

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS 1978.

1. ING. JOSE AGUILAR ALCERRECA
DIRECTOR DEL GRUPO
CONSULTORES EN INGENIERIA FLUVIOMARITIMA S.A.
PETEN 543
MEXICO 12, D.F.
TEL. 575.25.11 EXT. 23
2. ING. ALFONSO BARNETCHE GONZALEZ
DIRECTOR GENERAL
PROYECTOS MARITIMOS S.C.
PLAZA COMERMEX
BLVD. M. A. CAMACHO NO. 1-7°PISO
MEXICO 11, D.F.
TEL. 395.00.88
3. ING. ROBERTO BUSTAMANTE AHUMADA
PRESIDENTE
CONSEJO TECNICO CONSULTIVO DE OBRAS MARITIMAS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSURGENTES SUR 465-3°PISO
MEXICO 7, D.F.
TEL. 564.52.25
4. ING. MARIO DE LA GALA VELAZQUEZ
COORDINADOR D
ESPECIALIDAD TECNICA
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS PORTUARIAS Y DRAGADO
PETROLEOS MEXICANOS
MARINA NAL. 329 EDIF. B-1 2°PISO
MEXICO 17, D.F.
TEL. 545.74.60 EXT. 2873
5. ING. LUIS HERREJON DE LA TORRE
ENCARGADO DEL PUERTO INTERIOR Y ROCAS
PROYECTOS MARITIMOS S.C.
PLAZA COMERMEX
BLVD. M. A. CAMACHO NO. 1 PISO 11
MEXICO, D.F.
TEL. 395.00.88 EXT.102
6. ING. JOSE GUILLERMO MACDONEL MARTINEZ
PROYECTOS
PLAZA COMERMEX
BLVD. M. A. CAMACHO NO. 1 11°PISO
MEXICO, D.F.
TEL. 395.00.88

7. ING. FRANCISCO MENDOZA VON BORSTELL
GERENTE DE PROYECTO
PROYECTOS MARITIMOS S.C.
BLVD. M. A. CAMACHO NO. 1 11° PISO
MEXICO, D.F.
TEL. 395.00.88
8. ING. MAURICIO MORA GONZALEZ
DESPACHO PARTICULAR
LONDRES NO. 71
MEXICO 6, D.F.
TEL. 533.02.73 y 74
9. ING. MAURICIO OSORIO MORALES
ASESOR DEL DIRECTOR GENERAL
OBRAS MARITIMAS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSURGENTES SUR 465-3° PISO
MEXICO 7, D.F.
TEL. 584.60.06
10. ING. JULIO PINDTER VEGA
JEFE DEL DEPARTAMENTO TECNICO
DIRECCION DE OBRAS PORTUARIAS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
EUGENIA NO. 197-3° PISO
MEXICO 12, D.F.
TEL. 590.43.74
11. ING. PABLO TORRES SALMERON
COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO, S.A.
CALLE 11 DE ABRIL NO. 338
MEXICO 18, D.F.
TEL. 516.34.69
12. ING. JOSE VEGA SOLIS
DIRECTOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS MARITIMAS
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSURGENTES SUR NO. 465-6° PISO
MEXICO 7, D.F.
TEL. 564.51.06

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Sept. 11	17 a 19 h	INTRODUCCION	Ing. Roberto Bustamante Ahumada Ing. José Vega Solís
	19 a 21 h	Importancia de las obras marítimas y portuarias Estudios y proyectos marítimos	
Sept. 12 y 13	17 a 21 h c/d.	ESTUDIOS PREVIOS	Ing. José Aguilar Alcérreca Ing. Pablo Torres Salmeron
		Ingeniería de ríos y costas Oceanografía física	
Sept. 14	17 a 19 h	PROYECTO	Ing. J. Guillermo Macdonel M. Ing. Francisco Mendoza von B.
	19 a 21 h	Obras exteriores Desarrollo de las escolleras	
Sept. 15	17 a 21 h	Obras portuarias	Ing. Julio Pindter Vega
Sept. 18	17 a 21 h	Dragado e instalaciones marítimas	Ing. Mario de la Gala
Sept. 19	17 a 21 h	Estructuras marítimas	Ing. Luis Herrejón de la Torre
CONSTRUCCION			
Sept. 20	17 a 21 h	Obras exteriores	Ing. Mauricio Osorio Morales
Sept. 21	17 a 21 h	Obras Portuarias	Ing. Benjamín Mora González
Sept. 22	17 a 19 h	Instalaciones petroleras fuera de la costa	Ing. Alfonso Barnetche González
	19 a 21 h	MESA REDONDA	
CLAUSURA			

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CURSO: PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARÍTIMAS

FECHA: DEL 11 DE SEPT. AL 22, 1978.

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANT. DEL INTERES (AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION, COMUNICACION CON LOS ASISTENTES)	PUNTUALIDAD
Importancia de las obras marítimas y portuarias. (Bustamante)				
Estudios y proyectos marítimos (Vega)				
Ingeniería de ríos y costas (Aguilar)				
Oceanografía física (Torres)				
Obras exteriores (Macdonel)				
Desarrollo de las escolleras (Mendoza)				
Obras portuarias (Pindter)				
Dragado e instalaciones marítimas (De la Gala)				
Estructuras marítimas (Herrejón)				
Obras exteriores (Osorio)				
ESCALA DE EVALUACION DEL 1 AL 10 edcs.				

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CURSO: PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS (HOJA NO.2)

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANT. DEL INTERES (AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION, COMUNICACION CON LOS ASISTENTES)	PUNTUALIDAD
Obras portuarias (Mora)				
Instalaciones petroleras fuera de la costa. (Barnetche)				
<p>ESCALA DE EVALUACION DEL 1 AL 10 edcs. 14, VIII, 78.</p>				

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO		EVALUACION
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO CON EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

1. ¿Qué le pareció el ambiente del Centro de Educación Continua?

Muy agradable Agradable Desagradable

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

Periódico Excélsior Periódico Novedades Folleto del Curso

Cartel mensual Radio Universidad Comunicación carta, teléfono, verbal, etc.

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

Automóvil particular Metro Otro medio

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas? Si No

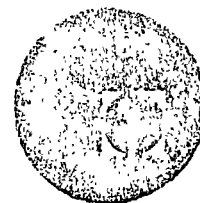
6. ¿Qué curso le gustaría que ofreciera el Centro de Educación Continua?

7. ¿Qué servicios desearía que tuviese el CEC para los asistentes a cursos?

8. Otras sugerencias:



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

INTRODUCCION

SEPTIEMBRE, 1978.



I N T R O D U C C I O N

Es sorprendente el progreso que en los últimos años se ha logrado en el conocimiento técnico y como consecuencia las grandiosas obras de Ingeniería llevadas a cabo entre las cuales podemos contar a las Marítimas.

Evidente importancia tienen las Obras Marítimas en los programas pesqueros y turísticos.

El Transporte de gran variedad de productos a lugares muy alejados en las costas, es a todas luces más costeable si se utiliza el medio marítimo, razón por la cual las Obras Marítimas juegan un papel de carácter básico en el desarrollo de un País. La transportación fluvial de grandes volúmenes de productos entre instalaciones localizadas en las márgenes de los ríos o entre éstas y las costas, hacen que en forma semejante a las Marítimas, las Obras Fluviales sean de gran importancia.

Recientemente se ha intensificado la explotación de los recursos marítimos, con lo cual un nuevo aspecto de las Obras Marítimas va adquiriendo especial importancia. Debido al éxito de dicha explotación, la construcción de plataformas en el mar y líneas de conducción submarinas, se ha llevado a cabo en forma creciente.

Un tipo de obras semejantes a las antes mencionadas, son los cruzamientos de ríos y lagos por sistemas terrestres.

No obstante, el desarrollo marítimo de un País no siempre corresponde al terrestre, posiblemente pensando en las cuantiosas inversiones que es necesario realizar sin recuperación en un futuro próximo. Cabe mencionar que, en el caso de la Industria Petrolera, el aspecto cambia ya que, la construcción de obras de explotación de pozos en el mar o para la maniobra de carga y descarga de buques-tanque, siempre la justifica el servicio seguro y sin demoras que debe prestar, al ser su recuperación inmediata.

Siendo México un país favorecido tanto por su localización en el centro del mundo comercial como por su extenso litoral al mar, de gran riqueza natural y enorme atractivo turístico y, puesto que el desarrollo de las vías de comunicación terrestres han tenido un progreso considerable, es cada vez más apremiante la necesidad de contar con las Obras Marítimas adecuadas y tener mejores comunicaciones

entre nuestras poblaciones costeras, así como con el resto del Planeta.

Es esta la razón por la cual, quienes nos avocamos a las Obras Marítimas, pensamos en la urgencia de que sea cada vez mayor el número de técnicos que se preparan en esta especialidad de gran futuro para nuestro País.

El curso sobre Proyecto y Construcción de Obras Marítimas, se ha impartido en el Centro de Educación Continua anualmente desde el año de 1972. Se puede decir con satisfacción que, esto se ha llevado a cabo con éxito, lo cual se debe a varios factores que son:

- 1) La organización del Centro de Educación Continua, cuenta con todas las facilidades para realizar un curso de este tipo.
- 2) El profesorado seleccionado está constituido por personas de alto prestigio dentro de la especialidad.
- 3) Se ha procurado utilizar en lo mejor posible, técnicas audio-visuales.
- 4) Si bien el curso es de carácter muy general, los apuntes y la bibliografía proporcionados son muy amplios y preparados para ser una guía que pueda utilizar el participante en estudiar y aplicar sus conocimientos a la práctica profesional.

El objetivo principal de este curso es, estudiar en forma general, las bases necesarias para poder abordar los problemas que se presentan durante el proyecto y la construcción de una Obra Marítima.

Después de una introducción en cuanto a la importancia de las Obras Marítimas y Portuarias se dan algunas generalidades y nociones sobre estudios y proyectos marítimos

Las bases para el Proyecto de Obras Marítimas son parte fundamental del curso.

Ningún objeto tendría desarrollar proyectos sin que se obtuvieran realidades de beneficio social, es por ello que, valiosos conocimientos se obtendrán mediante

el tratamiento de procedimientos en construcción en la Ingeniería Marítima.

Se considera que, para aquellos participantes dedicados a la especialidad, es esta una buena ocasión para realizar un Seminario al respecto, en donde se expongan diferentes criterios y experiencias personales, así como para repasar los conocimientos esenciales, puesto que se parte de la base de iniciar al participante en la aplicación de su preparación profesional a la especialidad.

La aplicación de lo que se estudie en problemas prácticos, será de hecho lo que se buscará como resultado final del trabajo realizado durante y después de las diferentes sesiones.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

ESTUDIOS Y PROYECTOS MARITIMOS

ING. JOSE VEGA SOLIS

SEPTIEMBRE, 1978.

ESTUDIOS Y PROYECTOS MARITIMOS

Un Puerto Marítimo no es más que el punto de enlace entre dos sistemas de vías de comunicación como son el Marítimo y el Terrestre y se requiere para transferir la carga de uno de dichos sistemas al otro.

Para lograr que dicha transferencia se efectúe eficientemente, debe cuidarse que el Puerto quede ubicado en un sitio protegido para seguridad de las embarcaciones o, en caso necesario, proporcionar las estructuras que se requieran para garantizar dicha protección. Debe darse la profundidad y la amplitud adecuada al área de agua para el tránsito y las maniobras de los barcos que se espera arriben o zarpen del Puerto, previendo el crecimiento del tráfico a corto, mediano y largo plazo. Lo anterior es también aplicable al área de tierra necesaria para alojar las instalaciones portuarias para el manejo y almacenamiento de los diferentes tipos de carga a mover, así como para los edificios de oficinas y el sistema vial tanto carretero como ferroviario para el tránsito y maniobras de los camiones y de los vagones de ferrocarril que mueven la carga de, o hacia, la Zona Portuaria.

En el límite entre las zonas de agua y de tierra de un Puerto Marítimo, se deben considerar las estructuras que permitan el atraque de las embarcaciones y puedan éstas efectuar eficientemente, a través de dichas estructuras, las maniobras de carga y --

descarga. En dicho límite deben quedar también ubicadas las instalaciones donde pueda efectuarse la construcción o la reparación de embarcaciones.

Es muy importante el zonificar correctamente el área portuaria, en función de los diferentes servicios a proporcionar. Así, se pueden requerir zonas destinadas al movimiento de carga general tanto de altura como de cabotaje, zona destinada al manejo de minerales, zona para contenedores, zona para el movimiento de productos a granel, zona para el manejo de fertilizantes, zona para combustibles, zona para la actividad pesquera, zona para construcciones y reparaciones navales, zona turística, etc. En dicha zonificación tienen un papel determinante las características de las embarcaciones que transportan la carga de cada uno de los tipos señalados, ya que las de gran porte, como son los buques tanque y los de minerales, por su calado a plena carga y su eslora, requieren de mayor profundidad y de mayor espacio para sus maniobras, que las pequeñas embarcaciones como son las pesqueras por lo que, desde el punto de vista económico, resulta más conveniente que las instalaciones al servicio de las mayores embarcaciones, queden ubicadas próximas a la entrada del Puerto y que las que requieren menor profundidad para su operación sean las que queden más alejadas de dicha entrada con lo que se logra reducir, al mínimo, el volúmen de material por dragar para formar el canal de acce

so y las dársenas del Puerto.

Definido el número de zonas a considerar en el área portuaria, se procede a fijar el tamaño de cada una de dichas zonas en función tanto del número y de las características de las embarcaciones que se considere harán uso de las instalaciones, como del volumen de carga a mover y del sistema de operación que se utilizará para el manejo de la misma.

Con dicha información se obtiene la longitud necesaria de bandas de atraque y la profundidad requerida al pie de los muelles, el número de bodegas y la capacidad de almacenamiento requerida en las mismas, la superficie necesaria para el almacenamiento, a la intemperie, de la carga que no requiere estar a cubierto y se pueden fijar las dimensiones que hay que darle al canal de acceso y a las dársenas de ciaboga y de operación, etc.

Para orientar convenientemente las estructuras de los muelles, se debe tomar en consideración la dirección de los vientos con objeto de que los barcos queden atracados con su eje longitudinal según la dirección de los vientos reinantes y en esas condiciones expongan la menor área posible a la acción de dichos vientos y efectúen sus maniobras de carga y descarga en condiciones óptimas.

El ancho necesario en la plataforma de los muelles, o sea la distancia más conveniente que hay que respetar entre el paramento de atraque y las bodegas estacionarias, dependerá del tipo de carga a mover y de la forma en que se efectuarán las maniobras de carga y descarga. Dependerá por ejemplo si la instalación es especializada y si las operaciones de carga y descarga se efectuarán en forma mecanizada, si se requerirá descarga directa de barco a furgón y viceversa, si se utilizará grúa de muelle o si será suficiente, para las maniobras, utilizar únicamente las grúas propias del barco, asimismo si se requerirá acceso de camiones a la plataforma de operación.

Uno de los aspectos de gran importancia a considerar en un Puerto, es la determinación de las necesidades a largo plazo, con objeto de prever los terrenos de reserva necesarios para su desarrollo, jugando un papel importante en este aspecto la extensión y la naturaleza de las zonas de influencia terrestre y marítima -- así como la tendencia en el desarrollo del tráfico marítimo y terrestre. Debe cuidarse el dimensionamiento de las áreas de agua y de tierra a modo de que formen un conjunto armónico, ya que el Puerto es una unidad y que si una de sus partes resulta menor que la necesaria, puede producirse un estrangulamiento y el Puerto trabajaría en forma deficiente con el correspondiente aumento en los costos de operación.

En lo que se refiere a las bodegas de tránsito, se considera como regla general que se requiere una por banda de atraque. -- Su dimensionamiento depende de varios aspectos como son:

La carga total que puede transportar una de las mayores embarcaciones a las que se dará servicio, el tiempo máximo de almacenamiento, la densidad media de la carga, el tipo de carga por almacenar, el equipo que se utilizará para su manejo y estiba y las -- áreas requeridas para circulación del equipo (30% del área total - aproximadamente). La longitud que se considera más adecuada para una bodega de tránsito corresponde a la que cubre totalmente la zona de escotillas del barco la cual en forma general, puede decirse que es de 0.75 de la eslora, lo anterior con el objeto de reducir al mínimo el tiempo necesario para pasar la carga de barco a bodega y viceversa.

Estos y otros muchos aspectos deben tomarse en considera--ción al elaborar el proyecto de planeación de un Puerto Marítimo - en sus diferentes etapas de construcción partiendo, desde luego, - de la base que previamente ha sido justificada su creación, tanto--técnicamente como desde el punto de vista socio económico.

Pasaré ahora a tratar algunos aspectos específicos del -- proyecto de instalaciones portuarias.

Al decir "Proyecto", nos referimos al "plan que se forma para la ejecución de una obra", o bien a la "intención de ejecutar algo" o también al "conjunto de acciones (investigación, estudios, cálculos, memorias y dibujos) que se elaboran para definir cómo debe realizarse una obra o una instalación y cual es la inversión -- que se requiere para llevarla a cabo".

En lo que se refiere al aspecto marítimo portuario se podrá decir que "se tiene en proyecto la construcción de un puerto profundo en la Costa del Golfo de México" cuando únicamente se tiene el plan de construirlo por haber sido detectada su necesidad, al haberse observado que los que existen en dicho Litoral, ya resultan insuficientes para la demanda actual de servicios y que físicamente resulta difícil su expansión por no disponerse del espacio necesario para ello. Asimismo se puede hablar de un "Proyecto Nacional para el desarrollo de puertos industriales en las Costas -- del País" sin tener aún definido el número de ellos y mucho menos su ubicación pero que, de acuerdo con la política trazada por el Gobierno, se requieren para el desarrollo industrial del País.

En forma más específica se habla de proyectar una terminal portuaria para el movimiento de un tipo especial de carga, de proyectos de planeación general, de proyecto de obras exteriores, del

proyecto arquitectónico de edificios, de proyecto estructural, de proyecto de redes de servicios (red vial, energía eléctrica, y alumbrado, agua potable, teléfonos, contra incendio, etc.), así como del proyecto de patios de almacenamiento y de maniobras, proyectos de ampliación, proyectos de reestructuración, etc.

Todos estos tipos de proyecto y muchos otros más, quedan involucrados en un rubro mucho más genérico que es el llamado "Proyecto portuario".

El éxito de una obra, ya sea marítima o de cualquier otra índole depende en una gran parte del proyecto que se realice para la misma.

Un buen proyecto se traduce en una obra económica y funcional. Debe contemplar entre otras cosas, un dimensionamiento adecuado de las instalaciones para los fines a que serán destinadas, una buena ubicación y una correcta orientación en el sitio elegido, una selección de los materiales más convenientes para su construcción, un procedimiento constructivo lo menos complicado posible que permita la ejecución económica de la obra en un mínimo de tiempo, etc.

El proyecto en el aspecto portuario en sí, no es más que uno de los tantos pasos que hay que dar para lograr el objetivo - -

principal que es el de dotar a los Puertos de las instalaciones -- que, de acuerdo con las necesidades detectadas, requieren para su eficiente operación. O sea que, previamente a dar el paso correspondiente al proyecto, se necesitan dar otros que constituyen la base del mismo para obtener óptimos resultados.

Puede establecerse una similitud entre las necesidades que se tienen para construir una obra y las que se requieren para proyectar dicha obra en la siguiente forma:

Para la construcción se requiere una Empresa Contratista, a la cual hay que proporcionarle los planos constructivos de detalle, el procedimiento y el programa de construcción a seguir, las cantidades de materiales y de volúmenes de obra, etc. Asimismo, para elaborar el proyecto de una obra se requiere también ya sea un Contratista o bien los técnicos especialistas, a los que debe proporcionarseles suficiente información para lograr su objetivo, o sea, debe proporcionarseles según el caso, las especificaciones y los datos de proyectos, el tipo y las dimensiones de la obra, -- las características físicas del sitio de su ubicación, las fuerzas y cargas de diseño, etc., a efecto de que puedan proceder a la elaboración del proyecto respectivo.

La obtención de dicha información básica es uno de los ob-

jetivos principales de los estudios que se deben realizar previamente a un proyecto. De la veracidad, amplitud y profundidad con que se efectúen dichos estudios dependerá, en gran parte, el que se logren resultados satisfactorios con el proyecto para el cual se llevan a cabo.

Los estudios mencionados podrían clasificarse en:

Estudios de campo, estudios de laboratorio y estudios de gabinete.

Dentro del primer grupo podrían quedar incluidos los estudios físicos como son los levantamientos topográficos, batimétricos, aerofotogramétricos y catastrales, así como las campañas de medidas como son la obtención de datos de oleaje, vientos, mareas, corrientes, acarreo litorales. También dentro del grupo de estudios de campo se incluye la ejecución de los sondeos geológicos, con la obtención de muestras de terreno y del fondo marino, necesarios para conocer las características físicas del subsuelo y en esa forma poder definir, por ejemplo, si el material que lo constituye es dragable así como el equipo que se requeriría para efectuar dicho dragado y al mismo tiempo si el material extraído puede ser utilizado como agregado o para efectuar rellenos en áreas por habilitar. Además se definirán las propiedades mecánicas del te-

rreno para el proyecto de cimentaciones, ya sean superficiales o profundas, etc. También dentro de este grupo de estudios podrían quedar la recopilación de datos sobre los bancos de material probable y de los materiales de construcción disponibles en la región.

Respecto al grupo de estudios de laboratorio, se pueden incluir en él, las pruebas que se requieren efectuar a las muestras-obtenidas de los sondeos geológicos realizados en el campo para definir, entre otros, la granulometría, el contenido de humedad, la-resistencia al corte, etc. También se incluyen y en un lugar muy especial, los estudios en modelo reducido ya sea para definir la-disposición y la estructuración de obras exteriores tales como rompeolas, escolleras, espigones de protección, etc., o bien para estudios de agitación, de acarreo litorales y de sedimentación. También se pueden incluir pruebas de resistencia a materiales de construcción.

En el grupo de estudios de gabinete podrían quedar incluidos los estudios de factibilidad técnica y socio económica, los de alternativas, los estadísticos, los de zona de influencia y de productos significantes, los modelos matemáticos y los que se requieren para dimensionar, calcular y diseñar las instalaciones incluidas en el proyecto, etc.

Todos los estudios antes mencionados son importantes para el proyecto portuario, ya que son con los que se obtienen los datos de proyecto. Como podrá observarse existe correlación entre los estudios de gabinete con los de laboratorio y los de campo. Tenemos el caso de los estudios de mecánica de suelos que abarca los tres grupos señalados. Asimismo, para los estudios en modelo reducido es necesario previamente disponer de los datos que proporcionan los estudios físicos (topografía, batimetría, oleaje, corrientes, vientos, acarreos, etc.). En el caso de los estudios de factibilidad técnica o socio económica, para su realización es necesario disponer previamente de datos básicos de campo como son: detectar necesidades, datos de mercado, estadísticas, actividad socio económica existente y la que se podría generar con la realización del proyecto, etc.

Hablando de estudios de factibilidad económico-social, se puede definir éste como los estudios que deben realizarse para establecer los elementos de juicio que permitan definir la conveniencia de asignar recursos a la producción de determinados bienes y servicios. Si dicho estudio da un resultado favorable, se deberá continuar con el proyecto hasta su total realización o bien llevar a cabo éste en la medida que resulta económico de acuerdo con las etapas que señale el estudio realizado.

Como se puede observar, los elementos que integran un estudio, de cualquiera de los grupos señalados, no adquieren jerarquía sino que comparten importancia en la formulación eficiente de un proyecto.

Pasemos ahora a comentar algunos aspectos sobre un proyecto específico como por ejemplo el proyecto de un Muelle de Altura para carga general.

Se partirá de la base que los estudios ya justificaron plenamente su construcción, que ya se definió el proyecto de planeación general que nos señala su ubicación y orientación dentro del puerto y que el muelle será del tipo marginal, que ya se conocen las características de la mayor y de la menor embarcación que podrá hacer uso de la instalación, que se cuenta con los levantamientos topográfico y batimétrico del área y con el estudio de mecánica de suelos respectivo, que sabemos que se requerirán vías de ferrocarril sobre la cubierta del muelle para la descarga directa -- de barco a furgón y que deberá permitirse el tránsito de camiones, que para el manejo de carga pesada será necesaria una grúa de pórtico, que la máxima velocidad del viento registrada en la zona es por ejemplo de 180 Km/hora, que se dispone de los datos de mareas y del coeficiente sísmico a considerar en el proyecto; es decir, -

que ya se dispone de los datos básicos resultado de los estudios -
previos realizados.

= Conociendo el calado a plena carga de la mayor embarca--
ción a la que se dará servicio, se fija la profundidad mínima requere
cida al pie del muelle previendo un colchón de agua mínimo de 3' bajo
la embarcación. Dicha profundidad conviene considerarla a par-
tir del nivel de marea baja media inferior.

= Con la eslora de la embarcación y con el libre bordo de -
la misma, en condiciones de barco descargado, se define el valor --
máximo del área del barco que quedará expuesta a la acción del - -
viento y con la cual se podrá obtener la fuerza que será transmiti-
da a la estructura a través de las bitas de amarre multiplicando dici
cha área expuesta por la presión que le ejerce el viento máximo re-
gistrado. La fuerza en cada una de las bitas se obtiene dividiend-
do la fuerza total calculada entre el número de amarres que comun--
mente, para los cálculos, se considera de 4 (2 largos y 2 traveses)
Lo anterior es para el caso de que la presión del viento actúe tra-
tando de separar al barco de la estructura de atraque. En caso de
que la presión obre recargando la embarcación sobre el paramento de
atraque, la fuerza total calculada se considerará uniformemente re-
partida a lo largo del muelle en la longitud de apoyo de la embarcaci

ción, la cual comunmente se considera igual a un 60% de la eslora. Si se desea mayor exactitud se debe considerar que dicha carga no es uniforme sino que se transmite a la estructura como concentraciones a través de las defensas del muelle.

= El impacto de la embarcación al atracar se obtiene con el valor de la masa del barco a plena carga y con el dato de la velocidad con que éste se aproxima a la estructura. El valor de este impacto dependerá del sistema de defensas que se coloque en el paramento del muelle para absorber, mediante su deformación, la energía que trae el barco en movimiento en el momento del atraque. Para el tipo de muelle que nos ocupa es recomendable el uso de defensas de hule. En términos generales se puede decir que, para que una defensa de este tipo se considere efectiva, no deberá deformarse más de un 45% bajo la acción de la fuerza de impacto. Asimismo puede decirse que la separación más adecuada entre defensas no deberá ser mayor que 0.08 de la eslora de la menor embarcación que se considera puede llegar a atracar en la estructura.

Respecto a la velocidad que debe considerarse a la embarcación en el momento del atraque, su valor es variable y depende del tamaño de la embarcación. Las de gran porte requieren, para atracar, del auxilio de remolcadores y se aproximan a la estructura a una velocidad menor que la correspondiente a embarcaciones de por-

te medio los cuales comunmente atracan por sus propios medios, en forma general se puede decir que dicha velocidad tiene un valor mínimo de 5 cm/seg. para los mayores buques como son los petroleros o mineraleros y va aumentando su valor inversamente al del desplazamiento de la embarcación, llegando a un máximo de 30 cm/seg. para las de pequeño porte como son las embarcaciones pesqueras.

= La cota de piso de la cubierta del muelle en el paramento de atraque, se define con el dato del nivel de la pleamar máxima registrada, considerando que dicha cubierta debe quedar aproximadamente 2 m. arriba del citado nivel, suficiente para dotar al muelle de la pantalla que requiere para alojar el sistema de defensas.

Respecto a las cargas vivas a considerar sobre la cubierta del muelle se pueden hacer los siguientes comentarios:

1o.- Grúa de pórtico sobre rieles.- El riel más cercano al paramento de atraque se deberá considerar a una distancia no menor de 2.5 m., respecto a dicho paramento -- con objeto de poder alojar en dicho espacio las bitas de amarre. El eje posterior de la grúa quedará ubicado en consecuencia a la distancia que señale, entre patas, la casa fabricante de la grúa que sea seleccion

nada para el manejo de la carga. Las fuerzas verticales que por efecto de la grúa, operando o en tránsito, son transmitidas a la estructura del muelle serán las máximas que señale, en cada pata, el catálogo de la grúa seleccionada para las condiciones de grúa operando, debiendo considerar únicamente el peso de la grúa cuando ésta se encuentre en tránsito con el incremento correspondiente por impacto (10% min.). Asimismo se deberá prever la fuerza longitudinal que se transmite a la estructura por efecto del frenaje y las que se originen en el sitio del muelle que se seleccione para anclar la grúa en mal tiempo.

20.- Vías de ferrocarril.- El número de vías de ferrocarril sobre la plataforma de un muelle dependerá de las necesidades propias del movimiento de carga recomendándose, de ser posible, eliminarlas para que no constituyan un obstáculo al movimiento terrestre de carga entre barco y bodega y a las maniobras de carga y descarga de la embarcación.

Se justifican cuando no se dispone de equipo especial para mover la carga muy pesada como turbinas, transformadores, etc., las cuales deben ser manejadas di-

rectamente de barco a plataforma de ferrocarril, o viceversa. También se justifican cuando se necesita cargar o descarga cereales a granel y no se dispone del equipo necesario para dicha operación. En caso de requerirse las vías sobre un muelle, éstas no deberán ser menos de dos: una de operación y la otra de servicio, previendo los cortavías necesarios. La separación mínima permisible entre ejes de vías de ferrocarril es de 4.50 m. y es la que se considerará para el proyecto hipotético que se está analizando. Por lógica, dichas vías deberán quedar lo más próximo posible al paramento de atraque, por lo que se ubicarán entre las patas de la grúa respetando el gálibo necesario. La carga máxima por rueda que se transmitirá a la estructura del muelle corresponde, generalmente, a las de una máquina Diesel-eléctrica ya que, actualmente, las de vapor están en desuso. También en este caso deberá tomarse en consideración el incremento originado por el Impacto, así como la fuerza longitudinal debida al Frenaje.

30.-Carga de camión.- Para el cálculo del Muelle, deberán considerarse además, las cargas originadas por el tránsito de camiones de carga sobre su cubierta. Si

la separación entre las patas de la grúa de pórtico - lo permite, se podrá efectuar la circulación de camiones en el espacio comprendido entre los vagones y las patas posteriores de la grúa. Si no es posible lo anterior, se deberá prever en el dimensionamiento de la plataforma del Muelle, el espacio necesario entre la grúa y el paramento de bodega para la circulación de camiones. Las cargas a considerar sobre la estructura son las correspondientes a un camión H-20 S-16 con el incremento correspondiente por impacto.

40.-Carga Uniforme.- Sobre la Plataforma o Cubierta del Muelle será necesario colocar la carga que entra o sale del Puerto y, para el caso de un muelle de altura, se prevé en el diseño que dicha carga puede llegar a ser de 4 Ton/m². Dicho valor será menor para Muelles de cabotaje, pudiendo llegar a 1.50 Ton/m². en el caso de Muelles para Pesca.

Conociendo, además del peso propio, el valor de todas y cada una de las fuerzas o cargas a que estará sujeta la estructura del Muelle por proyectar, se podrá proceder al cálculo y diseño de la misma. Asimismo, conociendo la disposición general de instalaciones sobre la cubierta del muelle, se conocerá el punto de aplicación de cada una de dichas fuerzas.

Respecto a la subestructura, los elementos que la constituyen se definen con los datos del Estudio de Mecánica de Suelos y así tendremos, por ejemplo, que si se detectó un estrato rígido o muy firme a poca profundidad, se podrá pensar en apoyar la estructura por superficie mediante la utilización de pilas. Si el material es arcilloso, arenoso, o son estratos intercalados de ambos materiales, la cimentación deberá ser del tipo profundo y lo recomendable en estos casos es el uso de pilotes hincados hasta el estrato resistente ó a la profundidad que aconseje el Estudio, para soportar la carga máxima que, de acuerdo con los cálculos, deberá soportar cada pilote.

Como una alternativa de estructuración se puede considerar un tablestacado marginal de concreto reforzado, o bien, una pared, también de concreto reforzado, colada "in situ" (Muro tipo Milano), anclados convenientemente para resistir los empujes originados por el relleno posterior y la sobrecarga provocada por las fuerzas aplicadas sobre la plataforma del muelle. No se recomienda la utilización de un tablestacado metálico debido a que no se fabrica en México por lo que sería necesaria su importación.

De lo anterior se deduce que, conociendo las necesidades y dimensiones del muelle y antes de proceder al cálculo detallado y al diseño, deberá efectuarse un Estudio de alternativas para se-

leccionar la que resulte más económica, la que presente menos dificultades y requiera menos tiempo para su construcción.

Supondremos que, en nuestro caso, el Estudio de Mecánica de Suelos nos indica que el terreno donde se ubicará el Muelle de Altura está constituido por capas de arena y arcilla y que a 18 m. de profundidad se detectó una capa de arena compacta, o de arcilla rígida, que puede considerarse como el estrato resistente en que debe quedar apoyada la estructura. Asimismo, se supondrá que, después de haber efectuado el Estudio de Alternativas, la que resultó más económica es la que considera una subestructura a base de pilotes. Previamente deberá haberse definido la distribución más conveniente de los pilotes tanto transversalmente como en el sentido longitudinal del muelle.

Generalmente las máximas concentraciones son transmitidas por la grúa de pórtico, por lo que resulta conveniente colocar una línea longitudinal de pilotes bajo cada uno de los rieles sobre los que se desplazará la grúa. Asimismo, es aconsejable disponer pilotes abajo de cada una de las vías de Ferrocarril. Lo anterior con objeto de transmitir directamente las cargas mencionadas a los pilotes y en esa forma sean menores los efectos provocados en los elementos que constituyen la superestructura.

Al hacer la distribución de pilotes deberá preverse que se requerirán pilotes inclinados para soportar las fuerzas horizontales de atraque, de jalón de bitas, de sismo, de frenaje, etc., con lo anterior se logra rigidizar la estructura evitando que los pilotes trabajen a flexión para lo cual no son muy efectivos debido a su esbeltez. Un alto porcentaje del costo del muelle corresponde a la subestructura por lo que es conveniente estudiar varias alternativas en la distribución de pilotes a efecto de hacerlos trabajar a su máxima capacidad permisible. Asimismo, el aspecto económico definirá si resulta conveniente utilizar pilotes de tubo metálico o de concreto reforzado.

Respecto a la superestructura, ésta podrá ser a base de losa y trabes o bien una losa plana con trabes únicamente longitudinales bajo los rieles de la grúa. En la estructuración deberá preverse lo necesario para alojar los servicios de agua potable, energía eléctrica y, en caso necesario, combustible.

Una vez definidas las dimensiones generales del muelle y conocida la alternativa de estructuración más económica, así como las fuerzas horizontales y cargas verticales a considerar, se procede al cálculo de los elementos mecánicos para el diseño de todos y cada uno de los elementos estructurales.

Al igual que para proyectar cualquier otro tipo de estructura, el análisis de un muelle se debe efectuar para las diferentes combinaciones de cargas y fuerzas que puedan actuar sobre la estructura en forma simultánea, a fin de conocer los esfuerzos máximos de trabajo a que podrá estar sujeto cada uno de los elementos que constituyen la estructura y efectuar el diseño de los mismos para que soporten dichos esfuerzos. Cuando en la combinación de cargas se incluya la originada por el viento o por el sismo, se deberán aplicar los coeficientes comunes en estos casos para incrementar los esfuerzos permisibles, por tratarse de una combinación de cargas permanentes y eventuales.

Lo anterior ha tenido por objeto hacer resaltar que en el proyecto de una estructura portuaria, como lo es un Muelle de cualquier tipo, la principal dificultad estriba en dimensionarla convenientemente y en definir cuales son y cuanto valen las fuerzas y cargas que deberán considerarse actuando sobre ella y que, para obviar dicha dificultad, es muy importante disponer de los datos básicos que proporcionan los Estudios que se deben realizar previamente para lograr resultados óptimos.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

OBRAS EXTERIORES

ING. GUILLERMO MAC DONEL

SEPTIEMBRE, 1978.



OBRAS EXTERIORES

ING. J. GUILLERMO MACDONEL M *

Dentro del conjunto de las Obras Marítimas se pueden incluir, como un tipo especial de obras, las denominadas "Exteriores"; cuyo nombre obedece a que rodean o realmente forman el perímetro exterior del Puerto.

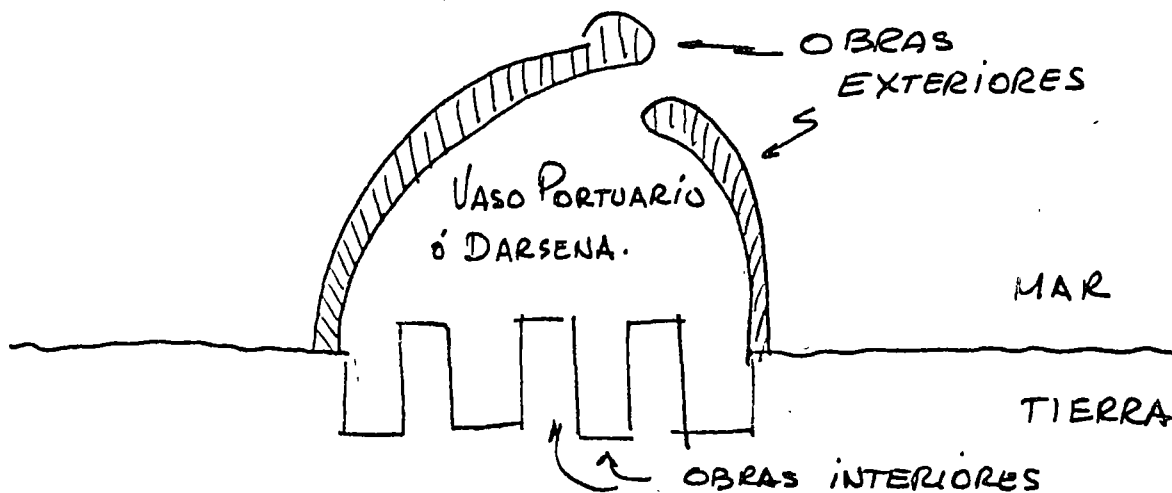


FIG. 1

Las obras exteriores forman lo que se denomina Vaso Portuario o Dársena. Dentro del Vaso Portuario se ubican las "Obras Interiores" que son los muelles, varaderos, etc.

La disposición de las Obras Exteriores depende de varios factores, entre los cuales podemos mencionar:

- Dirección y características del oleaje reinante
- Dirección y características del oleaje dominante
- Dirección e intensidad del acarreo litoral
- Dirección e intensidad de las corrientes marinas
- Dirección e intensidad de los vientos
- Espacios requeridos para maniobras, etc.

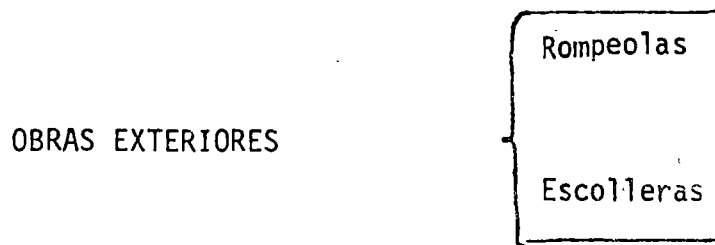
* Ingeniero Consultor. Proyectos Marinos, S.C.

- Espacios requeridos para maniobras, etc.

Normalmente, las Obras Exteriores se diseñan tomando en cuenta todos los factores mencionados y considerando que en su interior se tendrán las condiciones de agitación mínimas que permitirán una operación adecuada del Puerto.

Las condiciones de agitación interiores se pueden analizar teóricamente, utilizando diagramas de refracción y difracción; pero en obras importantes, el diseño final se realiza con la ayuda de Modelos Hidráulicos Reducidos. Esta técnica es bastante precisa para definir las condiciones interiores del Puerto y es posible lograr diseños adecuados.

A las obras exteriores las podemos clasificar de la siguiente manera:



Rompeolas.-

Se designa así a las obras exteriores que dan protección en contra del oleaje, formando el vaso portuario o dársena con el cuerpo de las mismas.

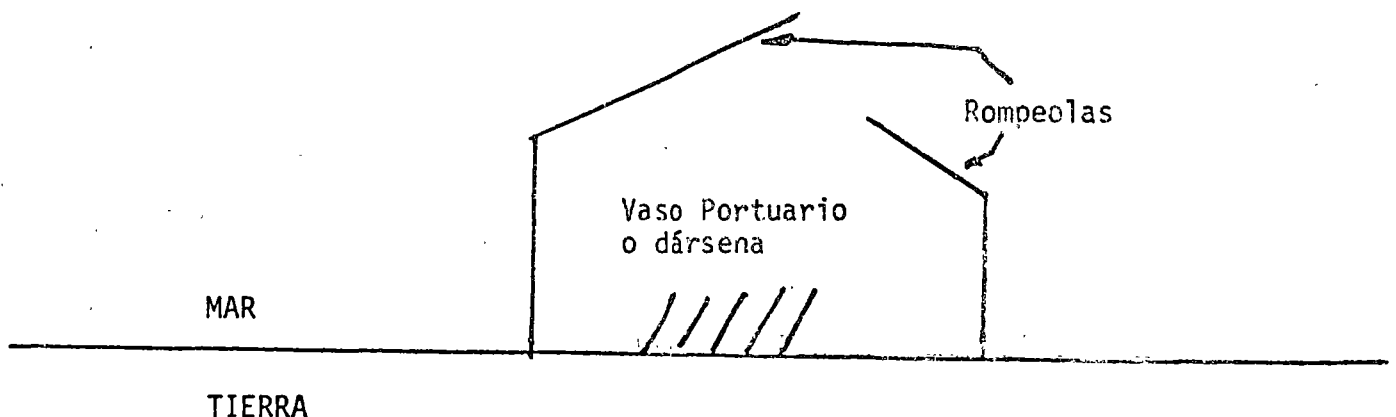


FIG.2

Escolleras.-

Se designa de esta manera a las obras que solo sirven para comunicar, por medio de un canal de navegación al Vaso Portuario con mar abierto, tal y como se indica en la Fig.3.

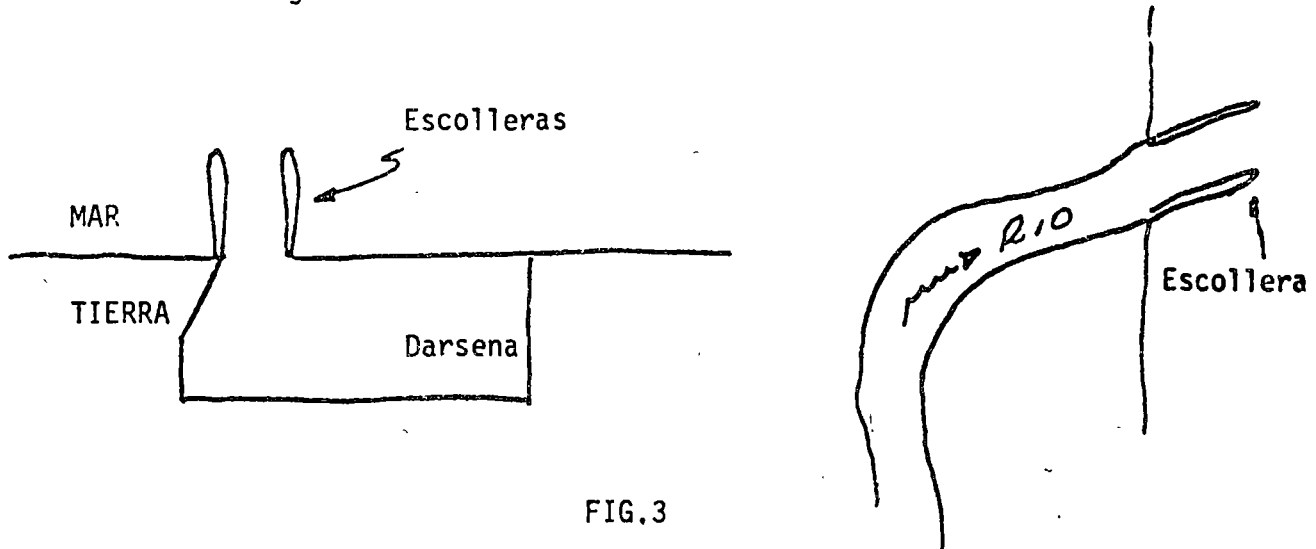


FIG.3

En el caso de una desembocadura de río, y para proteger también el Canal de Navegación, también se pueden construir las escolleras, tal y como se muestra en la Fig.3.

Cualquiera de las Obras anteriores se pueden clasificar, dependiendo del tipo de materiales de construcción en los siguientes tipos.

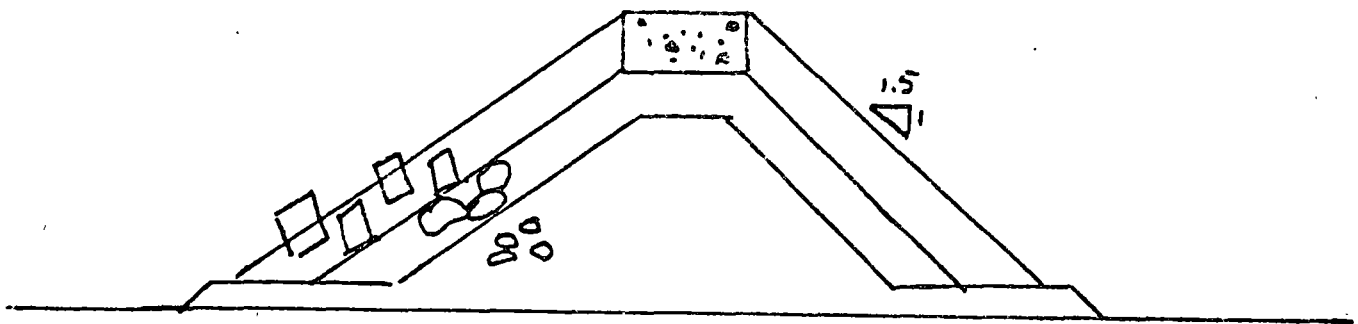


FIG.4

Enrocamiento y elementos prefabricados a talud.

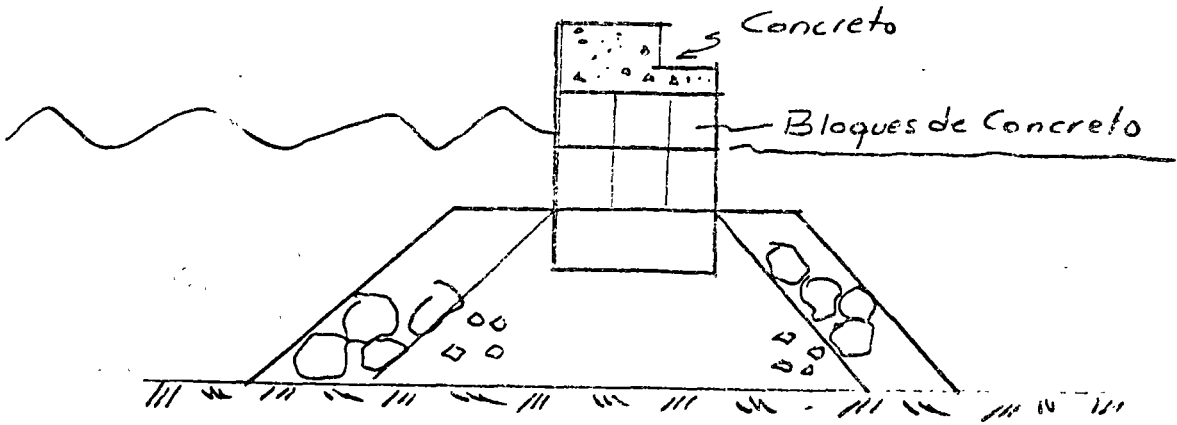


FIG.5 Enrocamiento con muro vertical

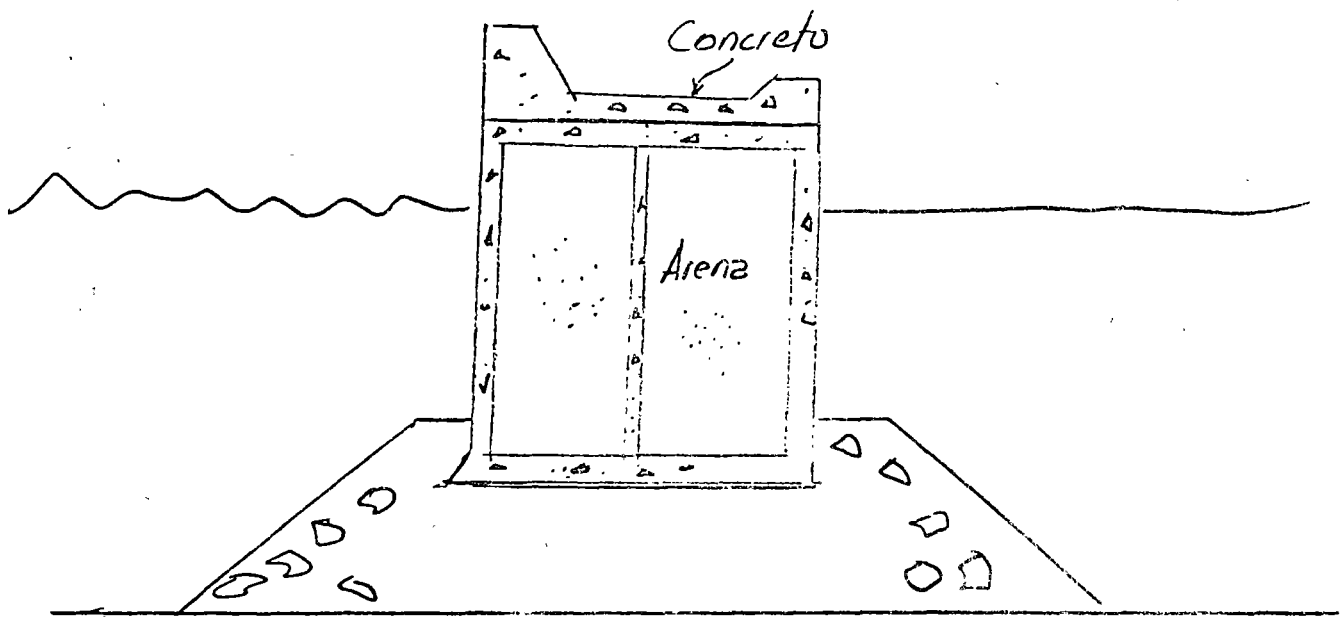


FIG.6 Cajones de concreto rellenos de arena.

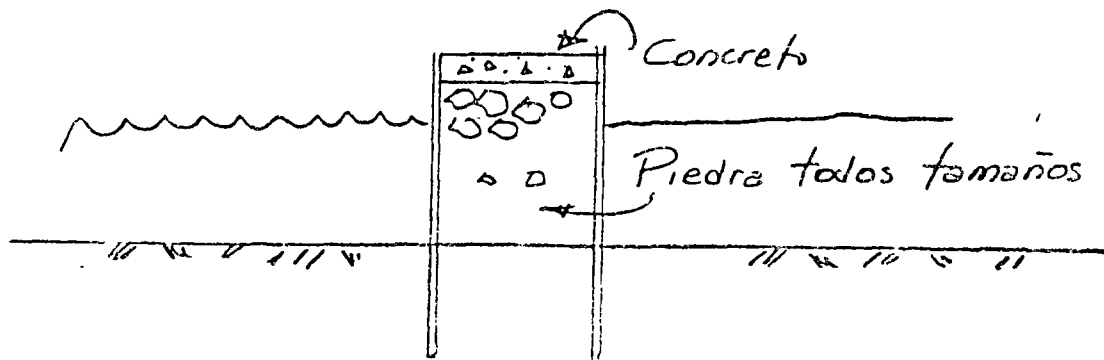


FIG.7

Gaviones formados con tablaestaca y rellenos de piedra.

ESTABILIDAD DE ENROCAMIENTOS 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 presenta 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 tres dimensiones.

Los factores que deben tomarse en cuenta para el diseño son los siguientes: las características del 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 importantes es la profundidad, ya que ésta determinaría si la estructura estará sujeta a oleaje rompiente, no 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 tormenta.

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 estrictas si no se pueden permitir fallas que conduzcan a altos costos de mantenimiento.

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 ola de diseño para una estructura de enrocamiento a talud es menor que la máxima dentro de una distribución de alturas (generalmente la altura significativa); y esto es debido a que en caso de existir una falla debida a oleaje mayor, ocurre en una forma progresiva y el desplazamiento de elementos de la coraza y su pérdida, no significaran 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 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 y la altura y profundidad de rompiente, son una función de la pendiente de la playa y de la relación de esbeltez en aguas profundas. Para el caso de 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 profundidad 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

$$H_b = 0.78 d_b \quad (1)$$

De acuerdo con Keulegan y Patterson

$$H_b = 0.73 d_b \quad (2)$$

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

DISEÑO DE UN ENROCAMIENTO A TALUD

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

En las figuras 8 y 9 se muestran diferentes tipos de enrocamientos a talud, en donde se tienen diferentes condiciones de diseño, tales como ola rompiente, o no rompiente, con overtopping o sin el, 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 determinará la estabilidad de este tipo de estructuras. Esta fórmula se basó en un extenso programa de ensayos en modelo hidráulico y es la siguiente:

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (3)$$

donde:

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

W_r = Peso específico de la unidad de coraza en kg/m³.

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

S_r = Gravedad específica de la unidad de coraza

$$S_r = \frac{W_r}{W_{agua}} = \frac{2560}{1026} = 2.495$$

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

y

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 la Tabla 1 se muestran los valores recomendados para el diseño).

La expresión anterior (3) 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 10 se muestran algunos de estos elementos, en la Figura 11 las especificaciones del Tetrápodo y en la Tabla 2, los tipos existentes a la fecha, el País en donde se ha desarrollado y la patente, en caso de existir.

En relación con el coeficiente K_D que se muestra en la Tabla 1, podemos indicar que no considera daño permisible en la estructura. Sin embargo, a fin de poder tener inversiones iniciales 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 3.

Se hace notar que no existe problema en 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 estructura original.

En la tabla 3 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 significativa correspondiente a un daño D ; H_{DW} es la altura de ola significativa para condición de no daño y K_D el coeficiente de estabilidad correspondiente para la condición de daño seleccionada.

Ejemplo:

Si un enrocamiento rugoso a talud de 2 capas en coraza, para una condición de ola no rompiente y no overtopping tiene una ola significativa $H_{DW} = 2.4m$ y $K_D = 4$; encontrar:

- Porcentaje de daño producido por una ola de 2.70m.
- Porcentaje de daño producido usando $K_D = 8.2$ en el análisis de estabilidad.
- ¿Cuáles serán los valores de H y K_D para un daño de 30-40 %.

$$a) \quad H/H_{DW} = \frac{2.70}{2.40} = 1.125$$

El valor de D queda comprendido entre 10% y 20% pero más cerca de 10%.

b) Si $K_D = 8.2$ D estaría entre 15% y 20%

c) Si D = 30-40%

De la tabla 3

$$\frac{H}{H_{DW}} = 1.47 \qquad K_D = 12.4$$

$$H = 1.47 H_{DW} = 1.47 \times 2.4 = 3.53 \text{ m.}$$

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, dependiendo 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 12 se muestra dicha variación tanto para concreto como piedra natural.

Ejemplo:

Una unidad de 24 toneladas de concreto se requiere para proteger un rompeolas. El peso así determinado se hizo en base a un concreto con $W_r = 2300 \text{ Kg/m}^3$ encontrar.

¿Cuál sería el peso del elemento para un

$$W_r = 2200 \text{ kg/m}^3 \text{ y } W_r = 2700 \text{ kg/m}^3.$$

Usando la fig.12

Para W_r	2200	$f = 1.38$
W_r	2700	$f = 0.62$
W_r	2300	$f = 1.18$

Entonces para $W_R = 2200 \text{ kg/m}^3$

$$W = 24 \times \frac{1.38}{1.18} = 28 \text{ ton.}$$

Si $W_R = 2.700 \text{ kg/m}^3$

$$W = 24 \times \frac{0.62}{1.18} = 12.6 \text{ ton.}$$

ALTURA Y ANCHO 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.

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 14 a 18 .

En éstas, la nomenclatura utilizada es la siguiente:

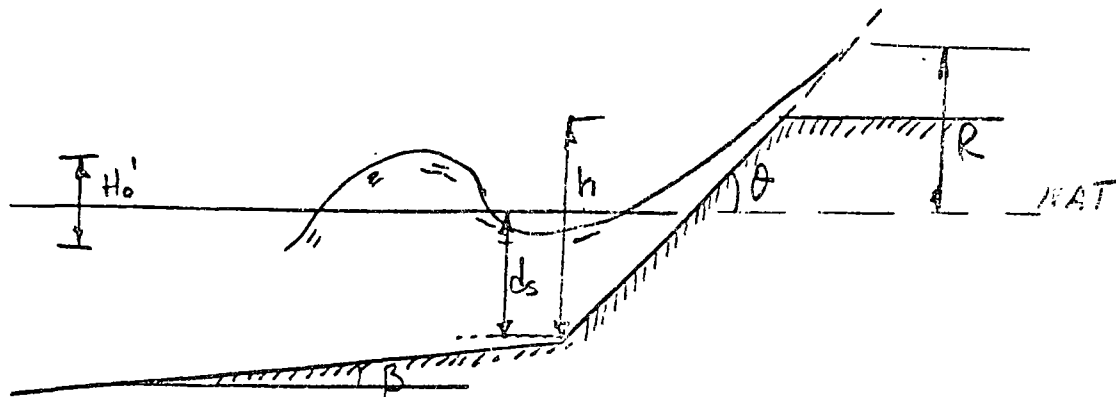


FIG.13 DEFINICION DEL RUN UP Y OVERTOPPING

Donde:

H_0^i = Altura de ola en aguas profundas sin considerar refracción. (Tabla C-1)

Para tomar en cuenta los efectos de escala se ha preparado la Figura 19 en la que se hace la corrección respectiva

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 calidades de superficie y las cuales se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 4 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% vacíos)	Azar	0.45 a 0.50

se define a "r" como

$$r = \frac{R \text{ (pendiente rugosa)}}{R \text{ (pendiente lisa)}} = \frac{R/H_0^i \text{ (pendiente rugosa)}}{R/H_0 \text{ (pendiente lisa)}}$$

Ejemplo:

Se tiene una estructura con una pendiente lisa de 1:2.5 y sujeta a una ola de diseño de 2.1 m. medida en un ológrafo fondeado a $d=4.5$ m. El período de diseño es de $T=8$ seg. La profundidad al pie de la obra es de $d_s=3$ m.

Encontrar

- La altura sobre SWL a la cual la estructura deberá construirse para evitar el overlopping de la ola de diseño.
- La reducción en altura de la estructura suponiendo que en la pendiente se le coloca un enrocamiento.

Solución

- La longitud de onda

$$L_o = 1.56 T^2 = 1.56 \times 64 = 99.84 \text{ m.}$$

$$\frac{d}{L_o} = \frac{4.5}{99.84} = 0.450$$

De la tabla C-1 del apendice.

$$\text{Para } \frac{d}{L_o} = 0.0450 \quad \frac{H}{H_o} = 1.042$$

$$H_o = \frac{H}{1.042} = \frac{2.1}{1.042} = 2.015 \text{ m.}$$

Para calcular el run up.

$$\frac{H_o}{gT^2} = \frac{2,015}{9.81 \times 64} = 0.00321$$

$$d_s = 3.0 \text{ m.}$$

Entonces

$$\frac{d_s}{H_o} = \frac{3.0}{2.015} = 1.48$$

Interpolando entre las Figuras 16 y 17.

$$\text{De la Fig.16, para } \theta = 2.5, \quad \frac{d_s}{H'_0} = 0.80 \quad \text{y} \quad \frac{R}{H'_0} = 2.8$$

$$\text{De la Fig.17, para } \theta = 2.5, \quad \frac{d_s}{H'_0} = 2.0 \quad \text{y} \quad \frac{R}{H'_0} = 2.7$$

$$\text{Interpolamos para} \quad \frac{d_s}{H'_0} = 1.48 \quad \frac{R}{H'_0} = 2.75$$

Entonces el run up, sin tomar en cuenta los efectos de escala:

$$R = 2.7 (H'_0) = 2.7 \times 2.015 = 5.44 \text{ m.}$$

El factor de corrección por escala se puede ver en la Figura 19.

$$\text{Tan } \theta = \frac{1}{2.5} = 0.40 \quad k = 1.17$$

Entonces el run up corregido.

$$R = 1.17 \times 5.44 = 6.37 \text{ m.}$$

b) Veamos como decrece el run up con el enrocamiento a talud 1:1.5

$$\left[\frac{R}{H'_0} \right]_{\text{liso}} = 3.1$$

De la figura 21

$$\text{Con } \frac{H_0}{gT^2} = 0.033 \quad \text{y} \quad \frac{d_s}{H'_0} = 1.5$$

$$\left[\frac{R_0}{H'_0} \right]_{\text{enrocamiento}} = 1.5$$

Por lo tanto,

$$\frac{\left[\frac{R}{H_0} \right]_{\text{enrocamiento}}}{\left[\frac{R}{H_0} \right]_{\text{liso}}} = \frac{1.5}{3.1} = 0.48$$

Si aplicamos esta corrección

$$R_{\text{enroc.}} = 0.48 R_{\text{liso}} = 0.48 \times 6.37 = 3.05 \text{ m.}$$

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:

$$B = n k_{\Delta} \left(\frac{W}{W_r} \right)^{1/3} \quad (4)$$

donde

B = ancho de la cresta, metros

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

k_{Δ} = coeficiente de capa (Tabla 5)

W = peso de las unidades de coraza kg.

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

TABLA No.5 COEFICIENTES DE CAPA Y POROSIDAD
PARA DIFERENTES UNIDADES DE CORAZA

UNIDAD	N	COLOCACION	COEF.DE CAPA K_{Δ}	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
Hexapodo	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

Espesor de las capas

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

$$r = n k_{\Delta} \left(\frac{w}{w_r} \right)^{1/3} \quad (5)$$

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

w_r = peso específico de los elementos kg/m^3 .

La densidad de colocación de los elementos está dada por la ecuación (6)

$$\frac{N_r}{A} = n k_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{W_r}{W}\right)^{2/3} \quad (6)$$

donde

N_r = número de elementos requeridos para un área dada

A = área dada en (m^2)

k_{Δ} = coeficiente de capa (Tabla 5)

P = porosidad promedio, en % (Tabla 5)

Es importante mencionar que como lo indican las figuras 8 y 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 $W/4000$. 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 fluctúan entre el 75 y 125%.

