el costo de las instalaciones necesarias para un apilamiento de más altura y el costo de la superficie adicional necesaria para un apilamiento más bajo. A este respecto hay que tener en cuenta varios factores:

a) El costo del suministro de equipo de apilamiento para apilar las mercancías hasta la altura escogida;

b) El costo de la construcción de un almacén de altura suficiente;

c) Las limitaciones impuestas por las presiones laterales que ejercen las pilas de mercancías sobre las paredes del almacén;

d) Las limitaciones impuestas por la resistencia del piso.

Las limitaciones relativas a la resistencia del piso no son en general críticas en las terminales modernas, en las cuales el afirmado de los muelles depende la mayor

parte de las veces de la carga por rueda del equipo móvil y la ubicación de los tinglados es flexible, pero debe comprobarse siempre que la carga teórica prevista para la zona de almacenamiento corresponde a las características técnicas de la losa que constituye el suelo. El peso que soporta el piso, en toneladas por metro cuadrado, se obtiene multiplicando la altura máxima de apilamiento por la densidad de la carga en toneladas por metro cúbico.

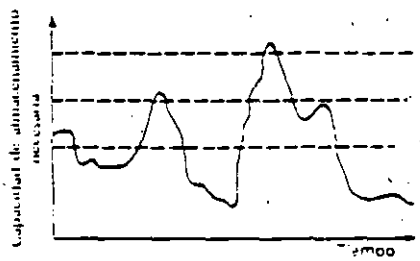
52. La superficie media de apilamiento necesaria debe incrementarse aplicando un ajuste para tener en cuenta todo el espacio no utilizado para apilar mercancías, por ejemplo, pasillos, oficinas situadas en el interior de la zona de almacenamiento, controles de aduanas y lugares de esparcimiento destinados al personal. En la primera fase de la planificación, cuando todavía no se ha preparado la disposición detallada de las instalaciones, hay que utilizar una cifra media. Para un tinglado de tránsito de carga fraccionada, el factor de ajuste típico sería el 40%. Esa cifra se ha utilizado en el diagrama de planificación para obtener la superficie media de almacenamiento necesaria.

53. Además de la capacidad media de almacenamiento hay que prever una capacidad de reserva para hacer frente a las variaciones de la demanda. Raras veces será económico prever una capacidad concebida en función de los niveles máximos de demanda, pero la capacidad que se escoja deberá ser suficiente para hacer frente a la mayor parte de las situaciones de fuerte demanda o de aumento de la misma. Por ejemplo, en el gráfico 11, que muestra una demanda variable en un almacén, es evidente que un plan que hiciera en función del nivel medio de la demanda s muy insatisfactorio. Que la capacidad teórica se fij nivel A o al nivel B depende del costo relativo c creación y mantenimiento de una capacidad adic que gran parte del tiempo no se utiliza, en relació el costo que supone no disponer de la capacidad saria y tener que adoptar medidas de emergenc prevenir o solucionar la congestión resultante.

54. Cuando se conoce la forma de la variaci ejemplo, cuando se conocen el tamaño y la f de los cargamentos que la originan, así como mientos hacia el *hinterland*— el cálculo del de hacerse con una precisión razonable, y p se una capacidad teórica que sea un mínim co. A veces esos cálculos mostrarán que e congestión superará el costo de la capaci

GRAFICO 11

Variación de la demanda de almac



cenamiento sin utilizar en una medida tal que la mejor decisión será prever una capacidad correspondiente a la máxima demanda probable.

55. Sin embargo, cuando no se conoce bien la forma prevista de la variación de la demanda —por ejemplo, en una terminal abierta a todos los usuarios— hay pocas posibilidades de determinar la capacidad de almacenamiento económicamente óptima. En este caso es preferible basarse en la experiencia. La secretaría de la UNCTAD ha examinado diversos casos diferentes y ha descubierto que, como norma general, conviene prever un 40% de capacidad de reserva por encima de la capacidad básica. Ese margen apreciable, que se aplica además a los espacios adicionales necesarios para los accesos, al espacio perdido y a las zonas de servicios administrativos, es una cifra segura. Prever menos de un 25% de reserva sería imprudente en cualquier circunstancia.

56. Una vez conocido el margen de seguridad de la capacidad de reserva, el planificador puede terminar el circuito en el diagrama de planificación y determinar la superficie teórica de almacenamiento. Partiendo de esa superficie se pueden escoger las dimensiones necesarias. La longitud del tinglado o de la zona de almacenamiento al aire libre vendrá determinada generalmente por la longitud del puesto de atraque, aunque hay que prever un acceso amplio a la parte del muelle situada detrás del tinglado. La anchura de este último vendrá determinada normalmente por las distancias sobre las que puede manipularse aceptablemente la
Como norma aproximada, la anchura del tingla-
de un muelle moderno de carga fraccio-
mitad de su longitud, pero en
ros.

to localizadas
constituir una
corriente, más
el movimiento,
rior. Esas zonas
para controlar la
y su conformidad
de embarque, así
sarios trámites de
circunstancia deben.
para el almacena-
onde a las zonas de
muelles.

mación previa aproxi-
os tinglados de tránsito
los puestos de atraque
tos cercanos. Aunque la
atraque (entre 160 y 180
jar un amplio espacio de
consecutivos limitan nor-
os tinglados a unos 110 ó
la anchura del tinglado está
xperiencia de muchos países
onviene que los tinglados no
ros de ancho, y 50 metros es
ndo es escaso el espacio dispo-

59. En la mayoría de los países deberían facilitarse amplias zonas de almacenamiento al aire libre, especialmente cuando la estación lluviosa es corta. Los vehículos y el equipo agrícola y de construcción de carreteras no necesitan almacenamiento cubierto, como tampoco lo necesitan el acero de construcción, el petróleo en bidones y otras muchas mercancías. Debería facilitarse todo el espacio de almacenamiento al aire libre que permitan las condiciones locales del terreno, dentro, por supuesto, de límites razonables. Las explanadas de almacenamiento al aire libre deberían estar bien delimitadas y claramente separadas de las carreteras y zonas de aparcamiento y de carga. También deberían estar niveladas y debidamente pavimentadas, y estar previsto el desagüe del agua de lluvia.

L. — Proyecto de los tinglados de tránsito

60. Cuando se escoja el proyecto de los tinglados de tránsito, es preciso evitar los siguientes errores:

a) Una anchura insuficiente de los tinglados por debajo del mínimo absoluto de 50 metros, con la falta de espacio de almacenamiento que ello supone;

b) Un número excesivo de columnas interiores para sostener el tejado, que obstaculizarán el libre movimiento del equipo mecánico, además de reducir ligeramente la superficie útil del suelo;

c) Una ventilación y una iluminación inadecuadas, lo que dificulta y hace más lentas la manipulación de la carga y la lectura de las indicaciones;

d) Una calidad deficiente del suelo, no bastante liso ni resistente;

e) Un número insuficiente de puertas, y una mala suspensión de las mismas que haga más difícil y lenta su maniobra;

f) Una pérdida de espacio debida a la instalación, dentro del tinglado, de oficinas que podrían estar en un piso superior;

g) Una construcción demasiado grande y maciza que no permita modificar o desmontar el tinglado e instalarlo en otro sitio.

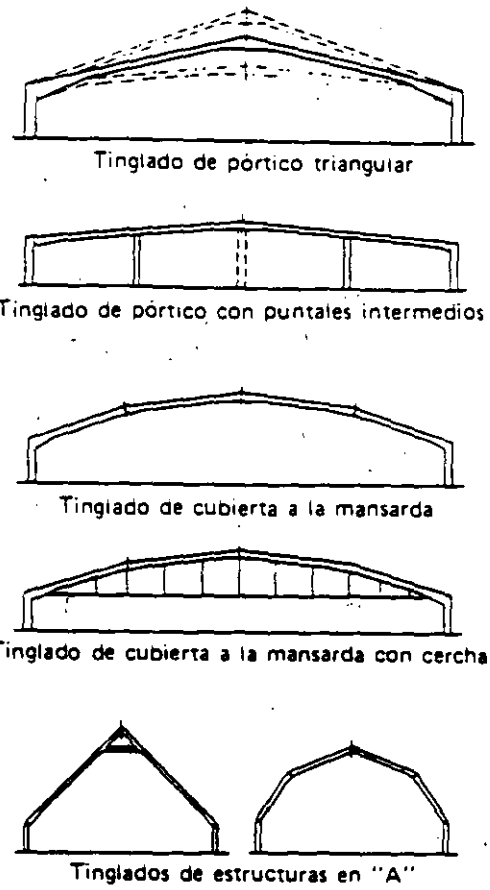
Con la única excepción de este último factor, todas estas deficiencias pueden tener consecuencias desfavorables para la eficiencia de las operaciones dentro de los tinglados de tránsito.

61. Normalmente, los tinglados de varios pisos no son adecuados ni como tinglados de tránsito ni como almacenes portuarios. Los tinglados de una planta simplifican mucho la manipulación de la carga y hacen innecesarios los cimientos demasiado onerosos y los montacargas. En el gráfico 12 se muestran diversos tipos de tinglados que configuran un espacio interior desprovisto de molestas estructuras de sostén. Sin embargo, la total ausencia de columnas interiores hará necesaria una estructura más costosa que la de un tinglado con un número limitado de columnas que pueden colocarse de tal forma que no obstaculicen las operaciones.

62. Para poder responder con flexibilidad a la variación de las necesidades de las terminales, es ventajoso poder desmontar un tinglado de tránsito y volverlo a instalar en un emplazamiento distinto. Este factor puede influir cuando se elija la forma de construcción. Al desmontar y reconstruir el tinglado, algunos elementos sufren desperfectos, pero normalmente los elementos principales no suelen estropearse. Si el trabajo se realiza cuidadosamente y bajo supervisión de profesionales, las únicas pérdidas pueden ser los tornillos de sujeción y unas pocas planchas de la cubierta.

GRÁFICO 12

Tipos de construcción de tinglados de tránsito



63. Otro elemento del proyecto que afecta a la flexibilidad de las futuras operaciones es el diseño de los andenes de carga situados en la parte posterior del tinglado de tránsito. En los puestos de atraque que se espera sigan utilizándose para cargas fraccionadas durante bastante tiempo todavía, es útil que los tinglados dispongan en la parte posterior de un andén de carga en toda su longitud, ya que de esta forma pueden cargarse o descargarse los camiones sin necesidad de carretilla de horquilla elevadora.

64. Un suelo en pendiente que proporcione una entrada a nivel en la parte del muelle y un andén elevado en el lado de la entrega resulta útil si la pendiente es muy suave. A menudo hace falta una pendiente de 1 : 50 para el drenaje del agua, pero una pendiente de más de 1 : 40 puede dificultar el apilamiento con carretillas de horquilla elevadora. Por consiguiente, dada la altura media de la caja de los camiones, sólo será posible mantener una pendiente acepta-

ble en tinglados de 40 metros de ancho como mínimo.

65. Si se considera inaceptable un andén de carga situado a lo largo de todo el tinglado, puede ser preferible que todo el suelo del tinglado esté al nivel del muelle y utilizar rampas de carga móviles. Esta cuestión debe estudiarse en el momento de diseñar el tinglado, y el costo de un número suficiente de rampas móviles tendrá que añadirse a la lista de equipo de muelle que forma parte del presupuesto del proyecto. En este tipo de tinglado, el suelo puede tener una doble pendiente con un ligero resalte central. Esta disposición puede ser conveniente para evitar a la carga depositada al otro lado del resalte los daños provocados por el agua al intentar apagar un incendio o durante la limpieza del tinglado.

M. — Almacenes

66. Se necesitan almacenes:

a) Cuando la corriente máxima de carga exceda la capacidad de almacenamiento de un tinglado de tránsito de tamaño razonable;

b) Cuando el puerto desee dedicarse a la actividad comercial de almacenamiento de carga durante largos períodos, por ejemplo de carga que deba madurar o de carga que haya que clasificar, embalar y vender directamente del almacén.

67. Al determin[illegible]ón razonable del almacén, debe tenerse [illegible]do de tránsito y el almacén situa[illegible]rios: su capacidad total [illegible]na-miento. Para d[illegible] capacidad total siguientes:

a) En mu[illegible] mano de obr[illegible] almacén es[illegible] junto al m[illegible]

b) Hay [illegible] explotaci[illegible] dimensi[illegible] las dist[illegible]

c) F[illegible] rios c[illegible] merc[illegible] evit[illegible]

[illegible]rac-[illegible], ten-[illegible]paleti-[illegible]gada o [illegible] pocos [illegible] pero las [illegible]rga frac-[illegible]yor de los [illegible]muchas de [illegible] de atraque [illegible]nayor longi-

cio..
buques e[illegible]
las caracteristica[illegible]
para paletas. Entre ell[illegible]

tud de muelle y la construcción de una terminal de mayor superficie que comprenda una explanada de descarga amplia y bien iluminada, con una anchura no inferior a 20 metros y, preferiblemente, de 25 ó 30 metros. La necesidad de ofrecer una mejor protección para la mayor parte de la carga general fraccionada lleva consigo el aumento de la superficie total de los tinglados.

69. En el gráfico 13 se presenta una disposición característica para un grupo moderno de muelles de carga general fraccionada donde se manipula el tráfico de buques de línea transoceánicos de tipo corriente. Ese diagrama pone de manifiesto varios aspectos:

a) La noción de zona integrada, donde un único equipo de gestión planifica y coordina las operaciones;

b) Las extensas zonas necesarias para las operaciones, las zonas de entrega y el aparcamiento y movimiento de vehículos;

c) La existencia de oficinas para todo tipo de agentes en las zonas adyacentes a la zona de operaciones, para acelerar las formalidades relativas a la documentación y el despacho de las expediciones;

d) La necesidad de extensas zonas de aparcamiento para camiones y para automóviles privados;

e) El circuito de dirección única claramente delimitado;

f) La zona central de entrega (carretera y ferrocarril).

70. Cada tinglado, con una superficie de más de 9.000 metros cuadrados, contendrá normalmene un máximo de 5.400 toneladas de carga mixta. Para pues-[illegible]de atraque en que se manipulen 100.000 toneladas [illegible] pasando por los tinglados, ese tamaño de [illegible] supondría un tiempo medio de tránsito de las [illegible]cías de 14 días, suponiendo una tonelada de [illegible]ncias por metro cuadrado de zona de apilamien-[illegible] almacén podría instalarse más lejos sin inconve-[illegible]e grave, o bien podría sustituirse por una zona de [illegible]acenamiento al aire libre si hubiese una proporción [illegible]siderable de carga almacenable al aire libre. Si se [illegible]lizaran para la entrega un gran número de camiones [illegible] 15 metros de largo tendría que ampliarse la zona de [illegible]ntrega para carretera o ferrocarril. En todos los casos los carriles tendrían que disponerse a ras del suelo de cemento para que puedan pasar con facilidad los vehículos y el equipo portuario móvil.

71. Además, en la zona situada detrás del puesto de atraque debe facilitarse espacio para algunas instalaciones auxiliares, como un pequeño almacén para el equipo móvil, servicios sanitarios, vestuarios, un puesto de primeros auxilios y una cantina para el grupo de puestos de atraque. También puede hacer falta un almacén separado para explosivos o materias inflamables, y su emplazamiento dependerá de los reglamentos locales. En conjunto, una banda de 200 metros de ancho es normalmente el espacio mínimo necesario para todas las instalaciones esenciales: instalaciones de manipulación de la carga, almacenamiento en tránsito, zonas de entrega y recepción y servicios auxiliares. Las oficinas situadas en las inmediaciones de la zona de operaciones deberían ser utilizadas solamente por el personal necesario para las operaciones diarias habituales.

GRÁFICO 13

Disposición característica de una zona moderna de tres puestos de atraque de carga fraccionada (480 × 250 metros)

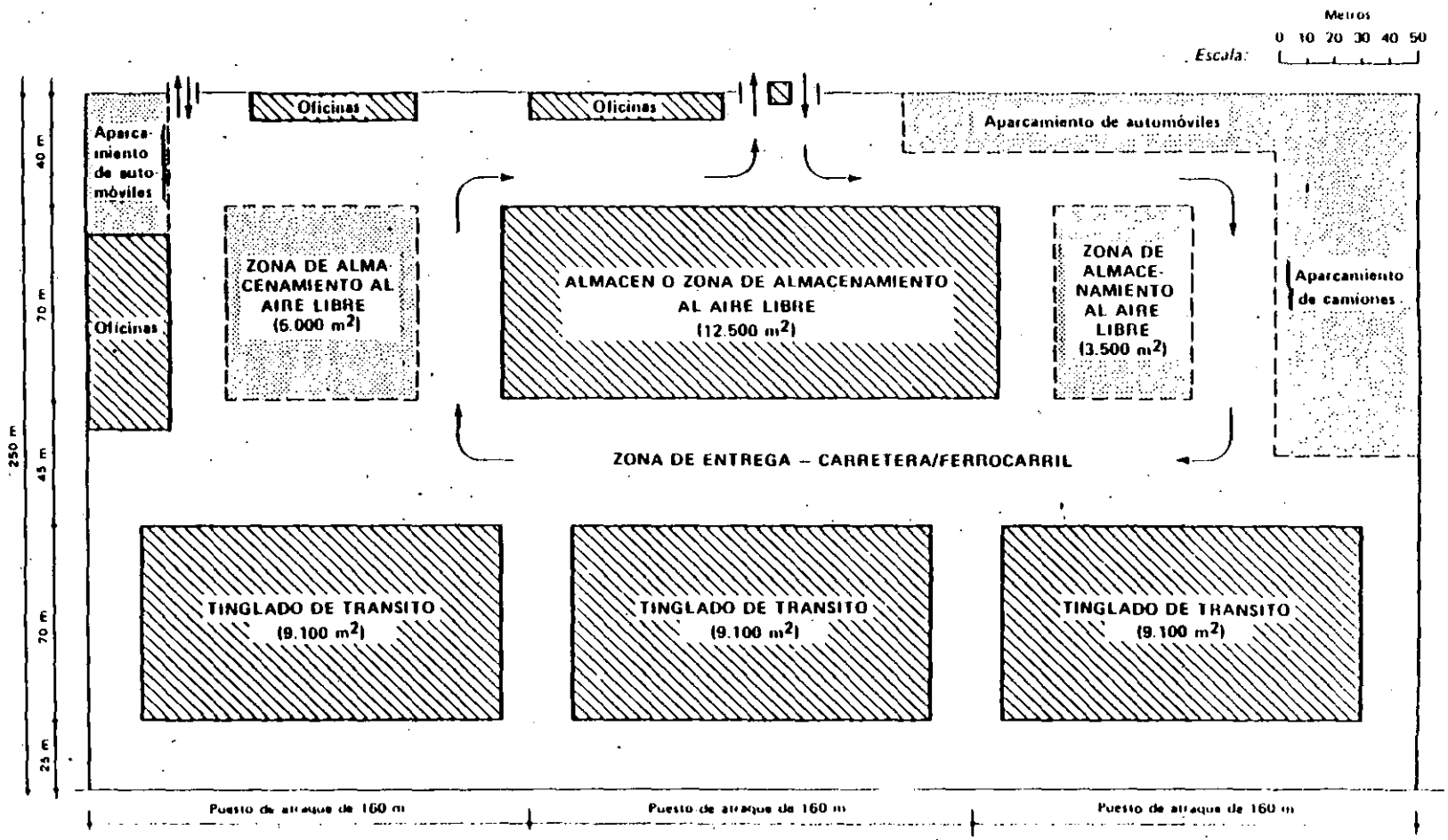
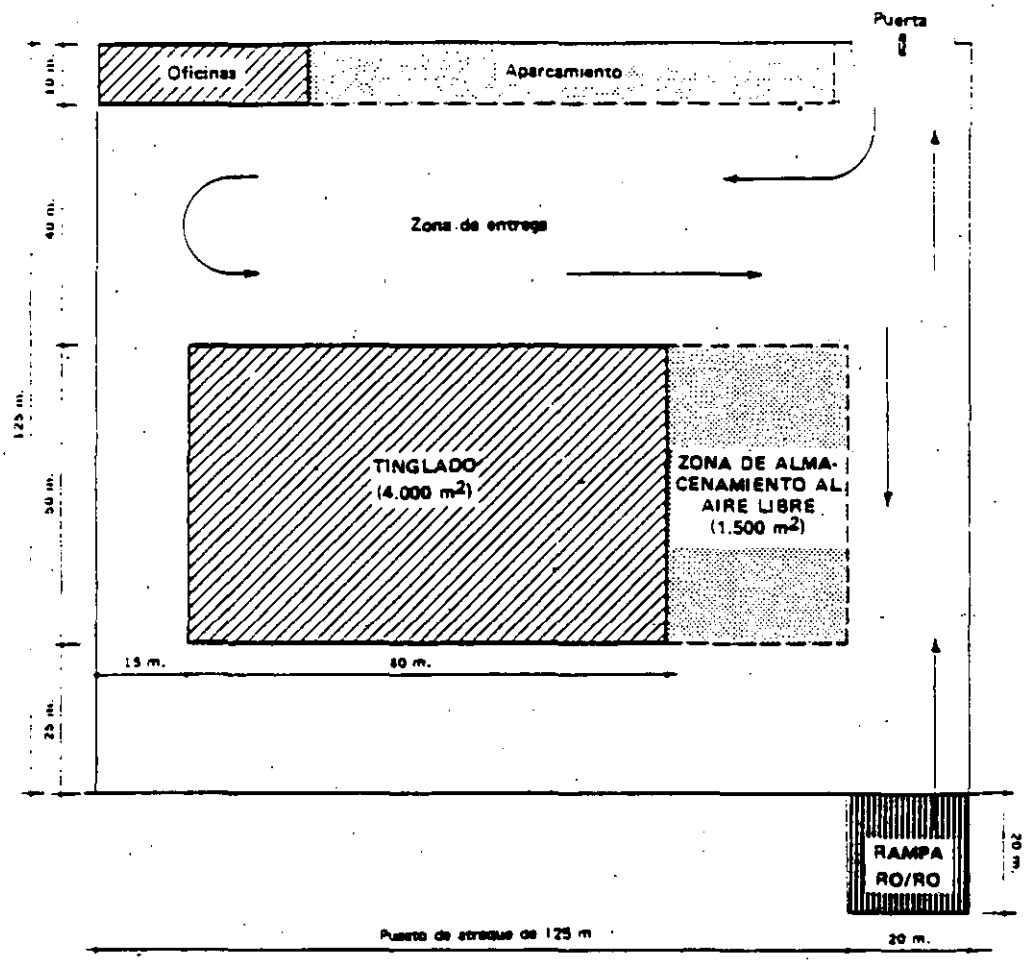


GRAFICO 14

Pequeño puesto de atraque moderno para servicios de cabotaje o insulares



O. — Disposición de los muelles para servicios de cabotaje o insulares

72. En el gráfico 14 se muestra una disposición, sugerida por la secretaría de la UNCTAD, para un pequeño puesto de atraque para tráfico de cabotaje, o para las instalaciones de carga general de una pequeña isla. Las características que hay que observar en este caso son la rampa de transbordo por rodadura y el buen acceso por carretera a la misma. En estos muelles se necesitan a menudo amplias zonas de almacenamiento cubiertas, ya que pueden tener que desempeñar también una función limitada de almacenamiento dado que los usuarios no tienen depósitos en la zona.

P. — Planificación de la mano de obra

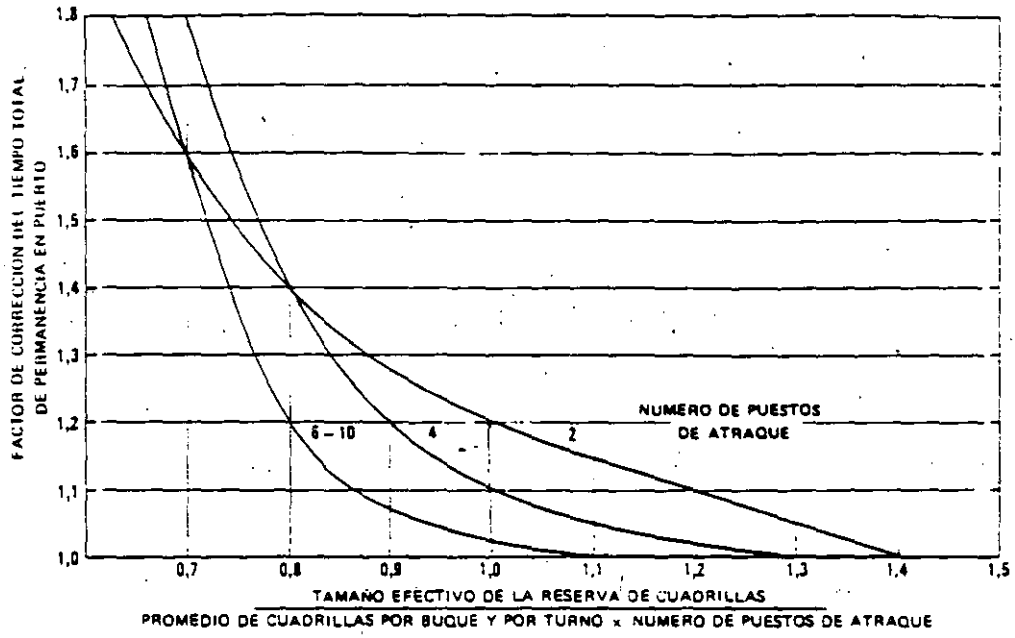
73. Los principios que rigen la organización y la planificación de la utilización de la mano de obra se analizan en la publicación de la OIT mencionada en la lista de referencias del anexo III. Esa publicación insiste en los aspectos sociales de la evolución de los métodos de manipulación de la carga, ya que en ellos residen las limitaciones que afectan normalmente a la libertad de acción de la administración portuaria.

74. Desde un punto de vista puramente cuantitativo, el planificador tiene que determinar la importancia numérica de la fuerza de trabajo que se necesita para manipular la carga en el puerto. Como sucede con los puntos de atraque y el almacenamiento, es necesario planificar la fuerza de trabajo por separado para cada grupo o zona de puestos de atraque, ya que no es probable que se obtengan economías de escala significativas saliéndose de los límites de una zona portuaria y que, por otro lado, debería mejorarse la productividad y la motivación de los trabajadores merced a un grado razonable de especialización.

75. La composición o número de miembros de una cuadrilla será objeto de negociación y acuerdo entre las partes. Es difícil establecer cuál debería ser el tamaño mínimo de una cuadrilla para distintos tipos de carga, y puede haber grandes diferencias de opinión al respecto. Hay, pues, buenas razones para no fijar por adelantado el número de miembros de las cuadrillas de forma demasiado rígida, sino que se debería poder modificar ese número en función de las necesidades reales. El primer paso es decidir las necesidades aproximadas de mano de obra para el grupo de puestos de atraque y planificar en términos de número de cuadrillas más que en términos de mano de obra. El tamaño apropiado de la reserva de cuadrillas para cada

GRAFICO 15

Factor de corrección según el tamaño de la reserva de cuadrillas para la planificación de una terminal de carga general fraccionada



turno para el grupo de puestos de atraque puede calcularse aproximadamente como sigue:

Tamaño de la reserva de cuadrillas por turno = Número medio de cuadrillas por buque y por turno multiplicado por el número de puestos de atraque en la zona.

Así pues, el tamaño de la reserva de cuadrillas de la zona será igual al tamaño de la reserva de cuadrillas por turno, multiplicado por el número de turnos por día.

76. Sin embargo, esta regla aproximada no tiene en cuenta la necesidad de disponer, cuando todos los puestos de atraque estén ocupados, de una mano de obra adicional para hacer frente a las puntas de demanda creadas cuando se empieza a trabajar simultáneamente en varios buques o cuando es necesario atender urgentemente a varios buques. Cuando en un grupo hay más de seis puestos de atraque que se reparten una misma reserva de mano de obra, no hay necesidad de prever ningún margen, pero para un número inferior de puestos de atraque puede necesitarse una reserva adicional de cuadrillas por encima del número que da el cálculo aproximado. La falta de cuadrillas en los momentos de más fuerte demanda tiene consecuencias directas sobre el tiempo de rotación de los buques. Para las corrientes de tráfico y tasas de ocupación típicas, se ha utilizado una técnica de simulación para cuantificar esa relación.

77. El gráfico 15 muestra, para dos, cuatro o seis puestos de atraque en el grupo, el aumento del tiempo de espera debido a diversos tamaños de la reserva de cuadrillas, expresada por la relación entre el número de cuadrillas disponibles y el tamaño de la reserva de cuadrillas que se obtiene por el cálculo aproximado mencionado. El tamaño efectivo de la reserva de cuadrillas se define como el número medio de cuadrillas disponibles para trabajar en la terminal durante un turno. Por consiguiente, el número de cuadrillas de la reserva para un turno deberá aumentarse multiplicándolo por un factor que refleje los días de vacaciones y de enfermedad. Un factor típico es 1,3. El número medio de cuadrillas por buque y por turno es uno de los elementos utilizados en el diagrama de planificación I. Como muestra el gráfico 15, a medida que aumenta el número de puestos de atraque, se suaviza la curva de la demanda y disminuyen las ventajas de una relación superior a 1,0.

78. Por ejemplo, un puerto con dos puestos de atraque, con un tamaño efectivo de la reserva de cuatro cuadrillas y que utilice como promedio dos cuadrillas por buque y por turno, tendría una relación de 1,0. Por lo tanto, en este caso habría que aumentar el tiempo de permanencia del buque en puerto, determinado en el diagrama de planificación II, multiplicándolo por un factor de 1,2, que se obtiene en el gráfico 15. Este aumento de tiempo se debe a la escasez de cuadrillas en los períodos de mayor trabajo. El factor de corrección del tiempo de espera puede utilizarse en los análisis costo-beneficio para ayudar a la administración portuaria a decidir el tamaño de la reserva de cuadrillas. En el ejemplo anterior, al aumentar el tamaño efectivo de la reserva de cuadrillas a cinco se obtendría una relación de 1,2 y se reduciría el factor de corrección a 1,1. La reducción del 10% del tiempo de rotación del buque tendría que compararse con el costo de aumentar el tamaño de la reserva de cuadrillas. Ese análisis sería útil a la administración para determinar el tamaño óptimo de la reserva de cuadrillas.

Q. — Vías férreas en el muelle

79. Aunque el factor determinante será el volumen de mercancías que ha de descargarse directamente del ferrocarril o cargarse en éste, hay en general fuertes

argumentos contra la entrega directa de las mercancías del muelle al vagón de ferrocarril para las operaciones de carga fraccionada. Es muy difícil organizar las maniobras de los vagones en el muelle de forma que se logre una alta productividad en la escotilla en que se trabaja sin interferir con las cuadrillas que trabajan en otras escotillas o en otros buques. Siempre que sea posible, la carga en el vagón de ferrocarril para su transporte al interior en el caso de las importaciones y la clasificación de los envíos procedentes del interior para su exportación deberán hacerse en una terminal ferroviaria alejada del muelle, efectuando el traslado entre esa terminal y el muelle por medio del equipo móvil del puerto, normalmente remolques. Esta tendencia a abandonar la entrega directa en el caso del transporte por ferrocarril se debe a la disminución de los envíos de mercancías a granel embaladas que transportan los buques de carga general en las líneas regulares. Sólo cuando se prevé un volumen considerable y constante de carga, en forma de maquinaria pesada, hierro o acero y grandes fardos, estaría justificada la instalación de vías férreas en el muelle.

R. — Grúas de muelle

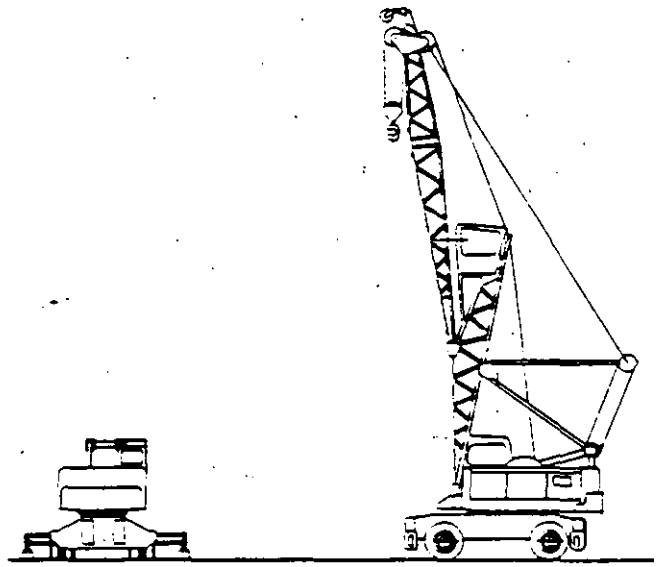
80. Exceptuando aquellos puertos en que la amplitud de la marea es considerable, la manipulación por medio de grúas de muelle no suele ofrecer grandes ventajas respecto de la utilización de los aparejos del buque, y en cambio entraña grandes gastos de capital y problemas de mantenimiento. La diferencia de productividad entre las grúas de muelle y los puntales de carga de los buques se ha debido por lo general a la dificultad de trabajar con puntales cargando directamente los vagones de ferrocarril sin necesidad de frecuentes maniobras. Si no hay que cargar directamente los vagones de ferrocarril, la diferencia de productividad es insignificante. La aparición de grúas eléctricas a bordo de los buques da todavía más fuerza a este argumento. El reforzamiento del borde de los muelles que requiere la utilización de grúas en los muelles, y la instalación de las vías y el equipo eléctrico que éstas necesitan representan gastos adicionales considerables que deberían evitarse de ser posible.

81. Es posible que la administración del puerto tenga que aceptar la idea de que la visión tradicional del bosque de brazos de grúas ya no es la más adecuada para un grupo de puestos de atraque de carga fraccionada. Más adecuada sería la de una explanada despejada y bien pavimentada que permita acelerar las operaciones de traslación. Sólo cuando se prevea un volumen considerable y constante de cargas pesadas estarán justificadas las grúas de muelle montadas sobre carriles.

82. Si no se instalan grúas de muelle de tipo corriente, montadas sobre carriles, se necesitará un pequeño número de grúas móviles con neumáticos para levantar los objetos pesados, entre ellos los contenedores transportados en cubierta, que inevitablemente llegarán al puerto. Por lo general, esas grúas especiales sólo se necesitarán durante una fracción del tiempo de servicio del buque, y bastará con un pequeño número de unidades, normalmente una por cada puesto o por cada dos puestos. Cuando no sean necesarias podrán sumarse a las grúas móviles que se utilizan en las zonas de almacenamiento al aire libre. Esas pesadas grúas móviles, dotadas de altas torres para el trabajo en los buques, son por lo menos tan caras como las grúas de muelle de tipo corriente, pero son de un empleo mucho más flexible. El gráfico 16 muestra una grúa típica.

GRÁFICO 16

Grúa de torre móvil en el muelle



S. — Equipo móvil

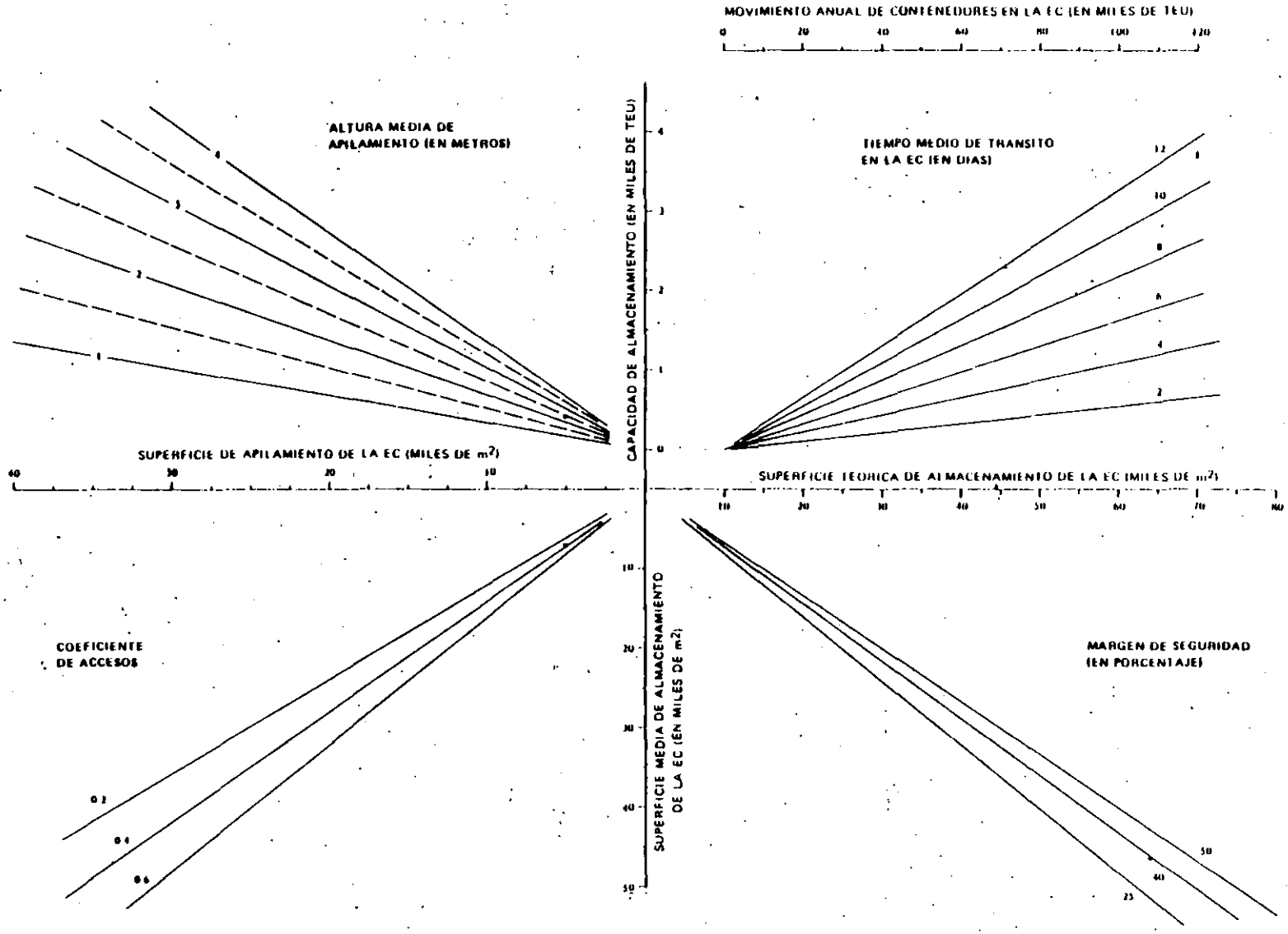
83. Cuando en las operaciones con carga fraccionada de tipo corriente se utilizan los métodos tradicionales de manipulación, el equipo que se asigna a la traslación de la carga desde el muelle y hasta el muelle a menudo resulta insuficiente para que las operaciones de traslación se realicen al mismo ritmo que la elevación de las cargas desde la bodega del buque o hasta ella. Este hecho lo demuestra el espectáculo frecuente de una grúa o puntal de carga inmóviles en espera de que se enganche o desenganche una carga. Así pues, muchas veces el método más efectivo para aumentar la productividad de la manutención del buque será planificar cuidadosamente la operación de traslación asignándole el equipo necesario.

84. Es difícil dar una justificación económica clara de la utilización de cualquier nivel determinado de equipo para las operaciones en el muelle, como puede hacerse en lo que respecta al número de puestos de atraque y de tinglados necesarios; la estimación de las necesidades de equipo debe basarse en la experiencia del tipo de operación propuesto. Una vez estimadas las necesidades de equipo deben incluirse en la propuesta de inversión, junto con las estimaciones relativas al equipo de reserva, las piezas de repuesto y los servicios de conservación. No hay que tratar de hacer economías en esta esfera, ya que sin el equipo adecuado estará en peligro el éxito económico y financiero de toda la inversión.

85. En los últimos años ha aumentado la cantidad de equipo mecánico de manutención necesario en cada puesto de atraque, debido a la mayor variedad de

GRÁFICO 24

Terminal de contenedores — Diagrama de planificación II: superficie de la estación de contenedores



nuación, la línea sigue horizontalmente hacia la izquierda, hasta el próximo punto de inflexión determinado por la horizontal y la línea correspondiente a la superficie necesaria por TEU.

121. La superficie necesaria por TEU depende del tipo de equipo utilizado para manipular los contenedores y de los requisitos consiguientes en cuanto a acceso y altura máxima de apilamiento. Generalmente, las superficies necesarias son las siguientes:

	Altura de apilamiento (número de contenedores)	Metros cuadrados por TEU
Chasis	1	65
Carretilla-pórtico	1	30
	2	15
	3	10
Grúa-pórtico	2	15
	3	10
	4	7,5

122. Luego el planificador hace descender nuevamente la línea hasta que corte la línea que representa la relación entre la altura media y la altura máxima de apilamiento de los contenedores. La altura media indica el nivel al que puede considerarse que prácticamente la zona de almacenamiento de contenedores está llena. Por ejemplo, aunque una carretilla-pórtico puede apilar los contenedores en tres capas, no sería práctico apilar así los contenedores en toda la zona, ya que entonces resultaría imposible retirar contenedores individualmente. Así pues, hay que aplicar un factor de ajuste para tener en cuenta este hecho. A continuación, el planificador se desplaza horizontalmente hacia la derecha, hasta cortar la línea que representa el factor de seguridad de reserva de capacidad, factor que permitirá al parque hacer frente a las puntas de la demanda.

123. Finalmente, la línea sigue verticalmente hacia arriba, hasta cortar la línea que representa la superficie necesaria para el almacenamiento de contenedores. Las intersecciones de la trayectoria y de los ejes dan al planificador la información siguiente: capacidad necesaria en TEU, superficie neta de almacenamiento en tránsito necesaria, superficie bruta de almacenamiento en tránsito necesaria y superficie para el almacenamiento de contenedores. El diagrama se puede utilizar repetidamente para determinar las necesidades de superficie según se utilicen diferentes tipos de equipo de manutención a fin de encontrar la solución más económica dadas las condiciones locales.

124. A continuación, el planificador ha de calcular la superficie necesaria para la estación de contenedores (EC), que es la estructura utilizada para llenar y vaciar los contenedores y para consolidar y clasificar los envíos en la zona portuaria. Suponiendo que cada TEU que pase por la EC necesite un volumen de 29 m^3, se puede determinar la superficie de almacenamiento de la EC utilizando el diagrama de planificación II (véase el gráfico 24). Se utilizan los siguientes puntos de inflexión: tiempo medio de tránsito de los envíos; altura media de apilamiento en la EC; coeficiente de accesos para tener en cuenta la circulación y las zonas operacionales en la EC; y margen de seguridad de capacidad para los períodos de demanda punta. Por ejemplo, un terminal en el que pasen anualmente por la EC del puerto 20.000 TEU, con un tiempo medio de tránsito de 10 días, una altura de apilamiento de 2 metros, un coeficiente de acceso de 0,4 y un margen de seguridad de 25%, necesitará una superficie de almacenamiento para la EC de 14.500 m^2.[5] La estructura también deberá tener un alero ancho que ofrezca protección contra la intemperie en los andenes de carga de contenedores (véase el gráfico 25).

125. Además del parque de contenedores y la zona de la EC, la terminal necesita espacio para las zonas de clasificación, el aparcamiento de vehículos, los accesos por ferrocarril y carretera, las aduanas, los contenedores estropeados, los cargamentos refrigerados, el personal, la administración, los servicios de mantenimiento y el almacenamiento de mercancías peligrosas. Corrientemente, la superficie adicional necesaria por puesto de atraque puede alcanzar de 20.000 a 30.000 m^2.

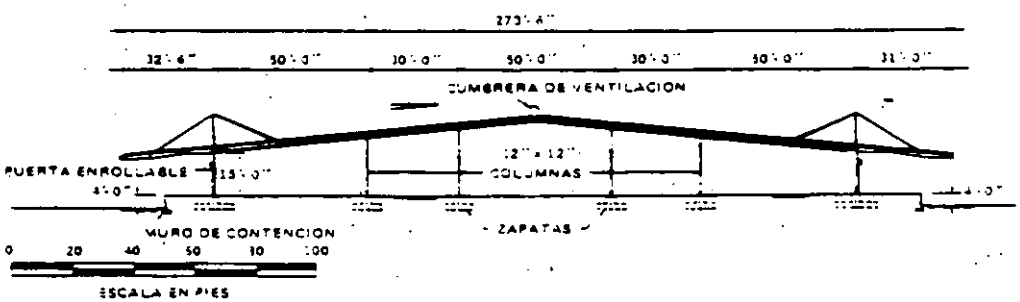
F. — Ocupación de los puestos de atraque en las terminales especializadas

126. Los muelles especializados, como por ejemplo las terminales de contenedores, pueden alcanzar un ritmo de manipulación de la carga cinco o incluso diez veces superior al de los muelles tradicionales. Además, la unitarización da como resultado una reducción considerable del número de escalas, al agruparse los servicios con envíos mayores por buque, lo que aumenta

[5] Esta cifra puede compararse con las de otras EC en las siguientes terminales: Guam, 2 puestos de atraque, EC 3.066 m^2; Keelung, 5 puestos de atraque, EC 2.700 m^2; Pon Kelang, 2 puestos de atraque, EC 6.771 m^2; Singapur, East Lagoon, 3 puestos de atraque, EC 21.000 m^2; Kwai Chung, puesto N.º 4, 3 puestos de atraque, EC 23.241 m^2.

GRÁFICO 25

Sección transversal de una estación de contenedores



aún más la productividad por escala. Así pues, para la manutención de un volumen de carga determinado en forma unitarizada se necesitan menos puestos de atraque y será raro que una decisión de inversión con respecto a una terminal de contenedores comprenda más de dos puestos de atraque en la fase inicial. Por lo tanto, la tasa de ocupación de los puestos de atraque apropiada para mantener el tiempo de espera a un nivel aceptable será baja. El hecho de que los buques portacontenedores sean mucho más costosos que los buques de carga general hace aún más necesario minimizar el tiempo de espera. En el procedimiento de planificación que se indica a continuación, el efecto económico básico del tiempo de espera será un factor principal de la decisión de inversión, pero además será preciso tener en cuenta otros criterios.

127. En el caso de un tipo de instalación especializada o avanzada, normalmente se tendrán en cuenta los tres criterios siguientes:

a) Si la tasa de ocupación de los puestos de atraque resultante ofrecerá el equilibrio adecuado entre los buques que esperan un puesto de atraque y los puestos de atraque que permanecen vacíos en espera de que los ocupe un buque;

b) Si el tiempo medio de rotación de cada buque será satisfactorio para el usuario normal, independientemente de lo que esto signifique en lo que respecta a la utilización de los puestos de atraque;

c) Si existe suficiente reserva de capacidad para ofrecer un servicio satisfactorio al usuario excepcional, que es más exigente, y para dar bastantes garantías de que no se producirán congestiones en los períodos de tráfico excepcional.

128. Será necesario hacer cálculos del rendimiento para asegurarse de que se satisfacen los tres criterios. Con frecuencia no se podrá satisfacer cada uno de estos tres criterios con una misma capacidad, por lo que en la práctica será necesario adoptar una solución intermedia. Para llegar a esa solución intermedia la administración del puerto tendrá que tomar con frecuencia una decisión empresarial dado que puede no haber una sola solución clara que esté justificada desde el punto de vista económico y al mismo tiempo ofrezca un nivel de servicios que pueda satisfacer a los clientes. La autoridad responsable deberá estudiar estos riesgos de la inversión, para lo que el equipo de planificación le deberá presentar distintas propuestas que respondan a cada uno de los tres criterios, a fines de comparación. Esto será más útil para la autoridad que haya de adoptar la decisión que una sola propuesta que trate de satisfacer los tres criterios.

129. El diagrama de planificación III (véase el gráfico 26) se utiliza para determinar las necesidades de puestos de atraque-día. El método utilizado es similar al empleado para el diagrama I; se empieza con el horario normal de trabajo por día y se utilizan los puntos de inflexión siguientes: número medio de TEU por hora y grúa, teniendo en cuenta el tiempo de inmovilización del equipo; características de los puestos de atraque y de las grúas (coeficiente de eficacia de las grúas-pórtico por grúa = 1 grúa: 1.0; 2 grúas: 0.9; 3 grúas: 0.8); cargamento completo de un buque (en TEU), y número de buques por año. La trayectoria da el número medio de unidades por día y grúa, el número medio de unidades por día y puesto de atraque, el tiempo medio de permanencia en el puesto de atraque por buque (incluida una hora para las maniobras de atraque y desatraque) y las necesidades anuales de puestos de atraque-día.

130. Empezando con las necesidades de puestos de atraque-día, se utilizarán los puntos de inflexión siguientes en el diagrama de planificación IV (gráfico 27): número de puestos de atraque; días de servicio al año; número de puestos de atraque y costo diario medio del buque. La trayectoria trazada da el tiempo total en el puerto y el costo anual del buque. Además, el diagrama indica la probabilidad de que un buque tenga que esperar un puesto de atraque durante un período de tiempo superior al tiempo medio de servicio.

131. La relación entre la utilización de los puestos de atraque y el tiempo total pasado en el puerto se basa en la teoría de las colas. Se ha supuesto que el tiempo de servicio y los intervalos entre llegadas siguen una distribución de Erlang de tipo 2. En la sección D del anexo II se ofrece un comentario más detallado sobre esta cuestión. Cuando se trate de una terminal que preste servicios a uno o dos operadores de rutas de cabotaje las llegadas serán más regulares y será menor el tiempo de espera para una tasa de utilización determinada de los puestos de atraque. No obstante, esas curvas se pueden utilizar con un alto grado de seguridad para la mayoría de las terminales de contenedores.

G. — Sistemas de información

132. Muchos operadores de terminales han decidido utilizar un sistema electrónico de tratamiento de datos para reunir y tratar la información necesaria. En general, se estima que para las terminales por las que pasan 100.000 o más contenedores al año resulta muy poco práctico un sistema manual, que tal vez haya resultado muy satisfactorio cuando esa cifra era menor. Se puede introducir un sistema de computadoras para tratar la gran cantidad de información necesaria. Sin embargo, hay casos en que se han utilizado con éxito sistemas manuales eficaces con un movimiento de mercancías mucho mayor.

133. Actualmente, muchas terminales de contenedores utilizan un sistema manual y uno computerizado, pero cada uno de ellos tiene una función específica. El sistema manual sirve principalmente para ayudar al operador de la terminal a controlar todas las operaciones (inclusive la ubicación de los contenedores en la terminal). Por otra parte, el sistema de computadoras se utiliza para establecer facturas, reunir datos estadísticos y ofrecer a los operadores de contenedores información detallada, por ejemplo, sobre el tipo y número de unidades en la terminal, las unidades vacías disponibles y las tasas de productividad en el servicio del buque. En un proyecto sobre una terminal de contenedores se debería incluir entre los costos de equipo de la terminal el costo de dicho equipo de tratamiento de datos.