Lo que es importante es considerar que estos enrocamientos funcionen con las condiciones 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:

$$D_{15} (\text{filtro}) \leq 5 D_{85} (\text{cimentación})$$

Finalmente es conveniente mencionar que siempre 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:

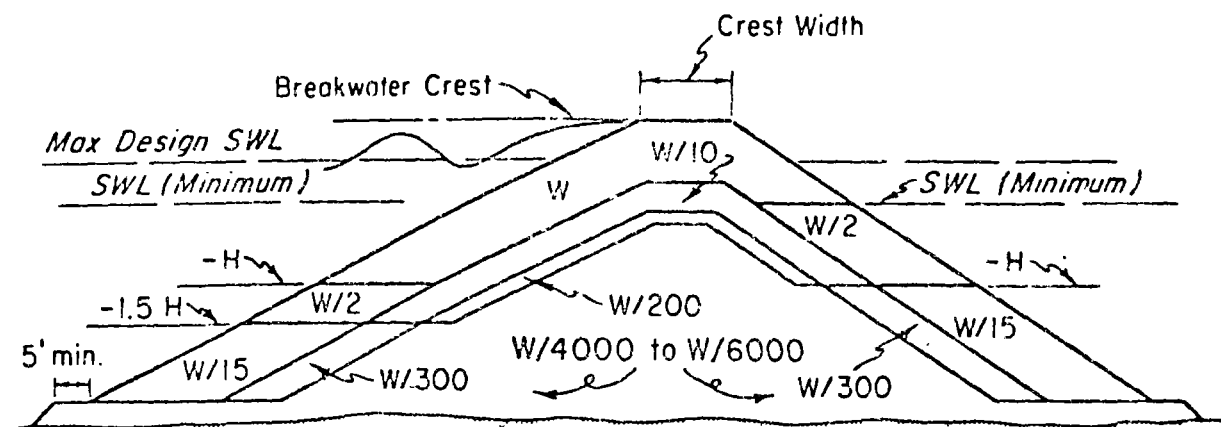
- Cuando la profundidad es mayor de 3 veces la altura de ola.
- Cuando el fondo es rocoso
- Cuando las corrientes producidas no sean lo suficientemente grandes para mover material del fondo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) U.S. Army Coastal Engineering Research Center. Shore Protection Manual 1977.
- 2) Concrete Armor Units for Protection Against Wave Attack. R.Y. HUDSON. 1974
- 3) Design and Construction of Ports and Maritime Structures. Alonzo F. de Quinn.
- 4) Oceanographical Engineering. R.L. Wiegel.

Seaward

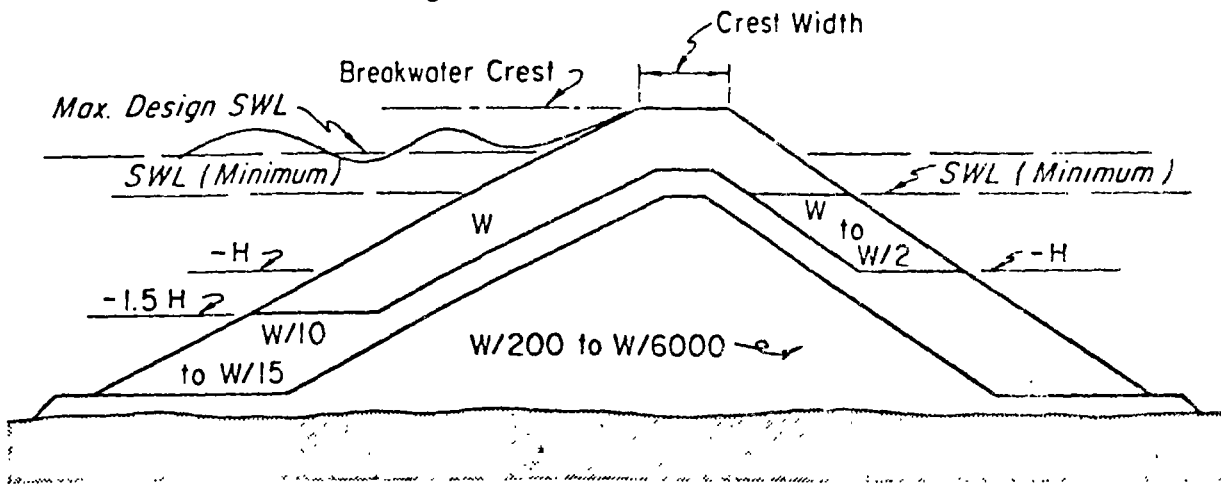
Leeward



Idealized Multilayer Section

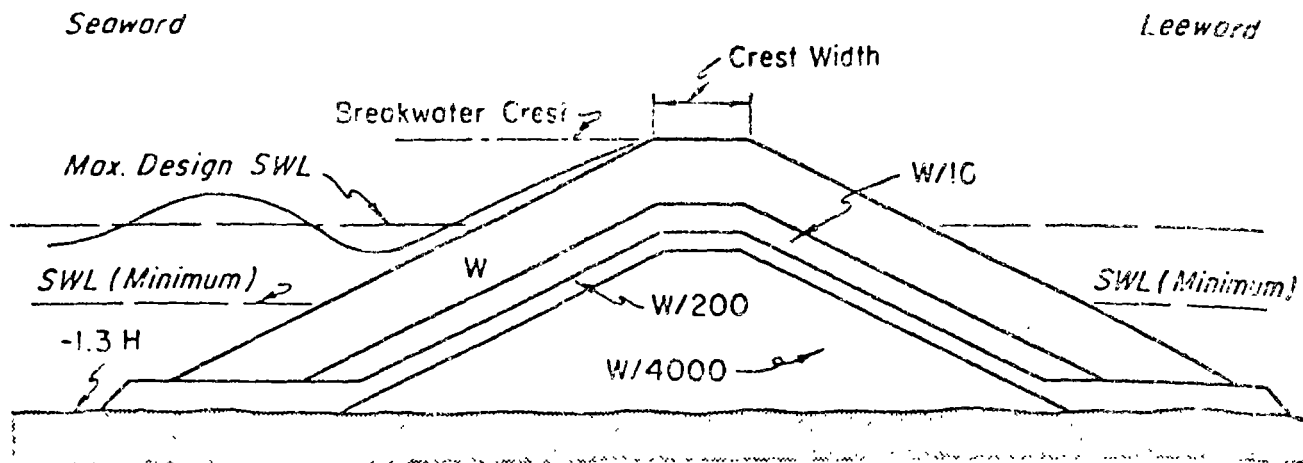
Rock Size	Layer	Rock Size Gradation (%)
W	Primary Cover Layer	125 to 75
W/2 and W/15	Secondary Cover Layer	125 to 75
W/10 and W/300	First Underlayer*	130 to 70
W/200	Second Underlayer	150 to 50
W/4000-W/6000	Core and Bedding Layer	170 to 30

*See Section 7.377g



Recommended Three-layer Section

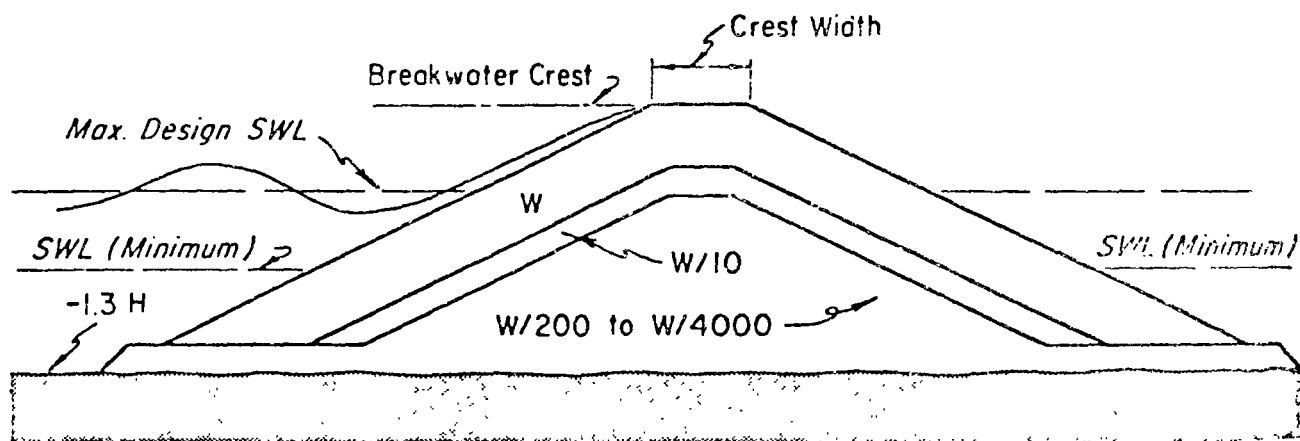
FIG.8 ENROCAMIENTO A TALUD PARA CONDICION DE OLA NO ROMPIENTE (NO OVERTOPPING)



Idealized Multilayer Section

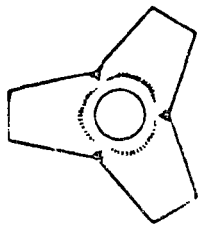
Rock Size	Layer	Rock Size Gradation (%)
W	Primary Cover Layer	125 to 75
W/10	First Underlayer*	130 to 70
W/200	Second Underlayer	150 to 50
W/4000	Core and Bedding Layer	170 to 30

*See Section 7.377g

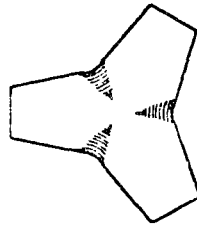


Recommended Three-layer Section

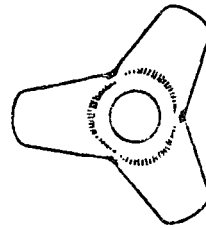
FIG.9 ENROCAMIENTO A TALUD PARA CONDICION DE O.V.
ROMPIENTE (OVERTOPPING MODERADO)



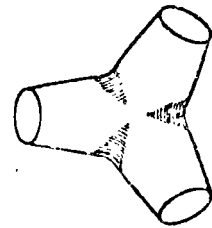
Plan



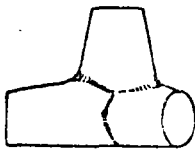
Bottom



Plan

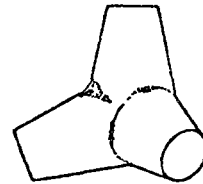


Bottom



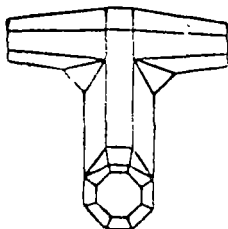
Elevation

QUADRIPOD

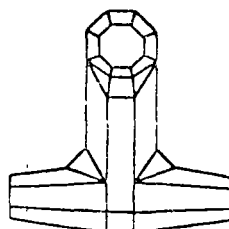


Elevation

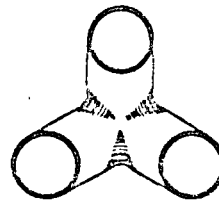
TETRAPOD



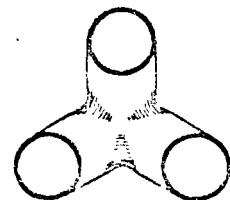
Plan



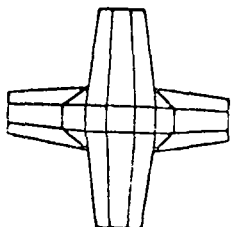
Bottom



Plan

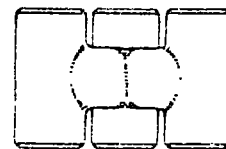


Bottom



Elevation

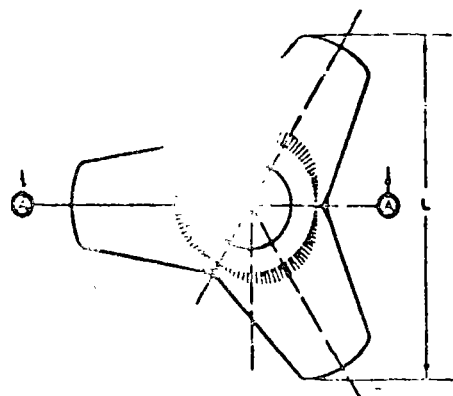
DOLOS
(DOLOSSE, plural)



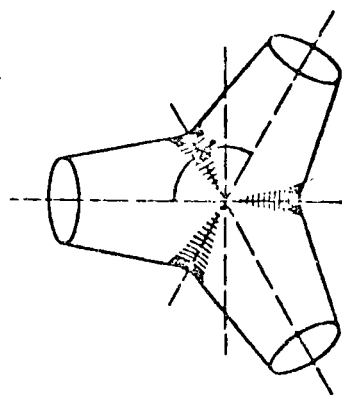
Elevation

TRIBAR

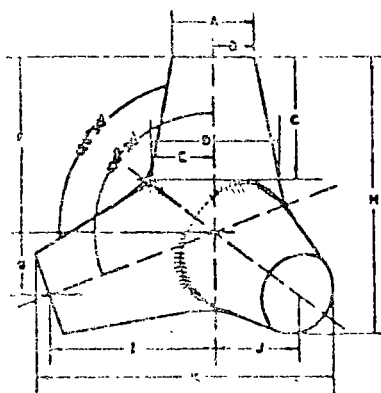
FIG.10 ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADOS



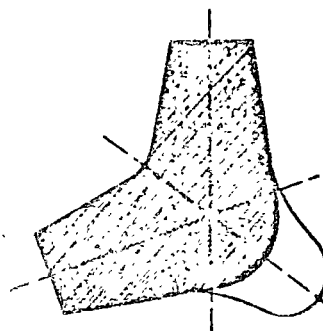
PLAN



BOTTOM



ELEVATION



SECTION-AA

VOLUME OF INDIVIDUAL ARMOR UNITS (CU FT)

7.18	14.37	21.55	28.73	35.91	43.09	50.27	57.45	64.63	71.81	78.99
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

UNIT WEIGHT LB/CU FT

WEIGHT OF INDIVIDUAL ARMOR UNITS (TONS)

140.0	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
145.0	0.85	1.07	1.18	1.34	1.50	1.66	1.82	1.98	2.14	2.30
150.0	0.90	1.11	1.25	1.41	1.57	1.73	1.89	2.05	2.21	2.37
155.0	0.95	1.16	1.31	1.47	1.63	1.79	1.95	2.11	2.27	2.43

AVERAGE MEASURED THICKNESS OF TWO LAYERS RANDOM PLACED (FT)

4.01	4.08	4.16	4.24	4.32	4.40	4.48	4.56	4.64	4.72	4.80
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

NUMBER OF ARMOR UNITS PER 1000 SQ FT (TWO LAYERS RANDOM PLACED)

280.18	176.42	111.86	58.42	37.96	27.02	20.02	15.70	12.41	9.84	7.80
--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------

STUDOL

DIMENSIONS OF ARMOR UNITS (FT)

A	0.27	0.32	0.41	0.51	0.61	0.70	0.80	0.87	0.95	1.03
B	0.44	0.54	0.70	0.86	1.03	1.20	1.37	1.53	1.70	1.87
C	1.00	1.17	1.33	1.50	1.67	1.83	2.00	2.17	2.33	2.50
D	1.16	1.14	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98
E	0.69	0.87	1.10	1.38	1.66	1.94	2.22	2.50	2.78	3.06
F	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28
G	0.42	0.79	1.00	1.21	1.41	1.60	1.79	1.98	2.17	2.36
H	0.14	0.21	0.27	0.34	0.40	0.46	0.52	0.58	0.64	0.70
I	1.70	0.28	0.33	0.38	0.43	0.48	0.53	0.57	0.62	0.67
J	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
K	0.21	0.04	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	0.29
L	0.54	0.45	0.37	0.30	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07	0.05

NOTE: DATA BASED ON TETRAPODS USED IN MODEL TESTS CONDUCTED AT THE WATERWAYS EXPERIMENT STATION

VOLUME OF INDIVIDUAL ARMOR UNIT = 0.250 H³

where:

- A = 0.302 H G = 0.215 H
- B = 0.151 H H = Overall dimension of unit
- C = 0.477 H I = 0.506 H
- D = 0.470 H J = 0.303 H
- E = 0.235 H K = 1.691 H
- F = 0.644 H L = 1.201 H

Armor layer thickness (2 units) = 1.361 H

FIG.11 ESPECIFICACIONES DEL TETRAPODO

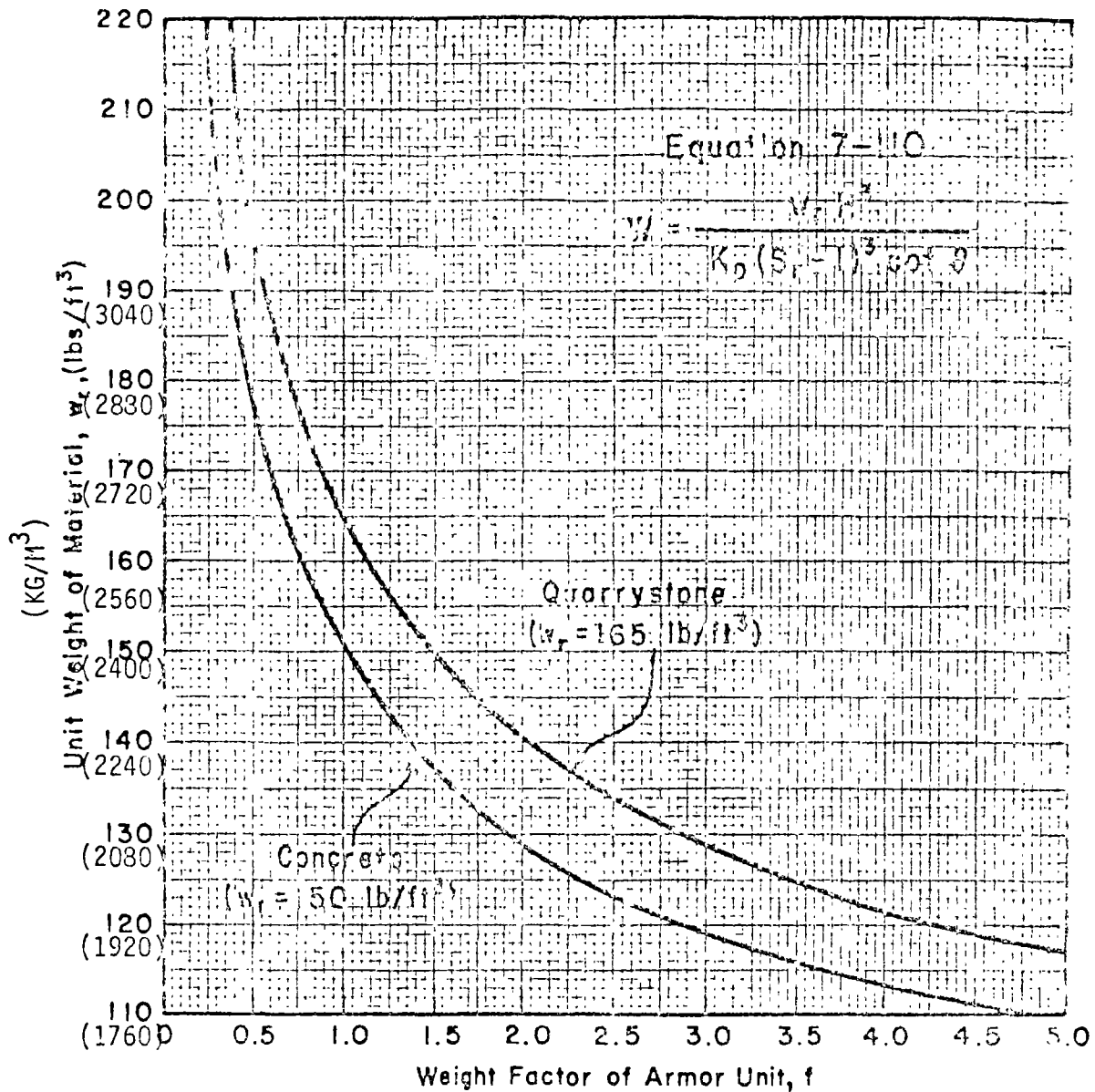


FIG.12 EFECTOS EN EL CAMBIO DE PESO
ESPECIFICO DE UNIDAD DE CORAZA

Concreto $W_r = 2400 \text{ Kg/m}^3$
Piedra $W_r = 2650 \text{ Kg/m}^3$

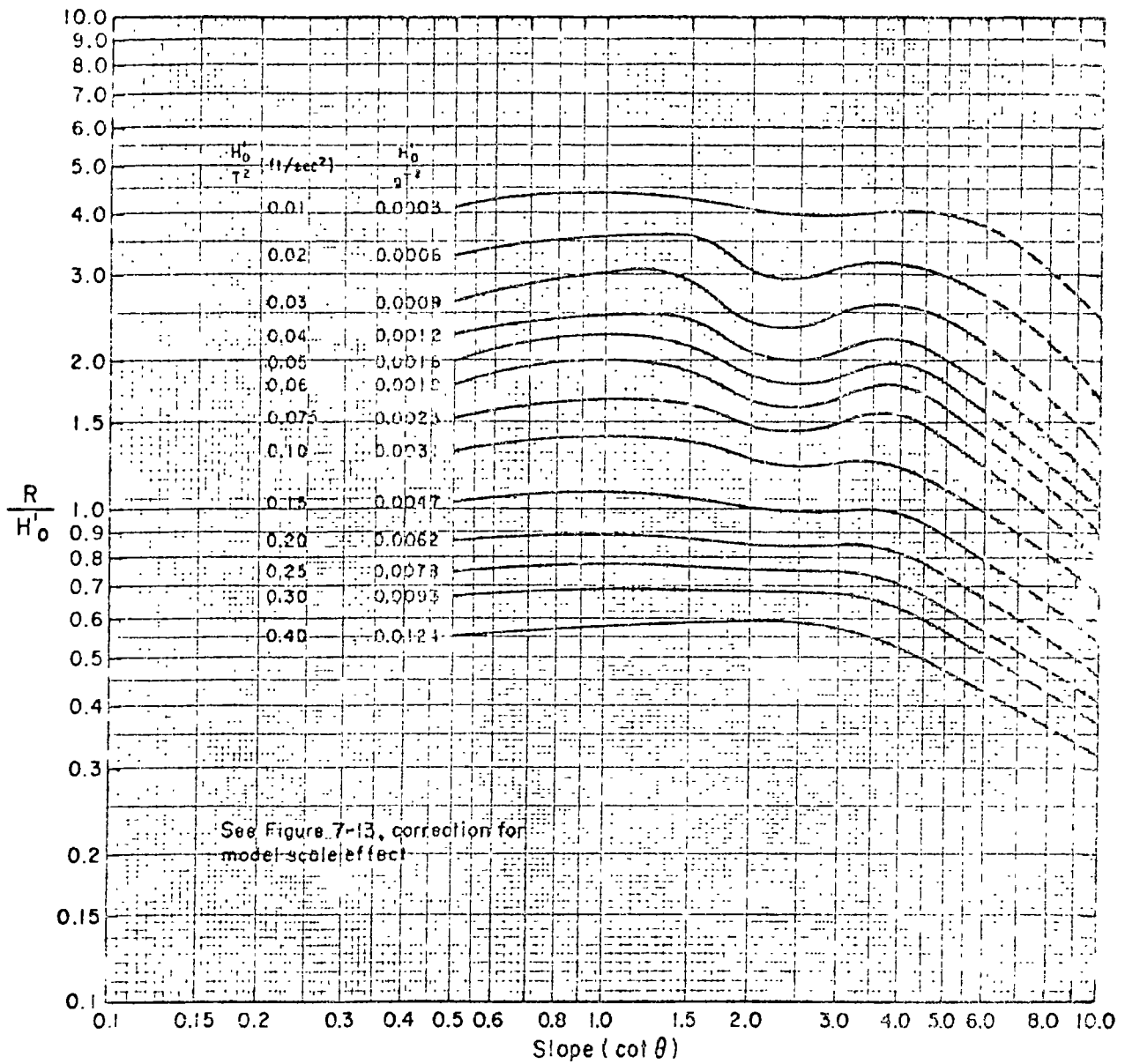


FIG. 14 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA.

$$ds/H'_0 = 0 \quad B = 1:10$$

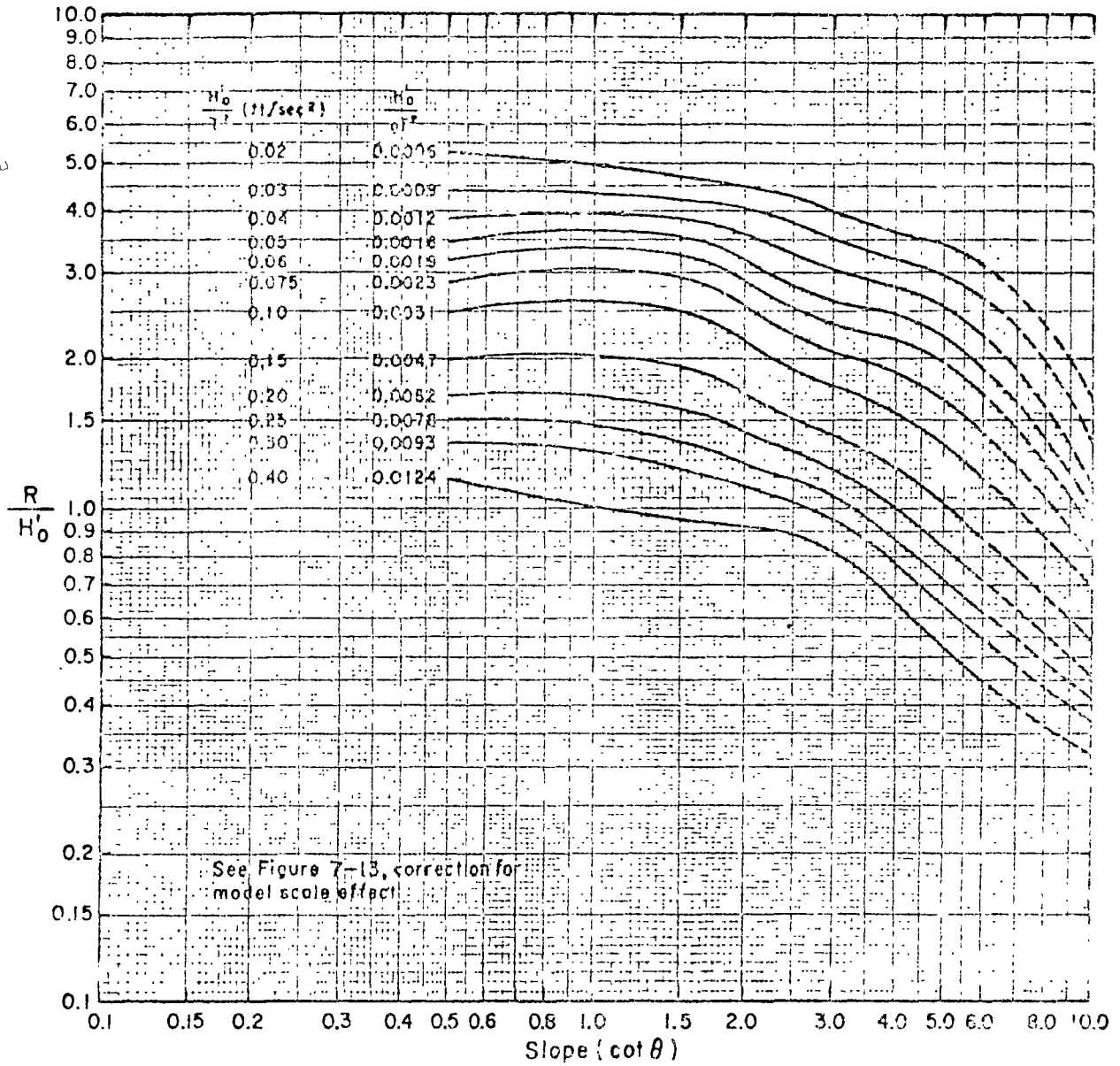


FIG.15 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA,

$$d_s / H_0 = 0.45 \quad B = 1:10$$

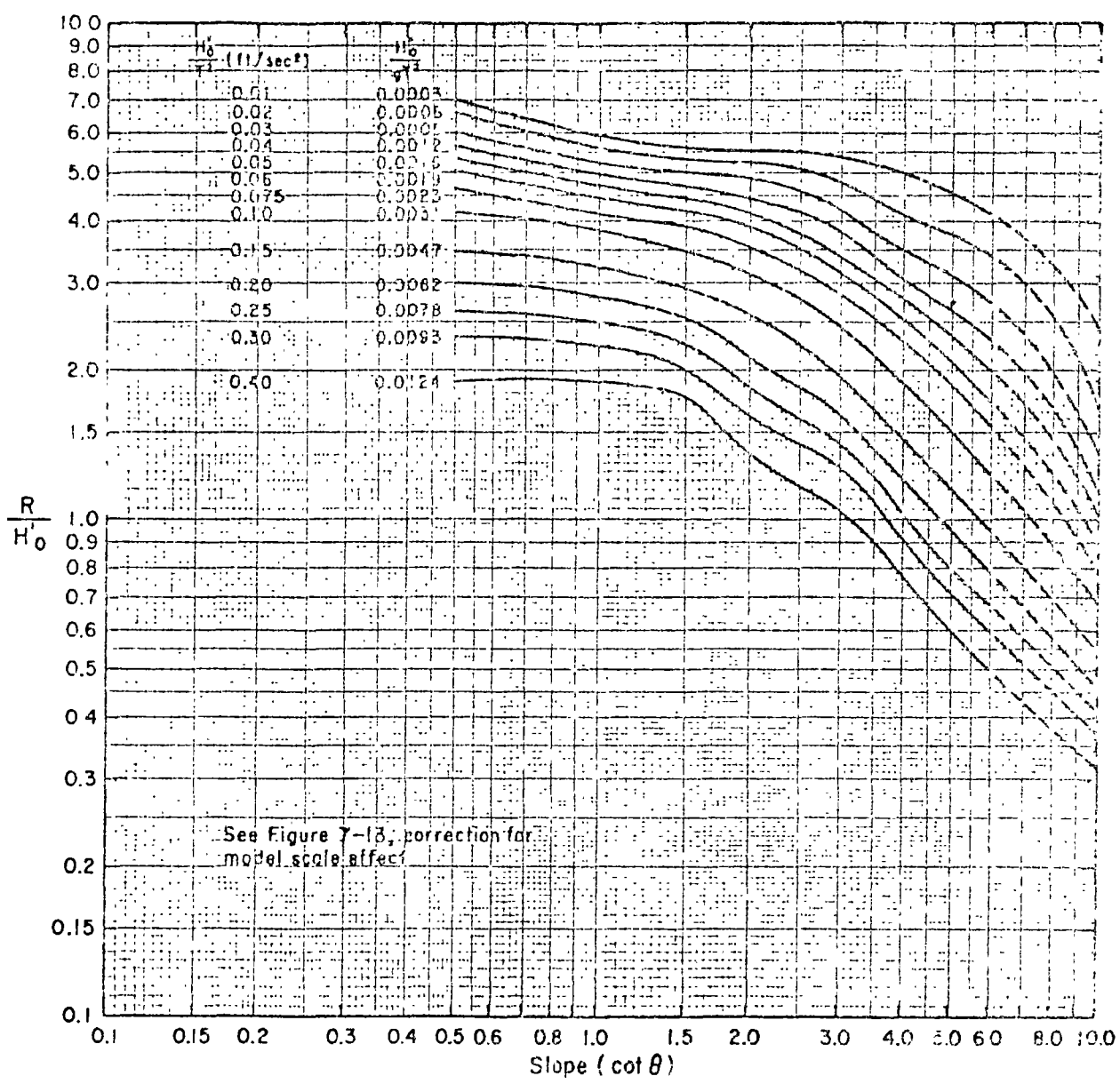
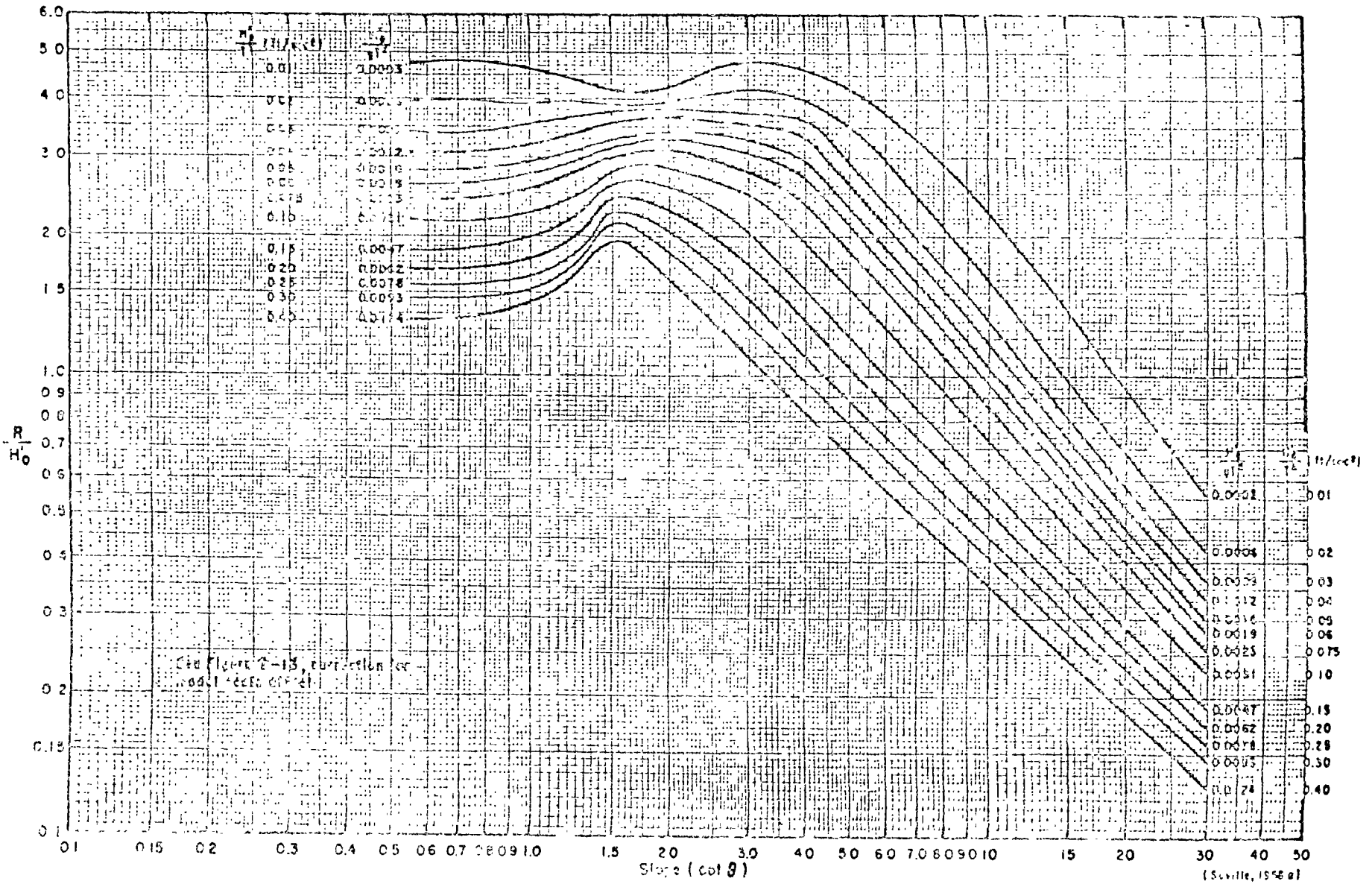


FIG. 16 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y 1/3 SA,
 $d_s/H'_0 = 0.8$ B: 1:10

7-21



See Figure 2-13, run-up on lee side of breakwater

FIG.17 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA
 $\frac{d_s}{H_0} = 2.0$

7-22

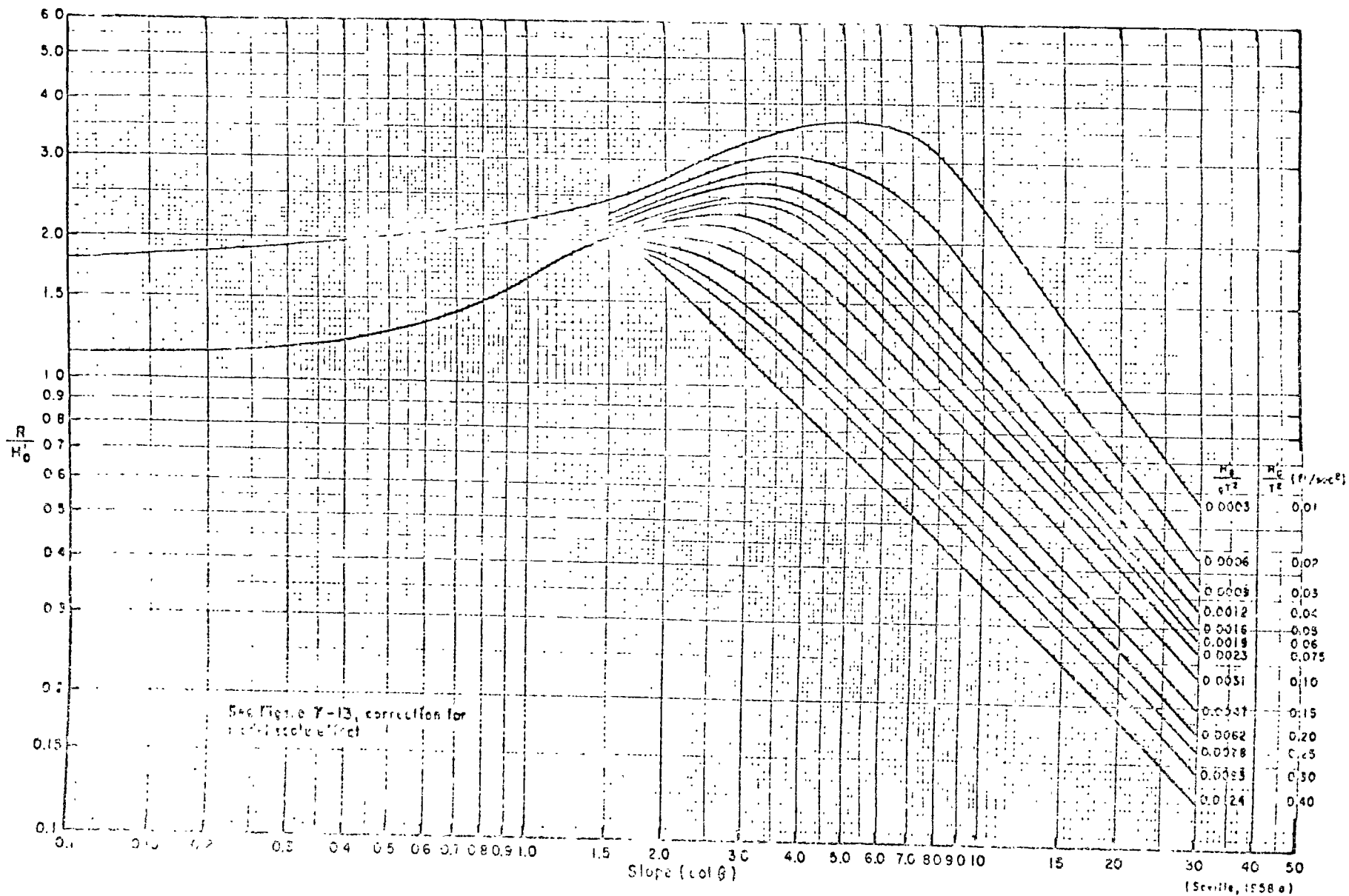


FIG.18 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA
 $d_s / H_0 \geq 3$

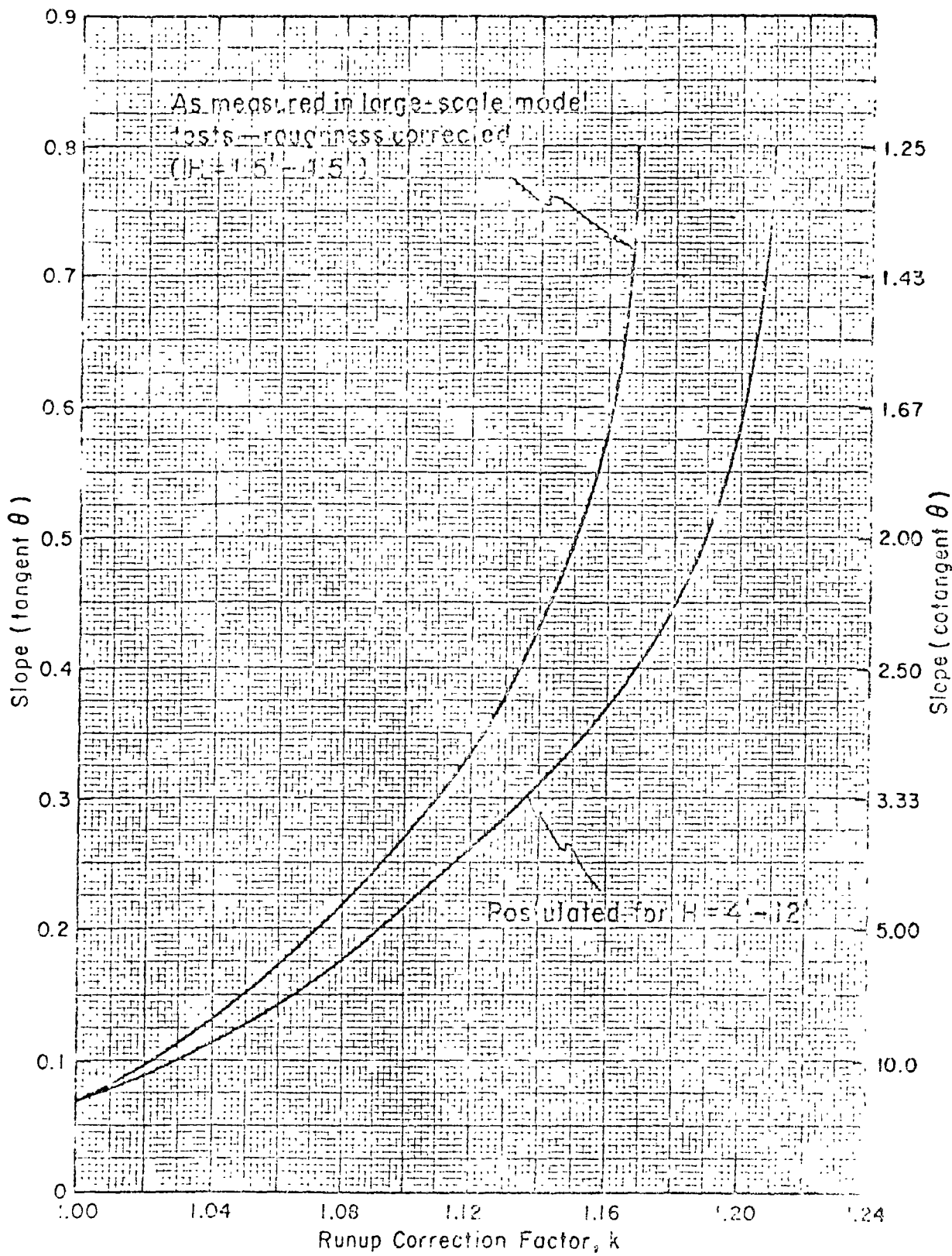


FIG.19 CORRECCION AL RUN UP POR EFECTOS DE ESCALA.