H. — Acuerdos de programación de llegadas

134. La necesidad de lograr un nivel razonable de ocupación de los puestos de atraque sin aumentar la

GRAFICO 26

Terminal de contenedores — Diagrama de planificación III: días de puesto de atraque que se requieren

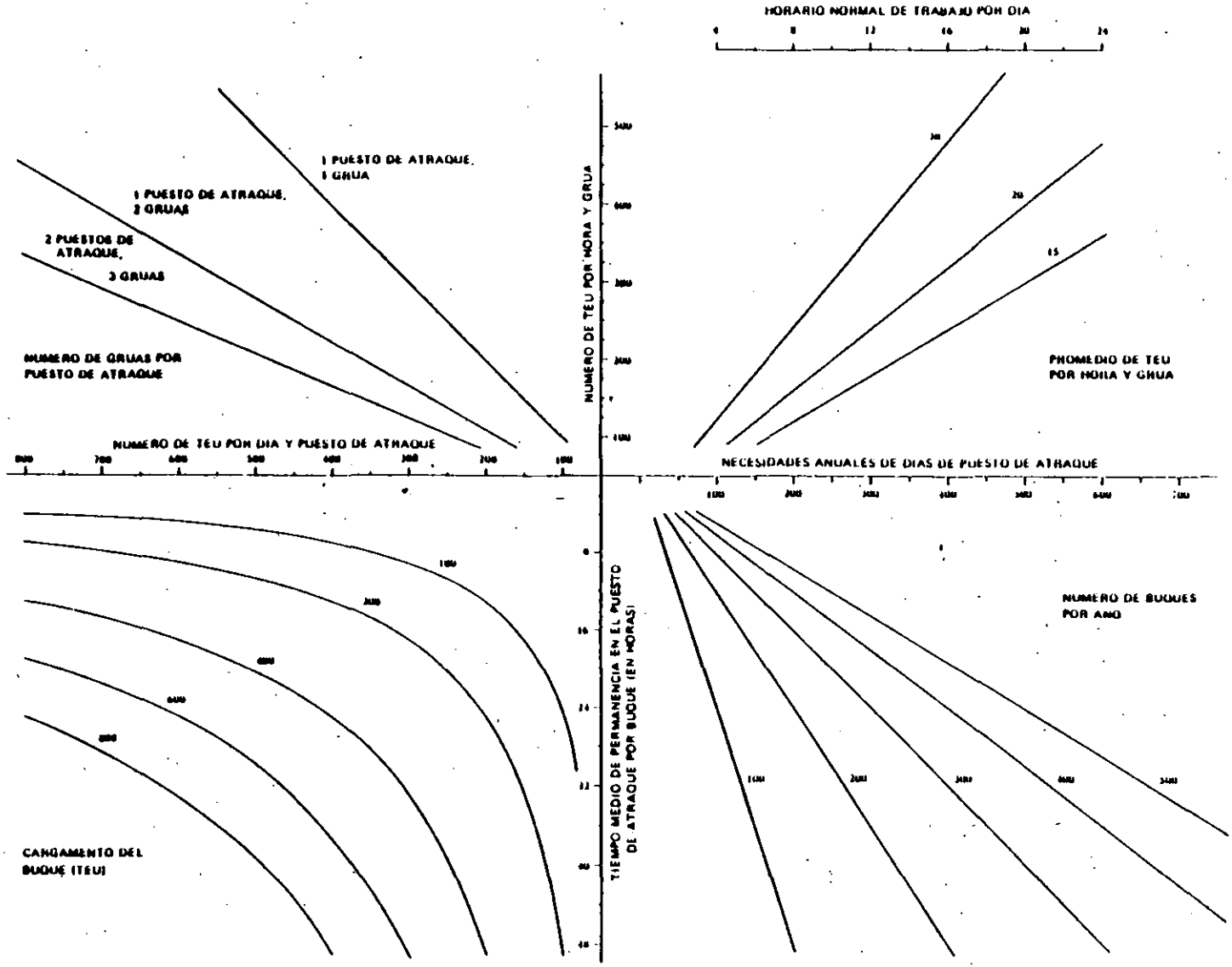
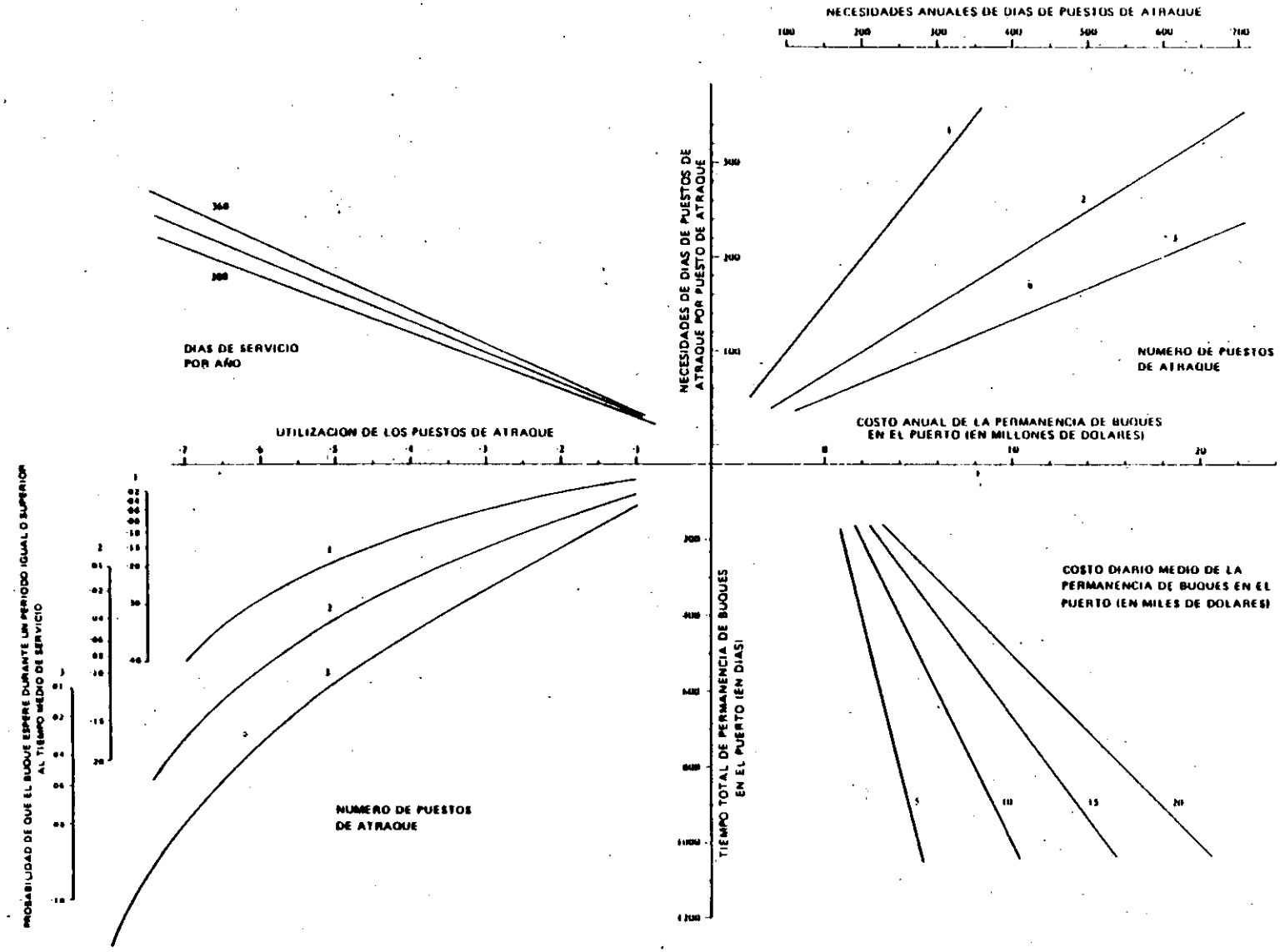


GRÁFICO 27

Terminal de contenedores — Diagrama de planificación IV: costo de la permanencia de buques en el puerto



probabilidad de que los buques tengan que esperar ha planteado la cuestión de la programación de las llegadas. Si es posible programar las llegadas de los buques se podrá conseguir una utilización muy superior de los puestos de atraque sin que esto dé lugar a una espera. Es posible que los operadores de terminales de contenedores y las compañías de navegación se pongan de acuerdo sobre un calendario determinado, especialmente cuando se trate de travesías cortas. En ese caso, los buques que lleguen en el momento convenido tienen garantizado inmediatamente un puesto de atraque. Este procedimiento puede reportar beneficios considerables.

135. Por desgracia, debido al riesgo de que se retrasen los buques en las rutas oceánicas, por ejemplo a causa del mal tiempo, normalmente habrá que prever amplios márgenes de seguridad. Esto suprime muchas de las ventajas del calendario de llegadas, y la experiencia ha demostrado que las llegadas de los buques de varias compañías en terminales oceánicas de contenedores no siguen una pauta mucho más sistemática que los buques de línea tradicionales a los que sustituyen. Las llegadas a una terminal también se ven afectadas por las horas de trabajo en otros puertos. Por ejemplo, si otras terminales de la región no trabajan durante el fin de semana es probable que la que sí trabaje vea llegar un grupo de buques al final de la semana.

136. Ante esta situación, lo mejor que puede hacer el operador de una gran terminal de contenedores es organizar un servicio lo más rápido posible, dando prioridad al que primero llegue. Una posibilidad es establecer pilas de carga de reserva para acelerar el servicio. Por ejemplo, podría organizarse una « pila de entrada » para los cargamentos importados y una « pila de salida » para los cargamentos exportados; esas pilas se colocarían directamente en el muelle, cerca de los buques.

I. — Servicios de buques portacontenedores de enlace

137. La tendencia a concentrar el tráfico en un pequeño número de puertos céntricos o de transbordo está especialmente acentuada en las rutas oceánicas de contenedores. Los buques portacontenedores especializados son actualmente mayores y más complejos, y el costo de construcción de una terminal de contenedores moderna es muy elevado. Los factores económicos aconsejan cada vez más cargar y descargar todos los contenedores en un puerto bien equipado y distribuirlos por medio de buques de enlace costeros a otros puertos de la región.

138. Es difícil predecir esta evolución y es preciso que los planificadores y las compañías de navegación interesadas celebren consultas para tratar el asunto detalladamente. La actitud de las compañías navieras puede cambiar y aunque, en un principio, quizás deseen que sus buques nodriza toquen en todos los puertos, más adelante tal vez les interese adoptar servicios de enlace.

139. Generalmente, los buques de enlace se conciben para un servicio determinado, teniendo en cuenta las características del puerto de que se trata. Son relativamente pequeños (en general, su capacidad alcanza de un 10 a un 20% de la de los buques de la ruta principal) y con frecuencia se construyen sin aparejos de carga y descarga a fin de aumentar su capacidad de transporte, mejorar su estabilidad y reducir los costos. Probablemente, en su mayoría se trata de ro/ro, pero también hay buques de enlace puramente celulares y buques que combinan el transbordo por rodadura y el transbordo por elevación.

140. El factor de carga de los buques de enlace es generalmente muy elevado y se acerca a la unidad. Sin embargo, en los puertos en que sólo tocan los buques de enlace, aunque los ritmos de manipulación son mucho más elevados de los que se obtienen con los procedimientos tradicionales empleados para la carga fraccionada, son con todo inferiores a los de una terminal especializada de un puerto central o de transbordo, ya que sólo una grúa-pórtico puede trabajar en el buque de enlace. Por regla general, se pueden manipular 15 unidades por hora cuando se trata de un buque de enlace de 100 TEU de capacidad. En el cuadro 2 se indican las características principales de varios buques de esta clase.

J. — Tipos de equipo para la manipulación de contenedores

141. El gran tamaño de los contenedores ISO obliga a utilizar grandes artefactos para su manipulación. Se elegirá el método de manipulación según el tipo de tráfico de que se trate (por ejemplo, del buque a tierra, de un tren a un camión o de un camión al suelo), el

CUADRO 2

Tipos corrientes de buques portacontenedores de enlace

Tipo	*TPM*	*Capacidad en contenedores (TEU)*	*Eslora (metros)*	*Manga (metros)*	*Calado (metros)*	*Características especiales*
Transbordo por rodadura	4 580	176	130	17	6.25	Tipo catamarán
Transbordo por elevación	1 260	106	77	13	3.70	Sin aparejo a bordo
Transbordo por rodadura ..... Transbordo por elevación	6 500	330	115	19	7.40	Equipado con una rampa inclinada en popa y una grúa-pórtico de 38 toneladas
Transbordo por rodadura .... Transbordo por elevación	2 030	111	87	14	4.70	Equipado con una rampa en popa y una grúa-pórtico de 30 toneladas

número de contenedores que se manipulen por hora y la distancia de traslación, que dependerá del tamaño y forma del emplazamiento y del número de contenedores que se hayan de almacenar.

142. Las grúas-pórtico están especialmente indicadas para el tráfico de contenedores. Pueden levantar cargas considerables en voladizo, con dispositivos montados en ménsulas giratorias, que permiten depositar los contenedores directamente en una pila o en un vehículo (gráfico 28). Son máquinas costosas, ya que una grúa de 35 toneladas para cargar y descargar los buques cuesta unos dos millones de dólares, sin contar las vías. El planificador debe trazar las rutas de circulación de tal modo que no existan obstrucciones que obstaculicen el movimiento de las grúas.

143. Una grúa-pórtico móvil es básicamente una grúa-pórtico montada sobre neumáticos, que combina la movilidad de las carretillas-pórtico, aunque es más lenta, con el gran alcance y altura de una grúa-pórtico. Una ventaja de las grúas-pórtico móviles es que pueden moverse rápidamente para realizar otra tarea en un lugar diferente de la terminal.

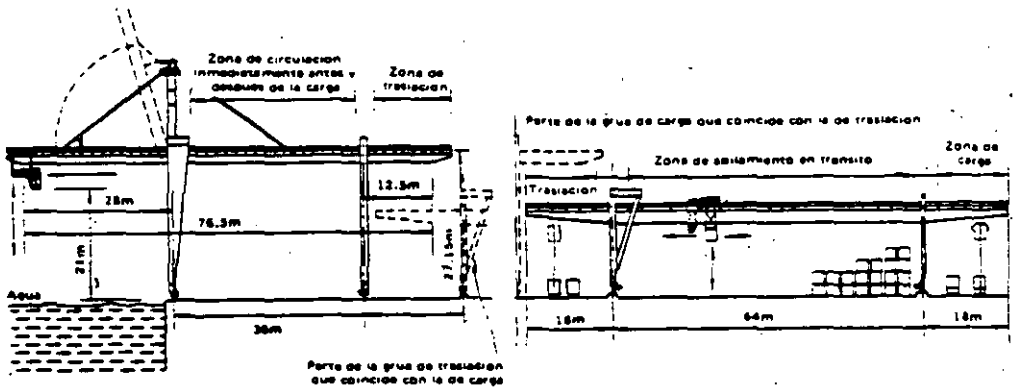
144. Las carretillas-pórtico son eficaces para las operaciones de apilamiento lineal hasta una altura de tres contenedores. Aunque estas carretillas son rápidas y maniobrables, son caras y su explotación es onerosa, siendo el precio corriente de una carretilla capaz de apilar contenedores en tres capas de 250.000 dólares. Entre las razones por las que los costos de explotación son elevados se encuentran los costos de mantenimiento y el tiempo en que estas máquinas están inactivas. Actualmente se están introduciendo modificaciones en este tipo de equipo para hacerlo más seguro.

145. Las carretillas elevadoras pueden utilizarse para la manipulación de contenedores, pero no todos los contenedores tienen orificios para introducir la horquilla. Por lo tanto, es frecuente equipar las carretillas elevadoras con brazos extensores a nivel elevado. Utilizando este accesorio para todas las manipulaciones de contenedores que realice la carretilla elevadora se evita el riesgo de que la horquilla dañe los contenedores. Se pueden utilizar las carretillas elevadoras normales para manejar y apilar los contenedores vacíos, pero se necesita una carretilla especial de gran potencia para maniobrar las unidades cargadas. Para la manipulación de los contenedores vacíos es útil una carretilla elevadora con mástil rotatorio, ya que puede cargar como una carretilla normal, colocar el contenedor a 90 grados de la dirección del movimiento y moverse en los pasillos como una carretilla de carga lateral. Una carretilla elevadora de tres toneladas cuesta unos 25.000 dólares y una de diez toneladas unos 50.000 dólares.

146. Una carretilla de carga lateral para la manipulación de contenedores puede levantar un contenedor del suelo, de un camión o de una pila, moverlo horizontalmente y colocarlo sobre la plataforma ancha para mayor estabilidad. Puede moverse por pasillos que no sean más anchos que la propia carretilla. Hay carretillas de este tipo cuyo radio de giro es muy pequeño.

GRAFICO 28

Tipos corrientes de grúas-pórtico



A. — *Grúa-pórtico para la carga y descarga de contenedores*

B. — *Grúa-pórtico para apilar y clasificar los contenedores y pasarlos a la grúa de carga*

Capítulo IV

LA TERMINAL POLIVALENTE DE CARGA GENERAL

A. — Cuestiones económicas

147. En el capítulo I de la segunda parte, que contiene consideraciones sobre la planificación de terminales, se han analizado los sucesivos cambios experimentados en cuanto al tipo de tráfico que llega a los puertos, como consecuencia del crecimiento y de la economía de los transportes, señalándose la necesidad de una terminal polivalente en la que se manipule a la vez carga fraccionada y diversas unidades de carga durante la fase de transición (denominada fase 4 en el gráfico 1 de la segunda parte).

148. La función de la terminal polivalente es proporcionar instalaciones de manipulación eficientes para el período —que puede prolongarse muchos años— durante el cual harán escala en el puerto buques de carga general con cargas diversas transportadas por métodos modernos, tales como contenedores, plataformas, cargas preeslingadas, productos siderúrgicos de gran tamaño y madera empacada en grandes unidades, así como automóviles y maquinaria pesada, además, naturalmente, de la carga fraccionada básica, en forma cada vez más paletizada. Esos métodos modernos de transporte de la carga se introdujeron con objeto de reducir tanto el costo de manipulación de la carga en los puertos de los países desarrollados como el costo del transporte marítimo. Sin embargo, esos métodos pueden llegar, de hecho, a reducir la productividad de la manipulación de la carga y perturbar las operaciones en los puertos que no estén equipados para manipularlas eficientemente.

149. Para poder manipular todas esas cargas eficientemente, la terminal necesita disponer de un equipo mecánico más variado que el que se requiere para una terminal de carga fraccionada de tipo tradicional y diferente del que normalmente se utiliza en una terminal de contenedores especializada. La terminal necesita una disposición diferente y una gestión moderna. Estos requisitos se resumen más adelante, y se consignan con más detalle en los informes de la UNCTAD sobre innovaciones técnicas en la esfera del transporte marítimo y sus efectos en los puertos, a los que ya se ha hecho referencia [7]. Aun cuando el costo inicial de la terminal es elevado, su flexibilidad permite un movimiento de mercancías considerable, y además puede ser utilizado plenamente poco después de entrar en servicio dado que se presta a cualquier tipo de tráfico que pueda llegar. Por consiguiente, el costo resultante por tonelada de carga manipulada y la inversión total pueden ser considerablemente inferiores a los que harían falta si se siguieran construyendo nuevos puestos de atraque de tipo tradicional.

[7] Documentos TD/B/C.4/129 y Supp.1 a 5.

150. Así por ejemplo, una terminal polivalente de dos puestos de atraque, con dos turnos al día y 200 días de trabajo al año, debería realizar un movimiento de unas 650.000 toneladas al año, suponiendo que la productividad sea de 800 toneladas por buque y turno, para una combinación de cargas típica, siendo diferente la productividad para cada tipo de carga, según se indica a continuación:

	Toneladas por turno
Carga general de tipo corriente	400
Productos forestales embalados	900
Productos siderúrgicos en haces	1 100
Carga paletizada	500
Unidades ro/ro	1 500
Contenedores	1 500
Cargas preeslingadas	500

151. La secretaría de la UNCTAD ha llegado a la conclusión de que esa terminal costaría unos 16 millones de dólares y tendría un costo de manipulación de 12 dólares por tonelada (incluido el costo de permanencia del buque en el puerto) [8]. Si el mismo tipo de carga fuese manipulado en puestos de atraque tradicionales, el movimiento no pasaría probablemente de unas 175.000 toneladas anuales, de modo que harían falta cuatro puestos de atraque de tipo convencional con un costo aproximado de 20 millones de dólares y un costo efectivo de manipulación de unos 20 dólares por tonelada. Las cifras consignadas para una terminal polivalente, que suponen economías muy apreciables, se basan en costos y tipos de interés típicos en los países en desarrollo.

152. En vista de la ventaja suplementaria que a largo plazo representa la mayor facilidad con que una terminal polivalente puede transformarse más tarde en una terminal especializada para unidades de carga, hay poderosos argumentos para que en los puertos de países en desarrollo se prevea la expansión del tráfico de carga general en función principalmente de instalaciones polivalentes.

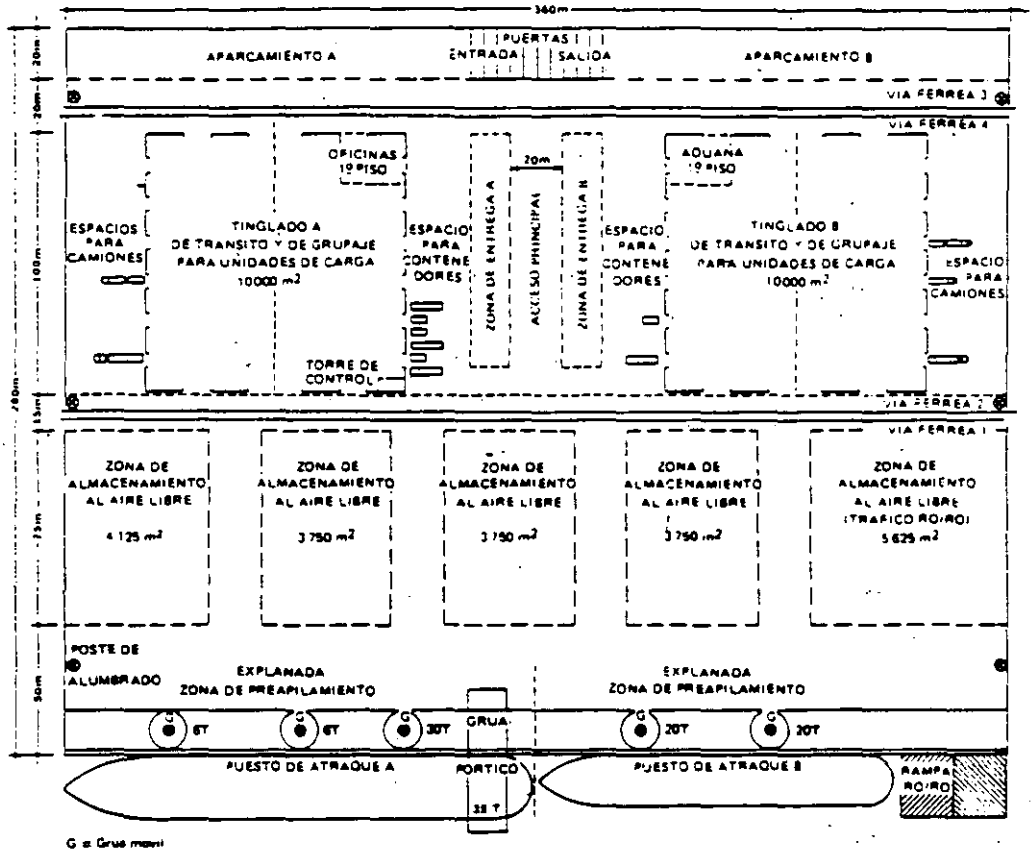
B. — Disposición

153. El gráfico 29 representa la disposición propuesta para una terminal con dos puestos de atraque. Pueden observarse las siguientes características: la colocación de los tinglados de tránsito y grupaje para unidades de carga en la parte posterior del muelle, de forma que los camiones puedan ser cargados y descargados junto a los tinglados sin obstaculizar las operaciones de traslación; las extensas zonas de almacenamiento al aire libre situadas más cerca del muelle para unidades de carga de cualquier tipo, incluidos los contenedores,

[8] Véase el documento TD/B/C.4/129/Supp.1, párrs. 201 y 202.

GRAFICO 29

Disposición propuesta para una terminal polivalente de carga general con dos puestos de atraque



o para el almacenamiento de carga general al aire libre; las amplias explanadas operacionales del muelle; las zonas destinadas al transporte por carretera y ferrocarril que atraviesan la terminal y, finalmente, una rampa ro/ro.

154. Dado que esa terminal corresponde a una etapa de transición, quizá convendría proceder en dos fases en función del tráfico previsto. El gráfico 30 muestra la disposición correspondiente a una primera fase con un solo puesto de atraque, en la que ese puesto de atraque único puede atender al tráfico y en el que la combinación de cargas exige una mayor proporción de almacenamiento al aire libre que en tinglados. El gráfico 31 presenta una disposición más adecuada para cuando hay mayor proporción de carga que ha de almacenarse en tinglados, está justificado que haya dos puestos de atraque y se han asignado claramente y recubierto, en parte, de un firme los terrenos para el desarrollo de la segunda fase. En esta versión, el tinglado de tránsito y de grupaje debe poder desmontarse y utilizarse de nuevo, con adición de nuevos materiales, para construir más hacia atrás dos tinglados durante la segunda fase.

C. — Equipo

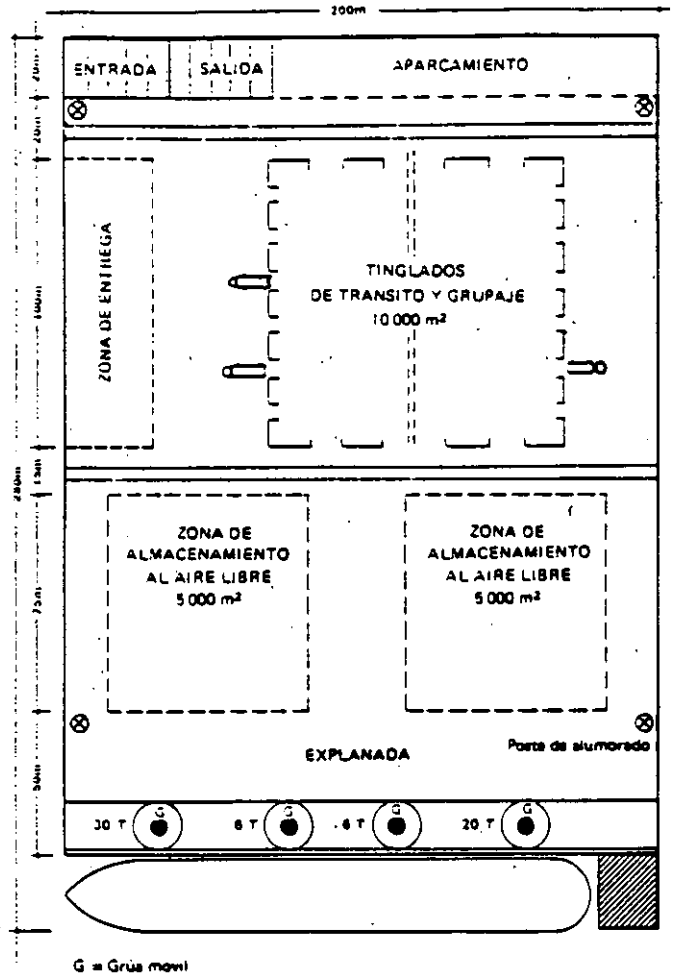
155. El principal método de manipulación de la carga del buque consiste en utilizar el aparejo de a bordo o una grúa-torre móvil. Normalmente sólo existe en principio una grúa-pórtico, en vez de varias grúas montadas sobre carriles. Sin embargo, s: : los mismos carriles de la grúa-pórtico puede haber una grúa-torre móvil de 30 toneladas. Para prácticamente todas las clases de carga el método normal de traslación es la combinación de tractor y remolque, utilizando remolques de un tamaño generalmente apropiado para las operaciones de contenedores, pero sin piezas de sujeción en las esquinas, de perfil bajo, y equipados con mecanismo para el fácil acoplamiento y desacoplamiento. El costo del equipo enumerado en el cuadro 3 es considerable, pero es fácil de justificar. Ese costo está incluido en el costo total de la terminal indicado anteriormente (párr. 151). La lista dada contiene el equipo inicial de las terminales tomadas como ejemplo. Es posible que las dificultades halladas en la explotación de terminales de carga unitarizada tengan por causa principal el no haberse reconocido plenamente la necesidad de equipo de traslación, de modo que no debe reducirse la cantidad que se sugiere de ese equipo. A medida que un determinado tráfico va cobrando importancia, la terminal puede ir asumiendo funciones más especializadas, lo que podría justificar un aumento del equipo (grúas-pórtico y carretillas-pórtico suplementarias para la manipulación de contenedores).

D. — Administración

156. Para sacar todo el partido de la terminal polivalente es preciso enfocar con un criterio moderno la

GRÁFICO 30

Primera fase de la terminal polivalente, variante 1



CUADRO 3

Equipo de manipulación que se necesita en las terminales polivalentes de carga general

	Un solo puesto de atraque, primera fase, variante 1 (almacenamiento predominantemente al aire libre)	*Dos puestos de atraque, primera fase, variante 2 (almacenamiento predominantemente en tinglados)*	*Dos puestos de atraque, segunda fase*
Grúas-pórtico de 35 toneladas	—	—	1
Grúas pesadas de 30 toneladas	1	1	1
Grúas-torre móviles de 20 toneladas (para trabajo en el buque)	1	2	2
Grúas-torre móviles de 6 toneladas (para trabajo en el buque)	2	2	2
Grúas móviles de 20 toneladas (para trabajo en explanada)	1	—	1
Grúas móviles de 5 toneladas (para trabajo en explanada)	1	2	2
Carretillas-pórtico	2	—	3
Carretillas elevadoras de 3 toneladas	8	15	15
Carretillas elevadoras de 10 toneladas	2	3	5
Tractores *(tugmasters)*	3	6	6
Remolques/chasis	9	18	18
Rampas ro/ro	1	1	1

administración del puerto. En la fase de planificación debe considerarse de manera especial la nueva condición del trabajador portuario, y la necesidad de una planificación integrada de la explotación. La condición del trabajador portuario constituye uno de los aspectos más delicados en la evolución de los puertos. Una pronta actuación de la administración puede contribuir a allanar el camino para ir adoptando gradualmente mejores políticas de gestión de la mano de obra. Entre las actividades de la administración en este sentido deben figurar las siguientes:

a) Formación de personal especializado (conductores de equipo mecánico, ingenieros mecánicos y civiles, inspectores de tráfico);

b) Planificación anticipada de las necesidades de trabajadores manuales y empleados de oficina, con una revisión periódica de las cifras necesarias;

c) Mejora gradual del estatuto de los trabajadores portuarios gracias a la transformación de la fuerza de trabajo eventual en permanente, al menos para una proporción importante de la fuerza de trabajo;

d) Establecimiento de un sistema de retribución en función del tiempo trabajado, con disposiciones adecuadas en materia de seguridad social.

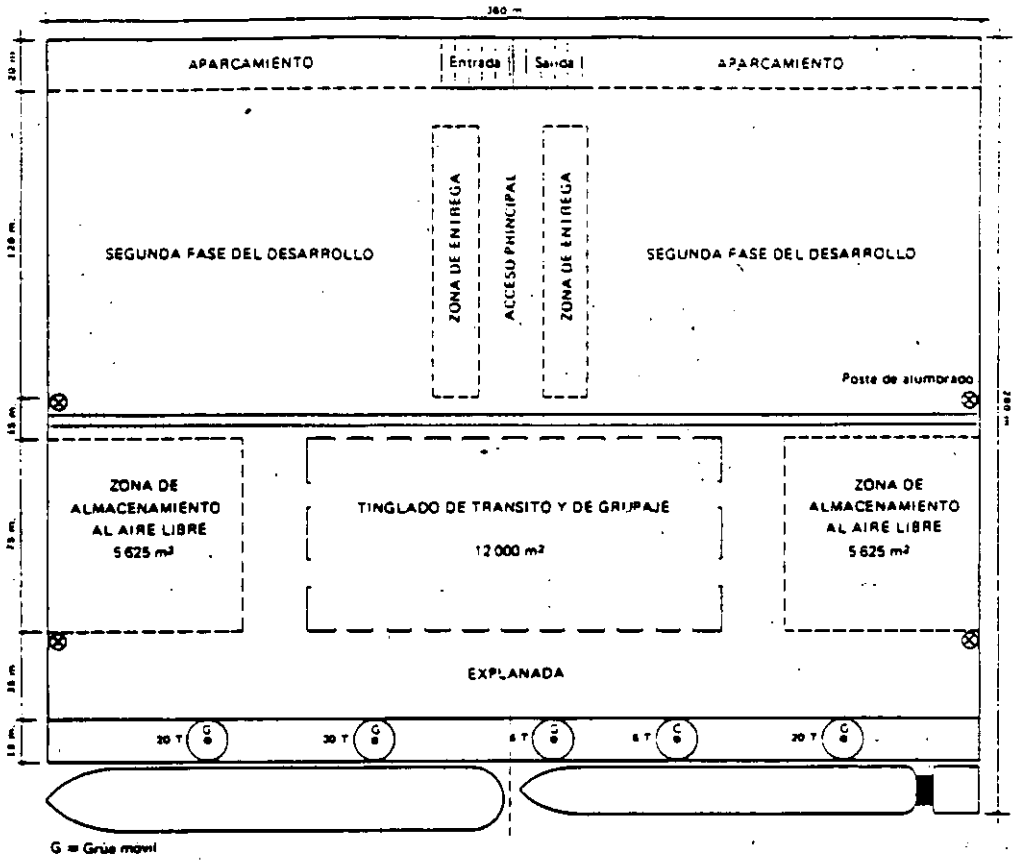
157. La administración del puerto debe hacer participar plenamente a los sindicatos en estas reformas y estar dispuesta a admitir propuestas tanto de los trabajadores manuales como de los empleados de oficina. Los cambios se efectuarán siempre con menos contratiempos si se han celebrado amplias consultas previas.

158. Otra esfera de actuación preliminar se refiere a la organización del funcionamiento de la terminal. Frecuentemente se ha dado el caso de considerarse separadamente las actividades que se realizan en el buque, el muelle y el tinglado. El resultado ha sido una considerable pérdida de capacidad operacional, incluso en el caso de la manipulación de carga general fraccionada. Esa separación es completamente inaceptable en una terminal especializada, ya que la responsabilidad unificada respecto de la operación global y la unidad de control de la terminal especializada constituyen un requisito de creciente importancia para su eficiencia. Por otra parte, es conveniente que la terminal especializada sea operacionalmente independiente de los muelles de carga fraccionada de tipo tradicional.

159. Los métodos de administración deberían concentrarse en el control y la vigilancia continua de todo el tráfico atendido, tal como se hace en las operaciones especializadas de contenedores. Esto requerirá que, en la fase de planificación, se prevean los siguientes aspectos:

GRAFICO 31

Primera fase de la terminal polivalente, variante 2



a) Formación de personal directivo;

b) Una organización administrativa de apoyo con planificación de las corrientes de información;

c) Planificación del mantenimiento preventivo del equipo mediante unas buenas instalaciones de reparación;

d) Reunión y empleo por la administración de indicadores estadísticos de rendimiento, tal como se sugiere en la publicación de la UNCTAD sobre esta materia [9];

e) Estrecha colaboración con los agentes de transporte marítimo, los agentes de expedición y las empresas de ferrocarriles, que deberían tener representantes en la terminal.

[9] *Indicadores de rendimiento de los puertos* (publicación de las Naciones Unidas, N.º de venta: S.76.II.D.7).

Capítulo V

CONDICIONES QUE DEBE REUNIR UNA TERMINAL PARA EL TRÁFICO DE TRANSBORDO POR RODADURA

A. — El papel de los servicios ro/ro

160. La extensión de los servicios ro/ro a las rutas transoceánicas constituye una evolución que tendrá cada vez más importancia para los países en desarrollo debido a la gran flexibilidad de la operación. En la actualidad hay más de 500 puertos en 40 países que tienen servicios ro/ro regulares. La flota mundial actual (1975/1976) de cargueros ro/ro consta de 404 unidades, con un total de 1.702.898 TRB, y hay otros 93 buques encargados (651.126 TRB), lo que representa un aumento del 38.2% (suponiendo que no haya desguaces ni sustituciones de buques). Antes de 1967, sólo se construyeron 4 buques de más de 4.000 TRB. Después de ese año, han sido entregados 80 buques, de ese tipo, de los que 39 pasan de 10.000 TRB. A largo plazo, cabe esperar que se mantenga esa tendencia a aumentar el tonelaje, a medida que las operaciones ro/ro se extendan a rutas más largas y a las de mayor movimiento de mercancías, en las que se usarán buques mayores para el transporte de cargamentos mayores en cada travesía.

161. Según la enumeración hecha en el capítulo III de la primera parte, relativo a las previsiones de tráfico, entre los diversos tipos de carga que pueden transportar los buques ro/ro —en varias combinaciones— figuran los vehículos, los remolques o semirremolques de carretera cargados y los contenedores sobre chasis, así como cualquier tipo de carga general sobre paletas o plataformas que puedan ser cargadas y descargadas del buque por medio de carretillas elevadoras. Los buques ro/ro también se utilizan frecuentemente para el transporte de pasajeros. Además, la mayoría de los buques ro/ro cuentan con el equipo necesario para efectuar una cierta proporción de operaciones de izada de contenedores y bultos pesados y también, en algunos casos, para la manipulación de carga a granel. La prioridad de atraque que frecuentemente recibe ese tipo de servicio permite evitar los retrasos del buque debidos a la congestión en los puertos. Además, si los muelles son lo suficientemente resistentes, se pueden manipular las cargas de grandes dimensiones, mucho peso o difícil manejo sin necesidad de emplear grúas especiales de gran potencia y, en ciertos casos, en puestos de atraque de menor longitud.

162. Hay en funcionamiento buques de diversos tipos y tamaños. El diseño de los buques varía en lo que respecta a la rampa, que puede estar instalada a popa, a proa o en un costado. El buque, por su parte, puede atracar de costado o perpendicularmente al muelle, con acceso por la proa o la popa. El cargamento se transporta en varias cubiertas, y muchas veces esas cubiertas se comunican entre sí por medio de rampas o ascensores. En algunos casos, es posible el acceso directo a tierra desde cada una de las cubiertas.

163. En lo que respecta a los buques de línea regular transoceánicos, se pueden distinguir en general tres tipos principales:

a) Tipo 1: Buques ro/ro con varias cubiertas y/o bodegas, con portalones laterales que requieren una rampa instalada en el muelle;

b) Tipo 2: Buques ro/ro dotados de una rampa sesgada en popa;

c) Tipo 3: Buques mixtos de transbordo por rodadura y por elevación que requieren una rampa instalada en el muelle.

164. Para los países en desarrollo resultan particularmente interesantes los buques del segundo tipo, dotados de una rampa sesgada instalada en popa y con varias cubiertas comunicadas entre sí por medio de rampas. Con esos buques se puede prescindir de las rampas complicadas y relativamente costosas, instaladas en el puerto, y también se pueden manipular cargamentos muy variados. Además, esos buques emplean frecuentemente su propio parque de carretillas-pórtico, carretillas elevadoras y otros medios mecánicos de manipulación. Esto hace que se reduzca considerablemente el costo de las inversiones en el puerto.

165. Un examen del desarrollo de los servicios de buques portacontenedores celulares y de buques ro/ro muestra que, debido a las condiciones locales y a las diferentes maneras de enfocar la cuestión, esos dos modos de transporte están compitiendo entre sí en algunas rutas. Sin embargo, si se considera el auténtico aspecto económico de la situación se verá probablemente que los dos servicios tienen cabida en las principales rutas en las que actualmente están en competencia. Las características económicas de los servicios de contenedores son tales que normalmente absorberán todos los cargamentos importantes que puedan ser contenedorizados, dejando la carga general no contenedorizable para ser transportada por los métodos convencionales. Al crecer el tráfico llega un momento en que esa carga residual, o bien los costos de manipulación de la carga y del tiempo de espera del buque, adquieren suficiente importancia para que esas mercancías se dividan en cargas «selectas», es decir, las de más valor que necesitan una manipulación rápida, y las restantes. En tal caso, la carga «selecta» se suele transportar en buques ro/ro.

166. Los factores más importantes son, frecuentemente, la flexibilidad y la reducción de las inversiones en el puerto, especialmente cuando los volúmenes de

tráfico son más pequeños, como ocurre en muchos puertos de países en desarrollo. En esos casos, no hay competencia entre los servicios de buques portacontenedores celulares y los de buques ro/ro, de modo que estos últimos estarán equipados para hacerse cargo de cualquier tráfico de contenedores que se presente.

167. También es interesante observar que las empresas navieras eligen los buques ro/ro para transportar un determinado producto y no para las combinaciones más diversificadas de cargas que transportan los buques tradicionales de línea regular. Así por ejemplo, en el viaje de ida pueden transportarse automóviles y en el de vuelta productos forestales, o bien puede recurrirse a buques ro/ro para el transporte de productos siderúrgicos entre puertos de un mismo país. En tales casos, la flexibilidad de la carga es un factor menos decisivo que la productividad de la manipulación de las mercancías y la facilidad con que pueden cambiarse los puertos de escala.

B. — Previsión de la demanda de servicios ro/ro

168. Para cualquier pronóstico del grado en que los servicios ro/ro se impondrán en un determinado tráfico, deberán tenerse presentes las siguientes dos características principales de ese tipo de servicio, frente a las del servicio de contenedores:

a) La posibilidad que tiene un servicio ro/ro de lograr un ritmo elevado de manipulación de la carga en un puerto muy desarrollado, a un extremo de la ruta, y un ritmo satisfactorio en un puerto corriente al otro extremo;

b) La posibilidad que tiene un servicio ro/ro de cambiar fácilmente de puertos de escala en zonas en que la estructura del comercio se esté modificando, gracias a sus mínimas necesidades de equipo portuario especial.

169. Al mismo tiempo, cuando la capacidad de una ruta se va elevando hasta el punto de adoptarse un servicio de buques portacontenedores celulares, en general el servicio ro/ro se irá suprimiendo gradualmente, dado que la capacidad de transporte del buque portacontenedores especializado se puede aprovechar más plenamente que la del buque ro/ro. Cabe decir, en general, que la carga transportada en buques ro/ro es la de valor más elevado entre los cargamentos diversos que no pueden ser contenedorizados.

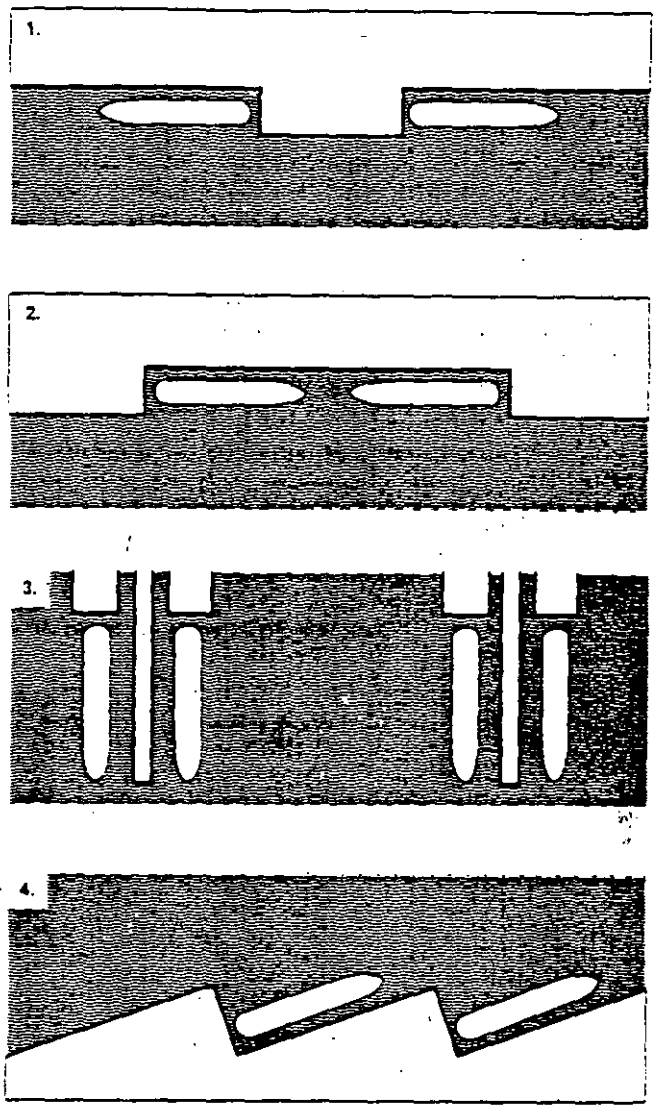
C. — Necesidades de puestos de atraque

170. Así pues, aparte de la necesidad de buenos accesos y de zonas de almacenamiento adecuadas, las operaciones ro/ro requieren pocas instalaciones especializadas en los puertos y pueden ser perfectamente rentables en los puertos más pequeños. Sin embargo, esa misma flexibilidad hace que sea difícil pronosticar qué clase de buques ro/ro utilizarán un determinado puerto, y qué combinaciones de cargas transportarán.

171. Como un puesto de atraque para buques ro/ro puede habilitarse y equiparse más rápidamente que para la mayoría de los demás sistemas, y como en muchos casos se conocerá el diseño del buque, las instalaciones en tierra deberán proyectarse de forma

GRÁFICO 32

Diversas disposiciones de un muelle de transbordo por rodadura



que respondan a las necesidades del buque. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un puesto de atraque durará más que la mayoría de los buques y que éstos pueden pasar a servir otras rutas si así lo aconseja la estructura del tráfico. Por consiguiente, la planificación del puesto de atraque deberá ser lo más flexible posible, aun cuando al principio sólo se espere un solo tipo de buques.

172. El gráfico 32 representa cuatro disposiciones posibles. La variante 1 ofrece una gran flexibilidad para el futuro, ya que puede adaptarse fácilmente para atender a buques de otros tipos, pero se pierde una parte de la longitud del muelle, generalmente unos 60 metros. La longitud total de muelle necesaria es importante y representa una inversión considerable.

173. La variante 2 sólo es factible a condición de que la eslora de los buques que hagan escala en el puerto no varíe durante la vida útil de la instalación (de 30 a 40 años). En general, esta condición no se puede garantizar y, dada la tendencia a utilizar buques de mayor tamaño, pocos puertos estarán dispuestos a correr el riesgo de construir un muelle que podría resultar inadecuado al cabo de cinco o diez años. Esta

variante tiene, sin embargo, la ventaja de que separa las corrientes de tráfico en el muelle.

174. La variante 3 no suele ser apropiada, aun siendo la menos cara, porque sólo pueden utilizarla los buques ro/ro dotados de aparejos de manipulación de carga en popa o proa. Este requisito elimina a gran número de buques y excluye toda operación de transbordo por elevación.

175. La variante 4 tiene diversas ventajas, dado que combina la flexibilidad requerida para prestar servicio a buques de diferentes tipos con la posibilidad de recibir buques de eslora cada vez mayor. Esta disposición escalonada de dos puestos de atraque constituye una evolución natural del puesto de atraque único en esquina para buques ro/ro, que es la disposición preferida cuando en ningún momento hay que atender a más de un buque de ese tipo. La disposición típica del puesto de atraque único en esquina se muestra en el gráfico 33.

176. El puesto de atraque para buques ro/ro ha de estar en una parte del puerto que tenga aguas tranquilas. Aunque puede admitirse algún tiempo de inactividad en cualquier muelle de un puerto, cuando se utiliza el transbordo por rodadura la economía global del transporte depende más que con cualquier otro método de la rápida rotación de los buques, y puede verse más afectada por el oleaje y las mareas que cuando se utiliza el transbordo por elevación.

177. En los sitios en que no hay mareas, las instalaciones ro/ro pueden prescindir de las rampas ajustables y su construcción es sumamente barata. La forma más sencilla de puesto de atraque ro/ro comprende una superficie sobre la que se apoya la rampa de popa o de proa del buque durante las operaciones de carga o descarga. En el gráfico 34 se muestra el diseño típico de una rampa giratoria, que ofrece al buque mayor flexibilidad en la elección del puesto de atraque. Cuando la amplitud de la marea es grande, la rampa-puente ajustable necesaria y sus soportes incrementan considerablemente el costo de la instalación básica. Para una amplitud de marea de cinco metros, se requiere una rampa-puente de 25 a 50 metros de longitud [10]

[10] La longitud exacta de la rampa depende de la diferencia máxima de altura entre la salida del buque y la superficie del muelle.

GRAFICO 33

Disposición preferible de un puesto de atraque único en esquina para buques ro/ro

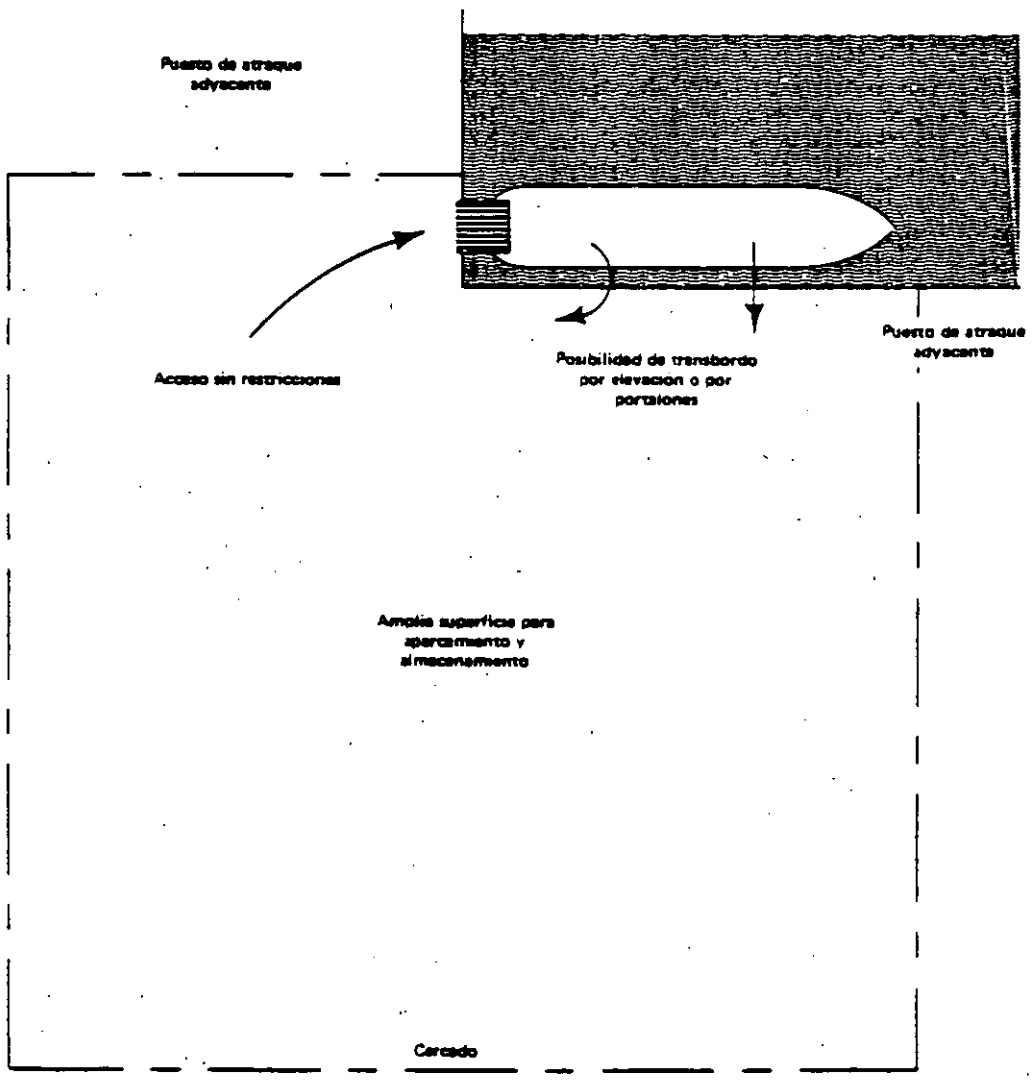
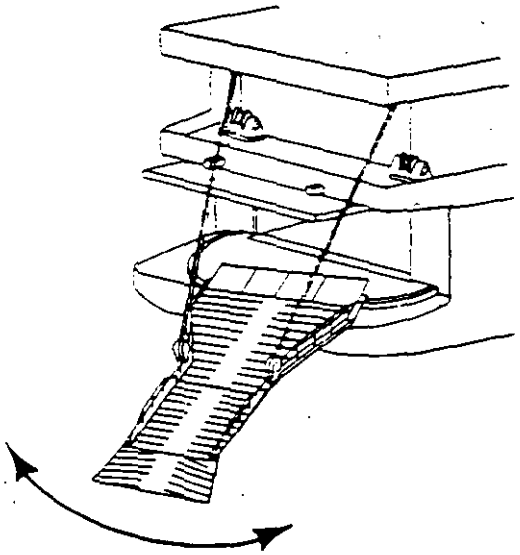


GRAFICO 34

Ejemplo de rampa giratoria para transbordo por rodadura



capaz de soportar los camiones y remolques más pesados. Con tales condiciones, debería examinarse la posibilidad económica y práctica de una dársena cerrada, cuestión que se analiza en el capítulo VI de la primera parte, que trata de los aspectos de ingeniería civil.