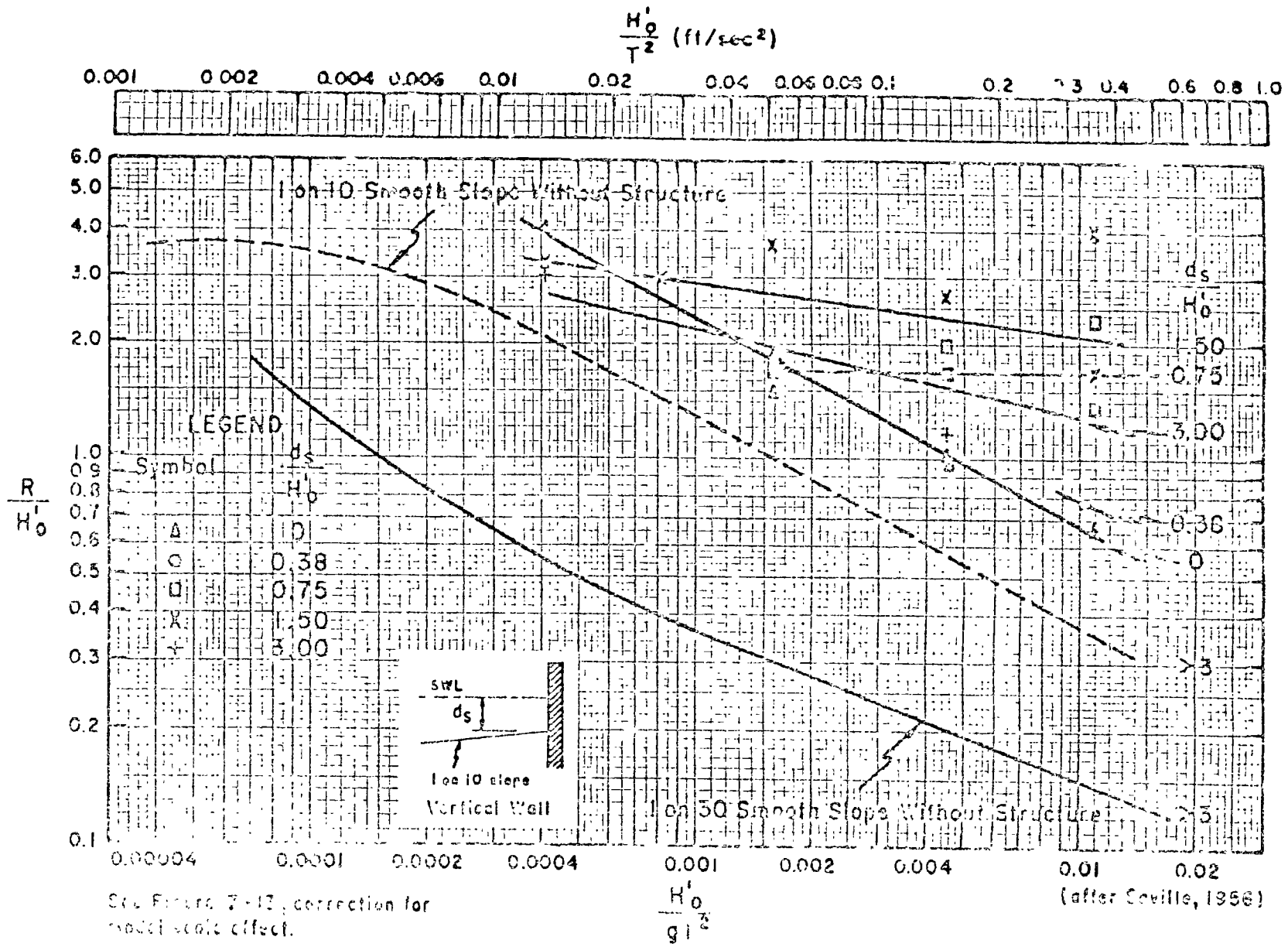


FIG. 20 RUN UP EN MURO VERTICAL E IMPERMEABLE VS. H_0/gT^2

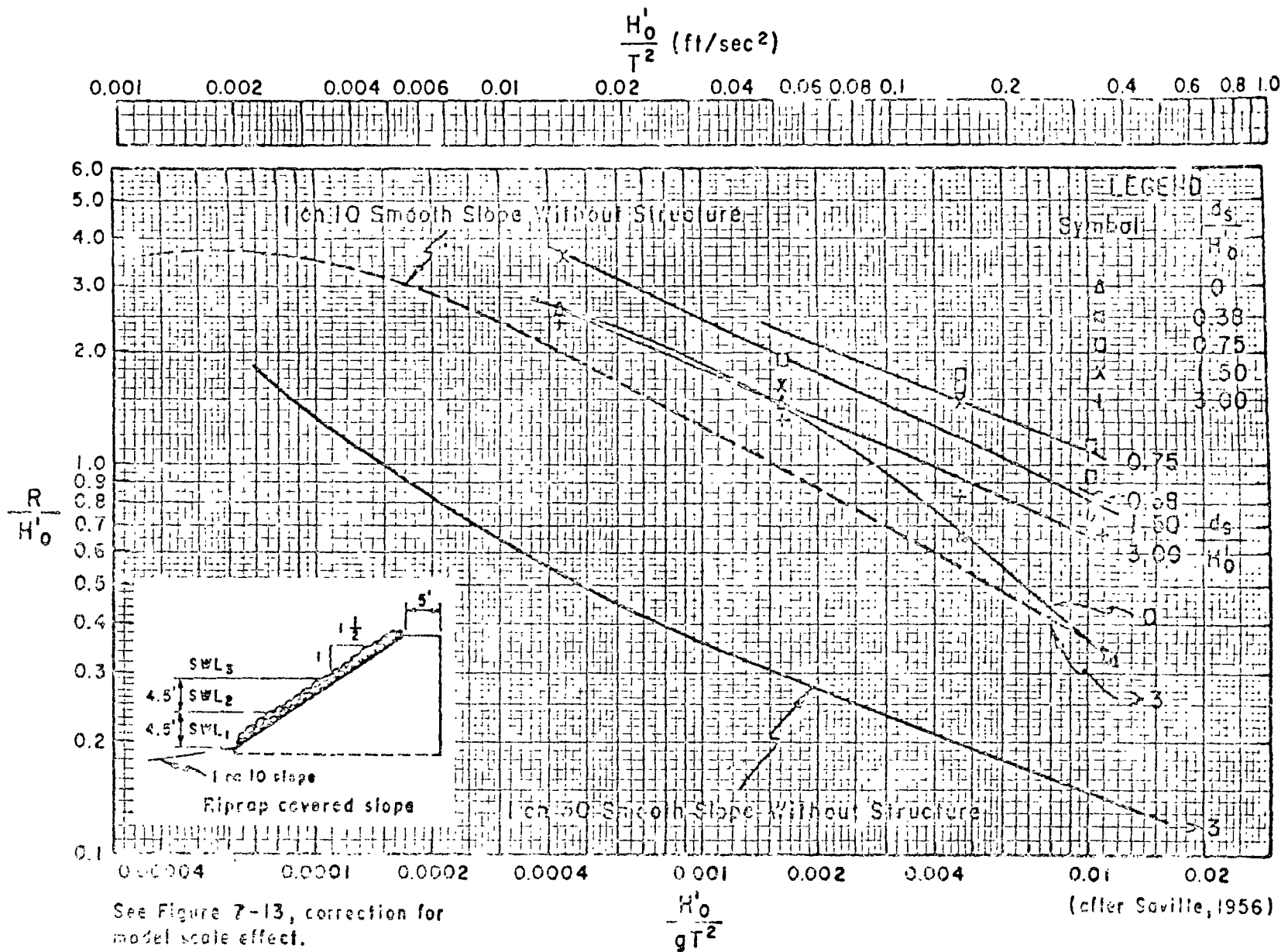


FIG. 21 RUN UP EN ENROCAMIENTO CON TALUD 1:1.5 VS. $\frac{H_o^1}{gT^2}$

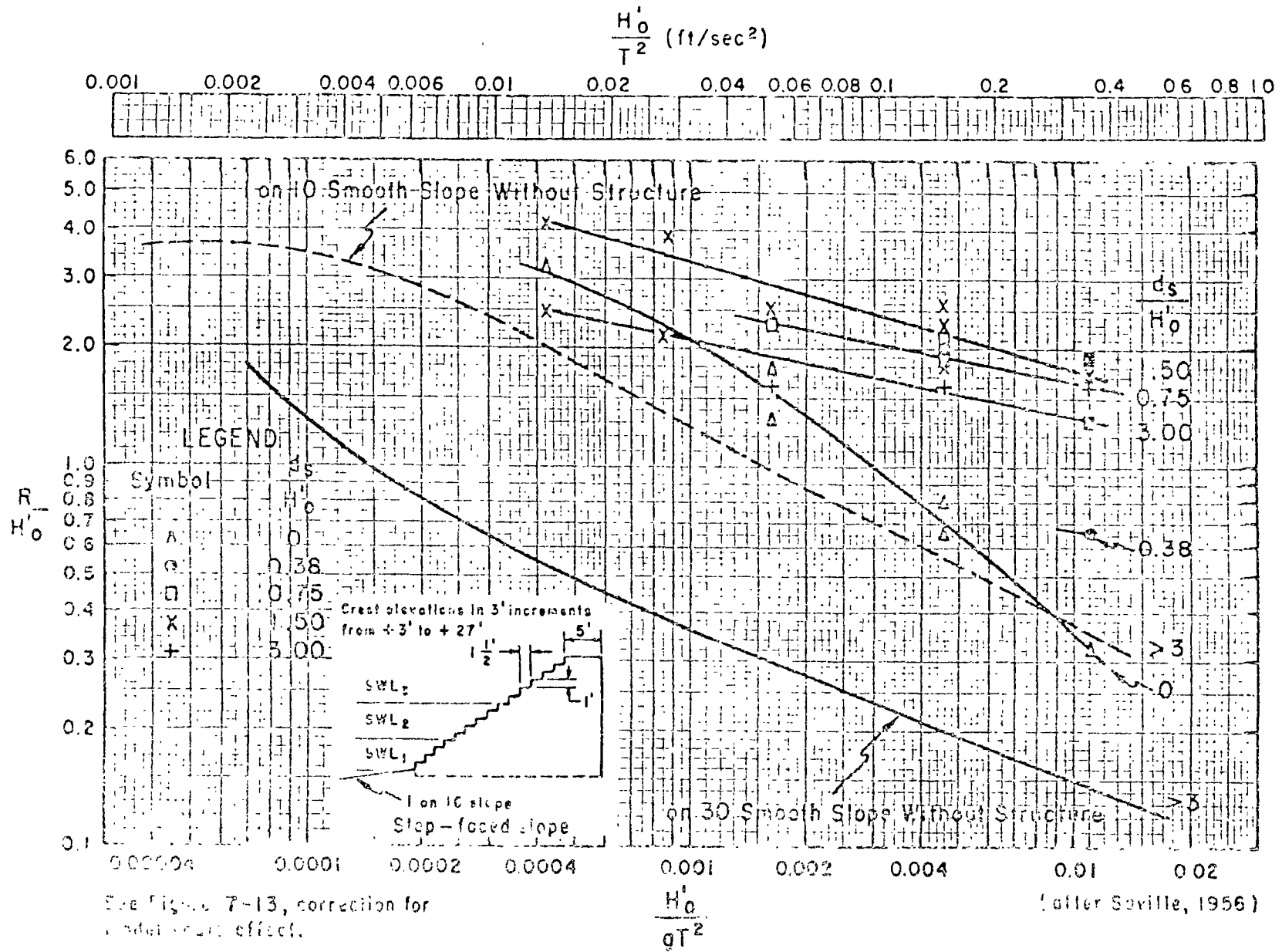


FIG. 22 RUN UP EN PENDIENTE ESCALONADA 1: 1.5 VS. H_o'/gT^2

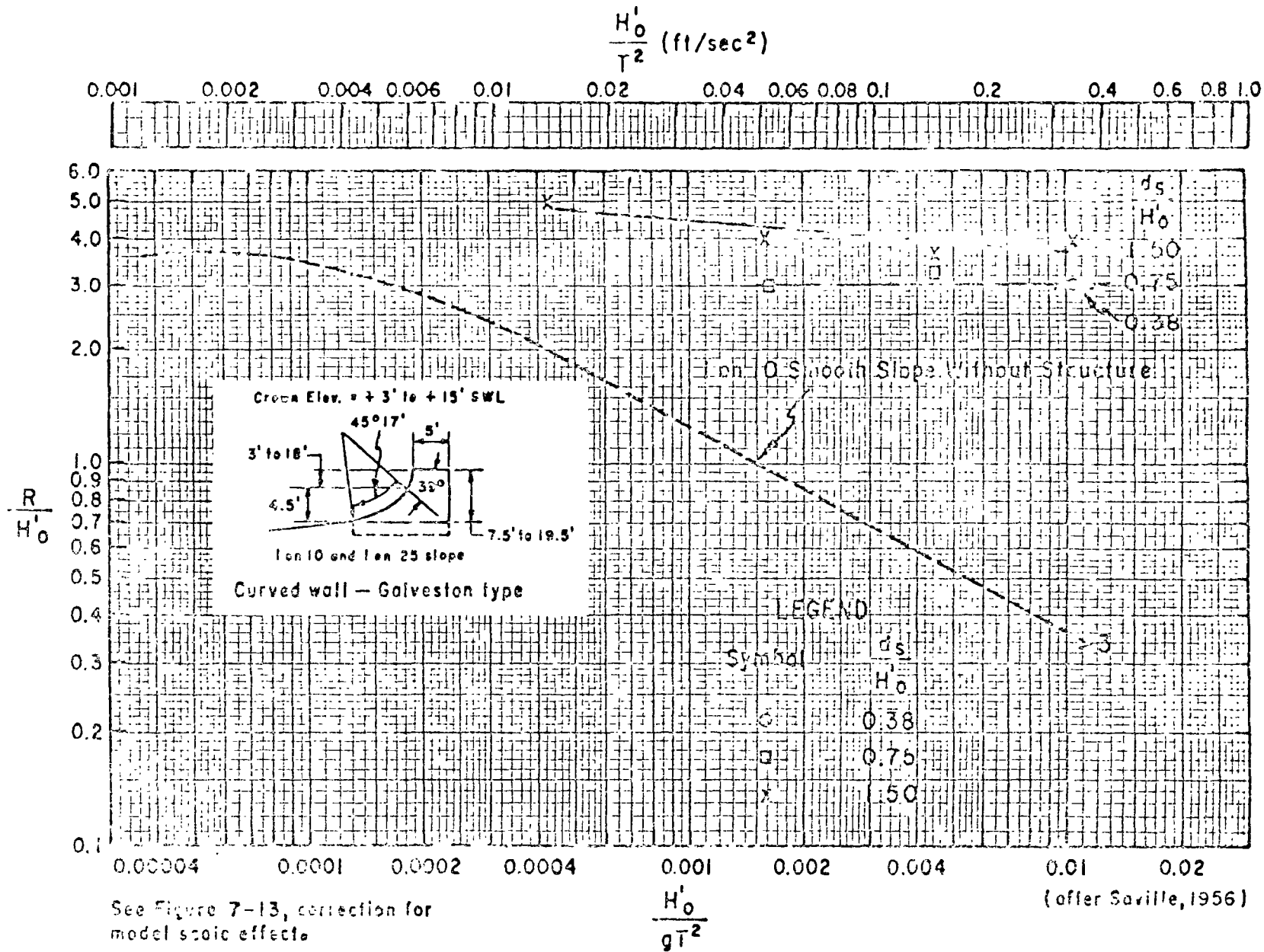


FIG.23 RUN UP EN UN MURO DE MAR VS. $\frac{H_o'}{gT^2}$

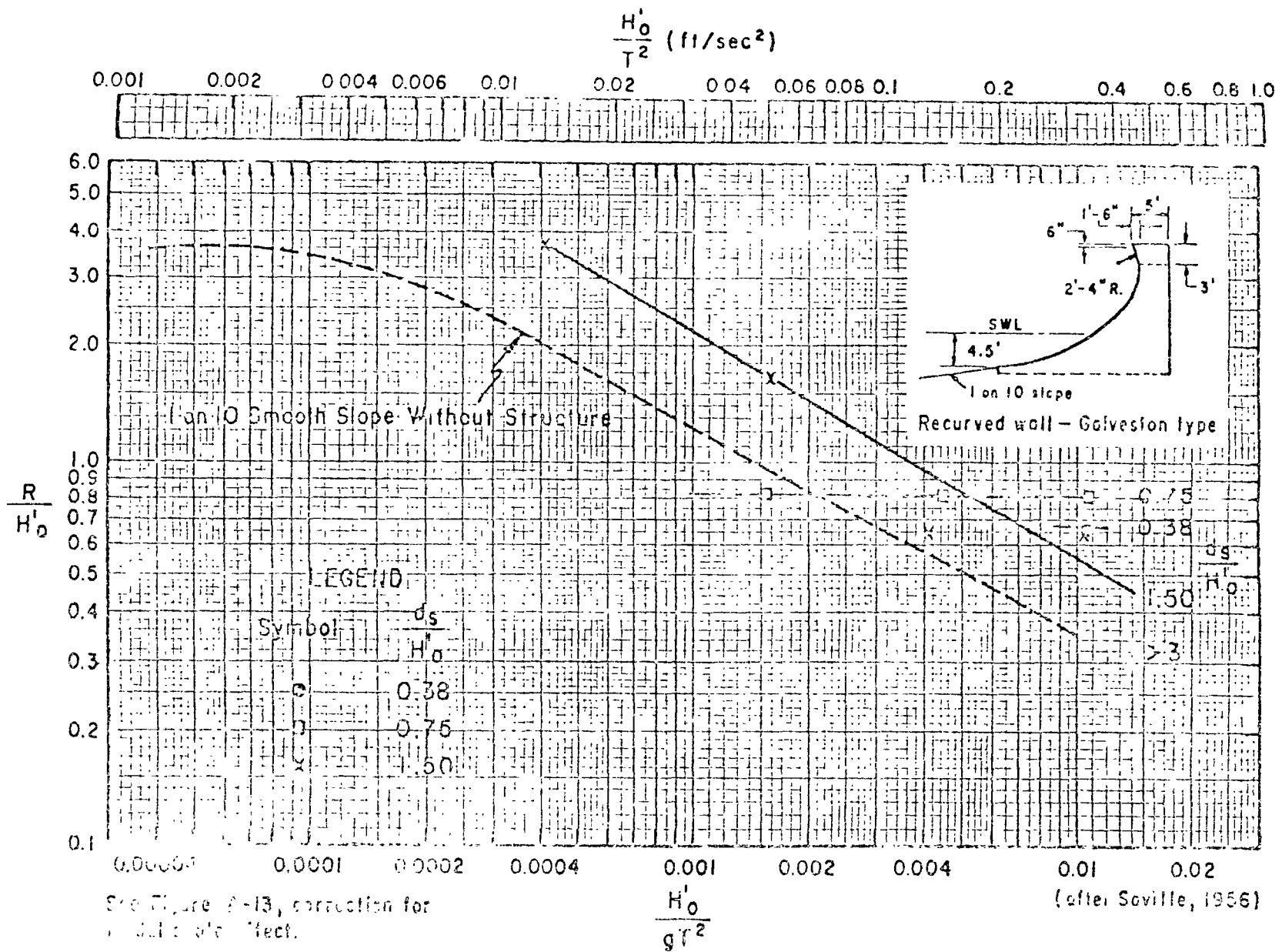


FIG. 24 RUN UP EN UN MURO DE MAR TIPO GALVESTON VS. $\frac{H_0^i}{gT^2}$

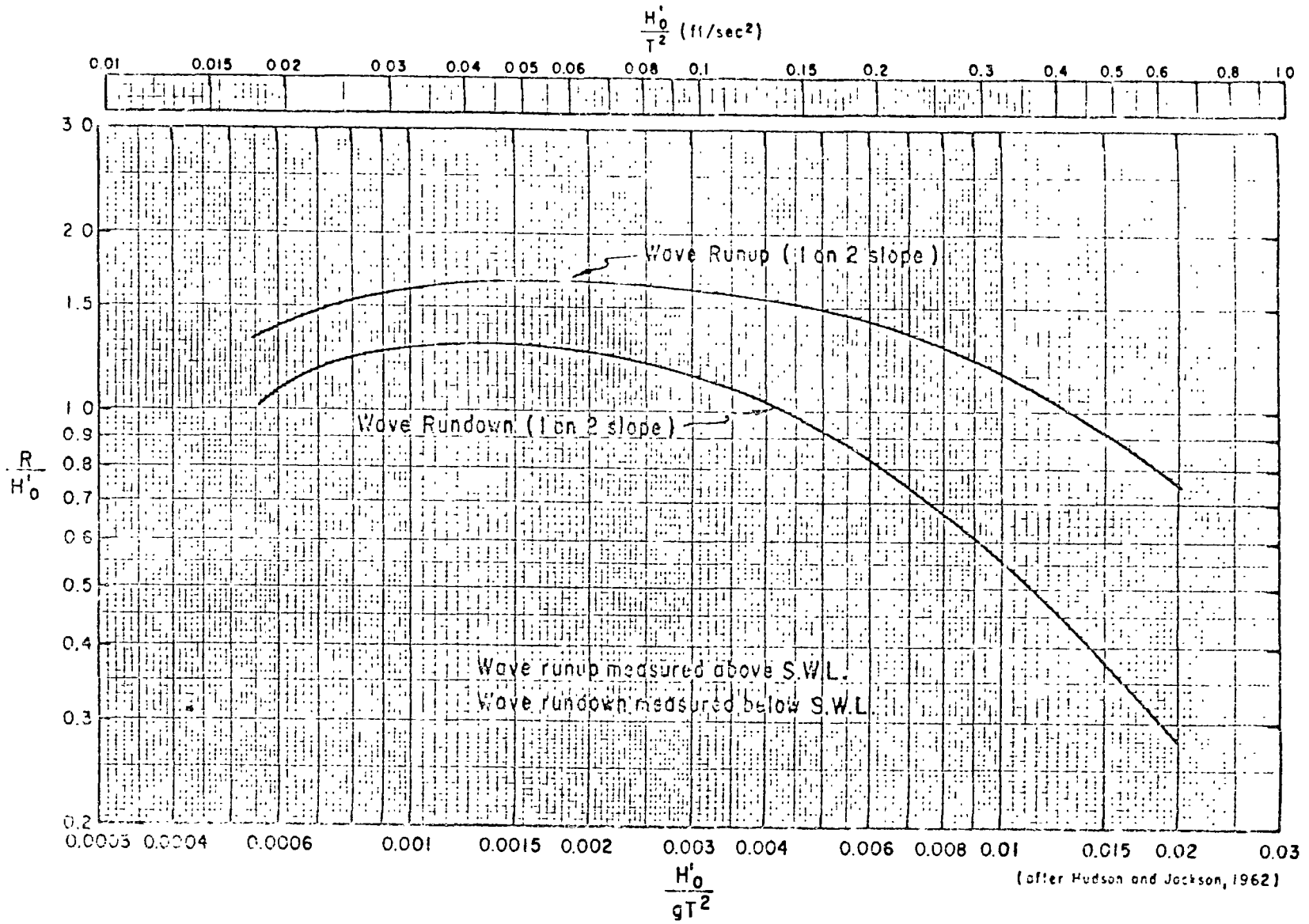


FIG.25 RUN UP Y ESCURRIMIENTO EN ENROCAMIENTO GRADUADO, PENDIENTE 1:2 VS. $\frac{H_o}{gT^2}$

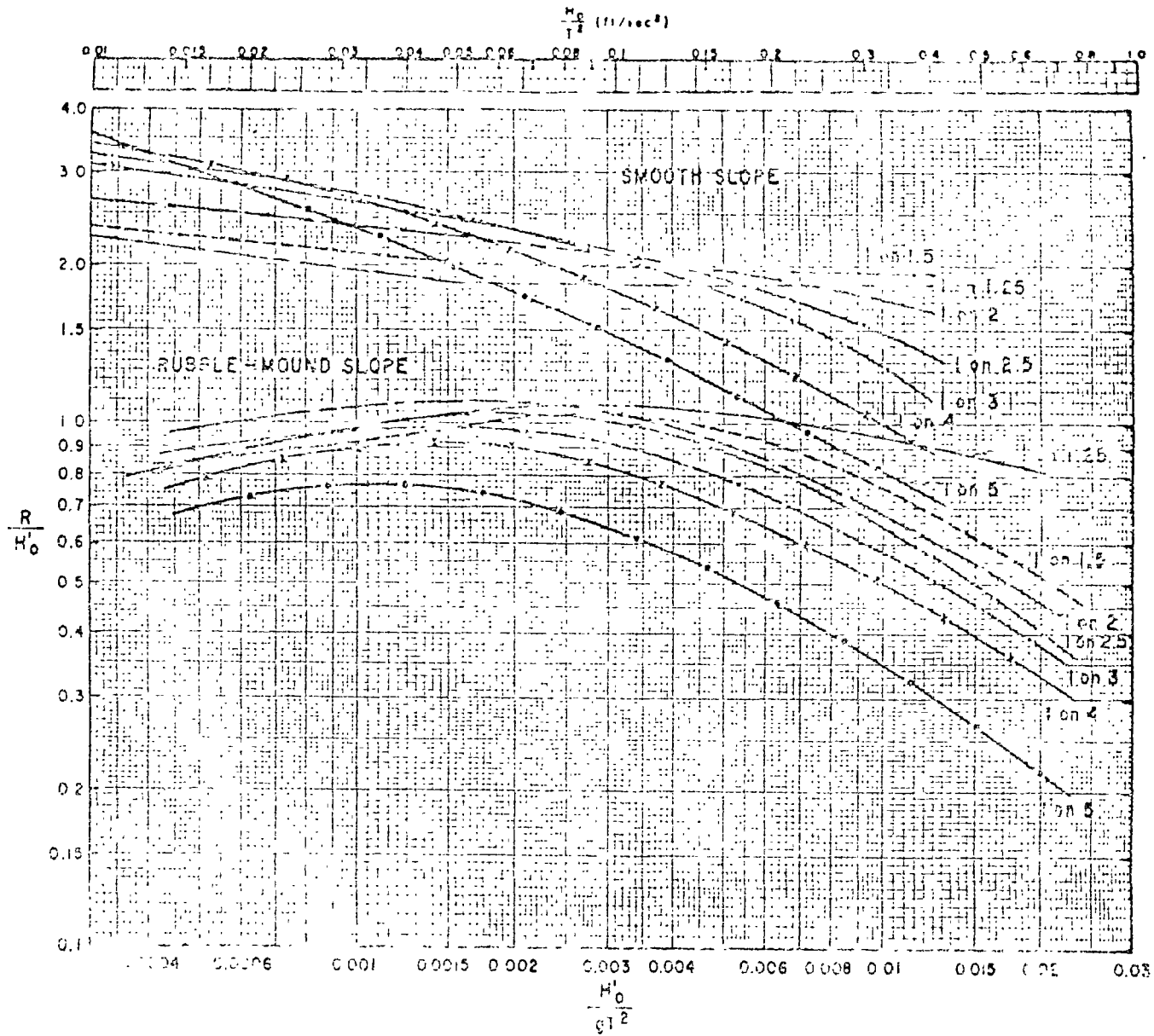
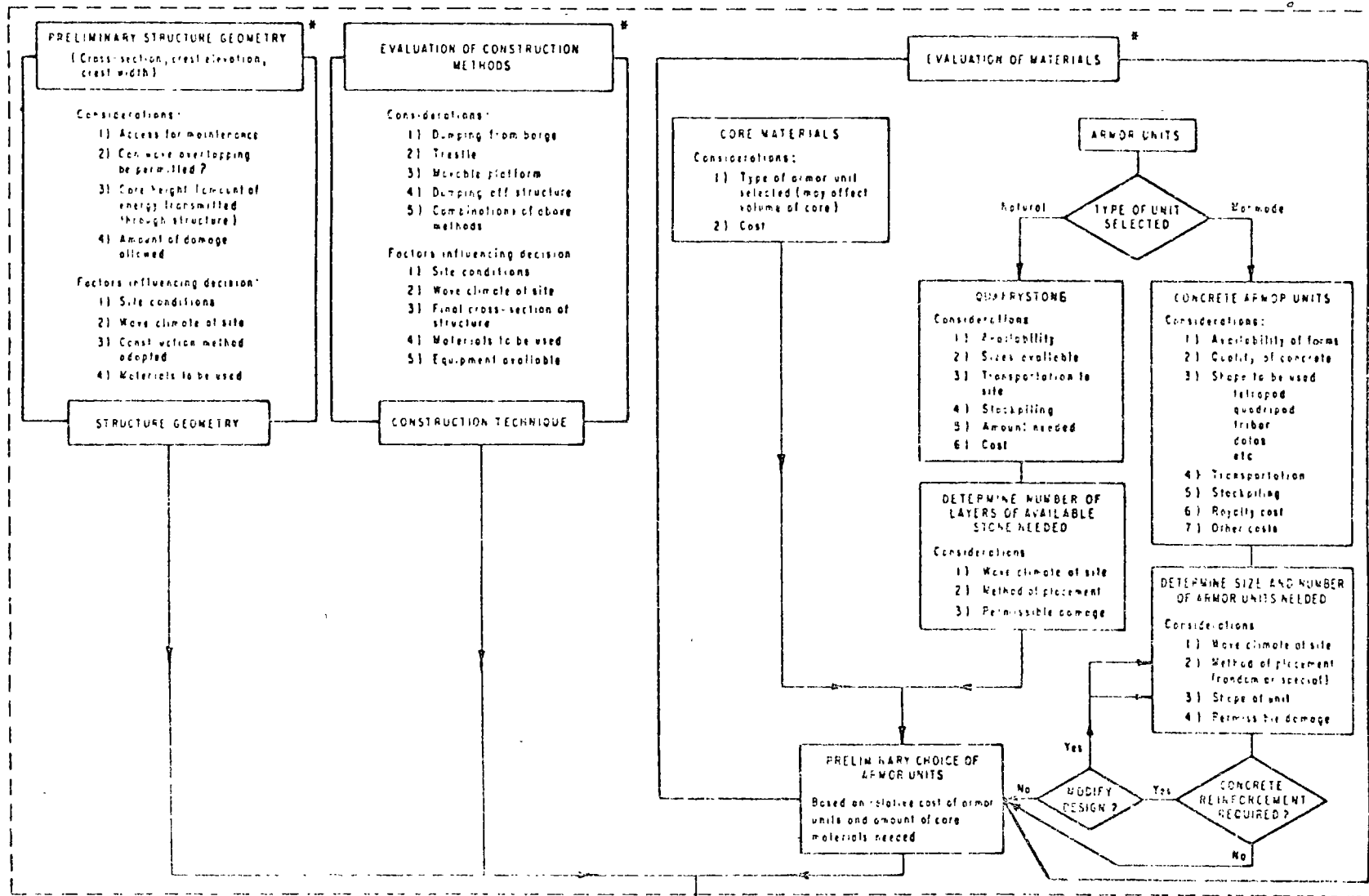


FIG.26 COMPARACION DE RUN UP EN PENDIENTES LISAS Y RUGOSAS (Datos para $d_s / H_0 \geq 73.0$)



* NOTE: Three phases of preliminary design are highly interrelated and partially must be performed concurrently.

FIG. 27 DIAGRAMA DE FLUJO PARA DISEÑO PRELIMINAR DE ESTRUCTURA DE ENROCAMIENTO A TALUD.

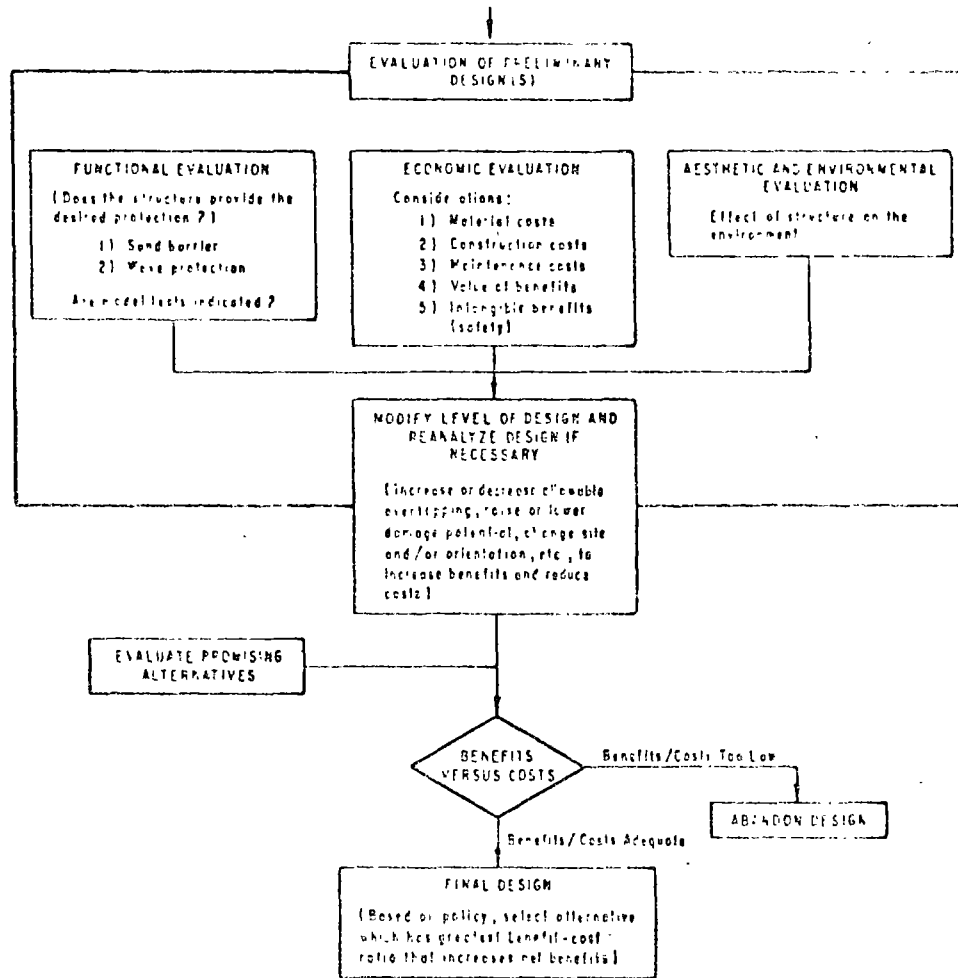


FIG.28 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA EVALUACION DEL DISEÑO PRELIMINAR.

TABLA 1 VALORES DE K_D RECOMENDADOS PARA DISEÑORecommended* Values of K_D for Design of Structure TrunkBreaking and Nonbreaking Waves, No-Damage and No-Overtopping Criteria

Unit	n	Placing Technique	K_D	
			Breaking Waves	Nonbreaking Waves
Smooth quarrystone	2	Random	2.1	2.4
Rough quarrystone	2	Random	3.5	4.0
Tetrapod	2	Random	7.2	8.3
Quadripod	2	Random	7.2	8.3
Tribar	2	Random	9.0	10.4
Tribar	1	Uniform	12.0	15.0
Dolos	2	Random	22.0**	25.0**

* Breaking-wave data are tentative and subject to change after more comprehensive ES 815 tests are completed.

** Tentative and subject to change after comprehensive ES 815 tests are completed. A few preliminary ES 815 tests, conducted in 1971, indicated that K_D for dolosse on steep slopes may be limited by slope failure rather than damage to the armor-unit cover layer. Therefore, a sea-side slope steeper than $\cot \alpha = 2.0$ is not recommended at this time.

Recommended* Values of K_D for Design of Structure Headn = 2, Random Placing Technique, No-Damage and No-Overtopping Criteria

Unit**	cot α	K_D	
		Breaking Waves	Nonbreaking Waves
Smooth quarrystone	1.5-3.0	1.7	1.9
Rough quarrystone	1.5	2.9	3.2
Rough quarrystone	2.0	2.5	2.8
Rough quarrystone	3.0	2.0	2.3
Tetrapod and quadripod	1.5	5.9	6.6
Tetrapod and quadripod	2.0	5.5	6.1
Tetrapod and quadripod	3.0	4.0	4.4
Tribar	1.5	8.3	9.0
Tribar	2.0	7.8	8.5
Tribar	3.0	7.0	7.7
Dolos	2.0	15.0	16.5
Dolos	3.0	13.5	15.0

* Tentative and subject to change after comprehensive ES 815 tests are completed.

** No data presently available for other armor units.

TABLA 2 TIPOS DE ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADOS

Name of Unit	Development of Unit		U. S. Patent Number	Reference Number
	Country	Year		
Akmon	Netherlands	1962	None	23
Bipod	Netherlands	1962	None	23
Cob	England	1969	None	24
Cube*	--	--	None	8
<u>Cube (modified)</u>	USA	1959	None	12
<u>Dolos</u>	Rep. So. Africa	1963	None	13
Dom	Mexico	1970	(?)	--
Gassho block	Japan	1967	None	25
Grobbelaar block	Rep. So. Africa	1957	None	26
Hexaleg block	Japan	(?)	None	27
<u>Hexapod</u>	USA	1959	None	12
Hollow square	Japan	1960	3,176,468	25,28
Hollow tetrahedron	Japan	1959	None	25,24,29
Interlocking H-block	USA	1958	None	30
N-shaped block	Japan	1960	3,176,468	25,28
<u>Pelican stool</u>	USA	1960	None	15
<u>Quadripod</u>	USA	1959	None**	12
<u>Rectangular block*</u>	--	--	None	16
Stabit	England	1961	None	17
Stabilopod	Rumania	1965	None	31
<u>Sta-Bar</u>	USA	1966	3,636,713	32
<u>Sta-Pod</u>	USA	1966	3,399,535	32
Stolk cube	Netherlands	1965	3,548,600	33
Svee block	Norway	1961	3,210,944	34
<u>Tetrahedron (solid)</u>	USA	1942	None	12
<u>Tetrahedron (perforated)</u>	USA	1959	None	12
<u>Tetrapod</u>	France	1950	2,766,592	9,12
Toskane	Rep. So. Africa	1966	None	26
<u>Tribar</u>	USA	1958	2,909,037†	12,35
Trigon	USA	1962	(?)	--
<u>Tri-long</u>	USA	1968	None	36
Tripod	Netherlands	1962	None	23

* Cubes and rectangular blocks are known to have been used in masonry type breakwaters since early Roman times, and in rubble-mound breakwaters during the last two centuries. The cube was tested at WES as early as 1943.

** Patent for tetrapods applies also to quadripods.

† Royalty free to agencies of U. S. Government.

The underscored units have been tested, some extensively, at WES.

TABLA 3 VALORES DE K_D RECOMENDADO CUANDO SE PERMITE UN PORCENTAJE DE DAÑO

Recommended Values of K_D for Design of Structure Trunk When Some Damage
to Structure Can Be Allowed; $n = 2$, Random Placing Technique,
Nonbreaking Waves*

Unit	D, Percent					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Smooth quarrrystone						
H/H_{DW}	1.00	1.08	1.19	1.29	1.41	1.54
K_D	2.4	3.0	4.0	5.1	6.7	8.7
Rough quarrrystone						
H/H_{DW}	1.00	1.08	1.23	1.37	1.47	
K_D	4.0	4.9	7.3	10.0	12.4	
Quadripod and tetrapod						
H/H_{DW}	1.00	1.09	1.21	1.32	1.41	1.50
K_D	8.3	10.8	14.5	19.2	23.4	27.8
Tribar						
H/H_{DW}	1.00	1.11	1.30	1.50	1.59	
K_D	10.4	14.2	22.8	35.2	41.8	
Dolos	(No data presently available)					

* See paragraph 14.

Table C-1. Functions of d/L for Even Increments of d/L₀. (from 0.0001 to 1.000)

d/L ₀	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	W/λ ₀	K	kπ d/L	SINH kπ d/L	COSH kπ d/L	n	C ₀ /C _∞	M
0	0	0	0	0	1	∞	1	0	0	1	1	0	∞
.0001000	.003990	.02507	.02506	.02507	1.0003	4.467	.9997	.05014	.05016	1.001	.9998	.02506	7.855
.0002000	.007980	.05014	.05014	.05014	1.0006	3.757	.9994	.07091	.07097	1.003	.9996	.03543	3.928
.0003000	.01197	.07521	.07521	.07521	1.0009	3.395	.9991	.08665	.08669	1.004	.9994	.04336	2.620
.0004000	.01596	.09998	.09998	.09998	1.0013	3.160	.9987	.1003	.1005	1.005	.9992	.05007	1.965
.0005000	.01995	.12507	.12507	.12507	1.0016	2.989	.9984	.1122	.1124	1.006	.9990	.05596	1.572
.0006000	.02394	.15014	.15014	.15014	1.0019	2.856	.9981	.1229	.1232	1.008	.9983	.06128	1.311
.0007000	.02793	.17521	.17521	.17521	1.0022	2.749	.9978	.1327	.1331	1.009	.9985	.06617	1.124
.0008000	.03192	.20014	.20014	.20014	1.0025	2.659	.9975	.1419	.1424	1.010	.9983	.07072	983.5
.0009000	.03591	.22507	.22507	.22507	1.0028	2.582	.9972	.1505	.1511	1.011	.9981	.07499	874.3
.001000	.03990	.25000	.25000	.25000	1.0032	2.515	.9969	.1587	.1594	1.013	.9979	.07902	787.0
.001100	.04389	.27493	.27493	.27493	1.0035	2.456	.9966	.1665	.1672	1.014	.9977	.08285	715.6
.001200	.04788	.30000	.30000	.30000	1.0038	2.404	.9962	.1739	.1748	1.015	.9975	.08651	656.1
.001300	.05187	.32493	.32493	.32493	1.0041	2.357	.9959	.1810	.1820	1.016	.9973	.08990	605.8
.001400	.05586	.35000	.35000	.35000	1.0044	2.314	.9956	.1879	.1890	1.018	.9971	.09338	562.6
.001500	.05985	.37493	.37493	.37493	1.0047	2.275	.9953	.1945	.1957	1.019	.9969	.09663	525
.001600	.06384	.40000	.40000	.40000	1.0051	2.239	.9949	.2009	.2022	1.020	.9967	.09977	493
.001700	.06783	.42493	.42493	.42493	1.0054	2.205	.9946	.2071	.2086	1.022	.9965	.1028	463
.001800	.07182	.45000	.45000	.45000	1.0057	2.174	.9943	.2131	.2147	1.023	.9962	.1058	438
.001900	.07581	.47493	.47493	.47493	1.0060	2.145	.9940	.2190	.2207	1.024	.9960	.1087	415
.002000	.07980	.50000	.50000	.50000	1.0063	2.119	.9937	.2247	.2266	1.025	.9958	.1114	394
.002100	.08379	.52493	.52493	.52493	1.0066	2.094	.9934	.2303	.2323	1.027	.9956	.1141	376
.002200	.08778	.55000	.55000	.55000	1.0069	2.070	.9931	.2357	.2378	1.028	.9954	.1161	359
.002300	.09177	.57493	.57493	.57493	1.0073	2.047	.9928	.2410	.2433	1.029	.9952	.1191	343
.002400	.09576	.60000	.60000	.60000	1.0076	2.025	.9925	.2462	.2487	1.031	.9950	.1219	329
.002500	.09975	.62493	.62493	.62493	1.0079	2.005	.9922	.2513	.2540	1.032	.9948	.1243	316
.002600	.10374	.65000	.65000	.65000	1.0082	1.986	.9919	.2563	.2592	1.033	.9946	.1268	304
.002700	.10773	.67493	.67493	.67493	1.0085	1.967	.9916	.2612	.2642	1.034	.9944	.1292	292
.002800	.11172	.70000	.70000	.70000	1.0089	1.950	.9912	.2661	.2692	1.036	.9942	.1315	282
.002900	.11571	.72493	.72493	.72493	1.0092	1.933	.9909	.2708	.2741	1.037	.9939	.1338	272
.003000	.11970	.75000	.75000	.75000	1.0095	1.917	.9906	.2755	.2790	1.038	.9937	.1360	263
.003100	.12369	.77493	.77493	.77493	1.0098	1.902	.9903	.2800	.2837	1.040	.9935	.1382	255
.003200	.12768	.80000	.80000	.80000	1.0101	1.887	.9900	.2845	.2884	1.041	.9933	.1404	247
.003300	.13167	.82493	.82493	.82493	1.0104	1.873	.9897	.2890	.2930	1.042	.9931	.1425	240
.003400	.13566	.85000	.85000	.85000	1.0108	1.860	.9893	.2934	.2976	1.043	.9929	.1446	233
.003500	.13965	.87493	.87493	.87493	1.0111	1.847	.9890	.2977	.3021	1.045	.9927	.1466	226
.003600	.14364	.90000	.90000	.90000	1.0114	1.834	.9887	.3020	.3065	1.046	.9925	.1487	220
.003700	.14763	.92493	.92493	.92493	1.0117	1.822	.9884	.3061	.3109	1.047	.9923	.1507	214
.003800	.15162	.95000	.95000	.95000	1.0121	1.810	.9881	.3103	.3153	1.049	.9921	.1527	208
.003900	.15561	.97493	.97493	.97493	1.0124	1.799	.9878	.3144	.3196	1.050	.9919	.1546	203
.004000	.15960	.10000	.15960	.15960	1.0127	1.788	.9875	.3184	.3238	1.051	.9917	.1565	198
.004100	.16359	.12493	.16359	.16359	1.0130	1.777	.9872	.3224	.3280	1.052	.9915	.1584	193
.004200	.16758	.15000	.16758	.16758	1.0133	1.767	.9869	.3263	.3322	1.054	.9912	.1602	189
.004300	.17157	.17493	.17157	.17157	1.0137	1.756	.9865	.3302	.3362	1.055	.9910	.1621	184
.004400	.17556	.20000	.17556	.17556	1.0140	1.746	.9862	.3341	.3403	1.056	.9908	.1640	180
.004500	.17955	.22493	.17955	.17955	1.0143	1.737	.9859	.3380	.3444	1.058	.9906	.1658	176
.004600	.18354	.25000	.18354	.18354	1.0146	1.727	.9856	.3417	.3483	1.059	.9904	.1676	172
.004700	.18753	.27493	.18753	.18753	1.0149	1.718	.9853	.3454	.3523	1.060	.9902	.1693	169
.004800	.19152	.30000	.19152	.19152	1.0153	1.709	.9849	.3491	.3562	1.062	.9900	.1711	165
.004900	.19551	.32493	.19551	.19551	1.0156	1.701	.9846	.3527	.3601	1.063	.9898	.1728	162
.005000	.19950	.35000	.19950	.19950	1.0159	1.692	.9843	.3564	.3640	1.064	.9896	.1746	159
.005100	.20349	.37493	.20349	.20349	1.0162	1.684	.9840	.3599	.3678	1.066	.9894	.1762	156
.005200	.20748	.40000	.20748	.20748	1.0165	1.676	.9837	.3635	.3715	1.067	.9892	.1779	153
.005300	.21147	.42493	.21147	.21147	1.0169	1.669	.9834	.3670	.3753	1.068	.9889	.1795	150
.005400	.21546	.45000	.21546	.21546	1.0172	1.662	.9831	.3705	.3790	1.069	.9887	.1811	147
.005500	.21945	.47493	.21945	.21945	1.0175	1.654	.9828	.3739	.3827	1.071	.9885	.1827	145
.005600	.22344	.50000	.22344	.22344	1.0178	1.647	.9825	.3774	.3864	1.072	.9883	.1843	142
.005700	.22743	.52493	.22743	.22743	1.0182	1.640	.9822	.3808	.3900	1.073	.9881	.1859	140
.005800	.23142	.55000	.23142	.23142	1.0185	1.633	.9818	.3841	.3937	1.075	.9879	.1874	137
.005900	.23541	.57493	.23541	.23541	1.0188	1.626	.9815	.3875	.3972	1.076	.9877	.1890	135

*Also: w_3/a_3 , C/C_0 , L/L_0

Table C-1 -- Continued

d/L _o	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H _o	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	C _G /C _o	M
.006000	.03110	.1954	.1929	.1967	1.0192	1.620	.9812	.3908	.4008	1.077	.9875	.1905	133
.006100	.03126	.1970	.1945	.1983	1.0195	1.614	.9809	.3941	.4044	1.079	.9873	.1920	130
.006200	.03162	.1987	.1961	.2000	1.0198	1.607	.9806	.3973	.4079	1.080	.9871	.1935	128
.006300	.03188	.2003	.1976	.2016	1.0201	1.601	.9803	.4006	.4114	1.081	.9869	.1950	126
.006400	.03213	.2019	.1992	.2033	1.0205	1.595	.9799	.4038	.4148	1.083	.9867	.1965	124
.006500	.03238	.2035	.2007	.2049	1.0208	1.589	.9796	.4070	.4183	1.084	.9865	.1980	123
.006600	.03264	.2051	.2022	.2065	1.0211	1.583	.9793	.4101	.4217	1.085	.9863	.1994	121
.006700	.03289	.2066	.2037	.2081	1.0214	1.578	.9790	.4133	.4251	1.087	.9860	.2009	119
.006800	.03313	.2082	.2052	.2097	1.0217	1.572	.9787	.4164	.4285	1.088	.9858	.2023	117
.006900	.03338	.2097	.2067	.2113	1.0221	1.567	.9784	.4195	.4319	1.089	.9856	.2037	116
.007000	.03362	.2113	.2082	.2128	1.0224	1.561	.9781	.4225	.4352	1.091	.9854	.2051	114
.007100	.03387	.2128	.2096	.2144	1.0227	1.556	.9778	.4255	.4386	1.092	.9852	.2065	112
.007200	.03411	.2143	.2111	.2160	1.0231	1.551	.9774	.4286	.4419	1.093	.9850	.2079	111
.007300	.03435	.2158	.2125	.2175	1.0234	1.546	.9771	.4316	.4452	1.095	.9848	.2093	109
.007400	.03459	.2173	.2139	.2190	1.0237	1.541	.9768	.4346	.4484	1.096	.9846	.2106	108
.007500	.03482	.2188	.2154	.2205	1.0240	1.536	.9765	.4376	.4517	1.097	.9844	.2120	106
.007600	.03506	.2203	.2168	.2221	1.0244	1.531	.9762	.4406	.4549	1.099	.9842	.2134	105
.007700	.03529	.2218	.2182	.2236	1.0247	1.526	.9759	.4435	.4582	1.100	.9840	.2147	104
.007800	.03552	.2232	.2196	.2251	1.0250	1.521	.9756	.4464	.4614	1.101	.9838	.2160	102
.007900	.03576	.2247	.2209	.2265	1.0253	1.517	.9753	.4493	.4646	1.103	.9836	.2173	101
.008000	.03598	.2261	.2225	.2280	1.0257	1.512	.9750	.4522	.4678	1.104	.9834	.2186	100
.008100	.03621	.2275	.2237	.2295	1.0260	1.508	.9747	.4551	.4709	1.105	.9832	.2199	98.6
.008200	.03644	.2290	.2250	.2310	1.0263	1.503	.9744	.4579	.4741	1.107	.9830	.2212	97.5
.008300	.03666	.2304	.2264	.2324	1.0266	1.499	.9741	.4607	.4772	1.108	.9827	.2225	96.3
.008400	.03689	.2318	.2277	.2338	1.0270	1.495	.9737	.4636	.4803	1.109	.9825	.2237	95.2
.008500	.03711	.2332	.2290	.2353	1.0273	1.491	.9734	.4664	.4834	1.111	.9823	.2250	94.1
.008600	.03733	.2346	.2303	.2367	1.0276	1.487	.9731	.4691	.4865	1.112	.9821	.2262	93.0
.008700	.03755	.2360	.2317	.2381	1.0280	1.482	.9728	.4719	.4896	1.113	.9819	.2275	91.9
.008800	.03777	.2373	.2330	.2396	1.0283	1.478	.9725	.4747	.4927	1.115	.9817	.2287	90.9
.008900	.03799	.2387	.2343	.2410	1.0286	1.474	.9722	.4774	.4957	1.116	.9815	.2300	89.9
.009000	.03821	.2401	.2356	.2424	1.0290	1.471	.9718	.4801	.4988	1.118	.9813	.2312	88.9
.009100	.03842	.2414	.2368	.2438	1.0293	1.467	.9715	.4828	.5018	1.119	.9811	.2324	88.0
.009200	.03864	.2428	.2381	.2452	1.0296	1.463	.9712	.4855	.5049	1.120	.9809	.2336	87.1
.009300	.03885	.2441	.2394	.2465	1.0299	1.459	.9709	.4882	.5079	1.122	.9807	.2348	86.1
.009400	.03906	.2455	.2407	.2479	1.0303	1.455	.9706	.4909	.5109	1.123	.9805	.2360	85.2
.009500	.03928	.2468	.2419	.2493	1.0306	1.452	.9703	.4936	.5138	1.124	.9803	.2371	84.3
.009600	.03949	.2481	.2431	.2507	1.0309	1.448	.9700	.4962	.5168	1.126	.9801	.2383	83.5
.009700	.03970	.2494	.2443	.2520	1.0313	1.445	.9697	.4988	.5198	1.127	.9799	.2394	82.7
.009800	.03990	.2507	.2456	.2534	1.0316	1.442	.9694	.5014	.5227	1.128	.9797	.2406	81.8
.009900	.04011	.2520	.2468	.2547	1.0319	1.438	.9691	.5040	.5257	1.130	.9794	.2417	81.0
.01000	.04032	.2533	.2480	.2560	1.0322	1.435	.9688	.5066	.5286	1.131	.9792	.2429	80.2
.01100	.04233	.2660	.2598	.2691	1.0356	1.403	.9656	.5319	.5574	1.145	.9772	.2539	73.1
.01200	.04426	.2781	.2711	.2817	1.0389	1.375	.9625	.5562	.5853	1.159	.9751	.2643	67.1
.01300	.04612	.2898	.2820	.2938	1.0423	1.350	.9594	.5795	.6125	1.173	.9731	.2743	62.1
.01400	.04791	.3010	.2924	.3056	1.0456	1.327	.9564	.6020	.6391	1.187	.9710	.2838	57.8
.01500	.04964	.3119	.3022	.3170	1.0490	1.307	.9533	.6238	.6651	1.201	.9690	.2928	54.0
.01600	.05132	.3225	.3117	.3281	1.0524	1.288	.9502	.6450	.6906	1.215	.9670	.3014	50.8
.01700	.05296	.3328	.3209	.3389	1.0559	1.271	.9471	.6655	.7158	1.230	.9649	.3096	47.9
.01800	.05455	.3428	.3298	.3495	1.0593	1.255	.9440	.6856	.7405	1.244	.9639	.3176	45.3
.01900	.05611	.3525	.3386	.3599	1.0628	1.240	.9409	.7051	.7650	1.259	.9609	.3253	43.0
.02000	.05763	.3621	.3470	.3701	1.0663	1.226	.9378	.7242	.7891	1.274	.9589	.3327	41.0
.02100	.05912	.3714	.3552	.3800	1.0698	1.213	.9348	.7429	.8131	1.289	.9568	.3399	39.1
.02200	.06057	.3806	.3632	.3898	1.0733	1.201	.9317	.7612	.8368	1.304	.9548	.3468	37.4
.02300	.06200	.3896	.3710	.3995	1.0768	1.189	.9287	.7791	.8603	1.319	.9528	.3535	35.9
.02400	.06340	.3984	.3786	.4090	1.0804	1.178	.9256	.7967	.8837	1.335	.9508	.3600	34.4
.02500	.06478	.4070	.3860	.4184	1.0840	1.168	.9225	.8140	.9069	1.350	.9488	.3662	33.1
.02600	.06613	.4155	.3932	.4276	1.0876	1.159	.9195	.8310	.9310	1.366	.9468	.3722	31.9
.02700	.06747	.4239	.4002	.4367	1.0912	1.150	.9164	.8478	.9530	1.381	.9448	.3781	30.8
.02800	.06878	.4322	.4071	.4457	1.0949	1.141	.9133	.8643	.9760	1.397	.9428	.3838	29.8
.02900	.07007	.4403	.4138	.4546	1.0985	1.133	.9103	.8805	.9988	1.413	.9408	.3893	28.8

Table C-1 -- Continued

d/L ₀	d/L	2πd/L	TANH 2πd/L	SDRH 2πd/L	COSSH 2πd/L	H/H ₀	K	Lπd/L	SINH Lπd/L	CCOSH Lπd/L	n	C ₀ /C _∞	%
.09000	.1322	.8306	.6808	.9295	1.3653	.9422	.7324	1.661	2.538	2.728	.8273	.5632	10.65
.09100	.1331	.8363	.6838	.9372	1.3706	.9411	.7296	1.672	2.568	2.756	.8255	.5615	10.55
.09200	.1340	.8420	.6868	.9450	1.3755	.9401	.7268	1.684	2.599	2.785	.8238	.5658	10.46
.09300	.1349	.8474	.6897	.9525	1.3810	.9391	.7241	1.695	2.630	2.814	.8221	.5670	10.37
.09400	.1357	.8528	.6925	.9600	1.3862	.9381	.7214	1.706	2.662	2.843	.8204	.5682	10.29
.09500	.1366	.8583	.6953	.9677	1.3917	.9371	.7186	1.717	2.693	2.873	.8187	.5693	10.21
.09600	.1375	.8639	.6982	.9755	1.3970	.9362	.7158	1.728	2.726	2.903	.8170	.5704	10.12
.09700	.1384	.8694	.7011	.9832	1.4023	.9353	.7131	1.739	2.757	2.933	.8153	.5716	10.04
.09800	.1392	.8749	.7039	.9908	1.4077	.9344	.7104	1.750	2.790	2.963	.8136	.5727	9.962
.09900	.1401	.8803	.7066	.9985	1.4131	.9335	.7076	1.761	2.822	2.994	.8120	.5737	9.884
.1000	.1410	.8858	.7093	1.006	1.4187	.9327	.7049	1.772	2.855	3.025	.8103	.5747	9.808
.1010	.1419	.8913	.7120	1.014	1.4242	.9319	.7022	1.783	2.888	3.057	.8086	.5757	9.734
.1020	.1427	.8967	.7147	1.022	1.4297	.9311	.6994	1.793	2.922	3.088	.8069	.5766	9.661
.1030	.1435	.9023	.7173	1.030	1.4354	.9304	.6967	1.805	2.956	3.121	.8052	.5776	9.590
.1040	.1445	.9076	.7200	1.037	1.4410	.9297	.6940	1.815	2.990	3.153	.8036	.5785	9.519
.1050	.1453	.9130	.7226	1.045	1.4465	.9290	.6913	1.826	3.024	3.185	.8019	.5794	9.451
.1060	.1462	.9184	.7252	1.053	1.4523	.9282	.6886	1.837	3.059	3.218	.8003	.5803	9.384
.1070	.1470	.9239	.7277	1.061	1.4580	.9276	.6859	1.848	3.094	3.251	.7986	.5812	9.318
.1080	.1479	.9293	.7303	1.069	1.4638	.9269	.6833	1.858	3.128	3.284	.7970	.5820	9.254
.1090	.1488	.9343	.7327	1.076	1.4692	.9263	.6806	1.869	3.164	3.319	.7954	.5828	9.191
.1100	.1496	.9400	.7352	1.085	1.4752	.9257	.6779	1.880	3.201	3.353	.7937	.5836	9.129
.1110	.1505	.9456	.7377	1.093	1.4811	.9251	.6752	1.891	3.237	3.388	.7920	.5843	9.068
.1120	.1513	.9508	.7402	1.101	1.4871	.9245	.6725	1.902	3.274	3.423	.7904	.5850	9.009
.1130	.1522	.9563	.7426	1.109	1.4932	.9239	.6697	1.913	3.312	3.459	.7888	.5857	8.950
.1140	.1530	.9616	.7450	1.117	1.4990	.9234	.6672	1.923	3.348	3.494	.7872	.5864	8.891
.1150	.1539	.9670	.7474	1.125	1.5051	.9228	.6645	1.934	3.385	3.530	.7856	.5871	8.835
.1160	.1547	.9720	.7497	1.133	1.5108	.9223	.6619	1.944	3.423	3.566	.7840	.5878	8.780
.1170	.1556	.9775	.7520	1.141	1.5171	.9218	.6592	1.955	3.462	3.603	.7824	.5884	8.726
.1180	.1564	.9827	.7543	1.149	1.5230	.9214	.6566	1.966	3.501	3.641	.7808	.5890	8.673
.1190	.1573	.9882	.7566	1.157	1.5293	.9209	.6539	1.977	3.540	3.678	.7792	.5896	8.621
.1200	.1581	.9936	.7589	1.165	1.5356	.9204	.6512	1.987	3.579	3.716	.7776	.5902	8.569
.1210	.1590	.9989	.7612	1.174	1.5418	.9200	.6486	1.998	3.620	3.755	.7760	.5907	8.518
.1220	.1598	1.004	.7634	1.182	1.5479	.9196	.6460	2.008	3.659	3.793	.7745	.5913	8.468
.1230	.1607	1.010	.7656	1.190	1.5546	.9192	.6433	2.019	3.699	3.832	.7729	.5918	8.419
.1240	.1615	1.015	.7678	1.198	1.5605	.9189	.6407	2.030	3.740	3.871	.7713	.5922	8.371
.1250	.1624	1.020	.7700	1.207	1.5674	.9186	.6381	2.041	3.782	3.912	.7698	.5926	8.324
.1260	.1632	1.025	.7721	1.215	1.5734	.9182	.6356	2.051	3.824	3.952	.7682	.5931	8.278
.1270	.1640	1.030	.7742	1.223	1.5795	.9178	.6331	2.061	3.865	3.992	.7667	.5936	8.233
.1280	.1649	1.036	.7763	1.231	1.5862	.9175	.6305	2.072	3.907	4.033	.7652	.5940	8.189
.1290	.1657	1.041	.7783	1.240	1.5927	.9172	.6279	2.082	3.950	4.074	.7637	.5944	8.146
.1300	.1665	1.046	.7804	1.248	1.5990	.9169	.6254	2.093	3.992	4.115	.7621	.5948	8.103
.1310	.1674	1.052	.7824	1.257	1.6060	.9166	.6228	2.104	4.036	4.156	.7606	.5951	8.061
.1320	.1682	1.057	.7844	1.265	1.6124	.9164	.6202	2.114	4.080	4.201	.7591	.5954	8.020
.1330	.1691	1.062	.7865	1.273	1.6191	.9161	.6176	2.125	4.125	4.245	.7575	.5958	7.978
.1340	.1699	1.068	.7885	1.282	1.6260	.9158	.6150	2.135	4.169	4.288	.7560	.5961	7.937
.1350	.1708	1.073	.7905	1.291	1.633	.9156	.6123	2.146	4.217	4.334	.7545	.5964	7.897
.1360	.1716	1.078	.7925	1.300	1.640	.9154	.6098	2.156	4.262	4.378	.7530	.5967	7.857
.1370	.1724	1.084	.7945	1.308	1.647	.9152	.6073	2.167	4.309	4.423	.7515	.5969	7.819
.1380	.1733	1.089	.7964	1.317	1.654	.9150	.6047	2.177	4.355	4.468	.7500	.5972	7.781
.1390	.1741	1.094	.7983	1.326	1.660	.9148	.6022	2.188	4.402	4.514	.7485	.5975	7.744
.1400	.1749	1.099	.8002	1.334	1.667	.9146	.5998	2.198	4.450	4.562	.7471	.5978	7.707
.1410	.1758	1.105	.8021	1.343	1.675	.9144	.5972	2.209	4.498	4.611	.7456	.5980	7.671
.1420	.1766	1.110	.8039	1.352	1.681	.9142	.5947	2.219	4.546	4.664	.7441	.5982	7.636
.1430	.1774	1.115	.8057	1.360	1.688	.9141	.5923	2.230	4.595	4.719	.7426	.5984	7.602
.1440	.1783	1.120	.8076	1.369	1.696	.9140	.5898	2.240	4.644	4.771	.7412	.5987	7.567
.1450	.1791	1.125	.8094	1.378	1.703	.9139	.5873	2.251	4.695	4.800	.7397	.5989	7.533
.1460	.1800	1.131	.8112	1.388	1.710	.9137	.5847	2.261	4.746	4.850	.7382	.5990	7.500
.1470	.1808	1.136	.8131	1.397	1.718	.9136	.5822	2.272	4.798	4.901	.7368	.5991	7.465
.1480	.1816	1.141	.8149	1.405	1.725	.9135	.5798	2.282	4.847	4.951	.7354	.5992	7.432
.1490	.1825	1.146	.8166	1.415	1.732	.9134	.5773	2.293	4.901	5.001	.7339	.5993	7.400

Table C-1 - Continued

d/L ₀	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H' °	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	C ₀ /C ₀₀	R
.1500	.1833	1.152	.8183	1.424	1.740	.9133	.5748	2.303	4.954	5.054	.7325	.5994	7.369
.1510	.1841	1.157	.8200	1.433	1.747	.9133	.5723	2.314	5.007	5.106	.7311	.5994	7.339
.1520	.1850	1.162	.8217	1.442	1.755	.9132	.5699	2.324	5.061	5.159	.7296	.5995	7.309
.1530	.1858	1.167	.8234	1.451	1.762	.9132	.5675	2.335	5.115	5.212	.7282	.5996	7.279
.1540	.1866	1.173	.8250	1.460	1.770	.9132	.5651	2.345	5.169	5.265	.7268	.5996	7.249
.1550	.1875	1.178	.8267	1.469	1.777	.9131	.5627	2.356	5.225	5.320	.7254	.5997	7.220
.1560	.1883	1.183	.8284	1.479	1.785	.9130	.5602	2.366	5.283	5.376	.7240	.5998	7.191
.1570	.1891	1.188	.8301	1.488	1.793	.9129	.5577	2.377	5.339	5.432	.7226	.5999	7.162
.1580	.1900	1.194	.8317	1.498	1.801	.9130	.5552	2.387	5.398	5.490	.7212	.5998	7.133
.1590	.1908	1.199	.8333	1.507	1.809	.9130	.5528	2.398	5.454	5.544	.7198	.5998	7.104
.1600	.1917	1.204	.8349	1.517	1.817	.9130	.5504	2.408	5.513	5.603	.7184	.5998	7.075
.1610	.1925	1.209	.8365	1.527	1.825	.9130	.5480	2.419	5.571	5.660	.7171	.5998	7.046
.1620	.1933	1.215	.8381	1.536	1.833	.9130	.5456	2.429	5.630	5.718	.7157	.5998	7.017
.1630	.1941	1.220	.8395	1.546	1.841	.9130	.5432	2.440	5.690	5.777	.7144	.5998	7.000
.1640	.1950	1.225	.8411	1.555	1.849	.9130	.5409	2.450	5.751	5.837	.7130	.5998	6.975
.1650	.1958	1.230	.8427	1.565	1.857	.9131	.5385	2.461	5.813	5.898	.7117	.5997	6.946
.1660	.1966	1.235	.8442	1.574	1.865	.9132	.5362	2.471	5.874	5.959	.7103	.5996	6.917
.1670	.1975	1.240	.8457	1.584	1.873	.9132	.5339	2.482	5.938	6.021	.7090	.5996	6.888
.1680	.1983	1.246	.8472	1.594	1.882	.9133	.5315	2.492	6.003	6.085	.7076	.5995	6.876
.1690	.1992	1.251	.8488	1.604	1.890	.9133	.5291	2.503	6.066	6.148	.7063	.5994	6.852
.1700	.2000	1.257	.8501	1.614	1.899	.9134	.5267	2.513	6.130	6.212	.7050	.5993	6.830
.1710	.2008	1.262	.8515	1.624	1.907	.9135	.5243	2.523	6.197	6.275	.7036	.5992	6.807
.1720	.2017	1.267	.8529	1.634	1.915	.9136	.5220	2.534	6.262	6.342	.7023	.5991	6.786
.1730	.2025	1.272	.8544	1.644	1.924	.9137	.5197	2.544	6.329	6.407	.7010	.5989	6.761
.1740	.2033	1.277	.8558	1.654	1.933	.9138	.5174	2.555	6.395	6.473	.6997	.5988	6.738
.1750	.2042	1.282	.8572	1.664	1.941	.9139	.5151	2.565	6.465	6.541	.6984	.5987	6.716
.1760	.2050	1.288	.8586	1.675	1.951	.9140	.5127	2.576	6.534	6.610	.6971	.5986	6.694
.1770	.2058	1.293	.8600	1.685	1.959	.9141	.5104	2.586	6.603	6.679	.6959	.5984	6.672
.1780	.2066	1.298	.8614	1.695	1.968	.9142	.5081	2.597	6.672	6.747	.6946	.5982	6.651
.1790	.2075	1.304	.8627	1.706	1.977	.9144	.5058	2.607	6.744	6.818	.6933	.5980	6.631
.1800	.2083	1.309	.8640	1.716	1.986	.9145	.5036	2.618	6.818	6.891	.6920	.5979	6.611
.1810	.2092	1.314	.8653	1.727	1.995	.9146	.5013	2.629	6.890	6.963	.6907	.5977	6.591
.1820	.2100	1.320	.8666	1.737	2.004	.9148	.4990	2.639	6.963	7.035	.6895	.5975	6.571
.1830	.2108	1.325	.8680	1.748	2.013	.9149	.4967	2.650	7.038	7.109	.6882	.5974	6.550
.1840	.2117	1.330	.8693	1.758	2.022	.9150	.4945	2.660	7.113	7.183	.6870	.5972	6.530
.1850	.2125	1.335	.8706	1.769	2.032	.9152	.4922	2.671	7.191	7.260	.6857	.5969	6.511
.1860	.2134	1.341	.8718	1.780	2.041	.9154	.4899	2.681	7.267	7.336	.6845	.5967	6.492
.1870	.2142	1.346	.8731	1.791	2.051	.9155	.4876	2.692	7.345	7.412	.6832	.5965	6.474
.1880	.2150	1.351	.8743	1.801	2.060	.9157	.4854	2.702	7.421	7.488	.6820	.5963	6.456
.1890	.2159	1.356	.8755	1.812	2.070	.9159	.4832	2.712	7.500	7.566	.6808	.5961	6.438
.1900	.2167	1.362	.8767	1.823	2.079	.9161	.4809	2.723	7.581	7.647	.6796	.5958	6.421
.1910	.2176	1.367	.8779	1.834	2.089	.9163	.4787	2.734	7.663	7.728	.6784	.5955	6.403
.1920	.2184	1.372	.8791	1.845	2.099	.9165	.4765	2.744	7.746	7.810	.6772	.5952	6.385
.1930	.2192	1.377	.8803	1.856	2.108	.9167	.4743	2.755	7.827	7.891	.6760	.5950	6.368
.1940	.2201	1.383	.8815	1.867	2.118	.9169	.4721	2.765	7.911	7.974	.6748	.5948	6.351
.1950	.2209	1.388	.8827	1.879	2.128	.9170	.4699	2.776	7.996	8.059	.6736	.5946	6.334
.1960	.2218	1.393	.8839	1.890	2.138	.9172	.4677	2.787	8.083	8.145	.6724	.5944	6.317
.1970	.2226	1.399	.8850	1.901	2.148	.9174	.4655	2.797	8.167	8.228	.6712	.5941	6.300
.1980	.2234	1.404	.8862	1.913	2.158	.9176	.4633	2.808	8.256	8.316	.6700	.5938	6.284
.1990	.2243	1.409	.8873	1.924	2.169	.9179	.4611	2.819	8.346	8.406	.6689	.5935	6.268
.2000	.2251	1.414	.8884	1.935	2.178	.9181	.4590	2.829	8.436	8.495	.6677	.5932	6.253
.2010	.2260	1.420	.8895	1.947	2.189	.9183	.4569	2.840	8.524	8.583	.6666	.5929	6.237
.2020	.2268	1.425	.8906	1.959	2.199	.9186	.4547	2.850	8.616	8.674	.6654	.5926	6.222
.2030	.2277	1.430	.8917	1.970	2.210	.9188	.4526	2.861	8.708	8.766	.6642	.5923	6.206
.2040	.2285	1.436	.8928	1.982	2.220	.9190	.4504	2.872	8.803	8.860	.6631	.5920	6.191
.2050	.2293	1.441	.8939	1.994	2.231	.9193	.4483	2.882	8.897	8.953	.6620	.5917	6.176
.2060	.2302	1.446	.8950	2.006	2.242	.9195	.4462	2.893	8.994	9.050	.6608	.5914	6.161
.2070	.2310	1.451	.8960	2.017	2.252	.9197	.4441	2.903	9.090	9.144	.6597	.5911	6.147
.2080	.2319	1.457	.8971	2.030	2.263	.9200	.4419	2.914	9.187	9.240	.6585	.5908	6.133
.2090	.2328	1.462	.8981	2.042	2.274	.9202	.4398	2.925	9.288	9.342	.6574	.5905	6.119

Table C-1 - Continued

d/L_0	d/L	$2\pi d/L$	TANH $2\pi d/L$	SINH $2\pi d/L$	COSH $2\pi d/L$	H/H_0	K	$k\pi d/L$	SINH $k\pi d/L$	COSH $k\pi d/L$	n	C_0/C_0	M
.2100	.2336	1.468	.8991	2.055	2.285	.9205	.4377	2.936	9.389	9.442	.6563	.5901	6.105
.2110	.2314	1.473	.9001	2.066	2.295	.9207	.4357	2.946	9.490	9.542	.6552	.5898	6.091
.2120	.2353	1.479	.9011	2.079	2.307	.9210	.4335	2.957	9.590	9.642	.6541	.5894	6.077
.2130	.2361	1.484	.9021	2.091	2.318	.9213	.4315	2.967	9.693	9.744	.6531	.5891	6.064
.2140	.2370	1.489	.9031	2.103	2.329	.9215	.4294	2.978	9.796	9.847	.6520	.5888	6.051
.2150	.2378	1.494	.9041	2.115	2.340	.9218	.4274	2.989	9.902	9.952	.6509	.5884	6.037
.2160	.2387	1.500	.9051	2.128	2.351	.9221	.4253	2.999	10.01	10.06	.6498	.5881	6.024
.2170	.2395	1.506	.9061	2.142	2.364	.9223	.4232	3.010	10.12	10.17	.6488	.5878	6.011
.2180	.2404	1.511	.9070	2.154	2.375	.9226	.4211	3.021	10.23	10.28	.6477	.5874	5.999
.2190	.2412	1.516	.9079	2.166	2.386	.9228	.4191	3.031	10.34	10.38	.6467	.5871	5.987
.2200	.2421	1.521	.9088	2.178	2.397	.9231	.4171	3.042	10.45	10.50	.6456	.5868	5.975
.2210	.2429	1.526	.9097	2.192	2.409	.9234	.4151	3.052	10.56	10.61	.6446	.5864	5.963
.2220	.2438	1.532	.9107	2.204	2.421	.9236	.4131	3.063	10.68	10.72	.6436	.5861	5.951
.2230	.2446	1.537	.9116	2.218	2.433	.9239	.4111	3.074	10.79	10.84	.6425	.5857	5.939
.2240	.2455	1.542	.9125	2.230	2.444	.9242	.4091	3.085	10.91	10.95	.6414	.5854	5.927
.2250	.2463	1.548	.9134	2.244	2.457	.9245	.4071	3.095	11.02	11.07	.6404	.5850	5.915
.2260	.2472	1.553	.9143	2.257	2.469	.9248	.4051	3.106	11.15	11.19	.6394	.5846	5.903
.2270	.2481	1.559	.9152	2.271	2.481	.9251	.4031	3.117	11.27	11.31	.6383	.5842	5.891
.2280	.2489	1.564	.9161	2.284	2.493	.9254	.4011	3.128	11.39	11.44	.6373	.5838	5.879
.2290	.2498	1.569	.9170	2.297	2.506	.9258	.3991	3.138	11.51	11.56	.6363	.5834	5.869
.2300	.2506	1.575	.9178	2.311	2.518	.9261	.3971	3.149	11.64	11.68	.6353	.5830	5.858
.2310	.2515	1.580	.9186	2.325	2.531	.9264	.3952	3.160	11.77	11.81	.6343	.5826	5.848
.2320	.2523	1.585	.9194	2.338	2.543	.9267	.3932	3.171	11.90	11.93	.6333	.5823	5.836
.2330	.2532	1.591	.9203	2.352	2.556	.9270	.3912	3.182	12.03	12.07	.6323	.5819	5.827
.2340	.2540	1.596	.9211	2.366	2.569	.9273	.3893	3.192	12.15	12.19	.6313	.5815	5.816
.2350	.2549	1.602	.9219	2.380	2.581	.9276	.3874	3.203	12.29	12.33	.6304	.5811	5.806
.2360	.2558	1.607	.9227	2.393	2.594	.9279	.3855	3.214	12.43	12.47	.6294	.5807	5.796
.2370	.2566	1.612	.9235	2.408	2.607	.9282	.3836	3.225	12.55	12.59	.6284	.5804	5.786
.2380	.2575	1.618	.9243	2.422	2.620	.9285	.3816	3.236	12.69	12.73	.6275	.5800	5.776
.2390	.2584	1.623	.9251	2.436	2.634	.9288	.3797	3.247	12.83	12.87	.6265	.5796	5.766
.2400	.2592	1.629	.9259	2.450	2.647	.9291	.3779	3.257	12.97	13.01	.6256	.5792	5.756
.2410	.2601	1.634	.9267	2.464	2.660	.9294	.3760	3.268	13.11	13.15	.6246	.5788	5.746
.2420	.2610	1.640	.9275	2.480	2.674	.9298	.3741	3.279	13.26	13.30	.6237	.5784	5.736
.2430	.2618	1.645	.9282	2.494	2.687	.9301	.3722	3.290	13.40	13.44	.6228	.5780	5.727
.2440	.2627	1.650	.9289	2.508	2.700	.9304	.3704	3.301	13.55	13.59	.6218	.5776	5.718
.2450	.2635	1.656	.9296	2.523	2.714	.9307	.3685	3.312	13.70	13.73	.6209	.5772	5.710
.2460	.2644	1.661	.9304	2.538	2.728	.9310	.3666	3.323	13.85	13.88	.6200	.5768	5.701
.2470	.2653	1.667	.9311	2.553	2.742	.9314	.3648	3.334	14.00	14.04	.6191	.5764	5.692
.2480	.2661	1.672	.9318	2.568	2.755	.9317	.3629	3.344	14.15	14.19	.6182	.5760	5.684
.2490	.2670	1.678	.9325	2.583	2.770	.9320	.3610	3.355	14.31	14.35	.6173	.5756	5.675
.2500	.2679	1.683	.9332	2.599	2.784	.9323	.3592	3.367	14.47	14.51	.6164	.5752	5.667
.2510	.2687	1.689	.9339	2.614	2.798	.9327	.3574	3.377	14.62	14.66	.6155	.5748	5.658
.2520	.2696	1.694	.9346	2.629	2.813	.9330	.3556	3.388	14.79	14.82	.6146	.5744	5.650
.2530	.2705	1.700	.9353	2.645	2.828	.9333	.3537	3.399	14.95	14.99	.6137	.5740	5.641
.2540	.2714	1.705	.9360	2.660	2.842	.9336	.3519	3.410	15.12	15.15	.6128	.5736	5.633
.2550	.2722	1.711	.9367	2.676	2.856	.9340	.3501	3.421	15.29	15.32	.6120	.5732	5.624
.2560	.2731	1.716	.9374	2.691	2.871	.9343	.3483	3.432	15.45	15.49	.6111	.5728	5.616
.2570	.2740	1.722	.9381	2.707	2.886	.9346	.3465	3.443	15.63	15.65	.6102	.5724	5.608
.2580	.2749	1.727	.9388	2.723	2.901	.9349	.3447	3.454	15.80	15.83	.6093	.5720	5.600
.2590	.2757	1.732	.9394	2.739	2.916	.9353	.3430	3.465	15.97	16.00	.6085	.5716	5.592
.2600	.2766	1.738	.9400	2.755	2.931	.9356	.3412	3.476	16.15	16.18	.6076	.5712	5.585
.2610	.2775	1.744	.9406	2.772	2.946	.9360	.3394	3.487	16.33	16.36	.6068	.5707	5.578
.2620	.2784	1.749	.9412	2.788	2.962	.9363	.3376	3.498	16.51	16.54	.6060	.5703	5.571
.2630	.2792	1.755	.9418	2.804	2.977	.9367	.3359	3.509	16.69	16.73	.6052	.5699	5.563
.2640	.2801	1.760	.9425	2.820	2.992	.9370	.3342	3.520	16.88	16.91	.6043	.5695	5.556
.2650	.2810	1.766	.9431	2.837	3.008	.9373	.3325	3.531	17.07	17.10	.6035	.5691	5.548
.2660	.2819	1.771	.9437	2.853	3.023	.9377	.3308	3.542	17.26	17.28	.6027	.5687	5.541
.2670	.2827	1.776	.9443	2.870	3.039	.9380	.3291	3.553	17.45	17.45	.6018	.5683	5.534
.2680	.2836	1.782	.9449	2.886	3.055	.9383	.3274	3.564	17.64	17.67	.6010	.5679	5.527
.2690	.2845	1.788	.9455	2.904	3.071	.9386	.3256	3.575	17.84	17.87	.6002	.5675	5.520

Table C-1 - Continued.

d/L _o	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H _o	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	C _g /C _o	M
.2700	.2854	1.793	.9461	2.921	3.088	.9390	.3239	3.587	18.04	18.07	.5994	.5671	5.513
.2710	.2863	1.799	.9467	2.938	3.104	.9393	.3222	3.598	18.24	18.27	.5986	.567	5.508
.2720	.2872	1.804	.9473	2.956	3.120	.9396	.3205	3.610	18.46	18.49	.5978	.566	5.509
.2730	.2880	1.810	.9478	2.973	3.136	.9400	.3189	3.620	18.65	18.67	.5971	.5659	5.504
.2740	.2889	1.815	.9484	2.990	3.153	.9403	.3172	3.631	18.86	18.89	.5963	.5655	5.508
.2750	.2898	1.821	.9490	3.008	3.170	.9406	.3155	3.642	19.07	19.10	.5955	.5651	5.520
.2760	.2907	1.826	.9495	3.025	3.186	.9410	.3139	3.653	19.28	19.30	.5947	.5647	5.514
.2770	.2916	1.832	.9500	3.043	3.203	.9413	.3122	3.664	19.49	19.51	.5940	.5643	5.508
.2780	.2924	1.837	.9505	3.061	3.220	.9416	.3106	3.675	19.71	19.74	.5932	.5639	5.502
.2790	.2933	1.843	.9511	3.079	3.237	.9420	.3089	3.686	19.93	19.96	.5925	.5635	5.506
.2800	.2942	1.849	.9516	3.097	3.254	.9423	.3073	3.697	20.16	20.18	.5917	.5631	5.510
.2810	.2951	1.854	.9521	3.115	3.272	.9426	.3057	3.709	20.39	20.41	.5910	.5627	5.504
.2820	.2960	1.860	.9526	3.133	3.289	.9430	.3040	3.720	20.62	20.64	.5902	.5623	5.508
.2830	.2969	1.866	.9532	3.152	3.307	.9433	.3024	3.731	20.85	20.87	.5895	.5619	5.502
.2840	.2978	1.871	.9537	3.171	3.325	.9436	.3008	3.742	21.09	21.11	.5887	.5615	5.506
.2850	.2987	1.877	.9542	3.190	3.343	.9440	.2992	3.754	21.33	21.35	.5880	.5611	5.520
.2860	.2996	1.882	.9547	3.209	3.361	.9443	.2976	3.765	21.57	21.59	.5873	.5607	5.514
.2870	.3005	1.888	.9552	3.228	3.379	.9446	.2959	3.776	21.82	21.84	.5866	.5603	5.508
.2880	.3014	1.893	.9557	3.246	3.396	.9449	.2944	3.787	22.05	22.07	.5859	.5600	5.502
.2890	.3022	1.899	.9562	3.264	3.414	.9452	.2929	3.798	22.30	22.32	.5851	.5596	5.506
.2900	.3031	1.905	.9567	3.284	3.433	.9456	.2913	3.809	22.54	22.57	.5845	.5592	5.520
.2910	.3040	1.910	.9572	3.303	3.451	.9459	.2898	3.821	22.81	22.83	.5838	.5588	5.514
.2920	.3049	1.916	.9577	3.323	3.471	.9463	.2882	3.832	23.07	23.09	.5831	.5584	5.508
.2930	.3058	1.922	.9581	3.343	3.490	.9466	.2866	3.843	23.33	23.35	.5824	.5580	5.502
.2940	.3067	1.927	.9585	3.362	3.508	.9469	.2851	3.855	23.60	23.62	.5817	.5576	5.506
.2950	.3076	1.933	.9590	3.382	3.527	.9473	.2835	3.866	23.86	23.88	.5810	.5572	5.520
.2960	.3085	1.938	.9594	3.402	3.546	.9476	.2820	3.877	24.12	24.15	.5804	.5568	5.514
.2970	.3094	1.944	.9599	3.422	3.565	.9480	.2805	3.888	24.40	24.42	.5797	.5564	5.508
.2980	.3103	1.950	.9603	3.442	3.585	.9483	.2790	3.900	24.68	24.70	.5790	.5560	5.502
.2990	.3112	1.955	.9607	3.462	3.604	.9486	.2775	3.911	24.96	24.98	.5784	.5556	5.506
.3000	.3121	1.961	.9611	3.483	3.624	.9490	.2760	3.922	25.24	25.26	.5777	.5552	5.520
.3010	.3130	1.967	.9616	3.503	3.643	.9493	.2745	3.933	25.53	25.55	.5771	.5549	5.514
.3020	.3139	1.972	.9620	3.524	3.663	.9496	.2730	3.945	25.82	25.84	.5764	.5545	5.508
.3030	.3148	1.978	.9624	3.545	3.683	.9499	.2715	3.956	26.12	26.14	.5758	.5541	5.502
.3040	.3157	1.984	.9629	3.566	3.703	.9502	.2700	3.968	26.42	26.44	.5751	.5538	5.506
.3050	.3166	1.989	.9633	3.587	3.724	.9505	.2685	3.979	26.72	26.74	.5745	.5534	5.520
.3060	.3175	1.995	.9637	3.609	3.745	.9509	.2670	3.990	27.02	27.04	.5739	.5530	5.514
.3070	.3184	2.001	.9641	3.630	3.765	.9512	.2656	4.002	27.33	27.35	.5732	.5527	5.508
.3080	.3193	2.007	.9645	3.651	3.786	.9515	.2641	4.013	27.65	27.66	.5726	.5523	5.502
.3090	.3202	2.012	.9649	3.673	3.806	.9518	.2627	4.024	27.96	27.98	.5720	.5519	5.506
.3100	.3211	2.018	.9653	3.694	3.827	.9522	.2613	4.036	28.28	28.30	.5714	.5515	5.520
.3110	.3220	2.023	.9656	3.716	3.848	.9525	.2599	4.047	28.60	28.62	.5708	.5511	5.514
.3120	.3230	2.029	.9660	3.738	3.870	.9528	.2584	4.058	28.93	28.95	.5701	.5507	5.508
.3130	.3239	2.035	.9664	3.760	3.891	.9531	.2570	4.070	29.27	29.28	.5695	.5504	5.502
.3140	.3248	2.041	.9668	3.782	3.912	.9535	.2556	4.081	29.60	29.62	.5689	.5500	5.506
.3150	.3257	2.046	.9672	3.805	3.934	.9538	.2542	4.093	29.94	29.96	.5683	.5497	5.520
.3160	.3266	2.052	.9676	3.828	3.956	.9541	.2528	4.104	30.29	30.31	.5678	.5494	5.514
.3170	.3275	2.058	.9679	3.851	3.978	.9544	.2514	4.115	30.64	30.65	.5672	.5490	5.508
.3180	.3284	2.063	.9682	3.873	4.000	.9547	.2500	4.127	30.99	31.01	.5666	.5486	5.502
.3190	.3294	2.069	.9686	3.896	4.022	.9550	.2486	4.139	31.35	31.37	.5660	.5483	5.506
.3200	.3302	2.075	.9690	3.919	4.045	.9553	.2472	4.150	31.71	31.72	.5655	.5479	5.520
.3210	.3311	2.081	.9693	3.943	4.068	.9556	.2459	4.161	32.07	32.08	.5649	.5476	5.514
.3220	.3321	2.086	.9696	3.966	4.090	.9559	.2445	4.173	32.44	32.46	.5643	.5472	5.508
.3230	.3330	2.092	.9700	3.990	4.114	.9562	.2431	4.185	32.83	32.84	.5637	.5468	5.502
.3240	.3339	2.098	.9703	4.014	4.136	.9565	.2418	4.196	33.20	33.22	.5632	.5465	5.506
.3250	.3349	2.104	.9707	4.038	4.160	.9568	.2404	4.208	33.60	33.62	.5627	.5461	5.520
.3260	.3357	2.110	.9710	4.061	4.183	.9571	.2391	4.219	33.97	33.99	.5621	.5458	5.514
.3270	.3367	2.115	.9713	4.085	4.206	.9574	.2378	4.231	34.37	34.38	.5616	.5455	5.508
.3280	.3376	2.121	.9717	4.110	4.230	.9577	.2364	4.242	34.77	34.79	.5610	.5451	5.502
.3290	.3385	2.127	.9720	4.135	4.254	.9580	.2351	4.254	35.18	35.19	.5605	.5448	5.506

Table C-1 — Continued

d/L ₀	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H ₀	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	C ₀ /C ₀	M
.3300	.3394	2.133	.9723	4.259	4.277	.9583	.2338	4.265	35.58	35.59	.5599	.5444	5.220
.3310	.3403	2.138	.9726	4.284	4.301	.9586	.2325	4.277	35.99	36.00	.5594	.5441	5.217
.3320	.3413	2.144	.9729	4.289	4.326	.9589	.2312	4.288	36.42	36.43	.5589	.5438	5.214
.3330	.3422	2.150	.9732	4.294	4.350	.9592	.2299	4.300	36.84	36.85	.5584	.5434	5.210
.3340	.3431	2.156	.9735	4.299	4.375	.9595	.2286	4.311	37.25	37.27	.5578	.5431	5.207
.3350	.3440	2.161	.9738	4.284	4.399	.9598	.2273	4.323	37.70	37.72	.5573	.5427	5.204
.3360	.3449	2.167	.9741	4.310	4.424	.9601	.2260	4.335	38.14	38.15	.5568	.5424	5.201
.3370	.3459	2.173	.9744	4.336	4.450	.9604	.2247	4.346	38.59	38.60	.5563	.5421	5.198
.3380	.3468	2.179	.9747	4.361	4.474	.9607	.2235	4.358	39.02	39.04	.5558	.5417	5.194
.3390	.3477	2.185	.9750	4.388	4.500	.9610	.2222	4.369	39.48	39.49	.5553	.5414	5.191
.3400	.3487	2.190	.9753	4.413	4.525	.9613	.2210	4.381	39.95	39.96	.5548	.5411	5.188
.3410	.3495	2.196	.9756	4.439	4.550	.9615	.2198	4.392	40.40	40.41	.5544	.5408	5.185
.3420	.3504	2.202	.9758	4.466	4.576	.9618	.2185	4.404	40.87	40.89	.5539	.5405	5.182
.3430	.3514	2.208	.9761	4.492	4.602	.9621	.2173	4.416	41.36	41.37	.5534	.5402	5.179
.3440	.3523	2.214	.9764	4.521	4.630	.9623	.2160	4.427	41.85	41.84	.5529	.5399	5.176
.3450	.3532	2.220	.9767	4.547	4.656	.9626	.2148	4.439	42.33	42.34	.5524	.5396	5.173
.3460	.3542	2.225	.9769	4.575	4.682	.9629	.2136	4.451	42.83	42.84	.5519	.5392	5.171
.3470	.3551	2.231	.9772	4.602	4.709	.9632	.2124	4.462	43.34	43.35	.5515	.5389	5.168
.3480	.3560	2.237	.9775	4.629	4.736	.9635	.2111	4.474	43.85	43.85	.5510	.5386	5.165
.3490	.3570	2.243	.9777	4.657	4.763	.9638	.2099	4.486	44.37	44.40	.5505	.5383	5.162
.3500	.3579	2.249	.9780	4.685	4.791	.9640	.2087	4.498	44.89	44.80	.5501	.5380	5.159
.3510	.3588	2.255	.9782	4.713	4.818	.9643	.2076	4.509	45.42	45.43	.5496	.5377	5.157
.3520	.3598	2.260	.9785	4.741	4.845	.9646	.2064	4.521	45.95	45.96	.5492	.5374	5.154
.3530	.3607	2.266	.9787	4.770	4.873	.9648	.2052	4.533	46.50	46.51	.5487	.5371	5.152
.3540	.3616	2.272	.9790	4.798	4.901	.9651	.2040	4.544	47.03	47.04	.5483	.5368	5.149
.3550	.3625	2.278	.9792	4.827	4.929	.9654	.2029	4.556	47.59	47.60	.5479	.5365	5.147
.3560	.3635	2.284	.9795	4.856	4.957	.9657	.2017	4.568	48.15	48.16	.5474	.5362	5.144
.3570	.3644	2.290	.9797	4.885	4.987	.9659	.2005	4.579	48.72	48.73	.5470	.5359	5.141
.3580	.3653	2.296	.9799	4.914	5.015	.9662	.1994	4.591	49.29	49.30	.5466	.5356	5.139
.3590	.3663	2.301	.9801	4.944	5.044	.9665	.1983	4.603	49.88	49.89	.5461	.5353	5.137
.3600	.3672	2.307	.9804	4.974	5.072	.9667	.1972	4.615	50.47	50.48	.5457	.5350	5.134
.3610	.3682	2.313	.9806	5.004	5.103	.9670	.1960	4.627	51.08	51.09	.5453	.5347	5.132
.3620	.3691	2.319	.9808	5.034	5.132	.9673	.1949	4.638	51.67	51.67	.5449	.5344	5.130
.3630	.3700	2.325	.9811	5.063	5.161	.9675	.1938	4.650	52.27	52.28	.5445	.5342	5.127
.3640	.3709	2.331	.9813	5.094	5.191	.9677	.1926	4.661	52.89	52.90	.5441	.5339	5.125
.3650	.3719	2.337	.9815	5.124	5.221	.9680	.1915	4.673	53.52	53.53	.5437	.5336	5.123
.3660	.3728	2.342	.9817	5.155	5.251	.9683	.1904	4.685	54.15	54.16	.5433	.5333	5.121
.3670	.3737	2.348	.9819	5.186	5.281	.9686	.1894	4.697	54.78	54.79	.5429	.5330	5.118
.3680	.3747	2.354	.9821	5.217	5.312	.9688	.1883	4.708	55.42	55.43	.5425	.5327	5.116
.3690	.3756	2.360	.9823	5.248	5.343	.9690	.1872	4.720	56.09	56.10	.5421	.5325	5.114
.3700	.3766	2.366	.9825	5.280	5.374	.9693	.1861	4.732	56.76	56.77	.5417	.5322	5.112
.3710	.3775	2.372	.9827	5.312	5.406	.9696	.1850	4.744	57.43	57.44	.5413	.5319	5.110
.3720	.3785	2.378	.9830	5.345	5.438	.9698	.1839	4.756	58.13	58.14	.5409	.5317	5.107
.3730	.3794	2.384	.9832	5.377	5.469	.9700	.1828	4.768	58.82	58.83	.5405	.5314	5.105
.3740	.3804	2.390	.9834	5.410	5.502	.9702	.1818	4.780	59.52	59.53	.5402	.5312	5.103
.3750	.3813	2.396	.9835	5.443	5.534	.9705	.1807	4.792	60.24	60.25	.5398	.5309	5.101
.3760	.3822	2.402	.9837	5.475	5.566	.9707	.1797	4.803	60.95	60.95	.5394	.5306	5.099
.3770	.3832	2.408	.9839	5.508	5.598	.9709	.1786	4.815	61.68	61.68	.5390	.5304	5.097
.3780	.3841	2.413	.9841	5.541	5.631	.9712	.1776	4.827	62.41	62.42	.5387	.5301	5.095
.3790	.3850	2.419	.9843	5.572	5.661	.9714	.1766	4.838	63.13	63.14	.5383	.5299	5.093
.3800	.3860	2.425	.9845	5.609	5.697	.9717	.1756	4.851	63.91	63.92	.5380	.5296	5.091
.3810	.3869	2.431	.9847	5.643	5.731	.9719	.1745	4.862	64.67	64.67	.5376	.5294	5.090
.3820	.3879	2.437	.9848	5.677	5.765	.9721	.1735	4.875	65.45	65.46	.5372	.5291	5.088
.3830	.3888	2.443	.9850	5.712	5.798	.9724	.1725	4.885	66.16	66.17	.5369	.5288	5.086
.3840	.3898	2.449	.9852	5.746	5.833	.9726	.1715	4.898	67.02	67.03	.5365	.5286	5.084
.3850	.3907	2.455	.9854	5.780	5.866	.9728	.1705	4.910	67.80	67.81	.5362	.5284	5.082
.3860	.3917	2.461	.9855	5.814	5.900	.9730	.1695	4.922	68.61	68.62	.5359	.5281	5.081
.3870	.3926	2.467	.9857	5.850	5.935	.9732	.1685	4.934	69.45	69.46	.5355	.5279	5.079
.3880	.3936	2.473	.9859	5.886	5.970	.9735	.1675	4.946	70.23	70.29	.5352	.5276	5.077
.3890	.3945	2.479	.9860	5.921	6.005	.9737	.1665	4.958	71.12	71.13	.5349	.5274	5.076

Table C-1 - Continued

d/L _o	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H _o	K	hπ d/L	SINH hπ d/L	COSH hπ d/L	n	c _g /c _o	M
.3900	.3955	2.485	.9862	5.957	6.040	.9739	.1656	4.970	71.97	71.98	.5345	.5271	5.074
.3910	.3964	2.491	.9864	5.993	6.076	.9741	.1656	4.982	72.85	72.86	.5342	.5269	5.072
.3920	.3974	2.497	.9865	6.029	6.112	.9743	.1636	4.993	73.72	73.72	.5339	.5267	5.071
.3930	.3983	2.503	.9867	6.066	6.148	.9745	.1627	5.005	74.58	74.59	.5336	.5265	5.069
.3940	.3993	2.509	.9869	6.103	6.185	.9748	.1617	5.017	75.46	75.49	.5332	.5262	5.067
.3950	.4002	2.515	.9870	6.140	6.221	.9750	.1608	5.029	76.40	76.40	.5329	.5260	5.066
.3960	.4012	2.521	.9872	6.177	6.256	.9752	.1598	5.041	77.31	77.31	.5326	.5258	5.065
.3970	.4021	2.527	.9873	6.215	6.295	.9754	.1589	5.053	78.24	78.24	.5323	.5255	5.063
.3980	.4031	2.532	.9874	6.252	6.332	.9756	.1579	5.065	79.19	79.19	.5320	.5253	5.062
.3990	.4040	2.538	.9876	6.290	6.369	.9758	.1570	5.077	80.13	80.13	.5317	.5251	5.060
.4000	.4050	2.544	.9877	6.329	6.407	.9761	.1561	5.089	81.12	81.12	.5314	.5248	5.058
.4010	.4059	2.550	.9879	6.367	6.445	.9763	.1552	5.101	82.07	82.08	.5311	.5246	5.056
.4020	.4069	2.556	.9880	6.406	6.483	.9765	.1542	5.113	83.06	83.06	.5308	.5244	5.055
.4030	.4078	2.562	.9882	6.444	6.521	.9766	.1533	5.125	84.07	84.07	.5305	.5242	5.053
.4040	.4088	2.568	.9883	6.484	6.561	.9768	.1524	5.137	85.12	85.12	.5302	.5240	5.052
.4050	.4098	2.575	.9885	6.525	6.601	.9770	.1515	5.149	86.14	86.14	.5299	.5238	5.050
.4060	.4107	2.581	.9886	6.564	6.640	.9772	.1506	5.161	87.17	87.17	.5296	.5236	5.049
.4070	.4116	2.586	.9887	6.603	6.679	.9774	.1497	5.173	88.19	88.20	.5293	.5234	5.048
.4080	.4126	2.592	.9889	6.644	6.718	.9776	.1488	5.185	89.28	89.28	.5290	.5232	5.046
.4090	.4136	2.598	.9890	6.684	6.758	.9778	.1480	5.197	90.38	90.39	.5287	.5229	5.045
.4100	.4145	2.604	.9891	6.725	6.799	.9780	.1471	5.209	91.44	91.44	.5285	.5227	5.044
.4110	.4155	2.610	.9892	6.766	6.839	.9782	.1462	5.221	92.54	92.55	.5282	.5225	5.043
.4120	.4164	2.616	.9894	6.806	6.879	.9784	.1454	5.233	93.67	93.67	.5279	.5223	5.041
.4130	.4174	2.623	.9895	6.849	6.921	.9786	.1445	5.245	94.83	94.83	.5277	.5221	5.040
.4140	.4183	2.629	.9896	6.890	6.963	.9788	.1436	5.257	95.95	95.96	.5274	.5219	5.039
.4150	.4193	2.635	.9898	6.932	7.004	.9790	.1428	5.269	97.13	97.13	.5271	.5217	5.037
.4160	.4203	2.641	.9899	6.974	7.046	.9792	.1419	5.281	98.29	98.30	.5269	.5215	5.036
.4170	.4212	2.647	.9900	7.018	7.088	.9794	.1411	5.294	99.52	99.52	.5266	.5213	5.035
.4180	.4222	2.653	.9901	7.060	7.130	.9795	.1403	5.305	100.7	100.7	.5263	.5211	5.034
.4190	.4231	2.659	.9902	7.102	7.173	.9797	.1394	5.317	101.9	101.9	.5261	.5209	5.033
.4200	.4241	2.665	.9904	7.146	7.215	.9798	.1386	5.329	103.1	103.1	.5258	.5208	5.031
.4210	.4251	2.671	.9905	7.190	7.259	.9800	.1378	5.341	104.4	104.4	.5256	.5206	5.030
.4220	.4260	2.677	.9906	7.234	7.303	.9802	.1369	5.353	105.7	105.7	.5253	.5204	5.029
.4230	.4270	2.683	.9907	7.279	7.349	.9804	.1361	5.366	107.0	107.0	.5251	.5202	5.028
.4240	.4280	2.689	.9908	7.325	7.392	.9806	.1353	5.378	108.3	108.3	.5248	.5200	5.027
.4250	.4289	2.695	.9909	7.371	7.438	.9808	.1345	5.390	109.7	109.7	.5246	.5198	5.026
.4260	.4298	2.701	.9910	7.412	7.479	.9810	.1337	5.402	110.9	110.9	.5244	.5196	5.025
.4270	.4308	2.707	.9911	7.457	7.524	.9811	.1329	5.414	112.2	112.2	.5241	.5195	5.024
.4280	.4318	2.713	.9912	7.503	7.570	.9812	.1321	5.426	113.6	113.6	.5239	.5193	5.023
.4290	.4328	2.719	.9913	7.550	7.616	.9814	.1313	5.438	115.0	115.0	.5237	.5191	5.022
.4300	.4337	2.725	.9914	7.595	7.661	.9816	.1305	5.450	116.4	116.4	.5234	.5189	5.021
.4310	.4347	2.731	.9915	7.642	7.707	.9818	.1298	5.462	117.8	117.8	.5232	.5187	5.020
.4320	.4356	2.737	.9916	7.688	7.753	.9819	.1290	5.474	119.2	119.2	.5230	.5186	5.019
.4330	.4366	2.743	.9917	7.735	7.800	.9821	.1282	5.486	120.7	120.7	.5227	.5184	5.018
.4340	.4376	2.749	.9918	7.783	7.847	.9823	.1274	5.499	122.2	122.2	.5225	.5182	5.017
.4350	.4385	2.755	.9919	7.831	7.895	.9824	.1267	5.511	123.7	123.7	.5223	.5181	5.016
.4360	.4395	2.762	.9920	7.880	7.943	.9826	.1259	5.523	125.2	125.2	.5221	.5179	5.015
.4370	.4405	2.768	.9921	7.922	7.991	.9828	.1251	5.535	126.7	126.7	.5218	.5177	5.014
.4380	.4414	2.774	.9922	7.975	8.035	.9829	.1244	5.547	128.3	128.3	.5216	.5176	5.013
.4390	.4424	2.780	.9923	8.026	8.088	.9830	.1236	5.560	129.9	129.9	.5214	.5174	5.012
.4400	.4434	2.786	.9924	8.075	8.136	.9832	.1229	5.572	131.4	131.4	.5212	.5172	5.011
.4410	.4443	2.792	.9925	8.124	8.185	.9833	.1222	5.584	133.0	133.0	.5210	.5171	5.010
.4420	.4453	2.798	.9926	8.175	8.236	.9835	.1214	5.596	134.7	134.7	.5208	.5169	5.009
.4430	.4463	2.804	.9927	8.228	8.285	.9836	.1207	5.608	136.3	136.3	.5206	.5168	5.008
.4440	.4472	2.810	.9928	8.274	8.334	.9838	.1200	5.620	137.9	137.9	.5204	.5166	5.007
.4450	.4482	2.816	.9929	8.326	8.387	.9839	.1192	5.632	139.6	139.7	.5202	.5165	5.006
.4460	.4492	2.822	.9930	8.379	8.438	.9841	.1185	5.644	141.4	141.4	.5200	.5163	5.005
.4470	.4501	2.828	.9930	8.427	8.486	.9843	.1178	5.657	143.1	143.1	.5197	.5161	5.005
.4480	.4511	2.834	.9931	8.481	8.540	.9844	.1171	5.669	144.8	144.8	.5195	.5160	5.004
.4490	.4521	2.840	.9932	8.532	8.590	.9846	.1164	5.681	146.6	146.6	.5194	.5159	5.003

Table C-1 - Continued

d/L ₀	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2 d/L	H/H ₀	K	h ₀ d/L	SINH h ₀ d/L	COSH h ₀ d/L	n	C ₀ /c ₀	W
.4500	.4531	2.847	.9933	8.585	8.643	.9847	.1157	5.693	148.4	148.4	.5192	.5157	4.999
.4510	.4540	2.853	.9934	8.638	8.695	.9848	.1150	5.705	150.7	150.7	.5190	.5156	4.999
.4520	.4550	2.859	.9935	8.633	8.750	.9849	.1143	5.717	152.1	152.1	.5188	.5154	4.999
.4530	.4560	2.865	.9935	8.747	8.804	.9851	.1136	5.730	154.0	154.0	.5186	.5152	4.999
.4540	.4569	2.871	.9936	8.797	8.854	.9852	.1129	5.742	155.9	155.9	.5184	.5151	4.999
.4550	.4579	2.877	.9937	8.853	8.910	.9853	.1122	5.754	157.7	157.7	.5182	.5150	4.999
.4560	.4589	2.883	.9938	8.910	8.965	.9855	.1115	5.766	159.7	159.7	.5181	.5148	4.997
.4570	.4599	2.890	.9938	8.965	9.021	.9857	.1109	5.779	161.7	161.7	.5179	.5146	4.997
.4580	.4608	2.896	.9939	9.016	9.072	.9858	.1102	5.791	163.6	163.6	.5177	.5145	4.996
.4590	.4618	2.902	.9940	9.074	9.129	.9859	.1095	5.803	165.6	165.6	.5175	.5144	4.995
.4600	.4628	2.908	.9941	9.132	9.186	.9860	.1089	5.815	167.7	167.7	.5173	.5143	4.994
.4610	.4637	2.914	.9941	9.183	9.238	.9862	.1083	5.827	169.7	169.7	.5172	.5141	4.994
.4620	.4647	2.920	.9942	9.242	9.296	.9863	.1076	5.840	171.8	171.8	.5170	.5140	4.993
.4630	.4657	2.926	.9943	9.301	9.354	.9864	.1069	5.852	173.9	173.9	.5168	.5139	4.992
.4640	.4666	2.932	.9944	9.353	9.406	.9865	.1063	5.864	176.0	176.0	.5167	.5138	4.992
.4650	.4676	2.938	.9944	9.413	9.466	.9867	.1056	5.876	178.2	178.2	.5165	.5136	4.991
.4660	.4686	2.944	.9945	9.472	9.525	.9868	.1050	5.888	180.4	180.4	.5163	.5135	4.990
.4670	.4695	2.951	.9946	9.533	9.585	.9869	.1043	5.900	182.6	182.6	.5162	.5134	4.989
.4680	.4705	2.957	.9946	9.586	9.638	.9871	.1037	5.912	184.8	184.8	.5160	.5132	4.989
.4690	.4715	2.963	.9947	9.647	9.699	.9872	.1031	5.925	187.2	187.2	.5158	.5131	4.988
.4700	.4725	2.969	.9947	9.709	9.760	.9873	.1025	5.937	189.5	189.5	.5157	.5129	4.988
.4710	.4735	2.975	.9948	9.770	9.821	.9874	.1018	5.949	191.8	191.8	.5155	.5128	4.987
.4720	.4744	2.981	.9949	9.826	9.877	.9875	.1012	5.962	194.2	194.2	.5154	.5127	4.986
.4730	.4754	2.987	.9949	9.888	9.938	.9876	.1006	5.974	196.5	196.5	.5152	.5126	4.986
.4740	.4764	2.993	.9950	9.951	10.00	.9877	.1000	5.986	199.0	199.0	.5150	.5125	4.985
.4750	.4774	2.999	.9951	10.01	10.07	.9878	.09942	5.999	201.4	201.4	.5149	.5124	4.984
.4760	.4783	3.005	.9951	10.07	10.12	.9880	.09882	6.011	203.9	203.9	.5147	.5122	4.984
.4770	.4793	3.012	.9952	10.13	10.18	.9881	.09820	6.023	206.5	206.5	.5146	.5121	4.983
.4780	.4803	3.018	.9952	10.20	10.25	.9882	.09759	6.036	209.0	209.0	.5144	.5120	4.983
.4790	.4813	3.024	.9953	10.26	10.31	.9883	.09698	6.048	211.7	211.7	.5143	.5119	4.982
.4800	.4822	3.030	.9953	10.32	10.37	.9885	.09641	6.060	214.2	214.2	.5142	.5117	4.982
.4810	.4832	3.036	.9954	10.39	10.43	.9886	.09583	6.072	216.8	216.8	.5140	.5116	4.981
.4820	.4842	3.042	.9955	10.45	10.50	.9887	.09523	6.085	219.5	219.5	.5139	.5115	4.980
.4830	.4852	3.049	.9955	10.52	10.57	.9888	.09464	6.097	222.2	222.2	.5137	.5114	4.980
.4840	.4862	3.055	.9956	10.59	10.63	.9889	.09405	6.109	225.0	225.0	.5136	.5113	4.979
.4850	.4871	3.061	.9956	10.65	10.69	.9890	.09352	6.121	228.3	228.3	.5134	.5112	4.979
.4860	.4881	3.067	.9957	10.71	10.76	.9891	.09294	6.134	230.6	230.6	.5133	.5111	4.978
.4870	.4891	3.073	.9957	10.78	10.83	.9892	.09236	6.146	233.5	233.5	.5132	.5110	4.978
.4880	.4901	3.079	.9958	10.85	10.90	.9893	.09178	6.159	236.4	236.4	.5130	.5109	4.977
.4890	.4911	3.086	.9958	10.92	10.96	.9895	.09121	6.171	239.6	239.6	.5129	.5107	4.977
.4900	.4920	3.092	.9959	10.99	11.03	.9896	.09064	6.183	242.3	242.3	.5128	.5106	4.976
.4910	.4930	3.098	.9959	11.05	11.09	.9897	.09010	6.195	245.2	245.2	.5126	.5105	4.976
.4920	.4940	3.104	.9960	11.12	11.16	.9898	.08956	6.208	248.3	248.3	.5125	.5104	4.975
.4930	.4950	3.110	.9960	11.19	11.24	.9899	.08901	6.220	251.3	251.3	.5124	.5103	4.975
.4940	.4960	3.117	.9961	11.26	11.31	.9899	.08845	6.232	254.5	254.5	.5122	.5102	4.974
.4950	.4969	3.122	.9961	11.32	11.37	.9900	.08793	6.245	257.6	257.6	.5121	.5101	4.974
.4960	.4979	3.128	.9962	11.40	11.44	.9901	.08741	6.257	260.8	260.8	.5120	.5100	4.973
.4970	.4989	3.135	.9962	11.47	11.51	.9902	.08691	6.269	264.0	264.0	.5119	.5099	4.973
.4980	.4999	3.141	.9963	11.54	11.59	.9903	.08643	6.282	267.3	267.3	.5118	.5098	4.972
.4990	.5009	3.147	.9963	11.61	11.65	.9904	.08594	6.294	270.6	270.6	.5116	.5097	4.972
.5000	.5018	3.153	.9964	11.68	11.72	.9905	.08550	6.306	274.0	274.0	.5115	.5096	4.971
.5010	.5028	3.159	.9964	11.75	11.80	.9906	.08477	6.319	277.5	277.5	.5114	.5095	4.971
.5020	.5038	3.166	.9964	11.83	11.87	.9907	.08424	6.331	280.8	280.8	.5113	.5094	4.971
.5030	.5048	3.172	.9965	11.91	11.95	.9908	.08371	6.343	284.3	284.3	.5112	.5093	4.970
.5040	.5058	3.178	.9965	11.98	12.02	.9909	.08320	6.356	287.9	287.9	.5110	.5092	4.970
.5050	.5067	3.184	.9966	12.05	12.09	.9909	.08270	6.368	291.4	291.4	.5109	.5092	4.969
.5060	.5077	3.190	.9966	12.12	12.16	.9910	.08220	6.380	295.0	295.0	.5108	.5091	4.969
.5070	.5087	3.196	.9967	12.20	12.24	.9911	.08169	6.393	298.7	298.7	.5107	.5090	4.968
.5080	.5097	3.203	.9967	12.28	12.37	.9912	.08119	6.405	302.4	302.4	.5106	.5089	4.968
.5090	.5107	3.209	.9968	12.35	12.39	.9913	.08068	6.417	306.2	306.2	.5105	.5088	4.967

Table C-1 - Continued

d/L _o	d/L _i	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H _o	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	C _o /C _i	M
.5100	.5117	3.215	.9968	12.43	12.47	.9914	.08022	6.430	319.0	319.0	.5104	.5087	4.967
.5110	.5126	3.221	.9968	12.50	12.54	.9915	.07972	6.442	313.8	313.8	.5103	.5086	4.967
.5120	.5136	3.227	.9969	12.58	12.62	.9915	.07922	6.454	317.7	317.7	.5102	.5086	4.966
.5130	.5146	3.233	.9969	12.66	12.70	.9916	.07873	6.467	321.7	321.7	.5101	.5085	4.966
.5140	.5156	3.240	.9970	12.74	12.78	.9917	.07824	6.479	325.7	325.7	.5100	.5084	4.965
.5150	.5166	3.246	.9970	12.82	12.86	.9918	.07776	6.491	329.7	329.7	.5098	.5083	4.965
.5160	.5176	3.252	.9970	12.90	12.94	.9919	.07729	6.504	333.8	333.8	.5097	.5082	4.965
.5170	.5185	3.258	.9971	12.98	13.02	.9919	.07682	6.516	337.9	337.9	.5096	.5082	4.964
.5180	.5195	3.264	.9971	13.06	13.10	.9920	.07634	6.529	342.2	342.2	.5095	.5081	4.964
.5190	.5205	3.270	.9971	13.14	13.18	.9921	.07587	6.541	346.4	346.4	.5094	.5080	4.964
.5200	.5215	3.277	.9972	13.22	13.26	.9922	.07540	6.553	350.7	350.7	.5093	.5079	4.963
.5210	.5225	3.283	.9972	13.31	13.35	.9923	.07494	6.566	355.1	355.1	.5092	.5078	4.963
.5220	.5235	3.289	.9972	13.39	13.43	.9924	.07449	6.578	359.6	359.6	.5092	.5077	4.963
.5230	.5244	3.295	.9973	13.47	13.51	.9924	.07404	6.590	364.0	364.0	.5091	.5077	4.962
.5240	.5254	3.301	.9973	13.55	13.59	.9925	.07358	6.603	368.5	368.5	.5091	.5076	4.962
.5250	.5264	3.308	.9973	13.64	13.68	.9926	.07312	6.615	373.1	373.1	.5090	.5075	4.962
.5260	.5274	3.314	.9974	13.73	13.76	.9927	.07266	6.628	377.8	377.8	.5089	.5074	4.961
.5270	.5284	3.320	.9974	13.81	13.85	.9927	.07221	6.640	382.5	382.5	.5087	.5074	4.961
.5280	.5294	3.326	.9974	13.90	13.94	.9928	.07177	6.652	387.3	387.3	.5086	.5073	4.961
.5290	.5304	3.333	.9975	13.99	14.02	.9929	.07134	6.665	392.2	392.2	.5085	.5072	4.960
.5300	.5314	3.339	.9975	14.07	14.10	.9930	.07091	6.677	397.0	397.0	.5084	.5071	4.960
.5310	.5323	3.345	.9975	14.16	14.19	.9931	.07047	6.690	402.0	402.0	.5083	.5070	4.960
.5320	.5333	3.351	.9976	14.25	14.28	.9931	.07003	6.702	406.9	406.9	.5082	.5070	4.959
.5330	.5343	3.357	.9976	14.34	14.37	.9932	.06959	6.714	412.0	412.0	.5082	.5069	4.959
.5340	.5353	3.363	.9976	14.43	14.46	.9933	.06915	6.727	417.2	417.2	.5081	.5068	4.959
.5350	.5363	3.370	.9976	14.52	14.55	.9933	.06872	6.739	422.4	422.4	.5080	.5068	4.959
.5360	.5373	3.376	.9977	14.61	14.64	.9934	.06829	6.752	427.7	427.7	.5079	.5067	4.958
.5370	.5383	3.382	.9977	14.70	14.73	.9935	.06787	6.764	433.1	433.1	.5078	.5066	4.958
.5380	.5393	3.388	.9977	14.79	14.82	.9935	.06746	6.776	438.5	438.5	.5077	.5066	4.958
.5390	.5402	3.394	.9977	14.88	14.91	.9936	.06705	6.789	444.0	444.0	.5077	.5065	4.958
.5400	.5412	3.401	.9978	14.97	15.01	.9936	.06664	6.801	449.5	449.5	.5076	.5065	4.957
.5410	.5422	3.407	.9978	15.07	15.10	.9937	.06623	6.814	455.1	455.1	.5075	.5064	4.957
.5420	.5432	3.413	.9978	15.16	15.19	.9938	.06582	6.826	460.7	460.7	.5074	.5063	4.957
.5430	.5442	3.419	.9979	15.25	15.29	.9938	.06542	6.838	466.4	466.4	.5073	.5063	4.956
.5440	.5452	3.426	.9979	15.35	15.38	.9939	.06501	6.851	472.2	472.2	.5073	.5062	4.956
.5450	.5461	3.432	.9979	15.45	15.48	.9940	.06461	6.863	478.1	478.1	.5072	.5061	4.956
.5460	.5471	3.438	.9979	15.54	15.58	.9941	.06420	6.876	484.3	484.3	.5071	.5060	4.956
.5470	.5481	3.444	.9980	15.64	15.67	.9941	.06380	6.888	490.3	490.3	.5070	.5060	4.955
.5480	.5491	3.450	.9980	15.74	15.77	.9942	.06341	6.901	496.4	496.4	.5070	.5059	4.955
.5490	.5501	3.456	.9980	15.84	15.87	.9942	.06302	6.913	502.5	502.5	.5069	.5059	4.955
.5500	.5511	3.463	.9980	15.94	15.97	.9942	.06263	6.925	508.7	508.7	.5068	.5058	4.955
.5510	.5521	3.469	.9981	16.04	16.07	.9942	.06224	6.937	515.0	515.0	.5067	.5058	4.954
.5520	.5531	3.475	.9981	16.14	16.17	.9943	.06186	6.950	521.6	521.6	.5067	.5057	4.954
.5530	.5541	3.481	.9981	16.24	16.27	.9944	.06148	6.962	528.1	528.1	.5066	.5056	4.954
.5540	.5551	3.488	.9981	16.34	16.37	.9944	.06110	6.975	534.8	534.8	.5065	.5056	4.954
.5550	.5560	3.494	.9982	16.44	16.47	.9945	.06073	6.987	541.4	541.4	.5065	.5056	4.953
.5560	.5570	3.500	.9982	16.54	16.57	.9945	.06035	7.000	548.1	548.1	.5064	.5055	4.953
.5570	.5580	3.506	.9982	16.65	16.68	.9946	.05997	7.012	554.9	554.9	.5063	.5054	4.953
.5580	.5590	3.512	.9982	16.75	16.78	.9947	.05960	7.025	562.0	562.0	.5063	.5053	4.953
.5590	.5600	3.519	.9982	16.85	16.88	.9947	.05923	7.037	569.1	569.1	.5062	.5053	4.953
.5600	.5610	3.525	.9983	16.96	16.99	.9947	.05887	7.050	576.1	576.1	.5061	.5053	4.952
.5610	.5620	3.531	.9983	17.06	17.09	.9948	.05850	7.062	583.3	583.3	.5061	.5052	4.952
.5620	.5630	3.537	.9983	17.17	17.20	.9949	.05814	7.074	590.7	590.7	.5060	.5051	4.952
.5630	.5640	3.543	.9983	17.28	17.31	.9949	.05778	7.087	598.0	598.0	.5059	.5051	4.952
.5640	.5649	3.550	.9984	17.38	17.41	.9950	.05743	7.099	605.0	605.0	.5059	.5050	4.951
.5650	.5659	3.556	.9984	17.49	17.52	.9950	.05707	7.112	613.2	613.2	.5058	.5050	4.951
.5660	.5669	3.562	.9984	17.60	17.63	.9951	.05672	7.124	620.8	620.8	.5057	.5049	4.951
.5670	.5679	3.568	.9984	17.71	17.74	.9951	.05637	7.136	628.5	628.5	.5057	.5047	4.951
.5680	.5689	3.575	.9984	17.82	17.85	.9952	.05602	7.149	636.4	636.4	.5056	.5048	4.951
.5690	.5699	3.581	.9985	17.94	17.97	.9952	.05567	7.161	644.3	644.3	.5056	.5048	4.950

Table C-1 - Continued

d/L _o	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H' °	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	c _g /c _o	M
.5700	.5709	3.587	.9985	18.05	18.08	.9953	.05532	7.174	652.4	652.4	.5055	.5047	4.950
.5710	.5719	3.593	.9985	18.16	18.19	.9953	.05497	7.186	660.5	660.5	.5054	.5047	4.950
.5720	.5729	3.600	.9985	18.28	18.31	.9954	.05463	7.199	668.6	668.6	.5054	.5046	4.950
.5730	.5739	3.606	.9985	18.39	18.42	.9954	.05430	7.211	677.2	677.2	.5053	.5046	4.950
.5740	.5748	3.612	.9985	18.50	18.53	.9955	.05396	7.224	685.6	685.6	.5053	.5045	4.950
.5750	.5758	3.618	.9986	18.62	18.64	.9955	.05363	7.236	694.3	694.3	.5052	.5045	4.949
.5760	.5768	3.624	.9986	18.73	18.76	.9956	.05330	7.249	703.2	703.2	.5052	.5044	4.949
.5770	.5778	3.630	.9986	18.85	18.88	.9956	.05297	7.261	711.9	711.9	.5051	.5044	4.949
.5780	.5788	3.637	.9986	18.97	19.00	.9957	.05264	7.274	720.8	720.8	.5051	.5043	4.949
.5790	.5798	3.643	.9986	19.09	19.12	.9957	.05231	7.286	729.9	729.9	.5050	.5043	4.949
.5800	.5808	3.649	.9987	19.21	19.24	.9957	.05198	7.298	739.0	739.0	.5049	.5043	4.948
.5810	.5818	3.656	.9987	19.33	19.36	.9958	.05166	7.311	748.1	748.1	.5049	.5042	4.948
.5820	.5828	3.662	.9987	19.45	19.48	.9958	.05134	7.323	757.5	757.5	.5048	.5042	4.948
.5830	.5838	3.668	.9987	19.58	19.60	.9959	.05102	7.336	767.0	767.0	.5048	.5041	4.948
.5840	.5848	3.674	.9987	19.70	19.73	.9959	.05070	7.348	776.7	776.7	.5047	.5041	4.948
.5850	.5858	3.680	.9987	19.81	19.84	.9960	.05040	7.361	786.5	786.5	.5047	.5040	4.948
.5860	.5867	3.686	.9987	19.94	19.96	.9960	.05009	7.373	796.4	796.4	.5046	.5040	4.948
.5870	.5877	3.693	.9988	20.06	20.09	.9960	.04978	7.386	806.5	806.5	.5046	.5040	4.947
.5880	.5887	3.699	.9988	20.19	20.21	.9961	.04947	7.398	816.5	816.5	.5045	.5039	4.947
.5890	.5897	3.705	.9988	20.32	20.34	.9961	.04916	7.411	826.7	826.7	.5045	.5039	4.947
.5900	.5907	3.712	.9988	20.45	20.47	.9962	.04885	7.423	837.1	837.1	.5044	.5038	4.947
.5910	.5917	3.718	.9988	20.57	20.60	.9962	.04855	7.436	847.6	847.6	.5044	.5038	4.947
.5920	.5927	3.724	.9988	20.70	20.73	.9963	.04824	7.448	858.2	858.2	.5043	.5037	4.947
.5930	.5937	3.730	.9989	20.83	20.86	.9963	.04794	7.460	868.9	868.9	.5043	.5037	4.946
.5940	.5947	3.737	.9989	20.97	20.99	.9963	.04764	7.473	879.8	879.8	.5043	.5037	4.946
.5950	.5957	3.743	.9989	21.10	21.12	.9964	.04735	7.485	890.8	890.8	.5042	.5036	4.946
.5960	.5967	3.749	.9989	21.23	21.25	.9964	.04706	7.498	901.9	901.9	.5042	.5036	4.946
.5970	.5977	3.755	.9989	21.35	21.37	.9964	.04677	7.510	913.4	913.4	.5041	.5036	4.946
.5980	.5987	3.761	.9989	21.49	21.51	.9965	.04648	7.523	925.0	925.0	.5041	.5035	4.946
.5990	.5996	3.767	.9989	21.62	21.64	.9965	.04619	7.535	936.5	936.5	.5040	.5035	4.946
.6000	.6006	3.774	.9990	21.76	21.78	.9965	.04591	7.548	948.1	948.1	.5040	.5035	4.945
.6100	.6106	3.836	.9991	23.17	23.19	.9969	.04313	7.673	1,074	1,074	.5036	.5031	4.944
.6200	.6205	3.899	.9992	24.66	24.68	.9972	.04052	7.798	1,217	1,217	.5032	.5028	4.943
.6300	.6305	3.961	.9993	26.25	26.27	.9975	.03806	7.923	1,379	1,379	.5029	.5025	4.942
.6400	.6404	4.024	.9994	27.95	27.97	.9977	.03576	8.048	1,527	1,527	.5026	.5023	4.941
.6500	.6504	4.086	.9994	29.75	29.77	.9980	.03359	8.173	1,771	1,771	.5023	.5020	4.940
.6600	.6603	4.149	.9995	31.68	31.69	.9982	.03155	8.298	2,008	2,008	.5021	.5018	4.940
.6700	.6703	4.212	.9996	33.73	33.74	.9983	.02964	8.423	2,275	2,275	.5019	.5017	4.939
.6800	.6803	4.274	.9996	35.90	35.92	.9985	.02784	8.548	2,579	2,579	.5017	.5015	4.939
.6900	.6902	4.337	.9997	38.23	38.24	.9987	.02615	8.674	2,923	2,923	.5015	.5013	4.938
.7000	.7002	4.400	.9997	40.71	40.72	.9988	.02456	8.799	3,314	3,314	.5013	.5012	4.938
.7100	.7102	4.462	.9997	43.34	43.35	.9989	.02307	8.925	3,757	3,757	.5012	.5011	4.937
.7200	.7202	4.525	.9998	46.14	46.15	.9990	.02167	9.050	4,258	4,258	.5011	.5010	4.937
.7300	.7302	4.588	.9998	49.13	49.14	.9991	.02035	9.175	4,828	4,828	.5010	.5009	4.937
.7400	.7401	4.650	.9998	52.31	52.32	.9992	.01911	9.301	5,473	5,473	.5009	.5008	4.937
.7500	.7501	4.713	.9998	55.70	55.71	.9993	.01795	9.426	6,204	6,204	.5008	.5007	4.936
.7600	.7601	4.776	.9999	59.31	59.31	.9994	.01686	9.552	7,034	7,034	.5007	.5006	4.936
.7700	.7701	4.839	.9999	63.15	63.16	.9995	.01583	9.677	7,976	7,976	.5006	.5005	4.936
.7800	.7801	4.902	.9999	67.24	67.25	.9996	.01487	9.803	9,042	9,042	.5005	.5004	4.936
.7900	.7901	4.964	.9999	71.60	71.60	.9996	.01397	9.929	10,250	10,250	.5005	.5004	4.936
.8000	.8001	5.027	.9999	76.24	76.24	.9996	.01312	10.05	11,620	11,620	.5004	.5004	4.936
.8100	.8101	5.090	.9999	81.18	81.19	.9996	.01232	10.18	13,180	13,180	.5004	.5004	4.936
.8200	.8201	5.153	.9999	86.44	86.44	.9997	.01157	10.31	14,940	14,940	.5003	.5003	4.935
.8300	.8301	5.215	.9999	92.04	92.05	.9997	.01086	10.43	17,340	17,340	.5003	.5003	4.935
.8400	.8400	5.278	1.000	98.00	98.01	.9997	.01020	10.56	19,210	19,210	.5003	.5003	4.935
.8500	.8500	5.341	1.000	104.4	104.4	.9998	.009582	10.68	21,780	21,780	.5002	.5002	4.935
.8600	.8600	5.404	1.000	111.1	111.1	.9998	.009000	10.81	24,690	24,690	.5002	.5002	4.935
.8700	.8700	5.467	1.000	118.3	118.3	.9998	.008451	10.93	28,000	28,000	.5002	.5002	4.935
.8800	.8800	5.529	1.000	126.0	126.0	.9998	.007934	11.06	31,750	31,750	.5002	.5002	4.935
.8900	.8900	5.592	1.000	134.2	134.2	.9998	.007454	11.18	36,000	36,000	.5002	.5002	4.935

Table C-1 - Continued

d/L ₀	d/L	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H ₀	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	C ₀ /C ₀₀	M
.9000	.9000	5.655	1.000	142.9	142.9	.9999	.007000	11.31	40,810	40,810	.5001	.5001	4.935
.9100	.9100	5.718	1.000	152.1	152.1	.9999	.006574	11.44	46,280	46,280	.5001	.5001	4.935
.9200	.9200	5.781	1.000	162.0	162.0	.9999	.006173	11.56	52,470	52,470	.5001	.5001	4.935
.9300	.9300	5.844	1.000	172.5	172.5	.9999	.005797	11.69	59,500	59,500	.5001	.5001	4.935
.9400	.9400	5.906	1.000	183.7	183.7	.9999	.005445	11.81	67,470	67,470	.5001	.5001	4.935
.9500	.9500	5.969	1.000	195.6	195.6	.9999	.005114	11.94	76,490	76,490	.5001	.5001	4.935
.9600	.9600	6.032	1.000	208.2	208.2	.9999	.004802	12.06	86,740	86,740	.5001	.5001	4.935
.9700	.9700	6.095	1.000	221.7	221.7	.9999	.004510	12.19	98,340	98,340	.5001	.5001	4.935
.9800	.9800	6.158	1.000	236.1	236.1	.9999	.004235	12.32	111,500	111,500	.5001	.5001	4.935
.9900	.9900	6.220	1.000	251.4	251.4	1.000	.003977	12.44	126,500	126,500	.5000	.5000	4.935
1.000	1.000	6.283	1.000	267.7	267.7	1.000	.003735	12.57	143,400	143,400	.5000	.5000	4.935

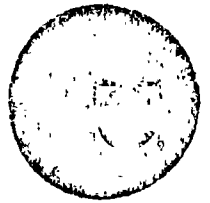
after Wiegel, R. L., "Oscillatory Waves," U.S. Army, Beach Erosion Board, Bulletin, Special Issue No. 1, July 1948.

Table C-2. Functions of d/L for Even Increments of d/L. (from 0.0001 to 1.000)

d/L	d/L ₀	2π d/L	TANH 2π d/L	SINH 2π d/L	COSH 2π d/L	H/H ₀	K	4π d/L	SINH 4π d/L	COSH 4π d/L	n	C ₀ /C ₀₀	M
0	0	0	0	0	1.0000	∞	1.000	0	0	1.000	1.000	0	∞
.0001000	.00000000 6283	.0006283	.0006283	.0006283	1.0000	28.21	1.000	.001257	.001257	1.000	1.000	.0006283	12,500,000
.0002000	.00000000 2514	.001257	.001257	.001257	1.0000	19.95	1.000	.002513	.002513	1.000	1.000	.001257	3,125,000
.0003000	.00000000 1655	.001885	.001885	.001885	1.0000	16.29	1.000	.003770	.003770	1.000	1.000	.001885	1,389,000
.0004000	.00000000 1065	.002513	.002513	.002513	1.0000	14.10	1.000	.005027	.005027	1.000	1.000	.002513	781,300
.0005000	.00000000 1571	.003142	.003142	.003142	1.0000	12.62	1.000	.006283	.006283	1.000	1.000	.003142	500,000
.0006000	.00000000 2262	.003770	.003770	.003770	1.0000	11.52	1.000	.007540	.007540	1.000	1.000	.003770	347,200
.0007000	.00000000 3079	.004398	.004398	.004398	1.0000	10.66	1.000	.008796	.008797	1.000	1.000	.004398	255,100
.0008000	.00000000 4022	.005027	.005027	.005027	1.0000	9.974	1.000	.01005	.01005	1.000	1.000	.005027	195,300
.0009000	.00000000 5090	.005655	.005655	.005655	1.0000	9.403	1.000	.01131	.01131	1.000	1.000	.005655	150,100
.001000	.00000000 6283	.006283	.006283	.006283	1.0000	8.921	1.000	.01257	.01257	1.000	1.000	.006283	125,000
.001100	.00000000 7603	.006912	.006912	.006912	1.0000	8.506	1.000	.01382	.01382	1.000	1.000	.006912	103,000
.001200	.00000000 9048	.007540	.007540	.007540	1.0000	8.144	1.000	.01508	.01508	1.000	1.000	.007540	85,810
.001300	.00001062	.008168	.008168	.008168	1.0000	7.824	1.000	.01634	.01634	1.000	1.000	.008168	72,970
.001400	.00001231	.008796	.008796	.008797	1.0000	7.539	1.000	.01759	.01759	1.000	1.000	.008796	62,780
.001500	.00001414	.009425	.009425	.009425	1.0000	7.284	1.000	.01885	.01885	1.000	1.000	.009425	55,560
.001600	.00001608	.01005	.01005	.01005	1.0001	7.052	.9999	.02011	.02011	1.000	1.000	.01005	49,810
.001700	.00001816	.01068	.01068	.01068	1.0001	6.842	.9999	.02136	.02136	1.000	1.000	.01068	45,200
.001800	.00002036	.01131	.01131	.01131	1.0001	6.649	.9999	.02262	.02262	1.000	1.000	.01131	41,580
.001900	.00002269	.01194	.01194	.01194	1.0001	6.472	.9999	.02388	.02388	1.000	1.000	.01194	38,700



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

DESARROLLO DE LAS ESCOLLERAS

ING. FRANCISCO MENDOZA VON BORSTEL

SEPTIEMBRE, 1978.

Les travaux ont été entrepris à la date du 1^{er} mars 1973, à l'issue d'une phase expérimentale, au cours de laquelle, dès mars 1972, a été construite la route d'accès du terminal et a été ouverte la carrière

A la fin de 1973, le port de service et la majeure partie du terre-plein étaient terminés, et la grande digue s'avancé de 300 mètres en mer.

Le 1^{er} juin 1975, la digue, construite jusqu'aux appointements pétroliers, permettra la mise en service du premier d'entre eux.

Le 1^{er} décembre 1975, les dragages seront achevés.

Le 1^{er} février 1976, la digue aura atteint son extrémité et le 1^{er} juillet 1976, l'ensemble des travaux de la première étape sera totalement achevé

Le Port Autonome est maître d'ouvrage et maître d'œuvre de l'ensemble des travaux d'infrastructure. Ceux-ci ont été confiés, après appel d'offres avec concours à un groupement d'entreprises comprenant :

- Cie Française d'Entreprises,
- Bos & Kalis,
- Atlantique Dragage,
- Citra-France,
- G.T.M. Travaux Publics,
- Dumez,
- Quille

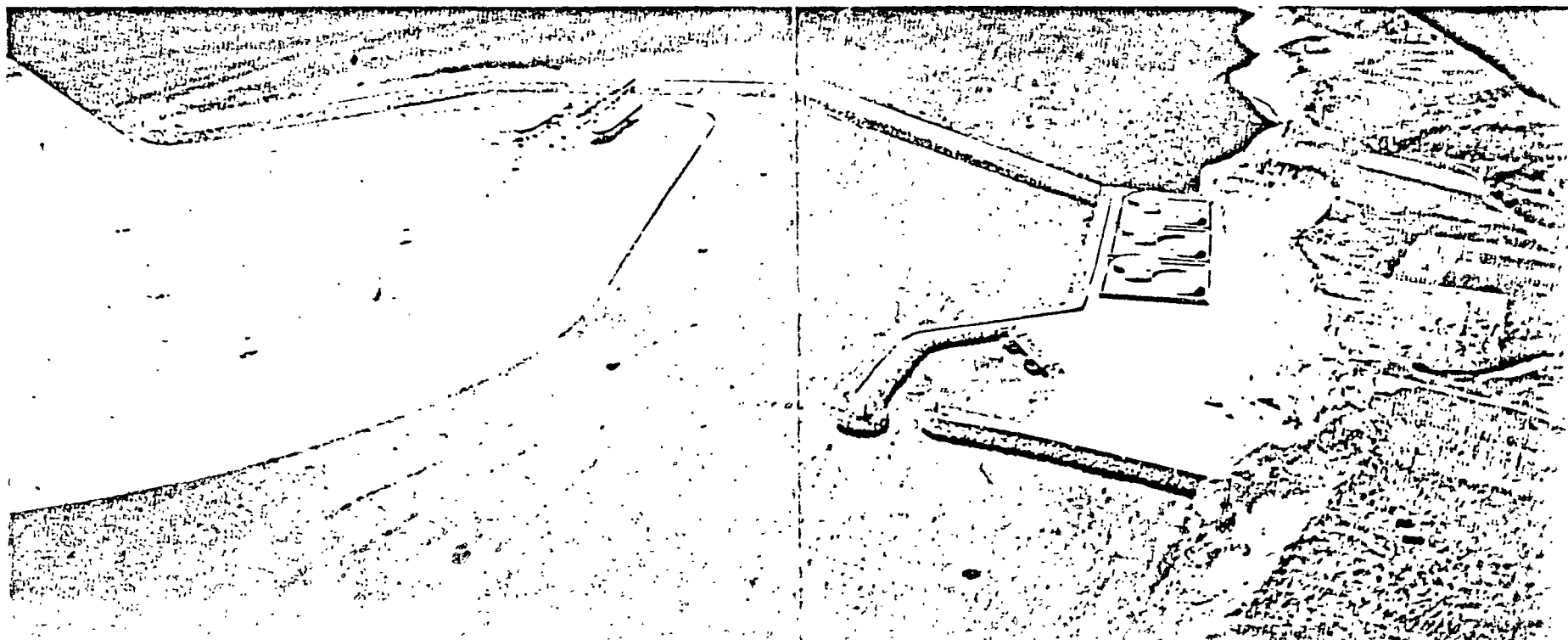
La Compagnie Industrielle Maritime est maître d'ouvrage et maître d'œuvre de l'ensemble des travaux d'équipement pétrolier (appointements, pipe-lines, bacs de stockage, station de pompage et oléoduc de liaison Antifer-Le Havre).

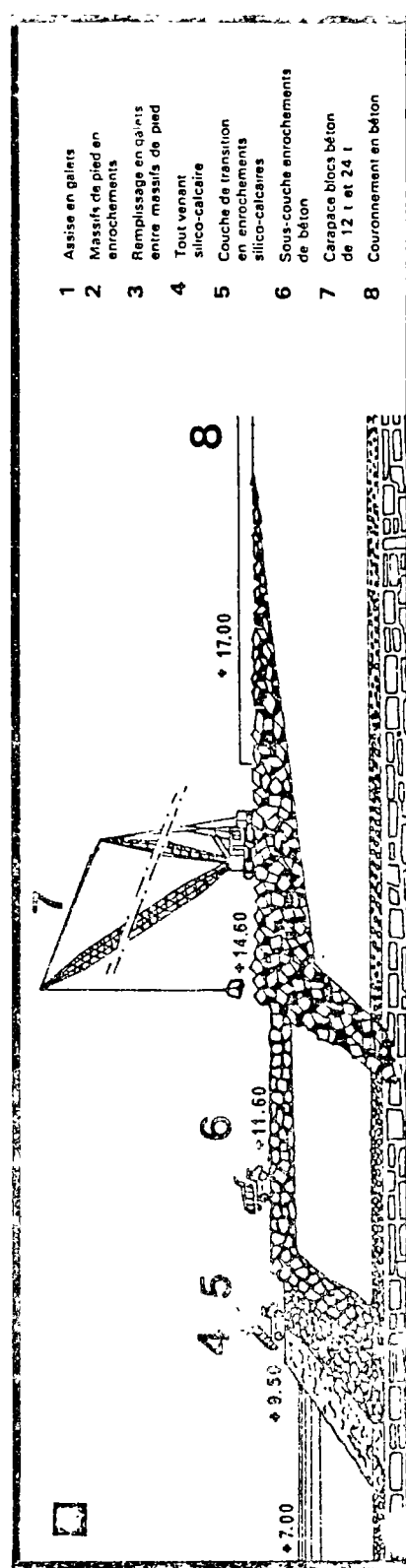
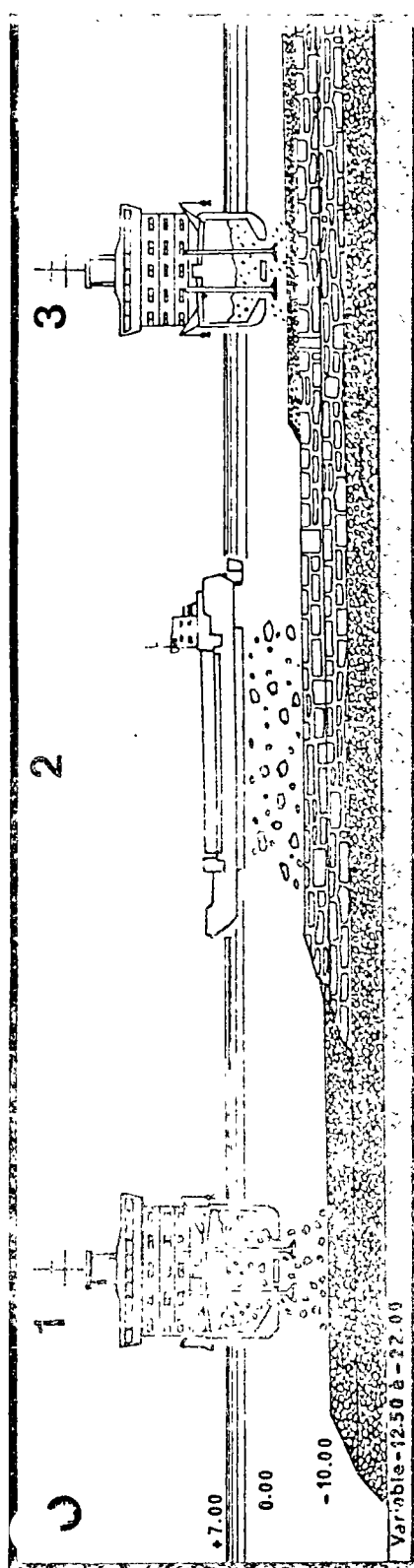
JANVIER 1974



LE PORT DU HOMME ANTIFER

EPAGE - LE HAVRE

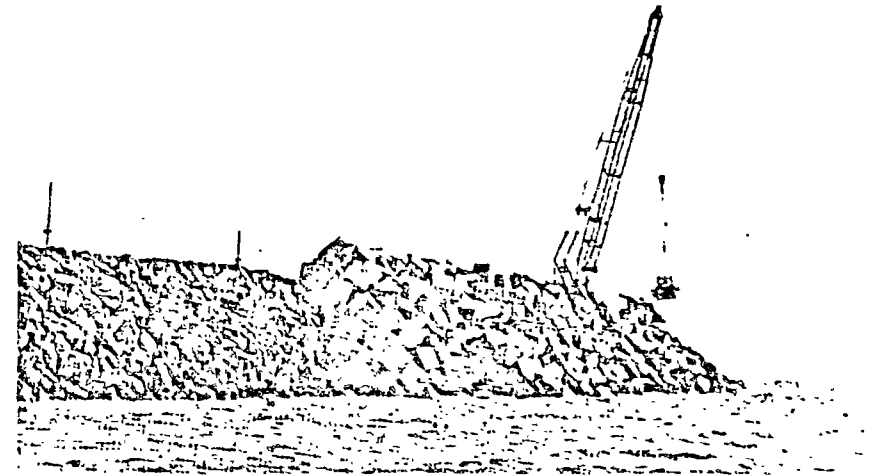




- 1 Assise en galets
- 2 Massifs de pied en enrochements
- 3 Remplissage en galets entre massifs de pied
- 4 Tout venant silico-calcaire
- 5 Couche de transition en enrochements silico-calcaires
- 6 Sous-couche enrochements de béton
- 7 Carapace blocs béton de 12 t et 24 t
- 8 Couronnement en béton

La digue principale sera construite en deux phases :

- - par voie maritime : clapage de galets en sousassement, des matériaux constituant les massifs de pied, et de la partie inférieure du noyau
 - - par voie terrestre :
 - déversement au camion, à l'avancement du noyau.
 - protection quasi simultanée du noyau au moyen de la couche de transition et de la sous-couche, mises en place toutes deux par déversement des camions.
 - mise en place à la grue des blocs cubiques constituant les butées de pied et les carapaces.
- coulage des superstructures



Mise en place de la carapace

MOYENS D'EXÉCUTION

Les dragages seront effectués au moyen d'une drague aspiratrice en marche, de 9 000 m³ de capacité, pouvant draguer à 38 m de profondeur et capable d'extraire 1.000.000 m³ de sable par mois.