178. En los sistemas más perfeccionados, la rampa-puente ajustable forma una calzada suspendida, articulada en el extremo de tierra y apoyada cerca del otro extremo, que une el accceso de tierra con el buque. El extremo exterior puede estar provisto de una conexión telescópica o articulada. Por consiguiente, la relación entre el diseño del buque y el del puesto de atraque es mucho más estrecha que cuando se emplean instalaciones de otro tipo.

179. Para la rampa-puente se han propuesto varios modelos básicos que se diferencian esencialmente en el método adoptado para ajustar el extremo de la rampa-puente que termina en el buque de acuerdo con las variaciones de nivel debidas a las operaciones de carga y descarga y a las mareas. Se consideran normalmente dos variantes. La primera consiste en un pontón o rampa-puente flotante que sube y baja automáticamente siguiendo las variaciones de la marea. El gráfico 35 muestra una rampa-puente de ese tipo. En la segunda variante, el extremo de la rampa-puente que termina en el buque se conecta a una estructura de pórtico fija, por cables o por medios hidráulicos, que permite efectuar los ajustes necesarios.

180. Una importante característica de la rampa-puente flotante es la posibilidad de trasladarla a cualquier parte del muro del muelle, lo que en muchos casos es conveniente para aumentar la flexibilidad de las operaciones de atraque. Generalmente es posible remolcar los pontones con bastante rapidez a otros emplazamientos.

GRAFICO 35

Ejemplo de rampa-puente ajustable para transbordo por rodadur

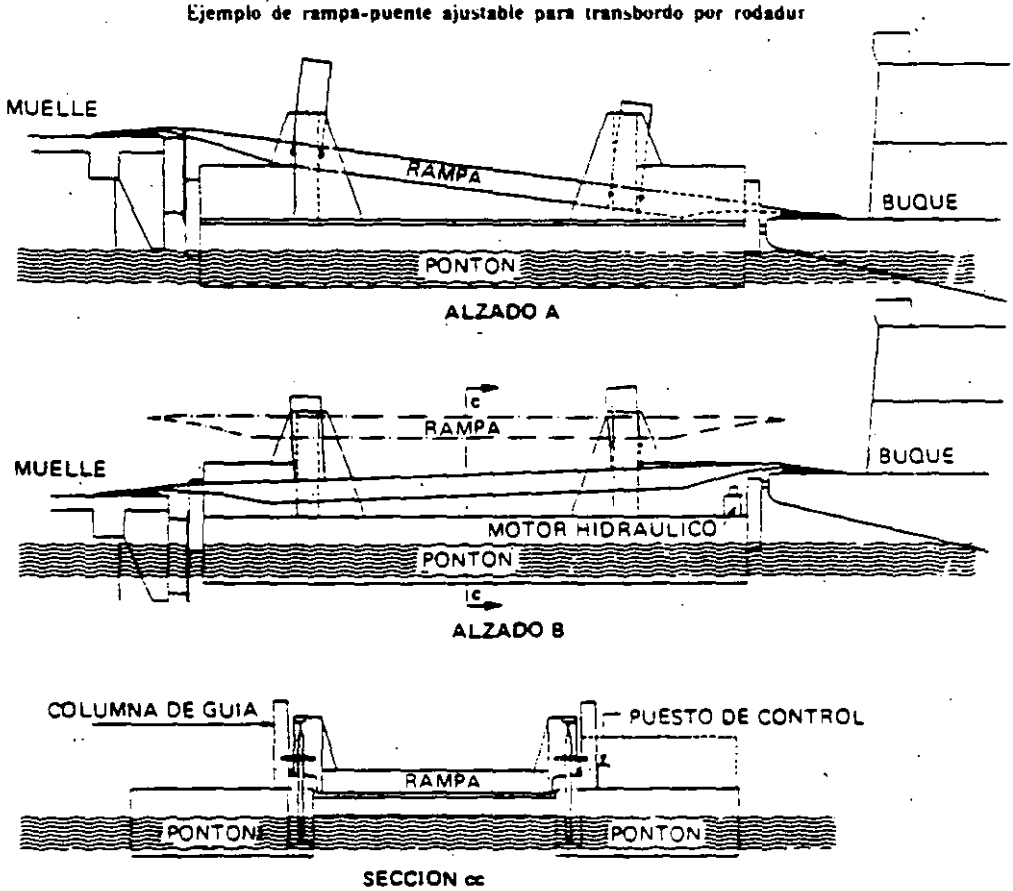
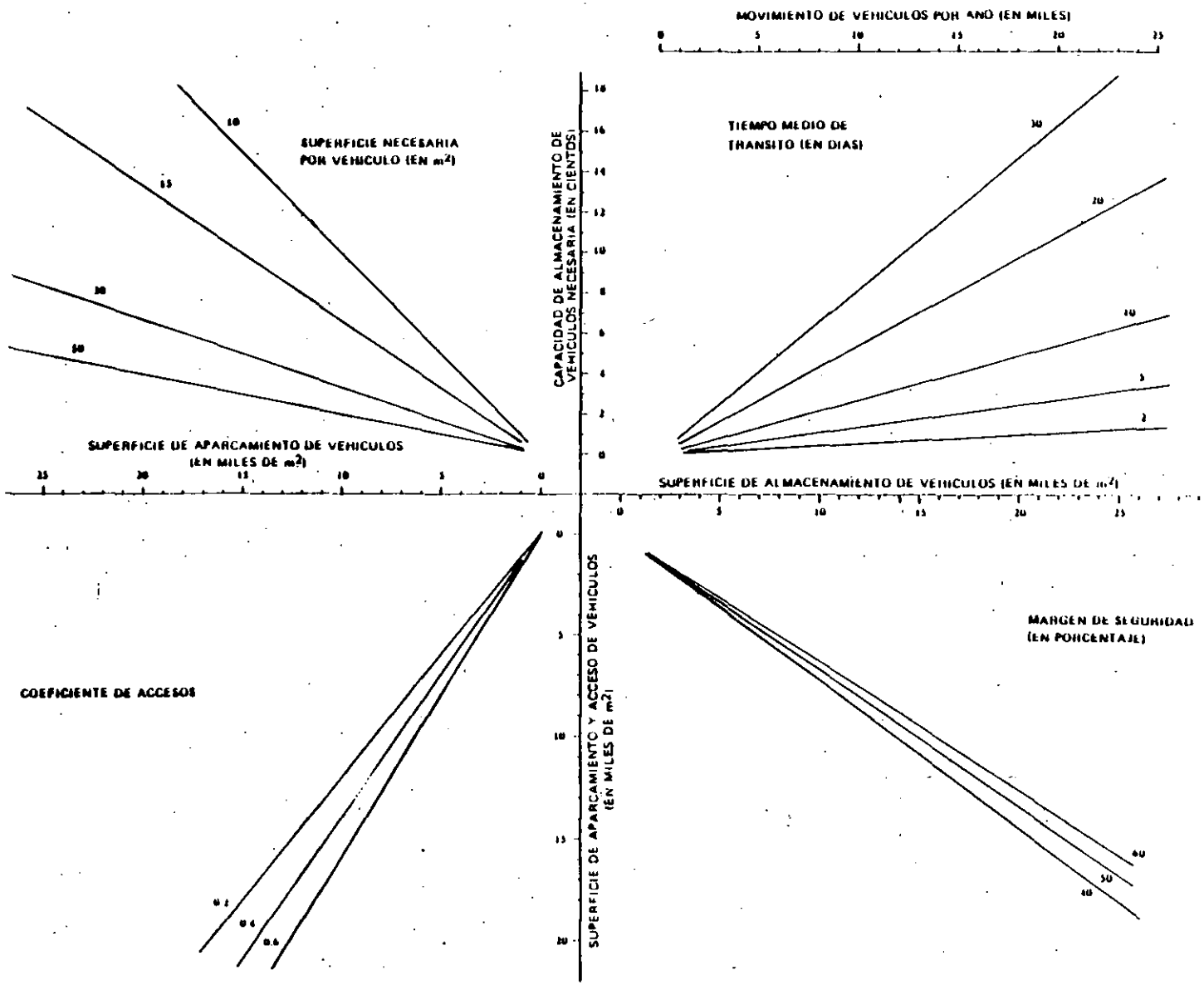


GRAFICO 36

Diagrama de planificación para terminales ro/ro: zona de almacenamiento de vehículos



D. — Necesidades de superficie de almacenamiento en la terminal

181. Una característica de la terminal ro/ro es la necesidad de superficies de almacenamiento que estén debidamente cercadas, protegidas y revestidas y con un acceso amplio y bien pavimentado. La zona de almacenamiento en tránsito que necesita una terminal ro/ro puede ser aún mayor que la necesaria para una terminal de contenedores, que es normalmente de diez hectáreas por puesto de atraque. Para determinar las necesidades de superficie de almacenamiento, las previsiones de carga ro/ro deben agruparse en las cuatro clases siguientes [11]:

a) Contenedores;

b) Carga transportada por métodos intermedios;

c) Carga general;

d) Carga sobre ruedas.

182. La previsión del tráfico de contenedores se hace en unidades TEU, por lo que puede utilizarse el diagrama de planificación I de la terminal de contenedores (véase el gráfico 23 de la segunda parte). La superficie necesaria por unidad TEU, unida a otros factores como el tiempo de tránsito, permitirá al planificador calcular la superficie necesaria correspondiente a una terminal ro/ro.

183. La superficie de almacenamiento necesaria para las categorías segunda y tercera de carga ro/ro puede determinarse por medio del diagrama de planificación III de la terminal de carga general fraccionada (véase el gráfico 10 de la segunda parte). Para cada categoría deberán emplearse los valores apropiados del coeficiente de estiba, la altura de apilamiento y el tiempo de tránsito.

[11] Véase la sección F del capítulo III de la primera parte, que trata de la previsión de la carga transportada en buques ro/ro.

184. La superficie necesaria para la carga ro/ro sobre ruedas puede determinarse por medio del diagrama de planificación para terminales ro/ro —zona de almacenamiento de vehículos— del gráfico 36. He aquí algunos valores típicos de la superficie necesaria para diversos vehículos de transporte por carretera:

	Metros cuadrados
Camión articulado de 15 metros	46.5
Camión rígido de 16 toneladas	26.5
Automóvil:	
Grande	11.0
Pequeño	7.0

Debe asignarse una superficie suficientemente grande a esta categoría de cargas para dar cabida al mayor cargamento de vehículos que se prevea. Así, por ejemplo, una partida de 500 automóviles pequeños requeriría una superficie mínima de unos 4.500 metros cuadrados, incluido un margen del 25% para los accesos.

E. — Las carretillas elevadoras en las operaciones de transbordo por rodadura

185. La carretilla elevadora eléctrica es preferible al vehículo con motor diésel cuando se trata de realizar trabajos en la bodega del buque con acceso por los portalones. Las administraciones portuarias deben negarse en lo posible a facilitar carretillas elevadoras para trabajar en las bodegas, pues, en principio, esas carretillas debería llevarlas el buque. El arrufo y la vuelta de bao pueden reducir notablemente el rendimiento de las carretillas elevadoras. Las pendientes no deben pasar nunca de 1/10. Por ejemplo, si hay que subir pendientes para llegar a la bodega del buque y al tinglado o zona de apilamiento, puede que haya que recargar tres veces durante un mismo turno los acumuladores de las carretillas elevadoras, por lo que en este caso estarían más indicadas las carretillas elevadoras con motor diésel.

Capítulo VI

CONDICIONES QUE DEBE REUNIR UNA TERMINAL PARA BUQUES PORTAGABARRAS

A. — Sistemas de buques portagabarras

186. Las repercusiones de los buques portagabarras en las operaciones portuarias en los países en desarrollo se examina con mayor detalle en los ya mencionados informes de la UNCTAD sobre las innovaciones técnicas en la esfera del transporte marítimo y sus efectos en los puertos [12]. Hay en servicio dos tipos principales de portagabarras, el LASH y el SEABEE; todas las compañías, excepto una, han elegido el sistema LASH. En los cuadros 4 y 5 se dan las principales dimensiones de los buques LASH así como de las gabarras que transportan.

187. El sistema de buques portagabarras sirve en la actualidad a un número considerable de países en desarrollo del Mediterráneo, el Lejano Oriente, el Mar Rojo, el Golfo Pérsico, el subcontinente indio y América Latina, y está en estudio la creación de otros servicios. Dado el predominio de la carga fraccionada en esas rutas, el considerable tiempo que tienen que esperar los buques periódicamente y el número de puertos de escala, parece lógica la elección del sistema de buques portagabarras en esas rutas. Aun así, debe señalarse que no parece que de momento haya proyectos firmes para ampliar la flota LASH que figura en el cuadro 4; antes al contrario, la Pacific Far East Line parece que considera necesario transformar todos sus buques LASH-portacontenedores para utilizarlos exclusivamente en el transporte de contenedores. Sin embargo, hay también la tendencia a eliminar el espacio destinado a bordo para contenedores, como hace, por ejemplo, la Prudential Lines.

188. Como se ve en el cuadro 4, los buques portagabarras pueden estar equipados para transportar contenedores o ser buques portagabarras puros. Los primeros cuentan con bodegas celulares o con bastidores especiales para el transporte de contenedores en cubierta y llevan a bordo una grúa-pórtico para manipularlos.

189. Ultimamente se ha venido prestando especial atención al desarrollo de los buques de enlace. Se están probando dos sistemas: el BACAT (gabarra sobre catamarán) y el FLASH (buque de enlace LASH). Los buques BACAT I pueden transportar tres gabarras LASH más diez gabarras especiales más pequeñas, mientras que los buques BACAT II sólo pueden transportar gabarras LASH. Un buque FLASH no es más que un buque de poco calado, algo así como un dique seco flotante, capaz de transportar 8 ó 15 gabarras LASH a la vez entre puertos que no tienen profundidad suficiente para que entren grandes buques transoceánicos. Ese tipo de buque permanece parcialmente sumergido, como un dique seco, durante las operaciones de carga y descarga. Se trata en realidad de una gabarra arrastrada por remolcadores de altura a una velocidad de servicio de unos 8 nudos. El buque FLASH de 8 gabarras tiene una eslora de 81.7 metros, una manga de 24.4 metros y un calado de 3.45 metros. Ese sistema se experimentó en Birmania, donde se descargaban 42 gabarras de un buque portador en el fondeadero abrigado y profundo de Kyaupkyu, y luego se transportaban de ocho en ocho hasta Chittagong (Bangladesh), situada a 210 millas más al norte. Ese sistema se está utilizando ahora para el servicio de una serie de puertos en Asia sudoriental.

B. — Condiciones que requiere la maniobra de los buques

190. La idea inicial del sistema LASH era que las gabarras se cargaran y descargaran desde el buque portador mientras que éste permaneciera fondeado fuera del puerto, y que la carga transportada por las gabarras se cargara y descargara en cualquier muelle de poco calado, utilizando remolcadores para remolcar las barcas hasta el muelle. Así pues, las instalaciones portuarias necesarias serían mínimas.

191. En la práctica, se ha visto que era conveniente que la carga y descarga de las gabarras se hiciera en aguas más abrigadas, por lo que esas maniobras se realizan normalmente dentro de la zona portuaria, en fondeaderos frente a los muelles de contenedores o de carga fraccionada, o incluso en un espigón especial en forma de T. En cualquier caso, se necesita un canal profundo de acceso; además del calado operacional del buque, hay que dejar por lo menos un metro de margen para tener en cuenta los cambios de asiento que se producen durante la operación. Las superficies de agua que hacen falta para la maniobra de esos grandes buques también son considerables, como lo es asimismo el espacio necesario en torno al buque portador para que maniobren las gabarras.

192. Por otra parte, los buques LASH que transportan un complemento de contenedores celulares deben atracar en terminales con instalaciones para la manipulación de contenedores.

C. — Condiciones que requiere la manipulación de las gabarras

193. Para la manipulación de las gabarras dentro del puerto se necesitan «zonas de estacionamiento», que son grandes superficies de agua, bien separadas del

[12] TD/B/C.4/129 y Supp.1 a 5.

CUADRO 4

Principales dimensiones de los buques portagabarras

Empresa y buque	TPM	Eslora (metros)	Manga (metros)	Calado a plena carga (metros)	Número de gabarras transportadas	Capacidad de transporte de contenedores (sin gabarras) (TEU)	Espacio de la cubierta rodante (sin gabarras)
FLOTA LASH							
Central Gulf Lines							
Acadia Forest	48 306	261,4	32,6	12,1	73	—	—
Atlantic Forest							
Green Harbour	46 890	272,3	30,5	12,4	89	—	—
Green Valley							
Green Island							
Combi Line							
Bilderdyk	44 799	261,4	32,3	11,3	83	—	—
Munchen							
Delta Steamship Lines							
Delta Mar	41 048	272,3	30,6	11,6	89	1 740	—
Delta Norte							
Delta Sur							
Pacific Far East Line (serán todos transformados en portacontenedores)							
Australia Bear	30 298	249,9	30,5	10,7	74	1 200	—
New Zealand Bear							
Golden Bear							
Japan Bear							
Pacific Bear							
Thomas E. Cuffe							
Prudential Lines							
Lash Atlántico	30 293	249,9	30,5	10,7	74	1 200	—
Lash España							
Lash Italia							
Lash Pacífico							
Lash Turkiye							
Waterman Steamship Corp.							
Robert E. Lee	41 578	272,3	30,6	11,6	89	—	—
Sam Houston							
Stonewall Jackson							
FLOTA SEABEE							
Lykes Lines							
Almeria Lykes	39 026	267,0	32,4	11,9	38	1 800	13 570 m²
Doctor Lykes							
Tillie Lykes							
URSS							
Dos buques encargados	36 600	210,0	35,0	10,0	26	s.d.	s.d.

Fuente: The scope for barge-carrying systems, H. P. Drewry (Shipping Consultants), Londres, 1976.

CUADRO 5

Dimensiones de las gabarras

Tipo	Eslora (metros)	Manga (metros)	Calado a plena carga (metros)	Capacidad de carga (toneladas)	Capacidad en balsas (m³)	Capacidad de transporte de cereales (m³)	Peso de la tapa de la escotilla (toneladas)
BACAT	16,82	4,65	2,5	140	164	169	1,3
LASH	18,76	9,50	2,7	370	554	569	2,5
SEABEE	29,72	10,67	3,2	844	1 108	1 138	2,6
URSS	38,25	11,40	3,3	1 070	1 300	1 335	s.d.

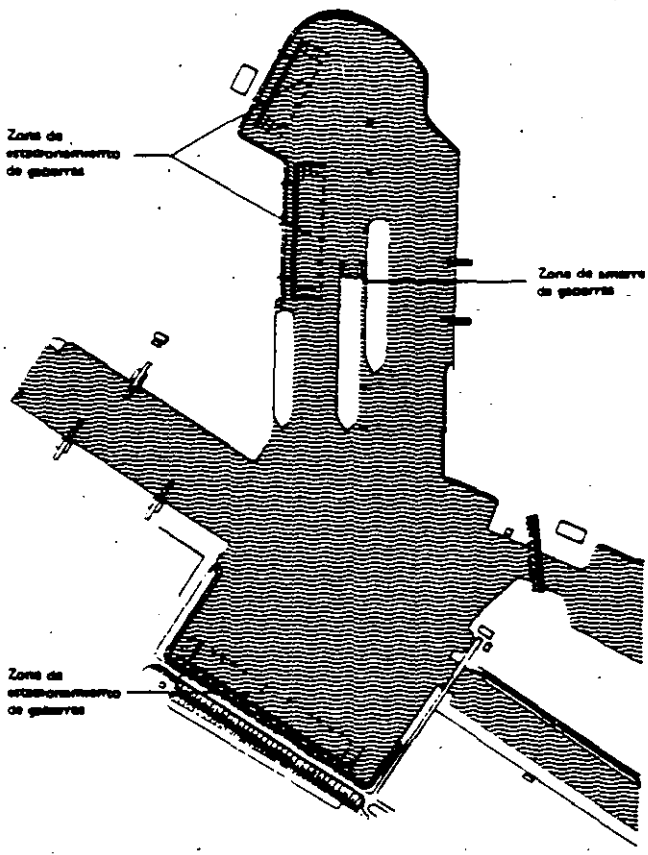
resto del tráfico acuático del puerto, donde las gabarras con carga de exportación esperan ser embarcadas, las gabarras cargadas con mercancías de importación esperan el momento de continuar navegando hacia el interior o de ser descargadas y las gabarras vacías se mantienen en reserva. Esa zona necesita mucha atención desde el punto de vista de la seguridad en el puerto.

194. La superficie de una zona de estacionamiento puede ser considerable, dado que de momento son pocas las gabarras que siguen una vía navegable hacia el interior y, por consiguiente, la gran mayoría de las gabarras cargan y descargan sus mercancías en el puerto. Aunque en los puertos de estuario es posible disponer de grandes superficies de agua, en los puertos artificiales la falta de superficie de agua representa un grave inconveniente para el buen funcionamiento del servicio de transporte por gabarras. Como norma general, hay que prever una zona de estacionamiento de gabarras de 10.000 metros cuadrados como mínimo para poder descargar por término medio ocho gabarras por buque, con un máximo de 25 gabarras.

195. En los puertos en que se han previsto las superficies necesarias, ha habido que realizar cuantiosas inversiones. En Bremerhaven se construyeron 31 pontones, para amarrar 140 gabarras. La longitud total de los pontones pasa de 650 metros, y el costo total del proyecto fue casi de 4 millones de dólares. La dársena y las zonas de estacionamiento de las gabarras se indican en el gráfico 37.

GRAFICO 37

Instalaciones para portagabarras tipo LASH en Bremerhaven



196. Las gabarras se pueden cargar y descargar en los muelles existentes para carga fraccionada y para gabarras, incluso los de diseño anticuado. Sin embargo, sería conveniente prever instalaciones especiales para la manipulación de las gabarras si:

a) Las instalaciones existentes son inadecuadas por no ofrecer protección contra las intemperies ni espacio suficiente para agrupar la carga y cargarla en las gabarras;

b) Las instalaciones existentes se utilizan al máximo de su capacidad y se corre el peligro de que la manipulación de más gabarras dé lugar a una congestión;

c) La distancia entre la zona de estacionamiento de las gabarras y los muelles de carga fraccionada existentes es excesiva;

d) Desde el punto de vista operacional y de costo/eficacia se considera preferible una terminal combinada para contenedores y gabarras.

197. Cuanto más alto sea el costo de la mano de obra en un puerto, mayor será la necesidad de construir instalaciones bien equipadas y adecuadas para la manipulación de gabarras. Sólo así se podrá lograr el considerable aumento de la productividad que es indispensable en los puertos en que los costos de mano de obra son altos, para que el costo de la manipulación de la carga no llegue a ser prohibitivo. Ese mismo razonamiento es un incentivo para utilizar en mayor medida paletas, unidades en fardos y unidades preeslingadas en las operaciones de buques portagabarras.

198. En Singapur se ha reservado ahora a recibir la carga de buques portagabarras parte de un amplio complejo de almacenes (con 200.000 m² de espacio de almacenamiento cubierto), situado en Pasir Panjang, que fue construido sin tener en cuenta la posibilidad de un servicio de buques portagabarras. Para ello la administración del puerto de Singapur ha tenido que instalar en la zona de Pasir Panjang seis boyas de amarre, que permitirán fondear en condiciones de seguridad a 120 gabarras. Las boyas están situadas a unos 700 metros unas de otras y en una sola línea, cubriendo una distancia de más de 3.500 metros.

199. Así pues, aunque hay diversas posibilidades en la construcción de instalaciones para buques portagabarras, combinadas o no con muelles de carga fraccionada o unitarizada, las cifras indicativas para un movimiento anual de mercancías de 250.000 toneladas utilizando 1.000 gabarras, con una carga media de 250 toneladas por gabarra, serían las siguientes:

Número de zonas de amarre	1
Número de boyas de amarre	4
Zona de estacionamiento de gabarras necesaria (suponiendo un máximo de 50 gabarras al mismo tiempo)	20 000 m²
Número de remolcadores necesarios para remolcar las gabarras entre el buque portador y la zona de estacionamiento (según la distancia que haya entre ellas)	3
Número de pontones (suponiendo una penetración en el interior de menos del 10%)	20
Longitud del muelle y superficie necesaria para cargar y descargar en el puerto las mercancías de las gabarras	Equivalente a dos muelles de carga fraccionada

Capítulo VII

TEMINALES PARA CARGA SECA A GRANEL

A. — Introducción

200. El presente capítulo trata de las cargas secas a granel, pero primero hay que señalar que la expresión « a granel » puede emplearse en dos sentidos distintos. Tradicionalmente, se ha utilizado para indicar que un producto —por ejemplo, cereales o petróleo— se carga o descarga en forma suelta o en forma líquida. Más recientemente, se tiende a hablar de « cargamentos a granel » en el sentido de cargas completas, de cargas que representan una parte importante de la capacidad del buque, sin tener en cuenta si el producto se manipula o no utilizando los métodos de carga a granel en el sentido tradicional. Así pues, suele hablarse ahora de « cargamentos a granel » de planchas de acero o de madera en fardos. También se habla de « semigranel », por ejemplo, tratándose de grandes partidas de carga en sacos. Al tratar de cargas secas a granel en el presente capítulo, se emplea la expresión « a granel » en ambos sentidos.

201. Normalmente, la carga seca se divide en dos grupos, las « cargas a granel principales » y las « cargas a granel secundarias ». Las cargas a granel principales comprenden cinco productos básicos que se transportan, casi sin excepción, en cargas completas sin utilizar las líneas regulares. Dichos productos son los siguientes:

	Movimiento en 1975 (en millones de toneladas)	*Porcentaje del total de carga seca*
Mineral de hierro	292	18
Cereales	137	9
Carbón	127	8
Bauxita	47	3
Fosfatos	38	2
TOTAL		40

En la mayoría de los casos, esos productos se transportan en buques graneleros especializados y en cargueros mixtos, aunque también se emplean hasta cierto punto los buques de carga general. Utilizando buques tradicionales de entrepuentes, baja considerablemente el ritmo de manipulación. En el presente capítulo se describen por separado una terminal típica de importación de carbón y una terminal típica de exportación de fosfatos minerales (párrs. 355 a 360 y 364 a 370, respectivamente).

B. — Características principales de una terminal de carga a granel

202. Existe una diferencia fundamental entre una terminal de carga a granel principal, especialmente la destinada a la exportación de minerales, y un puerto comercial polivalente medio. Las necesidades en cuanto a emplazamiento, profundidad de agua, tipo de infraestructura, equipo, instalaciones de almacenamiento y servicios auxiliares son fundamentalmente distintos de las de un puerto de carga general típico. También hay que enfocar de distinta manera los problemas administrativos, operacionales y de mano de obra.

203. A diferencia del puerto de carga general, la terminal para la exportación de mineral no tiene que estar situado cerca de los centros principales de actividad comercial e industrial del país. El lugar más conveniente es el punto más próximo posible a la zona minera, con buenas comunicaciones terrestres, siempre y cuando, naturalmente, existan condiciones naturales favorables en ese sector de la costa. Las necesidades en cuanto a la profundidad del agua son más estrictas, dada la tendencia a transportar la mayoría de los minerales en buques del mayor tamaño posible, con un calado que a menudo pasa de 15 metros.

204. El empleo de buques de ese tamaño exige que haya existencias de mineral considerables en la terminal y, en consecuencia, grandes instalaciones de almacenamiento. Con objeto de reducir al mínimo el costoso tiempo de permanencia del buque en el puerto, hay que asegurar una tasa de ocupación de los puestos de atraque relativamente baja, a fin de evitar el riesgo de que los buques tengan que esperar, así como un ritmo de carga muy alto mientras el buque se encuentra en el puesto de atraque. Para lograr el ritmo de carga necesario, hay que utilizar un sistema de correas transportadoras entre las máquinas recogedoras de gran potencia y los cargadores de mineral. Al mecanizarse la manipulación de la carga, ya no se necesita mucha mano de obra, y dadas la uniformidad y simplicidad del material manipulado en la terminal de carga seca a granel, tampoco se necesitan en ella los muchos servicios comerciales que son necesarios en la terminal de carga general.

205. Las técnicas de manipulación utilizadas permiten que los buques atraquen a un kilómetro o más de la costa, de ser necesario, embarcándose los minerales mediante correas transportadoras instaladas sobre una estructura ligera. Un muelle mineralero típico comprende por lo menos dos puestos de atraque, dos muertos de amarre y algunas boyas. En tierra, frente a los muertos de amarre, una estructura independiente sostiene el equipo de carga, compuesto por un cargador conectado a tierra por correas transportadoras. En la zona de almacenamiento en tierra se necesita un equipo apropiado para descargar los vehículos procedentes de las minas, apilar el mineral y recogerlo luego para llevarlo, mediante una correa transportadora, al cargador. Además, necesita una instalación para el

transporte directo de las tolvas de descarga a los cargadores.

206. Aunque los elementos de base serán aproximadamente los mismos en todas las terminales, los detalles del diseño pueden variar considerablemente, según las condiciones locales, la naturaleza del material y el volumen de la operación. Normalmente cada instalación debe diseñarse y construirse de modo que se adapte a las circunstancias particulares del caso.

C. — Buques graneleros

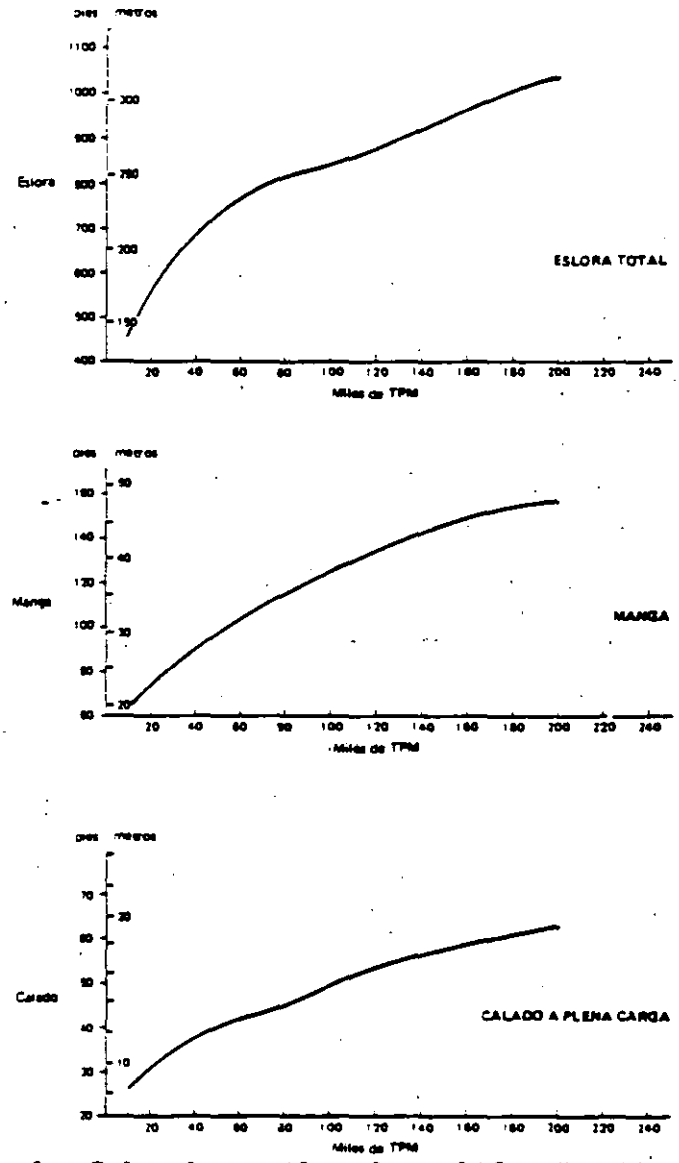
207. Siempre que sea posible, las instalaciones destinadas a la carga a granel deben diseñarse en función de los buques concretos que las utilizarán. Así pues, deberá discutirse detalladamente la cuestión con los armadores y los usuarios para llegar a un acuerdo sobre las necesidades en lo que respecta a instalaciones de carga y descarga. Sin embargo, también llegarán al puerto otros buques y en las especificaciones deberán tenerse en cuenta las dimensiones máximas y mínimas de esos buques.

208. El extraordinario crecimiento de la flota de graneleros en los últimos años es comparable al crecimiento, tanto en número como en tamaño, de los petroleros. A mediados del decenio de 1960 empezó a manifestarse una tendencia a utilizar cargueros mixtos que podían transportar dos o más tipos distintos de mercancías. La mayoría de los buques de mayor tamaño pueden transportar carga a granel tanto seca como líquida. Los graneleros se clasifican en los seis tipos siguientes: G (carga a granel), M (mineral), GM (carga a granel/mineral), MP (mineral/petróleo), MGP (mineral/carga a granel/petróleo) y MSP (mineral/carga en suspensión acuosa/petróleo).

209. Las curvas del gráfico 38 muestran la relación entre la eslora total, la manga y el calado a plena carga, y el peso muerto, para la mayoría de los graneleros de carga seca. Cuando no se tiene información sobre los buques que se van a utilizar, esas curvas son suficientemente precisas para la planificación preliminar.

GRAFICO 38

Principales dimensiones de los graneleros de carga seca



Fuente: The Principal Dimensions and Operating Drawghts of Bulk Carriers. Universidad de Liverpool, Centro de Transporte Marítimo.

210. Lo ideal sería que todas las extensiones de agua por las que han de pasar los buques o en las que han de fondear se diseñaran para el calado máximo (a plena carga), aunque los buques entren o salgan del puerto con este calado en pocas ocasiones. Sin embargo, a veces es posible lograr economías importantes planificando una profundidad menor si se tiene seguridad en cuanto a los cargamentos previstos. En el gráfico 39 se da una relación general aproximada entre el coeficiente de carga y el calado en el caso de los graneleros de carga seca.

211. Es posible tener seguridad en lo que se refiere a las cargas secas a granel previstas cuando existe un servicio de transporte integrado, por ejemplo si se trata de graneleros fletados por empresas de productos químicos. En tal caso puede determinarse el coeficiente de carga máximo y, por lo tanto, el calado a partir del coeficiente de estiba conocido del producto y de las especificaciones de los buques que hayan de fletarse. También puede estar justificado prever en la planificación un calado limitado cuando el calado de los buques que entran o salen del puerto viene ya determinado por las restricciones de calado que existen en otros lugares.

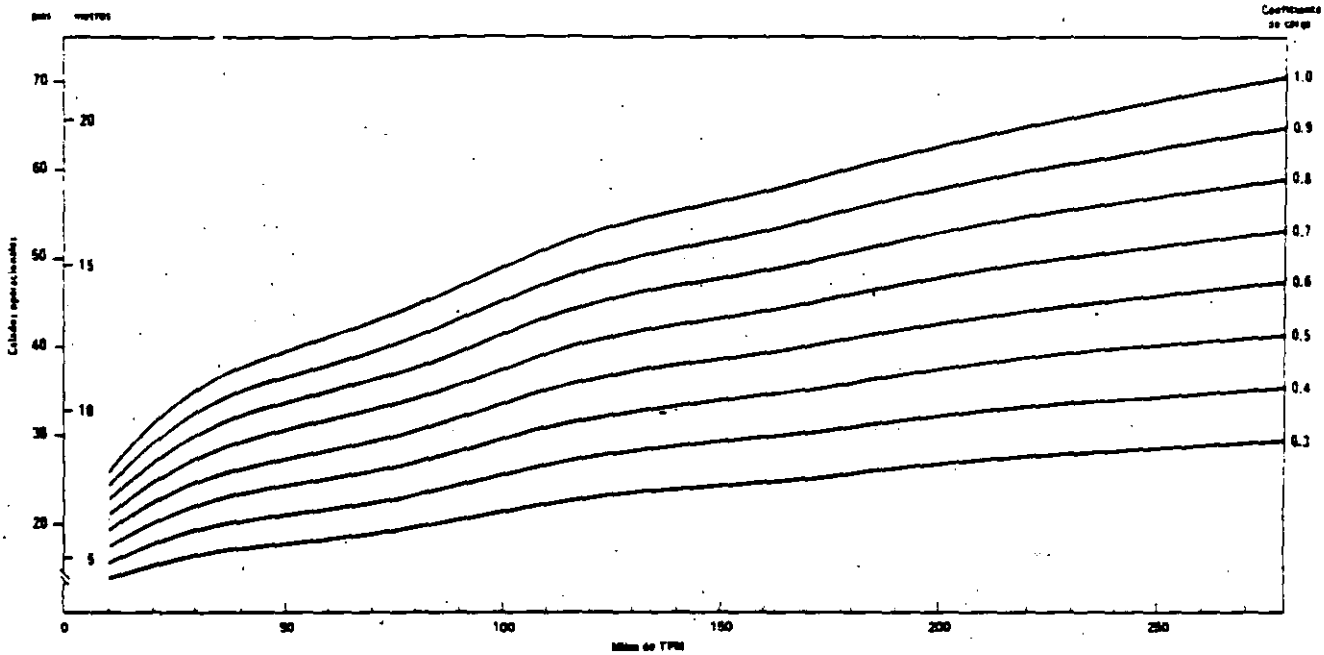
212. El planificador también debe tener presente que las instalaciones diseñadas para un carguero de 100.000 TPM a plena carga también pueden tener que atender a un carguero de 200.000 TPM con carga parcial. Aunque la limitación del calado en el canal de entrada no es importante dado el bajo coeficiente de carga del buque, la manga y la eslora pueden impedir que el buque utilice la terminal. Este factor ha de tenerse en cuenta al definir las características del equipo mecánico de manipulación.

D. — Especificaciones de rendimiento del equipo de manipulación de carga a granel

213. El planificador de la terminal debe comprender claramente el sentido exacto de la especificación de

GRAFICO 39

Calados operacionales para diferentes coeficientes de carga en relacion con el peso muerto para buques graneleros de carga seca



Fuente: The Principal Dimensions and Operating Draughts of Bulk Carriers. Universidad de Liverpool, Centro de Transporte Maritimo.

rendimiento indicada por el fabricante del equipo de manipulación de carga a granel. De hecho, entre los diversos elementos de ese equipo puede haber grandes diferencias de rendimiento. Esto se aplica principalmente a los descargadores y a los recogedores.

214. Por ejemplo, en el caso de un descargador de cuchara, el ritmo de descarga depende de todos los factores siguientes:

a) Capacidad de la cuchara;

b) Densidad y naturaleza del material;

c) Velocidad de elevación y aceleración de la cuchara;

d) Velocidad de traslación, aceleración y frenaje del carro;

e) Habilidad del operador del descargador;

f) Forma de la bodega y abertura de la escotilla;

g) Método de estiba utilizado en la bodega;

h) Manga del buque y alcance útil del descargador;

i) Profundidad de la bodega y altura de la marea;

j) Distancia entre la borda del buque y la tolva.

215. Así pues, la cifra que indica la capacidad de un descargador no significa mucho si no se considera en relación con el buque y la disposición de las instalaciones. En las propuestas, licitaciones y especificaciones de diseño deberán definirse las tres capacidades siguientes: *a*) capacidad máxima; *b*) capacidad nominal; *c*) capacidad efectiva.

216. La capacidad máxima se define como el ritmo máximo horario de descarga que puede lograrse con el descargador durante un intervalo relativamente breve, siendo mínimas la distancia de situación y la distancia de elevación del ciclo de descarga, por ejemplo cuando un barco a plena carga está descargando en el momento en que la marea es más alta a una tolva completa y cuando el operador puede utilizar al máximo las velocidades de elevación y de situación llenando enteramente la cuchara. La capacidad de los transportadores y de las básculas deben planearse teniendo en cuenta esa capacidad, salvo que haya otros factores económicos determinantes.

217. La capacidad nominal difiere de la capacidad máxima en dos aspectos. Se trata del ritmo de descarga que puede mantenerse por un tiempo determinado durante el cual la descarga se efectúa a partir de un determinado punto del buque. Por lo general, ese punto está situado horizontalmente, en el centro del buque que ha de descargarse y, verticalmente, a un nivel intermedio de las aguas bajas en el puerto. La carga de la cuchara, dividida por el tiempo que requiere un ciclo entre el punto de recogida del producto a la tolva de recepción en el muelle, volviendo la cuchara vacía a la posición inicial, indica la capacidad nominal. Esa cifra es una definición útil para comparar las diferentes propuestas de equipo y clasificar las diversas maneras posibles de satisfacer una necesidad determinada.

218. La capacidad efectiva es el promedio horario del tonelaje manipulado durante la descarga de todo el cargamento de un buque, teniendo en cuenta el tiempo perdido en la estiba, la limpieza, el movimiento entre bodegas y las interrupciones necesarias durante los períodos de trabajo, pero con exclusión de los períodos de descanso previstos, por ejemplo, las noches y los fines de semana. Esta capacidad efectiva es la cifra utilizada para la planificación de los puertos. La relación entre la capacidad efectiva y la capacidad nominal

constituye el coeficiente de eficiencia del trabajo en los buques, que en el caso de las máquinas de cuchara suele ser alrededor del 50%. La capacidad efectiva y el factor que representa la fracción de tiempo en que se trabaja cada día en los buques atracados se utilizan para determinar el movimiento diario de mercancías y luego el tiempo medio de servicio por buque.

219. En un caso típico, siendo la capacidad máxima de 2.500 toneladas por hora, la capacidad nominal puede ser de 2.000 toneladas por hora y la capacidad efectiva no superior a 1.000 toneladas por hora. La capacidad efectiva de descarga puede ser incluso inferior al 40% de la capacidad máxima si el buque tiene bodegas inadecuadas, escotillas estrechas y malas condiciones para la estiba.

E. — Carga del buque

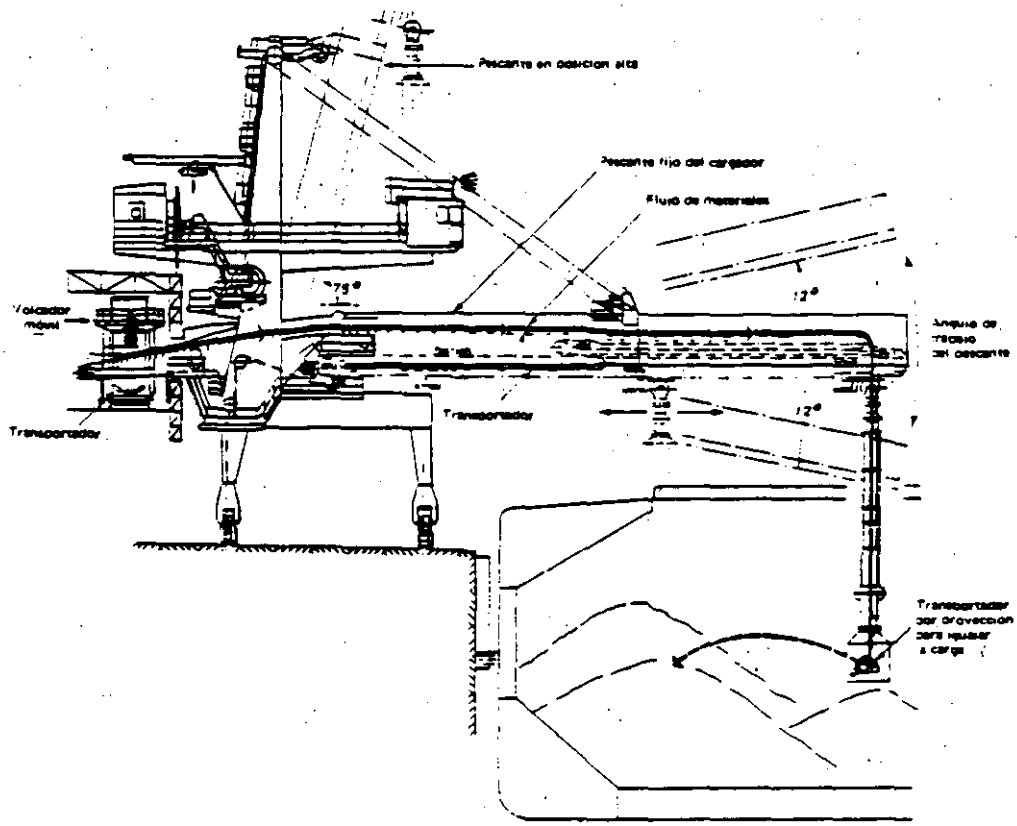
220. Los sistemas de carga de los buques son sencillos en comparación con los sistemas de descarga. Lo normal es que sólo necesiten un elevador o transportador que alimente la operación, un tobogán y la fuerza de la gravedad. Con sistemas técnicamente tan sencillos es posible alcanzar ritmos muy altos. Otros cargadores están provistos de transportadores de arrastre o de toboganes helicoidales para reducir la degradación de los materiales friables, o de tubos telescópicos dotados de descensores o transportadores centrífugos para distribuir el material en la bodega. Por lo general, los cargadores pueden situarse junto a la escotilla, y reciben el material de transportadores de gran capacidad. El pescante de carga puede subirse o bajarse según la altura del buque que se carga. Además de las operaciones de carga continua con cargadores, también pueden utilizarse cucharas prensoras para cargar graneles.

221. La capacidad de los cargadores suele estar limitada por las demás partes de la instalación, como son los transportadores o recogedores, pero la capacidad normal oscila entre 1.000 y 7.000 toneladas por hora. En algunos casos especiales es posible emplear cargadores con un rendimiento de 16.000 toneladas por hora, en buques graneleros de grandes dimensiones. Con ritmos de carga elevados, el límite puede estar determinado por la rapidez del deslastraje del buque.

222. Los cargadores están diseñados de manera que las bodegas puedan cargarse en una secuencia precisa a fin de no someter el buque a tensiones estructurales. A menudo se dispone de picos telescópicos en el extremo del pescante para dirigir el flujo hacia determinadas partes del buque. El pescante puede levantarse para pasar por encima de las superestructuras del buque al cambiar de escotilla, pero para ello puede ser necesario parar el sistema de transportadores a fin de evitar el derrame de material. Esto último puede evitarse también dirigiendo el flujo de material a una tolva reguladora situada antes del cargador y volviendo al flujo normal cuando se reanuda la operación de carga. En ese momento, las cintas del cargador deben moverse más deprisa que los transportadores que traen el material, a fin de hacer frente al incremento temporal del flujo de material.

GRAFICO 40

Ejemplo de cargador móvil con transportador elevado



F. — Tipos de cargadores

223. El cargador de pórtico (véase el gráfico 40) se desplaza paralelamente al muelle. Por lo general el cargador está alimentado por un transportador con un carro volcador móvil. El volcador hace caer el material del transportador sobre el transportador del cargador. El cargador consiste en una superestructura de mástil, de la cual está suspendido un pescante levadizo. El pescante sube o baja según las características del buque, lo que le permite pasar por encima de la superestructura del buque al cambiar de escotilla. El extremo del pescante que entra en el buque puede construirse con un sistema telescópico o una sección móvil en el interior del pescante. Un dispositivo de ajuste compensa las variaciones de la longitud del transportador debidas a los movimientos del pescante. Una característica de este tipo de cargadores es que sólo se produce un ligero desplazamiento del centro de gravedad de la estructura con los movimientos del pescante; por lo que el cargador puede instalarse sobre una vía algo más estrecha que los cargadores de otros tipos.

224. El cargador radial se creó para utilizarse a lo largo y consiste en un pescante pivotante que puede girar un ángulo de unos 90° sobre uno de los extremos, en tanto que el otro descansa sobre un camino de rodadura curvo apoyado en pilares. El pescante lleva un transportador que llega hasta el buque. Esta sección, además de poder avanzar y retroceder, permite modificar el alcance del pescante. El material se descarga desde el transportador de brazo situado en el extremo giratorio del transportador del pescante; en caso necesario, puede instalarse una tolva reguladora.

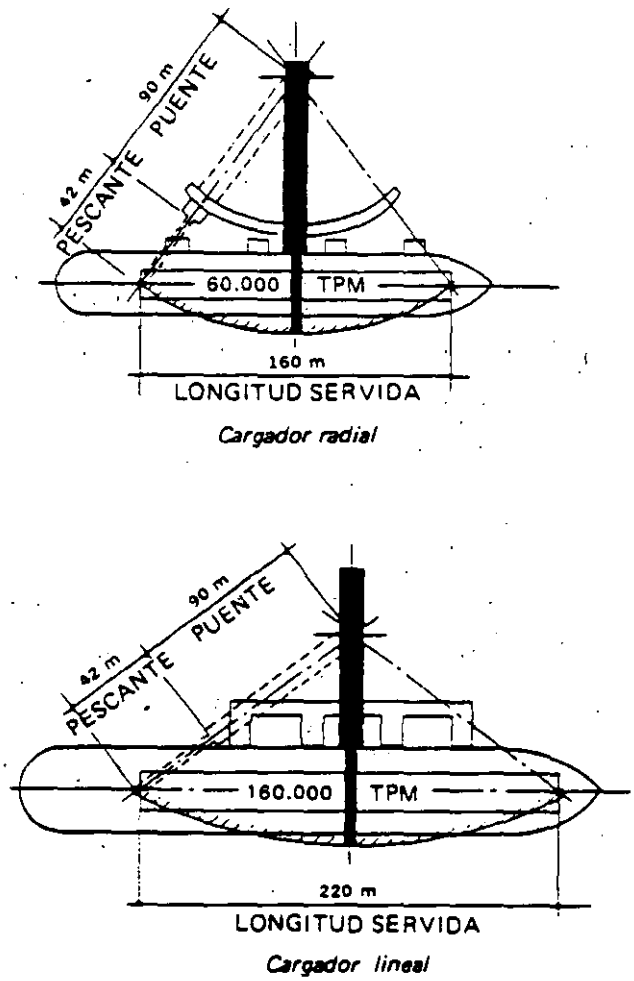
225. La ventaja principal de los cargadores de pescante giratorio respecto de los cargadores que se mueven por traslación es el costo de capital más bajo de toda la instalación, es decir, del cargador y los transportadores conexos, así como de las estructuras marítimas. Otra característica favorable es que resulta más fácil cerrar los transportadores y dispositivos de desvío e instalar sistemas para quitar el polvo. Una desventaja es que este tipo de cargador sólo puede llenar completamente, sin necesidad de igualar luego la carga, un buque granelero moderno sin mástiles ni puntales de carga intermedios. Esto impide que los buques que llevan ese tipo de equipo utilicen la terminal.

226. El cargador lineal cumple los mismos fines mediante una combinación de movimientos de traslación y rotación (los dos métodos se muestran en el gráfico 41); cuando la placa giratoria delantera se desplaza sobre una vía paralela al buque, el pivote de la placa giratoria puede deslizarse y al mismo tiempo girar. La construcción suele ser más sencilla y menos costosa con una vía recta que con una vía curva, y con ello aumenta la longitud del buque servida por el cargador.

227. El cargador de traslación y rotación combina el sistema radial con el sistema de traslación. Ese cargador es especialmente adecuado para ser utilizado a ambos lados de un espigón, es decir, un muelle que se adentra en el mar y que tiene puestos de atraque a ambos lados. Un pórtico móvil provisto de una superestructura giratoria tiene un pescante de alcance variable con transportador alimentado por un transportador instalado en el muelle entre los carriles del pórtico

GRÁFICO 41

Comparación entre el cargador radial y el cargador lineal



móvil. Por medio de un volcador, el material pasa del transportador del muelle a la tolva de recepción situada en el extremo giratorio del pescante. Aunque sólo puede cargarse un buque a la vez, el hecho de que los buques puedan atracar a ambos lados del espigón permite eliminar demoras en la operación de atraque y desatraque. Esto puede ser importante cuando se trabaja con una tasa elevada de ocupación de los puestos de atraque y se dispone de poco tiempo para las operaciones programadas.