Les sousassements en galets seront édifiés par clapage de matériaux dragués par dragues aspiratrices.

Les massifs de pied seront construits au moyen de chalands à clapets.

Les opérations menées par voie terrestre feront appel à :

- une trentaine de tombereaux de 35 t,
- une grue sur chenilles de 30 t à 47 m de portée, affectée à la construction des carapaces de la digue principale,
- une grue sur chenilles de 15 t à 45 m de portée, utilisée sur les ouvrages de protection secondaire pouvant assister la grue principale,
- deux grues sur chenilles de 15 t à respectivement 28 et 21 m, réservées aux manœuvres de blocs sur les aires de fabrication.

Les blocs hydrauliques, chargeuses, bouteilles, pompes à béton, ponts-

Les blocs sont fabriqués en deux catégories, respectivement, 320 et 240 tonnes.

DIGUE DE PROTECTION

La digue principale, dont le profil est identique à celui des digues du port de service est du type « digue à talus » constituée de matériaux de diverses origines :

- galets dragués dans l'estuaire de la Seine et dans les zones de dragage du terminal pétrolier,
- matériaux silico-calcaires extraits dans une carrière ouverte dans les falaises mêmes du site,
- enrochements de béton fabriqués sur le chantier au moyen d'agrégats dragués dans l'estuaire de la Seine,
- blocs cubiques de béton, fabriqués également d'agrégats dragués massifs de béton coulés sur place.

Sur un soubassement en galets (1) édifié jusqu'à la cote (-10) sur une largeur de 200 m, sont construits deux massifs de pied (2), comprenant une couche de matériaux silico-calcaires de 0,2 t d'une épaisseur de 1,70 m et une couche d'enrochement de béton de 1/3 t, d'une épaisseur de 2,10 m

Entre ces massifs, est mis en place le noyau de la digue, en galets jusqu'à la cote (-5) et en matériaux tout-venant silico-calcaires (3) jusqu'à la cote (9,50)

Le noyau est protégé par :

- une couche de transition (4) en enrochements silico-calcaires de 0,5/2 t, de 1,70 m d'épaisseur,
- une sous-couche d'enrochements de béton (5) de 1/3 t du côté du port, et de 1/5 t du côté du large, d'épaisseurs respectives de 1,80 m et 2,10 m,
- une carapace en blocs cubiques de béton (6) de 12 t du côté du port, de 24 t du côté du large, sur des épaisseurs respectives de 3,50 m et 4,40 m, s'appuyant sur une butée disposée sur les massifs de pied

Le couronnement en béton (7), assis sur une couche d'enrochements de béton de 0/2 t, consiste en un mur et une plate-forme à la cote (14,70) à l'intérieur de laquelle seront disposées les canalisations de pétrole

A son extrémité, la digue aura pratiquement 40 mètres de hauteur et 200 mètres de largeur de base.

★

★ ★

VOLUME DES TRAVAUX

La construction de l'ensemble des ouvrages nécessitera la mise en œuvre de :

- 5 350 000 m³ de galets en soubassement,
- 11 000 000 t de matériaux silico-calcaires extraits dans les falaises,
- 5 000 000 m³ de matériaux provenant de la couverture de carrière et mis en terre-plein,
- 1 500 000 m³ de béton

L'approfondissement du chenal et des zones de manœuvre nécessitera le dragage de 30 000 000 m³ de sables et galets

La route taillée dans la falaise, assurant la desserte du chantier et l'exploitation future du port, aura elle-même nécessité le mouvement de 450 000 m³ de matériaux de toutes natures.

reçoit sans difficulté les pétroliers de 260 000 tdw (longueur : 350 m largeur : 54 m tirant d'eau : 20-50 m). Compte-tenu de l'évolution rapide de la taille des pétroliers vers le gigantisme il est apparu que l'adaptation du port actuel à la réception des navires au-delà de 260 000 tdw ne pouvait conduire, malgré des travaux et des investissements considérables qu'à des résultats limités et qui seraient rapidement dépassés.

Il fallait rechercher une solution à l'extérieur du port actuel comportant l'aménagement d'un terminal pétrolier dans des fonds tels que soit possible la réception des navires de 540 000 tdw en première étape et de 1 000 000 tdw ultérieurement.

POURQUOI CONSTITUER UN PORT À LA CÔTE ?

Près de la moitié de l'énergie consommée dans le monde étant fournie par le pétrole, il faudra faire face dans les années à venir à l'accroissement continu des besoins énergétiques de la France et de l'Europe. L'ampleur de ces besoins implique un changement d'échelle des transports maritimes et un nouvel accroissement de la taille des pétroliers.

L'utilisation des grands pétroliers entraînera des économies substantielles sur le coût du transport : de l'ordre de 5 francs par tonne entre le Golfe Persique et le Havre en utilisant un navire de 500 000 tdw, au lieu d'un 200 000 tdw, soit 2 millions F par navire et par voyage. Ainsi le port du Havre pourra ravitailler dans des conditions avantageuses les 8 raffineries qui lui sont directement rattachées (7 dans la vallée de la Seine et 1 à Valenciennes) avec une capacité totale de raffinage qui dépassera en 1975 70 millions de tonnes. Compte-tenu des difficultés qu'auront ces grands pétroliers à desservir les ports de la mer du Nord, le port du Havre bénéficie d'une situation exceptionnelle pour améliorer sa position concurrentielle et étendre son hinterland vers la Belgique et l'Allemagne qui pourront être ravitaillés directement au départ d'Antifer par un oléoduc de grand diamètre et par remport maritime.

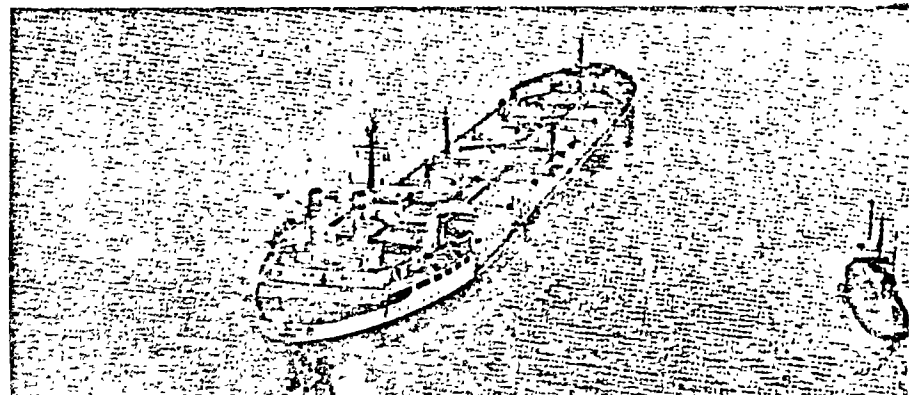
Les premières études entreprises par le Port Autonome débutèrent en 1967 sur la fosse dite « Parfond » à 25 km à l'ouest du Havre et par la suite au large du cap d'Antifer, à 10 km de la côte.

3 solutions pouvaient être envisagées pour la réception des grands pétroliers :

- Aménagement de postes sur bouée
- Construction d'une île artificielle au large
- Construction d'un port à la côte.

Si le projet d'un « port à la côte » à St-Jouin-Bruneval a été finalement retenu, c'est essentiellement, en dehors des facilités offertes par le site, pour les trois raisons suivantes :

- le port à la côte est apparu comme une solution plus classique comportant une sécurité accrue pour la manœuvre des navires,
- il réserve des possibilités, dans l'avenir, d'extension et de développement importantes notamment pour assurer d'autres trafics que le trafic pétrolier
- du point de vue de la lutte contre la pollution, le port à la côte présente des garanties meilleures.



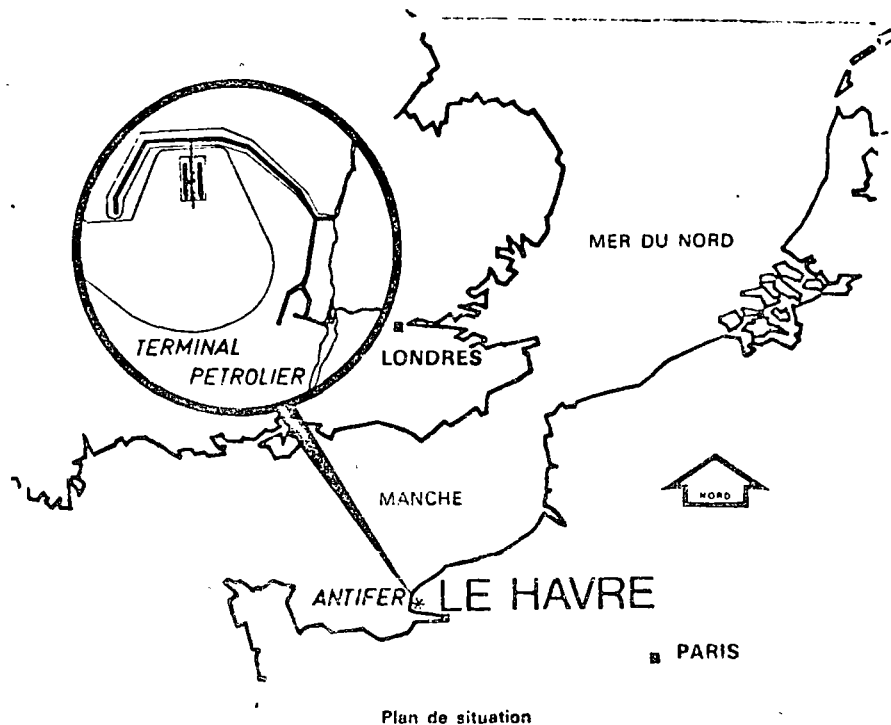
- Le projet comporte essentiellement, en première étape
- une digue protégeant le port du côté Nord,
- une zone d'évolution,
- des équipements pétroliers,
- un terre-plein le long du rivage et un port de service

Ces ouvrages pourront être complétés ultérieurement, suivant l'évolution du trafic, par une digue de protection du côté Sud et par de nouveaux appointements

Océanographie : L'implantation et le tracé de la digue de protection, étudiés en laboratoire d'hydraulique, donnent le meilleur abri contre les courants. Ceux-ci, alternatifs dans leurs directions, et sensiblement parallèles au rivage, sont des courants de marée, atteignant une vitesse de 3 nœuds en vive eau. Placé dans l'ombre du Cap d'Antifer, le port est totalement protégé de l'action des courants de jusant et, durant 6 heures, à partir du moment de la pleine mer, la vitesse du courant, à l'abri de la digue, est inférieure à 0,15 m/s.

La digue construite au Nord du port, assure à celui-ci, la protection contre les houles dominantes de NW (H décennale : 6,50 m).

L'implantation des ouvrages résulte aussi de l'obligation que s'est imposée le Port Autonome, de ne pas affecter la plage de Bruneval, siège de l'un des hauts faits de la dernière guerre mondiale



DESCRIPTION GÉNÉRALE

Situé à 20 km au Nord du chenal d'accès au port du Havre, le terminal pétrolier d'Antifer est implanté à 4 km au Sud du Cap d'Antifer, à Saint-Jouin-Bruneval.

CONDITIONS NATURELLES DU SITE

L'implantation, le tracé et les caractéristiques des ouvrages, tiennent compte des conditions hydrographiques, géologiques et océanographiques du site

Hydrographie : En baie de Seine, c'est au large d'Antifer que les isobathes (-25) et (-30), correspondant respectivement aux tirants d'eau des navires de 540 000 tdw et 1.000 000 tdw se rapprochent le plus de la côte.

Géologie : Perpendiculairement au rivage, devant Saint-Jouin-Bruneval, entre un bed rock marneux au Sud et un bed rock calcaire au Nord, ne pouvant l'un et l'autre être creusés par des moyens classiques de dragage, se développe une bande sableuse, large de 3 km, susceptible d'être approfondie jusqu'à la cote (-32), c'est-à-dire 32 mètres en dessous des plus basses mers d'équinoxe.

CONDITIONS D'ACCUEIL DES SUPER-PÉTROLIERS

Le tracé et les dimensions, du port et de ses ouvrages ont également été déterminés à partir des caractéristiques des superpétroliers de 540 000 tdw (longueur : 415 m ; largeur : 63 m ; tirant d'eau : 28,50 m) d'ores et déjà commandés

Les conditions naturelles du site permettront un développement futur du port qui pourra être adapté aux caractéristiques des navires de 1.000.000 tdw (longueur : 500 m ; largeur : 90 m ; tirant d'eau 33 à 35 m).

Il sera réservé un pied de pilote de 10 % du tirant d'eau des plus gros navires et ceux-ci disposeront d'une distance d'arrêt de l'ordre de 5 fois leur longueur.

Les navires seront, comme actuellement, recus à marée haute (l'étale de pleine mer dure 3 heures ; son niveau est de 6 à 8 m plus élevé que celui de la basse mer).

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES OUVRAGES

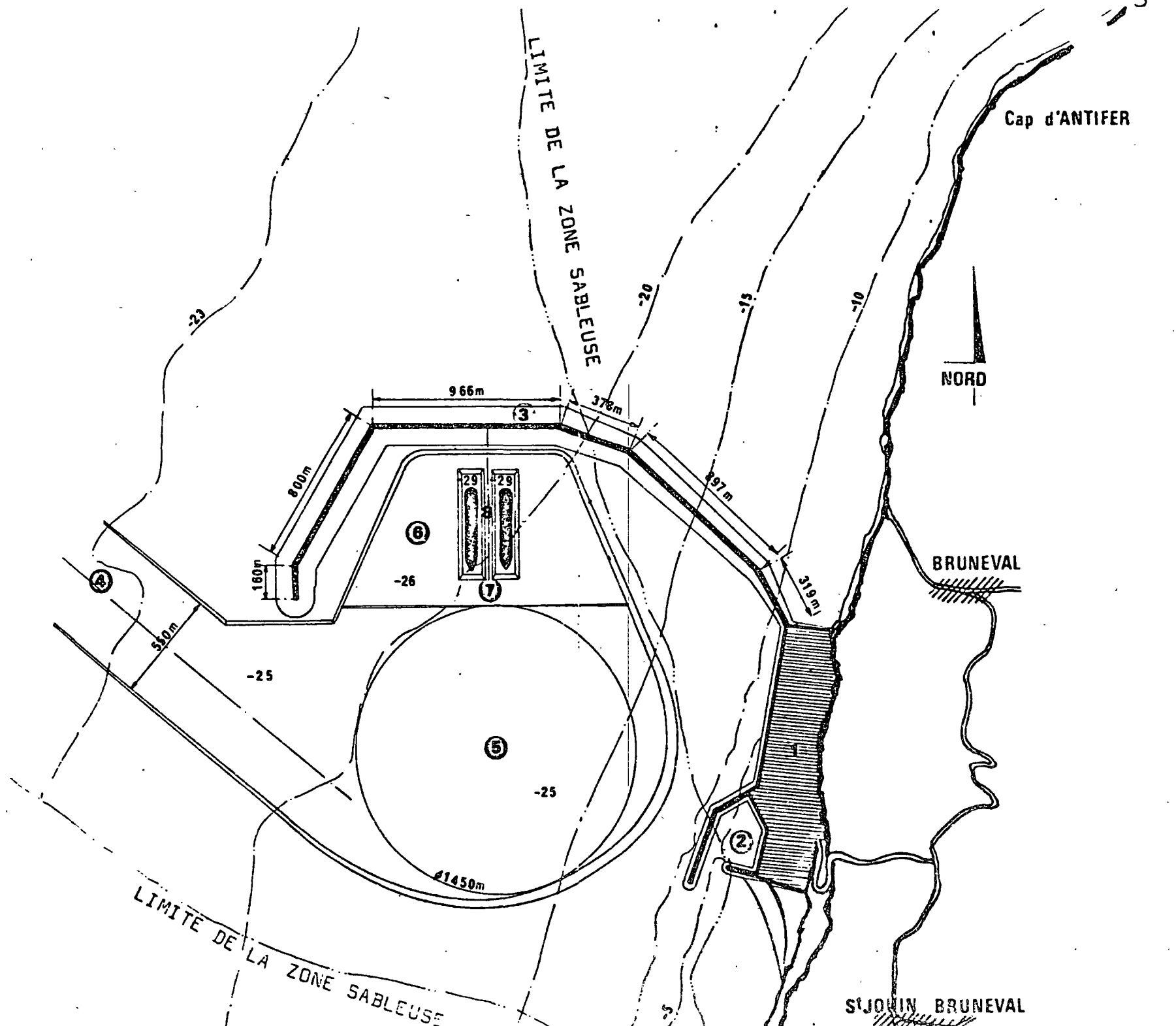
Le terminal pétrolier, à l'issue de la première étape de sa construction (conçue pour l'accueil des navires de 540.000 tdw), comportera :

- Un terre-plein de 35 ha (1) en pied de falaise (longueur : 1.300 m, largeur moyenne : 250 m) destiné au stockage d'hydrocarbures (1.500 000 m³) et aux installations d'exploitation portuaire.
- Un port de service de 6 ha (2) abritant les remorqueurs et autres engins de servitude.
- Une digue de protection Nord (3) se développant sur 3 500 m, conçue en dique à talus et implantée par des fonds de (-8) à (-22).
- Un chenal d'accès (4) dragué à (-25), de 550 m de largeur au plafond, un cercle d'évitage (5) de 1.450 m de diamètre à (-25), une zone de manœuvre (6) à (-26), des souilles aux postes d'accostage (7) à (-29)
- Deux appointements pétroliers (8) conçus pour des navires de 1 000 000 tdw, reliés par oléoducs aux stockages du terre-plein.

Le pétrole, directement déchargé des navires dans les bacs de stockage d'Antifer, sera repris, par pompage, et acheminé jusqu'aux installations du port du Havre au moyen d'un oléoduc de 25 km.

4 →

5



Cap d'ANTIFER

NORD

BRUNEVAL

S'JOVIN BRUNEVAL

LIMITE DE LA ZONE SABLEUSE

LIMITE DE LA ZONE SABLEUSE

966m

376m

497m

319m

180m

800m

550m

∅1450m

-25

-25

-26

-23

-20

-15

-10

-5

④

⑥

⑤

⑦

③

②

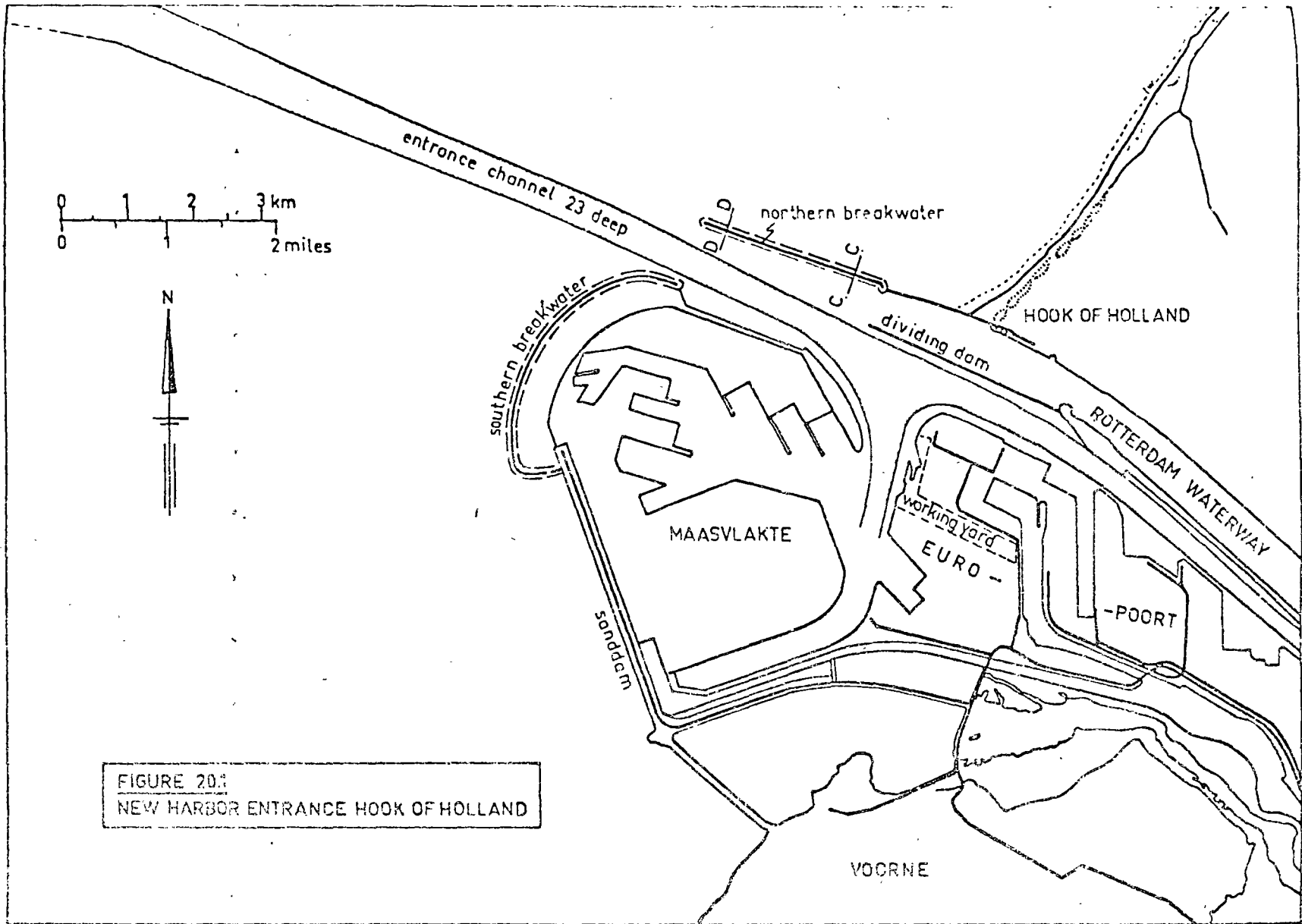
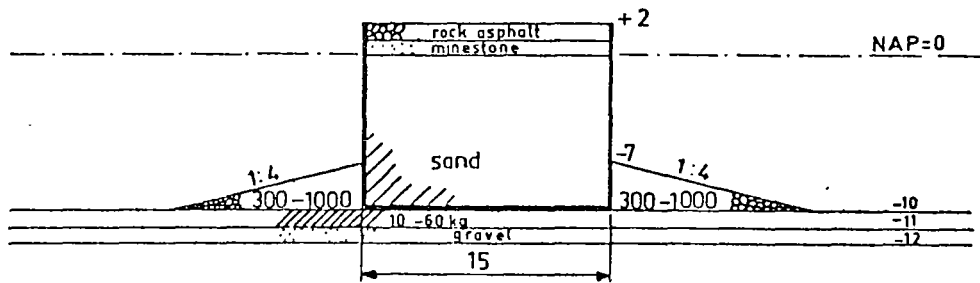


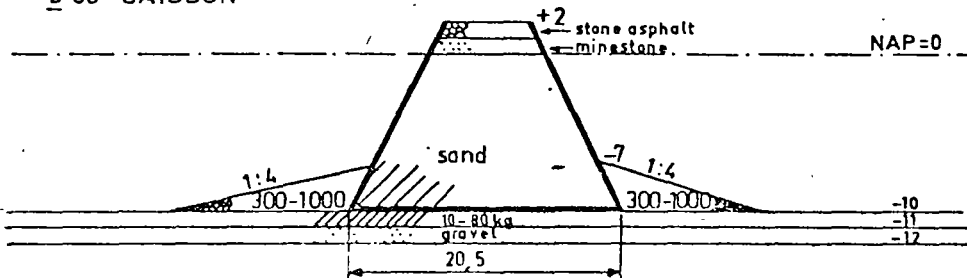
FIGURE 20.1
NEW HARBOR ENTRANCE HOOK OF HOLLAND

Figure 20.2
PROPOSED DESIGNS FOR NORTH BREAKWATER

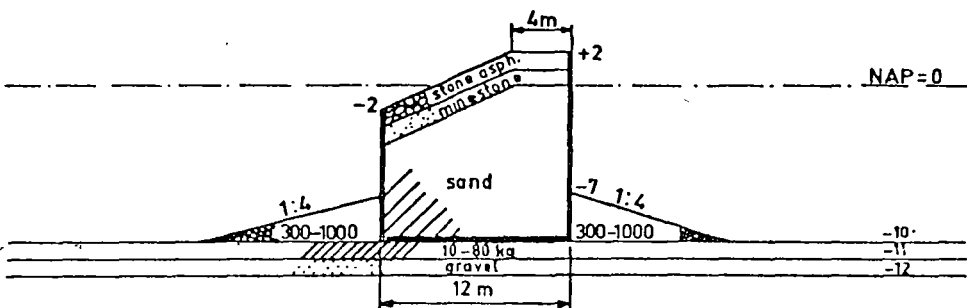
a 90° CAISSON



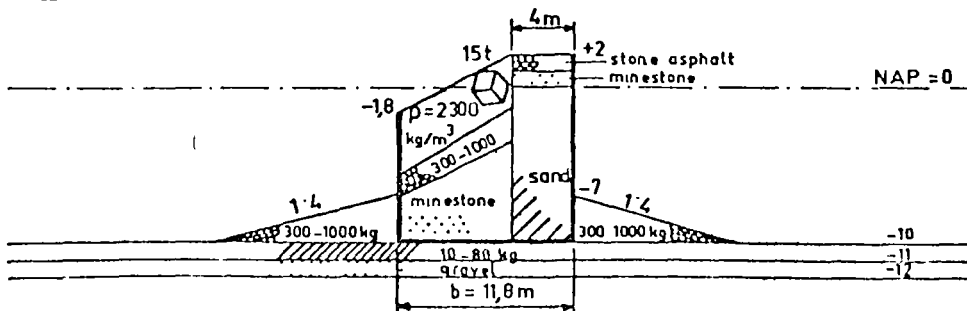
b 60° CAISSON



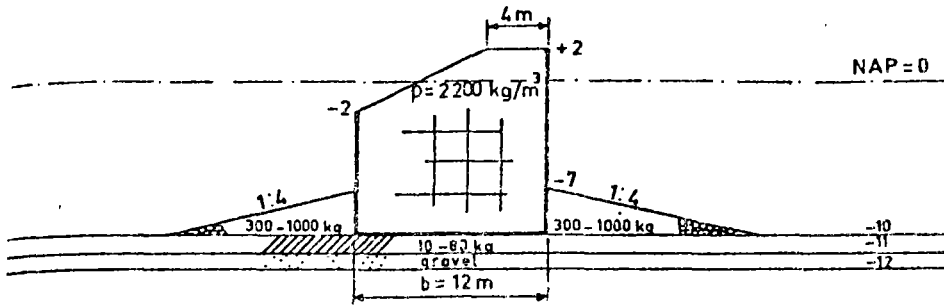
c „HANSTHOLM” CAISSON



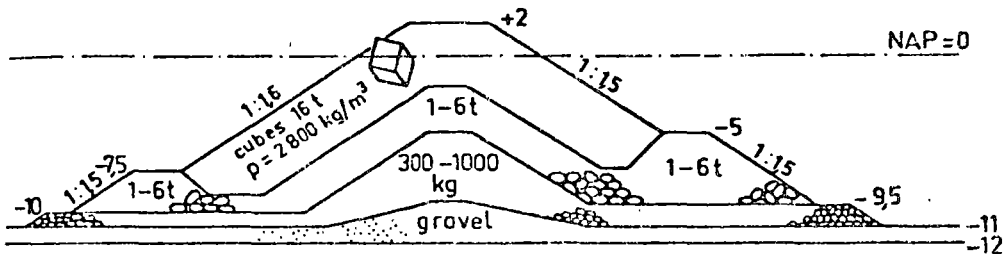
d „HANSTHOLM” CAISSON WITH CUBES



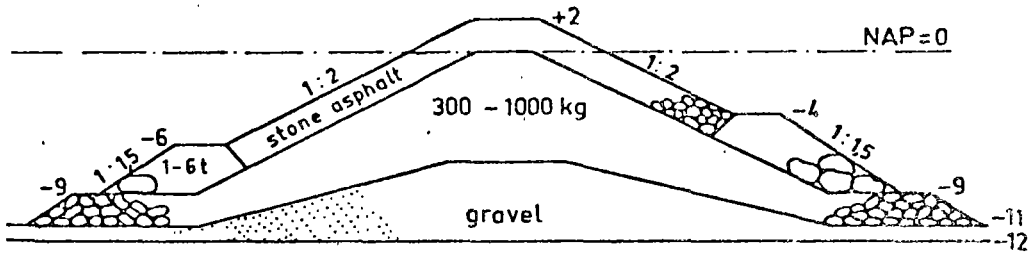
e „HANSTHOLM“ BLOCK WALL



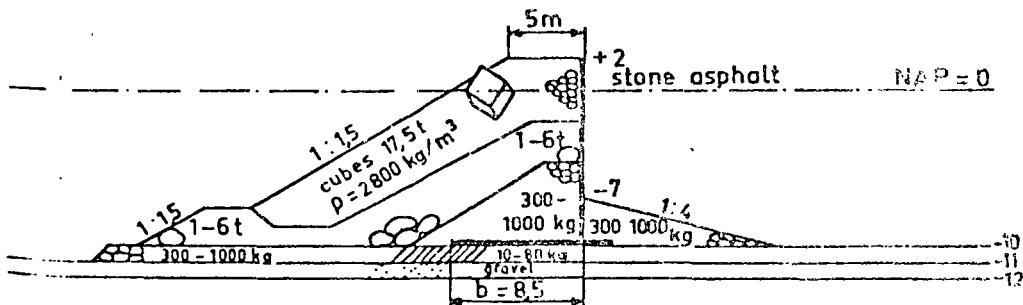
f CONCRETE CUBE RUBBLE MOUND



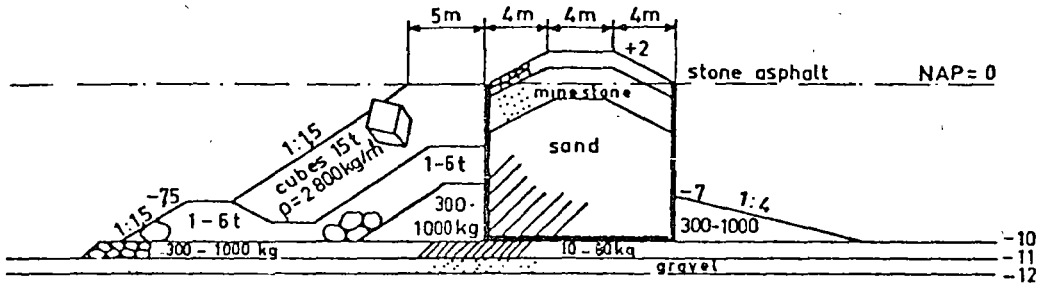
g STONE ASPHALT RUBBLE MOUND



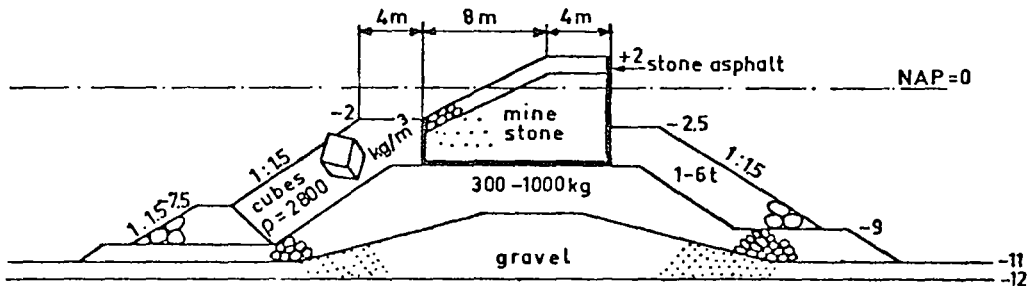
h CONCRETE CUBES WITH RETAINING WALL



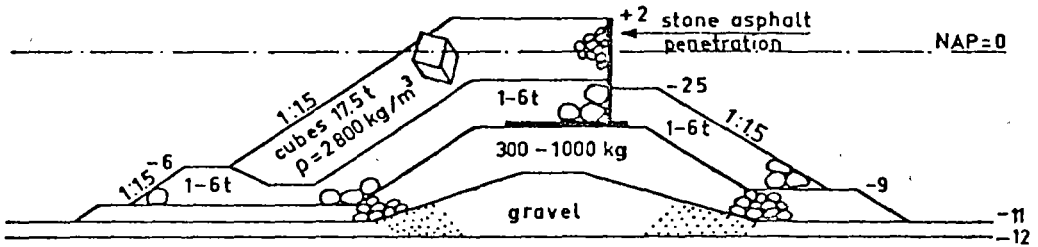
i. CAISSON CUBES



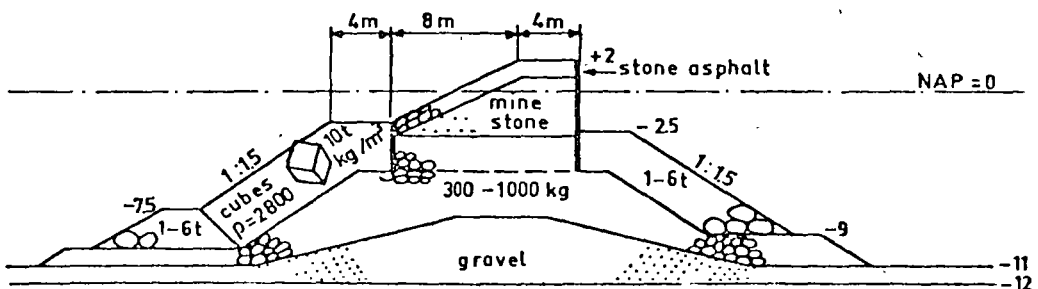
j. RETAINING WALL ON RUBBLE MOUND



k. RETAINING WALL ON RUBBLE MOUND



l. CONCRETE CUBES WITH CREST STRUCTURE



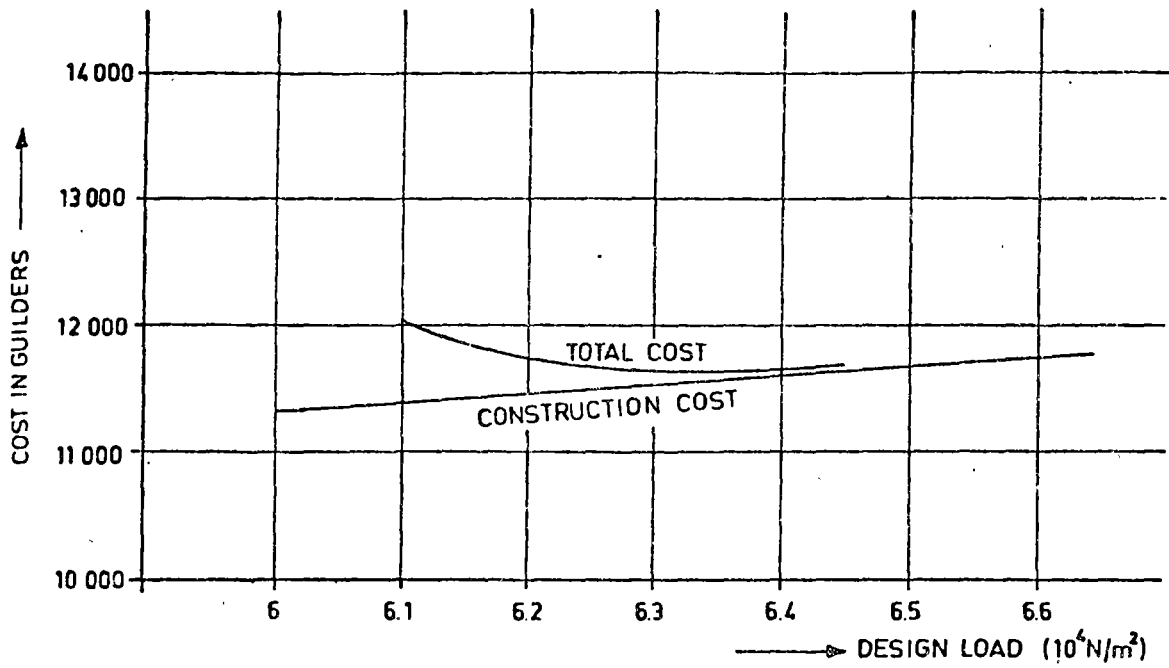


Figure 20.3a
OPTIMIZATION CURVE FOR
"HANSTHOLM" CAISSON

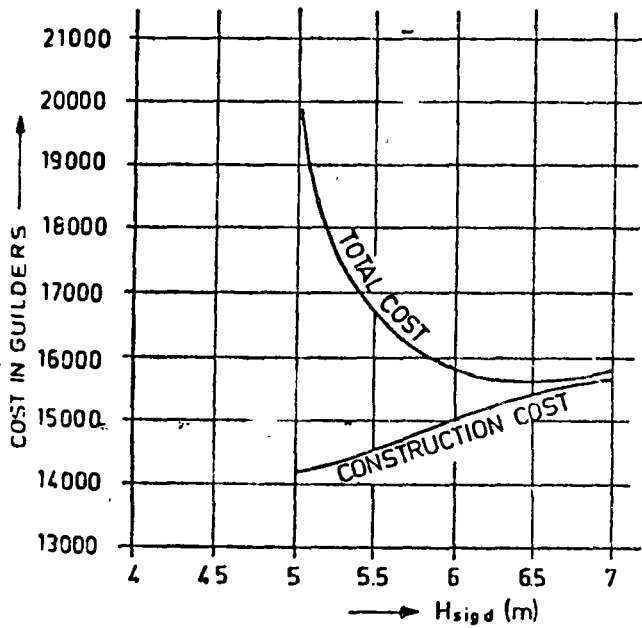


Figure 20.3b
OPTIMIZATION CURVE FOR
CUBE RUBBLE MOUND

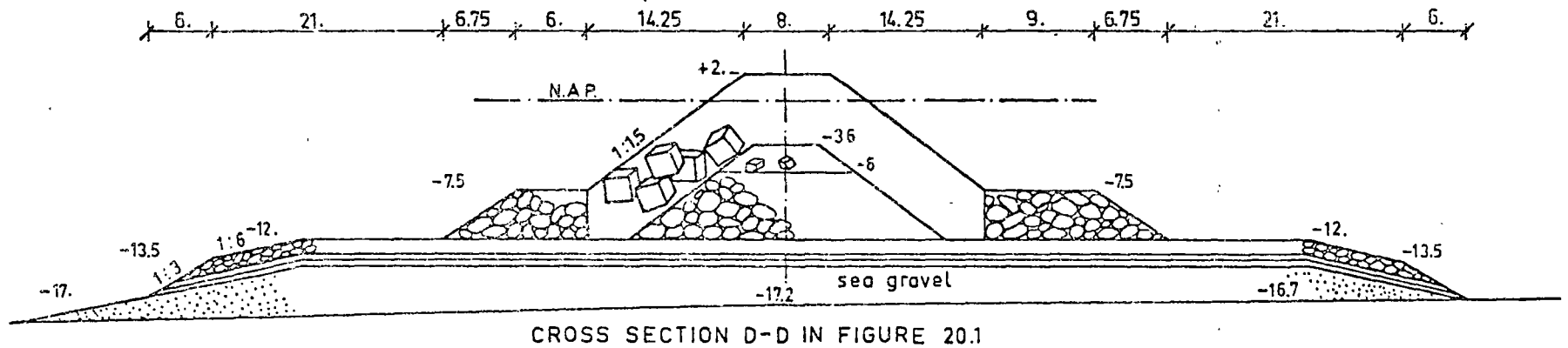
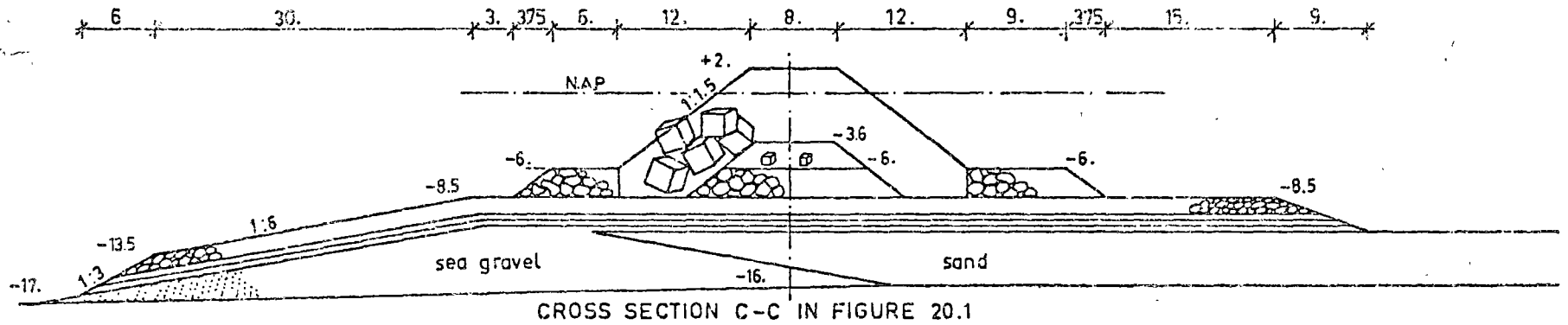


Figure 20.4
CROSS SECTIONS OF
NORTH BREAKWATER

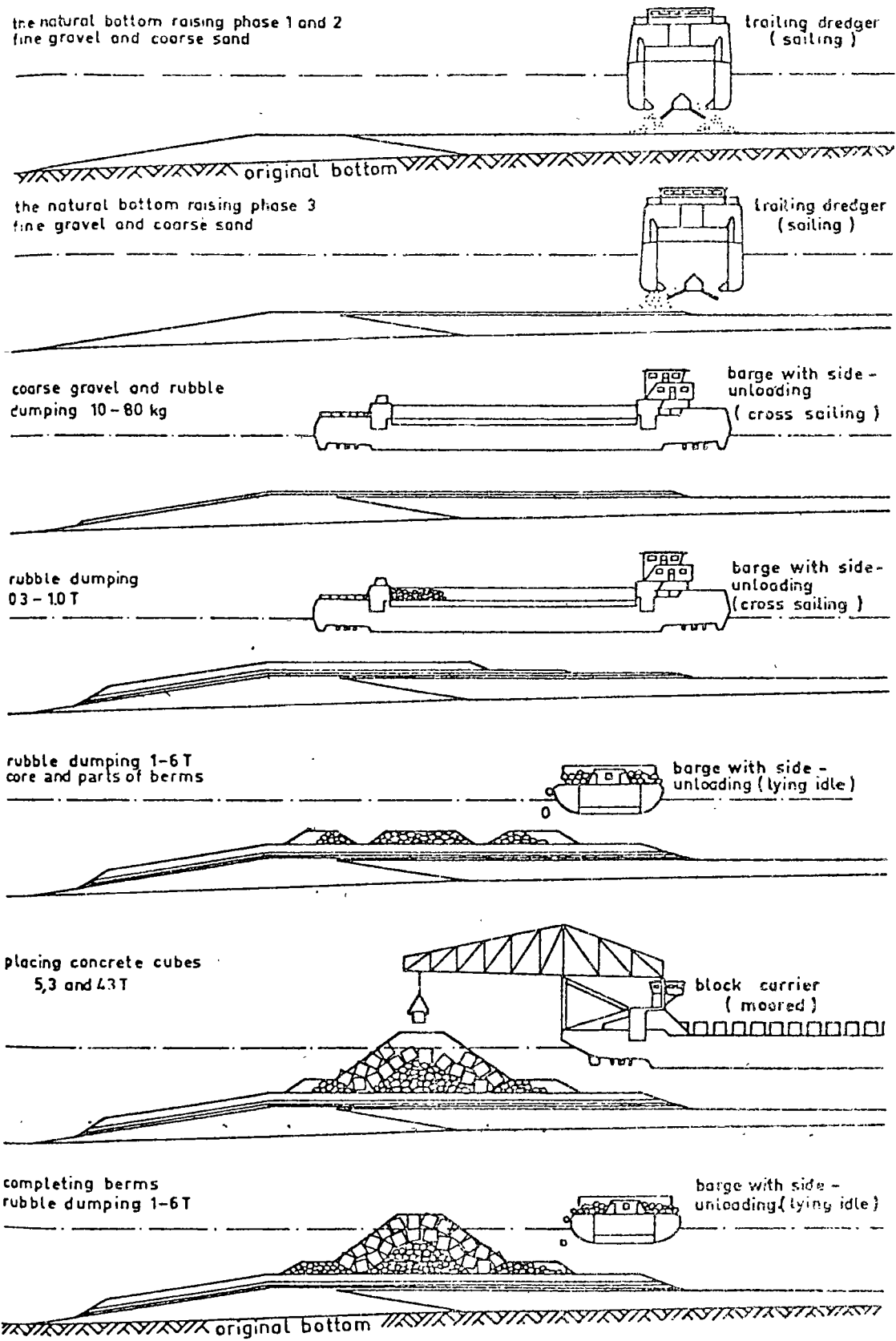


Figure 20.5
(CONSTRUCTION) PHASES OF NORTH BREAKWATER



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de Ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

PROYECTO DE OBRAS PORTUARIAS

ING. JULIO PINDTER VEGA

SEPTIEMBRE, 1978.

I N D I C E .

GENERALIDADES	1
DETERMINACION DE LAS NECESIDADES PORTUARIAS	1
DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO	2
BARCOS DE CARGA GENERAL	4
BARCOS PARA CONTENEDORES	4
BUQUES TANQUES	4
BARCOS MINERALEROS	7
DIMENSIONES DE LA BOCANA DE UN PUERTO	12
PROFUNDIDAD EN EL PUERTO	12
CANALES DE ACCESO Y DE NAVEGACION	15
DARSENAS DE CLABOGA	15
DARSENAS DE OPERACION	18
OBIZAS INTERIORES	21
INSTALACIONES PARA BARCOS DE CARGA GENERAL FRACCIONADA	23
INSTALACIONES PARA BARCOS PORTA CONTENEDORES	25
INSTALACIONES PARA BARCOS PARA MANEJO DE LIQUIDOS Y GRANELES	27
INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO A CUBIERTO	27
VIALIDAD	31
APENDICE (TABLAS)	35

PROYECTO DE OBRAS PORTUARIAS

1.- GENERALIDADES.

UNO DE LOS ASPECTOS COMPRENDIDOS EN LOS ESTUDIOS DE PLANEACION DE UN PUERTO, QUIZA EL MAS IMPORTANTE, ES LA DETERMINACION DE LAS NECESIDADES A LARGO PLAZO, TALES COMO: ASENTAMIENTOS HUMANOS, VIALIDAD, SERVICIOS GENERALES, TERRENOS DE RESERVA Y LA PROPIA ZONA PORTUARIA.

LOS FACTORES DETERMINANTES EN ESTOS ESTUDIOS SON: LAS CARACTERISTICAS COMERCIALES E INDUSTRIALES QUE SE ESPERA SE DESARROLLEN EN EL AREA, Y EN FORMA ESPECIAL LA EXTENSION Y NATURALEZA DE LA ZONA DE INFLUENCIA TERRESTRE Y MARITIMA, ASI COMO LA TENDENCIA QUE DEL DESARROLLO Y COMPOSICION DEL TRAFICO MARITIMO Y TERRESTRE.

LA INTERDEPENDENCIA DEL TRAFICO PORTUARIO Y EL DESARROLLO ECONOMICO DE LA ZONA DE INFLUENCIA ES UNA TESIS DEMOSTRADA, AL GRADO DE PODER AFIRMAR QUE UN PUERTO VALE LO QUE VALE SU ZONA DE INFLUENCIA.

LA SUPERFICIE TERRESTRE DEL PUERTO TIENE DOBLE OBJETO, UNO ESTRICTAMENTE PORTUARIO QUE COMPRENDE LAS ZONAS EN LAS CUALES SE DESARROLLAN LAS OPERACIONES TRADICIONALES DE MANIPULACION DE LAS MERCANCIAS Y EL ESPACIO PARA LAS ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, TALES COMO: EMPRESAS DE MANIOBRAS, AGENTES APUANALES, CONSIGNATARIOS DE LA CARGA, AGENTES DE BUQUES Y LAS AUTORIDADES LIGADAS A LA OPERACION DEL PUERTO, Y OTRO QUE REUNE TODA LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL PUERTO, ASI COMO LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS, PUDIENDO AFIRMAR QUE DE ACUERDO COMO SE PLANEE CADA UNO DE LOS ASPECTOS ANTES MENCIONADOS Y SU INTERRELACION, SE TENDRAN LOS RESULTADOS DE LA PLANEACION GENERAL DEL PUERTO.

2.- DETERMINACION DE LAS NECESIDADES PORTUARIAS.

PARA ESTIMAR LAS NECESIDADES PORTUARIAS, PODEMOS EMPLEAR, UN ES-

QUEMA FUNDAMENTAL DEL PUERTO, QUE NOS INTERRELACIONE LOS SIGUIENTES FACTORES:

TRANSPORTE
MARITIMO

OPERACION DE
TRANSBORDO

TRANSPORTE
TERRESTRE.

DE ACUERDO CON LA MISION DEL PUERTO, LOS FACTORES DEL ESQUEMA SE RIAN:

TRANSPORTE MARITIMO	OPERACION DE TRANSBORDO	TRANSPORTE TERRESTRE.
ZONAS MARITIMAS DE FON DEC Y OPERACION.	INSTALACIONES DE ATRAQUE E INSTALACIONES TERRESTRES.	VIALIDAD

EN RESUMEN, LAS NECESIDADES PORTUARIAS A ESTUDIAR SON:

- A).- SUPERFICIES MARITIMAS
- B).- INSTALACIONES DE ATRAQUE Y ZONAS DE OPERACION
- C).- SUPERFICIES TERRESTRES.

LAS AREAS DESTINADAS A CADA UNA DE LAS NECESIDADES PORTUARIAS -- ANOTADAS, DEBERAN FORMAR UN CONJUNTO ARMONICO, YA QUE EL PUERTO ES UNA -- "UNIDAD", Y SI UNA DE SUS PARTES NO GUARDA LA PROPORCION DEBIDA, SE FORMARA UN "ESTRANGULAMIENTO" Y EL PUERTO TRABAJARIA DEFICIENTEMENTE, PRODUCIENDOSE UN AUMENTO EN LOS COSTOS DE OPERACION, QUE REDUNDARIA EN UN AUMENTO DE LOS COSTOS TERMINALES DEL TRANSPORTE DE MERCANCIAS.

PARA EL DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO, ENTRE OTROS ASPECTOS, DEBERA TOMARSE EN CUENTA:

- A).- DIMENSIONES Y TENDENCIAS EN TAMAÑO Y TIPO DE LOS BARCOS QUE ARRI
BARAN AL PUERTO.

- B).- DATOS METEOROLOGICOS DEL LUGAR, TALES COMO: REGIMEN DE VIENTOS, MAREAS, CORRIENTES MARINAS, LLUVIAS, ETC.
- C).- CARACTERISTICAS FISICAS DEL FONDO MARINO DENTRO Y EN LAS INMEDIACIONES DEL PUERTO.
- D).- CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE AYUDA A LA MANIOBRA DE FONDEO Y ATRAJUE DE EMBARACIONES (REMOICADORES).
- E).- SISTEMA DE TRANSPORTE TERRESTRE QUE SE EMPLEARA (CARRETERA, FERROVIARIO, POR DUCTOS O FLUVIAL).
- F).- ZONIFICACION DEL AREA DE TIERRA PARA ALOJAR:
- A).- ZONA PORTUARIA.
 - B).- ZONA ADMINISTRATIVA
 - C).- ZONA COMERCIAL
 - D).- ZONA INDUSTRIAL
 - E).- ZONA HABITACIONAL.

A CONTINUACION VEREMOS CADA UNO DE LOS ASPECTOS ANTES ENUMERADOS. DIMENSIONES Y TENDENCIAS EN TAMAÑO Y TIPO DE LOS BARCOS QUE ARRIBARAN AL PUERTO:

PARA EL DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO, EL DATO BASE MAS IMPORTANTE ES LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DEL BARCO TIPO QUE SE CONSIDERARA PARA EL DISEÑO DE LAS DIFERENTES AREAS DE AGUA Y SUS CORRESPONDIENTES AREAS TERRESTRES

EN TERMINOS GENERALES SE PUEDE CONSIDERAR QUE PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS CLASIFICADAS COMO DE "CARGA GENERAL" PARECE SER QUE SE HA ALCANZADO EL TIPO DE EMBARCACION OPTIMA EN CUANTO AL TAMAÑO, NO ASI EN LO REFERENTE AL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y MINERALES, DONDE LAS EMBARCACIONES TIENDEN A CRECER, POR LO QUE EL ESTADO ACTUAL DE ALGUNOS PUERTOS ES UNA LIMITACION PARA EL USO DE EMBARCACIONES DE GRANDES DIMENSIONES. PARA ESTE TIPO DE TRAFICO, SE ESTIMA CONVENIENTE PROPORCIONAR FONDEADEROS E INSTALACIONES DE ATRAJUE Y AMARRE EN PUNTOS CONVENIENTEMENTE ALEJADOS DE LA COSTA.

BARCOS DE CARGA GENERAL.

COMO YA SE MENCIONO, ESTE TIPO DE EMBARCACIONES NO REGISTRA UNA PRONUNCIADA TENDENCIA AL INCREMENTO, LO CUAL SE PUEDE OBSERVAR EN LA TABLA NO. 1, TOMADA DEL LIBRO DE ALONZO D. QUINN. PARA OBTENER LAS CARACTERISTICAS TALES COMO: TONELAJE DE REGISTRO BRUTO (T. B. R.), TONELAJE NETO -- (T. R. N.) DESPLAZAMIENTO (D), PESO MUERTO (P. M.), SE PUEDE OBSERVAR LA GRAFICA NO. 1. DE LA TABLA Y DE LA GRAFICA SE OBTIENE QUE EN TERMINOS GENERALES EL CALADO MAXIMO NO SOBREPASA LOS 10.66 MTS., MANGA DE 25.00 MTS., Y QUE LA ESLORA ES DEL ORDEN DE LOS 160.00 MTS.

BARCOS PORTA CONTENEDORES.

ESTUDIOS DESARROLLADOS POR LA COMISION DEL TRANSPORTE MARITIMO DE LA JUNTA DE COMERCIO Y DESARROLLO DE LAS NACIONES UNIDAS, CONCLUYEN -- QUE LAS CARACTERISTICAS DE ESTE TIPO DE BARCO SON LAS QUE SE MUESTRAN A -- CONTINUACION:

	CAPACIDAD DE CONTENEDORES DE 20 PIES O SU EQUIVALEN CIA.	T.P.M.	ESLORA TOTAL (M)	MANGA TOTAL (M)	CALADO (M)
BUQUES PORTA CONTENEDORES DE PRIMERA - GENERACION	700-1000	11000	170	25	8.0
BUQUES PORTA CONTENEDORES DE SEGUNDA - GENERACION	1500	30000	225	29	11.5
BUQUES PORTA CONTENEDORES DE TERCERA - GENERACION	2500-3000	40000	275	32	12.5

BUQUES TANQUES.

LA FLOTA DE BUQUES TANQUES DE PETROLEOS MEXICANOS TIENEN LAS - - -

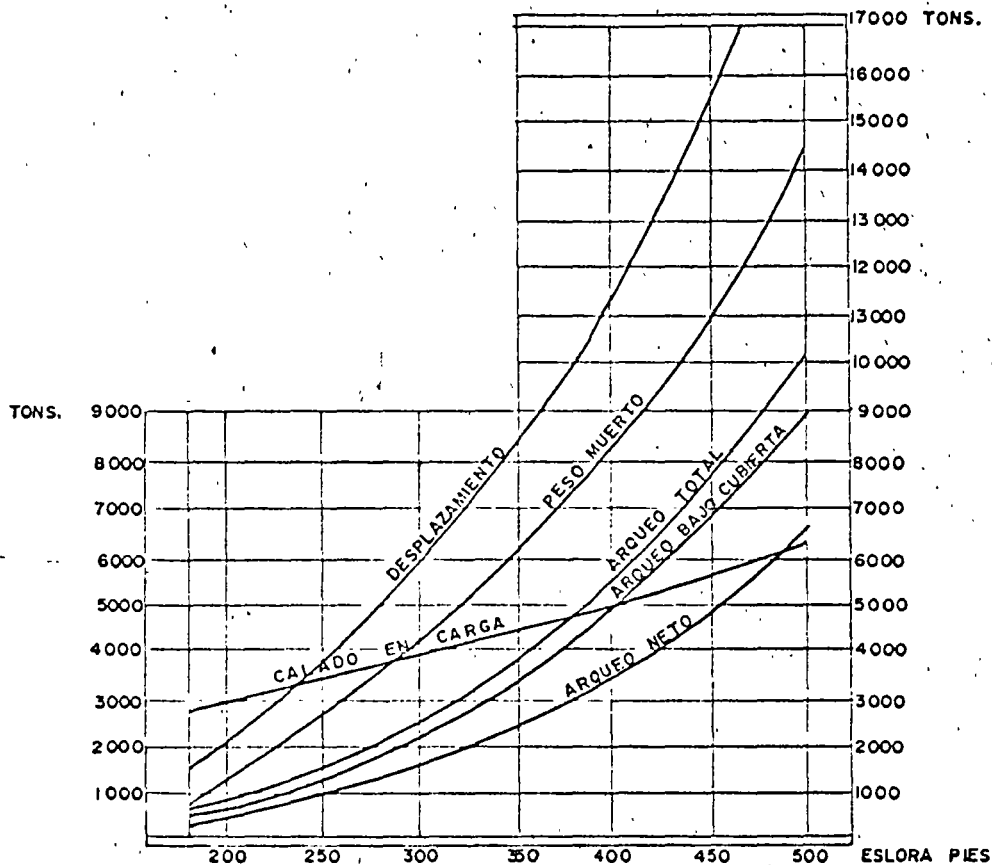
TABLE 3.3 Characteristics of General Cargo Ships

Year built	Name or class	Length		Breadth	Depth	Draft loaded (summer)	Tonnage, long tons	
		Over-all	Bet. perp.				Dead-weight	Displacement
1899	<i>El Sud</i>	405'9"	390'11"	48'3"	35'6"	22'0"	3,417	18,425
1903	<i>Virgiman</i>		490'0"	58'0"	35'6"	29'0"	11,200	
1909	<i>Jean</i>	382'2"	311'0"	46'1"	24'2"	21'0"	4,600	13,250
1910	<i>El Sud</i>	430'0"	405'7"	53'1"	33'8"	26'0"	6,850	
1912	<i>Dakotan</i>		416'2"	53'6"	31'6"	27'4"	8,950	12,000
1913	<i>Columbian</i>		404'0"	53'9"	28'10"	25'0"	7,900	
1916	<i>Edgar F. Luckenbach</i>	442'0"	425'0"	57'3"	42'0"	29'5"	13,000	11,616
1918	<i>Lagos Erie</i>		400'0"	52'0"	31'0"	25'2"	8,059	
1918	<i>Invincible</i>		440'2"	56'0"	38'0"	28'0"	11,721	15,940
1919	<i>Mc Keesport</i>		395'6"	55'0"	34'11"	27'2"	9,808	13,150
1920	<i>Abercos</i>		402'0"	53'0"	34'6"	26'7"	9,414	12,760
1932	<i>Seatrain Havana</i>		460'0"	63'6"	38'3"	26'2"	10,930	16,460
1934	<i>Angelina</i>	410'11"	390'0"	55'0"	30'6"	25'0"	7,600	10,800
1939	C-2 class C2-S-AJ1	459'1"	435'0"	63'0"	31'6"	27'3"	10,775	13,869
1940	C-3 class C3-S-A2	492'0"	465'0"	69'6"	33'6"	28'7"	12,300	18,215
1942	Liberty ships EC2-S-C1	441'6"	417'9"	56'11"	37'4"	27'8"	10,800	14,100
1945	Victory ships VC2-S-AP2	455'3"	436'6"	62'0"	38'0"	28'7"	10,800	15,199
1946	C-1 class C1-S-B5	520'0"	496'8"	71'6"	43'6"	32'10"	15,036	22,094
1950	<i>Schuyler Otis Bland</i>	475'0"	450'11"	66'0"	41'6"	30'0"	10,516	15,910
1952-59	Matteson class	563'8"	528'6"	76'0"	35'6"	29'11"	12,910	21,093
1957	<i>Azalea City</i> (C-2 container-ship)	468'0"	442'2"	72'0"	40'2"	24'2"	7,891	13,125
1959	<i>Manila</i>	480'2"	449'6"	62'4"	38'9"	29'4"	11,374	16,207
1960	<i>Flora</i>	484'7"	447'0"	62'8"	39'1"	29'6"	12,417	17,088
1961	<i>Export Agent</i>	492'6"	470'0"	73'0"	42'2"	28'2"	11,089	17,570
1961	<i>Apollonia</i>	505'1"	475'11"	66'3"	41'4"	30'5"	14,974	20,274
1961	<i>Philippine President Roxas</i>	510'2"	475'9"	64'0"	40'4"	29'7"	12,156	17,379
1961	<i>Washington Mail</i>	563'8"	528'6"	76'0"	44'6"	31'7"	14,895	22,595
1961	<i>Vasilios R.</i>	526'0"	492'6"	67'3"	42'0"	31'3"	15,450	20,728
1962	<i>Pioneer Moon</i>	560'6"	530'0"	75'0"	42'9"	31'7"	13,583	21,053
1962	<i>African Meteor</i>	572'0"	541'0"	75'0"	42'10"	30'10"	12,728	20,110
1963	<i>Ashley Lykes</i>	495'0"	470'0"	69'0"	41'6"	30'1"	11,336	17,210
1963	<i>C. E. Dent</i>	565'0"	528'6"	76'0"	44'6"	31'7"	14,376	22,629
1965	<i>Gulf Merchant</i>		470'0"	69'0"	41'6"	30'2"	11,368	17,210
1968	<i>Alaskan Mail</i>	605'0"	582'6"	82'0"	46'6"	35'1"	22,208	31,965
1968	<i>Genevieve Lykes</i>	540'0"	514'11"	76'0"	42'8"	31'8"	13,808	20,980
1968	<i>Khuan Wave</i>	466'9"	440'0"	65'0"	40'6"	29'9"	14,924	18,825

CARACTERISTICAS DE BUQUES

REFERENCIA:

"Teoria del Buque"
del Ing. Naval Godino



PARA LA LEY DE VARIACION DEL CALADO CON LA ESLORA
LA SEPARACION ENTRE DOS ORIZONTALES DEL DIAGRAMA.—
EQUIVALE A CINCO PIES.

1 PIE = 0.305 m

1 METRO = 3.28 pies

BUQUES DE 200 PIES DE ESLORA

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{P} = 12.5 \\ \frac{M}{P} = 1.8 \end{array} \right.$$

BUQUES DE 500 PIES DE ESLORA

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{P} = 13 \\ \frac{M}{P} = 1.63 \end{array} \right.$$

E = ESLORA
P = PUNTAL
M = MANGA

NOTA:
ESTA GRAFICA ESTA CALCADA DEL LIBRO "INGENIERIA MARITIMA" DEL
ING. ROBERTO BUSTAMANTE Y OTROS AUTORES.