228. El cargador fijo se usa por lo general en instalaciones más pequeñas. Como el tamaño del buque suele ser pequeño, el rendimiento pocas veces pasa de 500 toneladas por hora. El pescante de carga no se mueve o tiene un movimiento limitado entre las escotillas, por lo que es necesario mover el buque. Esto puede no ser un problema con los buques más pequeños que sólo tienen dos o tres bodegas, y ese tipo de cargador se ha utilizado mucho en la exportación de azúcar sin refinar.

229. El transportador que lleva el material hasta el muelle descansa en una serie de caballetes y termina en una estructura de tipo torre. El transportador se prolonga con una corta sección deslizante que termina en un tubo de bajada telescópico, o bien se instala sobre un pescante móvil provisto de un tubo de bajada

de ese tipo. En algunos casos un movimiento radial limitado permite cubrir toda la apertura de la escotilla, reduciendo así la operación de igualación final de la carga.

G. — Descarga del buque

230. Hay cuatro sistemas básicos que el operador de la terminal puede utilizar para la descarga de carga seca a granel: cucharas, sistemas neumáticos, transportadores verticales y elevadores de cangilones. Para un movimiento por unidad comprendido entre 50 y 1.000 toneladas por hora, bastan los sistemas neumáticos o de transportador vertical. Tratándose de movimientos de 1.000 a 5.000 toneladas por hora, la única alternativa son los sistemas de cuchara o de elevadores de cangilones. Las cucharas son el método más difundido para cargar y descargar graneles.

1. Cucharas

231. El principio fundamental de la descarga de graneles mediante cucharas no se ha modificado en absoluto en los últimos cincuenta años. Sin embargo, normalmente la cuchara sólo se utiliza hoy para recoger material de la bodega del buque y descargarlo en una tolva situada al borde del muelle, que alimenta una cinta transportadora, como se ve en el gráfico 42. Antes el carro de la cuchara se desplazaba más para descargar en los montones apilados.

232. El ritmo de manipulación que puede alcanzarse con cada cuchara está determinado por el número de ciclos de manipulación por hora y por la carga media útil de la cuchara. La duración del ciclo de manipulación es función de la velocidad de elevación y la aceleración de la cuchara, la velocidad de traslación y la aceleración del carro, la distancia horizontal y vertical y el tiempo que tarda en cerrarse la cuchara. Otros factores que influyen en la operación son la habilidad del operador, la naturaleza del material manipulado, la forma de las escotillas y bodegas del buque y la duración de la limpieza que hay que realizar después de vaciadas las bodegas. En todo caso, la fatiga del operador limita la operación a unos 60 ciclos por hora.

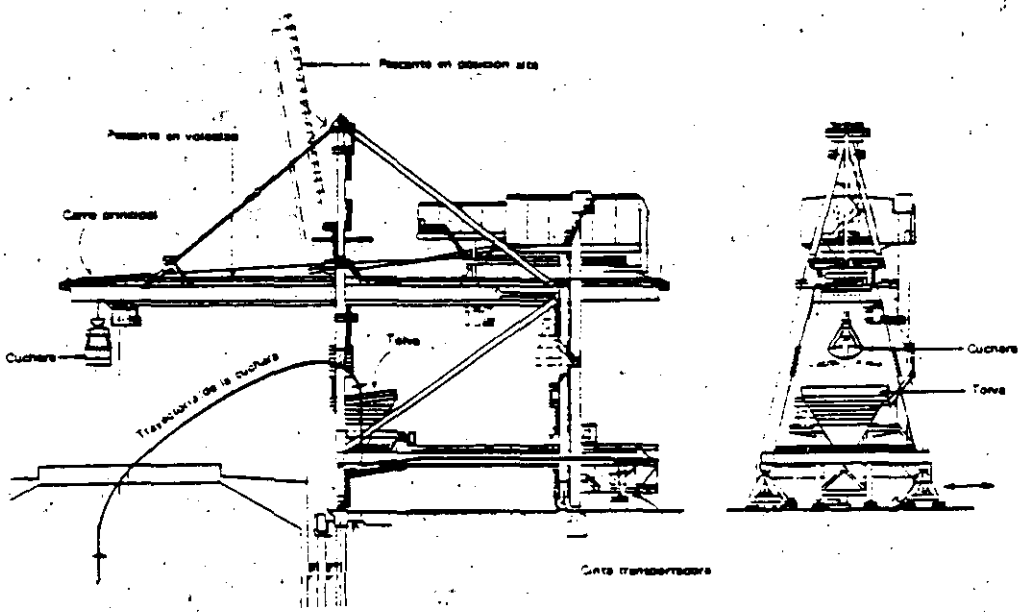
233. Para una determinada capacidad de izada, el principal método para aumentar la productividad es incrementar la relación carga útil/peso muerto de la cuchara. La relación normal es 1 : 1, pero con los nuevos diseños de gran capacidad se llega a 2 : 1. En una terminal de carga a granel en que se manipulan diversos productos hace falta un juego de dos o tres cucharas para cada grúa (una en el gancho, una en reserva y/o una en reparación) además de un juego de cucharas para cada producto de características físicas significativamente distintas. El número de diseños disponibles es muy grande y va de las cucharas ligeras para manipular productos como piensos y cereales, hasta las cucharas pesadas de 50 toneladas para mineral. Así pues, es necesario buscar el asesoramiento de especialistas para elegir la maquinaria correcta para un determinado material y tipo de grúa así como para determinadas condiciones de trabajo.

234. Para alcanzar el ritmo de descarga deseado, es necesario a menudo utilizar dos descargadores para cada barco. Esto ofrece la importante ventaja de que es posible seguir trabajando cuando se avería una de las grúas.

235. Los principales materiales para los cuales se utiliza el descargador de cuchara son los productos a granel más importantes, a saber, el mineral de hierro, el carbón, la bauxita, la alúmina y el fosfato mineral. Otros productos para los que se emplean grúas móviles de cuchara más pequeñas son el azúcar sin refinar, los fertilizantes a granel, el coque de petróleo y diversas variedades de alubias y nueces.

Gráfico 42

Grúa descargadora de cuchara con carro móvil elevado



236. Hay tres formas principales de grúas de cuchara. El descargador con carro móvil elevado tiene un pescante en voladizo que llega a la vertical de la escotilla. El carro desplaza la cuchara desde la bodega hasta la tolva situada en el muelle. La estructura se desplaza a lo largo del muelle y permite trabajar en cualquier bodega del buque. El ritmo típico de esos descargadores oscila entre 500 y 2.000 toneladas por hora.

237. La grúa giratoria de cuchara, que muestra el gráfico 43, suele tener un brazo de inclinación variable y es probablemente la más utilizada en las operaciones de descarga. La cuchara recoge e iza el material y lo descarga en una tolva, generalmente situada en la parte delantera para evitar un movimiento giratorio durante la operación. A su vez, la tolva alimenta un transportador situado en el muelle de la manera usual o bien puede descargar directamente en camiones o

GRÁFICO 43

Grúa giratoria de cuchara

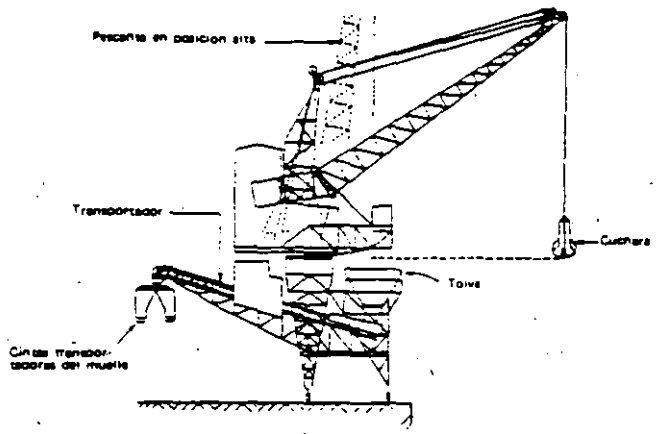
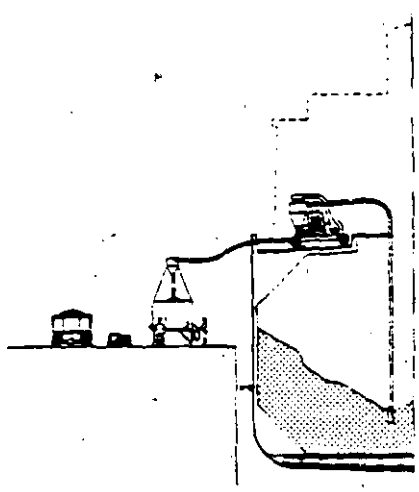
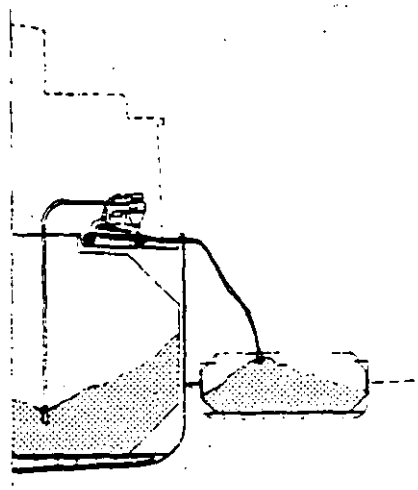


GRÁFICO 44

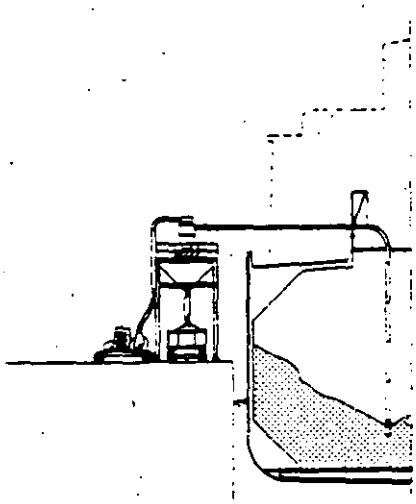
Equipo neumático portátil de manipulación



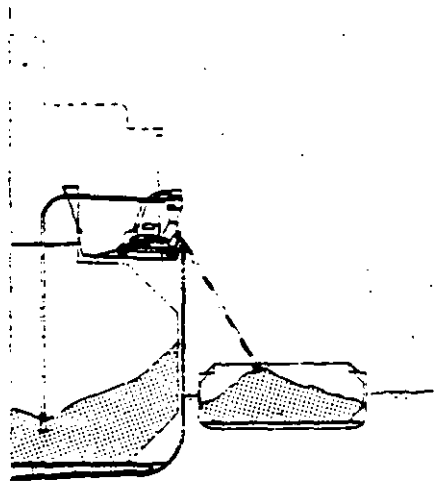
1. *Sistema mixto aspiración/presión: acarreo de cereales del buque a la tolva ensacadora*



2. *Sistema mixto aspiración/presión: acarreo del buque a la gabarra*



3. *Sistema de aspiración: acarreo de cereales del buque al camión o a la tolva para carga en vagón de ferrocarril*



Descarga de cereales del buque por aspiración: carga de cereales en gabarras por gravedad.

vagones de ferrocarril. Estas grúas pueden alcanzar un ritmo que oscila entre 500 y 700 toneladas por hora. Cuando se utiliza una grúa normal de carga general para la descarga con cuchara, la tolva debe estar situada en la misma vía que la grúa. El movimiento giratorio de 90 grados de cada ciclo de la grúa limita el ritmo de manipulación a 250 toneladas por hora, con un ritmo medio de alrededor de 180 toneladas por hora.

238. La tercera forma de grúa de cuchara es la grúa torre móvil, que resulta útil en los puertos más pequeños en los que se manipula una amplia variedad de cargas que se cargan y descargan en buques de pequeño tonelaje. Este descargador comprende una grúa móvil de tipo normal con una estructura de torre adicional, a la que se ha adaptado una cabina elevada para que el operador pueda ver desde lo alto la bodega del buque. La productividad es comparable a la de la grúa giratoria de cuchara.

2. Sistemas neumáticos

239. Los sistemas neumáticos son adecuados para manipular graneles de peso y viscosidad específica relativamente bajos, tales como cereales, cementos y carbón en polvo. El equipo neumático puede ser de aspiración o de presión. El del primer tipo es adecuado para recoger materiales en varios lugares y llevarlos a un solo punto, en tanto que el del segundo tipo se utiliza para transportar la carga de un solo punto a varios lugares. Sin embargo, los transportadores a presión tienden a crear problemas de polvo. También se utiliza una combinación de ambos sistemas, pero en general se limita al equipo portátil. El gráfico 44 muestra algunas utilizaciones típicas de ese tipo de equipo.

240. Los transportadores neumáticos son de construcción sencilla y evitan la pérdida de materiales por derrame durante el transporte. Sin embargo, el consumo de energía es elevado en comparación con otros sistemas. Antes de decidir si conviene adoptar un sistema neumático o un sistema mecánico convencional, hay que tener en cuenta no sólo los costos de capital, mantenimiento y funcionamiento, sino también el aspecto sanitario, la limpieza y otros factores que no pueden evaluarse directamente.

241. Algunos materiales son potencialmente peligrosos y han de manipularse con cuidado para proteger la salud de los operadores. Algunos de esos riesgos pueden evitarse utilizando máscaras y ropas protectoras. Muchas veces un sistema neumático de manipulación totalmente cerrado, aunque inicialmente sea más costoso, mejora las condiciones de trabajo y además reduce las pérdidas de material. Si se trabaja en condiciones de mayor limpieza mejora la moral del personal, se facilita el mantenimiento de la instalación y se reducen los riesgos para la salud.

242. El elevador neumático móvil consiste en un pórtico montado sobre carriles con una superestructura totalmente cerrada que contiene los principales elementos. Por lo general, cada pórtico contiene dos elevadores y el ritmo máximo de descarga suele ser de unas 200 toneladas por hora y por unidad. Los brazos de descarga terminan en tubos flexibles con boquilla que permiten limpiar eficazmente la bodega. El material aspirado por la boquilla se recoge en separadores de tipo ciclón y se descargan en el transportador de salida, que suele ser un transportador de cinta.

243. También existen elevadores neumáticos móviles flotantes. Se trata de maquinaria autónoma y autopropulsada, con un rendimiento comparable al de los elevadores montados sobre carriles. Estos elevadores flotantes pueden utilizarse para descargar directamente a la zona de almacenamiento en tierra o, tratándose de un tráfico que continúa hacia el interior, a gabarras. También pueden funcionar en el otro sentido, de las gabarras al buque para el tráfico de exportación.

244. Además existen máquinas neumáticas portátiles montadas sobre remolques con ruedas, que pueden instalarse en el muelle o a bordo del buque, como se ve en el gráfico 44. El ritmo de manipulación de ese equipo ligero portátil es muy bajo, por lo general de unas 50 toneladas por hora.

3. Transportadores verticales

245. El transportador de cadena (véase el gráfico 45) es un descargador autónomo que trabaja conforme al principio de «en masa». La tasa estimada de rendimiento no suele pasar de 150 toneladas por hora. La cadena transportadora va instalada dentro de un conducto rectangular y su movimiento traslada el material de la bodega. Un segundo transportador puede utilizarse para enlazar con el vehículo de transporte interior, puesto que este sistema puede adaptarse como transportador inclinado y horizontal. Se utiliza exclusivamente para materiales secos y friables, que resisten el contacto directo con las partes móviles. Para una utilización intermitente, quizás resulte más económico emplear este tipo de descargador en vez de un descargador de cuchara, a pesar de su elevado costo de mantenimiento.

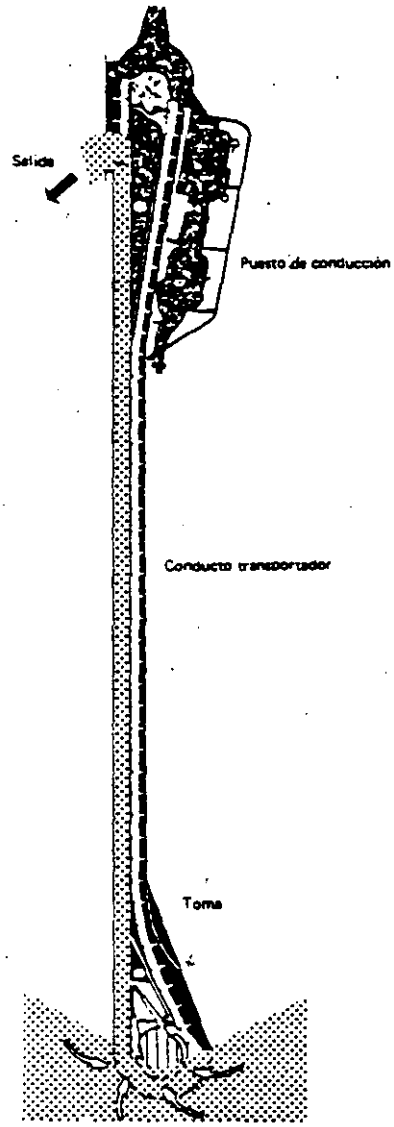
246. El transportador vertical de tornillo sin fin es un tornillo helicoidal que gira dentro de un conducto tubular. Ese transportador puede utilizarse en cualquier ángulo entre la horizontal y la vertical. Los transportadores de tornillo sin fin permiten trabajar eficazmente con todos los materiales finos granulares y en polvo, los materiales en terrones (siempre que los terrones no excedan de un determinado tamaño en relación con el diámetro del tornillo), los materiales semilíquidos y los materiales fibrosos. Se han logrado rendimientos estimados hasta de 600 toneladas por hora. El rendimiento está limitado por el ritmo al que el material puede fluir libremente en la apertura de alimentación. Para resolver ese problema, una marca patentada de tornillo helicoidal ha adaptado una espiral de propulsión independiente alrededor de la entrada de alimentación.

4. Elevadores de cangilones

247. Los elevadores de cangilones son un tipo de aparatos que permiten alcanzar rendimientos comprendidos entre 1.000 y 5.000 toneladas por hora. Actualmente, esos descargadores continuos parecen menos eficientes, en lo que se refiere al costo por tonelada

GRAFICO 45

Transportador de cadena para descarga



descargada, que los de cuchara, teniendo en cuenta el total de gastos de capital y de costos de funcionamiento. Sin embargo, el rendimiento estimado de esos descargadores se aproxima a 5.000 toneladas por hora mientras que los descargadores de cuchara tienen un rendimiento máximo de 2.500 toneladas por hora. Conviene seguir muy de cerca la evolución de esta cuestión en vista de los elevados ritmos de manipulación que son posibles teóricamente.

248. Uno de los sistemas utilizados consiste en una rueda de cangilones de rotación continua suspendida del pescante oscilante de un descargador móvil. La rueda de cangilones recoge el material y alimenta un elevador de cangilones. El peso de la estructura, más la fuerza dinámica de excavación, exigen un muelle más sólido y costoso que las grúas de cuchara usuales.

249. Otra posibilidad es utilizar un elevador de cadena de cangilones en que los cangilones actúan como recogedores. Como ocurre con la rueda y el elevador, el elevador de cangilones está suspendido del pescante oscilante. También en este caso hace falta una base sólida para absorber las fuerzas de excavación, y los costos de mantenimiento pueden ser considerables. En el caso de instalaciones más pequeñas, por ejemplo las utilizadas para la descarga de carbón y fosfatos transportados en gabarras, los dispositivos construidos especialmente para utilizar el elevador de cadena de cangiloes pueden resultar muy útiles.

5. SISTEMA DE SUSPENSIÓN ACUOSA

250. Algunos materiales, como el mineral de hierro, la sal, la bauxita, las arenas minerales pesadas y ciertos tipos de carbón, pueden prestarse al transporte en suspensión acuosa. Este método consiste fundamentalmente en preparar en la mina una mezcla con una base de mineral del 70% en suspensión acuosa y luego bombearla a bordo de buques cisterna especialmente equipados. El agua excedente se retira antes de zarpar el buque, dejándose un concentrado con más del 90% de sólidos. En el puerto de descarga, unos chorros de agua rotatorios en el fondo de las bodegas desmenuzan los concentrados de mineral y hacen más líquida la mezcla, de manera que sea posible bombearlos a tierra. Con este sistema no hace falta utilizar grúas de carga y descarga, complicadas instalaciones de atraque ni otras instalaciones.

251. El método de suspensión acuosa es limpio y reduce al mínimo las pérdidas materiales que llevan consigo otros procedimientos de manipulación de minerales, en que se produce polvo. El líquido decantado durante el proceso de carga puede tener que devolverse a un estanque de sedimentación, para evitar la contaminación y recuperar las partículas ultrafinas. La carga en suspensión acuosa hace que resulte económico situar las zonas de almacenamiento a cierta distancia del puerto. El ritmo de descarga dependerá del tamaño del buque y de las bombas instaladas, pero en el caso de los buques mayores será normalmene de 6.000 a 8.000 toneladas de material seco por hora. El material seco puede cargarse mediante sistemas convencionales y descargarse utilizando el procedimiento de suspensión acuosa.

6. BUQUES AUTODESCARGADORES

252. A comienzos de 1976, alrededor de la mitad de los buques graneleros disponían de equipo de autodescarga, pero sólo el 16% de los buques mineraleros tenían ese equipo. El tamaño medio de los buques así equipados era bastante inferior al de los buques no provistos de ese equipo. El equipo consiste en general en grúas de cangilones, con una carga útil de trabajo que oscila entre 3 y 30 toneladas.

253. Se ha construido un número limitado de cargueros que utilizan un sistema de recogida por gravedad, cayendo el material en un transportador de cinta, cadena o tornillo helicoidal, situado en el fondo de las bodegas, que alimenta el sistema de elevadores del buque. Esos buques sólo necesitan una instalación de tolva y un transportador en la terminal de descarga para transferir el material del sistema del buque a la zona de almacenamiento.

H. — Transporte horizontal

254. Los transportadores son el elemento de equipo más utilizado en la manipulación de cargas secas a granel y aparecen en diversas formas, como elevadores, cargadores, embaladores y recogedores, así como en forma de dispositivos destinados exclusivamente al transporte horizontal. En el transporte horizontal, es posible, teóricamente, cubrir distancias ilimitadas mediante transportadores, aunque, por lo general, el costo de este transporte limita su utilización a unos pocos kilómetros, hasta el lugar en que el transporte por ferrocarril o carretera resulta más apropiado.

255. La disposición del sistema de transportadores tiene consecuencias importantes para las necesidades de toda la zona de la terminal y para su flexibilidad. Los itinerarios que han de seguirse y la elección entre sistemas elevados, a nivel del suelo o subterráneos, deben ser objeto de la misma atención que el proyecto de un sistema de carreteras en una zona construida. Para trayectos largos, es fundamental tener en cuenta la facilidad de mantenimiento de la instalación.

256. La adopción generalizada del transportador de cinta como medio mecánico de transporte de materiales a granel se explica por sus ventajas intrínsecas:

a) Sencillez de construcción;

b) Fiabilidad y economía de mantenimiento;

c) Buen rendimiento, con escaso consumo de energía;

d) Descarga completa del material manipulado;

e) Adaptabilidad.

El material se descarga directamente en el transportador, que lo acarrea con un mínimo de fricción y de ruido al punto de destino. No hay juntas ni otros resaltes que se puedan romper o desgastar, y la abrasión o fricción entre el material y la cinta sólo se produce en los puntos de desvío.

257. Los transportadores de cinta sólo pueden funcionar siguiendo una pendiente no muy fuerte y por eso se necesita un espacio considerable para poder ganar la altura requerida. La estructura de soporte de los transportadores también precisa un mantenimiento regular; por ejemplo, es necesario pintarla de vez en cuando. Hay que tener en cuenta esos inconvenientes.

258. Los transportadores de cintas pueden ser planos o cóncavos; los primeros se utilizan para el material embalado. Dos transportadores de cinta plana, situados uno encima del otro y separados por una distancia apropiada, pueden formar un elevador de cinta de tipo « pinza » utilizable para la carga y descarga de productos en sacos. Se han alcanzado rendimientos máximos de 4.000 sacos por hora.

259. Recientemente se ha logrado fabricar cintas de caucho más anchas y fuertes con varias capas de lona, así como cintas armadas con alambre de acero para aumentar la resistencia a la tensión. Como también se han perfeccionado los rodillos de tensión, esos transportadores pueden acarrear varios miles de toneladas por hora.

260. El transportador con tracción por cadena lleva una cadena con rascadores que se mueven dentro de un conducto totalmente cerrado y dividido por una partición. El material puede introducirse en cualquier punto situado en la parte superior del conducto; cae a través de una abertura de la plancha de partición a la parte inferior del conducto y es acarreado por la cadena hasta que llega a la apertura de descarga. El transportador puede utilizarse con una pendiente que está limitada por las características del material.

261. Con este sistema se puede manipular cualquier material que fluya libremente, sin producir polvo. Los materiales más frecuentemente manipulados son los cereales, con los que se han alcanzado rendimientos de hasta 500 toneladas por hora. Este tipo de equipo, en combinación con los descargadores de cadena, es muy útil en las instalaciones portuarias pequeñas.

262. Los transportadores « en masa » son semejantes a los transportadores de tracción por cadena, pero su principio de funcionamiento es distinto y la sección transversal del conducto es menor. El sistema se basa en el principio de que la fricción entre el material y la cadena especialmente diseñada es mayor que la fricción entre el material y el conducto. El material se mueve como un solo cuerpo, « en masa ». Este método permite el acarreo tanto vertical como horizontal, y pueden utilizarse muchas aperturas de entrada y salida. Es posible construir este transportador de manera que no desprenda polvo, pero tiene el inconveniente de que produce un cierto deterioro del material.

263. Los transportadores de tornillo sin fin constituyen un medio muy compacto de manipular materiales dentro de un conducto totalmente cerrado, tubular o en forma de U. La elección del tipo correcto de tornillo y de la sección transversal del conducto en función del material que deba manipularse es un factor esencial para un rendimiento máximo. Por lo general, la capacidad no pasa de 500 toneladas por hora. Hace falta mucha más energía que en el caso de otros transportadores. Es necesario vencer el impulso axial debido a la reacción del material a lo largo del conducto. Estos transportadores pueden estar inclinados.

264. La bomba de polvo puede utilizarse para el transporte de materiales secos pulverizados de flujo libre. Se han obtenido rendimientos hasta de 200 toneladas por hora sobre distancias de hasta 1.200 metros. Un tornillo sin fin de alta velocidad alimenta el material a través de una válvula de retención, a una cámara de presión desde la cual el material pasa a un tanque de recepción. Esta técnica no es adecuada en el caso de los productos en polvo compuestos de agregados frágiles.

265. El transportador de fluidificación por gravedad puede utilizarse para el transporte horizontal, especialmente de productos en polvo. El principio de ese transportador es que cuando el aire asciende a través del material, la masa se expande y el material se comporta como un fluido. El transportador consiste en un conducto inclinado con una separación porosa horizontal. El material que entra en el transportador fluye libremente sobre esa separación.

266. El monocarril es la forma más sencilla de teleférico y la más barata de instalar y mantener. Un solo cable sin fin sirve tanto para sostener como para transportar la carga, que se acarrea en baldes. Cada sección no suele tener más de ocho kilómetros de longitud,

pero se pueden utilizar secciones múltiples. Los baldes se desenganchan del cable en los puntos de transferencia y son empujados o pasan automáticamente a la sección siguiente. En las terminales, la operación de carga y descarga puede ser manual o automática. Por lo general, se calcula que la capacidad máxima es de 150 toneladas por hora, con una capacidad típica por balde de media tonelada.

267. En el sistema bicable se separan las funciones de soporte y de tracción de los cables. Se tienden dos cables portadores paralelos a cada lado de la línea central del teleférico. Cada cable está anclado por un extremo y en el otro lleva un dispositivo tensor. Se utiliza un cable tractor sin fin para mover los baldes sostenidos por los cables portadores. La carga relativamente pesada que puede transportar cada balde permite alcanzar rendimientos hasta de 500 toneladas por hora.

I. — Pesado y muestreo

268. Muchas veces es preciso pesar el material inmediatamente antes de la carga o después de la descarga a efectos del pago o para verificar los datos de los documentos de embarque. Un método sencillo es pesar de modo continuo el material mientras está en los transportadores; según el tipo de equipo utilizado, es posible alcanzar con este sistema diferentes grados de precisión. Fundamentalmente, el método consiste en que el lado cargado de la cinta o correa pasa sobre una sección del transportador provista de un soporte independiente. El peso del material de esta sección de la cinta se registra instantáneamente y, en función de la velocidad de la cinta, es posible calcular automáticamente la cantidad acarreada a una determinada velocidad. Las diversas formas de registrar los pesos, que dan diferentes grados de precisión, van desde dispositivos mecánicos o eléctricos muy sencillos a indicadores electrónicos de tensión. Los niveles de precisión corrientes son: un margen del 1 al 2% del peso real, y un margen del 2 al 4%. El grado de precisión alcanzado depende de la instalación del instrumento de pesada, que es una tarea muy especializada.

269. También se emplean métodos de pesada individual, por lo general utilizando un recipiente de pesada junto con una tolva reguladora. El material pasa provisionalmente a la tolva mientras que el recipiente lleno se pesa y descarga automáticamente. Muchas veces se incluyen torres de pesada en la red de transportadores, utilizándose un transportador inclinado para alimentar la parte superior de la torre.

270. A veces hace falta sacar muestras durante un transporte de materiales, por lo general para que el comprador verifique si ese material corresponde a las especificaciones. Todo intento de sacar una muestra a mano puede dar lugar a una representación incorrecta de un determinado lote. Por ello hay que tomar automáticamente una serie de muestras a determinados intervalos. A fin de obtener una muestra representativa de toda la serie de muestras primarias, pueden mezclarse esas muestras y tomar luego una nueva muestra. El procedimiento se repite hasta obtener una muestra perfectamente representativa del lote.

271. Existen varias maneras de sacar muestras, según las características del material y la precisión requerida. Un tipo usual de sacamuestras consiste en una cuchara que recoge rápidamente el material, ya en la cinta transportadora, ya cuando cae el material, y deposita su contenido en una caja de muestras o en una mezcladora para tomar una nueva muestra. La decisión sobre el mejor método de obtener las muestras y sobre el tipo de sacamuestras que conviene utilizar corresponde a los especialistas.

J. — Apiladoras y recogedoras

272. La apiladora es una máquina especializada diseñada para apilar de manera continua diversos tipos de materiales a granel en las zonas de almacenamiento, y comprende un volcador (véase el gráfico 46) y un transportador de apilamiento. El material se descarga mediante el volcador, que permite situar la apiladora en cualquier lugar a lo largo del transportador en la zona de almacenamiento. El material pasa al transportador de apilamiento, que va sobre un pescante que

GRÁFICO 46

Principio del transportador-volcador

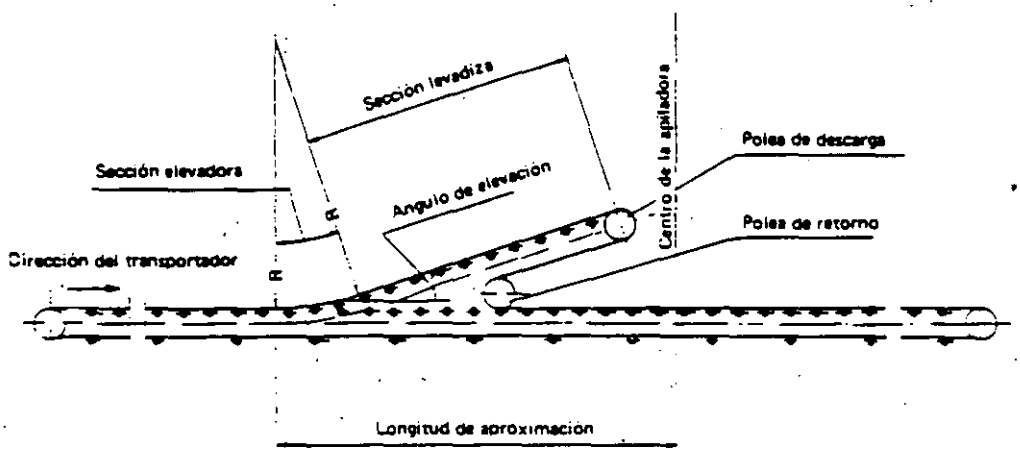


GRÁFICO 47

Apiladora de materiales en pilas o montones

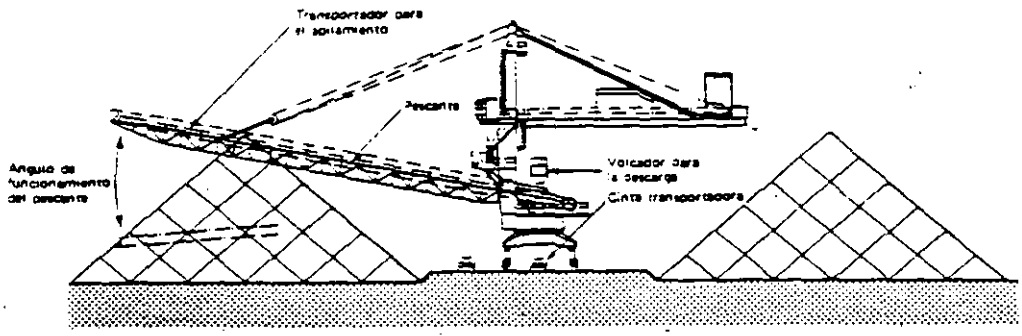
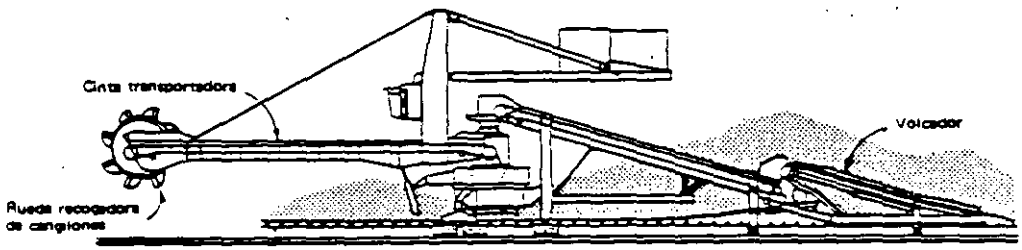


GRÁFICO 48

Apiladora-recogedora típica



puede ser giratorio y/o móvil o bien fijo. En el gráfico 47 se muestra una apiladora típica. A veces el material puede descargarse directamente del volcador a fin de poder utilizar para el almacenamiento la zona adyacente al volcador. La capacidad de las apiladoras aumenta constantemente, y es posible alcanzar rendimientos de 6.000 toneladas por hora o más; por lo general, el factor limitativo es el ritmo de alimentación de material a partir del equipo de descarga. La mezcla se consigue mediante un apilamiento adecuado.

273. La recogedora moderna es una máquina que puede recoger y descargar continuamente el material de la zona de almacenamiento, y consiste en un mecanismo de recogida y en un transportador intermedio. El mecanismo de recogida puede ser una rueda giratoria provista de cangilones o brazos colectores. Las recogedoras son muy eficaces, siempre que se hayan dispuesto debidamente las pilas o montones de materiales. El rendimiento normal de esos aparatos varía entre 1.000 y 3.000 toneladas por hora. Al proyectar los sistemas de transportadores hay que tener en cuenta los rendimientos máximos. La accesibilidad a las pilas de materiales de distintas calidades puede limitar el orden seguido en la recogida de las mismas. También puede ser necesario utilizar una explanadora para empujar las partes más alejadas del montón hasta una posición accesible al brazo de la recogedora. Las máquinas de gran capacidad son muy pesadas y requieren que la vía tenga cimientos muy resistentes, por lo que las condiciones del suelo pueden ser un factor limitativo para su empleo.

274. Las apiladoras-recogedoras (véase el gráfico 48) combinan en una sola máquina las dos funciones de apilamiento y recogida. El transportador del pescante se mueve en el sentido de la descarga y la rueda recogedora permanece inmóvil mientras se descarga; por el contrario, cuando se trata de recoger, el transportador se mueve en sentido inverso y la rueda recogedora funciona.

275. Las apiladoras-recogedoras han demostrado ser muy útiles cuando la zona de almacenamiento es pequeña. En una zona pequeña, la instalación de una máquina apiladora y de una recogedora a veces limitará la zona de trabajo de cada máquina y hará que en ciertos lugares el material resulte inaccesible. Cuando no hay necesidad de apilar y recoger material al mismo tiempo, por ejemplo cuando el flujo de entrada de un solo material puede pasar directamente al cargador junto con el material recogido, se recomienda el empleo de una apiladora-recogedora, lo cual entraña una inversión inicial más reducida. Por otra parte, si es preciso efectuar ambas operaciones simultáneamente, será necesaria una máquina para cada función.

276. Una alternativa a la apiladora-recogedora de cangilones es el scraper-recogedor conocido también como recogedora «retroapiladora». En este caso el transportador del pescante consiste en dos cadenas muy resistentes con paletas de grandes dimensiones a intervalos regulares. En la operación de apilamiento, las paletas del transportador del pescante llevan el material de la tolva de alimentación al montón; para recoger el material se invierte el sentido de marcha del transportador, el material se recoge de la pila y, por un canalón, pasa a un transportador normal. Este sistema, que tiene menos gastos de mantenimiento y levanta menos polvo, se ha utilizado con buenos resultados en una terminal para fosfato mineral.

277. Otra alternativa para la operación de apilamiento-recogida, que se ha utilizado mucho en el pasado, es la grúa-pórtico con transportador de traslación. Se trata de una grúa-pórtico móvil que cubre toda la zona de almacenamiento y lleva un transportador de cinta

elevado provisto de un volcador móvil. Por lo general, la grúa-pórtico suele llevar dos elevadores de cangilones que pueden descargar en el transportador.

278. En la operación de apilamiento, el material del transportador de la zona de almacenamiento es izado hasta el transportador de la grúa-pórtico para descargarlo directamente en el almacén mediante un volcador móvil. En la operación de recogida, los elevadores de estructura abierta descienden hasta el material que se recoge en los cangilones y se descarga en el transportador de la grúa que se mueve en sentido inverso. La cinta descarga en el transportador de la zona de almacenamiento que también funciona en sentido inverso. El ritmo de recogida de los elevadores no pasa de unas 500 toneladas por hora, y en vista de las importantes estructuras metálicas que se requieren como soporte del equipo y los altos costos de mantenimiento consiguientes, este tipo de máquina ha dejado de usarse, empleándose en su lugar otros tipos de recogedoras.

279. Hay otro tipo de máquina scraper-recogedor que, por lo general, se instala dentro del almacén, aunque se utiliza fuera de él cuando los materiales pueden permanecer a la intemperie. Con este aparato se alcanzan rendimientos de hasta 1.000 toneladas por hora; el material se recoge de la pila con un transportador de cadenas con scrapers suspendido de una estructura porticada y que puede girar sobre un extremo inferior. El pórtico se monta sobre carretones de traslación que se desplazan sobre carriles a todo lo largo del edificio. La cinta transportadora instalada en la terminal recibe el material del extremo giratorio del transportador de cadena, en tanto que a veces se instala uno segundo scraper de cadena en la otra columna del pórtico para llevar el material al alcance del transportador principal.

280. Este método tiene varias ventajas:

a) La máquina puede funcionar de modo enteramente automático, aunque por lo general esté controlada por un operador;

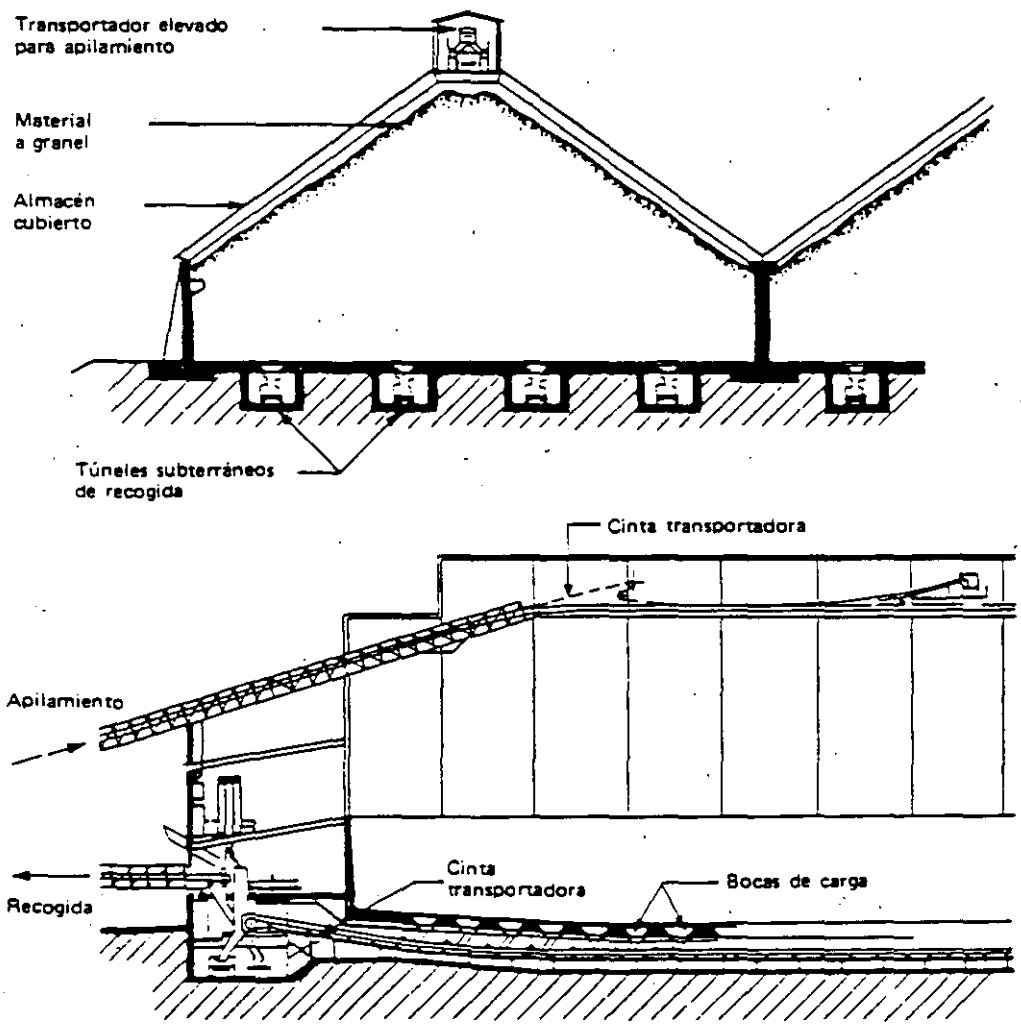
b) La recogida es continua;

c) El rendimiento de la operación de recogida es independiente de la habilidad del operador.

Un inconveniente es que el considerable espacio que requiere la instalación va en merma del espacio de almacenamiento dentro del edificio.

GRÁFICO 49

Recogida subterránea con alimentacion de la cinta transportadora por gravedad



281. El sistema de recogida subterránea puede utilizarse tanto en almacenes como al aire libre y es probablemente uno de los más utilizados, aunque tiene ciertos inconvenientes. Normalmente consiste en uno o más transportadores subterráneos instalados en túneles todo a lo largo del almacén, como se ve en el gráfico 49. En este sistema se recurre a la gravedad para descargar el material a los transportadores subterráneos. La forma de los túneles depende del método utilizado para controlar el ritmo de descarga.

282. En un ejemplo de este sistema hay una serie de aperturas de carga en el suelo del almacén, cada una con un tubo de bajada y una compuerta ajustable. El flujo de material que pasa por una apertura puede alcanzar las 1.000 toneladas por hora, y el ritmo total de recogida dependerá del número de aperturas que sea posible controlar. Normalmente es posible descargar simultáneamente a través de tres o cuatro aperturas en cada transportador.

283. La principal ventaja del sistema es que los costos de capital son relativamente bajos, pero este factor puede verse contrarrestado por los costos de funcionamiento y la ineficiencia de la operación de recogida. Cada boca de carga sólo puede recoger un volumen limitado de material, según el talud natural del material. Más aún, la velocidad del flujo a través de cada boca de carga disminuye durante toda la operación de recogida, y el operador tiene que vigilar constantemente para mantener el ritmo global de la operación. Como, por lo general, es necesario en todo momento tener en funcionamiento más de una abertura, el ritmo de extracción dependerá de la habilidad del operador y es inevitable que se produzca algún descenso en el rendimiento. Otro inconveniente es que no es posible vaciar completamente el almacén sin recurrir al uso de explanadoras, y esto puede ser inaceptable tratándose de manipular materiales peligrosos o polvorientos. También puede ser difícil evitar que haya mucho polvo en los túneles y que los operadores del mecanismo de alimentación trabajen en condiciones penosas. Otra cuestión importante que debe tenerse en cuenta al proyectar los sistemas subterráneos de recogida es la de los desagües.

284. Una forma de extracción que permite salvar los inconvenientes operacionales consiste en utilizar un extractor de rueda de palas para alimentar la cinta transportadora. En este caso es preciso construir un solado especial para el almacén, con costados inclinados y un canal continuo todo a lo largo del almacén. El extractor de rueda de palas, provisto de brazos que giran lentamente en un plano horizontal, está montado en un carro que se mueve hacia adelante y hacia atrás a lo largo del canal. De esta forma el material se recoge constantemente y por igual en todo el almacén y la operación puede ser controlada automáticamente por un operador desde una cabina aislada, lo que resulta ventajoso cuando se manipulan materiales que levantan polvo. El principal inconveniente del sistema es que el costo de construcción del canal especial puede ser considerable.

285. En el pasado se ha utilizado con buenos resultados el scraper de arrastre por cable, pero ese sistema ha quedado superado en gran parte por la explanadora móvil o la pala mecánica de gran capacidad. Sin embargo, el scraper todavía es útil cuando se manipulan materiales muy polvorientos y no resulta conveniente utilizar el equipo móvil en un almacén cerrado.

286. El equipo comprende un cabrestante, situado por lo general en una superestructura de torre, que lleva en la base una tolva de recepción, y un par de cables tractores que van de la torre a un carretón móvil. Ese carretón está motorizado y se desplaza siguiendo un arco alrededor del montón o pila. Los cables sostienen una cuchara de arrastre que puede moverse hacia adelante y hacia atrás en el montón o pila. Al moverse hacia adelante lleva material a la tolva de recepción, de donde pasa al sistema transportador.

287. Tratándose de instalaciones muy pequeñas que disponen de una zona de almacenamiento de dimensiones apropiadas junto a los muelles o de un sistema de recogida por transportadores, puede ser conveniente utilizar una pala cargadora de ataque frontal y una cinta transportadora móvil con una tolva de alimentación de tamaño adecuado. En algunas instalaciones es preciso utilizar un pequeño transportador de alimentación instalado bajo la superficie, junto con una tolva de grandes dimensiones a nivel del suelo, abierta por un lado, a través del cual puede empujarse directamente el material. Utilizando la pala cargadora de ataque frontal, un operador puede alcanzar un rendimiento de hasta 100 toneladas por hora. Los transportadores móviles también pueden utilizarse para cargar directamente en gabarras y barcazas a partir de camiones basculantes. El ritmo de carga está determinado por la velocidad de basculamiento del vehículo.

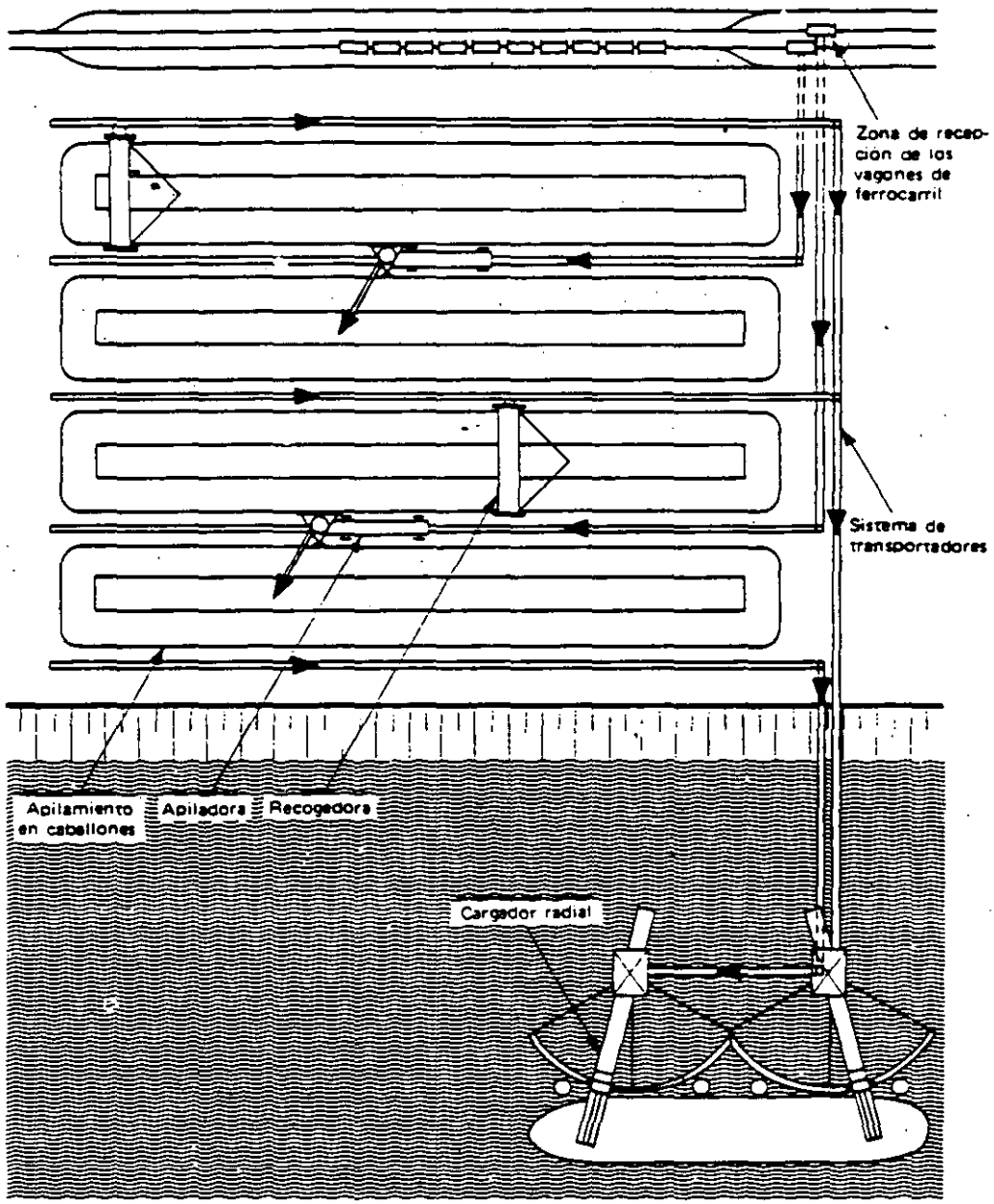
288. El scraper es el equipo normal utilizado en las obras de ingeniería civil para la preparación de terrenos o la extracción a cielo abierto de ciertos minerales. Se ha utilizado también con buenos resultados para la recogida urgente de materiales, pudiendo utilizarse una máquina con capacidad hasta de 20 metros cúbicos. Una vez llena la cuchara se cierran las quijadas, se levanta la cuchara y la maquinaria se traslada al punto de descarga. La descarga sólo es posible en una tolva de tamaño adecuado instalada en el suelo, lo cual aumenta los costos de capital en ingeniería civil. Este tipo de recogida sólo puede utilizarse cuando la degradación del material, provocada por el peso de la máquina sobre la zona del almacenamiento, resulta aceptable.