SIGUIENTES CARACTERISTICAS (TABLA 2). LAS CARACTERISTICAS DE LA FLOTA MUNDIAL SE PODRAN OBSERVAR EN LA TABLA NO. 3 TOMADA DEL LIBRO DE ALONZO - - D. QUINN Y DE LA GRAFICA NO. 2

BARCOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL.

LAS DIMENSIONES Y TENDENCIAS PODRAN OBSERVARSE EN LA TABLA NO. 4. DE LA CUAL SE OBTIENE QUE EN TERMINOS GENERALES SE PODRIA CONSIDERAR QUE LA EMBARCACION DE MAYOR TAMAÑO ES DEL ORDEN DE 12.80 MTS. DE CALADO, - - - 230.00 MTS. DE ESIORA TOTAL, MANGA DE 31.00 MTS., PUNTAL DE 19.00 MTS.

BARCOS ESPECIALIZADOS.

- A).- BARCOS PARA TRANSPORTE DE GAS
- B).- BARCOS TENDIDO
- C).- TIPO LASH Y SEABES
- D).- DE PESCA.

LASH.- TIPO DE BARCO PORTA-BARCAZAS, SU CARACTERISTICA PRINCIPAL ES QUE DISPONE DE UNA GURA DE 500 TON. LAS BARCAZAS LASH TIENEN UNA CAPACIDAD DE 350 TON., (18.74 M. X 9.50 M. X 2.74 M.) SIENDO 2.74 AL CALADO A PLENA CARGA, Y LOS BUQUES TRANSPORTAN DE 73 Y 89 BARCAZAS.

SEABEE.- TIPO DE BARCO PORTA-BARCAZAS, TIENEN TRES CUBIERTAS Y LAS BARCAZAS SE SUBEN A BORDO MEDIANTE UN MONTE-CARGAS. LAS BARCAZAS TIENEN UNA CAPACIDAD DE 850 TON., (29.70 M. X 10.67 M. X 3.25 M.) Y UN BUQUE DE ESTE TIPO PUEDE TRANSPORTAR 38 UNIDADES APROXIMADAMENTE.

DE PESCA.- EN ESTA ACTIVIDAD, EXISTEN EN MEXICO, UN SI NUMERO DE EMBARCACIONES DE VARIOS TIPOS, DESDE EL CAYUCO, O PEQUEÑA EMBARCACION DE PESCA, HASTA LOS BARCOS ESPECIALIZADOS PARA LA CAPTURA DEL ATUN.

SE ANEXAN LAS CARACTERISTICAS DE LAS FLOTAS, ATUNERA, ARCHOVENTERA, SARDINERA, CAMARONERA Y DE ESCAMA. CONSIDERAMOS SON LAS REPRESENTACIONES

80 **TABLA 2** CARACTERISTICAS DE LA FLOTA DE BUQUES TANQUE DE PETROLEOS MEXICANOS.

NOMBRE DEL BARCO	AÑO DE CONST.	T. B. R.	T. N. R.	P. M. (TON)	D. MAX. (TON)	D. ROSCA
EMILIANO ZAPATA	1968	2,841.02	1,397.83	2,956	4,989	2,032
VICENTE GUERRERO	1967	5,772.81	3,052.62	8,893	12,478	3,548
MARIANO ESCOBEDO	1967	7,991.83	4,599.71	9,550	14,194	4,643
MIGUEL HIDALGO	1967	7,075.53	3,826.00	11,262	15,122	3,859
LAZARO CARDENAS	1955	11,065.49	6,225.13	16,566	22,352	5,669
CUAUHTEMOC	1967	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
PLAN DE SAN LUIS	1967	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
VENUSTIANO CARRANZA	1968	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
P. ELIAS CALLES	1968	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
ABELARDO L. RODRIGUEZ	1956	11,470.47	6,429.58	17,729	24,063	6,347
JUAN ALVAREZ	1955	12,447.04	7,157.36	19,405	25,875	6,469
GUADALUPE VICTORIA	1958	12,568.01	7,209.65	20,253	26,641	5,967
PLAN DE AYUTLA	1967	12,763.18	7,561.34	21,668	27,432	5,605
PLAN DE AYALA	1968	12,753.36	7,550.04	21,689	27,432	5,705
MARIANO MOTEZUMA	1974	14,742.95	8,895.68	21,689	28,017	6,328
FRANCISCO J. MUJICA	1973	14,743.69	8,895.68	21,696	28,017	6,322
MANUEL AVILA CAMACHO	1973	14,743.69	8,895.68	21,704	28,017	6,313
INDEPENDENCIA	1974	14,742.95	8,895.68	21,704	28,017	6,314
REFORMA	1974	14,742.95	8,895.68	21,704	28,017	6,318
REVOLUCION	1975	14,743.69	8,895.68	21,704	28,017	6,313
MELCHOR OCAMPO	1968	12,753.36	7,550.04	21,727	27,432	5,692
PLAN DE GUADALUPE	1967	12,763.34	7,561.34	21,760	27,432	5,627
JOSE MA. MORELOS	1967	12,762.84	7,508.00	21,797	27,432	5,598
BERNITO JUAREZ	1968	12,753.36	7,550.07	21,822	27,432	5,654
ALVARO OBREGON	1968	12,753.36	7,558.90	21,839	27,432	5,630
FRANCISCO I. MADERO	1968	12,758.65	7,562.50	21,889	27,432	5 3

(TON)	CONF. BLOCK	ES. T. (m)	ES.+P.P. (m)	MANGA (m)	FUNRAL (m)	CALADO (m)	F. BORDO (m)
0.634		101.10	94.49	14.34	8.00	5.65	2.373
0.693		135.06	128.32	18.01	9.98	7.62	2.362
0.685		140.60	131.06	19.24	10.94	8.02	2.991
0.8060		135.02	128.02	19.55	9.27	7.30	2.006
0.744		165.20	155.46	20.73	11.58	9.09	2.549
0.790		144.78	137.47	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790		144.78	137.17	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790		144.78	137.47	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790		144.78	137.47	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790		166.42	152.45	21.25	11.81	9.12	2.746
0.772		173.00	161.54	21.31	12.09	9.34	2.738
0.790		170.60	163.98	21.89	12.00	9.07	2.691
0.780		170.75	163.86	22.05	12.17	9.45	2.691
0.780		170.69	163.86	22.05	12.18	9.45	2.691
0.795		170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795		170.61	164.49	22.05	12.98	9.47	3.016
0.795		170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795		170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795		170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795		170.61	164.49	22.05	12.95	9.47	3.016
0.780		170.69	163.86	22.05	12.17	9.45	2.703
0.780		170.75	163.86	22.05	12.17	9.45	2.691
0.780		170.69	163.86	22.05	12.17	9.45	2.691
0.780		170.69	164.28	22.05	12.18	9.46	2.703
0.780		170.75	163.86	22.05	12.18	9.45	2.691
0.780		170.75	163.86	22.05	18	9.45 ✓	2.691

Characteristics of Tankers

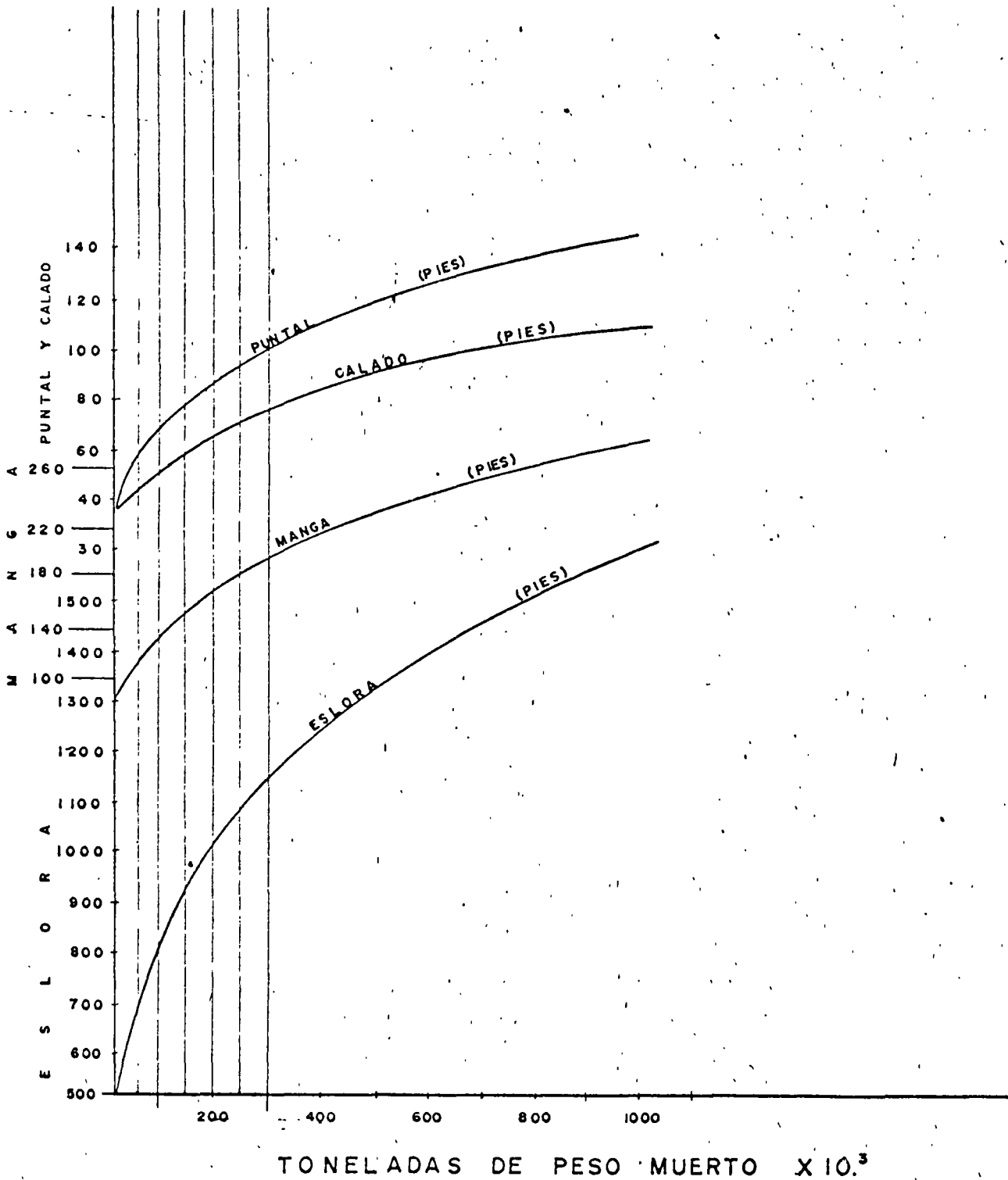
Year built	Name or class	Length		Breadth	Depth	Draft loaded (summer)	Tonnage, long tons	
		Over-all	Bet perp.				Dead-weight	Displacement
1901	<i>Cowassee</i>	392'6"	287'0"	42'2"	23'2"	21'5"	3,960	5,000
1906	<i>W. S. Porter</i>	399'2"	385'0"	49'8"	28'11"	24'0"	6,560	
1908	<i>Texas</i>	413'3"	409'2"	52'8"	27'1"	24'0"	9,232	
1914	<i>John D. Archbold</i>	474'6"	458'3"	60'0"		26'1"	9,546	
1916	<i>Charles Pratt</i>	516'6"	500'0"	68'0"	38'4"	27'3"	14,090	
1921	<i>T. J. Williams</i>		465'0"	60'0"	36'3"	27'8"	11,990	17,875
1921	<i>Cacahlan</i>	435'0"	420'0"	56'0"	33'6"	27'2"	9,975	13,300
1930	<i>Brilliant</i>		481'4"	65'0"	37'0"	28'11"	14,565	20,200
1931	<i>Bridgewater</i>	467'0"	450'0"	62'0"	34'0"	27'8"	12,585	16,000
1941	T-2 class tankers	523'6"	503'0"	68'0"	39'3"	30'2"	16,350	21,880
1943	<i>Atlantic Sun</i>	517'3"	521'0"	70'0"	40'0"	30'5"	17,575	24,110
1948	<i>Esso Zurich</i>	628'0"	601'1"	82'6"	42'6"	32'5"	26,550	34,690
1950	<i>Atlantic Seaman</i>	659'6"	626'8"	85'0"	45'0"	34'3"	30,155	39,664
1953	<i>Tina Onassis</i>	775'7"	723'3"	95'2"	51'6"	37'10"	45,230	58,420
1953	<i>Petroking</i>	673'0"	645'0"	92'0"	46'0"	34'8"	38,345	48,010
1954	<i>W. Alton Jones</i>	707'0"	677'0"	93'0"	48'6"	36'8"	38,911	49,660
1954	<i>World Glory</i>	736'4"	705'0"	102'0"	50'0"	37'9"	45,509	58,625
1955	<i>Sinclair Petroleum</i>	789'0"	756'0"	106'0"	54'2"	40'7"	56,049	75,630
1956	<i>Cities Service Baltimore</i>	661'0"	630'0"	90'0"	45'3"	34'2"	32,710	42,751
1956	<i>Universe Leader</i>	854'9"	815'0"	125'0"	61'3"	46'2"	85,515	109,630
1957	<i>Esso Gettysburg</i>	715'0"	685'0"	93'0"	48'7"	36'9"	37,589	50,170
1957	<i>Tidewater</i>	785'10"	749'8"	102'0"	53'0"	39'3"	53,069	69,186
1958	<i>Sansinena</i>		810'0"	104'0"		41'9"	60,000	
1959	<i>National Defender</i>	810'0"	770'10"	104'0"	60'0"	44'9"	66,332	82,678
1959	<i>W. Alton Jones</i>	824'10"	782'0"	116'0"	56'0"	43'2"	68,810	89,200
1959	<i>Oriental Giant</i>	849'9"	803'10"	107'11"	60'8"	44'10"	70,365	91,516
1959	<i>Princess Sophie</i>	859'2"	820'0"	115'0"	60'0"	44'3"	71,282	91,511
1960	<i>J. Paul Getty</i>	844'4"	803'0"	110'0"	61'4"	46'4"	73,900	97,000
1960	<i>Universe Daphne</i>	949'9"	906'0"	135'0"	67'6"	50'11"	115,360	146,570
1961	<i>Olympus</i>	818'11"	784'1"	113'6"	61'6"	45'10"	75,145	94,260
1961	<i>Orion Hunter</i>	860'0"	820'0"	104'0"	60'0"	43'10"	67,208	86,800
1961	<i>New Sovereign</i>	874'10"	833'4"	122'1"	64'0"	48'2"	90,200	113,900
1962	<i>Esso Austria</i>	849'1"	809'6"	116'6"	60'4"	45'9"	78,566	99,676
1962	<i>Manhattan</i>	940'5"	892'0"	132'0"	67'6"	50'1"	108,400	138,700
1962	<i>Nissho Maru</i>	954'8"	905'6"	141'1"	72'10"	54'4"	130,217	160,673
1963	<i>William M. Allen</i>	824'8"	782'0"	116'0"	56'0"	43'8"	66,480	90,333
1963	<i>California Getty</i>	835'0"	791'0"	122'1"	65'4"	48'10"	90,324	110,145
1963	<i>Esso Deutschland</i>	855'11"	820'0"	125'0"	62'6"	47'5"	60,187	111,610
1964	<i>Esso Bayern</i>	869'6"	820'0"	125'0"	62'6"	47'11"	90,600	111,786
1965	<i>Ionian Commander</i>	775'0"	738'3"	104'4"	53'4"	40'8"	60,032	73,811
1966	<i>Ionian</i>	835'0"	784'5"	124'1"	57'5"	43'11"	84,227	100,587
1968	<i>Kamon Maru</i>	984'3"	935'1"	158'2"	78'9"	59'2"	175,891	205,096
1968	<i>Universe Ireland</i>	1132'10"	1082'8"	175'0"	105'0"	81'5"	326,585	375,811
1969	<i>Universe Kuwait</i>	1134'10"	1082'3"	174'10"	105'0"	71'11"	276,000	
	Projected (long)	1348'0"		213'0"		89'0"	500,000	
	Projected (bulky)	1260'0"		216'6"		98'0"	500,000	
	Projected	1800'0"		283'0"		95'0"	1,000,000	

CARACTERISTICAS DE BUQUES TANQUE

FUENTE : U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
MARITIME ADMINISTRATION OFFICE
OF SHIP CONSTRUCTION AND

MARITIME REPORTER AND ENGINEERING NEWS.

15 / IV / 74



Characteristics of Bulk Carriers (Ore, Coal, etc.)

Year built	Name	Length		Breadth	Depth	Draft loaded (summer)	Tonnage, long tons	
		Over-all	Bet. perp.				Dead-weight	Displacement
1902	<i>Ben E. Tule</i>		363'8"	50'0"	28'0"	28'9"		
1907	<i>B. F. Jones</i>		527'10"	54'0"	31'2"	26'2"		
1917	<i>Homer D. Williams</i>		580'0"	60'0"	32'0"			
1922	<i>Marore</i>	571'6"	550'1"	72'0"	44'0"	34'1"	22,980	31,000
1938	<i>John Hulst</i>		591'3"	60'0"	32'6"	22'3"		19,000
1942	<i>Leon Fraser</i>		623'3"	67'0"	35'0"	24'0"	18,100	23,900
1945	<i>Venore</i>	582'11"	560'0"	78'0"	43'9"	34'4"	24,251	32,449
1954	<i>Ore Chief</i>	794'0"	756'0"	116'0"	56'0"	38'9"	60,000	80,000
1955	<i>Leader</i>	680'0"	651'1"	88'0"	48'0"	34'7"	34,200	44,981
1957	<i>Cosmic</i>	744'1"	708'8"	100'5"	50'6"	37'3"	46,673	61,245
1958	<i>Consolidation Coal</i>	635'0"	610'0"	75'0"	47'3"	32'5"		
1958	<i>Baune</i>	657'4"	625'0"	87'0"	46'0"	35'2"	35,947	45,380
1959	<i>Revere</i>	604'8"	566'0"	80'0"	42'4"	25'1"	17,693	25,644
1960	<i>San Juan Exporter</i>	552'11"	498'9"	68'11"	44'8"	31'6"	16,308	23,953
1960	<i>Clyde Ore</i>	546'0"	516'9"	73'10"	40'2"	39'10"	20,075	26,240
1960	<i>Naess Jupiter</i>	681'0"	651'1"	88'0"	48'0"	34'7"	34,585	45,175
1960	<i>Edward L. Ryerson</i>	730'0"	712'0"	75'0"	39'0"	26'6"	26,055	34,135
1961	<i>Timna</i>	550'2"	520'0"	74'0"	48'4"	34'7"	22,934	29,734
1961	<i>Argonastis</i>	583'6"	545'0"	74'8"	44'0"	31'6"	20,990	28,058
1961	<i>Ore Venus</i>	751'0"	710'0"	102'0"	51'6"	38'0"	50,692	65,660
1962	<i>Corsair</i>	592'2"	565'0"	79'0"	46'8"	32'9"	24,911	32,370
1962	<i>Centauro</i>	679'0"	637'0"	91'10"	51'6"	36'1"	35,316	46,248
1962	<i>Sonic</i>	746'1"	708'8"	100'5"	55'7"	37'11"	48,976	62,551
1963	<i>Atlantic Eagle</i>	625'10"	589'6"	75'0"	46'4"	33'8"	23,679	31,947
1963	<i>Archangel</i>	628'2"	589'6"	75'0"	46'3"	33'8"	23,960	31,994
1963	<i>Aristides</i>	735'1"	705'0"	100'8"	55'6"	38'0"	50,055	62,214
1963	<i>Amalfi</i>	753'0"	700'11"	98'5"	55'6"	39'6"	46,730	60,122
1964	<i>Dromon</i>	643'0"	600'0"	76'0"	45'6"	33'9"	27,480	35,883
1966	<i>Cedros</i>	995'9"	939'11"	142'1"	81'0"	62'3"	170,418	200,242
1967	<i>Alberto Lollighetti</i>	709'11"	656'2"	93'11"	57'6"	38'8"	44,477	55,399
1967	<i>Leonidas D.</i>	708'9"	672'7"	101'9"	59'1"	39'3"	52,458	63,208
1968	<i>Agamemnon</i>	734'9"	698'10"	105'10"	62'6"	40'2"	56,672	69,468
1968	<i>Grischuna</i>	742'10"	710'0"	102'0"	57'6"	42'5"	60,639	72,120

* Fresh-water draft—Great Lakes.

TATIVAS EN ESTA MATERIA Y DE LAS CUALES PODEMOS AFIRMAR QUE LAS PROFUNDIDADES REQUERIDAS SERAN:

FICTA ATUNERA	7 MTS.
FICTA. PENCICVETERA	4 MTS.
FICTA ATUNERA	4 MTS.
FICTA. CAMARONERA	3.5 MTS.

3.- EL PUERTO.- DIMENSIONES GENERALES.

3.1.- DIMENSIONES DE LA BOCANA.

EL ANCHO DEL CANAL DE ACCESO AL PUERTO ESTA DEFINIDO POR LA ESIORA DEL BARCO TIPO DE MAYORES DIMENSIONES QUE SE ESPERA ARRIBE AL PUERTO; ESTO ES, EL ANCHO DE UNA ESIORA.

LO ANTERIOR CONCUERDA CON LA RECOMENDACION DE ALONZO D. QUINN. - QUE RECOMIENDA, 300 PIES (91.44 M.) PARA PEQUEÑOS PUERTOS, 400-500 PIES - (121.92-152.40 M.) PARA MEDIANOS Y DE 500-800 PIES (152.40-243.84 M.) PARA GRANDES PUERTOS.

AL RESPECTO PENSAMOS QUE DEBE REALIZARSE UN ESTUDIO ESPECIAL PARA DETERMINAR EL ANCHO CONVENIENTE PARA GRANDES PUERTOS EN LOS CUALES ARRIBEN BARCOS DE MAS DE 12. M. DE CALADO, YA QUE EN ESTE CASO LA AYUDA DE REMOLCADORES FACILITA EL CRUCE DE LA BOCANA Y PODRIA REDUCIRSE EL ANCHO DE LA MISMA.

UNA VEZ DETERMINADO EL ANCHO, PROCEDEMOS A LA DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD. LAS CONDICIONES QUE DEBEN CONSIDERARSE SON:

- A).- EL CALADO DE LOS BUQUES MAYORES QUE FRECUENTEN EL PUERTO A PLENA CARGA O QUE SE ESPERA HARAN USO DEL PUERTO.
- B).- LA CONSISTENCIA DEL MATERIAL QUE CONSTITUYE EL FONDO MARINO
- C).- EL ESTADO DE AGITACION DEL MAR Y LA VELOCIDAD A LA QUE NAVEGA EL BARCO EN LA ZONA CONSIDERADA.

CON RESPECTO AL INCISO A) EN PUERTOS EXISTENTES, ES NECESARIO -

UNA ESTADISTICA DE LAS EMBARCACIONES QUE FRECUENTAN EL PUERTO. SE DETERMINARA LA FRECUENCIA CON QUE CIERTOS BARCOS TENGAN QUE ENTRAR O SALIR DEL PUERTO CON CARGA INCOMPLETA, DEBIDO A LAS PROFUNDIDADES EXISTENTES. SE LLEVARA EL COMPUTO DE LOS TIEMPOS PERDIDOS PARA CIERTAS EMBARCACIONES EN ESPERA DE LA MAREA ALTA PARA ENTRAR O SALIR DEL PUERTO. CUANDO LAS PERDIDAS POR LOS CONCEPTOS ANTERIORES IGUALES O SUPEREN EL COSTO DEL DEREGADO PARA PROPORCIONAR LA PROFUNDIDAD NECESARIA SE PROCEDERA A SU EJECUCION.

PARA EL PROYECTO DE NUEVOS PUERTOS, ES NECESARIO EL ANALISIS DETALLADO DEL TIPO DE BARCO QUE SE ESPERA ARRIBARA. PARA LOS BARCOS DE GRAN PORTE, SOBRE TODO BUQUES TANQUES ES NECESARIO TOMAR EN CUENTA EL FONDEO DE LA EMBARCACION, YA QUE ESTANDO EN LA CONDICION DE "A PLENA CARGA" Y SI LOS CALADOS EN PRCA Y POPA SON IGUALES EN LO GENERAL, EL CALADO MEDIO SE LIEGA A INCREMENTAR HASTA EN $\frac{1}{1000}$ DE LA ESIORA DEL BARCO

RESPECTO AL INCISO B) ES DECIR LA CONSISTENCIA DEL FONDO MARINO ESTE INFLUYE CONSIDERABLEMENTE EN LA DETERMINACION DEL TIRANTE LIBRE (COLCHON DE SEGURIDAD) QUE ES NECESARIO DEJAR ENTRE LA QUILLA DEL BARCO Y EL FONDO MARINO, SI SE TIENE FONDO SUAVE (ARCILLA, LIMO O ARENA SUELTA) Y EL CASCO DEL BARCO TOCA EL FONDO, NO SUFRIRA AVERIAS DE CONSIDERACION, EN ESTE CASO 30 CM. SERAN SUFICIENTES DE COLCHON DE SEGURIDAD. CUANDO SE TIENEN FONDOS DUROS (ROCA O TERRENOS MUY COMPACTOS), DEBERA EVITARSE QUE LA EMBARCACION TOQUE FONDO EN CUALQUIER CONDICION, PARA LO CUAL, EL TIRANTE LIBRE DE AGUA SERA DEL ORDEN DE 90 CM.

RESPECTO AL INCISO C) LA AGITACION DEL MAR, ORIGINA MOVIMIENTOS VERTICALES DEL BUQUE AL CRUZAR LA BOCANA (ARFEO), POR LO QUE HABRA QUE CONSIDERAR UNA PROFUNDIDAD SUPLEMENTARIA, DEL ORDEN DE MEDIA ALTURA DE OLA EN EL LUGAR.

LA VELOCIDAD QUE DESARROLLAN LAS EMBARCACIONES AL ARRIBAR AL PUERTO, ES DEL ORDEN DE LOS OCHO NUDOS, HAYENDO LUGAR A UN ASENTAMIENTO DE LA POPA DEL BUQUE DE APROXIMADAMENTE 70 CM., CANTIDAD QUE ES NECESARIO DEJAR COMO TIRANTE DE AGUA SUPLEMENTARIO, EN RESUMEN, LA PROFUNDIDAD EN CADA CASO SERA LA SUMA DE: EL CALADO MAXIMO DE LA EMBARCACION DE MAYOR PORTE

QUE LLEGUE AL PUERTO A PLENA CARGA. DEPENDIENDO DE LA AGITACION DEL MAR EN EL SITIO ESTUDIADO, SE TENDRA UN TIRANTE ADICIONAL DE $\frac{1}{2}$ ALTURA DE OLA, MAS EL ASENTAMIENTO DE LA POPA DEL BARCO PERFECTO DE LA VELOCIDAD Y QUE SERA DEL ORDEN DE 70 CMS. MAS UN TIRANTE ADICIONAL, PARA TOMAR LAS CARACTERISTICAS DEL TERRENO, VARIARA DE 30 A 90 CMS., SI SE TRATA DE TAREAS -- SUAVES O DURAS RESPECTIVAMENTE.

POR LO ANTERIOR, LAS PROFUNDIDADES EN BOCANAS Y CANALES DE ACCESO SERAN MAYORES QUE EN LAS DARSENAS.

EN CUALQUIER CASO EL TIRANTE TOTAL SUPLEMENTARIO (COLCHON DE SEGURIDAD) NO DEBERA SER MENOR DE 1:00 M. CONVIENE PREVER PARA UN FUTURO EL ARRIBO DE EMBARCACIONES MAYORES DE ACUERDO CON EL DESARROLLO GENERAL DEL PUERTO, YA QUE ES MUY COSTOSO EL RETIRO DE MATERIAL PETREO DE LOS MORROS -- PARA PERMITIR UN MAYOR ANCHO DE ACCESO.

EN AQUELLOS LUGARES DONDE EXISTA TENDENCIA AL AZOLVE ES CONVENIENTE AL EFECTUAR EL DRAGADO, DAR MAYOR PROFUNDIDAD A LA MINIMA REQUERIDA, CON EL OBJETO DE DISPONER DE MARGEN SUFICIENTE PARA QUE LOS DRAGADOS DE CONSERVACION SEAN A LAPROS MAYORES, POR LO QUE AL DETERMINAR EL ANCHO ENTRE OBRAS EXTERIORES HAY QUE PREVER LAS MERMAS DE SEGURIDAD EN EL FONDO MARINO PARA EVITAR SO CAVACIONES AL PIE DE LAS OBRAS EXTERIORES.

LAS PROFUNDIDADES DEL MAR ESTARAN REFERIDAS A LOS SIGUIENTES -- PLANOS DE COMPARACION O REFERENCIA, PROPUESTOS POR EL INSTITUTO DE GEOFISICACION DE LA UNAM: EN EL GOLFO DE MEXICO Y MAR CARIBE, DONDE PREDOMINAN LAS MARCAS DIURNAS, SE TOMARA EL NIVEL DE BAJAMAR MEDIA QUE SE OBTIENE TOMANDO EL PROMEDIO DE LA BAJAMAR DIARIA.

3.2.- CANALES DE ACCESO Y DE NAVEGACION.

PARA LOS CANALES RECTOS BASTARA TOMAR UN ANCHO DE PLANTILLA DE UNA ESCALA DEL BARCO TIPO DE MAYORES DIMENSIONES QUE SE ESTIME ARRIBARA AL PUERTO.

CANALES CURVOS.- PARA EL TRAZO DE ESTE TIPO DE CANAL, HAY QUE TOMAR EN CUENTA LOS RADIOS DE GIRO DE LAS EMBARCACIONES, CONSIDERANDO LA MANIOBRA CON SUS PROPIAS MAQUINAS, ES DECIR:

PARA EMBARCACIONES PEQUEÑAS	R = 3 E
PARA EMBARCACIONES DE PORTE MEDIO	R = 5 E
PARA GRANDES EMBARCACIONES	R = 7 E

PARA LOS CASOS ANTERIORES, EL ANCHO DE LA PLANTILLA DEL CANAL CURVO CONSIDERANDO LOS RADIOS DE GIRO ANTERIORES NOS DA:

ANCHO DE LA PLANTILLA DE CANAL PARA EMBARCACIONES PEQUEÑAS	S = 1.65 E
ANCHO DE PLANTILLAS DEL CANAL PARA EMBARCACIONES DE PORTE MEDIO	S = 1.58 E
ANCHO DE PLANTILLA DEL CANAL PARA GRANDES EMBARCACIONES	S = 1.37 E

3.3.- DARSENA DE CIABOGA.

ES TAMBIEN LLAMADA CIRCULO DE MANIOBRAS., O SEA EL AREA DE AGUA QUE NECESITA, UN BUQUE PARA VIRAR EN REDONDO, INVIRTIENDO EL SENTIDO DE SU MARCHA. ESTA OPERACION PUEDE EFECTUARLA EL BUQUE:

- A).- POR SUS PROPIOS MEDIOS (MAQUINAS DEL BARCO)
- B).- UTILIZANDO LAS ANCIAS.
- C).- SIRVIENDOSE DE REMOLCADORES.

EN EL PRIMER CASO A).- LOS VALORES DE LOS RADIOS DE GIRO MINIMO

R PARA ZONAS EN CALMA CORRESPONDEN A LA MITAD QUE EN ZONAS AGITADAS, POR LO QUE LOS DIFERENTES RADIOS SERAN:

PARA EMBARCACIONES PEQUEÑAS	1.5 E
PARA EMBARCACIONES MEDIAS	2.5 E
PARA EMBARCACIONES GRANDES	3.5 E

(VER FIGURA 1).

PARA CALCULAR EL DIAMETRO DEL CIRCULO DE MANIOBRAS TENDREMOS:

$$D1 = 2 (R + \frac{1}{2} E) = 2 (0.58 \times 1.5 E + 0.5 E) = 2.75 E$$

$$D2 = 2 (R + \frac{1}{2} E) = 2 (0.58 \times 2.5 E + 0.5 E) = 3.90 E$$

$$D3 = 2 (R + \frac{1}{2} E) = 2 (0.58 \times 3.5 E + 0.5 E) = 5 E$$

PUDIENDOSE INTERPOLAR PARA LOS CASOS DE EMBARCACIONES DE TAMAÑO INTERMEDIO. SIENDO CONVENIENTE TOMAR MEDIA ESLORA MAS, COMO MARGEN DE SEGURIDAD.

PARA EL CASO B): ES DECIR QUE EL BUQUE LLEVA A CABO LA MANIOBRA UTILIZANDO EL ANCLA, A DE FONDEARIA POR LA BANDA EN CUYO SENTIDO SE EFECTUA EL GIRO, DAR MUJINA AVANTE DESCRIBIENDO EL CIRCULO CON CENTRO EN EL ANCLA Y RADIO APROXIMADO DE UNA ESLORA, CONVINIENDO TAMBIEN TOMAR MEDIA ESLORA COMO MARGEN DE SEGURIDAD. (VER FIGURA 1.)

$$D = R + \frac{1}{2} E = E + \frac{1}{2} E = 2.5 E$$

PARA C).- EN CASO DE QUE LA MANIOBRA SE EFECTUE CON 2. REMOLCADORES, DE LOS CUALES UNO EMPUJA POR POPA Y EL OTRO POR LA PROA, EL BUQUE GIRA SENSIBLEMENTE SOBRE SI MISMO, Y EL DIAMETRO DEL CIRCULO DE MANIOBRAS SE APROXIMA A UNA ESLORA DEL BUQUE, CONVINIENDO TOMAR MEDIA ESLORA DE SEGURIDAD.

(VER FIGURA 1) $D = E + \frac{1}{2} E = 1.50 E$

ACTUALMENTE EXISTEN TAMBIEN SISTEMAS DE PROPULSION Y DIRECCION, COMO EL LLAMADO (TIMON ACTIVO) O PROPULSOR DE PROA, PERMITTIENDOLE VIRAR - CASI SOBRE SI MISMO SIN AUXILIO DE REMOLCADORES. PARA LA FIJACION DE LAS

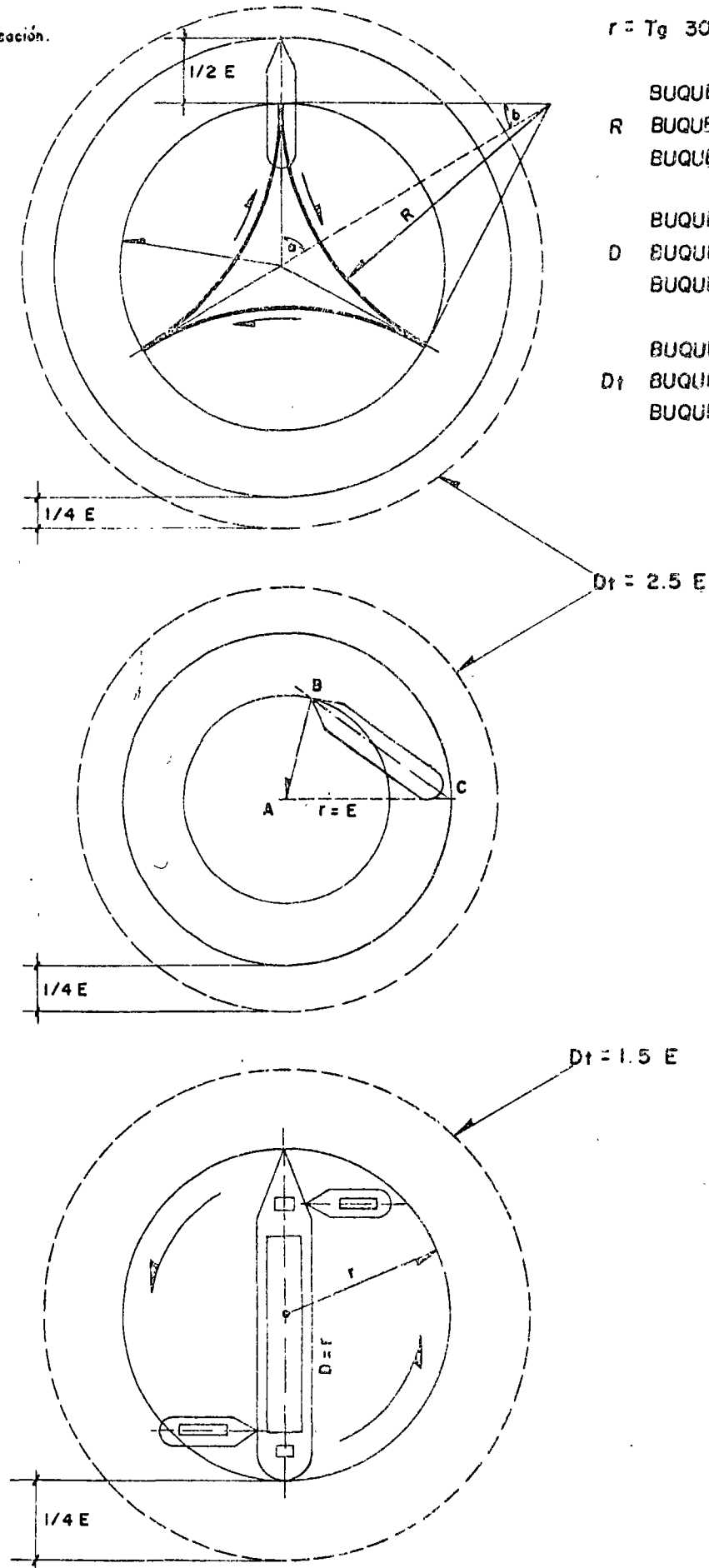
R = Radio de giro de la embarcación.
E = Eslora total.
D = Diámetro de la dársena de ciaboga.
Dt = Diámetro de la dársena de ciaboga incluyendo margen de seguridad.
b = Ángulo de 30°
a = Ángulo de 60°

$$r = Tg 30^\circ = 0.58 R \quad 17$$

BUQUE PEQUENO = 1.5 E
 R BUQUE MEDIANO = 2.5 E
 BUQUE GRANDE = 3.5 E

BUQUE PEQUENO = 2.75 E
 D BUQUE MEDIANO = 3.90 E
 BUQUE GRANDE = 5.00 E

BUQUE PEQUENO = 3.25 E
 Dt BUQUE MEDIANO = 4.40 E
 BUQUE GRANDE = 5.50 E



DARSENAS DE CIABOGA

DIMENSIONES DE LOS CIRCULOS DE MANIOBRAS NO SE DEBEN TENER EN CUENTA ESTOS CASOS, SIENDO MAS CONVENIENTE ADOPTAR COMO MINIMO LAS RECOMENDACIONES ANTES EXPUESTAS.

EL AREA DE MANIOBRAS O CIABOGA SE UBICA EN LA PROXIMIDAD DE LOS MUELLES Y EN OCACION EN LOS ANTEPUERTOS, Y PARA SU LOCALIZACION HAY QUE TOMAR EN CUENTA QUE EL BARCO DEBE ENTRAR AL PUERTO A GRAN VELOCIDAD, POR SER ASI CUANDO MEJOR OBEDECE EL TIMON Y SE DEFIENDE DEL TEMPORAL, DETENIENDO SU MARCHA DENTRO DEL ANTEPUERTO. PARA ELLO ES NECESARIO DISPONER DE UN ESPACIO DE 5 A 7 ESIOPAS PARA FRENAR LA EMBARCACION.

3.4.- DARSENAS DE OPERACION.

EN MUELLES MARGINALES, LA DARSENA DE OPERACION SE LOCALIZA, CONTIGUA A LA DE CIABOGA DE ACUERDO A LA DISPOSICION MOSTRADA EN LA FIGURA 2.

EN MUELLES EN ESPIGON LA DARSENA DE CIABOGA SE COMUNICA CON LA O LAS DIVERSAS DARSENAS DE OPERACION, VER FIGURA 3.

ESPACIO PARA ZONA ADMINISTRATIVA

Figura 2

ALMACENAMIENTO ESTACIONARIO { CUBIERTO
DESCUBIERTO

BODEGA DE
TRANSITO

BODEGA DE
TRANSITO

BODEGA DE
TRANSITO

BODEGA DE
TRANSITO

CANAL DE
NAVEGACION

A LA BOCANA

DARSENA DE
CIABOGA

DISPOSICION DE INSTALACIONES EN
MUELLES MARGINALES.

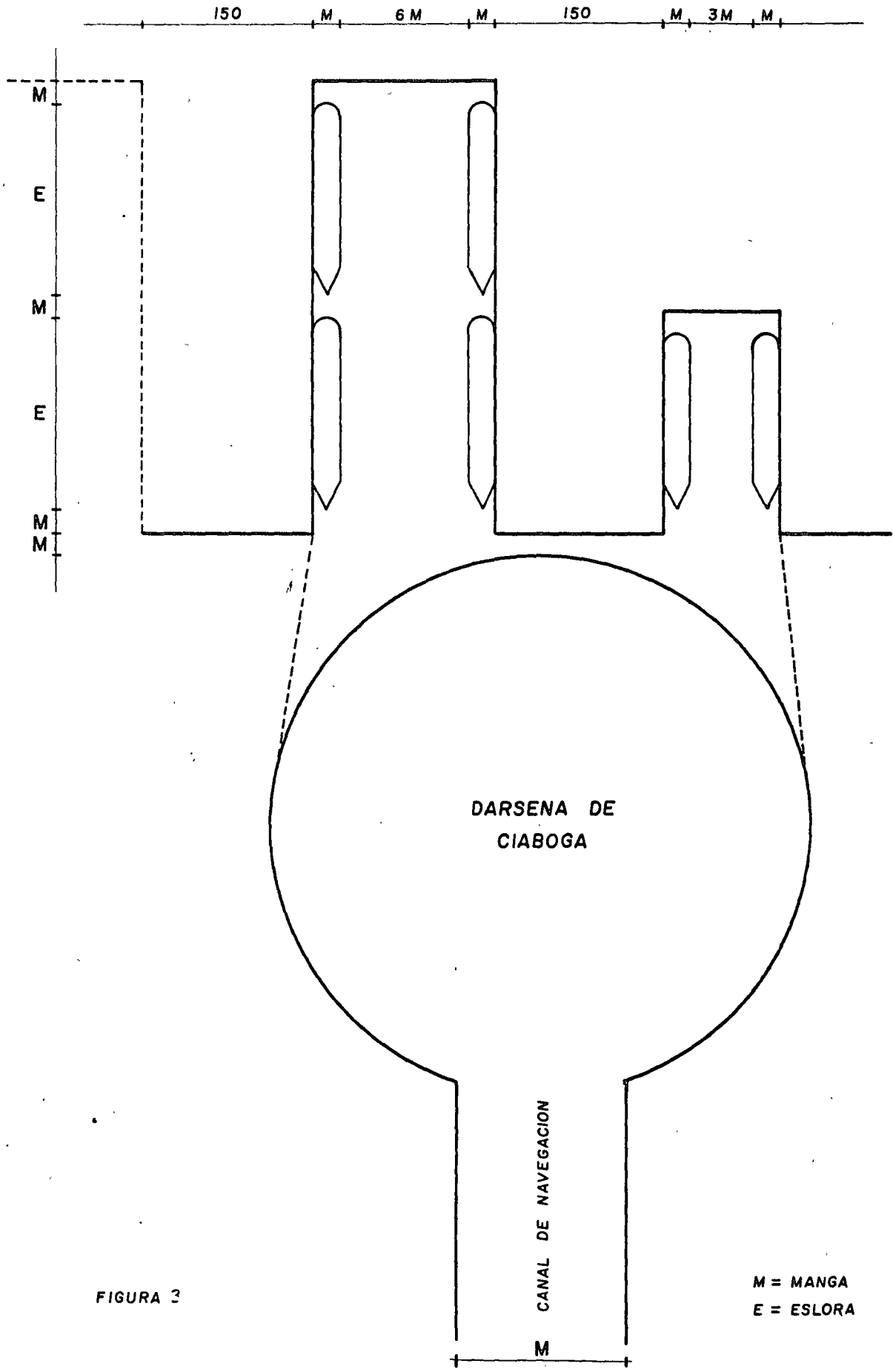


FIGURA 3

M = MANGA
E = ESLORA

DISPOSICION DE LAS DARSENAS DE OPERACION Y CIABOGA

3.5.- OBRAS INTERIORES.

CON TAL DENOMINACION, DESIGNAREMOS A LAS INSTALACIONES QUE PRESTAN SERVICIO A LAS EMBARCACIONES UNA VEZ ATRACADAS, TALES COMO: INSTALACIONES DE: ATRQUE Y AMARRE; DE ALMACENAMIENTO A CUBIERTO Y DESCUBIERTO; VIALIDAD Y SERVICIOS GENERALES.

ENTRE LOS FACTORES QUE ES PRECISO CONSIDERAR PARA OBTENER LAS DIMENSIONES DE UNA ESTACION MARITIMA TERMINAL SE ENCUENTRAN:

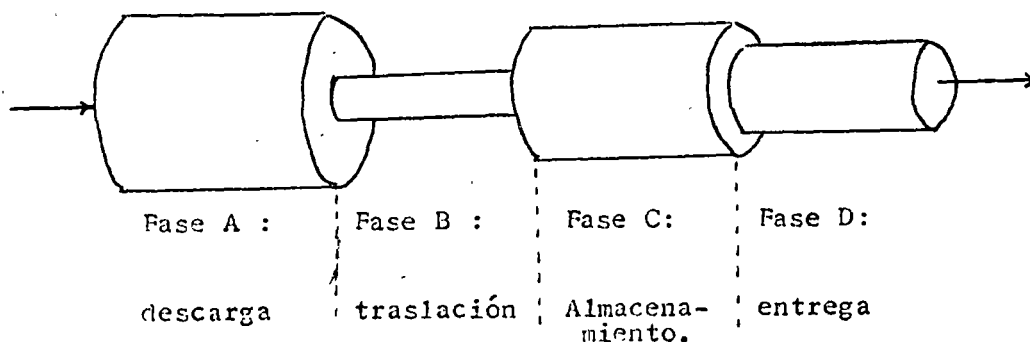
- A).- CARACTERISTICAS DE LOS BUQUES QUE HARAN ESCALA EN LA ESTACION TERMINAL.
- B).- FRECUENCIA DE LOS ARRIBOS
- C).- TIPO DE CARGA QUE DEBERA MANIPULARSE Y FLUCTUACIONES DE SU VOLUMEN.
- D).- MODO DE UNITANIZACION DE LA CARGA
- E).- PRODUCTIVIDAD PREVISTA DE LA COMBINACION ESTACION TERMINAL /BUQUE. TIPO DE CARGA (GRANEL, FRACCIONADA, CARGA PALLETIZADA, CONTENEDORES); METODO DE MANIPULACION (GRUAS DE MUELLE, GRUAS PARA MENEJO DE GRANELES, ETC); TAMAÑO DEL BUQUE.
- F).- METODOS DE TRANSPORTE Y CARACTERISTICAS DE LA CARGA ENTRANTE Y SALIENTE Y SUS VARIACIONES ESTACIONALES.
- G).- PRACTICAS COMERCIALES CON RESPECTO AL TIEMPO SIN SOBRETARDEAS DE LAS MERCANCIAS DE IMPORTACION Y EXPORTACION.

PARA OBTENER LAS CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES ANTES MENCIONADAS, SE DEBERA TOMAR EN CUENTA, PRIMERAMENTE, EL TIPO DE BARCO QUE ARRIBARA AL PUERTO, ES DECIR:

- A).- DE CARGA GENERAL
- B).- DE CARGA GENERAL UNITIZADA ——— CONTENEDORES,
- C).- DE GRANELES { SECO — GRANELEROS, MINERALES
LIQUIDO — TANQUES
CRIOGENICOS — GASEROS.
- D).- DE PASAJEROS
- E).- DE PESCA
- F).- YATES.

EL ELEMENTO BASICO PARA OBTENER LAS CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES EN EL AREA PORTUARIA SERA EL ANALISIS DEL TRANSITO O PASO DE MERCANCIAS Y/O PERSONAS A TRAVES DEL AREA PORTUARIA, DESDE LA RECEPCION A LA ENTREGA DE LAS MERCANCIAS (O VICEVERSA) O EL TRANSITO DE PASAJEROS.

EL SIGUIENTE ESQUEMA, NOS PERMITE VISUALIZAR LA IMPORTANCIA QUE REVISTE EL ANALISIS DETALLADO DE LAS OPERACIONES EN EL AREA PORTUARIA:



ASI SE REPRESENTA UNA DE LAS DISTINTAS VIAS QUE PUEDEN SEGUIR LAS MERCANCIAS DE IMPORTACION AL PASAR POR UNA INSTALACION DE ATRQUE. CADA UNA DE LAS CUATRO FASES TENDRA UNA DETERMINADA CAPACIDAD DE MANIPULACION QUE SERA DISTINTA DE LAS CAPACIDADES DE LAS DEMAS. LA SITUACION ES PARECIDA A LA DE UN LIQUIDO QUE CIRCULE POR EL INTERIOR DE UNA TUBERIA DE DIAMETRO VARIABLE O DESIGUAL, EN EL SENTIDO DE QUE EL RITMO DE MANIPULACION DE LAS MERCANCIAS EN EL PUERTO DE ATRQUE VENDRA DETERMINADO POR LA FASE QUE TENGA LA MENOR CAPACIDAD DE MANIPULACION; EN EL ESQUEMA ANTES PRESENTADO, SE TRATA DE LA FASE B, O SEA LA TRASLACION.

PODEMOS DECIR TAMBIEN, QUE NO SE CONSIGUE NADA CON TRATAR DE AUMENTAR LA CAPACIDAD DE AQUEL ELEMENTO DEL PUESTO DE ATRQUE CUYA CAPACIDAD ES YA LA MAYOR, EN EL ESQUEMA LA FASE A, QUE CORRESPONDE A LA DESCARGA. EN REALIDAD SOLO SE PUEDE MEJORAR LA CAPACIDAD DEL CONJUNTO INCREMENTANDO LA CAPACIDAD DEL ELEMENTO MAS ESTRECHO O REDUCIDO, DE AHI LA UTILIZACION DEL TERMINO "ESTRANGULAMIENTO". LA CAPACIDAD DEL CONJUNTO IRA MEJORANDO A MEDIDA QUE SE INCREMENTA LA CAPACIDAD DE LA FASE B, HASTA QUE LLEGUE A IGUALAR LA DE LA FASE D: ENTREGA. CUALQUIER MEJORA ADICIONAL DE LA CAPACIDAD TOTAL EXIGIRA UN AUMENTO SIMULTANEO DE LA CAPACIDAD A LAS FASES B Y D.

A CONTINUACION DESCRIBIREMOS LAS CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES PARA DAR SERVICIO A LAS EMBARCACIONES ANTES MENCIONADAS.

INSTALACIONES PARA BARCOS DE CARGA GENERAL FRACCIONADA.

PARA LA CARGA Y DESCARGA DE ESTE TIPO DE BARCOS, SE EMPLEAN DOS SISTEMAS, POR MEDIO DE LOS APAREJOS DEL BARCO O EMPLEANDO GRUAS DE MUELLE QUE CORREN SOBRE RIELES A LO LARGO DE LOS MUELLES. EN MEXICO SE USA EL PRIMER SISTEMA MENCIONADO, ES DECIR, EMPLEANDO LAS GRUAS DEL BARCO. ASI MISMO PODEMOS DECIR QUE EN NUESTRO PAIS ES FRECUENTE LA MANIOBRA DIRECTA DE BARCO O TREN O VICEVERSA, LO ANTERIOR NOS DA LAS BASES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS MUELLES DE CARGA GENERAL, QUE SERAN:

- 1.- EMPLEO DEL EQUIPO DEL BARCO PARA LAS MANIBRAS DE CARGA Y DESCARGA.
- 2.- EMPLEO DEL EQUIPO FERROVIARIO COMO EQUIPO PORTUARIO, POR LO QUE HAY QUE PREVER EL SISTEMA DE VIAS SOBRE LOS MUELLES.

DE LA TABLA 1, SE OBTIENE LA ESICRA DEL BARCO DE MAYORES DIMENSIONES QUE ES DEL ORDEN DE 160.00 M., Y CONVIENE DEJAR 20.00 M. EN SUS EXTREMOS PARA TENDER LAS ARMONIAS DEL BARCO, POR LO QUE EL TRAMO DE ATRAQUE SERIA DE 200.00 MTS. DE LONGITUD.

OBTENCION DE LA CAPACIDAD DE UN TRAMO DE ATRAQUE: PARA HACER EL ANALISIS, SE CONSIDERARA UN BARCO TIPO DE ACUERDO CON LOS DATOS DE LA TABLA 1, QUE SON LOS SIGUIENTES:

ESICRA	=	160.00 M
MANGA	=	20.00 M
CALADO	=	9.75 M.
ESCOTILLAS	=	4
CAPACIDAD DE CARGA	=	12,000 TCN.

PARA CARGA GENERAL FRACCIONADA SE MANEJAN 120 TCN. POR BRIGADA POR DIA (APROX.) COMO EL BARCO DISPONE DE 4 ESCOTILLAS, PODRAN TRABAJAR A LA VEZ 4 BRIGADAS OBTENIENDO UN RENDIMIENTO DE 480 TON/DIA YA QUE LA CAPACI

DAD DE CARGA DE LA EMBARCACION ES DE 12,000 TON; EL TIEMPO DE DESCARGA DE LA EMBARCACION SERA:

$$\frac{12,000 \text{ TON.}}{480 \text{ TON/DIA}} = 25 \text{ DIAS}$$

SI SE CONSIDERAN 300 DIAS HABILES AL AÑO:

$\frac{300}{25} = 12$, QUE SON LAS VECES QUE PODRA UTILIZARSE EL TRAMO DE ATRAQUE AL AÑO.

EL TONELAJE TOTAL ANUAL QUE PUEDE MOVERSE ES DE:

$$12 \times 12,000 = 144,000 \text{ TON.}$$

LA LONGITUD DEL TRAMO, COMO SE DIJO ANTERIORMENTE ES DE 200.00 M.

$$\frac{144,000 \text{ TON.}}{200 \text{ MTS.}} = 720 \text{ TON/AÑO/MTS. DE MUELLE.}$$

ESTE RENDIMIENTO SE CONSIDERA BAJADO YA QUE NO HEMOS TOMADO EL TIEMPO QUE EL MUELLE PERMANECE INACTIVO; SI SE TOMA UNA EFICIENCIA DEL 70% PARA SU UTILIZACION SE PONDRÁ:

$$720 \times 0.70 = 504 \text{ TON/AÑO/M. DE MUELLE}$$

CON LA CIFRA OBTENIDA PARA EL RENDIMIENTO DE UN TRAMO PODEMOS -- DETERMINAR LAS NECESIDADES DE AMPLIACION DE MUELLES Y BODEGAS.

ANCHO DEL MUELLE.

EL ESPACIO COMPRENDIDO ENTRE LA BODEGA DE TRANSITO Y LA PANDA DE ATRAQUE VARIA SEGUN CADA MUELLE EN PARTICULAR, SEGUN LA INTENSIDAD DEL TRAFICO DE MERCANCIAS DE CARGA GENERAL Y EL EQUIPO EMPLEADO EN LA TRANSFEREN--

CIA DE LA CARGA.

EN MEXICO POR TENER QUE MANEJAR GRANDES (PRINCIPALMENTE CEREALES), Y MAQUINARIA, SE HACE NECESARIO CONTAR CON UN SISTEMA DE VIAS DE FERROCARRIL SOBRE LA PLATAFORMA DE TRABAJO DEL MUELLE, POR LO GENERAL EL NUMERO DE DOS, - UNA DE SERVICIO Y OTRA DE TRANSITO POR LO QUE LA DISTANCIA ENTRE BODEGA Y PARRAMENTO DE MUELLE VARIARA DE 13.00 A 20.00 MTS. DEPENDIENDO TAMBIEN DE LA ESTRUCTURACION DEL MUELLE.

ELEVACION DE LA PLATAFORMA DE TRABAJO.

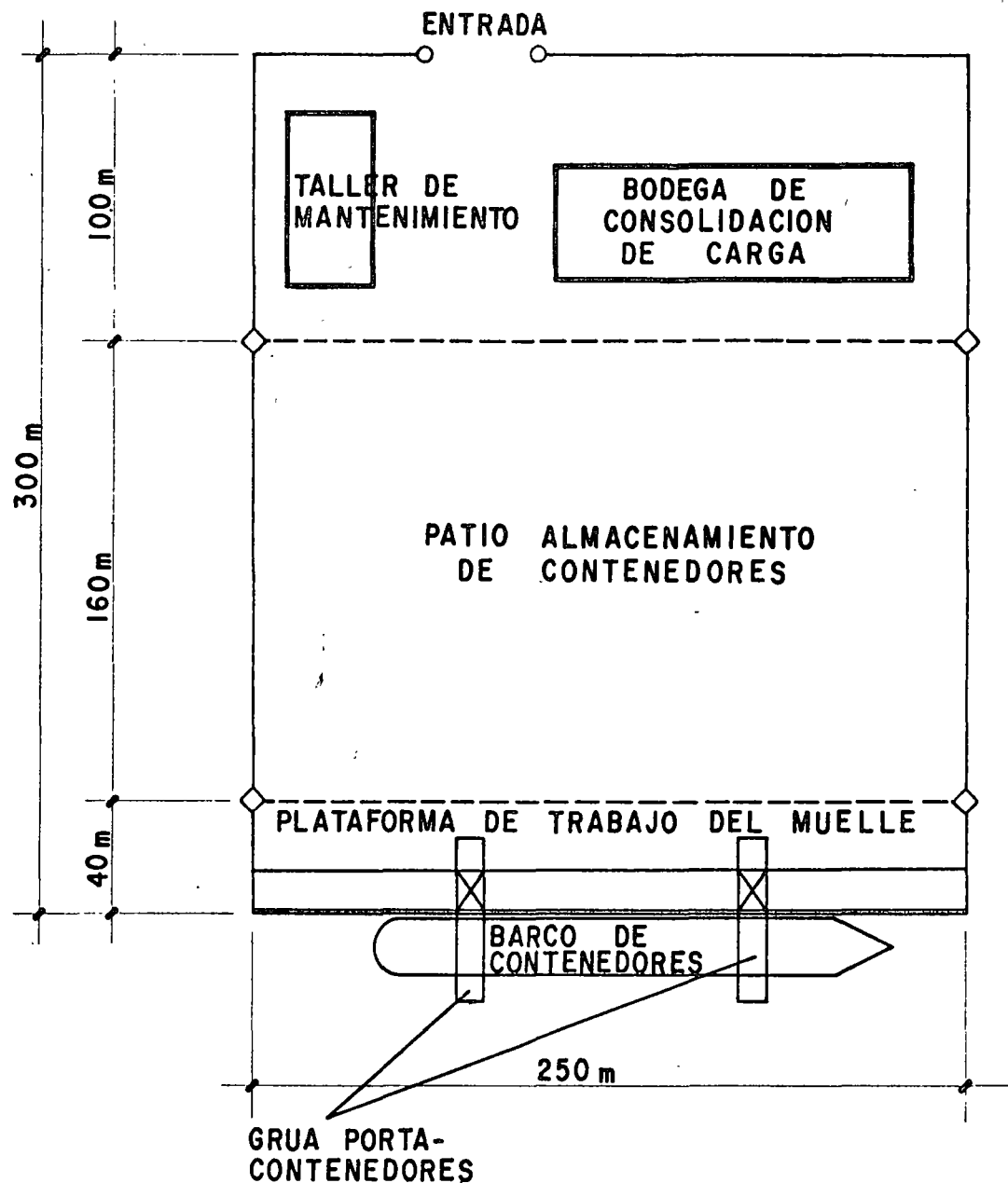
LA ELEVACION DE LA PLATAFORMA DE TRABAJO VARIARA DE LA + 2.00 A LA + 4.00 MTS. DEPENDIENDO DEL LUGAR DE LA COSTA DE QUE SE TRATE, YA QUE ESTA ESTARA EN FUNCION DE LAS MAREAS Y DE LOS DIFERENTES TAMAÑOS DE BARCOS QUE VAYAN A ATRACAR EN EL MUELLE.

SE ANEXA LA TABLA QUE MUESTRA LAS DIFERENTES ELEVACIONES DE VARIOS MUELLES EN LOS PUERTOS NACIONALES Y SU RELACION CON LA VARIACION DE LAS MAREAS QUE NOS DA UNA IDEA PARA LA ELECCION DE DICHA ELEVACION. (VER APENDICE).

B).- INSTALACIONES PARA BARCOS DE CONTENEDORES.

UNA VEZ QUE EL VOLUMEN DE CARGA GENERAL FRACCIONADA LIEGA A TENER UN FLUJO DE CONSIDERACION, DEL ORDEN DE UN MILLON DE TONELADAS, DE LAS CUALES LAS IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES SEAN APROXIMADAMENTE DE LA MISMA CANTIDAD, SE RECOMIENDA LA CONSTRUCCION DE UNA TERMINAL PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES, CON LO CUAL SE OBTIENE UN AUMENTO DE EFICIENCIA GLOBAL DEL PUERTO, YA QUE EN ESTE TIPO DE INSTALACIONES SE LIEGA A MANEJAR DE 5 A 10 VECES MAS DE CARGA DEPENDIENDO DEL GRADO DE MECANIZACION.

A CONTINUACION MOSTRAMOS LAS DIMENSIONES GENERALES DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES TIPO, EMPLEADA EN EL JAPON, (VER FIGURA 7)



ESPECIFICACIONES DE UNA TERMINAL TIPO

PROFUNDIDAD	-12.00 m.
LONGITUD DEL MUELLE	250.00 m.
ANCHO	300.00 m.
PATIO ALMACENAMIENTO CONT.	40,000.00 m ²
GRUA PORTA-CONT.	2 de 8'X8'X40'
CAPACIDAD	30 TON.

TERMINAL TIPO PARA CONTENEDORES EN JAPON

FIG. 4

C.D.,.- PARA LOS BARCOS ESPECIALIZADOS PARA EL MANEJO DE LIQUIDOS Y GRANULES LA DISPOSICION GENERAL SERIA LA QUE SE MUESTRA EN LAS FIGURAS 6 Y 7

3.6.- INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO A CUBIERTO.