K. — Almacenamiento

289. La disponibilidad de terrenos suficientes para los montones de material está limitada por condiciones naturales o por el costo de adquisición. Así pues, el almacenamiento debe planificarse de manera que pueda almacenarse un volumen máximo de materiales en una superficie mínima. El volumen de materiales que se puede almacenar en una superficie determinada dependerá no sólo de la resistencia del suelo y de las características del material, sino también del alcance y la altura de las apiladoras y recogedoras. La función del almacenamiento es permitir que los medios de transportes con horarios y ritmos de trabajo diferentes funcionen independientemente unos de otros para evitar las demoras que ocurren cuando un servicio ha de esperar que termine otro.

GRAFICO 50

Puerto de exportación con apilamiento en caballones



290. La forma más frecuente de almacenamiento a granel es la disposición en caballón (véase el gráfico 50), en que el material se coloca en un montón alargado cuyo ancho está determinado por la altura de descarga y por el talud natural del material. En las instalaciones más pequeñas puede disponerse el material en forma de pila circular, realizándose las operaciones de apilamiento y recogida mediante una apiladora-recogedora giratoria central. La zona de almacenamiento puede estar a la intemperie o totalmente cubierta, según el material y las condiciones climáticas.

291. En el caso de materiales a los que perjudica la intemperie, se utiliza un almacén cubierto, por lo general una estructura porticada que cubre toda la pila a lo largo y a lo ancho. La alimentación de material se realiza, por lo general, mediante un transportador situado en la parte más alta del edificio y la recogida mediante un scraper-recogedor o un transportador subterráneo. Cuando se manipulan materiales polvorientos puede que no sea posible recogerlos con un scraper-recogedor al mismo tiempo que los materiales entran en el almacén. En ese caso hay dos posibilidades: construir un segundo edificio de almacenamiento, o utilizar un sistema de recogida subterráneo.

292. Al descargar un buque puede ser necesario utilizar vehículos de carretera o de ferrocarril para el transporte hacia el interior. En ese caso quizás sea conveniente utilizar un depósito o silo conjuntamente con el almacenamiento en explanada. El depósito tiene la forma de un almacén elevado de capacidad limitada, que puede alimentarse al mismo tiempo que el flujo principal que va a los montones o pilas. La carga de

los vehículos para el transporte hacia el interior se realiza mediante compuertas en el fondo del depósito. Por lo general, el control se hace desde plataformas elevadas, desde las que se puede ver toda la operación de carga y los movimientos del tráfico. Los depósitos pueden ser de hormigón armado o de estructura de acero, y pueden alimentarse con sistemas de transportadores aéreos o con elevadores neumáticos.

293. Cuando los depósitos están vacíos, el material que entra puede caer desde una altura considerable, lo cual da lugar a la segregación y degradación de los materiales friables. Para evitar esa degradación se utiliza un descensor especialmente diseñado en forma de espiral, que frena por fricción la caída del material. La segregación se produce cuando las partículas de un material bien mezclado, al ser descargadas desde un punto único, caen sobre el cono de material. Las partículas más finas tienden a meterse en las grietas, en tanto que las partículas mayores tienden a deslizarse sobre la superficie del cono y a acumularse junto a las paredes. Si se quiere evitar la segregación, hay que asegurarse de que el material se tome por igual de toda la sección transversal del depósito. Esto se puede lograr mediante un cuidadoso diseño realizado por especialistas.

294. Un silo puede ser una instalación única o una instalación múltiple en la que se almacenan diversas calidades de material. Por lo general los silos se utilizan para el almacenamiento de cereales y piensos, cuando hay que protegerlos contra la humedad y los parásitos. Los materiales de construcción utilizados pueden ser el hormigón armado o el acero, en cuyo caso es preferible que las planchas de acero de las paredes estén revestidas de un esmalte vítreo de modo que la superficie sea prácticamente inmune a la corrosión. Esa protección es importante, puesto que las paredes de un silo situado cerca del mar pueden verse rociadas por las olas. Dentro del silo cualquier corrosión afectaría a la calidad de los cereales. El silo se alimenta con un sistema de transportador aéreo y se descarga a través de una compuerta situada en el fondo.

295. En los últimos años se ha desarrollado un sistema de bidones *(tote bin)* para el transporte de cargas a granel de poco volumen, especialmente cuando se requiere un recipiente hermético. El *tote bin* es al mismo tiempo un contenedor de transporte y recipiente de almacenamiento intermedio, que se transforma en una tolva de descarga una vez montado sobre un dispositivo volcador especial. Así pues, el material permanece en un solo contenedor durante todo el transporte.

296. El material más utilizado para construir esos bidones es el aluminio, que es ligero, resistente a la corrosión y permite el apilamiento. Por desgracia, como sucede en todos los recipientes para el transporte a granel, el viaje de vuelta en vacío aumenta considerablemente el costo del transporte, y esto constituye una seria limitación tratándose de viajes largos y de materiales de exportación. Si es posible reducir el volumen del recipiente para el viaje de regreso, este inconveniente se reduce al mínimo. Otra posibilidad es utilizar un recipiente de bajo precio que sólo se emplee una sola vez.

297. A menudo se necesita una tolva reguladora como medio de almacenamiento provisional durante una determinada fase de la operación de carga o descarga. Por ejemplo, tratándose de cargar un buque, el cargador tendrá que pasar de una escotilla a otra. Durante el movimiento del cargador hay que interrumpir el flujo de material para que no se derrame sobre la cubierta. El sistema de transportadores que recoge material de los montones apilados puede mantenerse en movimiento si el flujo de material que va al transportador del muelle se desvía a una tolva intermedia.

298. Cuando el cargador vuelve a estar en posición, se vuelven a poner en funcionamiento los transportadores del muelle y del cargador, tomándose material del transportador que recoge el material, además del material almacenado provisionalmente en la tolva reguladora. El cargador y el transportador del muelle deben poder hacer frente a ese aumento del flujo de materiales.

299. Este método puede dar lugar a un aumento considerable del rendimiento, pero en movimientos de mercancías más pequeños puede no estar justificada la instalación de una tolva intermedia. Las dimensiones de la tolva dependen del ritmo al cual fluye el material en el transportador de aproximación y del tiempo que necesita el cargador para desplazarse entre las dos escotillas más alejadas.

L. — Recepción de vehículos

300. Hay cuatro maneras principales de descargar los vagones de ferrocarril que transportan carga a granel:

a) Descarga por el fondo;

b) Basculación circular;

c) Basculación longitudinal;

d) Descarga neumática.

En los tres primeros métodos, el material se descarga a una tolva que se vacía mediante un transportador. Los vagones que se descargan por el fondo tienen en la parte inferior compuertas que se abren para vaciar el vehículo. En las instalaciones de basculación circular y longitudinal, el vagón bascula o se vuelca para descargarse. Con el basculador circular no es preciso desacoplar los vagones de ferrocarril si están provistos de acoplamientos giratorios.

301. En el caso de materiales polvorientos de cierta fluidez puede utilizarse una combinación de aire comprimido y de gravedad para descargar los vagones, que consisten en un recipiente a presión que mediante mangueras se descarga en el almacén de recepción.

302. Los camiones se descargan por los mismos métodos que los vagones de ferrocarril, pero a menudo pueden ser autobasculantes. Los camiones basculantes de gran capacidad tienen un peso bruto de más de 32 toneladas, mientras que los camiones basculantes más pequeños tienen pesos brutos de 24 y 16 toneladas. Los camiones provistos de recipientes a presión para la descarga neumática pueden estar provistos de un soplante accionado por un motor diésel para descargar sin necesidad del suministro exterior de aire comprimido. Los camiones autobasculantes pueden descargar directamente a los montones por medio de una cinta transportadora.

M. — Equipo e instalaciones de reserva

303. El alto costo del tiempo que el buque permanece en el puerto hace indispensable poder disponer del equipo necesario durante todo el tiempo que el buque esté atracado al muelle. Una avería que interrumpe el funcionamiento de las instalaciones durante las operaciones de carga y descarga puede tener por resultados el pago de sobrestadías muy onerosas. El mantenimiento preventivo puede reducir considerablemente ese tipo de incidentes, pero siempre habrá interrupciones en el funcionamiento debidas a averías. Además de contar con la mano de obra calificada precisa para reparar rápidamente la avería, hay que pever la duplicación de ciertos transportadores y el necesario desvío de los flujos de material. También hay que considerar la posibilidad de contar con otros equipos de reserva para las operaciones de carga y descarga. Esto puede hacerse de distintas formas, por ejemplo, dedicando dos recogedoras a un solo almacenamiento, o recurriendo a una pala móvil de ataque frontal de alta capacidad. Este tipo de cargadores de reserva puede ayudar también a mantener el ritmo normal de recogida durante los momentos de máxima demanda, utilizando tolvas recogedoras de emergencia montadas en vías paralelas a los transportadores de recogida.

304. Las cucharas son máquinas de funcionamiento muy seguro, pues sólo tienen algunos elementos sujetos al desgaste y cualquier reparación de las garras, mandíbulas y soportes puede efectuarse fácilmente y a bajo costo en un taller. Por lo general se compran varias cucharas para un solo descargador, a fin de disponer del tipo adecuado para cada una de las mercancías a granel y buques, disponiéndose también de cucharas de reserva para cada producto. Cuando están en funcionamiento dos descargadores, una de las máquinas puede seguir funcionando durante el breve tiempo necesario para cambiar la cuchara del otro. Al proyectar el muelle hay que tomar disposiciones adecuadas para el almacenamiento de las cucharas y para su transporte al taller de reparación.

N. — Consideraciones ambientales

305. La prevención de la contaminación es un importante elemento de costo y en cualquier proyecto habrá que comenzar por definir una política del medio ambiente. La autoridad competente tendrá que precisar la importancia que asigna al medio ambiente local, y el precio que está dispuesta a pagar para protegerlo. Para poder tomar una decisión, el planificador tendrá que elaborar una exposición sobre los efectos probables del proyecto sobre el medio ambiente local, si no se tomase ninguna precaución especial. Además, habrá que hacer un estudio de las condiciones de trabajo en la terminal. En esta fase, se recurrirá a la colaboración de expertos para definir las especificaciones apropiadas para explicar la política establecida.

306. El material manipulado puede ser muy polvoriento, o peligroso para la salud o inclusive capaz de formar mezclas explosivas con el aire o la humedad. Se plantean varios problemas en lo que respecta a la supresión o extracción del polvo. En primer lugar, hay que especificar claramente el grado de contaminación tolerable fijando cuantitativamente las exigencias mínimas, por ejemplo, que la zona situada a una determinada distancia de la instalación no debe contener más de un número determinado de gramos de polvo por metro cúbico. Deben evitarse expresiones imprecisas tales como «casi sin polvo» o «que el ingeniero estime satisfactorio». De una instalación cuyo mantenimiento sea inadecuado se desprenderán grandes cantidades de polvo; por eso al elegir el equipo hay que buscar la simplicidad del diseño y la facilidad de mantenimiento.

307. Hay que hacer un estudio del equipo utilizado en la práctica para la manipulación de materiales semejantes, a fin de determinar sus efectos sobre el medio ambiente. Por ejemplo, se han buscado muchas maneras de hacer hermética al polvo la tolva de recepción del descargador cuando el material se descarga de la cuchara a la tolva. Una cortina de aire impedirá que se difunda el polvo de la descarga, pero hay que recordar que la cuchara tiene que atravesar esa cortina para llegar a su posición de descarga y que el aire soplará cierta cantidad, de material de la parte superior. Un método más eficaz puede ser instalar la tolva en una cámara cerrada con cortinas de caucho.

308. Muchas veces el viento contribuirá a evitar la contaminación arrastrando el polvo hacia el mar, suponiendo que esto sea aceptable. Sin embargo, una instalación portuaria situada a barlovento de una zona habitada puede, en caso de fuerte viento, tener problemas serios cuando se manipulan productos polvorientos sin un control eficaz del polvo. En tales casos es posible que haya que suspender las operaciones, con los elevados costos consiguientes debidos a las demoras de los buques. En algunos casos puede rociarse con agua el material para impedir la emisión de polvo o bien almacenar ciertas cargas en un recinto cerrado.

309. Hay que tener presente el peligro de corrosión y tratar adecuadamente todas las estructuras para protegerlas contra los efectos de la atmósfera húmeda y salina así como contra la acción de los materiales que se manipulan. Habría que buscar asesoramiento de expertos, a fin de poder aprovechar la experiencia adquirida en las instalaciones existentes. Si se blindan las estructuras con planchas de protección, estas últimas tendrán que ser objeto de las mismas precauciones. En los climas cálidos, las altas temperaturas diurnas producen una fuerte condensación durante la noche. Eso se ve sobre todo en el interior de los silos.

310. El viento también puede arrastrar materiales polvorientos de las cintas transportadoras si éstas no están protegidas con paneles contra el viento, un simple armazón o un conducto totalmente cerrado. Además, el viento puede dificultar el movimiento de la cinta transportadora y, en casos extremos, sacarla de los rodillos de tensión, sobre todo cuando no transporta carga.

311. Tratándose de cargadores y descargadores, hay que tener muy en cuenta la necesidad de trabajar en días de viento. La fuerza que se emplea en cada operación debe adaptarse en consecuencia, sobre todo cuando los cargadores o descargadores se desplazan a lo largo del muelle. Hay que tener en cuenta las fuerzas contrarias del viento cuando el equipo se mueve contra el viento o a favor del viento, y hay que tener presente el viento para determinar la fuerza de frenado

necesaria para detener el movimiento en una distancia determinada. En caso de vientos tormentosos, hay que prever dispositivos de anclaje especiales a los que pueda amarrarse el equipo con entera seguridad.

O. — Planificación

312. A veces se afirma que la planificación de una terminal portuaria de carga a granel deben realizarla en su totalidad los planificadores de la industria del producto de que se trate, como parte del sistema total de distribución física, por ejemplo desde la mina situada en el interior del país hasta el cliente de ultramar. Es evidente que, a su debido tiempo, los planificadores de la industria deberán elaborar un plan global coherente sobre la base de los principios económicos del transporte directo. Con frecuencia es posible hacer grandes economías coordinando el ritmo de producción, el transporte por tierra, el almacenamiento y la manipulación en el puerto y el transporte marítimo. Sin embargo, la labor del planificador del sector de la industria no exime a la administración del puerto de la obligación de planificar y definir los principales parámetros del proyecto de todas las instalaciones de carga seca a granel situadas en la zona del puerto.

313. El planificador del puerto necesitará, en una fase inicial de la planificación, saber las consecuencias generales, en lo que respecta a las zonas terrestres y marítimas, de la evolución a largo plazo del transporte de carga seca a granel. Además, cuando el planificador industrial prepare el proyecto en detalle tendrá que mantener estrechas consultas con el planificador del puerto para asegurarse de que son correctos los principales parámetros del proyecto del terminal.

314. Además, muchas veces una terminal de carga seca a granel tiene varios usuarios y, en lo que a ellos respecta, es evidente que la responsabilidad del proyecto incumbe a la administración del puerto. Habrá partes comunes de una instalación que sean utilizadas por diversos usuarios para productos más o menos compatibles. Por otra parte, habrá que llegar a un compromiso entre las exigencias de los distintos usuarios.

315. Por esos motivos, el planificador del puerto deberá efectuar sus propios cálculos en lo que respecta a cada uno de los puntos siguientes, para los cuales se indican procedimientos en el presente manual:

a) La capacidad horaria efectiva de cada instalación de manipulación y las capacidades combinadas de todas las instalaciones de manipulación;

b) El número de puestos de atraque y el número de aparatos de carga y descarga de cada puesto;

c) La capacidad y ubicación de las instalaciones de almacenamiento de reserva, almacenes y depósitos;

d) La capacidad del parque de vehículos de transporte interior.

316. En condiciones ideales, el planificador del sector industrial debería estar en situación de facilitar a las autoridades portuarias las especificaciones relativas al servicio que habrá de prestar el puerto, así como una evaluación del costo portuario por tonelada previsto, basado, en el caso de las exportaciones, en el precio de venta f.o.b. aceptable de las exportaciones. Cuando no se proporcionen las especificaciones de servicio ni los costos previstos, el planificador puede tener que realizar estimaciones generales de los niveles aceptables de costo y de servicio a los buques.

317. Desde el punto de vista de los intereses del puerto, es preferible disponer de una terminal de carga a granel de gran capacidad en lugar de dos o más terminales de poca capacidad anual. Cuando el crecimiento de las exportaciones se considere posible pero no seguro, quizás fuera conveniente empezar con unas instalaciones modestas y no demasiado costosas. Aun así, habrá que tener en cuenta la posibilidad de instalar cargadores y transportadores de mayor capacidad y de aumentar la superficie de almacenamiento en caso necesario, en una etapa posterior, sin causar ninguna interrupción importante de las operaciones. Mediante una planificación cuidadosa, la ampliación realizada de esta forma resultará más económica que la construcción de una segunda terminal para el mismo tipo de material.

318. La capacidad de la terminal para cargar y descargar buques se determina mediante un análisis conjunto del número de puestos de atraque y de instalaciones de carga o descarga de cada puesto, así como de su ritmo de manipulación. Los ritmos de manipulación de los cargadores son en gran parte función del ritmo de recogida de los materiales. Para este análisis deben utilizarse los diagramas de planificación I y II de los gráficos 51 y 52. Cuando las variaciones estacionales sean importantes, habrá que dedicar especial atención a las ventajas y desventajas de la inversión, cuestión que se examina en el capítulo II de la primera parte, relativo a los principios de planificación.

319. Los diagramas de planificación para la terminal de carga seca a granel se han preparado con objeto de ayudar al planificador del puerto en sus análisis económicos de los efectos de los diversos ritmos de manipulación sobre el tiempo de rotación de los buques. Además de los aspectos económicos, al planificador le interesan también los tiempos de servicio que requerirán los diversos volúmenes de los cargamentos. Esos diagramas se pueden utilizar indistintamente para una terminal de importación o de exportación de carga seca a granel.

320. Como ya se ha explicado, la productividad de cada instalación de carga o descarga varía según las características del buque y de la carga, así como en función de la posición de la carga en el buque. Los fabricantes suelen publicar unas capacidades nominales para un producto determinado que se basan en unas condiciones de funcionamiento casi óptimas. Así pues, hay que aplicar un determinado coeficiente de productividad o factor de eficiencia, que suele ser más o menos del 0,5% en el caso de los descargadores y cargadores, para obtener la capacidad horaria efectiva en condiciones de trabajo.

321. La ley del rendimiento decreciente rige en lo que respecta al número de cargadores o descargadores que pueden utilizarse en un buque. Es decir, que multiplicando por dos el número de instalaciones de un puesto de atraque no siempre se conseguirá duplicar el movimiento de mercancías. A los efectos del diagrama de planificación, se han supuesto los siguientes coeficientes de rendimiento para dos, tres, cuatro y cinco

GRAFICO 51

Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación I: tiempo de permanencia en el puesto de atraque

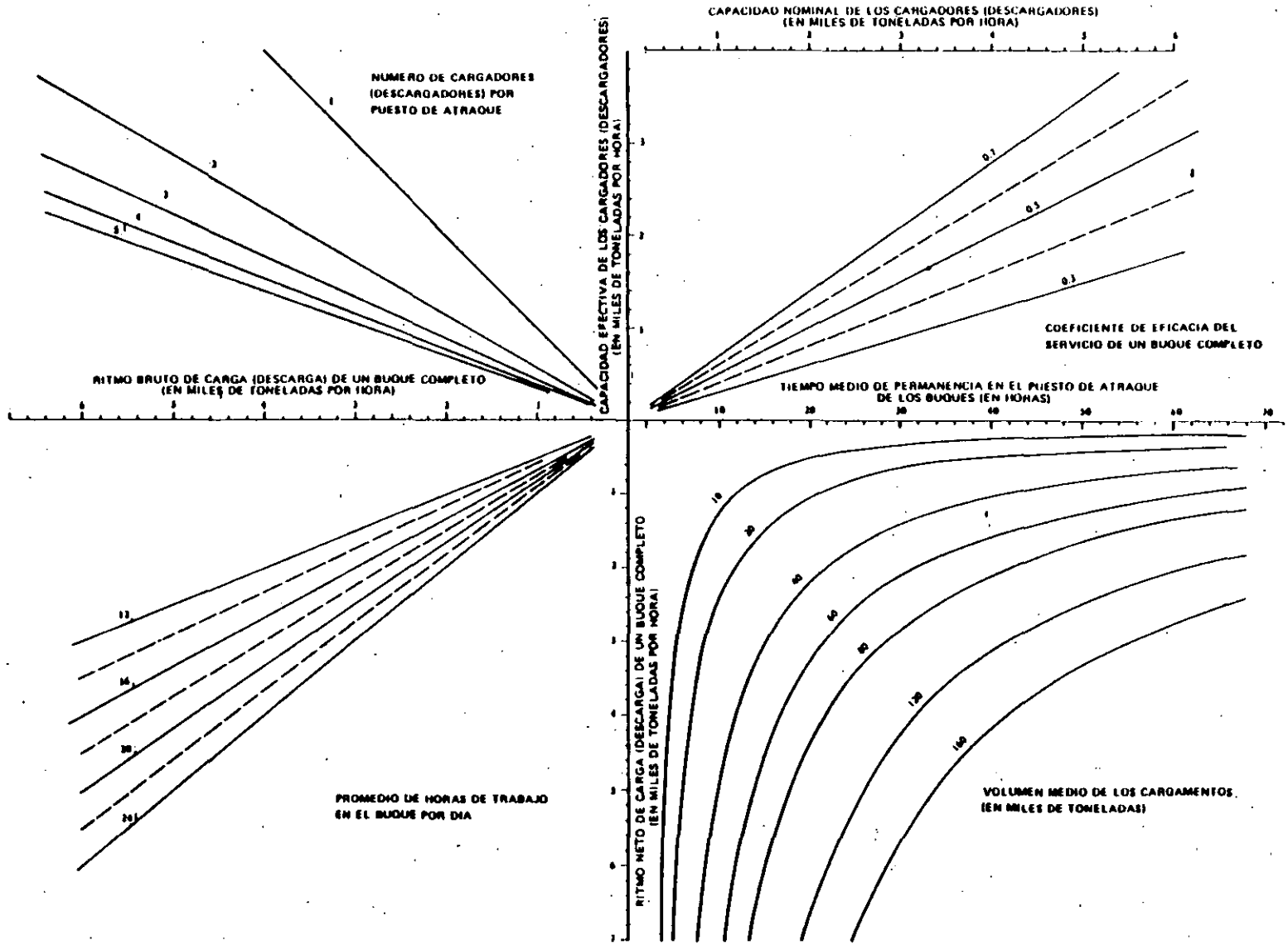
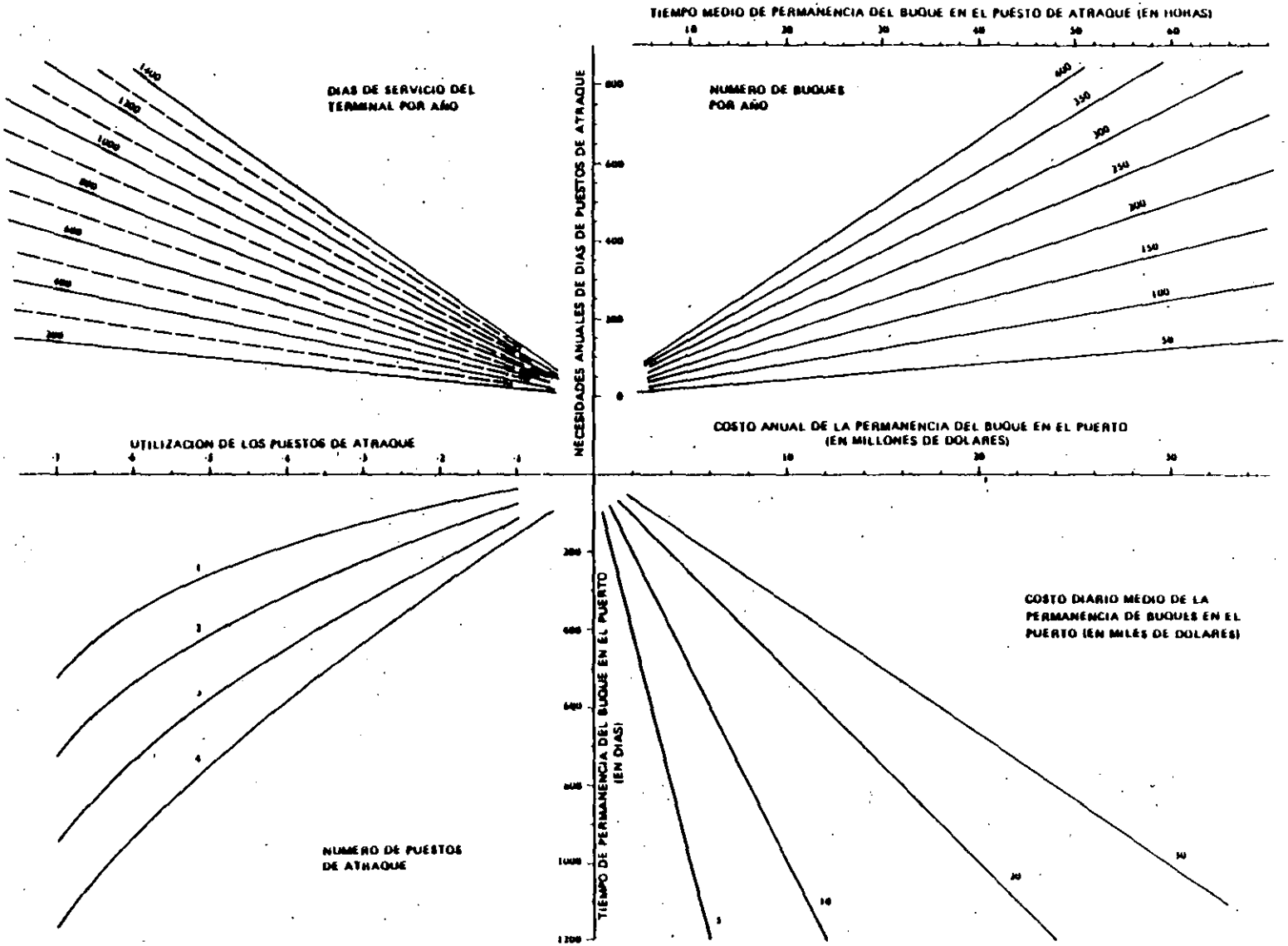


GRAFICO 52

Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación II: costo de la permanencia de buques en el puerto



cargadores/descargadores por puesto de atraque, respectivamente: 1,75, 2,25, 2,60 y 2,85.

322. Los diagramas de planificación I y II para terminales de carga seca a granel se utilizan del mismo modo que los diagramas de planificación I y II para terminales de carga seca fraccionada. El planificador necesita los datos básicos siguientes para poder utilizar esos diagramas: las capacidades nominales de los cargadores/descargadores, el volumen medio de los cargamentos, el número de buques al año, el costo medio de los buques por día y el número de días de servicio del puesto de atraque por año.

323. El planificador anota la capacidad nominal en el diagrama de planificación I y luego desciende al punto en que la vertical llega a la línea que representa el coeficiente de eficacia. Va horizontalmente hacia la izquierda hasta el próximo punto de inflexión definido por esa línea horizontal y la línea correspondiente al número de cargadores/descargadores por puesto de atraque. Vuelve a bajar hasta el número normal de horas de trabajo en el buque por día, se desplaza horizontalmente hacia la derecha hasta llegar al volumen medio del cargamento y, por último, sube hasta llegar al tiempo medio de permanencia de los buques en el puesto de atraque. A ese tiempo medio se ha añadido una demora típica de dos horas para el atraque y desatraque de los buques. Cuando la demora efectiva difiere de esta cifra, se puede ajustar en consecuencia el tiempo medio de permanencia en el muelle.

324. Los puntos de intersección con los ejes proporcionan al planificador la información siguiente: la capacidad efectiva de cada cargador o descargador; el ritmo bruto de carga o descarga; el ritmo neto de carga o descarga que equivale al ritmo bruto si el muelle funciona 24 horas diarias, y el tiempo medio de permanencia en el muelle de los distintos buques.

325. En el diagrama de planificación II el planificador inscribe el tiempo medio de permanencia del buque en el muelle. Se utiliza un método análogo al del diagrama de planificación I, con los siguientes puntos de inflexión: número de buques por año, número de días de servicio de la terminal por año, número de puestos de atraque y costo diario medio de permanencia del buque en el puerto. El número de días de servicio de la terminal por año está representado por la suma del número de días de servicio de cada puesto de atraque. Las intersecciones con los ejes proporcionan al planificador los datos siguientes: las necesidades anuales de días de puestos de atraque; la utilización de los muelles; el tiempo de permanencia de los buques en el puerto, y el costo anual de la permanencia de los buques en el puerto.

326. La relación entre la ocupación de los puestos de atraque y el tiempo de permanencia de los buques en el puerto se basa en la teoría de las colas. Tanto para la distribución del tiempo de servicio como para la distribución del tiempo entre las llegadas se utilizó la distribución Erlang 2. Al contrario de lo que sucede en las terminales de carga fraccionada, en los terminales de carga seca a granel hay tendencia a una cierta programación de las llegadas, y por esa razón se ha optado para la distribución de las llegadas por la Erlang 2, ligeramente menos acusada, y no por la Erlang 1 (exponencial negativa). Esas distribuciones se discuten en la sección D del anexo II.

327. El planificador también puede utilizar el primer diagrama para determinar la mejor combinación de capacidad nominal, número de instalaciones y período de servicio diario necesarios para un determinado tiempo de permanencia en el muelle y un volumen de cargamento determinado. Cuando se ha encontrado una combinación adecuada, el planificador puede utilizar el segundo diagrama para seleccionar el número de puestos de atraque necesario para el movimiento anual de mercancías previsto. El número aproximado de buques por año se calcula dividiendo el movimiento anual de mercancías previsto por el volumen medio de los cargamentos. Para determinar el número óptimo de puestos de atraque hay que hacer estimaciones del total de los tiempos de permanencia de los buques en el puerto utilizando diferentes números de puestos de atraque. El número óptimo de puestos será el número para el cual el total de costos de muelle y de buque sea menor.

328. Se necesita una reserva de material para la exportación como elemento de regulación entre el sistema de entrega a la terminal y el sistema de carga del buque. La distribución de las llegadas al sistema de entrega depende del ritmo de producción y del sistema de transporte interior. Por lo general, el ritmo de llegada es mucho más lento que el de carga de los buques, y por razones de economía, no hay que hacer esperar al buque. Por consiguiente, cuando llegue un buque deberá estar almacenada en el puerto la cantidad de mercancía necesaria para formar el cargamento.

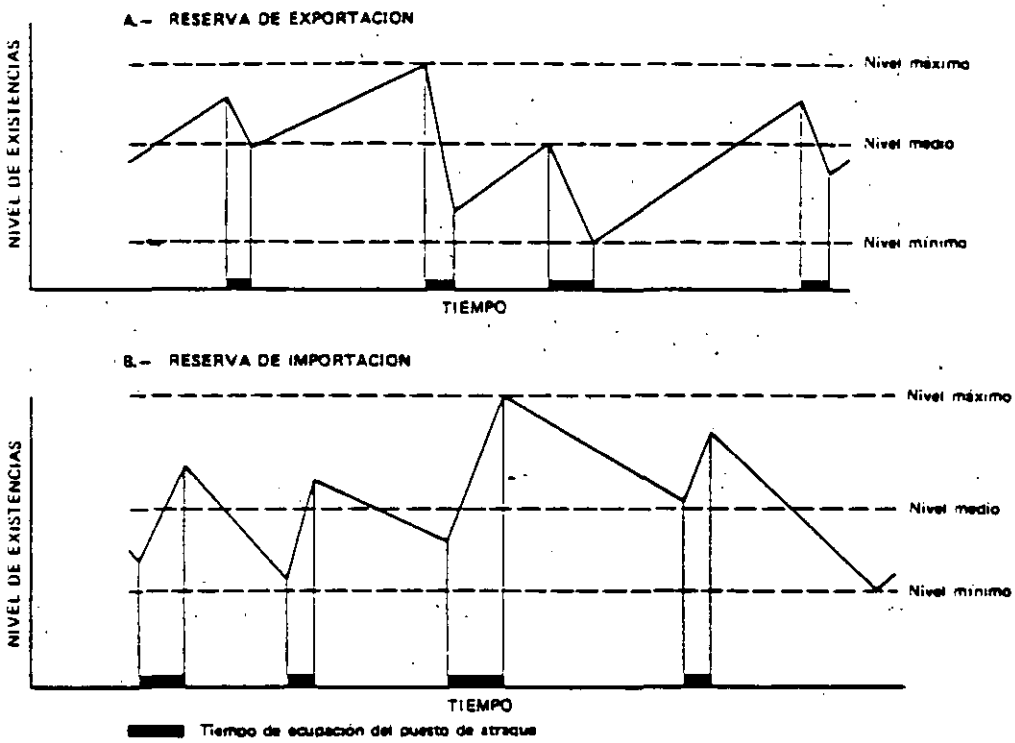
329. Con la reserva de material de importación ocurre lo contrario, dado que la red de transportes interiores funciona a un ritmo mucho más lento que las operaciones de descarga del buque. La reserva de material no deberá nunca ser tan grande que impida a un buque descargar, ni tan pequeña que se interrumpa la distribución en el interior y resulten afectadas las industrias que utilicen los materiales a granel.

330. El planificador se enfrenta con el problema de seleccionar un nivel de existencias y una capacidad de almacenamiento que, al actuar como elemento regulador entre una oferta y una demanda variables, reduzca al mínimo los costos. Si el nivel desciende demasiado, se producirá una situación en la que el buque o la zona industrial tendrán que esperar para conseguir el material que precisan. Si la capacidad de almacenamiento es insuficiente, el sistema que suministra material a la reserva —los transportes interiores o el buque— tendrán que esperar. Esos gastos que entraña la espera tienen que compararse con los gastos de capital y de funcionamiento originados por la creación y mantenimiento de la reserva.

331. La superficie necesaria para el almacenamiento depende de los factores siguientes: el volumen del cargamento de los buques, la distribución de las llegadas, la distribución de los transportes internos y los ritmos de carga y descarga de los buques. Por lo que respecta a la carga de exportación, las necesidades de transporte interior dependerán de los ritmos de producción. Los factores mencionados son estocásticos y, por consiguiente, no existe una solución al problema de determinar el nivel adecuado de las existencias ni

GRAFICO 53

Variación típica del nivel de existencias en una terminal de carga seca a granel



la capacidad de almacenamiento. El gráfico 53 muestra una variación típica del nivel de existencias en un período determinado.

332. Para evaluar los aspectos económicos de las diversas políticas en materia de almacenamiento se puede utilizar el método de la simulación o el de Montecarlo, descritos en el anexo II. Sin embargo, como muchas veces la información sobre las variables mencionadas es limitada, se han formulado ciertas hipótesis (véase el anexo a este capítulo). Las curvas basadas en esas hipótesis, que se dan en el gráfico 54, muestran los niveles medio y máximo de la reserva que reducen a menos del 1% la probabilidad de que se produzca una interrupción en las operaciones de los buques, de las zonas de producción o de zonas industriales. Ahora bien, el costo de mantener ese nivel de existencias y de crear la capacidad de almacenamiento necesaria pudieran ser superiores al costo de las interrupciones.

333. Dada la simplicidad del modelo, hay que tener cuidado al utilizar los diagramas que, sin embargo, pueden dar una primera idea aproximada del nivel a que habrá que mantener las existencias. Así pues, en una terminal que manipule un millón de toneladas por año, con buques que transporten un cargamento medio de 20.000 toneladas, la capacidad máxima de almacenamiento deberá ser de 140.000 toneladas y el nivel medio de la carga almacenada de 75.000 toneladas. A esas cifras hay que añadir la reserva inactiva, es decir, el material residual que no se carga en el buque con objeto de evitar demoras a los buques como consecuencia del lento proceso que supone vaciar completamente la zona de almacenamiento. Este proceso, que se realiza en los períodos de inactividad, debe completarse dentro de un plazo determinado con objeto de evitar la deterioración de las mercancías.

334. Con frecuencia hay que separar las mercancías a granel según sus características. Por ejemplo, en lo que hace a las importaciones, cada zona de almacenamiento deberá tener el tamaño suficiente para dar cabida por lo menos al cargamento completo de un buque de cada procedencia. En una terminal de importación de mineral de hierro cada zona de almacenamiento tiene una capacidad superior en un 50% al volumen de carga que puede transportar el mayor buque utilizado. Eso permite dar cabida al siguiente cargamento completo de un mineral similar antes de que se haya agotado por entero el primer cargamento. Así pues, al planificar las zonas de almacenamiento para carga a granel hay que tener en cuenta ese factor.

335. Si se proyecta una instalación de almacenamiento de la terminal teniendo en cuenta las fluctuaciones estacionales o del mercado con objeto de proporcionar un suministro continuo a pesar de la irregularidad del consumo, o viceversa, habrá que disponer de amplias zonas de reserva. Es evidente que, en este caso, resulta antieconómico dotar de un alto grado de mecanización a toda la zona de almacenamiento; por lo que habrá que seleccionar un sistema adecuado.

336. Una vez determinada en toneladas la cuantía de la reserva, el planificador deberá proceder a determinar la disposición y la superficie necesarias para almacenar ese tonelaje. En el gráfico 55 se muestran diversas diposiciones posibles, donde α representa el talud natural del material, h la altura, l la longitud

GRÁFICO 54

Directrices para determinar el volumen de la reserva de exportación en función del movimiento anual de mercancías y del cargamento medio de los buques

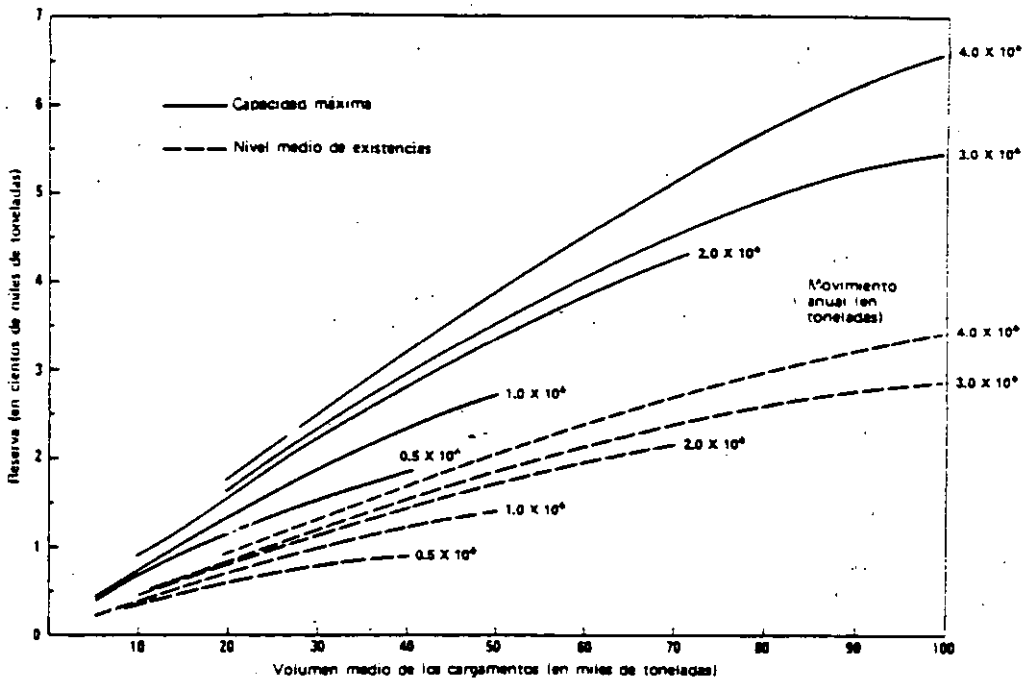
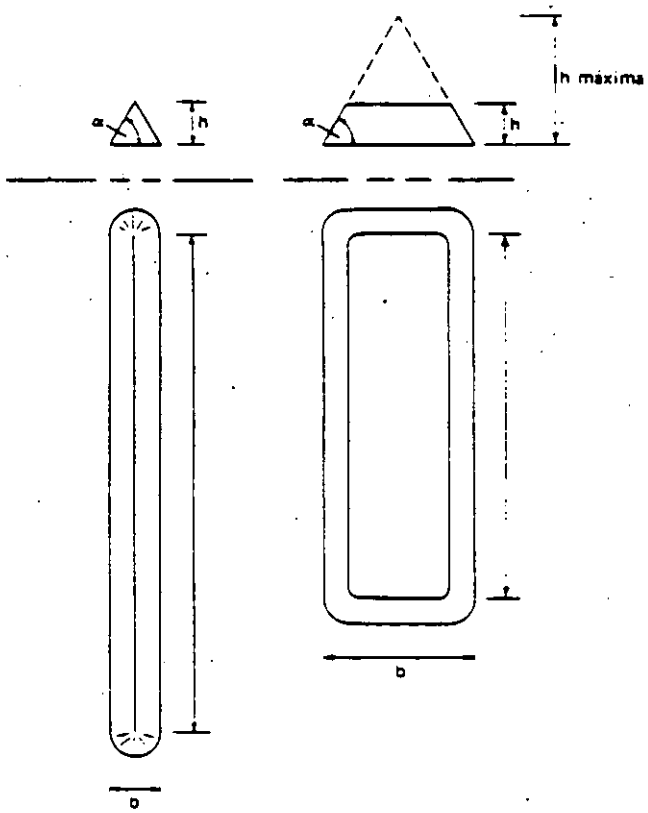


GRÁFICO 55

Disposición de los montones de material



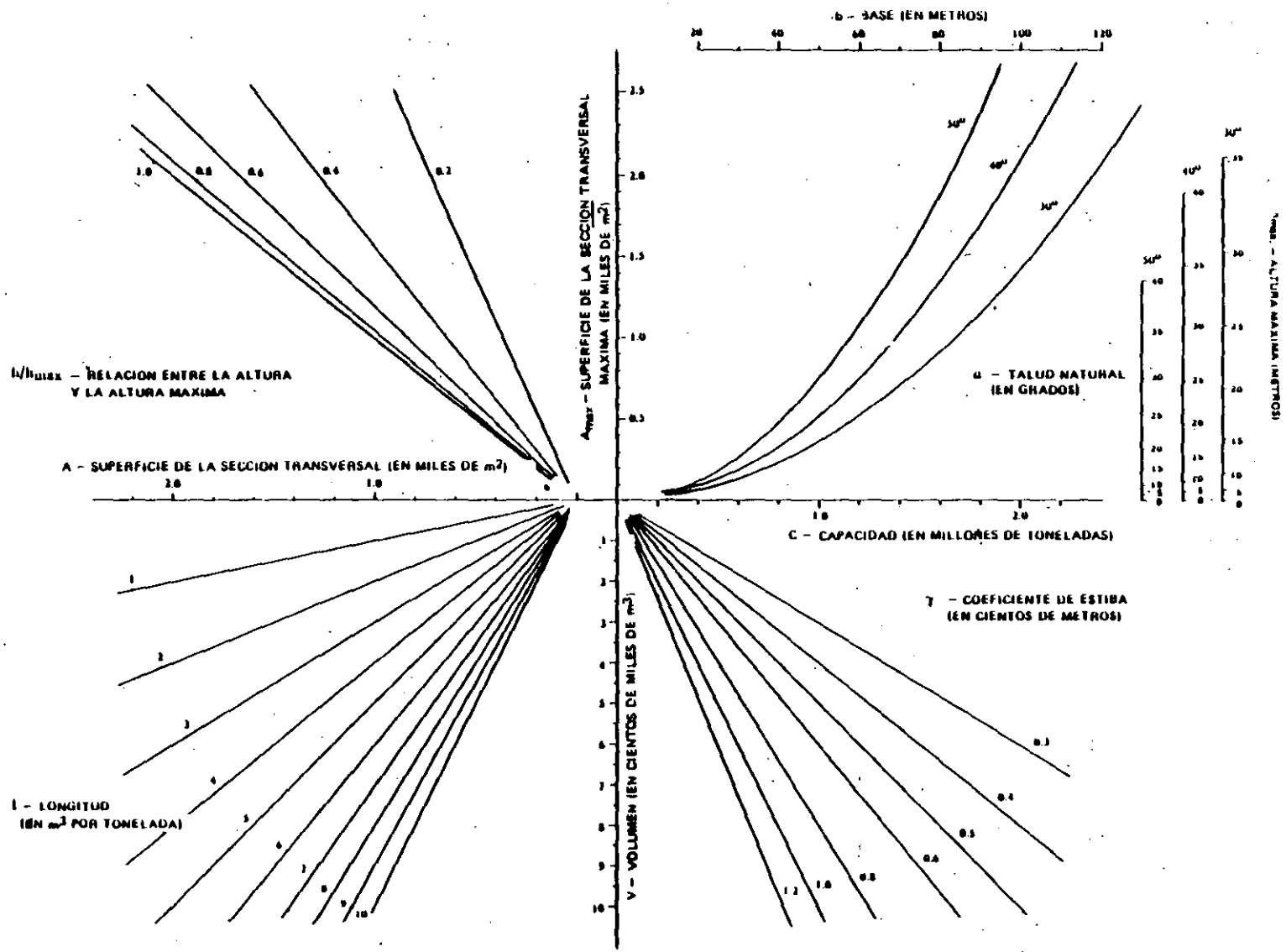
y b la base. La altura y la base de la pila o monto dependerán de las características del material, de la carga admisible del piso y del alcance de la apiladora-recogedora. Con esas dimensiones el planificador podrá servirse del diagrama de planificación III del gráfico 56 para calcular las dimensiones de la reserva de material de la terminal de carga seca a granel.

337. Para utilizar el diagrama se parte de la cifra correspondiente a la base o anchura del montón de material. Se baja luego hasta la línea que representa el talud natural del producto, que es el ángulo formado por la horizontal y la generatriz del cono que se forma al descargar el material. En el anexo I se dan los taludes naturales de diversos productos. Trazando una línea hacia la derecha se halla la altura máxima a que se puede apilar el material y hacia la izquierda la superficie de la sección transversal máxima. La relación entre la altura real y la altura máxima determina el siguiente punto de inflexión. Se desciende desde ese punto a la línea que indica la longitud del montón. La superficie de la sección transversal del montón viene indicada por la intersección de esta trayectoria con el eje. De la línea correspondiente se pasa hacia la derecha hasta la línea del coeficiente de estiba y luego se sube hasta la línea horizontal que indica la capacidad del apilamiento. Para una base y una altura determinadas, puede modificarse la longitud con objeto de obtener distintas capacidades de almacenamiento.

338. La determinación del número de vehículos de transporte interior es sencilla, pese a lo cual no debe omitirse nunca al efectuar la planificación, con objeto de tener debidamente en cuenta el número, a veces enorme, de vehículos que serán necesarios. A conti-

GRAFICO 56

Terminal de carga seca a granel — Diagrama de planificación III: dimensiones de los montones de material



CUADRO 6

Planificación de los medios de transporte para un solo producto

Movimiento anual de mercancías del terminal (toneladas)	*Número de días hábiles para el transporte por año*	*Demanda diaria de transporte (toneladas)*	*Capacidad media de los vehículos (toneladas)*	*Demanda diaria de vehículos*	*Promedio de viajes por día*	*Número de vehículos necesarios*
Exclusivamente por carretera:						
2 000 000	278	7 200	24	300	3	100, más la reserva de mantenimiento = 110 camiones
Exclusivamente por ferrocarril:						
2 000 000	330	6 060	20	303	1	303, en 5 trenes de unos 60 vagones cada uno
Combinación sugerida:						
20% por carretera						
400 000	278	1 440	24	60	3	20 más la reserva = 24 camiones
80% por ferrocarril						
1 600 000	330	4 850	20	242	1	242, en 4 trenes de unos 60 vagones cada uno

nuación se indican los elementos que suelen ser susceptibles de error:

a) El número de días laborables de transporte por año;

b) El promedio de viajes por día;

c) El número de vehículos de carretera fuera de servicio por mantenimiento y reparación.

339. Teniendo presentes esas consideraciones, el método de cálculo para un solo producto es simple y directo. En el cuadro 6 se da un ejemplo cifrado. Se indican en primer lugar las consecuencias que tendría el transportar toda la producción por carretera o por ferrocarril, y luego se hace una sugerencia para la repartición de la carga. Es necesario disponer de vehículos de reserva, no sólo para el mantenimiento del material sino también para poder aumentar el número de vehículos temporalmente en los momentos de máxima demanda.

340. Surge una complicación cuando es necesario transportar varios productos diferentes utilizando los mismos medios. Por ejemplo, una fundición de aluminio puede necesitar importar 1.500 toneladas de coque de petróleo por cada 5.000 toneladas de alúmina importadas, y exportar luego por la misma ruta 2.500 toneladas de aluminio. En ese caso, lo normal sería planificar el transporte de los tres productos conjuntamente. En el transporte por ferrocarril podría recurrirse a un sistema de trenes en circuito cerrado. En el transporte por carretera se podría coordinar el transporte de diferentes productos utilizando el mismo parque de vehículos. En el ejemplo de la fundición de aluminio, como no hay posibilidad de equilibrar las corrientes de importación y exportación y como, además tipo de vehículo adecuado para la alúmina y el co es inadecuado para transportar barras y lingotes de aluminio, sería conveniente introducir dos sistemas de transportes separados y aceptar que el viaje de regreso se haga con un cargamento reducido.

341. En el cuadro 7 se da un ejemplo cifrado de esta solución. En relación con el cuadro 6 hay aquí un elemento adicional, a saber, que en la operación común de transporte de alúmina y de coque deben preverse unos cuatro días para el transporte de la alúmina y un día, aproximadamente, para el transporte del coque. Ese calendario dependerá de la capacidad de la reserva existente en el puerto y en la fundición y, a su vez, influirá en esa capacidad; también habrá de

CUADRO 7

Planificación de los medios de transporte para varios productos

Movimiento anual de la fundición:
Producción: 120 000 toneladas de aluminio
Insumos: 240 000 toneladas de alúmina
72 000 toneladas de coque de petróleo

Necesidades semanales (toneladas)	*Número de días programados por semana*	*Toneladas de transporte por día*	*Capacidad media de los vehículos (toneladas)*	*Demanda diaria de vehículos*	*Promedio de viajes por día*	*Número de vehículos necesarios*
Alúmina 4 615	4	1 154	20	58	6	10
Coque 1 385	1	1 385	20	69	6	12
Propuesta: 12 vehículos más 3 de reserva = 15 camiones						
Aluminio 2 310	5	462	22	21	4	5+
Propuesta: 7 tractores de remolque, incluidos los vehículos de reserva						

tener en cuenta los gastos causados por la limpieza de los vehículos y los cambios que se hagan en las instalaciones comunes de recepción y de entrega de acuerdo con los distintos productos.

P. — Principales productos a granel

1. Mineral de hierro

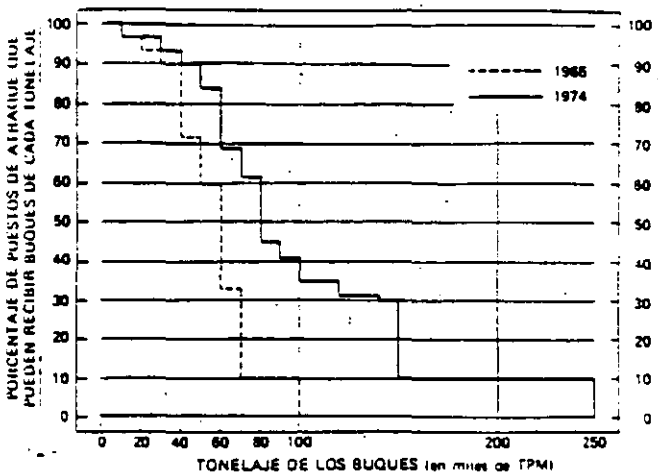
342. El mineral de hierro es la carga seca a granel más importante en el tráfico marítimo, y en toneladas representa casi un 20% de las expediciones totales de carga seca. El mineral de hierro comprende minerales como la magnetita, la hematites, la limonita, la siderita y las piritas de hierro tostadas. El mineral de hierro raramente se vende en la forma en que se extrae de la tierra, ya que normalmente se elabora para mejorar sus características o aumentar su contenido en hierro. Para ello se utilizan procedimientos de lavado, trituración, cribado, y aglomeración (nodulización, sinterización, briquetación) y diversos métodos de concentración. Tradicionalmente, la separación de los desechos del mineral la ha venido realizando el consumidor. Sin embargo, la situación está cambiando y ahora hay la tendencia a realizar ciertas operaciones para aumentar el contenido de hierro del mineral en el lugar de la producción.

343. El mineral transportado tiene un coeficiente de estiba que varía entre 0,3 y 0,8 metros cúbicos por tonelada métrica. El mineral de hierro se transporta siempre a granel y en cargas completas. Durante el pasado decenio, en el tráfico de mineral de hierro se ha desarrollado una fuerte competencia entre los diversos proveedores, caracterizada por un incremento de la distancia entre las fuentes del mineral y los mercados y por el empleo de graneleros del mayor tamaño posible. Al aumentar las distancias, la rápida rotación en los puertos de los mineraleros especializados ya no compensaba la pérdida de tiempo que suponían los largos viajes en lastre. Por ello, los mineraleros especializados han ido siendo reemplazados por cargueros mixtos que permiten una mayor flexibilidad de utilización. En 1975, el 92% de las expediciones totales de mineral de hierro fueron transportadas en graneleros y cargueros mixtos de más de 18.000 TPM y el 63% en buques de más de 60.000 TPM.

344. Aunque en los países en desarrollo no hay ninguna gran terminal para la descarga de mineral de hierro, sí existen varias terminales de carga. Por lo que

Gráfico 57

Puestos de atraque para la carga de mineral de hierro: tonelajes máximos aceptables de los buques



Fuente: M. Latham, «Developments in handling dry bulk cargo», en *Progress in cargo handling*, vol. 6, *Changing user requirements*, ICHCA, Londres, Gower Press, 1976.

se refiere a las terminales de carga, el gráfico 57 muestra la distribución de los puestos de atraque en relación con el tamaño de los buques, y su evolución a lo largo del tiempo. En general, lo puertos utilizados para la carga y la descarga de mineral de hierro actúan como terminales de transbordo, que enlazan dos modos de transporte y, por lo tanto, casi siempre es necesaria cierta capacidad de almacenamiento de reserva que sirva de amortiguador entre los movimientos del transporte terrestre más o menos continuos y los movimientos intermitentes del transporte marítimo. El gráfico 58 muestra una terminal típica para la exportación de mineral de hierro.

345. Los minerales de hierro varían tanto por la naturaleza de sus componentes distintos del hierro como por su contenido en hierro. Son generalmente polvorientos y aunque la contaminación debida al polvo varía según las distintas calidades y los tamaños de las partículas es generalmente necesario contar con equipo de extracción de polvo y estudiar cuidadosamente la ubicación de la terminal. Dada la importancia de la producción de acero de una calidad adecuada para un fin determinado, es necesario controlar la mezcla de minerales que van a los altos hornos. Ello requiere la separación de los minerales según sus pro-

Gráfico 58

Corriente de material en el puerto de exportación de mineral de Nouadhibou (Mauritania)

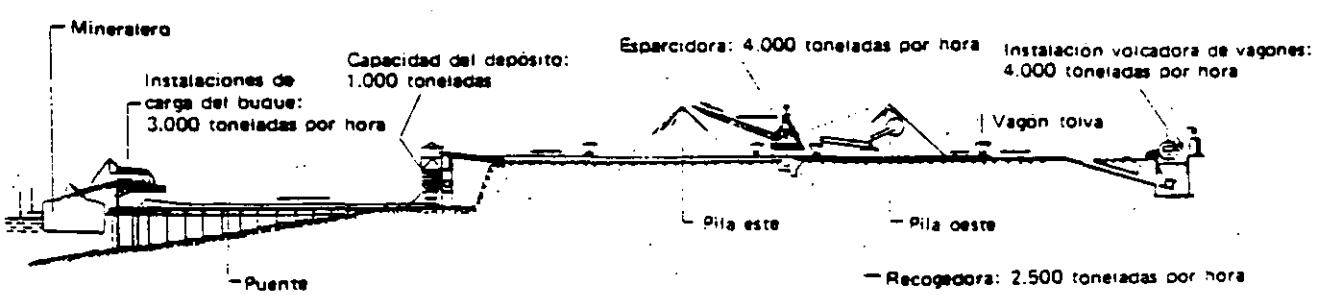
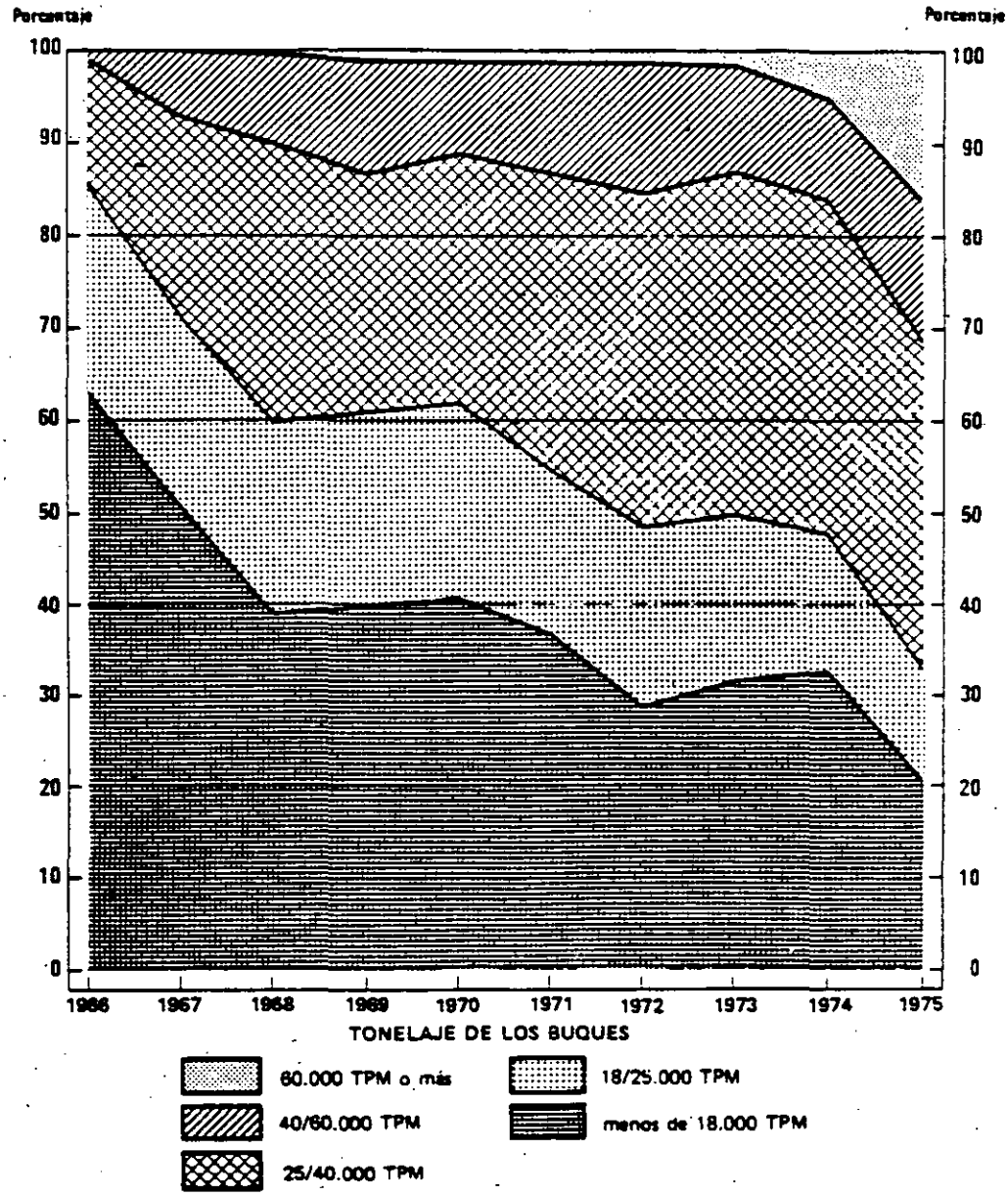


GRAFICO 59

Tonelaje de los buques utilizados para el transporte de cereales



piedades. La densidad del mineral de hierro limita la altura a que se puede apilar debido a los límites de la carga admisible del terreno. El talud natural es, por lo general, inferior a 40°

2. CEREALES

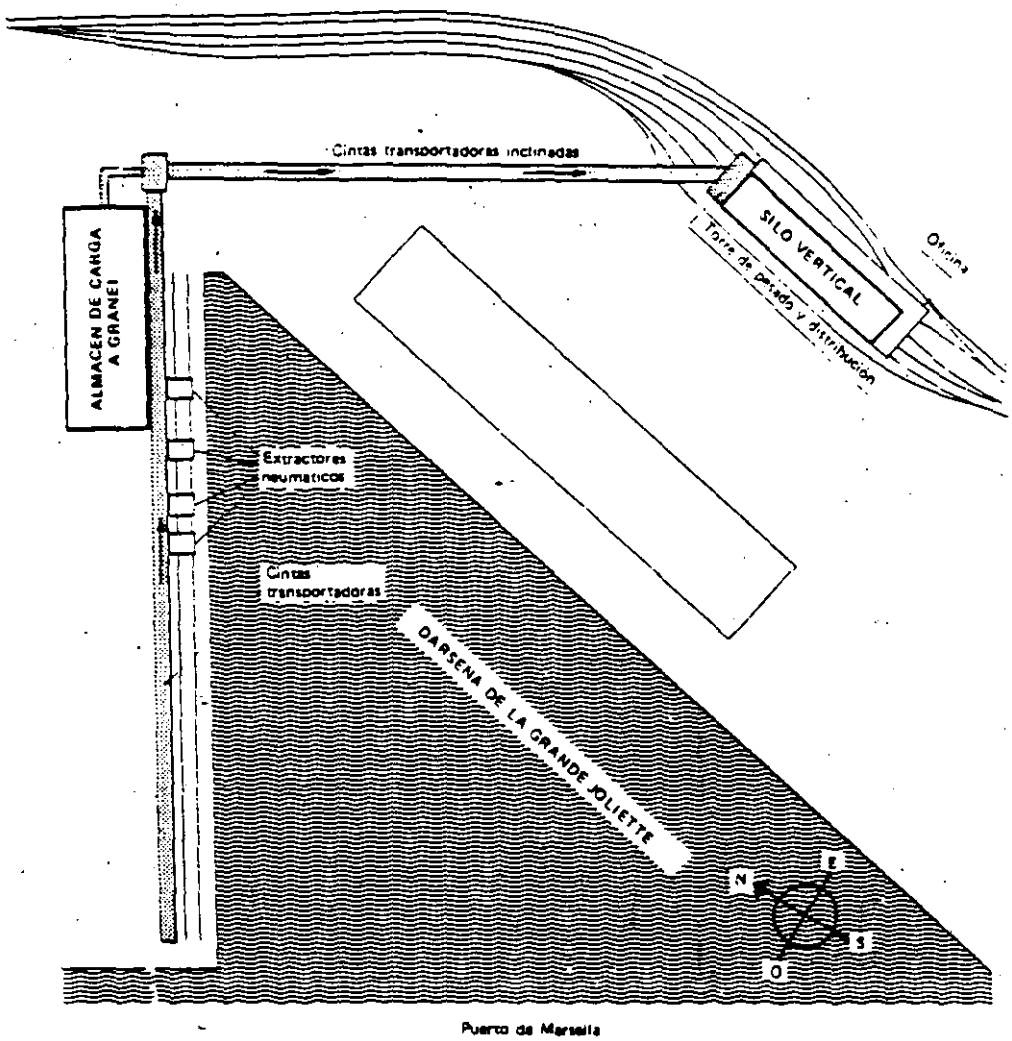
346. En 1975 el comercio marítimo de cereales era de 137 millones de toneladas y representaba el 9% de las expediciones totales de carga seca. Esas expediciones se componían de trigo (60,2 millones de toneladas), maíz (44,6), soja (15,9), cebada/avena/centeno (10,6) y sorgo (9,5). Además, se transportaron en travesías cortas unos 5 millones de toneladas de arroz. Estos cereales tienen distintas densidades, lo que implica distintas condiciones de estiba y de manipulación. Además, los cereales son un producto perecedero que requiere una ventilación apropiada y una adecuada protección contra la intemperie y las plagas durante su transporte y almacenamiento.

347. En el transporte marítimo, los cereales pueden dividirse en dos categorías: las expediciones comerciales y las expediciones que se realizan en virtud de la asistencia internacional. Los envíos comerciales, por orden de importancia, van a Europa occidental, Japón, URSS y Europa oriental, siendo los principales exportadores los Estados Unidos, Canadá y Australia.

348. En el tráfico de cereales, las variaciones de las condiciones climáticas tienen como consecuencia amplias variaciones de la oferta y la demanda, con las fluctuaciones consiguientes de las necesidades de transporte. Sin el incentivo de un nivel sostenido de demanda de importaciones en cada país, y dados los altos costos de capital de las instalaciones, a menudo

GRAFICO 60

Plano de una terminal de cereales típica



Puerto de Marsella

no resulta viable el desarrollo de los puertos para acoger buques dedicados al transporte de cereales. Una solución consiste en utilizar equipo neumático móvil. Por otra parte, la tendencia a la normalización de los tipos y tonelajes de los buques ha sido menos pronunciada que en otros tráficos de carga a granel. Se utilizan muchos tipos de buques, desde los pequeños buques de entrepuente de tipo clásico, pasando por graneleros de diversos tipos y tonelajes, hasta los cargueros mixtos de menor amaño e incluso algunos pequeños buques cisterna. Aunque el tonelaje medio de los cargueros utilizados ha aumentado a lo largo de los años, al pasar a este tráfico algunos cargueros mixtos de unas 150.000 TPM [13] los buques más corrientemente utilizados son de hasta 40.000 TPM, y la mayoría se sitúan entre las 20.000 y las 30.000 TPM. Los buques de estos tamaños construidos durante el período 1971-1975 tenían, por término medio, 172 metros de eslora, 23,8 metros de manga máxima y 10,1 metros de calado de verano. La tendencia a utilizar buques mayores se ilustra en el gráfico 59.

349. Un ejemplo de terminal de cereales es el que posee y explota la administración del puerto de Marsella para todos los usuarios, que se utiliza principalmente para descargar cereales de los buques. El gráfico 60 muestra un plano de la terminal. Los cereales u otros materiales que pueden descargarse mediante un sistema neumático pueden almacenarse en el almacén de carga a granel.

350. En la terminal se utilizan dos puestos de atraque, con una longitud total de 297 metros, para descargar o cargar buques de hasta 9,8 metros de calado. Hay cuatro extractores neumáticos montados sobre raíles, con cuatro tubos de alimentación para descargar los buques, cada uno de ellos con una capacidad nominal de 250 toneladas por hora y una capacidad efectiva de 200 toneladas por hora. Dos de los extractores, cada uno de ellos con dos tubos de descarga independientes, pueden utilizarse también para la carga, pero tienen un rendimiento efectivo de 100 toneladas por hora solamente.

[13] Estos buques de gran tonelaje se transfirieron al tráfico de cereales después del hundimiento del tráfico de petróleo a partir de 1974.

351. Hay cuatro transportadores de cinta, cada uno de ellos con una capacidad nominal de 250 toneladas por hora; en dos de ellos puede invertirse el sentido para cargar los buques. Los cuatro transportadores llegan hasta el silo vertical donde se elevan los cereales hasta la parte superior de la torre de pesado y distribución. Hay cuatro básculas de cuba, cada una de ellas con una capacidad de tres toneladas, que permiten registrar el movimiento de cereales antes del almacenamiento. El silo vertical comprende 57 células de 420 metros cúbicos cada una y 40 células de 110 metros cúbicos cada una, lo que permite almacenar unas 20.000 toneladas de cereales. Desde el silo se puede descargar en camiones o en vagones de ferrocarril. El personal necesario varía de 14 a 41 personas, según el número de extractores neumáticos utilizados.

3. Carbon

352. El tráfico marítimo de carbón ha aumentado apreciablemente desde el decenio de 1960, y en 1975 alcanzó los 127 millones de toneladas, aproximadamente el 8% de todas las expediciones de carga seca, en toneladas. Las principales zonas importadoras, por orden de importancia, son Japón, Europa occidental, Europa oriental y América del Sur y las principales zonas exportadoras son América del Norte, Australia y Europa oriental. En 1975, el Japón representaba casi el 65% de la demanda de tonelaje. La mayor parte del carbón transportado es coque, utilizado en la fabricación del acero.

353. Con la excepción del gran cabotaje, el tonelaje medio de los buques utilizados para el transporte de carbón ha experimentado un continuo aumento. En el gran cabotaje se utilizan buques de tamaños y tipos muy diversos, inclusive gabarras, y la mayor parte de los envíos se transportan en buques de menos de 15.000 TPM. Los cargamentos de carbón transportados en graneleros y en cargueros mixtos de más de 18.000 TPM representaban en 1975 el 77% del tráfico total en toneladas de este producto. La mayor parte de este tráfico en travesía larga se realiza en cargas completas de graneleros y cargueros mixtos de tipo clásico de 70.000 TPM o menos. El carbón representa el 15% del tonelaje total de carga seca a granel transportado en graneleros y sólo el 5% del transportado en cargueros mixtos.

354. El carbón tiene un coeficiente de estiba que varía de 1,2 a 1,4 metros cúbicos por tonelada métrica. Con todos los tipos de carbón, incluso la antracita, puede haber combustión espontánea, provocada por el calentamiento del carbón al absorber el oxígeno del aire. Hay que tener presente esta característica en la planificación del almacenamiento de carbón, a fin de que ninguna parte del carbón almacenado permanezca en el mismo sitio durante largos períodos. Generalmente, los carbones con gran porcentaje de cenizas y pobres en materias volátiles, como los que se utilizan en las centrales térmicas, pueden almacenarse sin peligro, aunque será inevitable cierta pérdida debida a la oxidación. Por otra parte, los carbones muy aglutinantes y ricos en materias volátiles que se utilizan para la producción de coque en la industria siderúrgica tendrán que vigilarse constantemente para localizar toda elevación sintomática de la temperatura en el almacén, mientras que otros carbones, por ejemplo las hullas de vapor, no pueden almacenarse en absoluto. Generalmente, los problemas causados por el polvo son mínimos y las pulverizaciones de agua en los lugares de transbordo y de descarga reducirán, en el peor de los casos, cualquier problema de este tipo. A continuación se describe una terminal típica de importación de carbón.

355. El carbón se descarga mediante dos descargadores de cuchara montados sobre un carretón móvil por encima de uno o más transportadores de muelle. Sobre los carriles se desplaza también una tolva móvil que recibe el carbón procedente de la cuchara del descargador. El carbón se descarga en el transportador de muelle por conducto de un dispositivo de alimentación adaptado a la base de la tolva. La tolva móvil puede engancharse al descargador, de modo que ambos se muevan juntos a lo largo del muelle, o puede desengancharse y apartarse cuando se manipula carga general.

356. El transportador de muelle traslada el material hasta otro sistema de transportadores de cinta, que lo lleva a la zona de almacenamiento, donde es recibido por cintas transportadoras de apilamiento que recorren toda la zona de almacenamiento. Montada sobre carriles, a ambos lados de la cinta, hay una apiladora móvil con pescante. Se trata de un aparato especializado compuesto por un volcador que descarga en un transportador montado sobre un pescante que puede girar en un ángulo de 270° y pasar de una posición por debajo de la horizontal a una inclinación máxima de 15°. La apiladora, que posee su propio motor y está dirigida por un operador, coloca el carbón en caballones.

357. La recogida del carbón se hace mediante una recogedora de rueda de cangilones, es decir, provista de una rueda con cangilones dotados de dientes. Esa rueda va unida a un pescante, que lleva una cinta transportadora en la que descargan los cangilones. A su vez, esa cinta descarga en una cinta transportadora de recogida, paralela al transportador de apilamiento. La cinta de recogida, que puede girar y cuya inclinación puede modificarse, está concebida para llegar prácticamente a los extremos de las pilas de carbón y está manejada siempre por un operador. Para recoger el material normalmente situado fuera del alcance de la recogedora, se utiliza una explanadora que empuja el carbón hasta ponerlo a su alcance.

358. Desde la cinta recogedora, el carbón se transporta mediante otro sistema de transportadores a un volcador situado sobre unos depósitos de carga. Esos depósitos elevados tienen una capacidad que les permite servir de reguladores entre el flujo de carbón recogido de los montones y el flujo de descarga para el transporte ulterior. El volcador suele estar manejado por un operador cuya tarea consiste en mantener constante el nivel de material en los depósitos, aunque esta operación puede ser ejecutada automáticamente utilizando un equipo complicado.

359. Debajo de los depósitos de carga hay tolvas pesadoras que reciben de los depósitos una cantidad de carbón previamente determinada, tras de lo cual se corta automáticamente la descarga procedente del depósito. Bajo los orificios de descarga de las tolvas

pesadoras se colocan los vagones de ferrocarril vacios. Estos ocupan sus posiciones exactas gracias a un regulador automático de posición vigilado por un operador, quien controla también la apertura de las compuertas de las tolvas pesadoras, lo que permite descargar rápidamente el carbón en los vagones.

360. En el caso de una terminal pequeña, todo el sistema de descarga desde el buque a la zona de almacenamiento puede estar dirigido por el propio operador del aparato de descarga, mientras que, en el caso de una terminal mayor, habría que instalar una sala central de control que pueda comunicarse con todas las secciones y con los operadores de la sección de descarga. Asimismo, la carga destinada al transporte ulterior y la correspondiente recogida de los montones podría dirigirlas el operador del dispositivo volcador encargado de mantener un nivel constante de material en las tolvas de carga. En una instalación más grande con un mayor control automático, esas operaciones podrían efectuarse bajo el control del operador encargado de la carga de los vagones. Una característica importante de una instalación de ese tipo es un sistema de enclavamiento automático que impide que comience a funcionar una sección antes de que la siguiente haya alcanzado la velocidad necesaria. Las necesidades totales de personal de una terminal de ese tipo deberían ser, por turno, de unas 28 personas: cuatro contramaestres, 14 operadores y un equipo de diez personas encargadas del mantenimiento y funcionamiento de los transportadores. En esta cifra no se incluye el personal del taller principal de reparaciones.

4. Fosfatos

361. El fosfato mineral (mineral que contiene fósforo, elemento nutriente de los abonos) es la principal materia prima utilizada en la industria de los abonos y la mercancía de mayor importancia para el tráfico marítimo dentro del grupo de los abonos. Corresponde a este tipo de minerales el 3% de los envíos totales de carga seca. Los 38 millones de toneladas transportados en 1975 fueron exportados por Africa noroccidental, la región del Mar Rojo, los Estados Unidos de América, Nauru, la isla Océano y la isla Christmas. Una novedad interesante es la fabricación de ácido fosfórico, producto intermedio del fosfato que aumenta significativamente el contenido de P_2O_5, que es la medida del valor del producto para la industria de los abonos. El comercio de ácido fosfórico previsto para 1980 es de 6 millones de toneladas. Las instalaciones de las terminales son totalmente diferentes, ya que el ácido es un líquido y se transporta en buques cisterna especializados.

362. La distribución por tamaños de los buques utilizados en el transporte de fosfato mineral muestra que el 46% del tráfico marítimo fue realizado por buques de menos de 18.000 TPM, el 21% por buques de 18.000 a 25.000 TPM, el 23% por buques de 25.000 a 40.000 TPM y el 10% por buques de más de 40.000 TPM. La mayor parte de los puertos en los que se carga el fosfato mineral no pueden recibir buques de más de 40.000 TPM.

363. El fosfato mineral es muy polvoriento y absorbe con mucha facilidad la humedad, lo cual puede crear problemas en el momento de la descarga. Su coeficiente de estiba medio es 0,92 a 0,9 metros cúbicos por tonelada. Prácticamente todos los envíos se hacen a granel en forma de concentrado pulverulento. En gran parte, el mineral triturado es muy fino y despide mucho polvo siempre en cada transbordo. Por lo tanto, es necesario tomar medidas para dispersar la nube de polvo que se forma, por ejemplo, cuando se descarga el material de un vagón o vehículo de carretera en una tolva. El material en sí no es tóxico, pero puede ser una molestia para el operador que está constantemente en contacto con él en el punto de descarga.

364. En el caso de una terminal clásica para la exportación de fosfato mineral, el fosfato puede llegar a la zona portuaria por dos métodos. El primero consiste en utilizar un ferrocarril directamente desde las minas, con vagones tolva especiales totalmente cerrados, con aperturas en el techo para la alimentación y descarga por la parte inferior. Los vagones se colocan sobre una serie de tolvas de descarga situadas bajo los carriles, y el fosfato se descarga haciendo funcionar manualmente las compuertas de descarga desde andenes situados a ambos lados de los vagones. Toda la operación se realiza a cubierto, tomándose las medidas adecuadas para la extracción del polvo. El segundo método consiste en el transporte por vehículos de carretera. Como no existen camiones basculantes especiales, los camiones se descargan en tolvas con ayuda de volcadores.

365. El fosfato sale de las tolvas a través de unas compuertas de registro controlables y va a parar a una cinta transportadora en la que una sección registra automáticamente el peso del fosfato que pasa por ella. A continuación, el fosfato es trasladado por transportadores a uno de dos almacenes cerrados, según su calidad, y en ellos es distribuido mediante un volcador aéreo. El tinglado de almacenamiento tiene forma de A, siendo la pendiente del tejado igual al talud natural del material.

366. El fosfato que se va a transportar se extrae del almacén por el suelo mediante cintas transportadoras subterráneas, y la cantidad que sale por cada punto de descarga se controla mediante puertas de dos hojas que funcionan con un dispositivo de piñón y cremallera. El talud natural del material es tal que queda una cantidad residual apreciable que forma una reserva. Para recoger ese material es necesario utilizar pequeñas explanadoras o excavadoras de cuchara de arrastre accionadas a distancia.

367. Los transportadores subterráneos del almacén descargan en un transportador principal y, pasando por una cinta transportadora de enlace y una torre de distribución, el material llega a dos transportadores situados sobre una estructura aérea que sigue todo a lo largo del muelle. Cada uno de esos transportadores está dotado de un volcador que alimenta un cargador.

368. Los cargadores pueden recorrer toda la longitud del muelle y tienen un pescante fijo con una extensión telescópica provista de una vertedera que puede cargar los buques cualquiera que sea la altura de la marea. El extremo de la vertedera está dotado de una campana flexible que evita la emisión de polvo y de una placa deflectora que facilita la distribución de la carga en la bodega del buque. Así pues, es posible llegar a cualquier parte del buque que se está cargando

gracias al desplazamiento a lo largo del muelle, así como a la extensión telescópica y la variación del ángulo del pescante que lleva el transportador. Al mismo tiempo, el pescante puede replegarse para que no toque las superestructuras ni los aparejos del buque cuando el cargador pasa de una escotilla a otra.

369. El operador de cada cargador puede controlar la totalidad de la operación dado que los sistemas de transportadores están interconectados con ella. Como el almacén está relativamente cerca del cargador, se puede dejar que el sistema transportador se vacíe antes de que el cargador pase de una escotilla a otra, con lo que no es necesario disponer de una tolva reguladora.

370. El personal necesario por turno para una instalación de ese tamaño suele ser de 37 personas, es decir, tres contramaestres, 20 operadores y pesadores, 6 mecánicos de mantenimiento y 8 obreros y encargados de los transportadores. Debido al polvo que se levanta, diversas tareas pueden ser difíciles y sucias, por lo que habrá que prever una reserva importante de personal de relevo, así como instalaciones de duchas adecuadas.

5. Bauxita y alúmina

371. La bauxita transformada en alúmina es la materia prima básica utilizada para la producción de aluminio primario. Unas 5,2 toneladas de bauxita producen dos toneladas de alúmina, que a su vez dan una tonelada de aluminio. Los cargamentos de bauxita y del producto intermedio, la alúmina, representaron en 1975 aproximadamente el 3% de los envíos totales de carga seca, o sea, 41,2 millones de toneladas. Esas dos materias primas son muy diferentes por su volumen y su densidad (el coeficiente de estiba típico de la bauxita es de 0,878 m^3 por tonelada y el de la alúmina de 0,585 m^3) así como por las características de su manipulación. Hoy se tiende a transformar la bauxita en alúmina en el lugar de producción, lo cual reduce a menos de la mitad las necesidades de transporte y, como consecuencia, limita el aumento del transporte marítimo a granel y la capacidad necesaria de las terminales. La participación de los graneleros en el tráfico marítimo total fue de un 65% en 1975, en buques de mayor o menor tonelaje según las rutas.

372. Los principales exportadores de bauxita/alúmina son Australia, Jamaica, Africa occidental y América Central y del Sur. En las travesías cortas, entre el Caribe y América del Sur y los puertos estadounidenses del golfo de México, se utilizan cada vez más graneleros de tamaño medio para reducir los costos de transporte, pero todavía se transporta una parte de los envíos en pequeños mineraleros y en pequeños buques de varias cubiertas, propiedad de las empresas productoras de aluminio o fletados por ellas. Los envíos de bauxita australiana a Europa se prestan mejor al empleo de grandes graneleros, y teniendo en cuenta la larga distancia y el creciente volumen del tráfico se calcula que el tonelaje óptimo sería de unas 100.000 TPM. Ese tráfico se efectúa principalmente en buques de 40.000 a 70.000 toneladas, que también se utilizan para el transporte de alúmina. En el tráfico entre Australia y el Japón y América del Norte se prefieren los buques de tamaño medio que no pasan de 40.000 TPM.

373. Debido a la estructura integrada de la industri mundial del aluminio, muchas terminales son propie dad de la industria, que asegura su explotación. Estos productos, especialmente la alúmina, son muy polvorientos y por ello hay que tomar precauciones para evitar la contaminación de las instalaciones y de la zona adyacente. La utilización de un sistema de transportadores para alimentar un sistema de cargador hermético, con un vertedero que se acerca mucho al material cargado, reducirá al mínimo las pérdidas de material debidas a la emisión de polvo. En general, se utilizan para descargar los buques sistemas de transportadores neumáticos o sistemas cerrados de transportadores por tornillo sin fin.

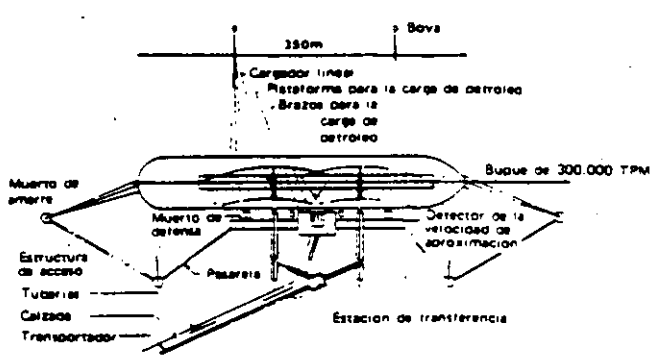
Q. — Terminales polivalentes para carga a granel

374. Si durante un período de tiempo razonable se justificara la creación de un puesto de atraque separado para recibir un solo producto, la instalación puede planificarse sobre esa base, lo que asegurará la utilización más económica de las instalaciones y evitará los problemas de contaminación entre diferentes materiales.

375. Si se prevé que llegará a la terminal más de un tipo de carga a granel, pero el movimiento de cada producto es insuficiente para justificar la existencia de puestos de atraque especializados, entonces se puede establecer una terminal de carga a granel para varios productos distintos. Mediante instalaciones de doble función se pueden manipular productos como carbón y azúcar, petróleo, coque y alúmina, así como minerales y carbón. En algunos casos puede utilizarse el mismo equipo para distintos materiales, pero harán falta almacenes independientes para cada producto, y deberá tenerse especial cuidado en que los productos manipulados sean compatibles y que se puedan limpiar a fondo todos los sistemas de manutención después de utilizarlos. Habrá que tener cuidado, al manipular y almacenar los materiales, de que el polvo levantado por el viento no contamine otros productos. En otros casos, sólo el puesto de atraque se podrá utilizar para varios productos, mientras que hará falta un equipo distinto para cada material. El gráfico 61 muestra una

Gráfico 61

Ejemplo de muelle polivalente para petróleo, minerales y carga a granel



terminal polivalente diseñada para la importación de petróleo y la exportación de mineral de hierro y de otros cargas secas a granel.

376. Habrá que determinar las características del equipo para llegar al mejor compromiso posible entre las exigencias de los diversos materiales manipulados, teniendo en cuenta factores como la densidad de los graneles, el tonelaje y tipo de los buques y el volumen de cada cargamento. Es posible manipular importaciones y exportaciones en el mismo puesto de atraque, siempre que la capacidad sea suficiente y que no haya conflictos entre las fechas de llegadas y salidas de los buques. El puesto de atraque debe tener longitud suficiente para almacenar el equipo que no se utilice en una posición que permita trabajar con el resto del equipo en todas las escotillas de los buques. En más sencillo instalar un sistema de transportadores para las importaciones y otro para las exportaciones; el tamaño de esos transportadores permite generalmente una explotación más económica que cuando se utiliza un solo sistema de transportadores reversibles.

377. No es conveniente combinar en un puesto de atraque las cargas a granel con la carga general, a menos que los tonelajes anuales de carga a granel sean manifiestamente demasiado pequeños para poder dedicarles un puesto de atraque independiente. En ese caso, es aconsejable tener en cuenta dos factores:

a) Los dispositivos de carga y de descarga deben ser móviles o, si están montados sobre carriles, la disposición del puesto de atraque debe comprender una longitud del muelle suficiente para estacionarlos a distancia de la zona de manipulación de la carga general;

b) Los sistemas transportadores deben montarse sobre pórticos, a una cierta altura, en la parte trasera del puesto de atraque, o ser subterráneos, de modo que no obstruyan la zona de manipulación de la carga general.

ANEXO

PLANIFICACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE LA CARGA A GRANEL

1. Se han utilizado las siguientes hipótesis sobre las distribuciones estadísticas de las variables que influyen en el volumen almacenado, así como un modelo sencillo, para estimar las necesidades de almacenamiento en función de las cargas de los buques y del movimiento de mercancías anual. El intervalo entre las llegadas de los buques sigue una distribución Erlang 2. El volumen de la carga de los buques sigue una distribución uniforme con un margen de ±10%. Las llegadas o entregas de los productos en la terminal también siguen una distribución normal, con un coeficiente de variación del 10%. Se ha fijado un ritmo de carga o descarga que da una utilización del puesto de atraque de 0,4 y la carga/descarga sigue una distribución normal con un coeficiente de variación del 5%.

2. El modelo registra la corriente del producto a granel que entra y sale de la terminal durante un cierto periodo de tiempo y calcula las cantidades máxima y media del producto almacenado. Mediante la utilización repetida del modelo, puede obtenerse una estimación de las necesidades máximas de almacenamiento y de la cantidad media del producto que se va a almacenar.

Capítulo VIII

TERMINALES PARA CARGA LÍQUIDA A GRANEL

A. — Introducción

378. Es difícil dar una idea general de las instalaciones necesarias en una terminal de carga líquida a granel, ya que el equipo y el número de puestos de atraque necesarios no guardan relación directa con el volumen total de la carga líquida a granel que ha de manipularse. Esto se debe principalmente a la necesidad de separar las distintas calidades, que siempre son muchas, de un mismo producto líquido. Por ello, el número de depósitos de almacenamiento y el equipo necesario dependen más del número de calidades diferentes de un mismo producto que es de esperar lleguen a la terminal que de su volumen total. En general, el ritmo de descarga del cargamento líquido viene determinado por la capacidad de las bombas del buque y no por la del equipo de manipulación del puerto. Así pues, la planificación de las instalaciones para carga líquida a granel es una operación especializada cuya realización incumbe normalmente a la industria interesada, en estrecha colaboración con la administración del puerto.

379. La planificación general y el emplazamiento de cada terminal tienen para las administraciones portuarias mucho más interés que los detalles técnicos. En el caso de los aceites minerales, las medidas de seguridad y la prevención de los derrames tienen especial importancia. El proyecto técnico dependerá de las características propias de los distintos buques que utilicen la terminal. Para asegurar la compatibilidad entre el buque y la terminal habrá que verificar cuidadosamente los puntos siguientes:

a) Número, longitud y diámetro de los brazos o mangueras de carga;

b) Altura máxima del colector del buque;

c) Características de las conexiones del colector;

d) Número, diámetro y presión máxima de las conducciones del muelle.

B. — Petróleo crudo y productos petrolíferos

380. El tráfico marítimo mundial de petróleo crudo fue de 1.259 millones de toneladas en 1975, frente a 1.360 millones de toneladas en 1974. Los petroleros y cargueros mixtos de más de 60.000 TPM transportaron el 78%, en toneladas, de las expediciones de petróleo crudo, y los petroleros de más de 200.000 TPM transportaron el 39% de los envíos. El tráfico de productos petrolíferos, excluido el tráfico de travesías cortas y de cabotaje, ascendió en 1975 a 233 millones de toneladas, que se transportaron casi en su totalidad en buques de menos de 60.000 TPM.

381. Los grandes puertos de carga y descarga de petróleo crudo se encuentran en puntos muy separados y aislados, por lo general lejos de las regiones muy pobladas. El requisito más importante es un acceso fácil desde el mar a zonas adecuadas con aguas tranquilas y muy profundas. Las exigencias de calado obligan con frecuencia a construir terminales en mar abierto, con sólidos sistemas de defensa para absorber el impacto de los grandes petroleros al atracar. Si se importan productos petrolíferos o pequeñas cantidades de petróleo crudo para las refinerías locales, es necesario delimitar con tal fin un sector especial dentro del puerto comercial. Otra consideración importante que ha de tener presente el planificador es el modo de impedir que se extiendan los derrames de hidrocarburos. El

GRÁFICO 62

Disposición típica en espigón de una terminal de petroleros

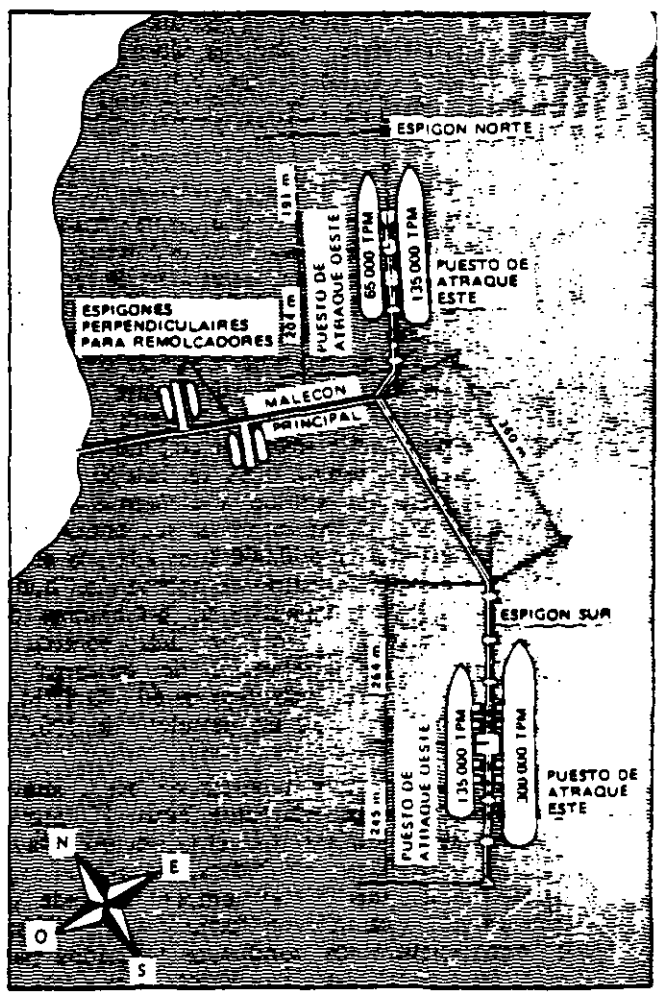


gráfico 62 muestra la disposición de los puestos de atraque de una terminal petrolera típico.

382. El petróleo crudo y los productos petrolíferos tienen características muy distintas y se pueden clasificar en dos grupos principales:

a) Los aceites negros, que comprenden el petróleo crudo, el petróleo de horno y el aceite pesado diésel;

b) Los aceites blancos, que comprenden la gasolina de automóvil, la gasolina de aviación, el queroseno y el gasoil.

El transporte de petróleo crudo ha ejercido una presión muy fuerte en favor de la economía del transporte, con la consiguiente construcción de superpetroleros. En el gráfico 63 se indican las características de eslora, manga y calado de esos superpetroleros.

383. Cada grupo de hidrocarburos requiere un equipo de manipulación diferente. En ciertas circunstancias, es posible que se necesite un equipo distinto para cada producto, o para cada subgrupo de productos dentro de un grupo, a fin de evitar la contaminación. Cuando se utiliza un mismo equipo para un grupo de productos, las operaciones de bombeo han de seguir un orden muy estricto.

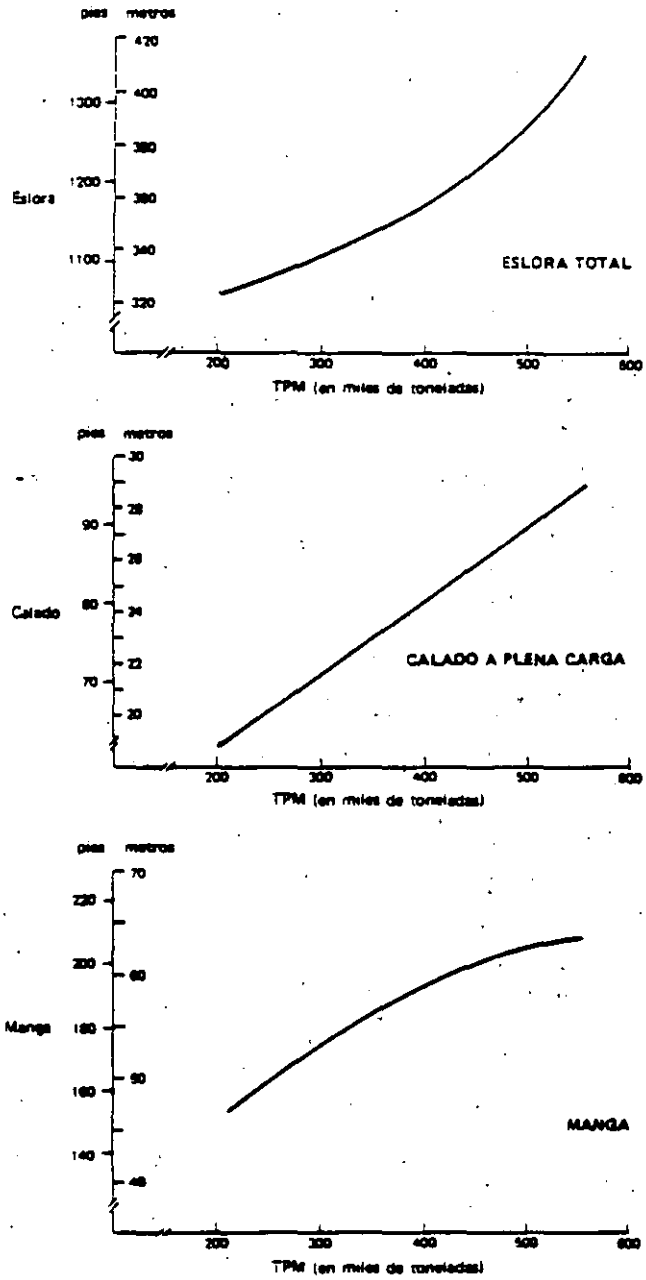
384. La manipulación de petróleos crudos y productos petrolíferos es peligrosa, y por ello se efectúa siempre en puestos de atraque, espigones o amarres de boya única completamente aislados de los demás muelles e instalaciones portuarias, y destinados exclusivamente a esos productos. Todos los componentes del equipo están especialmente concebidos para la manipulación de esos hidrocarburos y para funcionar en una atmósfera peligrosa. Para impedir la acumulación de la electricidad estática, es preciso que los muelles o espigones estén dotados de cables eléctricos de puesta a tierra.

385. Se recomienda que los brazos de carga y descarga sean de acero suave comercial y se accionen a mano o hidráulicamente. Pueden utilizarse mangueras adecuadas cuando las cantidades que deban manipularse sean pequeñas, por ejemplo en el caso de los petroleros con una capacidad de 18.000 toneladas y cuando la presión de trabajo y la amplitud de la marea sean bajas. Según sea el ritmo nominal de carga o descarga, el diámetro de los brazos puede variar entre 200 mm y 500 mm. El ritmo de bombeo entre la tierra y el buque variará considerablemente según el tamaño del buque que deba cargarse, las limitaciones del equipo de abordo para la recepción del petróleo y el tiempo de rotación previsto. Como la capacidad de los buques está comprendida entre 500 y 500.000 toneladas, la escala de variación es grande. El ritmo de bombeo del buque a tierra depende de la capacidad de las bombas del buque. Normalmente el buque lleva cuatro bombas de carga, con un ritmo combinado de descarga de 6.500 m^3 por hora para un petrolero de 60.000 TPM, y de 15.000 m^3 por hora para un petrolero de 200.000 TPM.

386. Se utilizan siempre tuberías de acero suave, cuyo diámetro oscila generalmente entre 150 mm y 900 mm. Se pueden utilizar diámetros incluso mayores, según sea el volumen de hidrocarburos que haya de manipularse. En los climas templados puede ser necesario calentar o calorifugar (forrar con un revestimiento termoaislante) los conductos utilizados para

GRÁFICO 63

Principales dimensiones de los superpetroleros



petróleos de horno y otros aceites negros pesados. Se utilizan normalmente bombas centrífugas, salvo para los aceites negros pesados que pueden requerir bombas volumétricas o bombas rotativas. Algunos aceites negros pesados necesitan ser calentados, incluso en climas subtropicales.

387. Si los productos se bombean por tuberías a una distancia superior a tres kilómetros, puede que haya que utilizar un sistema de tacos para limpiar los conductos y evitar así una contaminación excesiva al pasar de un producto a otro, o para despejar los conductos a fin de aumentar el gasto. Mediante un sistema de introducción y recuperación se puede insertar una esfera de caucho duro en la tubería. La presión del

petróleo hace avanzar esa esfera, que va limpiando la tubería, hasta una compuerta que permite recuperarla. En vista del carácter peligroso de esos hidrocarburos, es de importancia fundamental un sistema de comunicación eficaz entre los diversos puntos de la canalización. Se necesita un sistema especial de teléfono o de radiocomunicaciones previsto para su uso en una atmósfera tan peligrosa.

388. Se necesita un sistema de recogida y eliminación de los derrames para combatir la contaminación en las zonas en que pueden producirse, por ejemplo, en los puntos de conexión de las mangueras y de introducción o recuperación de los tacos de limpiar. El equipo comprende principalmente un depósito de acero suave, subterráneo o a poca altura, de tamaño adecuado, y una pequeña bomba para volver a enviar el contenido del depósito colector a la tubería o al depósito apropiado. Además, hay que prever medios para contener y eliminar los derrames accidentales en el mar, como barreras flotantes de contención y embarcaciones especializadas para la recogida del petróleo derramado.

389. En los países exportadores, los buques deben descargar en tierra el agua de lastre antes de cargar. Antes de arrojar el agua hay que separar el petróleo que la haya contaminado. Para ello se necesita un equipo adecuado, en particular depósitos, separadores de agua y petróleo y equipo de bombeo.

390. Hay que instalar un equipo perfeccionado de lucha contra incendios en todos los puntos peligrosos. Para ello hay que disponer primero de un suministro adecuado de productos contraincendios: espuma para los incendios provocados por el petróleo y agua para los provocados por otros productos. Los principales componentes del equipo necesario son: bombas de alta presión, mangueras, tomas de agua, depósitos de almacenamiento y tubería de distribución de espuma, torres de vigilancia y equipo móvil adecuado. Si el suministro de agua no es seguro, habrá que tomar medidas para almacenar un volumen de agua adecuado. Se puede utilizar el agua de mar para combatir los incendios siempre que se disponga de un equipo que permita emplear agua salada.

391. Se necesitan depósitos de acero dulce soldado para el almacenamiento de los productos petrolíferos. Hay que construir dos grupos diferentes de depósitos, uno para los aceites negros y otro para los aceites blancos; cada grupo estará rodeado de muros de una altura adecuada con elementos de trabazón. Hay dos tipos de depósitos: uno de techo flotante, y otro de techo cónico fijo. El primero permite reducir las pérdidas por evaporación durante el almacenamiento del petróleo. Todos los depósitos están dotados normalmente de sumideros. La capacidad de los depósitos varía entre 500 y 20.000 m^3, pero puede ser incluso mayor si es necesario. El peso de los depósitos, así como su altura, están limitados por las condiciones del terreno. En los climas templados, puede ser necesario calentar y calorifugar los depósitos de aceites negros pesados. La medición de la cantidad de petróleo que contienen los depósitos se efectúa mediante la inmersión de una varilla graduada o con ayuda de indicadores instalados expresamente. También se necesita equipo especial de laboratorio para controlar la calidad de los productos.

C. — Gas natural licuado

392. La criogenia es la rama de la física que trata de la producción y los efectos de las temperaturas muy bajas. El gas natural licuado (GNL) se transporta a una presión próxima a la atmosférica y a una temperatura de −161 °C. El coeficiente de dilatación del GNL hace que al pasar éste al estado gaseoso su volumen sea 630 veces superior a su volumen inicial. El gas de petróleo licuado (GPL) es un producto de la refinación del petróleo y de la explotación de los campos petrolíferos. El GPL debe transportarse a presión, a diferencia de lo ocurre con el GNL, que puede transportarse a la presión atmosférica, aunque a temperaturas extremadamente bajas.

393. El carácter peligroso del GNL y la necesidad de mantenerlo a temperaturas muy bajas obligan a disponer de instalaciones especiales completamente aisladas del resto del puerto. Las superficies que entran en contacto con el GNL deben estar hechas de aleaciones capaces de resistir temperaturas muy bajas, ya que el acero corriente sería tan frágil como el vidrio.

394. Se necesita una gran variedad de equipo muy complejo para la licuación, el almacenamiento, la refrigeración, la carga, la descarga y la regasificación del GNL. Por la distancia de la zona productora de gas y por otros factores, no todas esas operaciones pueden realizarse siempre en la terminal. Sin embargo, se necesitan conductos y depósitos de almacenamiento aislados y dotados de instalaciones frigoríficas para el almacenamiento del GNL en la terminal. Los depósitos de almacenamiento para la exportación suelen tener una capacidad de 300.000 barriles (47.750 m^3).