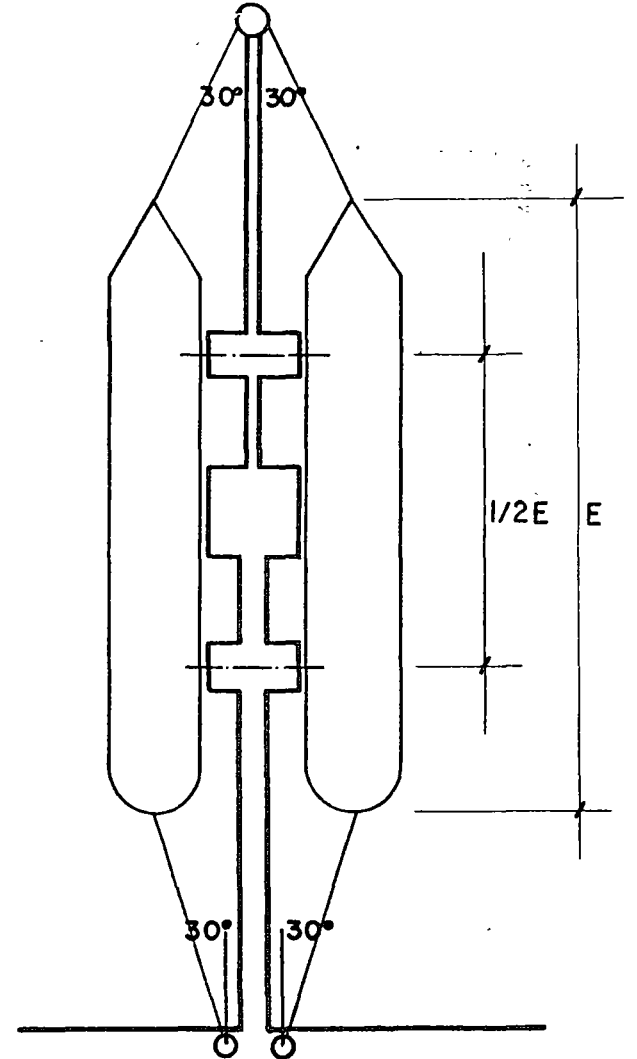
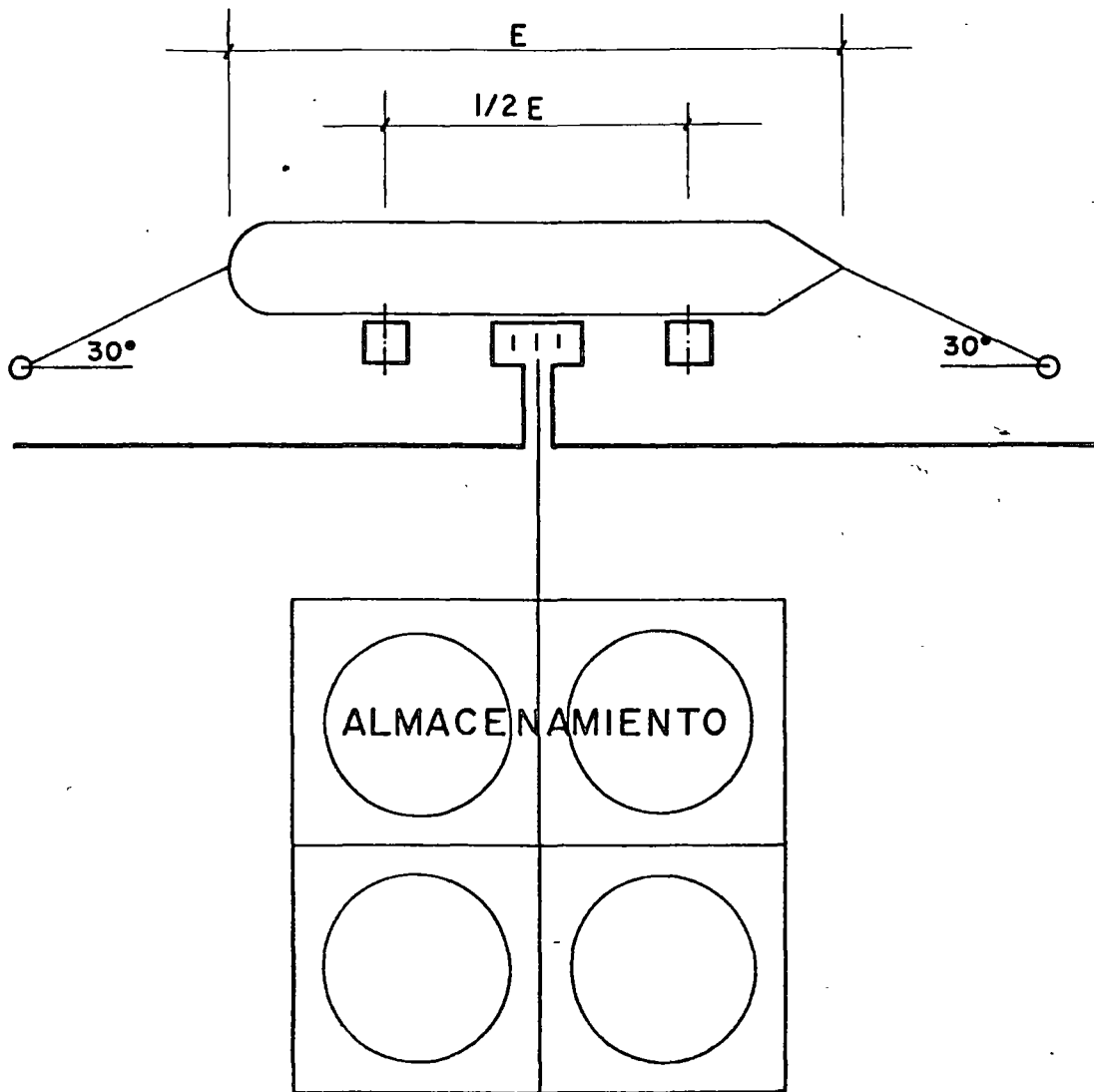
LAS DIMENSIONES DE LAS BODEGAS DE TRANSITO DEPENDE LA EFICIENCIA EN EL MANEJO DE LAS MERCANCIAS, YA QUE SI ES BAJA, OBLIGARA A DISPONER DE GRANDES AREAS DE ALMACENAMIENTO QUE REGULAN LA CARGA EN SU PASO POR EL PUERTO. EN MEXICO, EN CIERTOS PUERTOS SE HA REDUCIDO 30 A 15 EL TIEMPO LIBRE QUE LAS MERCANCIAS PUEDEN PERMANECER EN LA BODEGA DE TRANSITO SIN PAGAR ALMACENAMIENTO CON ESTO SE AUMENTO LA EFICIENCIA EN EL MANEJO AUN MAS, ESTE RENDIMIENTO PODRIA AUMENTARSE SI SE REDUCE EL TIEMPO LIBRE A 10 DIAS, PERO HABRIA QUE ESTABLECER BODEGAS PARA CARGA ESTACIONARIA QUE PERMITIERA RECOLECTAR CARGA PARA FORMAR EL CARGAMENTO EN UNA NAVE,. EN TODO CASO DEBERIAN EXISTIR BODEGAS DE TRANSITO YA QUE LAS VELOCIDADES DE CARGA Y DESCARGA DE LAS EMBARCACIONES Y DE LOS TRANSPORTES SE RESTRES DIFIEREN NOTABLEMENTE. PARA DIMENSIONAR UNA BODEGA DE TRANSITO ES NECESARIO QUE ESTA ADMITA LA TOTALIDAD DE LA CARGA QUE TRANSPORTE LA EMBARCACION QUE COMUNMENTE FRECUENTE EL PUERTO, O QUE SE ESPERA EN UN FUTURO, SIEMPRE CONSIDERANDO CONDICIONES NORMALES DE OPERACION EN CUANTO A QUE SEA UN CIRCUITO CONTINUO:

PARA OBTENER LAS DIMENSIONES GENERALES, PRIMERO ENCONTRAREMOS EL AREA TOTAL (AT) NECESARIA. LOS DATOS DE QUE SE DISPONEN SON LOS SIGUIENTES:

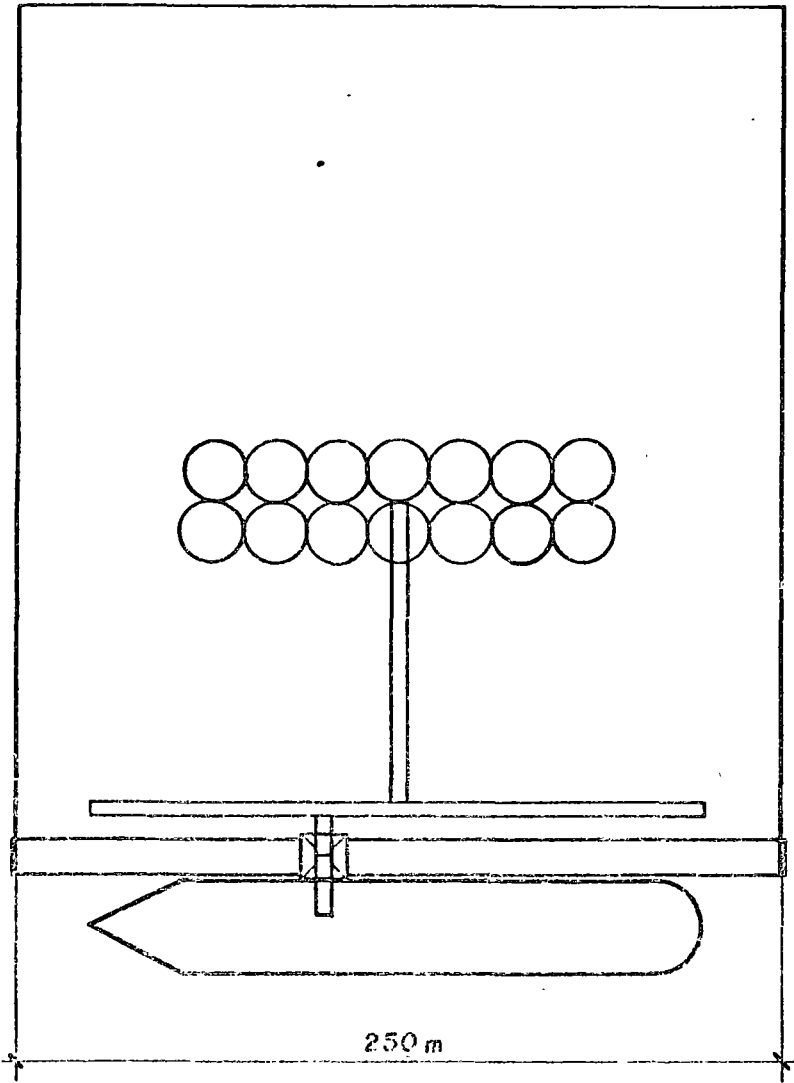
- C = CARGA TOTAL QUE TRANSPORTA LA EMBARCACION (TON.)
- D = DENSIDAD MEDIA DE LA CARGA (TON/M³)
- R = CAPACIDAD DE CARGA DEL PISO DE LA BODEGA (TON/M²)
- H = ALTURA DE ESTIBA

LA ALTURA DE ESTIBA SE FIJA EN FUNCION DEL TIPO Y EMPAQUE DE LAS MERCANCIAS Y ADEMAS DEL EQUIPO DE QUE SE DISPONGA (ELEVADORES DE HORQUILLAS, - ETC.) POR LO QUE:

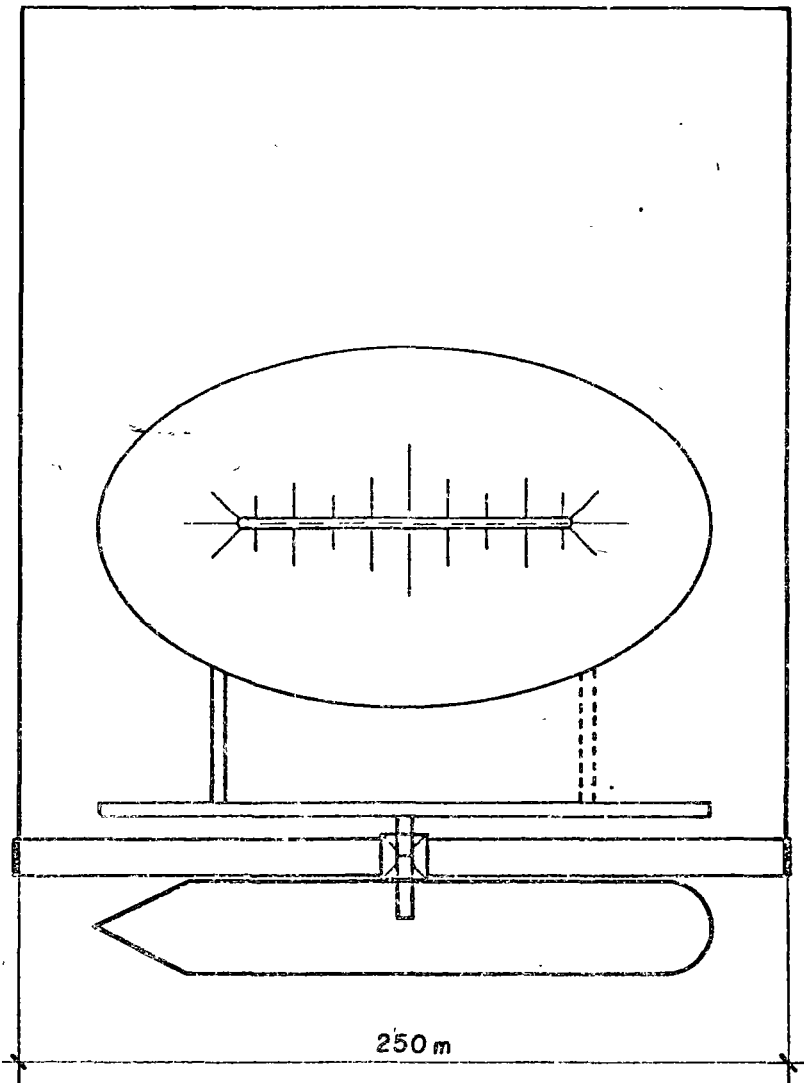
$$H = \frac{R}{D} \text{ --- (1)}$$



MUELLES TIPO PARA
MANEJO DE LIQUIDOS



MUELLE PARA EL MANEJO
DE GRANELES



MUELLE PARA EL MANEJO
DE MINERAL

MUELLES TIPO PARA MANEJO DE GRANELES SECOS

EN LA BODEGA SE CONSIDERA EL 30% DEL AREA TOTAL PARA CIRCULACION POR LO QUE:

$$AT = 1.3 A. META \text{ --- (2)}$$

$$Y A \cdot META = \frac{C}{R} \text{ --- (3)}$$

DE (2) Y (3)

$$C = \frac{AT}{1.3} \text{ --- (4)}$$

SUBST. 91) EN (4)

$$\frac{C}{DH} = \frac{AT}{1.3} \text{ DESPEJANDO AT}$$

$$AT = \frac{1.3 C}{DH} \text{ --- (5)}$$

FIJADA EL AREA TOTAL NECESARIA QUEDA POR DETERMINAR LA LONGITUD Y ANCHO CONVENIENTES.

ES RECOMENDABLE QUE LA LONGITUD DE LA BODEGA COINCIDA APROXIMADAMENTE CON LAS ESCOTILLAS DE LA EMBARCACION, QUE PARA NUESTRO CASO, Y DE ACUERDO CON LA TABLA No. , LA ESLORA DE UN BARCO DE CARGA GENERAL ES DE 160:00 SIENDO 3/4 PARTES APROXIMADAMENTE DE LA ESLORA, EL ESPACIO QUE OCUPAN LAS ESCOTILLAS, ESTO ES 0.75 x 160.00 = 120.00 M, QUE SERIA LA LONGITUD RECOMENDABLE DE LA BODEGA DE TRANSITO.

EN NUESTRO CASO, UNA BODEGA DE TRANSITO TENDRIA LAS SIGUIENTES DIMENSIONES:

- C = 12000 TON. (OBTENIDO DE LA TABLA No.)
- D = 0.800 TON/M3 (DENSIDAD MEDIA SOPORTE)
- H = 4.50 M (ALTURA DE ESTIBA CON EQUIPO)

SUSTITUYENDO EN (5)

$$AT = \frac{1.3 \times 1200}{0.200 \times 4.50} = 4\ 333\ M2$$

CONSIDERANDO 120.00 M. DE LONGITUD DE BODEGA SE TIENE:

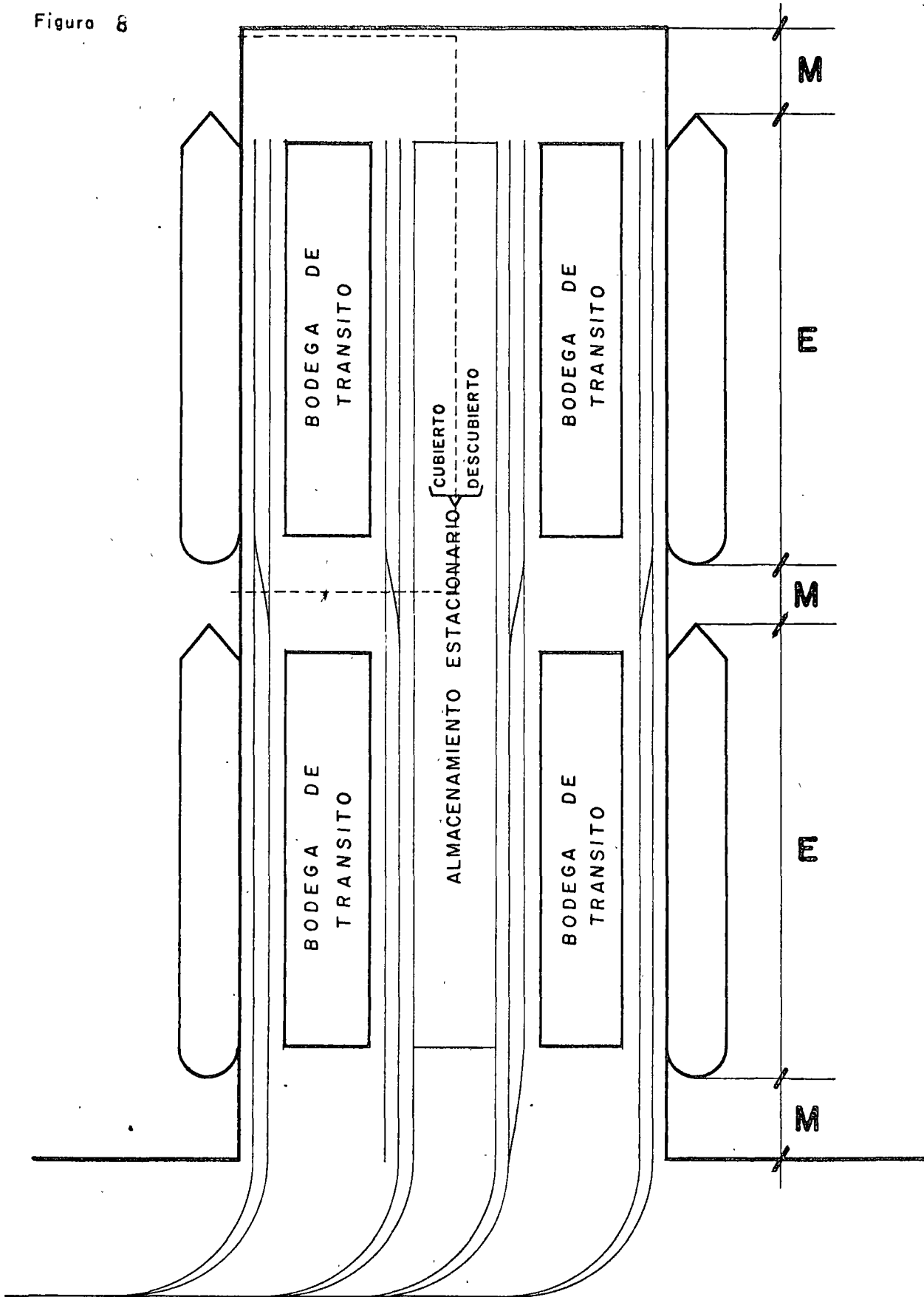
$$ANCHO BODEGA = \frac{4333\ M2}{120\ M.} = 36\ M$$

PARA ESTUDIAR EL FUNCIONAMIENTO DE UNA BODEGA DE TRANSITO, SE PUEDE APLICAR POR EJEMPLO EL METODO DE LA "CURVA DE MASAS", CON EL OBJETO DE OBTENER RESULTADOS UTILES Y FACILMENTE APLICABLES A LAS OPERACIONES DE MOVIMIENTO DE CARGA EN UNA TERMINAL MARITIMA, AL APLICAR ESTE METODO, SE TRATA DE COMPONER EL FUNCIONAMIENTO DE UNA BODEGA DE TRANSITO CON EL DE UNA EMPRESA DE ALMACENAMIENTO, PROCURANDO RELACIONAR ENTRE ELIOS EL MAYOR NUMERO DE PROPIEDADES; REGIMEN DE ENTRADA, VOLUMEN ALMACENADO, REGIMEN DE SALIDAS, ETC. CON ESTE METODO ES POSIBLE DETERMINAR:

ZONAS Y EPOCAS EN QUE YA HABIDO DEFICIENCIAS. RESULTA MAS ECONOMICO ESTUDIAR EN ESTA FORMA Y MEJORAR LOS SISTEMAS DE OPERACION QUE CONSTRUIR NUEVAS INSTALACIONES QUE TRABAJEN CON EFICIENCIAS BAJAS. CUANDO LA BODEGA, ES INSUFICIENTE, SE PUEDE DETERMINAR EL VOLUMEN SOBRRANTE Y LA CAPACIDAD DE LAS NUEVAS INSTALACIONES PARA ABSORVERLO, CON LO CUAL OBTENEMOS DATOS PARA EL PROYECTO DE PATIOS DE ALMACENAMIENTO O BODEGAS PARA CARGA ESTACIONARIA. VER FIGURAS 8 Y 9.

3.7.- ENLACE ENTRE EL TRANSPORTE TERRESTRE Y MARITIMO.- VIAS DE FERROCARRIL ACCESOS CARRETEROS.

VIAS DE FERROCARRIL.- EL PUERTO DEBERA CONTAR CON SU PATIO DE VIAS (SUBESTACION), INDEPENDIEMENTE DEL QUE EXISTIA EN LA LOCALIDAD, EN DICHO PATIO SE SELECCIONARAN Y ALMACENARA EL EQUIPO FERROVIARIO Y DE AHI SE DISTRIBUIRA A LAS BODEGAS O A LOS TRAMOS DE ATRAQUE SI EL MOVIMIENTO DE CARGA ES DIRECTO DE TREN A BARCO, DE ACUERDO CON ESTE ESQUEMA, UNA POSIBLE DISPOSICION DE VIAS DE FERROCARRIL SERIA COMO SE APRECIA EN LAS FIGURAS.



DISPOSICION DE INSTALACIONES EN
MUELLES EN ESPIGON

SECCION TRANSVERSAL DE UN MUELLE

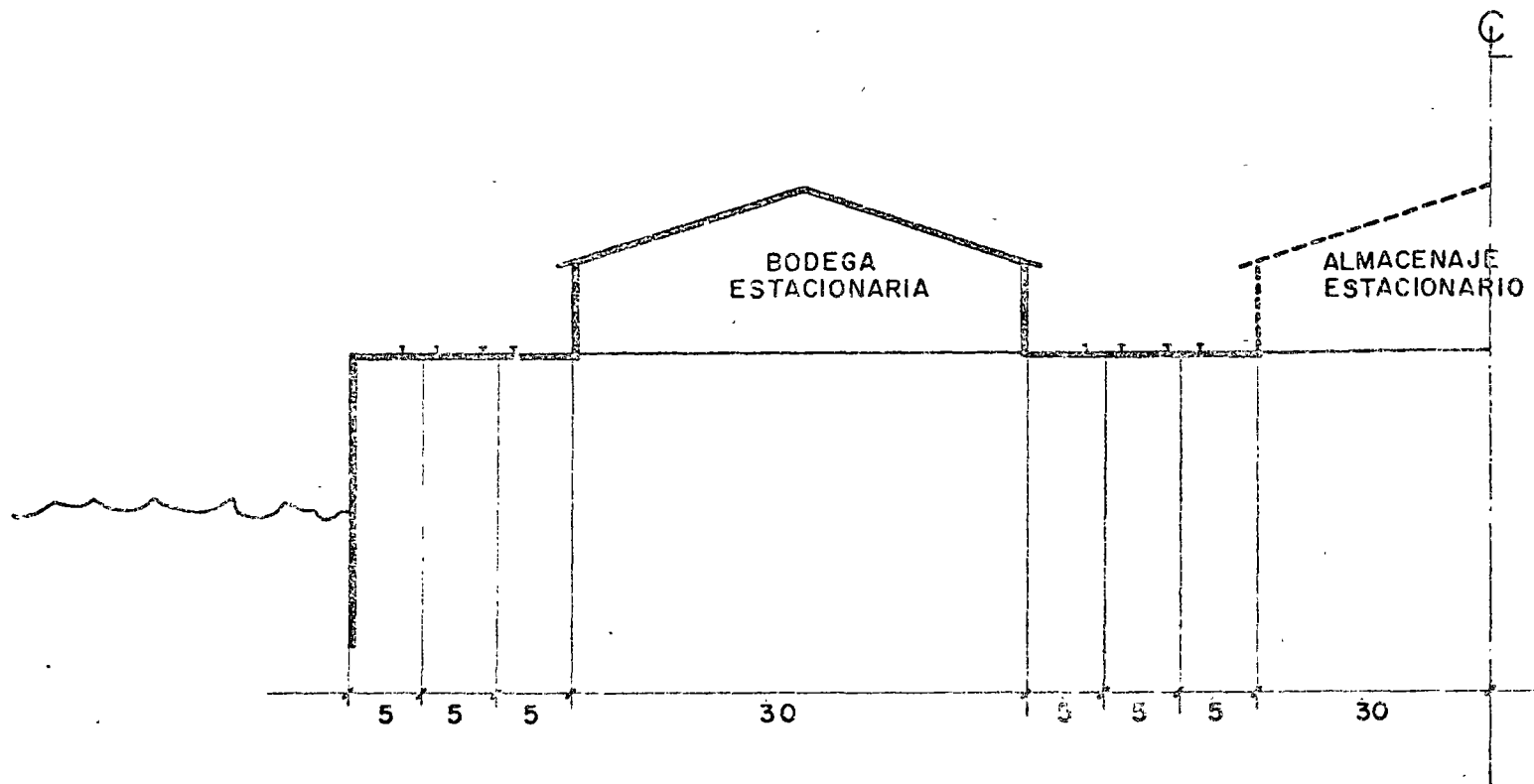


FIGURA 9

ACOTACIONES EN METROS

ACCESO CARRETEROS.- ES INDISPENSABLE PREVEER EN LOS ANALISIS DE PLANEACION EL DEJAR ESPACIO NECESARIO PARA LOS ACCESOS CARRETEROS Y QUE ESTOS NO SEAN INVALIDADOS, YA QUE ESTAS INVACIONES HAN PROVOCADO EN LA MAYORIA DE LOS PUERTOS DEL PAIS LOS CUELLOS DE BOTELLA QUE VAN EN DETRIMENTO DE LAS OPERACIONES DEL PUERTO.

A P E N D I C E

· PARTES PRINCIPALES DE UNA EMBARCACION. (DEFINICIONES.	1
CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES	3
RELACION ENTRE EL DESPLAZAM. EN CARGA Y LAS DEMAS CARACTERISTICAS DE LA EMBARCACION.	7
GRAFICA DE FRANCO BORDO PARA OBTENER SUPERFICIE EXPUESTA AL VIENTO.	14
DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DEL PESO DE UN BARCO,	15
DIMENSIONES APROXIMADAS DE EMBARCACIONES MERCANTES	16
DIMENSIONES DE BARCOS DE PASAJEROS	18
DIMENSIONES DE BARCOS DE CARGUEROS	18
DIMENSIONES DE BUQUES-TANQUES	19
DIMENSIONES DE MINERALEROS	20
DIMENSIONES DE BARCOS PORTA CONTENEDORES	20
DIMENSIONES DE MUELLES	21
CARACTERISTICAS DE LA FLOTA ATUNERA DE ENSENADA	22
CARACTERISTICAS DE LA FLOTA ANCIOVETERA-SARDINERA DE ENSENADA	24
CARACTERISTICAS DE LA FLOTA CAMARONERA Y DE ESCAMA DE ALVARADO, VER.	25
TABLA DE EQUIVALENCIAS	33
CARACTERISTICAS DE MUELLES DEL GOLFO DE MEXICO	38
CARACTERISTICAS DE MUELLES DEL OCEANO PACIFICO	45

DEFINICIONES DE LA EMBARCACION.

- PROA.-- Es la parte delantera del casco, dispuesta en forma de cuña para ofrecer el mínimo de resistencia a el agua mientras se desliza el barco.
- POPA.-- Es la parte posterior del casco con forma y dimensiones tales que facilite el paso del agua que vá a llenar el vacío provocado por el avance del barco y para tener espacio suficiente para facilitar la acción de los elementos de gobierno y propulsión.
- ESTRIBOR.-- Es el costado Derecho del casco, considerando al observador viendo desde popa hacia proa.
- BABOR.-- Es el costado Izquierdo correspondiente de la embarcación.
- AMURA.-- Son las partes curvas del casco próximas a la proa del barco y serán de babor ó de estribor.
- ALETA.-- Son las partes curvas del casco próximas a la popa y pueden ser también de babor ó de estribor.
- QUILLA.-- Es la parte principal del casco, formada por una pieza larga y robusta que corre longitudinalmente de proa a popa y sobre la cual descansan el conjunto de todas las demás piezas. En sus extremos se levantan: La Reda que es una pieza de hierro ó acero fundido que forma el extremo de proa y el Codaste que forma el extremo de popa.
- CUADERNAS.-- Piezas curvas, afirmadas a la quilla y normales a ella, que dan forma al buque y sostienen el forro;

que forman el costillaje del barco. La "quadrerna maestra" aquella cuyo cogido cubre la mayor superficie (comunmente es la de mayor abertura). La sección correspondiente del casco se denomina "sección maestra".

CUBIERTAS. -- Son superficies horizontales, que dividen el interior del barco en varios niveles ó pisos. La superior se llama cubierta alta ó de construcción, y se encuentra total o parcialmente al descubierto. La inmediata inferior se llama Habitable y la siguiente se llama Protectorá ó Sollado.

En los barcos de carga las áreas entre cubiertas se destinan a bodegas.

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

LÍNEA Y SUPERFICIE DE FLOTACION. Se llama línea de flotación a la que separa la parte seca de la mojada y plano de flotación al definido por dicha línea. Esta se marca estando el barco flotando en aguas tranquilas. La línea de carga máxima es la de inmersión máxima estando el buque en condiciones normales de navegabilidad.

DIMENSIONES DE UNA EMPARCACION

ESLORA. -- Es la máxima distancia entre las caras externas de la roda y el codaste, ó sea, es la máxima longitud del barco.

MANCA. -- Es la máxima dimensión transversal del buque.

PUNTAJ. -- Es la distancia vertical, medida en la sección --

entre la cara superior de la quilla y la línea horizontal de la cubierta de construcción.

ALTEZA.-

Es la distancia vertical, medida en la sección muestra, entre el borde inferior de la quilla y la línea horizontal de bao de la cubierta de construcción.

CALADO.-

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 línea de flotación a plena carga. El calado mínimo es el correspondiente a barco descargado ó en lastre.

FRANCO BORDE.-

Es la distancia vertical, medida en la sección muestra, entre la línea de flotación a plena carga y la intersección de la cubierta alta con el costado del buque.

CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES.

DESPLAZAMIENTO.-

Es el peso del barco, ó sea, es el peso del volumen de agua desalojado por el barco. Se mide en toneladas métricas. Es un valor variable de acuerdo con la carga transportada.

Desplazamiento en rosca.- Es el peso del buque al ser botado al agua. Incluye el peso completo del casco con sus accesorios, instalación completa de maquinaria, calderas, etc.

Desplazamiento en lastre.- Es el peso del buque - lastre para navegar con dotación de combustible, - agua, lastre, etc., pero sin carga.

Desplazamiento en carga.- Es el peso del buque con todos los pertrechos y con la máxima carga que es capaz de transportar.

NOTA: Un buque que pase de agua dulce a agua de - mar disminuye su calado ya que aumenta la densidad del agua (1 m³ de agua de mar = 1.025 Ton.)

ARQUEO.-

Es la medida convencional de la capacidad ó volúmen interno de un barco. La unidad de medida es - la tonelada de arqueo (Tonelada Moorson) equivalente al volúmen de 100 pies³ ó sea, 2,832 m³.

Arqueo bruto.- Es el volúmen de todos los espacios interiores de a bordo sin distinción de clases. En el valor del arqueo bruto se hallan basados los - precios de los buques, las primas de navegación y construcción y los derechos de carena.

Arqueo neto.- Es el volúmen de la parte del buque destinada a la carga y se obtiene, deduciendo del arqueo bruto, el volúmen de los espacios que, por su uso ó modo de construcción, no pueden dedicarse a la estiba de carga.

PORTO.-

Es el peso de la carga que transporta el buque.- La unidad de medida es la tonelada métrica.

Porto bruto.- Es el peso del volúmen de agua desplazada al pesar el barco, de las condiciones de "buque descargado" (Desplazamiento en rosca), a

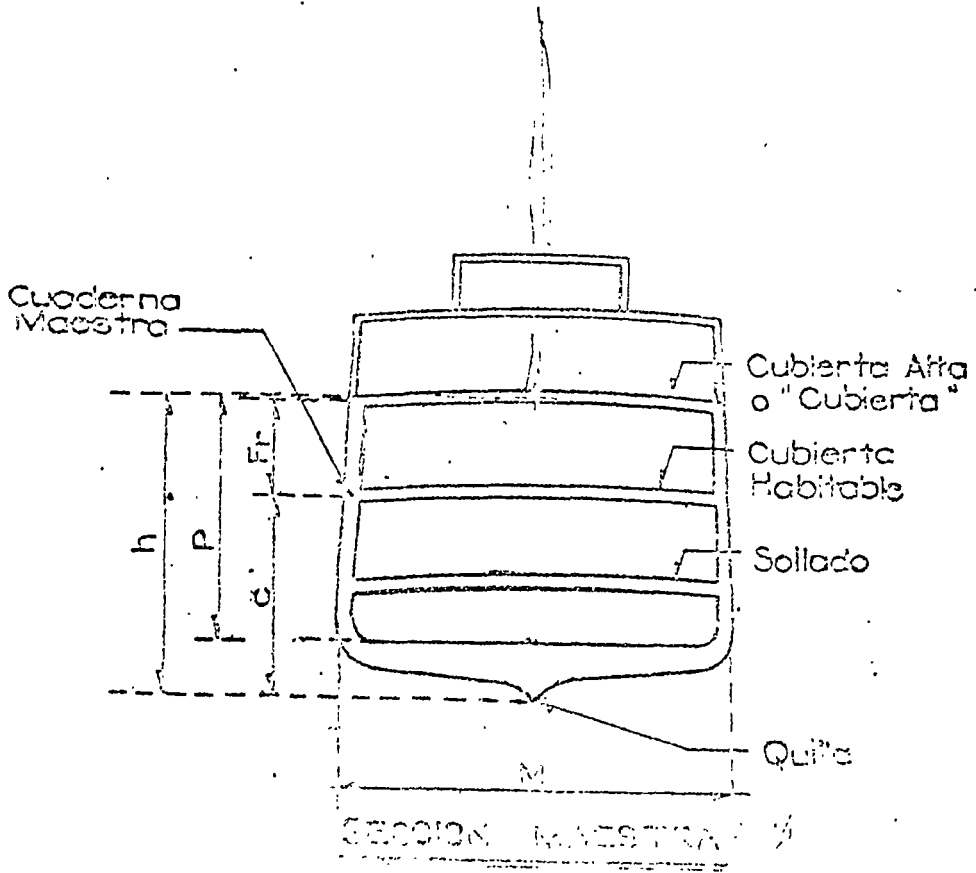
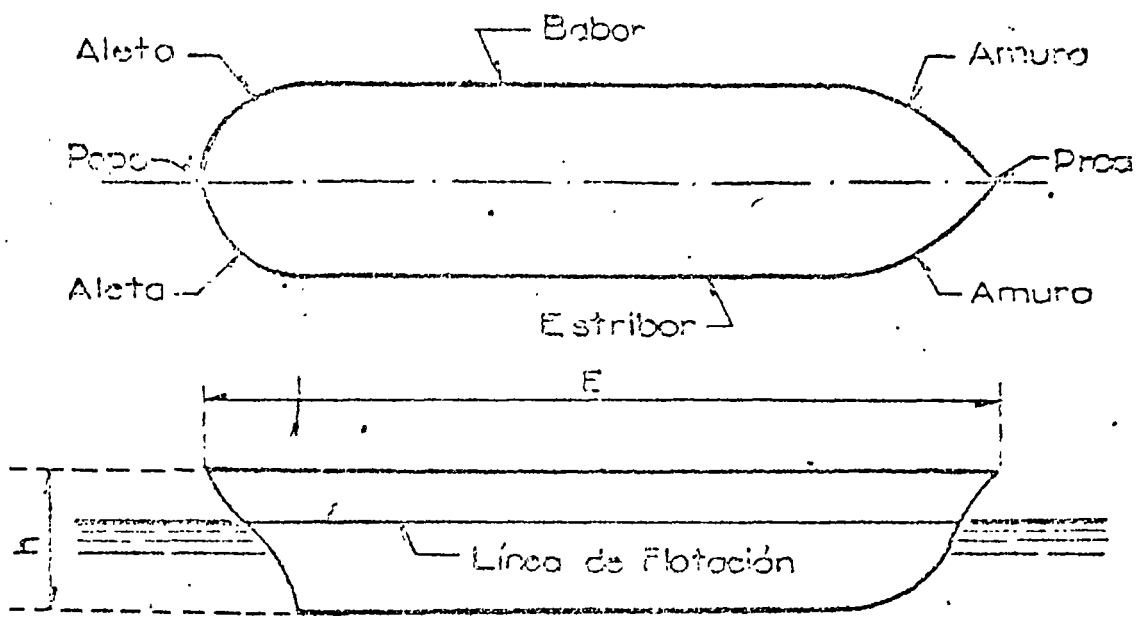
Desplazamiento en carga" (Desplazamiento en carga).

Es decir, es el peso que es capaz de transportar el buque.

Peso neto.- Es el peso del volumen de agua desplazado, al pasar el barco de las condiciones de "buque descargado" pero con dotación de agua, combustible, víveres, etc. (Desplazamiento en lastre) a las de plena carga (Desplazamiento en carga). Es decir, es el peso de la "carga", propiamente dicha, que es capaz de transportar el barco.

TONELAJE.- Generalmente, en catálogos y listas oficiales, entre las características de un barco, se dan el "tonelaje bruto" y el "tonelaje neto". Estos valores se refieren al "Arqueo" por lo que su unidad de medida es la Tonelada "Morrison" (de 100 pies³).

PARTES PRINCIPALES Y DIMENSIONES DE UNA EMBARCACION



NOMENCLATURA

- E = Eslora
- h = Altura
- P = Puntal
- Fr = Franco Bordo
- c = Calado
- M = Manga

SECCION MAESTRA

RELACIONES ENTRE EL DESPLAZAMIENTO DE CARGA Y
LAS CARAS CARACTERÍSTICAS DE UNA EMBARCACION.

NOMENCLATURA Y UNIDADES:

- D = Desplazamiento en carga, en tons. métricas.
 D_R = Desplazamiento en rosca, en tons. métricas.
 D_L = Desplazamiento en lastre, en tons. métricas.
 T_B = Arqueo Bruto, en toneladas Moorson.
 T_N = Arqueo Neto, en toneladas Moorson.
 P_B = Porte Bruto, en toneladas métricas.
 P_N = Porte Neto, en toneladas métricas.

RELACIONES:

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y ARQUEO BRUTO.

Esta relación varía con el tipo, dimensiones y características de la embarcación. En general, puede considerarse para barcos de 4.500 Tons. de desplazamiento ó menos, la relación de 2.26 y, para barcos de 20 000 Tons. de desplazamiento, la de 1.97. Se tomará un valor intermedio para dicha relación cuando el desplazamiento esté comprendido entre los valores mencionados.

Por lo tanto:

$$2.26 T_B \geq D \geq 1.97 T_B$$

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y PORTE BRUTO.

Esta relación también es variable y los límites de variación, en este caso, son 1.54 y 1.43 para barcos de 4500 y 20 000 - Tons. de desplazamiento respectivamente.

Por lo tanto:

$$1.54 P_B \geq D \geq 1.43 P_B$$

RELACIONES ENTRE EL DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y EL DESPLAZAMIENTO EN ROSCA.

El desplazamiento en carga es igual al desplazamiento en carga menos el porte bruto de una embarcación, por lo que, de la relación D/D_0 anterior, puede deducirse que el desplazamiento en carga varía, aproximadamente, entre 0.30 y 0.35 del desplazamiento en carga.

O sea:

$$3.35 D_R \geq D \geq 2.85 D_R$$

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y DESPLAZAMIENTO EN LASTRE.

En general, para barcos cargueros, el desplazamiento en lastre es aproximadamente igual a 0.39 del desplazamiento en carga.

O sea:

$$D_L \approx 0.39 D$$

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y PORTE NETO.

El porte neto de una embarcación es igual a la diferencia entre el desplazamiento en carga, y el desplazamiento en lastre por lo que de la relación D/D_L anterior puede deducirse que el porte neto es aproximadamente igual a 0.61 del desplazamiento en carga.

$$R_N \approx 0.61 D$$

OTRAS RELACIONES ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE UNA EMBARCACION.

ENTRE EL PORTE BRUTO Y EL PORTE NETO.

Esta relación es variable según que el barco sea de pasaje ó de carga, así como de sus dimensiones, etc. Generalmente varía entre 1.40 y 1.47

$$1.47 D_B \geq R_B \geq 1.40 D_B$$

... entre el "argueso bruto" y el "argueso neto" y el "argueso" en 1.6 y 0.7

3 cent

$$0.7 E_3 > E_1 > 0.6 E_3$$

APLICACIONES.

- 1.- Conociendo cualquiera de las características de una embarcación se podrán calcular las restantes, ya que se conocen las diferentes relaciones entre ellas.
- 2.- Con el dato del "argueso bruto" se podrán tener los valores máximo, mínimo y promedio de las dimensiones de la embarcación con la ayuda de la tabla "Dimensiones de Barcos Mercantes de E.U.U." que se anexa, o bien con las "Listas oficiales de Barcos Mercantes" (Catálogos).
- 3.- Generalmente en catálogos de barcos, se da como dato el valor del puntal "p" de la embarcación. En el "Arte Naval" de A. Baistrocchi se dan valores de la relación "h" entre la altura de construcción "h" y el puntal "p" deducidos del "Lloyd Register" y se ve que:

$$\text{Para } h > 6.55 \text{ m.} \quad h/p \approx 1.1$$

$$\text{Para } h < 6.55 \text{ m.} \quad h/p \approx 1.15$$

Con los cuales se podrá obtener en forma bastante aproximada, el valor de "h" correspondiente.

Se anexa una gráfica, construida con datos del "Arte Naval" que nos permite conocer el valor del Franco Bordo (Fr) y del calce (C) para cualquier valor de la altura "h".

- 4.- Con el valor del "punto muerto" (E_2) de la embarcación se -

... de el peso el agua de ... en lastre, aplicando ...

$$P_{neto} = 1.026 \cdot V \cdot (C_M - C_{Ml}) \cdot C_g \quad \text{(Arte Naval de A. Baistrocchi)}$$

en la que C_g = Porcentaje neto en toneladas métricas.

H = Escora en metros

M = Manga en metros

1.026 = Peso en tons. de 1 m³ de agua de mar

C_M = Calado máximo ó a plena carga en metros

C_{Ml} = Calado en lastre en metros

C_g = Coeficiente de afinamiento que depende del desplazamiento y de la velocidad del barco

El valor de C_g se encuentra tabulado en la Pag. 704 del Arte Naval de A. Baistrocchi pero, en general, puede decirse que para el tipo de barcos mercantes que atracan en puertos mexicanos, $C_g = 0.8$, por lo que:

$$C_{Ml} \approx C_M - \frac{V^2}{9.81 \cdot H \cdot M}$$

Restando el valor de "P_{neto}" el de "P_{bruto}" así calculado se podría obtener lo que el barco sobresale del agua en las condiciones de barco descargado.

5.- Los resultados anteriores permitirían calcular aproximadamente, entre otras cosas:

a).- El tirante de agua mínimo necesario en la banda de atraque de un buque.

b).- El valor en toneladas de lastre necesario de acuerdo a ...

- e).- La tensión en los cables de amarre para el estribo - en las bitas o el estribo sobre el quilla, al estar - obrando el viento sobre el casco del barco, según - las condiciones del puerto y la velocidad del viento - dominante.
- f).- Las dimensiones necesarias y la carga de proyecto de una grúa de construcción o de un varadero.
- g).- El dragado mínimo necesario en un canal de navega- - ción, etc.

EJEMPLO:

Obtención de las características y dimensiones de un barco de 2 000 Tons. de Arqueo Bruto:

$$T_B = 2\ 000 \text{ Tons. Moorson.}$$

De las relaciones dadas entre las características de una embarcación se puede decir que, para este caso:

ancho de la quilla $D \approx 2.26 \times 2\ 000 \approx 4\ 500 \text{ Tons. métricas}$

desplazamiento en toneladas $D_1 \approx 0.39 \times 4\ 500 \approx 1\ 750 \text{ " "}$

desplazamiento en toneladas $D_2 \approx 0.35 \times 4\ 500 \approx 1\ 500 \text{ " "}$

potencia $P_2 \approx \frac{4\ 500}{1.07} \approx 2\ 920 \text{ Tons. métricas.}$

desplazamiento $D_3 \approx 0.61 \times 4\ 500 \approx 2\ 770 \text{ Tons. métricas.}$

desplazamiento $D_4 \approx 0.79 \times 2\ 000 \approx 1\ 580 \text{ Tons. Moorson.}$

En la tabla de relaciones se encuentran los "coeficientes de embarcación" de donde se obtienen los "elementos principales" de una embarcación.

algunas embarcaciones (Arqueo Bruto) obtenidas del "Anuario de Comercio Exterior de los Estados Unidos".

Para el caso de 1100 Tons. se tienen:

$$E = 31.30 \text{ m.} \quad M = 23.70 \text{ m.}$$

$$E = 31.06 \text{ m.} \quad M = 21.67 \text{ m.}$$

$$E = 31.00 \text{ m.} \quad M = 15.14 \text{ m.}$$

$$P = 3.11 \text{ m.}$$

$$P = 3.23 \text{ m.}$$

$$P = 3.11 \text{ m.} \quad \text{°} \quad \text{h} = 5.11 \text{ m} \times 1.15 = 5.88 \text{ m.}$$

En la "Lista oficial de Barcos Mercantes Nacionales" se tiene que:

$$\text{Draga Campeche: } T_B = 1832 \text{ Tons.} \quad E = 30 \text{ m.} \quad CM = 4.45 \text{ m.}$$

$$TM = 1700 \text{ Tons.} \quad M = 12.8 \text{ m.}$$

$$\text{Draga Coatzacoahuas: } T_B = 2000 \text{ Tons.} \quad E = 31.3 \text{ m.} \quad CM = 4.58 \text{ m.}$$

$$TM = 1587 \text{ Tons.} \quad M = 12.8 \text{ m.}$$

$$\text{Draga Brachiponón: } T_B = 2100 \text{ Tons.} \quad E = 29.6 \text{ m.} \quad CM = 4.10$$

$$TM = 1304 \text{ Tons.} \quad M = 13.3 \text{ m.} \quad P = 1.97$$

$$h = 6.16 \text{ m.}$$

Las tres embarcaciones anteriores se tienen:

$$E = 30.00 \text{ m.}$$

$$M = 13.00 \text{ m.}$$

$$h = 6.16 \text{ m.}$$

$$P = \frac{6.16}{1.15} = 5.35 \text{ m.}$$

La gráfica No. 1 arriba no nos permite obtener los valores de h y CM para $h = 5.35$ y $h = 5.88$ (13.20%) porque no hay una escala de cada milímetro.

Del cuadro de los datos de la "Lista oficial de Barcos Mercantes"

El estado mínimo de carga que queda comprendido entre 4.33 y 4.38 m.

El viento de sur soplaba de acuerdo a diagrama con una velocidad de 10 m/s.

El viento de sur soplaba de acuerdo a diagrama con una velocidad de 10 m/s.

$$4.33 = 4.33 + 4.00 + 4.00$$

El estado mínimo de carga que queda

$$C_m = C_1 - \frac{2.25 \times 10^4}{2.25 \times 10^4} = 4.33 - \frac{2.25 \times 10^4}{2.25 \times 10^4} = 4.33 - 3.21 = 1.12$$

Con el valor del estado mínimo conocido se puede calcular el área máxima expuesta a la acción del viento.

Altura máxima del barco sobre el nivel del agua

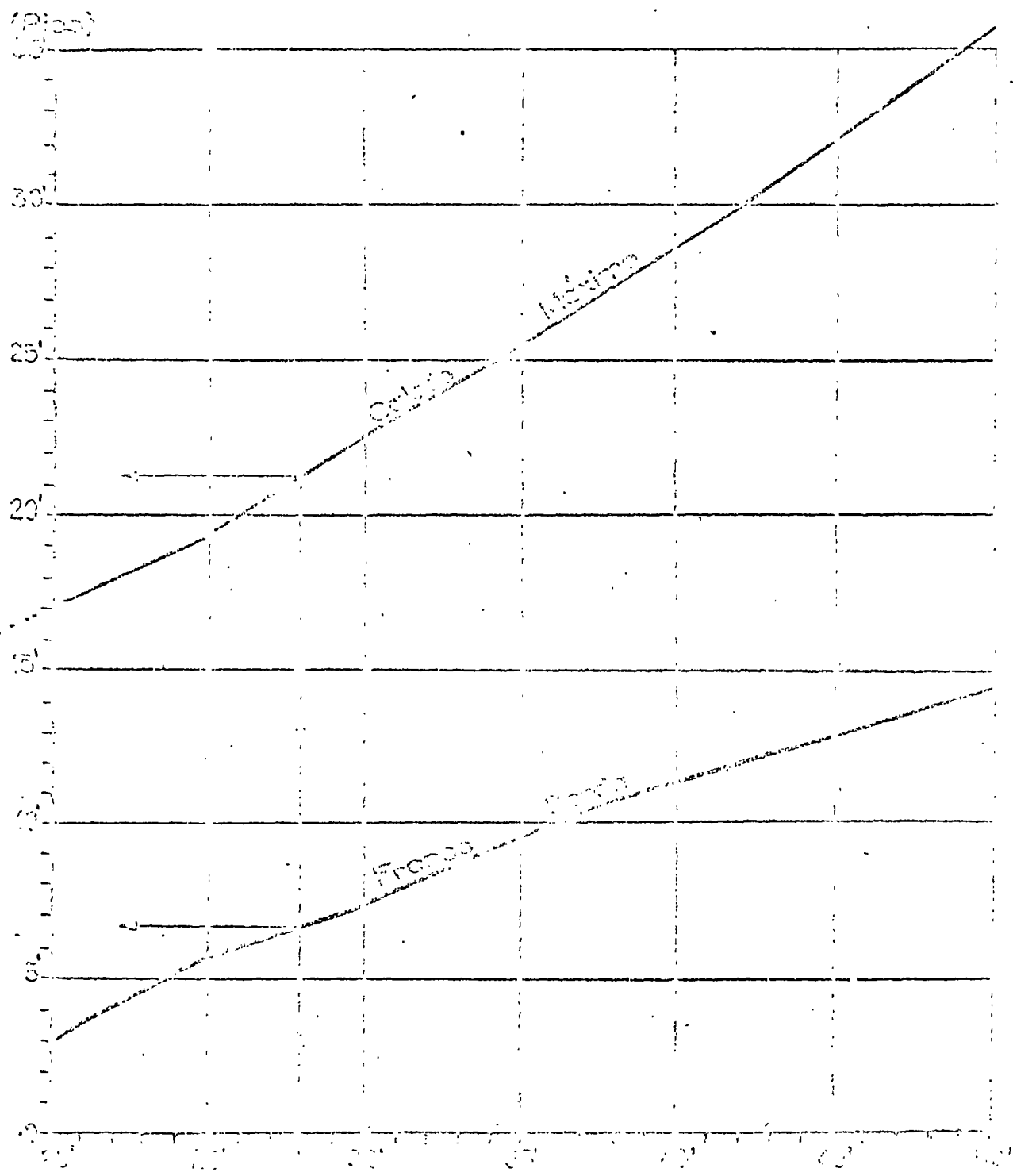
$$6.15 - 1.12 = 5.03 \text{ m.}$$

Área máxima expuesta al viento: $S = 5.03 \times 4.03 = 20.27 \text{ m}^2$

RESUMEN:

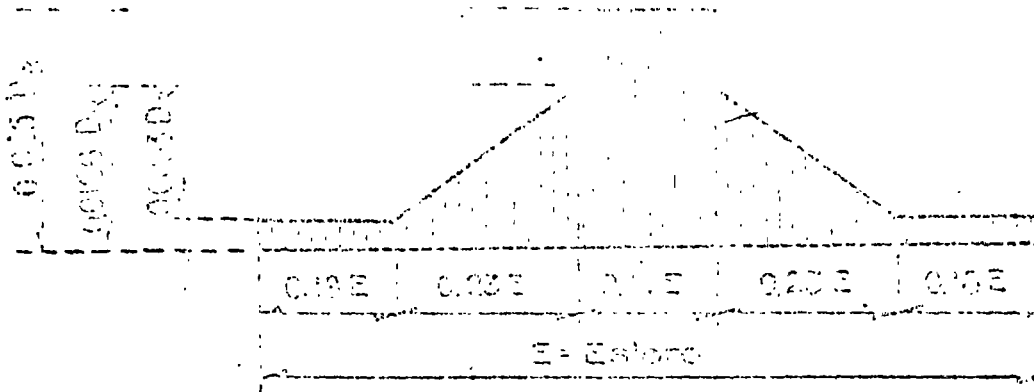
$D = 4500 \text{ Tons.}$	$H = 13 \text{ m. (Carga, 11.5 m.)}$
$D_1 = 2750 \text{ Tons.}$	$H = 5.88 \text{ m. (Carga, 5.5 m.)}$
$D_2 = 1500 \text{ Tons.}$	$H = 3.15 \text{ m. (Carga, 2.8 m.)}$
$D_3 = 2000 \text{ Tons. Moorson}$	$H = 5.11 \text{ m. (Carga, 4.8 m.)}$
$D_4 = 1400 \text{ Tons. Moorson}$	$H = 5.35 \text{ m. (Carga, 5.0 m.)}$
$D_5 = 2920 \text{ Tons.}$	$C_m = 4.33 \text{ m.}$
$D_6 = 2750 \text{ Tons.}$	$C_m = 1.70 \text{ m.}$
$H = 61 \text{ m. (Carga, 57.5 m.)}$	$H = 61 \text{ m. (Carga, 57.5 m.)}$
$H = 51 \text{ m. (Carga, 47.5 m.)}$	$H = 51 \text{ m. (Carga, 47.5 m.)}$
$H = 45 \text{ m. (Carga, 41.5 m.)}$	$H = 45 \text{ m. (Carga, 41.5 m.)}$
$H = 35 \text{ m. (Carga, 31.5 m.)}$	$H = 35 \text{ m. (Carga, 31.5 m.)}$
$H = 25 \text{ m. (Carga, 21.5 m.)}$	$H = 25 \text{ m. (Carga, 21.5 m.)}$
$H = 15 \text{ m. (Carga, 11.5 m.)}$	$H = 15 \text{ m. (Carga, 11.5 m.)}$

RELACION ESTADISTICA TEMPERATURA, CALADO,
FRANCO 2020

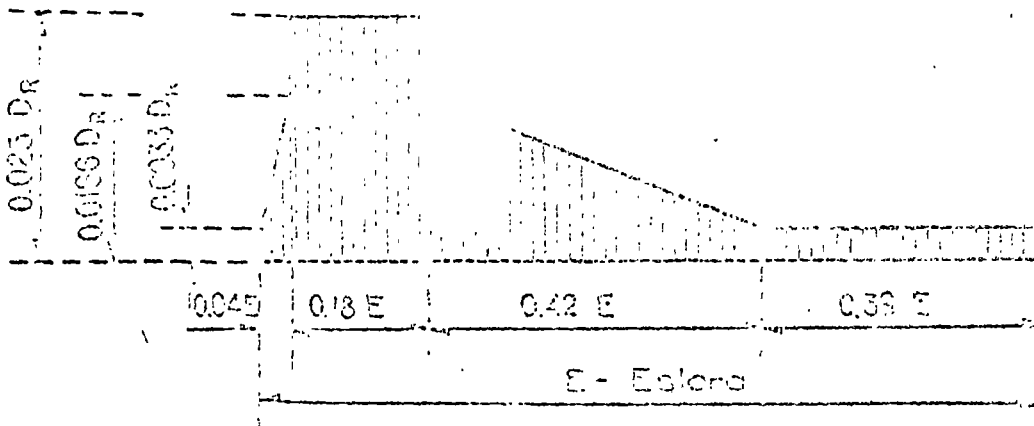


Alfano calado en pie

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DEL PESO DE
 EL BARCO



Máquina de impulsión en el centro del
barco (DR = Desplazamiento en toneladas)



Máquina en una balsa en la parte del
barco (DR = Desplazamiento en toneladas)

P A R T
I I I
C O N T E N T S

Depth Fathoms	M E D I O N A			K A N G A			P U N J A L		
	Temp.	Surf.	Wind.	Temp.	Surf.	Wind.	Temp.	Surf.	Wind.
50	33.56	16.30	9.30	12.19	5.29	2.44	3.35	2.06	0.55
100	36.00	23.58	12.19	12.19	6.57	4.63	5.36	2.59	0.82
150	38.10	28.15	19.75	13.00	7.48	5.27	4.21	2.57	1.16
200	49.32	31.50	22.71	15.95	8.42	5.49	6.04	2.70	1.13
300	53.68	34.70	23.96	17.24	9.53	6.16	5.49	2.95	1.25
400	58.34	44.55	25.63	18.29	9.36	7.07	5.24	3.06	1.37
500	68.00	45.23	30.43	16.76	10.12	7.25	5.53	3.16	1.98
600	63.58	54.49	31.97	17.07	10.94	7.25	5.24	3.20	2.01
800	78.93	57.88	33.53	15.85	11.59	7.93	5.21	3.47	1.39
1000	93.76	64.23	42.67	19.87	13.01	10.33	6.01	4.02	2.22
1200	97.23	72.52	50.17	21.34	13.75	11.00	7.13	4.04	2.77
1500	105.46	79.41	50.01	22.28	14.76	11.04	7.07	4.13	2.39
2000	109.73	81.03	54.86	23.79	15.24	11.67	8.11	5.11	3.23
3000	117.65	96.95	67.06	24.04	15.50	13.24	7.89	6.61	3.96
4000	138.38	105.91	79.55	25.43	15.64	13.47	9.30	7.84	5.61
5000	164.54	129.37	101.34	26.85	16.73	15.24	9.45	7.50	2.32
6000	176.73	140.15	106.68	19.23	18.12	15.35	10.67	8.64	6.86
7000	181.50	141.64	119.85	20.36	17.41	15.30	10.61	10.43	4.85
8000	182.91	141.21	122.73	21.21	18.73	17.57	12.37	9.21	3.23
10000	191.20	146.45	123.05	23.87	21.17	15.70	13.35	9.52	7.20
10000	192.10	147.15	142.21	21.00	20.03	19.35	12.35	11.35	6.24

TUNELAJE	M A R T I			M A Y O			P U N T A S		
	PROM.	PROM.	PROM.	PROM.	PROM.	PROM.	PROM.	PROM.	PROM.
11000	193.00	162.50	152.77	21.94	21.11	20.42	12.10	11.48	9.39
12000	193.46	164.75	154.24	22.00	21.51	18.35	12.10	10.09	2.89
13000	194.30	170.10	158.88	23.20	22.50	21.40	12.44	10.14	6.37
14000	195.10	173.80	163.83	24.45	23.00	20.32	12.22	11.60	10.03
15000	195.81	174.21	169.88	23.04	23.04	23.04	—	8.96	—
16000	196.12	175.31	173.00	25.27	24.22	23.77	13.50	13.38	13.02
17000	—	177.20	—	—	25.21	—	—	13.02	—
18000	197.15	180.18	174.30	25.21	24.13	23.04	13.02	10.85	8.69
19000	197.81	181.92	175.00	25.73	25.57	24.17	13.78	13.22	9.30
20000	198.10	182.92	175.08	26.00	25.24	24.48	13.78	10.01	6.25
21000	—	198.74	—	—	24.48	—	—	6.25	—
23000	—	202.73	—	—	26.30	—	—	10.15	—
24000	—	203.10	—	—	27.19	—	—	11.61	—
25000	—	203.72	—	—	28.50	—	—	9.27	—
53329	—	302.26	—	—	30.97	—	—	11.39	—

Las dimensiones se obtuvieron del catálogo "Merchant Vessels of the United States".

Los promedios corresponden a la media aritmética de las dimensiones, en metros, de todas las unidades registradas para cada tonelaje.

Según lo expuesto, de las dimensiones correspondientes a un cierto tonelaje no se deduce que, para tonelajes menores, correspondan dimensiones menores, también.