D. — Aceites vegetales

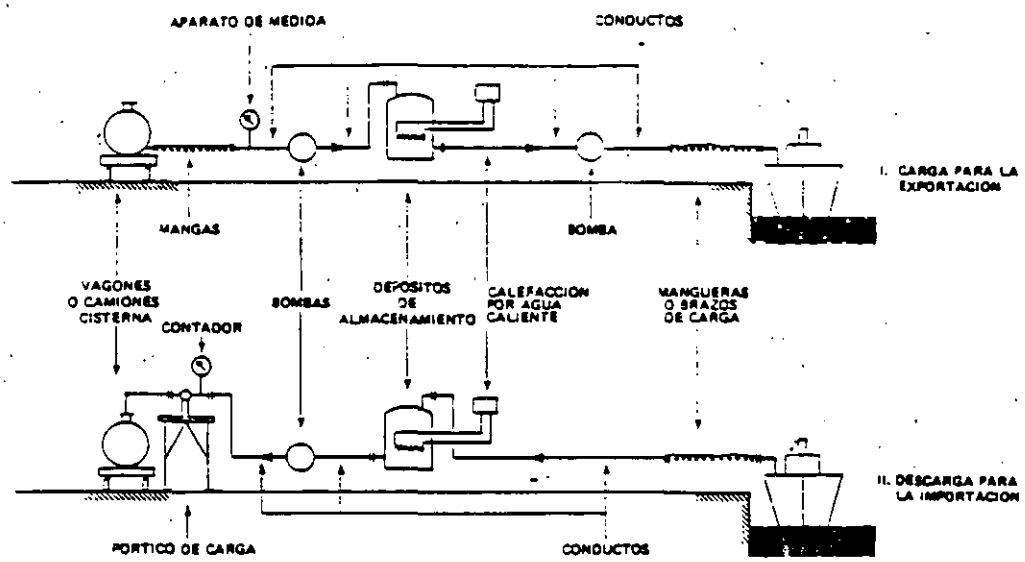
395. Comprenden diversos aceites —por ejemplo, el aceite de almendras de palma, el aceite de semillas de algodón y el aceite de coco—, cada uno de los cuales tiene propiedades y densidades diferentes. Algunos de ellos se hallan en estado sólido a la temperatura ambiente y es preciso calentarlos. Así pues, el equipo de manipulación necesario será distinto en cada caso. El gráfico 64 muestra una instalación típica.

396. Las temperaturas de manipulación de los aceites vegetales oscilan entre 15 °C y 65 °C. Cuando haya que calentar el aceite, el cambio máximo de temperatura en 24 horas, no debe pasar de 5 °C. Los aceites no deben calentarse y enfriarse repetidamente, ya que ello conduce a una pérdida de calidad. La densidad varía entre 0,8 y 0,95, según el tipo de aceite y su temperatura.

397. Para cargar el buque es preferible utilizar mangueras especiales de caucho adecuadas para la manipulación de aceites vegetales. No obstante, en las operaciones de carga y descarga se pueden utilizar brazos de acero suave con un revestimiento interior especial. El diámetro de las mangueras o los brazos de carga oscila normalmente entre 150 mm y 200 mm. Se necesitan mangueras de menor sección para la descarga de los vagones o camiones cisterna. En este caso se utilizan bombas de fundición especialmente concebidas. Normalmente se utilizan bombas centrífugas, aunque también pueden utilizarse bombas rotativas o bombas

GRAFICO 64

Instalación típica para la manipulación de aceites vegetales



monocilíndricas. El ritmo normal de bombeo de tierra al buque es de 100 a 150 toneladas por hora.

398. En cuanto a los conductos, se recomienda el empleo de tuberías de acero inoxidable de 150 mm a 200 mm de diámetro sin revestimiento interior. En los climas templados también puede ser necesario calentar y aislar los conductos. Las válvulas principales de los depósitos y las bombas deben ser de acero moldeado. Todas las demás válvulas pueden ser de fundición. El lavado de los conductos se realiza con ayuda de detergentes apropiados y de tacos esféricos. Así pues, hay que instalar en puntos adecuados los dispositivos necesarios para introducir y recuperar los tacos de limpiar.

399. Los aceites vegetales se almacenan en depósitos de acero dulce soldado con un revestimiento interior adecuado. Como el volumen de aceites vegetales transportado a granel es relativamente pequeño, la capacidad de los depósitos es normalmente de unas 1.000 toneladas o menos. Todos los depósitos deben llenarse por la parte superior. Para ciertos aceites grasos hay que instalar puntos de extracción a distintos niveles en la pared del depósito. Los depósitos pueden instalarse fuera de la zona portuaria si es necesario, pero hay que tener presentes las limitaciones del equipo de bombeo. Las cantidades almacenadas en los depósitos se miden generalmente mediante una varilla graduada. También hay que disponer de equipo para la limpieza y lavado de los depósitos, sobre todo cuando ha de almacenarse en el depósito un tipo de aceite vegetal distinto del que había.

400. Para la carga de camiones o vagones cisterna se necesitan grúas-pórtico cubiertas, provistas de tuberías retráctiles con articulaciones giratorias o con mangueras de caucho adecuadas. Las grúas-pórtico están provistas también de contadores especiales para medir la cantidad recibida o entregada. Se necesitan camiones o vagones cisterna de construcción especial, dotados eventualmente de un dispositivo para calentar el aceite. Hay que disponer de bombas de descarga si los vehículos no las llevan.

E. — Melazas

401. La melaza es un jarabe viscoso, de color marrón oscuro, extraído del azúcar durante la refinación. El control de la temperatura es importante tanto durante la manipulación como durante el almacenamiento de las melazas, ya que por debajo de 32 °C se solidifican y por encima de 38 °C se caramelizan, es decir se convierten en una sustancia pegajosa similar al caramelo. Su densidad es de 1,34. Los métodos de manipulación de las melazas difieren de los empleados para los aceites vegetales.

402. Las mangueras para la carga o descarga de los buques deben tener un diámetro mínimo de 250 mm y son normalmente manipuladas por los puntales de carga de los buques, pero puede ser necesario utilizar grúas móviles para la manipulación de las mangueras más allá del alcance de esos aparejos. El diámetro de las mangueras para la carga o descarga de los camiones o vagones cisterna no debe ser inferior a 150 mm. Sólo deben utilizarse bombas del tipo volumétrico o rotativo, con cabezal de aspiración directa y doble paso para facilitar la puesta en marcha. El ritmo normal de bombeo de buque a tierra es de 150 toneladas por hora.

403. Los conductos pueden ser de acero dulce o de fundición, pero su diámetro debe situarse entre 500 mm y 600 mm. En toda la instalación deben utilizarse válvulas de compuerta de acero fundido. Después de utilizarlos, los conductos y las mangueras deben vaciarse con aire comprimido y lavarse con agua dulce.

404. La alta densidad de la melaza hace que sea necesario utilizar depósitos de acero dulce soldado, especialmente concebidos, con techos fijos. No hace falta ningún revestimiento interior del depósito. La capacidad media de los depósitos es de 14.000 toneladas. Para medir el contenido de los depósitos se utilizan indicadores hidrostáticos.

405. Los camiones o vagones cisterna deben ser de construcción especial; además, necesitan un revestimiento, así como dispositivos para calentar la melaza y bombas de descarga con orificios de salida de 150 mm

de diámetro. La capacidad media de esos vehículos es de 30 toneladas. Es posible que también haya que instalar puentes-báscula para medir las cantidades cargadas en los camiones o vagones cisterna.

F. — Látex de caucho

406. El látex líquido es una savia lechosa y viscosa que mana del hevea cuando se hacen incisiones en la corteza. De 100 toneladas de látex se obtienen aproximadamente de 36 a 38 toneladas de caucho. El fluido es miscible con el agua y el caucho se forma por coagulación. Se puede impedir la coagulación del látex añadiendo amoniaco o formaldehido. Es importante controlar la temperatura, que no debe ser inferior a 5 °C ni superior a 32,5 °C. La temperatura normal de almacenamiento en los depósitos es de unos 29 °C. La densidad del látex líquido es de 0,94.

407. Se utilizan para manipular el látex mangueras especiales de caucho, cuyo diámetro es normalmente de 150 mm a 200 mm. Se recomienda el empleo de bombas de tornillo de Arquímedes o bombas monocilíndricas dotadas de un estátor de neopreno. También se pueden utilizar bombas centrífugas. El ritmo normal de bombeo para la carga de los buques es de 150 a 200 toneladas por hora.

408. Las características de los conductos y depósitos de almacenamiento utilizados para el látex de caucho son las mismas que las de los empleados para los aceites vegetales, aunque en el caso del látex se recomienda generalmente la utilización de válvulas esféricas de acero inoxidable. También pueden utilizarse válvulas de membrana. La capacidad de los depósitos de almacenamiento oscila entre 200 y 2.500 toneladas, y suele aplicarse a las paredes del depósito un revestimiento interior de cera de microparafina para impedir la formación de depósitos de caucho.

Capítulo IX

TRÁFICOS DIVERSOS

A. — Embarcaciones de servicio

409. En la planificación portuaria hay que prever instalaciones adecuadas para las embarcaciones de servicio del puerto, es decir para remolcadores, gabarras, lanchas contra incendios, embarcaciones para desplazamientos en el puerto, embarcaciones para transporte de desechos y embarcaciones de practicaje, así como para el equipo flotante de construcción y de mantenimiento del puerto, como martinetes para hincar pilotes, equipo de salvamento y de dragado, grúas y equipo flotante para combatir los derrames de hidrocarburos.

410. Es probable que las principales embarcaciones de servicio sean los remolcadores, las gabarras y las embarcaciones de practicaje. Los remolcadores se utilizan para remolcar los buques, atracarlos y desatracarlos, así como para las maniobras en el puerto. También se emplean para remolcar gabarras y otros tipos de equipo flotante. Las gabarras pueden utilizarse para llevar combustible y agua potable a los buques atracados o fondeados. Las embarcaciones de practicaje llevan a los prácticos hasta los buques que entran en puerto y los recogen cuando los buques salen del puerto. Por ello la zona destinada a las embarcaciones de practicaje debe hallarse cerca de la entrada del puerto.

411. Para el planificador del puerto no es un problema encontrar zonas con profundidad suficiente para las embarcaciones de servicio, dado que esas embarcaciones son de poco calado. Ahora bien, las actividades de esas embarcaciones son indispensables y por ello deben disponer de espacio de atraque suficiente en aguas tranquilas y de instalaciones adecuadas en la dársena.

B. — Estaciones marítimas

412. La planificación de terminales para pasajeros no entra en el ámbito del presente Manual de modo que sólo se tratará brevemente la cuestión, que se estudia más a fondo en el libro de Nagorski sobre los problemas portuarios de los países en desarrollo [14]. Desde hace algunos años se tiende a utilizar para el transporte de pasajeros buques de tipo crucero, cuyo tamaño tiende más a disminuir que a aumentar. El tonelaje medio de los buques de crucero es actualmente de unas 20.000 toneladas brutas, pero es probable que disminuya hasta 10.000 ó 12.000 toneladas. La mayor parte de las unidades encargadas son buques mixtos transbordadores para pasaje y automóviles.

413. Los buques de pasaje pueden utilizar muelles de carga general provistos de algunas instalaciones especiales. Por ejemplo, el segundo piso de un tinglado de tránsito se puede utilizar como terminal de pasajeros, con instalaciones para los servicios de aduanas, inmigración y sanidad. No obstante, la utilización de muelles de carga general por los buques de pasaje puede crear problemas, dada la prioridad que normalmente hay que dar a los buques de crucero y otros buques de línea para pasajeros, con el consiguiente trastorno de las operaciones de manutención de la carga. Para calcular el número de días de servicio disponibles para el tráfico de carga general que utiliza la terminal hay que tener en cuenta el tráfico de buques de pasaje. Cuando el tráfico de buques de pasaje o de crucero es considerable, conviene destinar a ese tráfico un puerto de atraque especial y exclusivo o un fondeadero bien resguardado y una flotilla de motoras. Esta solución es imposible cuando se trata de buques mixtos de pasaje y transbordo por rodadura.

C. — Puertos pesqueros

414. El puerto pesquero ya no es un lugar en el que las mercancías se transfieren de un modo de transporte a otro. Hoy es más bien una zona industrial en la que se descarga, se elabora y se comercializa el pescado y en la que se efectúan los trabajos de mantenimiento de la flota pesquera. Así pues, un puerto pesquero forma parte de la industria pesquera nacional más que del sistema de transportes del país. Un puerto pesquero moderno es un elemento importante para la promoción de la industria pesquera de un país. Sólo se hace aquí una breve descripción de las principales instalaciones de un puerto pesquero; puede hallarse información más detallada en el libro de Nagorski mencionado en el párrafo 412.

415. Las instalaciones destinadas a una flota pesquera pueden consistir en un muelle o un malecón en aguas poco profundas, situado generalmente en un extremo de las zonas de manipulación de la carga normales, o en una dársena especial. Si la actividad pesquera es más importante se necesita para la flota pesquera un lugar aparte y bien escogido. Si la flota de pesca es muy numerosa se necesita una gran superficie de agua protegida, así como una superficie considerable en tierra para las múltiples instalaciones necesarias. Además, convendría evitar que el olor de pescado llegue al puerto comercial.

416. Las embarcaciones de pesca locales suelen tener un calado de dos metros, que puede ser de tres metros en el caso de los buques de pesca de arrastre y de los buques de transporte de pescado. Los grandes buques mixtos de pasaje y transbordo por rodadura.

[14] Véase la lista de publicaciones en el anexo III.

tienen cuatro metros de calado. Normalmente, la longitud del muelle de descarga deberá ser suficiente para que se puedan descargar por completo todas las unidades de la flota local durante el periodo de máxima actividad. Los barcos de pesca suelen atracar en espiga o en parejas. Basta con que la explanada del muelle tenga seis metros de anchura, normalmente con un declive de 1/20, hacia el borde del muelle, a fin de facilitar la limpieza.

417. Se necesita un local cubierto, todo a lo largo del muelle, para lavar, clasificar y pesar el pescado. Ese local comprenderá dos secciones, separadas la una de la otra por un ancho pasillo. La sección más cercana al mar, utilizada principalmente para lavar el pescado, debe estar en declive hacia el mar, y puede tener ocho metros de ancho; la otra sección, utilizada para la clasificación y el embalaje del pescado, debe tener un ancho parecido y, en la parte de atrás, una plataforma para la carga de los camiones. Así pues, la anchura total de ese local debe ser de unos 25 metros.

418. También se necesitan zonas al aire libre para secar las redes y para reparar las embarcaciones, así como varaderos y un taller. Puede ser que se necesiten asimismo las siguientes instalaciones:

a) Almacenes frigoríficos;
b) Fábrica de hielo;
c) Almacenes de aprovisionamiento;
d) Tinglados para aparejos;
e) Depósitos de combustible;
f) Alumbrado eléctrico;
g) Sistema de distribución de agua dulce;
h) Equipo contra incendios;
i) Oficinas, servicios higiénicos y cantina;
j) Instalaciones de elaboración de pescado;
k) Fábricas de harina de pescado.

D. — Nuevos tipos de buques

419. Las actividades de investigación y desarrollo relativas a la tecnología del transporte marítimo han dado nacimiento a varios nuevos tipos de buques, vehículos y sistemas de propulsión. Dos de ellos son el aerodeslizador y el acuaplano. No parece que ninguno de esos nuevos tipos de embarcaciones llegue a ser de gran tamaño, y es probable que sigan utilizándose exclusivamente como transbordadores de pasajeros y vehículos.

420. Los aerodeslizadores pueden estar propulsados por hélices sumergidas, de modo que no siempre son vehículos anfibios. Sus ventajas principales son la velocidad, la facilidad de maniobra y el hecho de que no provoquen remolinos ni dejen estela. Para los aerodeslizadores anfibios de faldón flexible se necesita una rampa de cemento, ancha y poco profunda, con una pendiente máxima de 1/20, más bien que un puesto de atraque. Los puestos utilizados para gabarras se pueden transformar fácilmente para los aerodeslizadores. Los aerodeslizadores de carga no han pasado todavía de las primeras fases de desarrollo.

421. Los acuaplanos sólo se han utilizado para los servicios rápidos de transbordo de pasajeros y para fines militares. Los acuaplanos actuales no necesitan más de tres metros de calado, de modo que pueden utilizarse los muelles de pasajeros con una pasarela especial.

422. La administración portuaria debe estar preparada para proporcionar oportunamente las instalaciones necesarias para esos nuevos tipos de embarcaciones. Como es difícil evaluar las futuras necesidades en lo que se refiere a terrenos y longitud de muelles para ese tipo de embarcaciones, el plan general debería tener la flexibilidad necesaria para adaptarse a la evolución en esta esfera.

ANEXOS

Anexo I

INFORMACIÓN GENERAL

A. — Factores de conversión

1. Longitud

1 centímetro (cm) = 10 milímetros (mm) = 0,3937 pulgadas
1 metro (m) = 100 cm = 3,2808 pies
1 kilómetro (km) = 1 000 m = 0,6214 millas

1 pulgada = 2,5400 cm
1 pie = 12 pulgadas = 0,3048 m
1 yarda = 3 pies = 0,9144 m
1 braza = 6 pies = 1,8288 m
1 milla = 5 280 pies = 1,6093 km
1 milla marina = 6 080 pies = 1,8531 km

2. Superficie

1 metro cuadrado (m^2) = 10 000 cm^2 = 10,7638 pies cuadrados
1 hectárea (ha) = 10 000 m^2 = 2,4711 acres
1 kilómetro cuadrado (km^2) = 100 ha = 0,3861 millas cuadradas

1 yarda cuadrada = 9 pies cuadrados = 0,8361 m^2
1 acre = 4 840 yardas cuadradas = 4 046,9 m^2

3. Volumen

1 metro cúbico (m^3) = 1 000 litros (l) = 1,3080 yardas cúbicas
= 35,3147 pies cúbicos

1 pie cúbico = 0,02832 m^3
1 yarda cúbica = 27 pies cúbicos = 0,7646 m^3

4. Capacidad

1 litro (l) = 1 000 cm^3 = 0,035315 pies cúbicos
= 0,2200 galones imperiales
= 0,2642 galones EE.UU.
1 hectolitro = 100 l = 22,00 galones imperiales
= 26,42 galones EE.UU.

1 pinta = 0,5683 litros
1 galón EE.UU. = 3,7854 litros
= 0,8327 galones imperiales
1 galón imperial = 4,5461 litros
= 1,2009 galones EE.UU.
1 bushel imperial = 1,2844 pies cúbicos = 0,03637 m^3
= 8 galones imperiales = 1,0321 bushels EE.UU.
1 bushel EE.UU = 1,2445 pies cúbicos = 0,03524 m^3
= 0,9689 bushels imperiales
1 barril EE.UU. = 5,6146 pies cúbicos = 158,99 litros
= 0,15899 metros cúbicos
= 42 galones EE.UU.
= 34,9726 galones imperiales
1 tonelada de registro bruto = 100 pies cúbicos = 2,83 m^3 de espacio permanentemente cerrado
1 tonelada de registro neto = 100 pies cúbicos = 2,83 m^3 de espacio permanentemente cerrado destinado a carga y pasajeros
1 tonelada de flete = 40 pies cúbicos = 1,13 m^3 de espacio permanentemente cerrado destinado a carga

5. Peso[a]

1 gramo (g) = 0,002205 libras
1 kilogramo (kg) = 1 000 g = 2,2046 libras
1 tonelada métrica = 1 000 kg = 2 204,6 libras
= 0,98421 toneladas largas
= 1,10231 toneladas cortas
1 libra (lb) = 0,4536 kg
1 quintal (cwt) = 112 lb = 50,802 kg
1 tonelada larga = 2 240 lb = 1,0165 toneladas métricas
= 35 pies cúbicos de agua salada = 1,12 toneladas cortas
1 tonelada corta = 2 000 lb = 0,90719 toneladas métricas
= 0,89286 toneladas largas

6. Unitarización

a) *Paletas ISO*

Dimensiones: Centímetros	Pulgadas
80 × 100	32 × 40
80 × 120	32 × 48
100 × 120	40 × 48
120 × 160	48 × 64
120 × 180	48 × 72

b) *Contenedores ISO*

Tipo	Dimensiones exteriores: Metros	Dimensiones exteriores: Pies	Peso bruto (toneladas largas)	Capacidad (m^3)
1A	12,190 × 2,435 × 2,435	40 × 8 × 8	30	60,5
1B	9,125 × 2,435 × 2,435	30 × 8 × 8	25	45,0
1C	6,055 × 2,435 × 2,435	20 × 8 × 8	20	29,0
1D	2,990 × 2,435 × 2,435	10 × 8 × 8	10	14,1
1E	1,965 × 2,435 × 2,435	6,67 × 8 × 8	7	9,0
1F	1,460 × 2,435 × 2,435	5 × 8 × 8	5	6,4

[a] Por tonelaje de peso muerto se entiende el peso que puede transportar un buque a plena carga, y puede expresarse en toneladas métricas, toneladas largas o toneladas cortas.

7. CEREALES (TIPOS CORRIENTES)

Tipo	Libras/bushel imperiales	Bushels imperiales/tonelada larga
Trigo	60	37.3
Maíz	56	40.0
Soja	63	35.6
Cebada	48	46.7
Avena	32	70.0
Centeno	56	40.0
Sorgo	59	38.0

8. HIDROCARBUROS

Densidad API	Peso específico [b]	Barriles por tonelada métrica	Barriles por tonelada larga	Toneladas por 100 m³
10	1.000	6.30	6.40	99.8
12	0.986	6.39	6.50	98.4
14	0.973	6.48	6.58	97.1
16	0.959	6.57	6.68	95.7
18	0.947	6.66	6.76	94.5
20	0.934	6.75	6.86	93.2
22	0.922	6.84	6.95	92.0
24	0.910	6.93	7.04	90.8
26	0.898	7.02	7.13	89.6
28	0.887	7.10	7.22	88.5
30	0.876	7.19	7.31	87.4
32	0.865	7.28	7.41	86.3
34	0.855	7.37	7.49	85.3
36	0.845	7.46	7.58	84.3
38	0.835	7.55	7.67	83.3
40	0.825	7.64	7.76	82.3
42	0.816	7.73	7.85	81.4
44	0.806	7.82	7.95	80.4
46	0.797	7.91	8.03	79.5
48	0.788	8.00	8.13	78.6
50	0.780	8.08	8.21	77.8
55	0.759	8.30	8.44	75.7
60	0.739	8.53	8.67	73.7
70	0.702	8.98	9.12	70.1

B. — Características de los productos

1. El cuadro I tiene por objeto facilitar la labor de los planificadores de puertos en diversas esferas:

a) Conversión en cargamentos completos, según el tonelaje de los buques, de las previsiones de tráfico expresadas en toneladas para la planificación de las escalas probables;

b) Cálculo, a partir de los tonelajes de una combinación de cargas, de la capacidad de almacenamiento que el puerto necesitará en el futuro;

c) Agrupación de las previsiones de tráfico por productos en cifras totales que se asignarán a cada categoría de terminal de almacenamiento.

2. La lista de productos que se incluye no es exhaustiva, pero seguramente abarca la gran mayoría de los tráficos que llegan a un puerto. En el caso de la carga general no es posible dar una lista completa, pero se dan datos suficientes para poder obtener el volumen de almacenamiento necesario a partir de unas cifras preliminares de tonelaje de una combinación de cargas.

3. Los coeficientes de estiba consignados se han tomado principalmente de una obra clásica [c]. El coeficiente de estiba de un producto cualquiera es el número de pies cúbicos o de metros cúbicos que ocupará una vez estibada una tonelada de 2.240 libras de ese producto, incluido un margen adecuado para espacio perdido y abarrote. Estos coeficientes de estiba no son valores absolutos, sino que han de utilizarse meramente como orientaciones útiles a falta de cifras locales. En la mayoría de los casos sólo se da un valor central para cada categoría, porque normalmente no será factible, durante la fase de planificación, utilizar una escala de valores. Esa cifra es muy aproximada a veces, pero generalmente es por lo menos tan exacta como las previsiones de tráfico. La finalidad del cuadro es servir para realizar una estimación de las necesidades de almacenamiento, y no para una planificación operacional precisa para determinados cargamentos.

4. Asimismo, el grado de exactitud preciso no es tal que justifique hacer distinciones entre el coeficiente de estiba a bordo, el coeficiente de estiba en el almacén o la relación peso/volumen que se indica en los documentos de la expedición. Dentro del límite de exactitud de la previsión, las cifras dadas pueden utilizarse indistintamente para cada una de esas categorías de carga en los estudios sobre el desarrollo de los puertos.

C. — Coeficientes de actualización

5. El cuadro II contiene los coeficientes necesarios para los análisis de actualización de los activos líquidos. Por ejemplo, cuando el tipo de interés o valor del dinero en función del tiempo es del 12%, el valor actual de una cantidad que se recibirá al cabo de cinco años es igual a esa cantidad multiplicada por 0,56743.

6. El coeficiente de actualización se calcula mediante la fórmula:

$$d.f. = \frac{1}{(1+r)^n}$$

en la que

$d.f.$ = coeficiente de actualización;
r = tipo de interés anual expresado en fracción;
n = número de años que han de transcurrir para recibir la suma.

D. — Coeficientes de amortización

7. El cuadro III contiene los coeficientes necesarios para calcular los gastos de equipo de capital en función de la vida útil de los bienes de equipo y del tipo de interés. Por ejemplo, un elemento de equipo que cueste 100.000 dólares, con una vida útil de 10 años y un tipo de interés del 10%, dará lugar a un gasto anual de amortización igual a 100.000 multiplicado por 0.16275, es decir 16.275 dólares.

8. El coeficiente de amortización se calcula mediante la fórmula:

$$a.f. = \frac{r}{1-(1+r)^{-n}}$$

en la que

$a.f.$ = coeficiente de amortización;
r = tipo de interés anual expresado en fracción;
n = vida útil del elemento de equipo.

E. — Tabla de números aleatorios

9. El cuadro IV, que es una tabla de números aleatorios, se incluye con objeto de que puedan utilizarse técnicas tales como el método de simulación de Montecarlo. Para seleccionar una muestra aleatoria, el usuario debe adoptar un método arbitrario para escoger los números de la tabla. Seguidamente debe adoptar algún método arbitario de seleccionar el número de cifras en cada número. Por ejemplo, puede tomarse la primera y la última cifra de cada número para obtener números de dos cifras. Este procedimiento se repite hasta que se haya obtenido un número suficiente de muestras.

[b] Peso específico = $\frac{141.5}{\text{densidad API} - 131.5}$

[c] R. E. Thomas, *Stowage: the properties and stowage of cargoes*, revisado por O. O. Thomas, 6.ª ed., Brown, Son and Ferguson, Glasgow, 1968.

CUADRO I

Características de los productos a efectos de planificación de puertos

Producto	Características físicas: Producto a granel, talud natural cuando corresponda (grados)	Coeficiente de estiba (metros cúbicos/tonelada (pies cúbicos/tonelada)): A granel	En sacos	Otros envases	Características de manipulación: Método de manipulación	Tipo de almacenamiento	Requisitos especiales
CARGAS LIQUIDAS							
Aceites vegetales		1,1 (39)		Barriles, bidones 1,8 (64)	Tuberías	Depósito	
Látex		1,0 (37)		Bidones 1,5 (52)	Tuberías	Depósito	
Melazas		0,8 (27)		Cestas, cubas 1,4 (50)	Tuberías	Depósito	
Petróleo crudo		1,2 (42)			Tuberías	Depósito	
Productos del petróleo		1,2 (43)			Tuberías	Depósito	
Vinos				Cubas, depósitos 1,8 (63)			
CARGAS SECAS							
Minerales, productos minerales y químicos:							
Alúmina	35	0,6 (21)			Cargador/transportador	Cubierto	Limpieza de transportadores y de zonas de almacenamiento cuando se manipule alúmina después de bauxita en instalaciones comunes
Arena	30–40	0,5 (19)		Cajones 1,7 (60)	Transportador	Al aire libre	
					Paquetes	Al aire libre	
Arena de ilmenita	40	0,4 (13)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	
Azufre	35–40	0,9 (31)	1,0 (36)	Barriles 1,3 (47)	Transportador	Cubierto	Precauciones sanitarias y contra incendios

CUADRO 1 (*continuación*)

Características de los productos a efectos de planificación de puertos

	Características físicas				*Características de manipulación*		
		Coeficiente de estiba (metros cúbicos/tonelada (pies cúbicos/tonelada))					
Producto	*Producto a granel, estado natural cuando corresponda (grados)*	*A granel*	*En sacos*	*Otros envases*	*Método de manipulación*	*Tipo de almacenamiento*	*Requisitos especiales*
Bauxita	28 (seca)-49 (húmeda)	0,8 (28)	1,1 (39)				Filtro de polvo
Caolín (arcilla de porcelana)	30-35	1,1 (39)	1,3 (46)		Descargador/cinta transportadora	Cubierto	
Carbón	30-45	1,4 (48)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	Para ciertas calidades, precauciones contra incendios
Cemento	40°	0,7 (23) 0,9-1,5	1,0 (34)	Bidones, cubas 1,1 (40)	Transportador del tornillo de Arquímedes y neumático	Totalmente cerrado	Protección contra la humedad, filtro de polvo
Coque	37	2,4 (85)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	
Coque de petróleo	30-40	1,5 (52)			Descargador/transportador	Al aire libre	
Fosfatos naturales	30-34	1,0 (34)			Descargador/transportador	Al aire libre o cerrado	Filtro de polvo
Magnesita	35	0,7 (25)			Transportador	Cubierto	
Mineral de cromo	35	0,4 (14)		Cajones 0,4 (15)			
Mineral de hierro	30-50	0,4 (14)			Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	Filtro de polvo para ciertas calidades
Mineral de manganeso		0,5 (17)	0,7 (23)		Transportador	Cubierto	
Mineral de níquel			0,6 (20)				
Mineral de plomo	40	0,4 (13)	0,5 (17)	Barriles 0,7 (25)	Paquetes	Cubierto	
Piritas de hierro	40	0,7 (25)			Transportador Paquetes	Cubierto	
Potasa	32-35	0,9 (33)	1,0 (36)		Descargador/cinta transportadora	Al aire libre	
					Descargador/transportador	Cerrado	Filtro de polvo

Sal	45	1,0 (37)			Transportador	Cubierto	Protección contra la humedad
			1,1 (37)		Paquetes	Cubierto	
				Barriles 1,4 (41)	Paquetes	Cubierto	
Superfosfatos	35		1,1 (39)		Paquetes	Cubierto	
Yeso		1,1 (38)			Descargador/cinta transportadora	Cubierto	
			1,2 (44)				
Productos alimenticios y productos de origen vegetal:							
Algodón				Balas 2,7 (94)	Paquetes		
Arroz			1,5 (54)				Protección contra parásitos y gorgojos
				Barriles 1,9 (69)	Paquetes	Cubierto	
Avena	32	2,1 (75)			Sacos	Cerrado	
			2,3 (80)		Paquetes		
Azúcar	32	1,3 (46)			Transportartador	Cubierto	Protección contra parásitos y gorgojos
			1,3 (46)				
Azúcar sin refinar				Cestas 1,5 (52)	Paquetes	Cubierto	
Cacao			1,9 (67)	Cajones 2,5 (87)	Paquetes	Cubierto	Protección contra gorgojos
Café			1,8 (65)		Paquetes	Cubierto	
Cebada	16-28	1,5 (54)			Transportador	Cubierto	
			1,7 (60)		Paquetes		
Centeno	30	1,4 (50)					Protección contra parásitos y gorgojos
			1,6 (55)		Transportador	Cubierto	
Copra		2,1 (73)			Transportador	Cubierto	
			2,9 (103)				
Esparto				Balas 4,2 (150)	Paquetes	Cubierto	
Frutas perecederas				Cajones, cajas de cartón, etc. 2,7 (97)	Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado
Frutos cítricos				Cajones, cajas de cartón, etc. 2,5 (88)	Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado

* ... natural del cemento es difícil de definir porque depende de la cantidad de aire que contenga. Con el aire ... constantemente, el talud natural puede disminuir hasta 7°, pero cuando el cemento está compacto y con... o ningún aire, su talud ... se acerca a los 90°.

CUADRO 1 (*continuación*)

Características de los productos a efectos de planificación de puertos

Producto	Características físicas				Características de manipulación		
	Densidad a granel, densidad media correspondiente (gráfico)	Coeficiente de estiba (función calculada (pies cúbicos/tonelada))			Método de manipulación	Tipo de almacenamiento	Requisitos especiales
		A granel	En sacos	Otros envases			
Harina			1,3 (45)				
				Sacos, barriles 1,6 (55)	Paquetes	Cubierto	
Harina para animales			1,5 (53)		Paquetes	Cubierto	
Maíz	30-40	1,4 (44)			Transportador (neumático)	Cerrado	Protección contra parásitos y gorgojos
			1,5 (54)				
Otras legumbres			2,0 (71)				
				Cajones, barriles, balas 1,61 (57)	Paquetes	Cubierto	
Patatas		1,6 (57)					
			1,7 (60)				
				Cajas de cartón, cestas, barriles 2,7 (95)	Paquetes	Cubierto	
Plátanos				Cajas de cartón 3,9 (138)	Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Remolacha azucarera			3,8 (135)		Paquetes	Al aire libre	
Semillas oleaginosas		1,8 (63)					
			2,1 (74)				
				Cajones, barriles 2,0 (70)	Paquetes	Cubierto	
Semolina			1,7 (61)		Paquetes	Cubierto	Protección contra parásitos y gorgojos
Soja	29	1,2 (44)			Transportador	Cubierto	Protección contra parásitos y gorgojos
			1,4 (50)				
Tapioca			1,5 (53)		Paquetes	Cubierto	
Trigo	25-28	1,3 (47)			Transportador	Cerrado	Protección contra parásitos y gorgojos
			1,5 (52)				
Uvas				Cajones, barriles 3,9 (140)	Paquetes	Cubierto	

Productos de origen animal:					
Carnes congeladas:					
Ballena		2,3 (80)		Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
			Cajas de cartón 2,1 (75)	Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Cordero	3,2 (115)			Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Vaca	2,6 (92)			Transportador de cangilones	Cerrado	Refrigeración
Carnes enlatadas			Cajones 1,7 (70)	Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado
Cueros húmedos			Cajas de cartón, balas, atados 1,8 (65)	Paquetes	Cubierto o al aire libre	Buena ventilación
Huesos	2,4 (84)			Transportador	Al aire libre	
Huesos calcinados	2,8 (100)			Transportador	Cubierto	
Lana			Balas prensadas 1,4-2,5 (50-90)	Paquetes	Cubierto	
			Balas prensadas (lana grasienta) 4,2 (150)	Paquetes	Cubierto	
			Balas prensadas hidráulicamente 0,5 (18)	Paquetes	Cubierto	
Leche condensada			Cajones, cajas de cartón, barriles 1,7 (60)	Paquetes	Cubierto	
Leche desecada o en polvo	1,9 (68)					
			Cajones, cajas de cartón 2,0 (72)	Paquetes	Cubierto	
Mantequilla			Cajones, cajas de cartón, barriles 1,7 (60)	Paquetes	Cubierto	Refrigeración en los climas cálidos
Pieles, cueros secos			Sin empacar 5,2 (185)	Paquetes	Cubierto	
			Balas 4,2 (150)	Paquetes	Cubierto	
			Balas prensadas 2,5 (87)	Paquetes	Cubierto	
Queso			Cajones, caj[illegible] cartó[illegible] 1,4 (50	Paquetes	Cubierto	Almacén refrigerado o

CUADRO 1 *(conclusión)*

Características de los productos a efectos de planificación de puertos

Producto	Características físicas				Características de manipulación		
	Producto a granel, tabal material cuando corresponda (grados)	Coeficiente de estiba (metros cúbicos/tonelada (pies cúbicos/tonelada))			Método de manipulación	Tipo de almacenamiento	Requisitos especiales
		A granel	En sacos	Otros envases			
Tocino				Cajones 1,7 (59)	Paquetes	Cubierto	Refrigeración en los climas cálidos
Productos de pescado:							
Aceites de pescado		1,1 (40)			Tuberías	Depósito	
				Barriles, cajones 1,6 (56)	Paquetes	Cerrado	
Harina de pescado			1,8 (63)		Paquetes	Cubierto	
Pescado congelado				Cajas 2,1 (75)	Paquetes	Cerrado	Refrigeración
Pescado en lata				Cajones 2,7 (60)	Paquetes	Cubierto	
Productos forestales:							
Caucho				Hojas 1,7 (60)	Grúa	Cubierto	
				Balas, sacos 1,9 (66)	Grúa	Cubierto	
				Crepé, cajones 2,0 (70)	Grúa	Cubierto	
Corcho				4,2 (150)	Grúa	Al aire libre	
Madera contrachapada, madera en láminas o chilas				2,3 (80)	Grúa	Cubierto	
Madera de coníferas				1,4–2,0 (50–70)	Grúa	Al aire libre	
Madera dura				0,9–1,4 (30–50)	Grúa	Al aire libre	
Papel				Rollos 2,5 (90)	Grúa	Cubierto	
				Balas 1,4–2,8 (50–100)	Grúa	Cubierto	
Pulpa de madera				Balas prensadas 1,7 (60)	Grúa	Al aire libre	
Puntales para minas y madera contrachapada				2,2–3,4 (80–120)	Grúa	Al aire libre	
Traviesas				1,3 (45)	Grúa	Al aire libre	
Productos metálicos:							
Cobre				Lingotes 0,3 (11)	Grúa	Cubierto	

				Bobinas			
				0,9 (30)	Grúa	Cubierto	
Concentrados de cobre	45	0,5 (16)	0,7 (25)				
				Desbastes planos			
				0,3 (12)	Grúa	Cubierto	
Concentrados de zinc	40	0,6 (21)			Grúa	Cubierto	
Chatarra de hierro y acero		1,0 (35)			Grúa	Al aire libre	
Estaño				Lingotes			
				0,3 (9)	Grúa	Al aire libre	
Estaño en planchas				0,3 (12)	Grúa	Cubierto	
Hierro y acero				Hierro en bruto			
				0,3 (10)	Grúa	Al aire libre para períodos breves	Instalación de desagüe
				Palanquilla			
				0,3 (12)			
				Barras			
				0,4 (15)	Grúa	Cubierto para almacenamiento prolongado	
				Planchas de acero			
				0,3 (12)			
Zinc				Lingotes			
				0,4 (15)	Grúa	Cubierto	
Vehículos:							
Vehículos automóviles, desembalados				4,0–8,0 (150–300)	Grúa	Al aire libre	
Vehículos automóviles, desmontados				Jaulas			
				1,0 (35)	Grúa	Al aire libre	

CUADRO II

Coeficientes de actualización

Número de años	Tipo de interés anual (en porcentaje)											
	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	20.0	25.0	30.0
1	0.90910	0.90091	0.89286	0.88496	0.87720	0.86957	0.86207	0.85471	0.84746	0.83334	0.80000	0.76924
2	0.82645	0.81163	0.79720	0.78315	0.76947	0.75615	0.74317	0.73052	0.71819	0.69445	0.64000	0.59172
3	0.75132	0.73120	0.71119	0.69306	0.67398	0.65752	0.64066	0.62438	0.60864	0.57871	0.51200	0.45517
4	0.68302	0.65874	0.63552	0.61332	0.59209	0.57176	0.55230	0.53366	0.51579	0.48226	0.40960	0.35013
5	0.62093	0.59346	0.56743	0.54276	0.51937	0.49718	0.47612	0.45612	0.43711	0.40188	0.32768	0.26933
6	0.56448	0.53465	0.50664	0.48032	0.45559	0.43233	0.41045	0.38984	0.37044	0.33490	0.26215	0.20718
7	0.51316	0.48166	0.45235	0.42507	0.39964	0.37594	0.35383	0.33320	0.31393	0.27909	0.20972	0.15937
8	0.46651	0.43393	0.40389	0.37616	0.35056	0.32691	0.30503	0.28479	0.26604	0.23257	0.16778	0.12259
9	0.42410	0.39093	0.36062	0.33289	0.30571	0.28427	0.26296	0.24341	0.22546	0.19381	0.13422	0.09430
10	0.38555	0.35219	0.32198	0.29459	0.26975	0.24719	0.22669	0.20804	0.19107	0.16151	0.10738	0.07254
11	0.35050	0.31729	0.28748	0.26070	0.23662	0.21495	0.19542	0.17781	0.16192	0.13459	0.08590	0.05580
12	0.31864	0.28585	0.25668	0.23071	0.20756	0.18691	0.16847	0.15198	0.13722	0.11216	0.06872	0.04293
13	0.28967	0.25752	0.22918	0.20417	0.18207	0.16253	0.14523	0.12990	0.11629	0.09347	0.05498	0.03302
14	0.26334	0.23200	0.20462	0.18068	0.15971	0.14133	0.12530	0.11102	0.09855	0.07789	0.04399	0.02540
15	0.23940	0.20901	0.18270	0.15990	0.14010	0.12290	0.10793	0.09489	0.08352	0.06491	0.03519	0.01954
16	0.21763	0.18830	0.16313	0.14150	0.12290	0.10687	0.09305	0.08111	0.07078	0.05409	0.02815	0.01503
17	0.19875	0.16964	0.14565	0.12522	0.10780	0.09293	0.08021	0.06932	0.05998	0.04508	0.02252	0.01157
18	0.17986	0.15283	0.13004	0.11082	0.09457	0.08081	0.06915	0.05925	0.05084	0.03757	0.01802	0.00890
19	0.16351	0.13768	0.11611	0.09807	0.08295	0.07027	0.05961	0.05064	0.04308	0.03131	0.01442	0.00685
20	0.14865	0.12404	0.10367	0.08679	0.07277	0.06111	0.05139	0.04328	0.03651	0.02609	0.01153	0.00527
21	0.13514	0.01175	0.09256	0.07680	0.06383	0.05314	0.04430	0.03700	0.03094	0.02174	0.00923	0.00405
22	0.12285	0.10067	0.08265	0.06797	0.05599	0.04621	0.03819	0.03162	0.02622	0.01812	0.00738	0.00312
23	0.11168	0.09070	0.07379	0.06015	0.04912	0.04018	0.03293	0.02703	0.02222	0.01510	0.00591	0.00240
24	0.10153	0.08171	0.06589	0.05323	0.04309	0.03494	0.02838	0.02310	0.01883	0.01258	0.00473	0.00185
25	0.09230	0.07361	0.05883	0.04711	0.03780	0.03038	0.02447	0.01975	0.01596	0.01049	0.00378	0.00142

Fuente: Cálculos efectuados por la secretaría de la UNCTAD.

CUADRO III

Coeficientes de amortización

Número de años	Tipo de interés anual (en porcentaje)											
	9.0	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	14.0	15.0	20.0	25.0
1	1.10000	1.11000	1.12000	1.13000	1.14000	1.15000	1.60000	1.17000	1.18000	1.20000	1.25000	1.30000
2	0.57620	0.58394	0.59170	0.59949	0.60729	0.65152	0.62297	0.63083	0.63872	0.65455	0.69445	0.73479
3	0.40212	0.40922	0.41635	0.43353	0.43074	0.43798	0.44526	0.45258	0.45993	0.47473	0.51230	0.55063
4	0.31548	0.32233	0.32924	0.33620	0.34321	0.35027	0.35738	0.36454	0.37174	0.38629	0.42345	0.46163
5	0.26380	0.27058	0.27741	0.28432	0.29129	0.29382	0.30541	0.31257	0.31978	0.33438	0.37185	0.41059
6	0.22961	0.23638	0.24323	0.25016	0.25716	0.26424	0.27139	0.27862	0.28952	0.30071	0.33882	0.37840
7	0.20541	0.21222	0.21912	0.22612	0.23320	0.24037	0.27762	0.25495	0.26237	0.27743	0.31635	0.35688
8	0.18745	0.19433	0.20131	0.20839	0.21558	0.22286	0.23023	0.23769	0.24525	0.26061	0.30040	0.34192
9	0.17365	0.18061	0.18768	0.19487	0.20217	0.20958	0.21709	0.22470	0.23240	0.24808	0.28876	0.33124
10	0.16275	0.16981	0.17699	0.18429	0.19172	0.19926	0.20691	0.21466	0.22252	0.23853	0.28008	0.32347
11	0.15397	0.16113	0.16482	0.17585	0.18340	0.19107	0.19887	0.20677	0.21478	0.23111	0.27350	0.31773
12	0.14677	0.15403	0.16144	0.16899	0.17667	0.18449	0.19242	0.20047	0.20863	0.22527	0.26845	0.31346
13	0.14078	0.14816	0.15568	0.16336	0.17117	0.17912	0.18719	0.19538	0.20369	0.22063	0.26455	0.31025
14	0.13575	0.14323	0.15088	0.15867	0.16661	0.17469	0.18290	0.19124	0.19968	0.21690	0.26151	0.30782
15	0.13148	0.13907	0.14683	0.15475	0.16281	0.17102	0.17936	0.18783	0.19641	0.21389	0.25192	0.30598
16	0.12782	0.13552	0.14340	0.15143	0.15962	0.16795	0.17642	0.18501	0.19372	0.21114	0.25725	0.30458
17	0.12467	0.13248	0.14046	0.14861	0.15692	0.16357	0.17396	0.18267	0.19149	0.20945	0.25576	0.30351
18	0.12194	0.12985	0.13794	0.14621	0.15463	0.16319	0.17189	0.18071	0.18964	0.20781	0.25459	0.30270
19	0.11955	0.12757	0.13577	0.14414	0.15267	0.16134	0.17015	0.17907	0.18811	0.20647	0.25366	0.30207
20	0.11746	0.12558	0.13388	0.14236	0.15099	0.15977	0.16867	0.17770	0.18682	0.20536	0.25292	0.30159
21	0.11563	0.12384	0.13225	0.14082	0.14955	0.15842	0.16742	0.17654	0.18575	0.20445	0.25233	0.30122
22	0.11401	0.12232	0.13082	0.13948	0.14831	0.15727	0.16636	0.17556	0.18485	0.20369	0.25186	0.30094
23	0.11258	0.12098	0.12956	0.13832	0.14724	0.15628	0.16545	0.17473	0.18410	0.20307	0.25149	0.30073
24	0.11130	0.11979	0.12847	0.13731	0.14631	0.15543	0.16468	0.17402	0.18346	0.20255	0.25119	0.30056
25	0.11017	0.11875	0.12750	0.13643	0.14550	0.15470	0.16402	0.17343	0.18292	0.20212	0.25095	0.30043

Fuente: Cálculos efectuados por la secretaría de la UNCTAD.

CUADRO IV

Tabla de 1.400 numeros aleatorios

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	10480	15011	01536	02011	81647	91646	69179	14194	62590	36207	20969	99570	91291	90700
2	22368	46573	25595	85393	30995	89198	27982	53402	93965	34095	52666	19174	39615	99505
3	24130	48360	22527	97265	76393	64809	15179	24830	49340	32081	30680	19655	63348	58629
4	42167	93093	06243	61680	07856	16376	39440	53537	71341	57004	00849	74917	97758	16379
5	37570	39975	81837	16656	06121	91782	60468	81305	49684	60672	14110	06927	01263	54613
6	77921	06907	11008	42751	27756	53498	18602	70659	90655	15053	21916	81825	44394	42880
7	99562	72905	56420	69994	98872	31016	71194	18738	44013	48840	63213	21069	10634	12952
8	96301	91977	05463	07972	18876	20922	94595	56869	69014	60045	18425	84903	42508	32307
9	89579	14342	63661	10281	17453	18103	57740	84378	25331	12566	58678	44947	05585	56941
10	85475	36857	53342	53988	53060	59533	38867	62300	08158	17983	16439	11458	18593	64952
11	28918	69578	88231	33276	70997	79936	56865	05859	90106	31595	01547	85590	91610	78138
12	63553	40961	48235	03427	49626	69445	18663	72695	52180	20847	12234	90511	33703	90322
13	09429	93969	52636	92737	88974	33488	36320	17617	30015	08272	84115	27156	30613	74952
14	10365	61129	87529	85689	48237	52267	67689	93394	01511	26358	85104	20285	29975	89868
15	07119	97336	71048	08178	77233	13916	47564	81056	97735	35977	29372	74461	28551	90707
16	51085	12765	51821	51259	77452	16308	60756	92144	49442	53900	70960	63990	75601	40719
17	02368	21382	52404	60268	89368	19885	55322	44819	01188	65255	64835	44919	05944	55157
18	01011	54092	33362	94904	31273	04146	18594	29852	71585	85030	51132	01915	92747	64951
19	52162	53916	46369	58586	23216	14513	83149	98736	23495	64350	94738	17752	35156	35749
20	07056	97628	33787	09998	42698	06691	76988	13602	51851	46104	88916	19509	25625	58104
21	48663	91245	85828	14346	09172	30168	90229	04734	59193	22178	30421	61666	99904	32812
22	54164	58492	22421	74103	47070	25306	76468	26384	58151	06646	21524	15227	96909	44592
23	32639	32363	05597	24200	13363	38005	94342	28728	35806	06912	17012	64161	18296	22851
24	29334	27001	87637	87308	58731	00256	45834	15398	46557	41135	10367	07684	36188	18510
25	02488	33062	28834	07351	19731	92420	60 952	61280	50001	67658	32586	86679	50720	94953
26	81525	72295	04839	96423	24878	82651	66366	14778	76797	14780	13300	87074	79666	95725
27	29676	20591	68086	26432	46901	20849	89768	81536	86645	12659	92259	57102	80428	25280
28	00742	57392	39064	66432	84673	40027	32832	61362	98947	96067	64760	64584	96096	98253
29	05366	04213	25669	26422	44407	44048	37937	63904	45766	66134	75470	66520	34693	90449
30	91921	26418	64117	94305	26766	25940	39972	22209	71500	64568	91402	42416	07844	69618
31	00582	04711	87917	77341	42206	35126	74087	99547	81817	42607	43808	76655	62028	76630
32	00725	69884	62797	56170	86324	88072	76222	36086	84637	93161	76038	65855	77919	88006
33	69011	65795	95876	55293	18988	27354	26575	08625	40801	59920	29841	80150	12777	48501
34	25976	57948	29888	88604	67917	48708	18912	82271	65424	69774	33611	54262	85963	03547
35	09763	83473	73577	12908	30883	18317	28290	35797	05998	41688	34952	37888	38917	88050
36	91567	42595	27958	30134	04024	86385	29880	99730	55536	84855	29080	09250	79656	73211
37	17955	56349	90999	49127	20044	59931	06115	20542	18059	02008	73708	83517	36103	42791
38	46503	18584	18845	49618	02304	51038	20655	58727	28108	15475	56942	53389	20562	87338
39	92157	89634	94824	78171	84610	82834	09922	25417	44137	48418	25555	21246	35509	20468
40	14577	62765	35605	81263	39667	47358	56873	56307	61607	49518	89656	20103	77490	18062
41	98427	07523	33362	64270	01638	92477	60969	98420	04880	45585	46565	04102	46880	45709
42	34914	63976	88720	82705	34476	17032	87589	40836	32427	70002	70663	88863	77775	69348
43	70060	28277	39475	40473	23219	53416	94970	25832	69975	94884	19661	72828	00102	66794
44	53976	54914	00990	67245	68350	82948	11398	42878	80287	88267	47363	46634	06541	97809
45	76072	29515	40980	07391	58745	25774	22987	80059	39911	96189	41151	14222	60697	59583
46	90725	52210	83974	29992	65831	38857	50490	83765	55657	14361	31720	57375	56228	41546
47	64364	67412	33339	31926	14883	24413	59744	92351	97473	89286	35931	04110	23726	51900
48	08962	00358	31662	25388	61642	34072	81249	85648	56891	69352	48373	45578	78547	81788
49	95012	68379	93526	70765	10592	04542	76463	54328	02849	17247	28865	14777	62730	92277
50	15664	10493	20492	38891	91132	21999	59616	81652	27195	48223	46751	22923	32261	85653
51	16408	81899	04153	53381	79401	21438	83035	92350	36693	31238	59649	91754	72772	02338
52	18629	81953	05520	91962	04739	13092	97662	24822	94730	06496	35090	04822	86774	98289
53	73115	35101	47498	87637	99016	71060	88824	71013	18735	20280	23153	72924	35165	43040
54	57491	16703	23167	49323	45021	33132	12544	41035	80780	45393	44812	12515	98931	91202
55	30405	83946	23792	14422	15059	45799	22716	19792	09983	74353	08668	30429	70735	25499

CUADRO IV *(continuación)*

Tabla de 1 400 números aleatorios

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
56	16631	35006	85900	98275	32388	52390	16815	69298	82732	38480	72817	32523	41961	44437
57	96773	20206	42559	78985	05300	22164	24369	54224	35083	19687	11052	91491	60383	19746
58	38935	64202	14349	82674	66523	44138	00697	35552	35970	19124	63318	29686	03387	59846
59	31624	76384	17403	53363	44167	64486	64758	75366	76554	31601	12614	33072	60332	92325
60	78919	19474	23632	27889	47914	02584	37680	20801	72152	39339	34806	08930	85001	87820
61	03931	33309	57047	74211	63445	17361	62825	39908	05607	91284	68833	25570	38818	46920
62	74426	33278	43972	10119	89917	15665	52872	73823	73144	88662	88970	74492	51805	99378
63	09066	00903	20795	95452	92648	45454	09552	88815	16553	51125	79375	97596	16296	66092
64	42238	12426	87025	14267	20979	04508	64535	31355	86064	29472	47689	05974	52468	16834
65	16153	08002	26504	41744	81959	65642	74240	56302	00033	67107	77510	70625	28725	34191
66	21457	40742	29820	96783	29400	21840	15035	34537	33310	06116	95240	15957	16572	06004
67	21581	57802	02050	89728	17937	37621	47075	42080	97403	48626	68995	43805	33386	21597
68	55612	78095	83197	33732	05810	24813	86902	60397	16489	03264	88525	42786	05269	92532
69	44657	66999	99324	51281	84463	60563	79312	93454	68876	25471	93911	25650	12682	73572
70	91340	84979	46949	81973	37949	61023	43997	15263	80644	43942	89203	71795	99533	50501
71	91227	21199	31935	27022	84067	05462	35216	14436	29891	68607	41867	14951	91696	85065
72	50001	38140	66321	19924	72163	09538	12151	06878	91903	18749	34405	56087	82790	70925
73	65390	05224	72958	28609	81406	39147	25549	48542	42627	45233	57202	94617	23772	07896
74	27504	96131	83944	41575	10573	08619	64482	73923	36152	05184	94142	25299	84387	34925
75	37169	94851	39117	89632	00959	16487	65536	49071	39782	17095	02330	74301	00275	48280
76	11508	70225	51111	38351	19444	66499	71945	05422	13442	78675	84081	66938	93654	59894
77	37449	30362	06694	54690	04052	53115	62757	95348	78662	11163	81651	50245	34971	52924
78	46515	70331	85922	38329	57015	15765	97161	17869	45349	61796	66345	81075	49106	79860
79	30986	81223	42416	58353	21532	30502	32305	86482	05174	07901	54339	58861	74818	46942
80	63798	64995	46583	09785	44160	78128	83991	42865	92520	83531	80377	35909	81250	54238
81	82480	84846	99254	67632	43218	50076	21361	64816	51202	88124	41870	52689	51275	83556
82	21885	32906	92431	09060	64297	51674	64126	62570	26123	05155	59194	52799	28225	85762
83	60336	98782	07408	53458	13564	59089	26445	29789	85205	41001	12535	12133	14645	23541
84	43937	46891	24010	25560	86355	33941	25786	54990	71899	15475	95434	98227	21824	19585
85	97656	63175	89303	16275	07100	92063	21942	18611	47348	20203	18534	03862	78095	50136
86	03299	01221	05418	38982	55758	92237	26759	86367	21216	98442	08303	56613	91511	75928
87	79626	06486	03574	17668	07785	76020	79924	25651	83325	88428	85076	72811	22717	50585
88	85636	68335	47539	03129	65651	11977	02510	26113	99447	68645	34327	15152	55230	93448
89	18039	14367	61337	06177	12143	46609	82989	74014	64708	00533	35398	58408	13261	47908
90	08362	15656	60627	36478	65648	16764	53412	09013	07832	41574	17639	82163	60859	75567
91	79556	29068	04142	16268	15387	12856	66227	38358	22478	73373	88732	09443	82558	05250
92	92608	82674	27072	32534	17075	27698	98204	63863	11951	34648	88022	56148	34925	57031
93	23982	25835	40055	67006	12293	02753	14827	23235	35071	99704	37543	11601	35503	85171
94	09915	96306	05908	97901	28395	14186	00821	80703	70426	75647	76310	88717	37890	40129
95	59037	33300	26695	62247	69927	76123	50842	43834	86654	70959	79725	93872	28117	19233
96	42488	78077	69882	61657	34136	79180	97526	43092	04098	73571	80799	76536	71255	64239
97	46764	86273	63003	93017	31204	36692	40202	35275	57306	55543	53203	18098	47625	88684
98	03237	45430	55417	63282	90816	17349	88298	90183	36600	78406	06216	95787	42579	90730
99	86591	81482	52667	61582	14972	90053	89534	76036	49199	43716	97548	04379	46370	28672
100	38534	01715	94964	87288	65680	43772	39560	12918	86537	62738	19636	51132	25739	56947

Fuente: Bureau of Transport Economics and Statistics de la Interstate Commercial Commission, Washington, D.C.

Anexo II

TÉCNICAS MATEMÁTICAS

A. — Análisis del riesgo por el método de Montecarlo

1. El método de Montecarlo es un procedimiento para obtener evaluaciones aproximadas de expresiones matemáticas que comprenden una o más funciones de distribución de probabilidades. Ese método consiste esencialmente en simular un experimento para determinar las propiedades estadísticas generales de un sistema mediante el muestreo aleatorio de cada elemento del sistema. Como la operación de obtener una muestra física del sistema real es imposible o excesivamente costosa, hay que recurrir al muestreo simulado. El muestreo simulado consiste en reemplazar la distribución real de los elementos por una distribución teórica supuesta de probabilidades, y luego se obtiene una muestra de esa distribución teórica mediante una tabla de números aleatorios.

2. Esta técnica tiene muchas aplicaciones prácticas y puede utilizarse para efectuar el análisis del riesgo cuando se evalúan diversas posibilidades de inversión. En materia de desarrollo de puertos, los acontecimientos futuros son probabilísticos. Así, por ejemplo, el planificador no sabe con seguridad si dentro de tres años la terminal tendrá que manipular un millón de toneladas de carga general fraccionada. Puede saber que es muy probable que el volumen de carga no sea inferior a 800.000 toneladas ni superior a 1.400.000 toneladas. Así pues, el futuro movimiento de mercancías de la terminal puede describirse por medio de una función de distribución de probabilidades. Hay otros elementos, como la productividad y el número de cuadrillas por buque y por turno, que también se pueden describir mediante distribuciones de probabilidades. Con estimaciones de esas distribuciones, puede utilizarse el método de Montecarlo para evaluar los resultados y los costos correspondientes a distintas posibilidades de inversión.

3. La probabilidad de obtener una determinada combinación cuando se echan dos dados de seis caras viene determinada por las respectivas probabilidades de que salga una de las caras de cada uno de los dados. Cuando las diferentes probabilidades son iguales, como ocurriría en el caso de utilizar dados perfectos, se puede calcular la probabilidad conjunta. Sin embargo, cuando las diferentes probabilidades son desiguales y desconocidas, por ejemplo, si los dados son falsos, el cálculo no es posible y es preciso realizar un experimento para estimar la probabilidad conjunta. Una forma de experimento consiste en sacar números de tablas de números aleatorios, como la que figura en el anexo I.

4. Un ejemplo numérico es la mejor manera de ilustrar la aplicación de esa técnica a la planificación portuaria. Supongamos que un planificador ha obtenido las siguientes estimaciones estadísticas para un grupo de puestos de atraque en el año 1985:

Probabilidades del volumen de tráfico

Toneladas	*Porcentaje*
400 000–600 000	15
600 000–800 000	20
800 000–1 millón	30
1–1,2 millones	20
1,2–1,4 millones	15

Probabilidades de la productividad

Toneladas por hora de cuadrilla	*Porcentaje*
8–12	40
12–16	40
16–20	20

Probabilidades del número de cuadrillas por buque y por turno

Número de cuadrillas	*Porcentaje*
2	20
3	50
4	30

5. Si el planificador necesita ahora buscar la distribución de las probabilidades conjuntas de las necesidades de días de puestos de atraque tendrá que sacar números aleatorios, manualmente o con una computadora, que representen un gran número de valores posibles de cada uno de los tres parámetros.

6. En lo que se refiere al volumen de tráfico, a los cinco diferentes intervalos de tonelaje se les asigna la serie de números escogida del 0 al 99 que corresponda a la frecuencia de probabilidad respectiva:

Toneladas	*Porcentaje de probabilidades*	*Serie de números*
400 000–600 000	(15)	00–14
600 000–800 000	(20)	15–34
800 000–1 millón	(30)	35–64
1–1,3 millones	(20)	65–84
1,2–1,4 millones	(15)	85–99

Análogamente se asignan números a las probabilidades de la productividad:

Toneladas por hora	*Porcentaje de probabilidades*	*Serie de números*
8–12	(40)	0–39
12–16	(40)	40–79
16–20	(20)	80–99

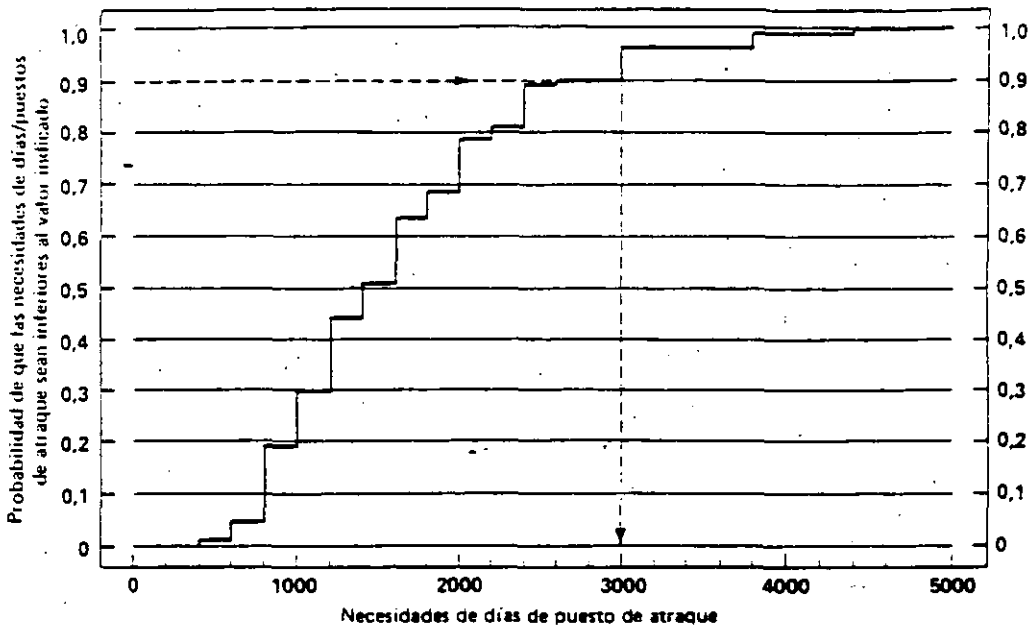
Finalmente, se asignan números a las probabilidades del número de cuadrillas por buque y por turno:

Número de cuadrillas	*Porcentaje de probabilidades*	*Serie de números*
2	(20)	0–19
3	(50)	20–69
4	(30)	70–99

7. El experimento de Montecarlo continúa tomando una serie de tres números aleatorios de dos cifras, por ejemplo, las dos primeras cifras de los tres primeros números de la columna 1 del cuadro IV del anexo I, es decir 10, 22 y 24. El número 10 implica un tonelaje

GRAFICO I

Distribución de probabilidad acumulativa para el ejemplo numérico del método de Montecarlo



de 400.000 a 600.000 toneladas; el 22, una productividad de 8 a 12 toneladas por hora y el 24 implica 3 cuadrillas. Seguidamente se efectúa el cálculo para este primer muestreo de datos (utilizando el número intermedio de la serie para representar el tonelaje y las toneladas por hora, y suponiendo que se trabaja diariamente una fracción fija del día igual a 0,6).

Primer muestreo

Necesidades de días de puesto de atraque =

$$= \frac{500\,000 \text{ toneladas}}{10 \text{ toneladas/hora} \times 3 \text{ cuadrillas} \times 0{,}6 \times 24} =$$

= 1.157 días de puesto de atraque

8. Esta cifra de 1.157 se anota como resultado del primer muestreo, y el proceso se repite —posiblemente de 50 a 100 veces— para obtener una nueva distribución de probabilidades que se puede representar como en el gráfico I, el cual interesará al responsable de la decisión. Entonces se podrá considerar razonable prever unas necesidades de días de puestos de atraque con una probabilidad del 90%, es decir 3.000 días de puesto de atraque.

9. Normalmente, este procedimiento se llevaría adelante hasta llegar a la medida más fácilmente comprensible del valor actualizado neto de la inversión proyectada, en cuyo caso estaría justificada la utilización de un programa de computadora para realizar todos los cálculos. Sin embargo, aunque este procedimiento es muy laborioso, siempre es posible hacerlo a mano y puede ser preferible contratar a un estudiante durante un par de semanas para que haga este trabajo antes que hacer frente a los gastos y molestias de programar una computadora. Para calcular los tiempos de espera pueden utilizarse las curvas correspondientes de los diagramas de planificación, y de hecho esos mismos diagramas también pueden utilizarse para calcular los días de puesto de atraque correspondientes a cada muestra de tonelaje, productividad y número de cuadrillas por turno.

B. — Simulación

10. La simulación, que es parte de la ciencia de la gestión moderna, es una técnica para representar por un modelo un proceso complejo, que de otro modo no sería susceptible de descripción matemática, debido al comportamiento estocástico [a] y a las características no lineales del proceso. En la simulación, el sistema se descompone en diversos subsistemas que pueden describirse matemáticamente con relativa facilidad. Luego se combinan esas [illegible] para obtener un modelo del sistema completo y poder evaluar respuestas a diversas entradas. Los parámetros del modelo pueden modificarse, y así el usuario puede simular los cambios proyectados en los procesos actuales o futuros y, por consiguiente, evaluar los aspectos económicos de diferentes variantes sin tener que efectuar inversiones costosas.

11. Muchos modelos se desarrollan mediante una computadora, debido al elevado número de cálculos iterativos y al volumen de datos que entran en un modelo de simulación. Por esta razón, se han creado diferentes lenguajes de simulación para poder convertir más rápidamente el modelo teórico en modelo práctico. Los lenguajes usados más corrientemnete son los siguientes:

GPSS
SIMULA
CSL
SIMSCRIPT
SIMON
GASP II

Además, también pueden utilizarse lenguajes no adaptados para la simulación, y frecuentemente se desarrollan modelos utilizando lenguajes de computadora tales como FORTRAN, COBOL y ALGOL.

12. Cuando se proyecta utilizar técnicas de simulación mediante computadoras, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones generales:

a) La simulación da la respuesta del modelo a una determinada situación;

b) La simulación es un buen instrumento de capacitación y constituye un excelente método de investigación sobre el comportamiento de los sistemas;

[a] Se llama estocástico a un comportamiento aparentemente aleatorio, pero que puede ser descrito mediante una pauta estadística definida.

c) La simulación permite ensayar muchas variantes;

d) El costo de la simulación puede influir en la decisión de utilizar o no esta técnica;

e) Es difícil prever con exactitud los gastos de desarrollo de la simulación;

f) Normalmente, los modelos generales aplicables sin modificación sólo permiten obtener informaciones limitadas;

g) Es muy frecuente que la mera formulación y depuración del modelo proporcionen la respuesta, sin necesidad de pasarlo por la computadora.

13. El empleo de la simulación para el desarrollo de puertos fue recomendado como método de valor práctico en un informe preliminar de la secretaría, aunque se advirtió que ese método sólo puede utilizarse en los casos en que se disponga de datos estadísticos adecuados [b]. Tras otras investigaciones y aplicaciones del método [c], la secretaría ha podido indicar los siguientes requisitos previos para sacar todo el partido de esa técnica:

a) Previsiones exactas y precisas del tráfico y de los futuros ritmos de manipulación de carga;

b) Personal especializado en métodos de simulación, tanto para el desarrollo como para la utilización del modelo;

c) Tiempo suficiente para la reunión de datos, la definición del modelo, la documentación, la programación, el ensayo y la verificación de validez, más el tiempo destinado a obtener resultados del modelo para las diversas posibilidades de inversión.

C. — Combinación de incertidumbres sobre las clases de tráfico

14. El análisis detallado del tráfico, categoría por categoría y ruta por ruta, será hasta cierto punto un trabajo inútil si no hay un método satisfactorio para recombinar esos elementos y formar el tráfico global de un grupo de puestos de atraque, pues sólo a ese nivel son posibles los cálculos de rendimiento.

15. Se utiliza un ejemplo cifrado para ilustrar la manera de combinar las previsiones de tráfico para obtener la previsión de tráfico global de un grupo de puestos de atraque. Se da por supuesto que una terminal ha de recibir tres clases diferentes de tráfico. En el cuadro V se dan los tonelajes y probabilidades para cada una de esas clases de tráfico.

CUADRO V

Previsión y probabilidad del tráfico de carga en una terminal

	Estimaciones del tráfico (en miles de toneladas) y de las probabilidades		
Tráfico	*Previsión alta*	*Previsión media*	*Previsión baja*
A	100/0.2	75/0.5	50/0.3
B	80/0.3	60/0.6	40/0.1
C	70/0.1	45/0.5	20/0.4

[b] *Desarrollo de los puertos: mejoramiento de las operaciones portuarias e instalaciones conexas* (publicación de las Naciones Unidas, N.º de venta: S.69.II.D.17), introducción, párr. 3.

[c] Véase «El progreso técnico en el transporte marítimo y los puertos: aplicación del análisis de sistemas a la planificación portuaria» (TD/B/C.4/132), párrs. 12 a 21.

CUADRO VI

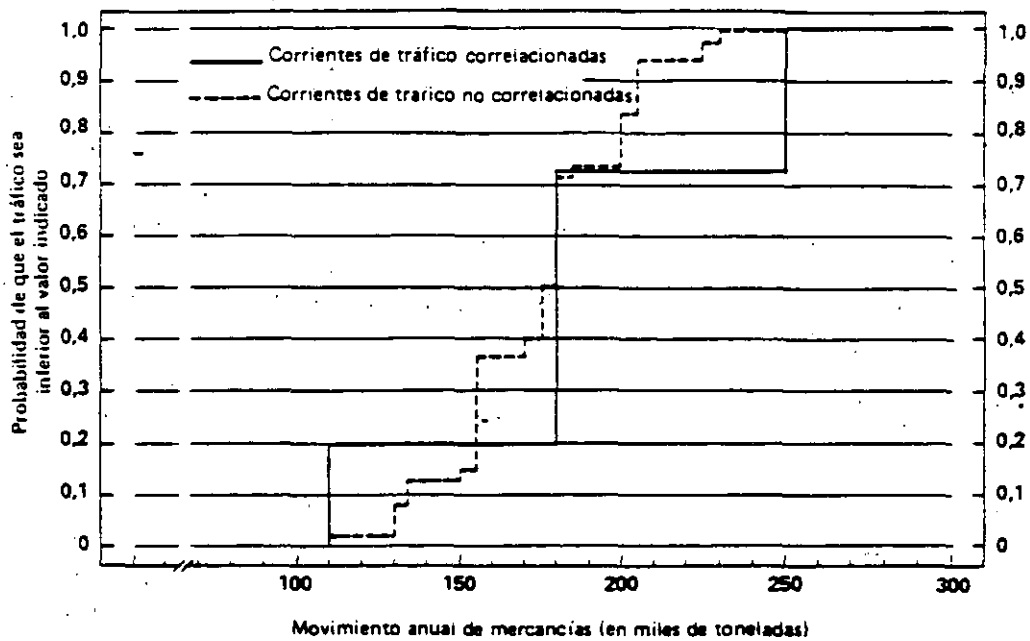
Combinaciones de previsiones de tráfico y probabilidades correspondientes

Combinación			*Previsiones de tráfico (en miles de toneladas)*	*Probabilidades*	*Contribución al tráfico total previsto (en miles de toneladas)*
A	*B*	*C*			
H*	H	H	250	0.006	1.5
H	H	M**	225	0.030	6.75
H	H	L***	200	0.024	4.80
H	M	H	230	0.012	2.76
H	M	M	205	0.060	12.30
H	M	L	180	0.048	8.64
H	L	H	210	0.002	4.2
H	L	M	185	0.010	1.85
H	L	L	160	0.008	1.28
M	H	H	225	0.015	3.375
M	H	M	200	0.075	15.00
M	H	L	175	0.060	10.50
M	M	H	205	0.030	6.15
M	M	M	180	0.150	27.00
M	M	L	155	0.120	18.60
M	L	H	185	0.005	0.925
M	L	M	160	0.025	4.0
M	L	L	135	0.020	2.7
L	H	H	200	0.009	1.8
L	H	M	175	0.045	7.875
L	H	L	150	0.036	5.40
L	M	H	180	0.018	3.24
L	M	M	155	0.090	13.95
L	M	L	130	0.072	9.36
L	L	H	160	0.003	0.48
L	L	M	135	0.015	2.025
L	L	L	110	0.012	1.32
				1.000	177.78

* Previsión alta. ** Previsión media. *** Previsión baja.

GRAFICO II

Comparación de la distribución del tráfico total en los casos con correlación y sin ella



16. Cuando las diversas corrientes de tráfico son independientes, la probabilidad conjunta se obtiene multiplicando las probabilidades repetidas de los distintos elementos de cada combinación. Por ejemplo, la probabilidad de que se realice la previsión más alta, o sea 250.000 toneladas, es $0,2 \times 0,3 \times 0,1 = 0,006$, mientras que la probabilidad de la previsión más baja, es decir de 110.000 toneladas, es $0,3 \times 0,1 \times 0,4 = 0,012$.

17. El cuadro VI da las diversas combinaciones con las probabilidades de que se realicen. El hecho de que las distintas corrientes de tráfico sean independientes tiende a estabilizar la demanda a que ha de hacer frente el grupo de puestos de atraque. Ahora bien, cuando esas previsiones separadas son interdependientes o, dicho en términos matemáticos, están correlacionadas, las probabilidades conjuntas serán muy diferentes. Cuando un factor depende completamente de otro, o está totalmente en correlación con él, se dice que el coeficiente de correlación es igual a 1,0.

18. Para un tráfico completamente correlacionado, las probabilidades de que se realicen las previsiones alta, media y baja, en el ejemplo cifrado anteriormente citado, serían respectivamente 0,2, 0,533 y 0,267 [d]. El volumen de tráfico previsto se obtiene de la forma siguiente:

$$(250 \times 0,2) + (180 \times 0,533) + (110 \times 0,267) =$$
$$= 175,3 \text{ miles de toneladas,}$$

mientras que cuando no existe correlación el volumen de tráfico previsto es de 177,78 miles de toneladas. En este caso, pues, el coeficiente de correlación afecta más a la distribución que al valor previsto. El gráfico II muestra las probabilidades acumuladas para los dos casos. En este ejemplo, el movimiento de mercancías que sólo tendría un 10% de probabilidad de ser superado sería de 205.000 toneladas cuando hay correlación entre las corrientes de tráfico y de 250.000 toneladas cuando no la hay.

19. Normalmente no hay razón para tratar de estimar los valores de las hipótesis optimista y pesimista para cada una de las categorías, ni tampoco sus valores más probables, ya que la combinación de estas estimaciones es en sí misma muy sensible a las estimaciones del grado de correlación existente entre diversas categorías de tráfico, y que esos coeficientes de correlación raramente se conocerán con suficiente precisión. Es preferible limitar las estimaciones al valor central y más probable de cada categoría y suponer que la tendencia general del tráfico global se aplicará por igual a cada una de las categorías.

20. La excepción será cuando haya determinadas categorías para las que el grado de incertidumbre sea sensiblemente diferente de la incertidumbre global. En este caso puede calcularse por separado la diferencia respecto de la tendencia, combinarla con las diferencias correspondientes a otras categorías según éstas sean independientes o correlacionadas, y agregarla luego nuevamente a las estimaciones globales.

21. Sin embargo, no es probable que esos refinamientos matemáticos aumenten mucho la exactitud de las estimaciones finales, y además encierran ciertos peligros porque tienen una apariencia de precisión que no está justificada. Es preferible compensar la incertidumbre de una manera más práctica. Por ejemplo, cuando la tasa media de crecimiento anual de un determinado tráfico es del 10% y además hay posibilidad de que el crecimiento sea superior a la media en dos rutas diferentes, el planificador se verá obligado a prever la evolución futura teniendo en cuenta esas dos tendencias fuera de lo ordinario. Para que la teoría sea coherente y razonable tendrá que determinar en qué medida pueden coexistir las dos tendencias superiores al promedio. Debería poder encontrar un método razonable de síntesis del tráfico global que en realidad será tan exacto como el método matemático, y mucho más convincente.

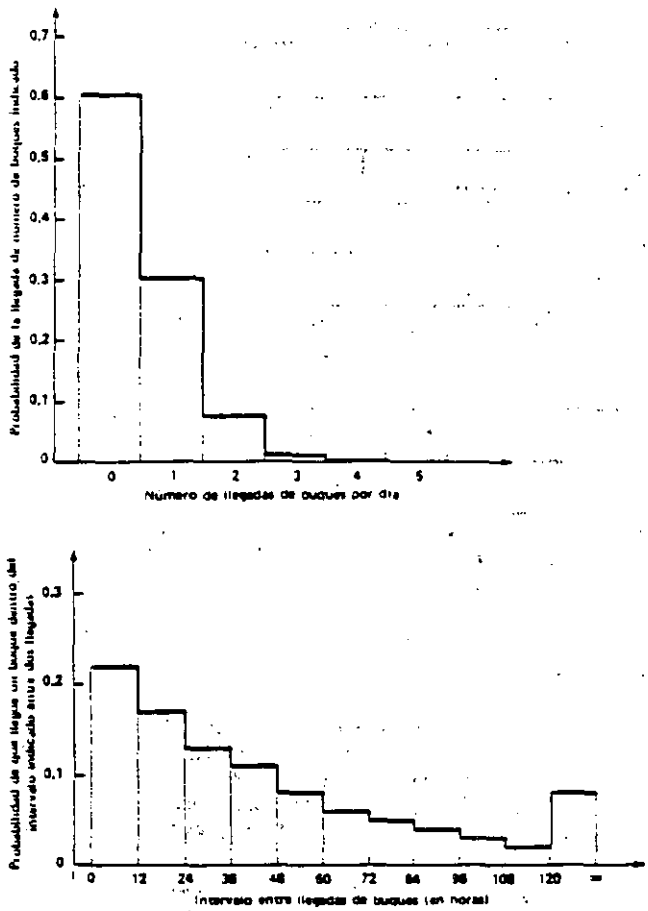
D. — Estadísticas de llegadas de buques, distribuciones de tiempos de servicio y tiempos de espera

22. Las investigaciones de la UNCTAD han confirmado la opinión generalmente admitida de que la distribución de Poisson es la que con mayor aproximación representa el ritmo de llegadas de buques de carga fraccionada. Esto equivale a decir que la distribución de los intervalos entre las llegadas sucesivas viene representada aproximadamente por una distribución exponencial negativa o distribución Erlang 1. A título de ejemplo, el gráfico III representa la distribución de probabilidad para el caso de que llegue un buque cada dos días.

[d] La probabilidad de cada previsión se determina sumando las distintas probabilidades y dividiendo luego la suma por el número de corrientes de tráfico, en este caso 3.

GRAFICO III

Distribución de las llegadas de buques de carga fraccionada para un promedio de un buque cada dos días



23. Teniendo en cuenta los datos de que disponía la secretaría de la UNCTAD (véase el cuadro VII) se decidió utilizar la distribución Erlang 2 para representar la distribución de los tiempos de servicio o tiempos de permanencia en el puesto de atraque. La operación de prestar servicio puede considerarse como sigue: hay dos «etapas», que no son necesariamente significativas en la realidad, cada una de ellas con una distribución Erlang 1. La segunda etapa comienza inmediatamente después de terminada la primera. Entonces la distribución del tiempo total de servicio es la de la suma de las dos variables aleatorias independientes, y se puede representar mediante una distribución Erlang 2.

24. Cuando el número de «etapas» llega a ser muy grande, o sea que el número de Erlang aumenta, el tiempo de servicio tiende a ser constante, pero para que esto ocurra es necesario que el número de Erlang sea muy alto, ya que la relación entre la desviación media y la desviación típica viene dada por la raíz cuadrada del número de Erlang.

25. Considerando el otro extremo, la representación de los tiempos de servicio por una distribución Erlang 1 daría un gran número de tiempos de servicio agrupados alrededor de cero. Aunque esta hipótesis es plausible en lo que se refiere a los intervalos entre las llegadas de los buques, en cambio resulta poco realista cuando se aplica a los tiempos de permanencia de los buques en los puestos de atraque. En el gráfico IV se comparan las distribuciones Erlang 1 y Erlang 2 de frecuencias acumuladas para un tiempo medio de servicio de cinco días.

26. Puede utilizarse la teoría de las colas para determinar con aproximación satisfactoria los tiempos de espera para sistemas de diversas capacidades. El sistema de colas incluido en el modelo elaborado para un grupo de puestos de atraque de carga fraccionada se basa en la hipótesis de que las llegadas de los buques son aleatorias y de que los tiempos de servicio siguen una distribución Erlang 2. Según la notación de la teoría de las colas, se trata del sistema $M/E_2/n$ (M significa llegadas markovianas o aleatorias, E_2 representa tiempos de servicio según la distribución Erlang 2 y n el número de puntos de servicio, o sea de puestos de atraque). El sistema $M/E_2/n$ es matemáticamente muy engorroso y no se ha descrito enteramente para los casos en que $n > 2$. Afortunadamente, se puede utilizar una aproximación sugerida en el libro de Page sobre la teoría de las colas[6], que da resultados suficientemente exactos en la mayoría de los casos prácticos. En el cuadro VIII se dan, para el sistema $M/E_2/n$, los tiempos medios de espera de los buques en la cola, expresados en unidades de tiempo medio de servicio. Estos resultados se han empleado, en el diagrama de planificación II para la carga fraccionada, para definir la relación entre la

[6] E. Page, *Queueing Theory in OR*. Londres, Butterworths, 1972.

CUADRO VII

Resumen del análisis de los datos portuarios recopilados para el estudio de los recargos por congestión

Puerto y año	Número de observaciones de la muestra	Tonelaje medio por buque	Tiempo medio de permanencia en el puesto de atraque (horas)	Toneladas por hora de permanencia en el puesto de atraque	Número de Erlang*
Mourasa					
1970	190	2 122	180	19.60	2
1971	197	2 438	148	16.43	2
1972	196	2 179	120	18.20	2
Khorramshahr					
1971	143	2 617	121	21.56	3
1972	135	2 747	126	21.38	3
1973	123	3 718	133	27.36	3
Dar es-Salam					
1969	144	1 377	82	16.89	2
1970	144	2 027	119	17.01	2
1971	144	2 186	157	13.89	2
1972	143	1 833	135	13.59	2

Fuente: Datos reunidos por la secretaría de la UNCTAD.

* Número de Erlang de la distribución teórica que mejor se ajusta a la distribución observada de los tiempos de permanencia en los puestos de atraque.

CUADRO VIII

Tiempos medios de espera de los buques en una cola $M/E_2/n$

(En unidades de tiempo medio de servicio)

A. — PARA 1 A 15 PUESTOS DE ATRAQUE

Utilización	Número de puestos de atraque														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.10	0.08	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.15	0.13	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.20	0.19	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	0.25	0.05	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.30	0.32	0.08	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.35	0.40	0.11	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.40	0.50	0.15	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
0.45	0.60	0.20	0.08	0.05	0.03	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
0.50	0.75	0.26	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0
0.55	0.91	0.33	0.16	0.10	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0	0
0.60	1.13	0.43	0.23	0.14	0.09	0.06	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
0.65	1.38	0.55	0.30	0.19	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
0.70	1.75	0.73	0.42	0.27	0.19	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03
0.75	2.22	0.96	0.59	0.39	0.28	0.21	0.17	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
0.80	3.00	1.34	0.82	0.57	0.42	0.33	0.27	0.22	0.18	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08
0.85	4.50	2.00	1.34	0.90	0.70	0.54	0.46	0.39	0.34	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
0.90	6.75	3.14	2.01	1.45	1.12	0.91	0.76	0.65	0.56	0.50	0.45	0.40	0.36	0.33	0.30

B. — PARA 16 A 30 PUESTOS DE ATRAQUE

Utilización	Número de puestos de atraque														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.60	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.65	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.70	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0
0.75	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
0.80	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
0.85	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
0.90	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12
0.95	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58	0.55	0.51	0.49	0.46	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36

Fuente: Cálculos de la secretaría de la UNCTAD.

utilización del puesto de atraque y el tiempo total de permanencia del buque en el puerto.

27. En el caso de las terminales especializadas, se ha supuesto que la distribución de los intervalos entre llegadas viene representada con mayor aproximación por una distribución Erlang 2, mejor que por una distribución exponencial negativa. Esto se debe principalmente a lo limitado del número de operadores que utilizan cada terminal especializada, lo que da lugar a una cierta racionalización de las llegadas. La hipótesis de unos tiempos de servicio distribuidos según la fórmula Erlang 2 dará en este caso unas estimaciones del tiempo de espera mayores de las que cabría esperar en el caso de una terminal en la que el tiempo de rotación de los buques fuese casi constante, pero los datos de que dispone la UNCTAD muestran que este caso es poco frecuente. Cuando el volumen de los cargamentos es bastante constante, especialmente en operaciones de carga a granel integradas verticalmente, se utilizan distribuciones de Erlang de un número elevado, ocho o incluso más.

28. En el cuadro IX se indica la relación entre el tiempo de espera y la utilización del puesto de atraque, expresándola en unidades de tiempo medio de servicio. A título de ejemplo, en el gráfico V se comparan los tiempos de espera en un terminal de cuatro puestos de atraque para los tres sistemas de formación de colas ($M/M/4$, $M/E_2/4$ y $E_2/E_2/4$). Al evaluar diferentes posibilidades, hay que observar y tener presente la gran sensibilidad de los tiempos de espera a la distribución que se adopte. Se considera que el sistema $M/E_2/n$ proporciona la mejor estimación del tiempo de espera para los terminales de carga fraccionada, mientras que el sistema $E_2/E_2/n$ es preferible para los terminales especializados.

E. — Base matemática de los diagramas de planificación

29. A continuación se exponen las relaciones matemáticas empleadas para trazar las curvas en cada cuadrante de los diagramas de planificación. Con esta información, el planificador podrá reconstruir las curvas a escala diferente.

a) *Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I (A y B): necesidades de puestos de atraque*

Toneladas por día y por cuadrilla = promedio de toneladas por hora-cuadrilla × fracción total de tiempo en que se trabaja en los buques atracados × 24

Toneladas por buque y por día = toneladas por día y cuadrilla × promedio de cuadrillas empleadas por buque por turno

Necesidades de puestos de atraque-día = tonelaje anual previsto/toneladas por buque y por día

CUADRO IX

Tiempos medios de espera de los buques en una cola $E_2/E_2/n$

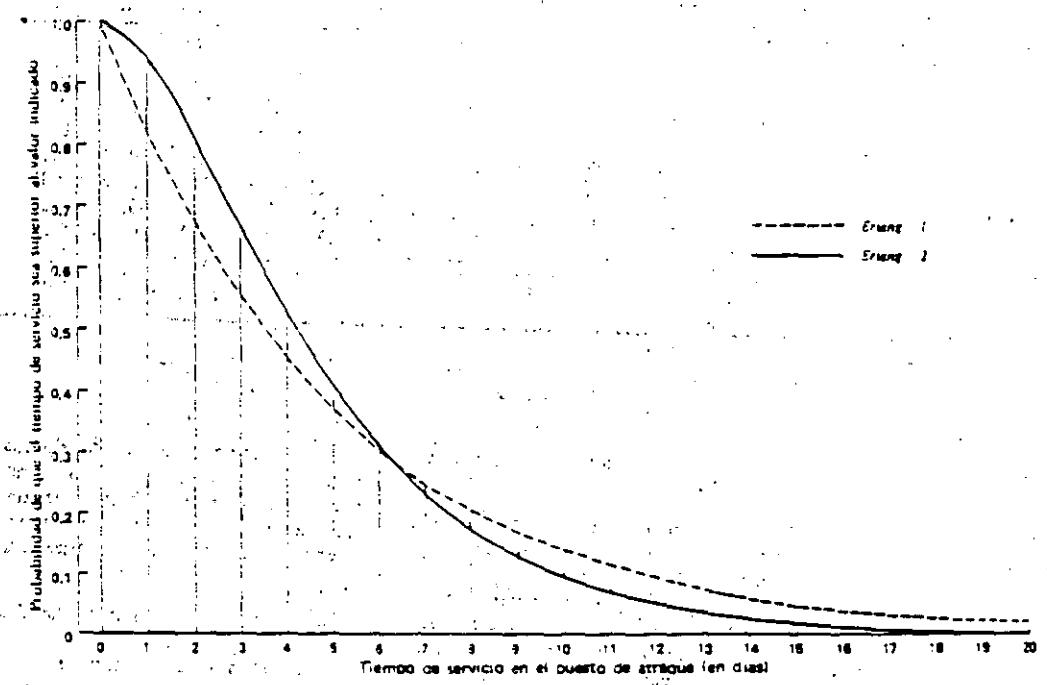
(En unidades de tiempo medio de servicio)

Utilización	Número de puestos de atraque							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0.10	0.02	0	0	0	0	0	0	0
0.15	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
0.20	0.06	0.01	0	0	0	0	0	0
0.25	0.09	0.02	0.01	0	0	0	0	0
0.30	0.13	0.02	0.01	0	0	0	0	0
0.35	0.17	0.03	0.02	0.01	0	0	0	0
0.40	0.24	0.06	0.02	0.01	0	0	0	0
0.45	0.30	0.09	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0
0.50	0.39	0.12	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0
0.55	0.49	0.16	0.07	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01
0.60	0.63	0.22	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01
0.65	0.80	0.30	0.16	0.09	0.06	0.05	0.03	0.02
0.70	1.04	0.41	0.23	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04
0.75	1.38	0.58	0.32	0.21	0.14	0.11	0.08	0.07
0.80	1.87	0.83	0.46	0.33	0.23	0.19	0.14	0.12
0.85	2.80	1.30	0.75	0.55	0.39	0.34	0.26	0.22
0.90	4.36	2.00	1.20	0.92	0.65	0.57	0.44	0.40

Fuente: E. Pane, *Queueing Theory in OR*. Londres, Butterworths, 1972, pág. 155.

GRAFICO IV

Comparación de las distribuciones Erlang 1 y Erlang 2 para un tiempo medio de servicio de cinco días



Número aproximado de puestos de atraque necesarios = necesidades de puestos de atraque-día/(número de días de servicio por año × tasa típica de utilización del puesto de atraque [7]).

b) *Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación II (A y B): costo de permanencia del buque en el puerto*

Necesidades de puestos de atraque-día por *puesto* = necesidades de puestos de atraque-día/número de puestos de atraque

Utilización de puestos de atraque = Necesidades de puestos de atraque-día por puesto/número de días de servicio por año

Tiempo total de permanencia en el puerto (días) = 365 × número de puestos de atraque × utilización de puestos de atraque × coeficiente de tiempo de espera [8]

Costo anual de permanencia de buques en el puerto = tiempo total de permanencia en el puerto × costo medio diario de permanencia del buque en el puerto.

c) *Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación III: necesidades de superficie de almacenamiento*

[7] Las tasas de utilización empleadas para 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 puestos de atraque fueron, respectivamente, 0,50, 0,53, 0,56, 0,60, 0,62, 0,65, 0,68, 0,69 y 0,70.

[8] Este coeficiente es igual a 1,0 más el tiempo medio de espera de los buques en una cola $M/E_2/n$ (expresado en unidades de tiempo medio de servicio), que figura en el cuadro VIII. Ese tiempo total comprende tanto el tiempo pasado en el puesto de atraque como el tiempo pasado en la cola.

El segundo miembro de la ecuación puede escribirse en forma de producto del factor común y la serie geométrica convergente [a]. Por lo tanto,

$$K_n = \frac{A - \sum_{i=1}^{n} [C_i \cdot (1+r)^{-i}]}{1 - [1/(1+r)]^n}$$

Si K_n es inferior a K_{n-1}, entonces es preferible reemplazar el equipo cada n años y no cada $n-1$ años. Cuando la reposición cada n años sea el mejor sistema, tendrán que verificarse las dos desigualdades

$$K_{n-1} > K_n \quad y \quad K_{n+1} > K_n$$

34. El cuadro X da un ejemplo numérico calculado para una carretilla elevadora. El costo anual que aparece en la segunda columna se basaría en los gastos de mantenimiento y explotación tomados de los registros de la empresa. La tercera columna contiene los coeficientes de actualización correspondientes a un tipo de interés del 10%. En este ejemplo, el período óptimo de sustitución o tiempo de utilización económica es de siete años. Esta cifra se obtiene examinando la última columna. Se utiliza el costo estimado de mantenimiento correspondiente al año $n-1$ para calcular el valor de K_{n-1}. Si K_{n-1} es mayor que K_n, entonces la sustitución debe efectuarse al cabo de n años, es decir, al cabo de siete años en este ejemplo.

35. Si hay inflación variarán los coeficientes de ponderación pero el método seguirá siendo el mismo. Además, si el elemento del equipo tiene un valor residual, puede hacerse la correspondiente reducción en el costo inicial del equipo nuevo.

[a] La suma de los términos de la serie $1 + x - x^2 + \ldots + x^n$ es igual a $1/(1-x)$ cuando x es positivo e inferior a 1. En el presente caso, x es igual a $1/(1+r)^n$.

[b] X se convierte en $(1+i)/(1+r)$ si i es la tasa de inflación y $X < 1$. Esto supone que la tasa de inflación afecta tanto a los costos de mantenimiento como a los de sustitución.

CUADRO X

Ejemplo de cálculo del tiempo de utilización económica o del período de sustitución de una carretilla elevadora
($A = 25\,000$; $r = 0{,}10$)

Año (i)	Costo anual (C_i)	Coeficiente de actualización (X^{i-1}) [a]	$C_i X^{i-1}$	$A + \sum C_i X^{i-1}$	$1 - X^i$	$\frac{A + \sum C_i X^{i-1}}{1 - X^i}$
1	2 000	1.0000	2 000	27 000	0.0909	297 030
2	3 000	0.9091	2 727	29 727	0.1736	171 238
3	4 000	0.8264	3 306	33 033	0.2487	132 832
4	5 000	0.7513	3 757	36 790	0.3170	116 057
5	6 000	0.6830	4 098	40 889	0.3791	107 855
6	7 500	0.6209	4 657	45 545	0.4355	104 581
7	9 000	0.5645	5 081	50 626	0.4868	109 998**
8	11 000	0.5132	5 645	56 271	0.5335	105 475
9	13 000	0.4665	6 065	62 236	0.5759	108 241
10	16 000	0.4241	6 786	69 122	0.6144	112 503

[a] Los coeficientes de actualización vienen dados por la fórmula $X^{i-1} = \left(\frac{1}{1+r}\right)^{i-1}$

** Como esta cifra es la más baja, indica que el equipo debería reemplazarse al cabo de siete años de utilización.

Anexo III

OBRAS DE CONSULTA SOBRE DESARROLLO PORTUARIO

1. Las autoridades responsables de la planificación de los puertos necesitarán más información de la que puede proporcionar un simple manual. Hay una abundante documentación sobre el tema y muchas veces a las autoridades les resulta difícil saber qué publicaciones les conviene seleccionar o procurárselas a tiempo para atender alguna necesidad concreta que pueda surgir en materia de planificación.

2. A cada autoridad le conviene constituir una documentación adecuada antes de emprender cualquier actividad concreta de planificación, de forma que, llegado el momento, los planificadores de un proyecto puedan encontrar rápidamente los datos necesarios. Con esta finalidad, la secretaría de la UNCTAD ha preparado una lista de obras de consulta sobre desarrollo portuario, que se reproduce más adelante.

3. La inversión de las muy considerables sumas que exige el desarrollo de los puertos debería basarse en la mejor información disponible, lo que justifica que se destine una modesta cantidad a la adquisición de todas las obras que integran la lista. Quizá convendría que las autoridades hicieran el pedido de todos los libros de la lista por conducto de algún importante agente comercial de librería, en vez de tratar de encargarlos uno por uno.

Lista de publicaciones recomendadas sobre desarrollo portuario

Autor	Título	Editor
Agnew, J. y Huntley, J.	Container stowage: a practical approach	Container Publications Ltd., Dover (Inglaterra), 1972.
American Association of Port Authorities	Port planning, design and construction: a manual prepared by Standing Committee IV, Construction and Maintenance	American Association of Port Authorities, Washington, D. C., 1973.
American Society of Civil Engineers, Task Committee on Port Structure Costs	Port structure costs	American Society of Civil Engineers, Nueva York, 1974.
Apple, J. M.	Plant layout and materials handling, 2.ª ed.	Ronald Press, Nueva York, 1963
Baker, C., ed.	Progress in cargo handling, vol. 6, Changing user requirements	Bowker Publishing Co. Ltd., Epping (Essex, Reino Unido), 1976.
Banco Mundial	Uses of consultants by the World Bank and its borrowers	Banco Mundial, Washington, 1970.
Banco Mundial	Guidelines for procurement under World Bank loans and IDA credits	Banco Mundial, Washington, 1975.
Baudelaire, J. G.	Port administration and planning: general introduction	Delft (Países Bajos).
Bird, J.	Seaport gateways of Australia	Oxford University Press, Londres, 1963.
Bird, J.	The major seaports of the United Kingdom	Hutchinson, Londres, 1963.
Bird, J.	Seaports and seaport terminals	Hutchinson, Londres, 1971.
Bown, A. H. J.	Port economics, 2.ª ed. revisada por W. A. Flere	Dock and Harbour Authority, Londres, 1967.
Bruun, P. M.	Port engineering, 2.ª ed.	Gulf Publishing Co., Houston (Texas), 1976.
Chapon, J.	Travaux maritimes, vols. I y II	Eyrolles, París, 1974-1975.
Evans, A. A.	Technical and social changes in the world's ports	OIT, Ginebra, 1969 (Studies and reports, new series, 74).
FAO (publicado por la FAO)	Conference on fishing ports and port markets, Bremen, 1968	Fishing news, Londres, 1970.
Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC)	Conditions of contract (international) for works of civil engineering construction with forms of tender and agreement, 2.ª ed.	FIDIC, París, 1969

Autor	Título	Edición
Fugl-Meyer, H.	The modern port, its facilities and cargo handling problems	Danish Technical Press, Copenhague, 1957.
Glassner, M. I.	Access to the sea for developing landlocked states	Martinus Nijhoff, La Haya, 1970.
Hedden, W. P.	Mission: port development, with case studies	American Association of Port Authorities, Washington, D. C., 1967.
Hoyle, B. S.	The seaports of East Africa: a geographical study	East African Publishing House, Nairobi, 1967.
Lederer, E. H.	Port terminal operation: port terminal management	Cornell Maritime Press, Nueva York, 1945.
Naciones Unidas	Unitarización de la carga	Publicación de las Naciones Unidas, N.º de venta: S.71.II.D.2.
Naciones Unidas	Aspectos técnicos de los sistemas de transportes de grandes contenedores	Publicación de las Naciones Unidas, N.º de venta: S.73.VIII.1.
Naciones Unidas	Las innovaciones técnicas en la esfera del transporte marítimo y sus efectos en los puertos	Naciones Unidas, documento TD/B/C.4/129 y Supp.1 a 5 (mimeografiado).
Nagorski, B.	Port problems in developing countries: principles of port planning and organization	The International Association of Ports and Harbors, Tokio, Japón, 1972.
National Ports Council, Reino Unido	Port structures: an analysis of costs and design of quay walls, locks and transit sheds, vols. I y II.	Bertlin and partners, Londres, 1970.
National Ports Council, Reino Unido	Equipment evaluation: an examination of the use of fork-lift trucks in the ports	National Ports Council, Londres, 1973.
National Ports Council, Reino Unido	Bulletin N.º 9: port perspectives 1976	National Ports Council, Londres, 1976
ONUDI	Manual sobre el empleo de consultores en países en desarrollo	Publicación de las Naciones Unid, N.º de venta: S.72.II.B.10.
Oram, R. B. y Baker, C. C. R.	The efficient port	Pergamon Press, Oxford, 1971.
Rath, E.	Container systems	John Wiley and Sons, Nueva York, 1973.
Regul, R., ed.	L'avenir des ports européens, vols. I y II	De Tempel, Brujas, 1971.
Tabak, H. D.	Cargo containers: their stowage, handling and movement	Cornell Maritime Press, Cambridge (Maryland), 1970.
Takel, R. E.	Industrial port development, with case studies from South Wales and elsewhere	Scientechnica, Bristol (Inglaterra), 1974.
Thoman, R. S.	Free ports and foreign trade zones	Cornell Maritime Press, Cambridge (Maryland), 1956.
Thomas, R. E.	Stowage: the properties and stowage of cargoes, revisado por O. O. Thomas, 6.ª ed.	Brown, Son and Ferguson, Glasgow, 1968.
United States Department of Transportation	Guidelines for the physical security of cargo	United States Department of Transportation, Washington, D. C., 1972.

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL CURSO
PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS
DEL 13 AL 23 DE OCTUBRE DE 1992.

1.- ALEAN ROCHA CARLOS MIGUEL
BECARIO-MAESTRIA EN HIDRAULICA
UNAM-INEPFI
TEL. 618 58 97

2.- CALDERON CONTRERAS FRANCISCO
ENCARGADO TECNICO
PUERTO LOS CABOS S.A. DE C.V.
AV. CONSTITUYENTES 643, COL. 16 DE SEPTIEMBRE, DELEG. MIGUEL HIDALGO, TEL. 202 30 88 OFNA.

3.- CASTAÑEDA RUIZ JORGE
SUBGERENTE DE COSTOS
DESARROLLOS DE INGENIERIA Y CONJUNTOS ARQUITECTONICOS, S.A. DE C.V.
AV. INSURGENTES SUR No. 686-P.H. COL. DEL VALLE, DELEG. B. JUAREZ, C.P. 03100, TEL. 543 39 74 OFNA.

4.- CERDA OVALLE FRANCISCO
COORDINADOR ESPECIALISTA TECNICO B
PETROLEOS MEXICANOS
CALLE 33 No. 90, COL. BUROCRATA,
TEL. 201 70 (CD. DEL CARMEN, CAMPECHE)

5.- GALLEGOS SILVA JESUS
PROFESOR DEL DEPTO. DE INGENIERIA HIDRAULICA
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM
CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F.
TEL. 622 80 06 OFNA.

6.- JARAMILLO ESCUTIA CARLOS JAVIER
JEFE DE LABORATORIO
PEMEX
INTERIOR ISLA CAYACAL PEMEX, CD. LAZARO CARDENAS, MICH.
TEL. 270 58 OFNA.

7.- LOPEZ GUERRA CARLOS
PROGRAMADOR B
PEMEX
INTERIOR ISLA CAYACAL, LAZARO CARDENAS, MICHOACAN, C.P. 60950, TEL. 220 94 OFNA.

8.- ROMERO MÓRALES GUILLERMO
JUBILADO
DESIERTO DE LOS LEONES 1346, COL. TETELPAN, DELEG. ALVARO OBREGON, C.P. 01720, TEL. 545 73 31 OFNA.

9.- ROSAS GONZALEZ FRANCISCO JAVIER
SUBDIRECTOR GENERAL
TECNOLOGIA NAVAL INDUSTRIAL, S.C.
ACAPULCO 35-703, COL. ROMA, DELEG. CUAUHTEMOC, C.P.06700
TEL. 211 55 06 OFNA.

10.- SALMERON MEZA TOMAS
MAESTRO DE TIEMPO COMPLETO
INSTITUTO TECNOLOGICO DEL ISTMO
CARRETERA PANAMERICANA KM 821, JUCHITAN, OAX.
TEL. 202 15 OFNA.

11.- TACTUK DINA NASSIM
DIRECTOR DE PROYECTOS CIVILES
SAMUEL CONDE Y ASOCIADOS
AV. REFINERIA- APARTADO 1665, STO. DGO., REP. DOM.
TEL. 1-809-542-288