4. Berthing Energy and Specifications of Vessels

The following tables show the dimensions of various kinds of vessels and corresponding requirements at various berthing speeds. (Berthing energy is calculated at 1/4 berthing)

(1) -- A). Passenger ship

Gross tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
500	500	50.0	8.2	4.5	4.0	644	1,144	0.29	1.17	2.63
1,000	1,000	65.0	10.0	5.3	4.5	1,060	2,060	0.53	2.10	4.73
2,000	2,000	82.0	12.0	6.4	5.2	1,784	3,784	0.97	3.86	8.69
3,000	3,000	95.0	13.5	7.3	5.7	2,483	5,483	1.40	5.60	12.59
4,000	4,000	105.0	14.8	8.0	6.3	3,353	7,353	1.88	7.50	16.88
5,000	5,000	113.0	15.8	8.8	6.8	4,204	9,204	2.35	9.40	21.13
6,000	6,000	121.0	16.7	9.5	7.2	5,050	11,050	2.82	11.28	25.37
7,000	7,000	127.0	17.5	10.2	7.6	5,902	12,902	3.29	13.17	29.62
8,000	8,000	135.0	18.2	10.8	8.0	6,952	14,952	3.81	15.26	34.33
10,000	10,000	145.0	19.2	12.0	8.5	8,429	18,429	4.70	18.81	42.31
15,000	15,000	165.0	21.5	13.0	8.8	10,281	25,281	6.45	25.80	58.04
20,000	20,000	180.0	23.0	13.8	9.0	11,731	31,731	8.10	32.38	72.85
30,000	30,000	210.0	26.5	15.5	9.5	15,249	45,249	11.55	46.17	103.89
50,000	50,000	245.0	30.5	18.0	10.5	21,733	71,733	18.30	73.20	164.70
80,000	80,000	290.0	36.0	21.0	11.7	31,941	111,941	28.56	114.23	257.01

B). Freighter

Dead-weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
700	933	52	8.3	3.8	3.6	542	1,475	0.38	1.51	3.39
1,000	1,333	60	9.3	4.4	4.1	812	2,147	0.55	2.19	4.92
2,000	2,667	77	11.5	5.8	5.1	1,611	4,278	1.09	4.37	9.82
3,000	4,000	90	13.1	6.8	5.7	2,353	6,353	1.62	6.48	14.59
4,000	5,333	100	14.3	7.7	6.3	3,193	8,526	2.18	8.70	19.58
5,000	6,667	109	15.3	8.4	6.7	3,937	10,604	2.71	10.82	24.35
6,000	8,000	117	16.2	9.0	7.1	4,746	12,746	3.25	13.00	29.26
7,000	9,333	124	17.0	9.6	7.5	5,612	14,945	3.81	15.25	34.31
8,000	10,667	130	17.7	10.1	7.8	6,364	17,031	4.34	17.38	39.10
9,000	12,000	136	18.4	10.6	8.1	7,179	19,179	4.90	19.57	44.03
10,000	13,333	142	19.0	11.1	8.3	7,871	21,204	5.41	21.64	48.68
12,000	16,000	152	20.1	11.9	8.8	9,471	25,471	6.50	25.99	58.48
15,000	20,000	165	21.6	13.0	9.5	11,981	31,981	8.16	32.63	73.43
17,000	22,667	173	22.4	13.7	9.8	13,368	36,035	9.20	36.77	82.73
20,000	26,667	184	23.6	14.6	10.3	15,706	42,373	10.81	43.24	97.28

C) Tanker

Dead-weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
300	400	37	7.0	3.3	3.0	268	668	0.17	0.63	1.53
500	667	43	7.8	3.8	3.5	424	1,091	0.28	1.11	2.50
700	933	54	7.9	4.0	3.8	627	1,560	0.40	1.59	3.58
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.56	2.24	5.05
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.09	4.34	9.78
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.50	6.40	14.40
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.12	8.48	19.06
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,168	2.59	10.38	23.34
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.12	12.46	28.04
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,169	3.61	14.46	32.53
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.14	16.55	37.23
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.19	20.78	46.75
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.20	24.81	56.82
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8	10,156	30,156	7.69	30.77	69.24
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1	11,327	33,994	8.67	34.69	78.05
20,000	26,667	164	23.7	12.3	9.5	11,909	38,576	9.84	39.36	88.57
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1	14,446	47,779	12.19	48.75	109.70
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6	16,906	56,906	14.52	58.07	130.65
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1	19,530	66,197	16.89	67.55	151.98
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5	21,920	75,253	19.19	76.79	172.77
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2	22,507	82,507	21.05	84.19	189.43
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2	26,586	93,253	23.79	95.16	214.10
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8	31,111	111,111	28.24	113.38	255.10
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3	35,581	122,248	31.19	124.74	280.67
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4	35,830	129,163	32.95	131.80	298.55
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9	40,419	147,059	37.52	150.06	337.64
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0	41,002	154,335	39.37	157.48	354.35
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8	49,347	182,680	46.60	186.41	419.42
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5	57,412	217,412	55.46	221.85	499.16
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5	70,097	270,097	68.90	275.61	620.12
204,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7	82,178	354,178	90.40	361.41	-
250,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6	115,410	448,743	114.48	457.92	-

D) Ore carrier

Dead-weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3	906	2,239	0.75	2.28	5.14
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1	1,611	4,278	1.09	4.37	9.82
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7	2,300	6,300	1.61	6.43	14.46
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1	2,874	8,207	2.09	8.37	18.84
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5	3,535	10,202	2.58	10.41	23.34
6,000	8,000	118	16.6	8.3	6.9	4,520	12,520	3.16	12.78	28.74
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4	5,728	16,395	4.18	16.73	37.64
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9	7,030	20,363	5.19	20.78	46.75
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5	8,720	24,720	6.31	25.22	56.76
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6	8,867	28,867	7.36	29.46	66.28
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2	11,169	37,836	9.65	38.61	86.87
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8	13,600	46,933	11.97	47.90	107.75
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3	15,962	55,962	14.28	57.10	128.48
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0	20,055	73,388	18.72	74.89	168.49
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7	24,451	91,118	23.24	92.98	209.35
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3	28,606	108,606	27.71	110.82	249.35
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8	32,693	126,026	32.15	128.60	389.35
80,000	106,667	259	36.6	19.9	13.2	36,310	142,977	36.47	145.89	328.26
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0	43,841	177,174	45.20	180.79	406.78
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0	61,895	261,795	66.80	267.20	601.06
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0	82,120	348,787	89.00	356.00	—
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5	111,587	444,920	113.50	454.00	—

B) Container

Gross tonnage	Dead weight tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)
16,240	19,636	187.0	26.0	15.5	10.5
17,184	16,977	208.8	23.8	14.3	9.2
21,057	20,400	196.0	27.6	16.6	10.5
23,600	23,650	212.5	30.0	16.3	10.5
40,000	26,100	242.0	32.2	19.6	10.5
51,500	28,900	245.0	32.2	24.0	11.0
54,500	33,600	252.0	32.2	24.4	11.0

Dimensions of Piers and Berths

Tonnage	Passenger Ships		Freighters		Tankers		Ore Carriers		Big Fishing Boats	
	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)
500	4.5	65							5.0	65
700			4.5	60	4.5	60				
750									5.5	75
1,000	5.0	80	5.0	70	5.0	70			6.0	85
2,000	5.7	100	5.5	90	5.5	85				
3,000	6.5	115	6.0	105	6.0	100				
4,000	7.0	125	7.0	120	6.5	110	7.0	120		
5,000	7.5	135	7.5	130	7.0	120				
6,000	8.0	145	8.0	140	7.5	130	7.5	135		
7,000	8.5	150	8.0	145						
8,000	8.5	155	8.5	155	8.0	145	8.5	150		
9,000			9.0	160						
10,000	9.0	170	9.0	165	9.0	165	9.0	165	10.5	175
12,000			9.5	175	9.0	175	9.5	175		
15,000	9.5	190	10.0	185	9.5	185	10.0	185		
17,000			10.5	190	10.0	195			13.5	210
20,000	10.0	210	11.0	195	10.5	200	10.5	205		
25,000					11.0	210	11.0	220		
30,000	11.0	240			11.0	220	11.5	235		
35,000					11.5	230				
40,000					12.0	240	12.0	240		
45,000					12.0	230				
50,000	11.5	275			12.5	235	13.0	270		
60,000							13.0	275		
65,000					14.0	280				
80,000	13.0	320					15.0	300		
85,000					15.0	290				
100,000					16.0	315	16.0	310		
150,000					18.0	340				
200,000					19.0	380				

□ The passenger ships and gishint boats show their gross tonnages and the rest deadweight tonnages.

FUENTE: DEFENSAS SHIBATA.

CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA ATUENZA DEL PUERTO DE LA LAGUNA, B.C.

NOMBRES DE LA EMBARCACION	CARACTERÍSTICAS FISTOLAS			PORTAL	MOTOR (H.P.)	MAT.- CASCO	TONS. B R U T O	CAPACIDAD TONS.NETO	TONS. CARGO
	ESQUERA	MANGA	CAJADO						
Juque Vadis	61.87	8.53	6.10	-	3,100	-	1,325.00	841.00	930
Todos Santos	53.23	11.32	5.22	7.55	2,910.	acero	1,145.10	406.06	650
Albatón	53.16	11.30	5.25	7.53	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Indomable	53.18	11.31	5.24	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Estado 29	53.04	11.30	5.24	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
General Zapata	52.98	11.30	5.25	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Lázaro Cárdenas	52.95	11.30	5.25	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Cuauhtémoc	52.00	11.10	-	7.70	2,500	acero	1,129.12	388.17	725
Gral.A.I.Rodríguez	49.34	1.10	5.0	7.80	2,500	acero	1,004.42	328.91	660
Juan A.R.Sullivan	51.42	11.10	5.0	7.80	2,500	acero	1,004.42	328.91	660
María Amalia	53.30	10.85	-	5.22	2,875	acero	1,000.00	500.00	950
Conquistador	50.41	10.97	-	5.95	2,575	acero	863.00	445.00	650
Flamingo	45.63	11.33	-	4.50	1,300	madera	613.46	203.12	400
San Martín	40.66	8.95	-	4.53	925	madera	546.00	381.00	330
Vencedor	43.07	8.97	-	5.19	840	madera	519.24	342.46	350
Ensenada	41.38	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320
Guaymas	41.38	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320

NOMBRE DE LA EMBARCACION	CARACTERISTICAS FISICAS			PUNTO	POTOR (H.P.)	MATER.- CASCO	TONS. B R U T O	CAPACIDAD TONS. NETO	TONS. ACARRIADO
	ESICRA	LONGA	CALADO						
Mazatlán	41.83	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320
Delfín Azul	37.18	6.58	5.20	-	950	acero	495.00	415.00	320
Baja California	36.75	8.36	-	4.39	900	acero	470.92	290.63	220
Gavilán	40.23	6.71	5.20	-	1,125	acero	468.00	395.00	320
Virgilio Uribe	35.50	9.27	-	5.76	950	acero	350.00	165.00	300

CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA ANCLAVETERA-SABINERA DEL PUERTO DE ENSENADA, B.C.

NOMBRE DE LA EMBARCACION.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			PUNTA PUNTA	MOTOR (H.P.)	MAT.- CASCO	CAPACIDAD TONS. BRUTO	CAPACIDAD TONS. NETO	C.F. TONS. ACUAREC.
	ESLORA	MANGA	CALADO						
Santa Isabel	33.97	8.02	-	3.78	600	madera	291.21	154.00	220.00
Calafia	32.94	8.82	=	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
El Sauzal	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Kino	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Libertador del Sur	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Vizcaino	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Ciprés	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
San Juan	28.50	6.63	-	6.07	225	madera	204.09	155.18	150.00
Santa María	27.29	7.52	-	3.20	400	madera	194.84	132.60	68.00
San Pedro	24.40	7.04	-	3.12	500	madera	138.42	75.52	110.00
Benix	23.00	6.61	-	2.89	425	madera	120.00	80.00	95.00
Senador	26.57	6.93	-	2.43	365	madera	116.29	74.21	95.00
Marino II	22.80	6.43	-	2.95	400	madera	105.14	84.00	90.00
Nora Elena	19.65	6.17	-	2.20	365	madera	95.73	74.77	75.00
Tito	24.32	8.20	-	6.20	365	madera	88.12	55.30	90.00
Playero	17.90	5.50	-	2.50	240	madera	85.34	64.80	58.00
Propemex E-9	20.78	5.87	-	2.32	460	madera	80.90	61.60	65.00
Propemex M-12	18.67	5.50	-	2.00	220	acero	80.60	51.12	60.00
Propemex M-11	18.67	5.50	-	2.00	220	acero	80.45	51.06	60.00
Crisar	20.37	5.80	-	2.74	225	madera	79.38	58.71	80.00
San Martín	22.05	6.30	-	3.00	365	madera	79.27	53.00	50.00
Libertador	16.60	6.76	-	2.33	342	madera	73.95	43.07	75.00
San Arturo	10.60	4.90	-	2.63	100	madera	72.37	61.01	43.00
Tortugas	16.76	4.57	-	2.43	180	madera	51.77	16.47	45.00
Punta Banda	16.76	4.58	-	2.63	336	madera	51.77	45.47	44.00
Sunray's	18.50	4.60	-	2.10	225	madera	51.00	38.00	40.00
Aries	15.24	4.26	-	2.05	165	madera	51.00	36.06	35.00
Celta I	16.50	4.90	-	1.80	240	madera	48.87	43.93	40.00
Largo	14.80	4.08	-	1.90	165	madera	40.58	26.90	25.00
Celta II	15.00	3.90	-	1.80	165	madera	38.88	27.50	28.00
César	13.00	4.20	-	1.87	165	madera	33.70	13.41	30.00
Susana	17.50	3.00	-	5.00	165	madera	29.46	24.08	14.00
Noble	22.55	6.70	2.44	3.56	425	acero			120.00

C U A D R O No. I-3-1

RELACION DE EMBARCACIONES DE ALTAMAR DE LA FLOTA QUE OPERA EN EL PUERTO DE ALVARADO, VER.

ARTICULO	NOMBRE DE LA EMBARCACION	TONELAJE		ESLORA	ANCHA	PUNTALES	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO	AÑO DE CONST.	VALOR ACTUAL	EFECTIVO DE CAPTURA
		BRUTO	NETO									
Pesqueros Alvarado, S. A.	Propemex A-1	139.660	83.20	25.70	7.22	2.96	Caterpillar	565	Fierro	1964	\$ 4,036,667.00	Escapa, Altam.
	Propemex A-2	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 4,016,152.00	Escapa, Altam.
	Propemex A-3	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 3,853,781.00	"
	Propemex A-4	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 4,002,200.00	"
	Propemex A-5	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 4,174,745.00	"
	Propemex A-1-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-2-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-3-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-4-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-5-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-6-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-7-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-8-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-9-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-10-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-11-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-12-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-13-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-14-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-15-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-16-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-17-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-18-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-19-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
Propemex A-1-C	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	General M.	185	Fibra de vidrio	1975	\$ 108,522.00	Mis. Escapa, Altam.	
Propemex A-2-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-3-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-4-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-5-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-6-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-7-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-8-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-9-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-10-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-11-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-12-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-13-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-14-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	

CONTINUA ...

PROPIETARIO	NOMBRE DE LA EMBARCACION	TONELAJE		ESLOKA	MANGA	FUNTAL	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO		CONST.	VALOR ACTUAL	ESPECIE QUE CAPTURA	
		BRUTO	NETO						Fibra de	Vidrio			Dlrs.	Escama y tipo
ductos Pesqueros Alvarado, S.A. de	Propemex A-15-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	General M.	185	Fibra de	1975	108,522.00	Dlrs.	Escama y tipo	
	Propemex A-16-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	Vidrio	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-17-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-18-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-19-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-20-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-21-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-22-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-23-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-24-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-25-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-26-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-27-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-28-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-29-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-30-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-31-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-32-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-33-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-34-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-35-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-36-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-37-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-38-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
	Propemex A-39-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "	
Propemex A-40-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "		
Propemex A-41-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "		
Propemex A-42-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "		
Propemex A-43-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "		
Propemex A-44-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "		
Propemex A-45-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	"	" " "		

CONTINUA ...

PROPIETARIO	NOMBRE DE LA EMBARCACION	BRUTO	NETO	ESLORA	MANGA	PUNTAL	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO	AÑO DE CONST.	VALOR ACTUAL	ESPECIES QUE CAPTA
Cooperativa de Producción - "15 de Octubre S.C.L."	"15 de Octubre I"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	Caterpillar	325	Fierro	1973	\$ 1,000,000.00	Escama, Calamar
	"15 de Octubre III"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1,000,000.00	"
	"15 de Octubre IV"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1,000,000.00	"
	"15 de Octubre V"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1,000,000.00	"
	"15 de Octubre VI"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 11"	94.05	30.06	24.40	6.90	2.85	"	380	Madera	1968	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 13"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	Fierro	1969	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 16"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 17"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 18"	161.95	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 19"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 20"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 21"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 22"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 23"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 24"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 25"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1,000,000.00	"
	"Propemex 26"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1,000,000.00	"
"Propemex 37"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	"	1972	\$ 1,000,000.00	"	
"Propemex 38"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	"	365	"	1972	\$ 1,000,000.00	"	
Cooperativa de Producción - "Abolillos"	"San Pedro"	80.29	55.21	19.80	5.04	2.74	Caterpillar	170	Madera	1967	\$ 600,000.00	Escama, Calamar
	"Horimar IV"	90.57	68.90	20.42	5.87	3.04	"	165	"	1976	\$ 1,800,000.00	"
	"San Pablo"	93.83	54.24	21.95	5.25	2.75	"	365	Fierro	1974	\$ 1,955,000.00	"
	"San Juan"	97.50	48.05	20.13	5.83	3.05	"	365	Fierro	1974	\$ 1,755,000.00	"
	"Propemex 14"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1,945,000.00	"
	"Propemex 15"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1,953,000.00	"
"Propemex 34"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	"	1972	\$ 1,983,000.00	"	
Cooperativa de Producción - "San Blas, S.C.L."	"Júpiter"	93.43	70.25	20.42	6.20	3.00	Caterpillar	365	Fierro	1976	\$ 2,372,872.75	Escama, Calamar
	"Saturno"	93.43	70.25	20.42	6.20	3.00	"	365	"	1976	\$ 2,372,872.75	"
	"Urano"	93.43	70.25	20.42	6.20	3.00	"	365	"	1976	\$ 2,372,872.75	"
	"Mercurio"	90.57	68.90	20.42	5.87	2.48	"	365	Madera	1976	\$ 1,845,445.07	"
"Propemex 36"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	Fierro	1972	\$ 1,650,000.00	"	

CONTINUA ...

PROPIETARIO	NOMBRE DE LA EMBARCACION	TONELAJE		ESLORA	MANGA	PUNTAL	MOTOR	H.P.	MATERIAL DE CASCO	AÑO DE CONST.	VALOR ACTUAL	ESPECIE QUE CAPTURA
		BRUTO	NETO									
Compañía Cooperativa de Producción Pesquera "Com. David Coello O. S.C.L."	"Comodoro I"	93.83	28.96	21.95	5.80	3.04	Caterpillar	365	Fierro	1974	\$ 1.875,000.00	Escama y etc
	"Comodoro II"	93.83	28.96	21.95	5.80	3.04	"	365	"	1974	\$ 2.119,000.00	" "
	Propemex 6	38.78	29.32	13.72	4.27	2.44	Cummins	165	"	1966	\$ 445,605.67	" "
	Propemex 31	68.81	47.43	18.28	5.54	2.34	Caterpillar	150	Madera	1965	\$ 396,481.06	" "
	Propemex 35	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	Fierro	1973	\$ 1.650,000.00	" "
Compañía Cooperativa de Producción Pesquera "Marina de Chile, S.C.L."	"Euenavista"	94.83	28.96	21.95	5.80	3.04	Caterpillar	365	Fierro	1974	\$ 2.300,000.00	Escama y etc
	"Maculic"	94.83	28.96	21.95	5.80	3.04	"	365	"	1974	\$ 2.300,000.00	" "
Elipso Uscanga S.A.	"Chivino"	39.88	24.75	18.29	6.04	1.74	Cummins	175	Madera	1971		Camarón
	"Lagunilla"	16.72	11.41	11.60	3.40	2.15	General M.	165	"	1963		"
	"Diplomático"	48.38	20.21	15.24	4.87	2.44	General M.	190	"	1967		"
	"Martha Alicia"	17.44	12.20	10.98	3.62	2.20	Caterpillar	166	"	1967		"
	"México"	46.29	20.21	15.24	4.87	2.44	Cummins	165	"	1965		"
Compañía Cooperativa de Producción Pesquera "Alvarado de Hdez. Ramón Carrera Arias"	"Alvarado de Hdez. Ramón Carrera Arias"	23.45	12.80	14.19	4.12	1.62	Latrop	80	"	1970		"
	"Ton Simón"	26.00	14.34	24.00	3.97	1.50	Volvo Penta	160	"	1958		"
	"Quela"	17.89	12.20	10.00	3.50	1.83	Cummins	225	"	1968		"
	"Perla"	21.62	17.77	15.20	3.60	1.00	Latrop	80	"	1960		"
	"Fallo"	55.07	15.40	31.65	5.60	2.92	Caterpillar	115	"	1967		"
	"Cecilia"	55.67	26.90	20.39	5.12	2.13	General M.	220	"	1969		"
	"Catalina"	52.57	43.30	16.55	5.34	2.10	General M.	220	"	1954		"
	"Corgito"	80.29	55.21	19.23	5.64	2.52	Cummins	190	"	1972		"
	"Pogeca"	37.40	22.70	17.64	5.34	2.50	Cummins		"			"
	"Panchito"	18.93	13.17	12.20	3.40	1.40	General M.	165	Madera	1964		"

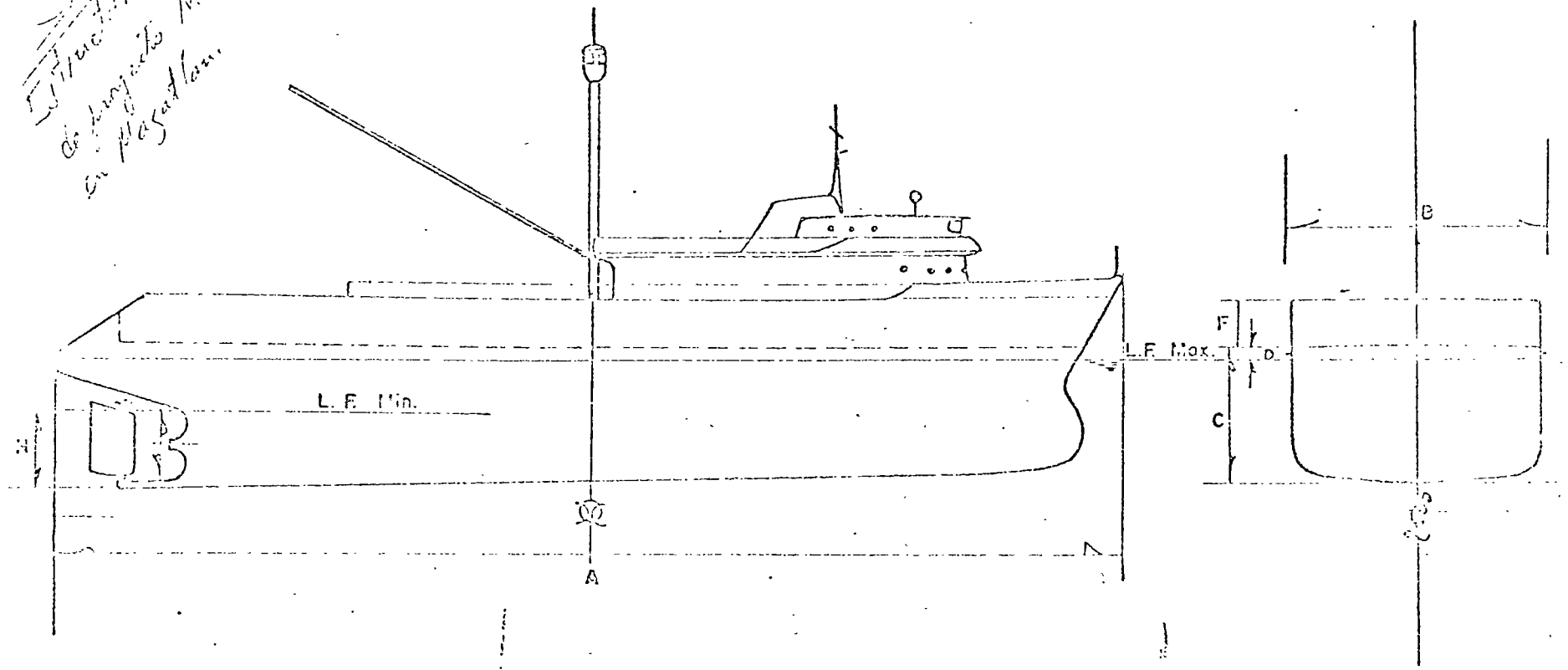
CUADRO I-3-2

RELACION DE EMBARCACIONES MENORES DE LA FLOTA QUE OPERA EN EL PUERTO DE ALVARADO, VER.

PROPIETARIO	EMBARCACION	TONELAJE		ESLORA	MANGA	PUNTAJAL	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO	AÑO DE CONSTRUCC.	VALOR ACTUAL	ESPECIE QUE CAPTURA
		BRUTO	NETO									
Sociedad Cooperativa de Pesca "Peccadores Unidos de la Laguna de Camaronera, S.C.L.	"Camaronera I"	4.50	4.50	10.07	2.44	0.90	Remos		Madera		\$ 16,000.00	Escama y c...
	"Camaronera II"	1.00	1.00	6.10	1.80	0.70	Remos		Madera		\$ 5,000.00	Escama y c...
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "La Trocha", S.C.L.	"Lydia"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Yamaha	25	Fibra de vidrio		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Rosita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Loemi"	1.00	1.00	4.00	1.00	0.50	Evinrude	20	" "		\$ 32,000.00	Escama y t...
	"Sin Nombre"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Sin Nombre"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Sirena"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Nemesis"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Magali"	3.00	3.00	8.50	2.00	0.70	Johnson	40	" "		\$ 63,000.00	Escama y t...
	"Angélica"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evenrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Arelita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Ticki"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Yamaha	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Tirata"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Johnson	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Cholita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
	"Bonita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...
"Raynita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Johnson	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y t...	
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "Costa de San Juan, S.C.L.	"No hay amigos"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	6	Madera		\$ 7,500.00	Escama, c...
	"Así es todo"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	6	Madera		\$ 7,500.00	jaibu.
	"Cisne"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	28	Madera		\$ 5,000.00	"
	"Delirio"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	20	Madera		\$ 5,000.00	"
	"Rosaura"	0.80	0.80	5.79	1.10	0.48	Tonghsu	25	Madera		\$ 4,500.00	"
	"Crema"	0.80	0.80	5.79	1.10	0.48	Tonghsu	20	Madera		\$ 4,500.00	"
Rigido Usanga Artiz	"Papa"	18.00	9.00	11.60	3.40	2.20						
	"Chapote"	15.00	8.00	11.10	3.70	1.90	Caterpillar 120		Madera	1969		

CARACTERISTICAS DE UN ATUNERO TIPICO

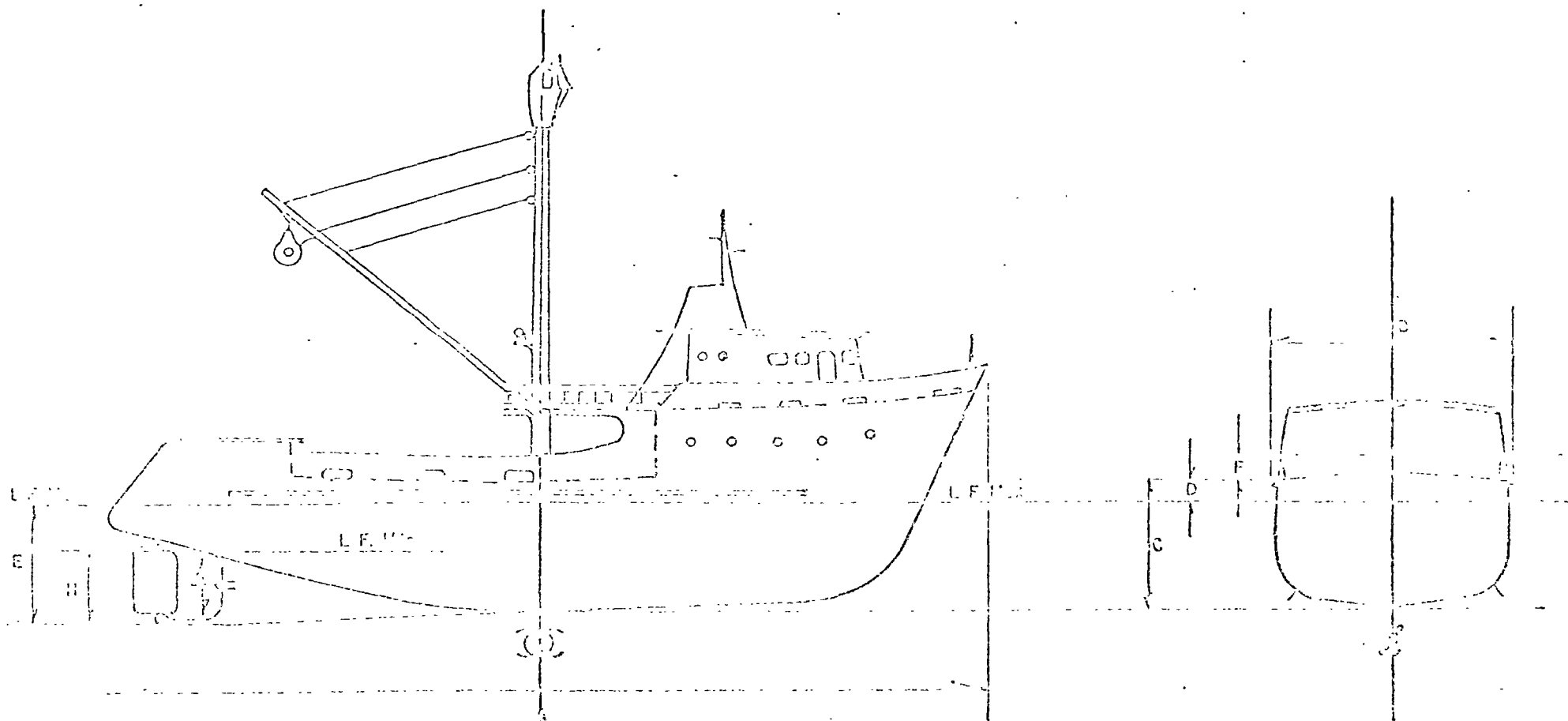
5/7/1970 - como dato de proyecto No. 1 de la línea en Magadán.



A.	Estero total	53.00m
B.	Manga	12.00m
C.	Puntal	5.90m
D.	Franco bordo	0.40m
E.	Calado máximo en popa	5.70m
F.	Altura de entrepuente	2.20m
G.	Calado mínimo en popa	3.70m

D ¹	Desplazamiento barco cargado	1,600 ton.
D ²	Desplazamiento barco descargado	800 ton.
L.F. Max.	Linea de flotación barco cargado	
L.F. Min.	Linea de flotación barco descargado	

CARACTERÍSTICAS DE UN SARDINERO TÍPICO

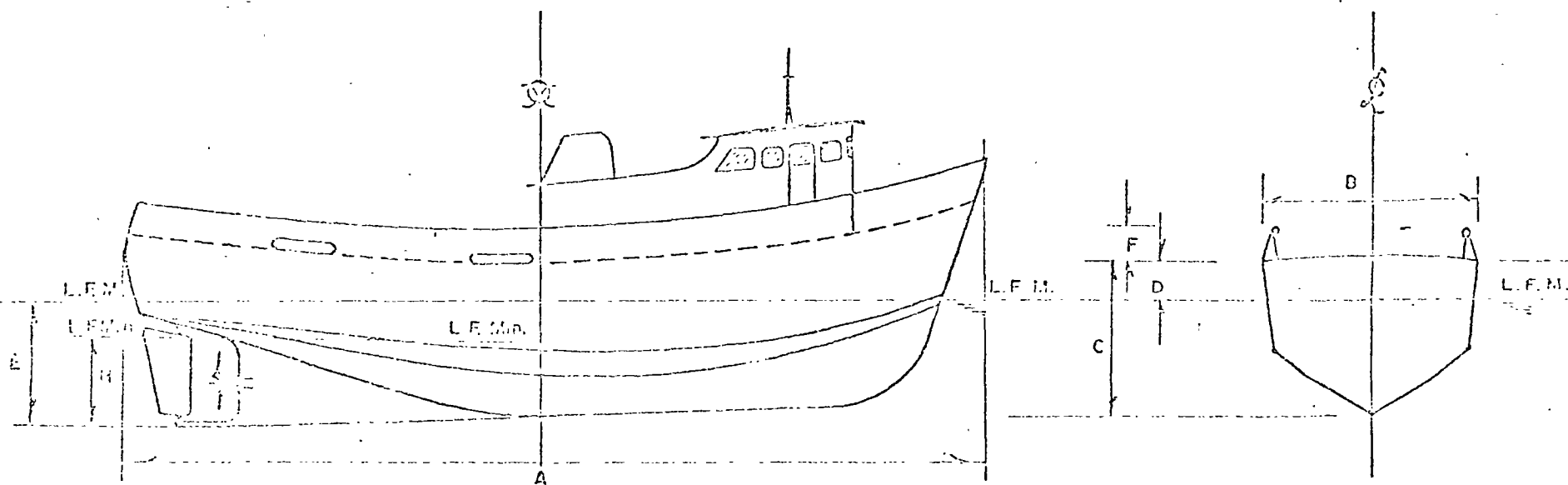


Am Estrecho total	2. 25 m.
De Manga	1. 30 m.
De Puente	2. 25 m.
De Fianza total	1. 30 m.
De Altura máxima en popa	3. 75 m.
De Borda	0. 75 m.
H- Altura mínima en popa	2. 60 m.

D'Orizonte al fondo cargado	1. 300 ton.
L'Orizonte al fondo de carga	1. 100 ton.
L.F. Max. Largo de f. con b. de carga	
L.F. Min. Largo de f. con b. de carga	

CARACTERÍSTICAS DE UN CAMARONERO TÍPICO

CARACTERÍSTICAS DE UN CAMARONERO TÍPICO



- A. Estero total 22.00 m.
- B. Manga 6.25 m.
- C. Funtel 3.50 m.
- D. Franco Lordo 0.60 m.
- E. Calado máximo en popa 3.33 m.
- F. Borde 0.90 m.
- R. Calado mínimo en popa 2.30 m.

- D¹ Desplazamiento barco cargado 175 ton.
- D² Desplazamiento barco descargado 110 ton.
- L.F. Máx. Línea de flotación barco cargado
- L.F. Mín. Línea de flotación barco descargado

ANEXO 2

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE UNA TONELADA METRICA.

PRODUCTO.	PIES CUBICOS	GALONES	BARRILES	LITROS	METROS CUBICOS
GASAVION	51.100	382.878	9.116	1449.275	1.449
GASOLMEX	49.275	369.676	8.778	1395.468	1.395
SUPERMEXOLINA	49.138	367.658	8.754	1391.588	1.392
GAS. NAFTA.	45.275	339.702	8.084	1282.051	1.282
CASOLINA CRUDA	47.787	357.495	8.512	1353.180	1.353
PETROLEO DIAFANO E INCOLORO,- KEROSENA TRACTOMEX.	42.254	316.150	7.527	1196.633	1.197
DIESEL	40.535	303.289	7.221	1147.951	1.148
GAS OIL, SOLAR OIL.	39.233	293.539	6.989	1111.111	1.111
LUBRICANTES	38.729	292.776	6.889	1096.905	1.097
CRUDO LIGERO (0.930)	38.042	284.636	6.777	1077.349	1.077
CRUDO PESADO (0.960)	36.853	275.739	6.412	1043.677	1.044
COMPUSTIBLO (0.950)	37.241	279.042	6.634	1054.665	1.055

TABLAS Y DATOS DIVERSOS
FACTORES DE CONVERSION

Multiplicuese	por	Para obtener
acres	0.4077	Hectáreas.
cm.	750	mm. de Hg.
cm.	33.699	pies de agua.
cm.	20	Pulg. de Hg.
cm.	10.53	m. de agua.
cm.	1.053	Kg/cm. ²
cm.	14.7	Lb/Pulg. ²
Din.	777.97	Pies-Lb.
Din.	0.252	Cal.
Din.	107.5	Kgm.
Din/min.	0.0235	C.V. o H.P.
Din/min.	0.0176	Kw.
C.V. o H.P.	0.9809	hp.
C.V. o H.P.	0.804	Kw.
Cal.	3.968	Btu/lb.
Cal.	3007.8	Pies Lb.
Cal.	426.6	Kgm.
Cal/Kg.	1.8	Btu/lb.
Cal/min.	0.6935	C.V. H.P.
Cal/min.	0.6997	Kw.
Cm.	0.3937	Pulg.
Cm. ²	0.155	Pulg. ²
Cm. ²	0.0010764	Pies. ²
Cm. ³ /seg.	0.061	Pulg. ³
Cm. ³ /seg.	0.0021186	Pies. ³ /Min.
Cm. ³ /seg.	0.032803	Pies. ³ /Seg.
Cm. ³ /seg.	0.0005	mm. ²
Dinas	0.00102	gramos.
Gal. americano	0.1337	pies. ³
Gal. americano	231.	Pulg. ³
Gal. americano	3.7851	l.
Gal. americano	0.0038	M. ³
Gal. de agua americano	8.33	l.
gpm. americanos	0.002228	pies. ³ /seg.
gpm. americanos	0.06808	l/seg.
Gal. inglés	1.20092	Gal. americano.
Gal. inglés	277.3	Pulg. ³
Gal. inglés	4.546	l.
Gal. de agua inglés	10.01	l.
°C + 17.8	1.8	°F.

Multiplíquese	por	Para obtener
°F -- 32	0.5555	°C.
gr.	0.03527	Oz. Avoird.
gr.	0.0322	Oz. Troy.
gr.	15.432	gramos.
gr.	931.	Dinas.
gr/cm. ³	0.03613	lb./pulg. ³
gr/cm. ³	62.43	lb./pie. ³
gramos	0.002205	gr.
Hectáreas	931.	Acres.
hp.	1.011	CV.
hp."	75.	Kgm./seg.
hp."	550.	Pies-lb./seg.
hp."	0.746	Kw.
hp-hr.	2511.6	Btu.
hp-hr.	611.23	Cal.
hp-hr.	273.745	Kgm.
Joules	0.7373	Pies-lb.
Kg.	2.205	lb. avoird.
Kg/cm. ³	5.599	lb./pulg.
Kg/cm. ²	14.696	lb./pulg. ²
Kg/cm. ²	10.	m. de agua.
Kg/cm. ²	52.8	Pies de agua.
Kg/cm. ²	735.	mm. de Hg.
Kg/cm. ³	35.117	lb./pulg. ³
Kg/m.	0.672	lb./pie.
Kg/m. ²	0.2048	lb./pie. ²
Kg/m. ³	0.06243	lb./pie. ³
Kg-Cal.	3.968	Btu.
Km.	0.6214	Millas.
Km. ²	0.3861	Millas. ²
Kw.	1.341	hp.
Kw.	14.33	Cal/min.
Kw.	56.92	Btu/min.
Kw.	856.9	Cal.
Kw.hr.	1.3410	hp.hr.
Kw.hr.	3415.	Btu.
lb.	16.	Oz.
lb.	0.4536	Kg.
lb. avoird.	453.59	gr.
lb./pulg.	0.1770	Kg/cm.
lb./pulg. ²	2.036	Cal. de Hg.
lb./pulg. ²	0.0705	Kg/cm. ²
lb./pulg. ²	51.7	mm. de Hg.
lb./pulg. ²	2.307	pies de agua.
lb./pulg. ²	0.703	m. de agua.
lb./pulg. ²	27.70	Pulg. de agua.
lb./pulg. ²	0.0277	Kg/cm. ²
lb./pulg. ³	16.013	gr/cm. ³
lb./pie	1.3514	lb./m.
lb./pie ²	4.8823	Kg/m. ²
lb./pie ³	16.0125	Kg/m. ³

Multiplíquese	por	Para obtener
lb/pie ³	0.016	gr/cra. ³
l.	61.023	Pulg. ³
l.	0.03531	Pies. ³
l.	0.2642	Gal. americano.
l./seg.	15.05	Gal./min.
mm.	0.03937	Pulg.
m.	39.3696	Pulg.
m.	3.28083	Pies.
ra.	1.0936	Yd.
m. ²	10.7636	pies. ²
m. ²	1.1959	Yd. ²
m. ²	35.5336	pies. ²
m. ²	1.3079	Yd. ²
m. ²	264.17	Gal.
Millas	1.6093	Km.
Millas	1760.	Yd.
Millas	1852.	m.
Millas ²	2.59	Km ²
Nudos	1.6093	Km./hora.
Nudos	1.	Milla/nora.
Oz. (troy)	31.10	gr.
Oz. (troy)	0.0685	lb.
Pies	0.3018	m.
Pies	30.48	cm.
Pies ²	929.03	cm ²
Pies ³	16.387	cm ³
Pies ³	7.4905	Gal. americano.
Pies ³	6.229	Gal. inglés.
Pies ³	28.317	l.
Pies ³	1728.	Pul. ³
Pies — lb.	1.3563	Jones
Pies — lb.	0.1133	Kgm.
Pie-lib.	0.0063	Can.
Pie-lib.	70.0013	Btu.
Pies de agua	0.1335	lb./Pulg. ²
Pies de agua	0.88266	Pulg. de Hg.
Pies ³ de agua	62.425	lb.
Pies ³ de aire a 32° y 1 atm.	0.080723	lb.
Pies/seg.	29.48	cm/seg.
Pies ³ /seg.	249.03	gal./min.
Pies ³ /seg.	5	gal./min.
Pulg.	2.54	cm.
Pulg. ²	6.4516	cm. ²
Pulg. ³	0.0164	l.
Pulg. ³ de agua	0.0361	lb.
Pulg. de agua	0.03613	lb./Pulg. ²
Pulg. de agua	0.07635	Pulg. de Hg.
Pulg. de Hg.	0.49126	lb./Pulg. ²
Pulg. de Hg.	13.596	Pulg. de agua.
Pulg. de Hg.	1.13259	Pies de agua.

Multipliquesse	por	Para obtener
Radianes	57.30	Grados
Tm.	2205.	
T. inglesa corta	2000.	
T. inglesa corta	697.2	
T. inglesa larga	1250.	
T. inglesa larga	1010.	
Yd.	0.9144	
Yd. ²	0.8361	
Yd. ³	0.76685	

barril
petrol

(0.154
1.54
15.4

galones
litros

CARACTERISTICAS DE VARIOS MUELLES EN PUERTOS DEL GOLFO DE MEXICO.

I N D I C E

TAMPICO.

TAMPAN.

VERACRUZ .

COATZACOALCOS.

PROTEGI.

CIUDAD DEL CARMEN.

CAMPICHE.

COZUMEL.

TAMPICO	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLA- TAFORMA - DE MANIO- BRAS, (m)*	PROFUNDIDAD	USO
Muelle de Carga General de Zona Franca.	Marginal	1,051.16	16.00	+ 3.175	10.00	Carga General
Muelle de Dragas	"T"	28.00	4.60	+ 3.00	4 a 6 m.	Atraque Dragas
Muelle de Metales	Marginal	152.00	22.27	+ 2.625	10.00	Movimiento de Minerales.
Muelle de Minerales	Marginal	154.16	22.27	+ 2.625	- 10.00	Movimiento de Minerales.
Muelles Petroleros 1,2,3,4 y 5.	"T"	70.00	18.00		10.00	Movimiento de Petróleo.
Terminal de perfo- raciones marinas.	Marginal	75.00	9.50	+ 1.750	3.5 a 5.0	Suministro a - plataforma.

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.173 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.443 m.

TUXPAN	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLATAFORMA - DE MANIOBRAS. (m) *	PROFUNDIDAD	USO
Muelle 1 al 7 Tampamochocho.	Marginal	350.00	8.00	+ 2.50	3.50	Suministro
Antiguo muelle Fiscal.	Marginal	60.00	13.00	+ 2.50	4.50	Cabotaje
Muelle de Pesca.	Marginal	138.00	8.5	+ 2.50	5.00	Pesca
Muelles Fiscal	Marginal	150.0	13.0	+ 2.50	6.00	Carga General - Altura =
Muelle de Etileno	"T"	40.40	7.0	+ 2.50	6.00	Petroquímica.

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.117 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.498 m.

VERACRUZ	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLA TAFORMA - DE MANIO- BRAS. (m) *	PROFUNDIDAD	USO
Muelle #1	Espigón	180.50	23.50	+ 2.74	- 10.00	Carga General.
Muelle # 2	Espigón	182.40	66.20	+ 2.74	- 10.00	Carga General.
Muelle # 4	Espigón	795.20	100.00	+ 3.229	- 10.00	Carga General.
Muelle Granos	Marginal	250.00	20.00	+ 2.69	- 10.00	Mov. Granos.
Muelle de Cabotaje	Espigón	548.65	107.25	+ 2.54	- 10.00	Carga General.
Muelle de la Armada	"T"	48.0	10.90	+ 2.29	- 7.00	Armada de México
Muelle Turismo (Remolcadores)	"T"	39.50	10.20	+ 2.69	- 7.00	Remolque.

* Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.006 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.488 m.

COATZACOALCOS	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLATAFORMA DE MANIOBRAS. (m) *	PROFUNDIDAD	USO
Muelle Z. Franca	Marginal	1,409.75				
Muelle # 2	Marginal	156.00	18.00	+ 2.06	10.25	Carga Granel.
Muelle # 2 A	Marginal	90.00	18.00	+ 2.06	10.00	Carga Granel.
Muelle # 3	Marginal	127.00	18.00	+ 2.16	10.00	Carga Granel.
Muelle # 3 A	Marginal	122.00	19.00		10.00	Carga Granel.
Muelle # 4	Marginal	126.00	18.0	+ 2.415	10.50	Carga Granel.
Muelle # 4 A	Marginal	122.5	20.3	+ 2.465	10.50	Carga Granel.
Muelle # 6 A	Marginal	184.50		+ 2.105	10.0	Carga Granel.
Cabotaje Nuevo	Marginal	60.0	17.45	+ 2.545	9.25	Carga Granel.
Muelle de Chalanes (Pajaritos)	-	26 x 50		+ 3.565	5.00	Pemex.
Petroquimico III	Espigón	275.00	30.00	+ 3.565	11.00	Pemex.

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.078m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.507m.

PUERTO	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLA- TAFORMA - DE MANIO- BRAS. (m) *	PROFUNDIDAD	USO
--------	-------	-----------------	--------------	------------------------------------------------------------------	-------------	-----

FRONTERA

Muelle Fiscal	Marginal	300.00	15.50	3.453	4.00	Carga General.
Muelle de Pemex	Espigón	28.40	6.20	1.55	2.00	Penex.

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras, están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.136 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.349 m.

CD. DEL CARMEN

Muelle Fiscal	Marginal	141.15	10.00	+ 1.70	3.00	Fesca.
---------------	----------	--------	-------	--------	------	--------

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras, están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.174 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.564 m.

CAMPECHE

Muelle de Pesca	Marginal	1,020.00	15.40	+ 2.80	2.80	Fesca.
Muelle de cabotaje	Espigón	310.00(Pla) (Pas) 7.00	45.00	+ 3.03	2.75	

+ Nota; Las elevaciones de las plataformas de maniobras, están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 0.798 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.482 m.

P U E R T O	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLA TAFORMA - DE MANIO- BRAS. (m) *	PROFUNDIDAD	USO
-------------	-------	-----------------	--------------	-----------------------------------------------------------------	-------------	-----

COZUMEL

Muelle pasajeros Barcas y Trans-- bordador.	"L"	125.80	12.00	2.60	12.00	Carga General.
---------------------------------------------------	-----	--------	-------	------	-------	----------------

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.174 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.564.m.

CARACTERISTICAS DE VARIOS
MUELLES EN PUERTOS DEL -
OCEANO PACIFICO

I N D I C E

ENSENADA
SAN FELIPE
LA PAZ
PUERTO PEÑASCO
TOPOLOBAMPO
LAZARO CARDENAS
ACAPULCO
SALINA CRUZ
PUERTO MADERO
GUAYMAS
MAZATLAN
PUERTO VALLARTA
MANZANILLO

P U E R T O	FORMA	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ELEVACION DE LA PLA TAFORMA - DE MANIO- BRAS.(m) *	PROFUNDIDAD	USO
-------------	-------	-------------------	----------------	----------------------------------------------------------------	-------------	-----

ENSEÑADA

Muelle de Cabotaje Marginal		474.15	42.00	+ 3.50	4.00	Carga General.
Muelle de Altura Marginal		724.72	25.65	+ 3.50	10.50	Carga General.

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 2.31 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 2.079 m.

SAN FELIPE

Muelle de Pesca Marginal		127.00	8.50	+ 7.00	3.50	Carga General.
--------------------------	--	--------	------	--------	------	----------------

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 5.956 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 1.156 m.

LA PAZ

Muelle Fiscal	"T"	65.25 (Pla)	22.00	+ 3.00	6.60	Carga General.
		120.40 (Pas)	10.45			
Muelle Turismo	Espigón	12.00	3.00	+ 2.45	2.50	Turismo.
Muelle de Escuela Técnica Pesquera	"T"	120.00 (Pla)	7.50	+ 3.60	7.66	Carga General.
		(Pas)	5.95			

+ Nota: Las elevaciones de la plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.852 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.464 m.

P U E R T O	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLA TAFORMA - DE MANIO- BRAS.(m) *	PROFUNDIDAD	USO
-------------	-------	-----------------	--------------	----------------------------------------------------------------	-------------	-----

PUERTO PEÑASCO

Muelle No. 1		168.26	8.50	+ 6.50	7.73	Pesca.
Muelle No. 2		138.26	8.50	+ 6.50	7.73	Pesca.

+ Nota; Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior. + 5.956 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 1.156 m.

TOPOLOBAMPO

Muelle Fiscal	Marginal	96.00	10.20	+ 3.18	5.00	Carga General.
Muelle Pemex	"T"	39.00	12.50	+ 3.16	6.50	Carga General.
Muelle de Propenex	Marginal	60.00	12.00	+ 3.26	3.50	Carga General.

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 0.618 m.
Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.759 m.

LAZARO CARDENAS

Muelle de Metales y Minerales	Marginal	650.00	25.50	+ 4.00	14.00	Carga General.
----------------------------------	----------	--------	-------	--------	-------	----------------

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.199 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.447 m.

PUERTO	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLATAFORMA DE MANIOBRAS. (m) *	PROFUNDIDAD	USO
--------	-------	-----------------	--------------	------------------------------------------------------	-------------	-----

ACAPULCO.

Muelle Fiscal	Marginal	198.00	11.00	+ 2.38	8.00	Carga General.
---------------	----------	--------	-------	--------	------	----------------

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras, están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.654 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.937 m.

SALINA CRUZ

Muelle Zona Franca Sección Nº 1.	Marginal	450.00	60.00	+ 3.60	10.00	Carga General.
-------------------------------------	----------	--------	-------	--------	-------	----------------

Muelle de Reparaciones a Flote Nº 1.	Marginal	168.26	22.75	+ 3.60	3.00	Reparaciones.
-----------------------------------------	----------	--------	-------	--------	------	---------------

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras, están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.877 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.531 m.

PUERTO MADERO

Muelle Fiscal	Marginal	151.00	31.00	+ 3.70	(9.50	Carga General.
---------------	----------	--------	-------	--------	-------	----------------

+ Nota: Las elevaciones de las plataformas de maniobras, están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.877 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.531 m.

P U E R T O	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLA TAFORMA = DE MANIOBRAS (m) *	PROFUNDIDAD	USO
<u>GUAYMAS</u>						
Muelle de Pemex	Espigon	180.00	9.00	+ 3.12	10.00	Combustibles
Muelle Patio	"L	(E) 325.65 (S) 351.67	56.00 24.00	+ 4.35	10.00 11.00	Carga General.
Caminos y Puentes Fed. de Ingresos.	Marginal	47.00	6.83	+ 5.50	5.00	Pasajeros.
Muelle Fiscal de la Ardilla.	Espigón	78.20	28.60	+ 3.00	4.00	Carga General.
Muelle Fiscal de Cabotaje	Marginal	47.20	6.40	+ 3.10	2.35	Carga General.
Muelle de Turismo	Espigón	7.00	7.00	+ 1.50	1.50	Pasajeros.
Espigones de Algodón.	Espigón	7.00	7.00	+ 2.00	1.10	Pesca.
	" "	7.35	7.35			
	" "	7.05	7.05			
Varadero Nacional	Marginal	130.00 20.00	1.90	+ 2.50	4.50	Reparaciones - a flote.
1er. Muelle Zona Ind. Pesquera.	Espigón	110.00	8.50	+ 2.00	6.00	Pesca.

+NOTA: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media + 1.34 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media - 0.672 m.

P U E R T O	FORMA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ELEVACION DE LA PLATA FORMA DE MA NIOMBAS (m)*	PROFUNDIDAD	USO
-------------	-------	-----------------	--------------	---------------------------------------------------------	-------------	-----

<u>MAZATLAN</u>						
Muelle Fiscal No. 1, 2, 3 y 4	Marginal	981	18.00	+ 3.16	10.00	Carga General.

+NOTA: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.948 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.091 m.

<u>SAN BLAS</u>						
Turístico y Pesca ro.	"T"	65.00	8.50	+ 2.00	3.00	Pasajeros y pesca.

+ NOTA: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.518 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.518 m.

<u>PTO. VALLARTA</u>						
Muelle "A"	Marginal	200.00	10.00	+ 3.79	9.00	Pasajeros y Carga General.

NOTA: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.518 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.518 m.

<u>MANZANILLO</u>						
Muelle Fiscal	Espigón	180.00	60.00	+ 3.84	9.00	Carga General.
Muelle de altura	Marginal	450.00	22.90	+ 3.50	12.00	Carga General

NOTA: Las elevaciones de las plataformas de maniobras,
están referidas al nivel de bajamar media inferior.

Elevación de la marea máxima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior + 1.176 m.
Elevación de la marea mínima registrada respecto al nivel de bajamar media inferior - 0.623 m.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de Ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

D R A G A D O

ING. MARIO R. DE LA GALA.

Septiembre , 1978.

DRAGADO

- I.- DATOS HISTORICOS
- II.- DIFERENTES TIPOS DE DRAGAS Y SUS APLICACIONES
- III.- TRABAJOS PREVIOS AL DRAGADO
- IV.- USOS DEL MATERIAL EXTRAIDO
- V.- METODOS PARA ESTABILIZAR LOS RELLENOS
- VI.- GENERALIDADES SOBRE EL DRAGADO DE LOS PUERTOS
MEXICANOS.

MARIO R. DE LA GALA.

[E] [B]

DRAGADO

DATOS HISTORICOS.

DIFERENTES TIPOS DE DRAGAS. SUS APLICACIONES.

DATOS HISTORICOS.- La palabra dragado en Español, es una derivación del inglés antiguo draw, que significa extraer material bajo el espejo del agua ya sea en ríos, lagunas, esteros o el mar, bien por medios manual ó mecánico.

El dragado es un arte antiguo. Los Chinos y los pueblos que vivían en las márgenes de los ríos Tigris y Eúfrates, ya lo practicaban hace miles de años no solo para profundizar las aguas sino para fertilizar las tierras aledañas en época de sequía.

Quizá uno de los primeros aparatos para dragar, fuera la "Cuchara y bolsa" consistente en una pieza larga de madera que en su extremo tenía un recipiente con el que se extraía el material del fondo. Este aparato era accionado por dos personas una que manipulaba la bolsa y otra encargada de bajarla al fondo, subirla y girar la vara para depositar el material en el lugar adecuado.

Holanda e Italia reclaman la paternidad de haber introducido-

[E] [B]

este sistema en Inglaterra, pero hay más probabilidades de que los Fenicios o los Romanos, lo hayan traído a este último país, en sus viajes al Oriente.

En un principio, la fuerza con que estos aparatos eran movidos, fue la humana habiéndose sustituido por la fuerza animal con lo cual paradójicamente, se aumentó la eficiencia de los mismos, amén de las mejoras que fueron llevándose a cabo a través de las épocas, aunque siempre efectuando trabajos a muy escasa profundidad.

Sin embargo, los cambios trascendentales se efectuaron alrededor del año de 1860, cuando se aplicó el acero a la construcción naval y las máquinas de vapor fueron instaladas en las dragas.

Aún cuando existen lugares donde los trabajos de dragado todavía se realizan como en épocas remotas, los requerimientos impuestos por la expansión mundial en cuanto al comercio marítimo se refiere, han obligado a esta rama de la Ingeniería a investigar permanentemente y en forma exhaustiva, ideando nuevos sistemas en base a la experiencia y a las necesidades presentes y futuras; que si bien en un principio solo se pensaba en extraer materiales tales como fango, arena o roca, al pasar el tiempo se ha ido incursionando en los campos de la minería y en

EJB

el de la obtención de alimentos bajo las aguas, llevándose a -
cabo dragados que hace algunas centurias se juzgaban imprácti-
cables.

Entre los países que se encuentran a la cabeza de importantes-
aportaciones tanto en obras, como en investigación en esta ra-
ma, se pueden mencionar Holanda, Inglaterra, Francia, Estados-
Unidos y Japón.

Se pueden resumir en cinco los objetivos principales del draga-
do:

- 1) Profundizar o mantener la profundidad de ríos, lagunas, ca-
nales o puertos marítimos.
- 2) Elevar el nivel de áreas bajas del terreno para mejorar sus
condiciones.
- 3) Construir diques y otras obras de control de corrientes y -
de la línea de costa.
- 4) Explotar depósitos subacuáticos con valor comercial tales -
como minerales, plantas para productos alimenticios, coral,
esponjas, grava, arena y fertilizantes.
- 5) El relleno de áreas ganadas al mar que sin ser necesariamen

[E]B

te bajas, se requieren para determinado fin.

El concepto de dragado en la actualidad, es aplicable a la extracción de material bajo las aguas pero en volúmenes importantes.

En Italia, Leonardo Da Vinci diseñó varios aparatos para profundizar las aguas de los pantanos y puertos.

Henry Emile Bazin en 1836, inventó una bomba hidráulica, empleando en 1867 bombas centrífugas para la excavación del canal de Suez, que en su primer corte se extrajeron no menos 30,000.000 de Tons.

En 1855 se construyó una draga de tolva con autopropulsión empleada en el dragado del puerto de Charleston, EUA.

DIFERENTES TIPOS DE DRAGAS Y SUS APLICACIONES.- Los diseños de dragas no han permanecido estáticos, sino que han sufrido constantes cambios de acuerdo a la experiencia y a los materiales a dragar, propios de cada región donde se ejecutan los trabajos.

La primera gran clasificación de las dragas queda integrada en los 3 siguientes grupos:

[E] [B]

- I. Si pueden navegar con sus propios medios.
- II. Si son capaces de almacenar el producto del dragado en su interior.
- III. De acuerdo con el equipo de ataque de que dispongan.

En el primer caso, la forma del casco que soporte el equipo de dragado es fundamental. Así, se tiene que si la draga esta provista de medios de autopropulsión, las formas del casco serán hidrodinámicas es decir, con líneas tales que le permitan su desplazamiento en el agua, sin demasiada resistencia. En el caso de no contar con autonomía para trasladarse de un lugar a otro, el casco podrá tener formas rectangulares sin que esto tenga mayor importancia.

Las formas del casco son indicio del lugar donde ha de trabajar la draga, siendo aquéllas con forma de barco, las que operen en aguas abiertas o poco protegidas y las de casco rectangular, en aguas tranquilas o de relativa protección.

El segundo grupo se divide en dragas que en su construcción incluyen una tolva para almacenar el material transitoriamente durante la operación de dragado, o las que simplemente lo extraen y lo vierten acto seguido mediante canalones, bandas transportadoras o tuberías al lugar de depósito, pudiéndose llamar a las primeras dragas portadoras o de tolva y a las segundas no portadoras o estacionarias.

[E]B

Con respecto al tercer grupo o sea de acuerdo con el equipo de dragaje de que están dotadas, se subdividen en:

- I.- De pala
- II.- De bote de arrastre
- III.- De almeja o de gajos de naranja
- IV.- De canjilones
- V.- Hidráulica

El tamaño de las dragas incluídas en los tipos I, II y III se regula en función del tamaño del recipiente (pala, bote o almeja) con que estén dotadas.

En las dragas del grupo IV se mide su tamaño de acuerdo al número de canjilones, y el volumen útil de cada uno de estos.

En las hidráulicas estacionarias, está en función del diámetro de su tubería de descarga y en las de tolva de acuerdo a la capacidad de ésta.

Aun cuando estos son los equipos básicos, se han desarrollado una gran variedad en cada uno de ellos y combinaciones entre sí, con el fin de mejorar la eficiencia y aumentar sus posibilidades; así, se han ideado cabezas cortadoras, discos, rastras con o sin escrapas, chorros de agua y aire, etc.

Sin embargo, la producción de las dragas está gobernada por la-

profundidad de dragado, tipo de material, altura y distancia -- de descarga, habilidad del operador, porcentaje de sólidos en la mezcla y las condiciones meteorológicas del lugar.

De la selección adecuada del tipo de draga para un cierto trabajo, depende el éxito tanto técnico como económico de la obra.

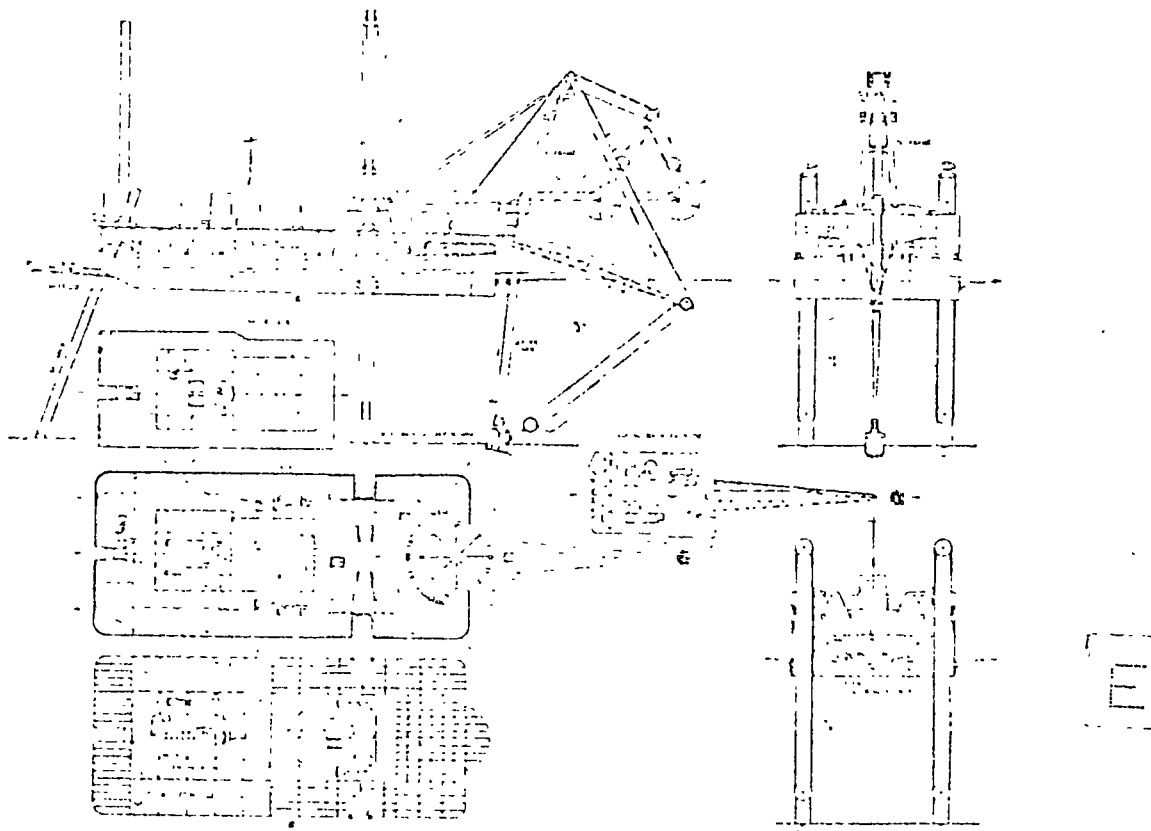
Por tanto a continuación se describe cada uno de los tipos, sus usos, ventajas y limitaciones que permitirán servir de guía en la selección del equipo cuando se tiene la oportunidad de tomar esta decisión.

DRAGA DE PALA.- Puede trabajar prácticamente en todo tipo de material incluyendo roca disgregada hasta una profundidad de 15 metros. Su invención se atribuye a William S. Otis en 1837.

El aparato fundamental constituido por una estructura tubular metálica de sección rectangular en cuyo extremo inferior esta la pala con que ataca el material, está montado en un chalán (embarcación de líneas rectas de mucha manga y poco calado).

(Fig.1).

[E]B



Specifications

Max dredging depth	.....14.5 m
Dredging capacity	.....144 m ³ /h (at a depth of 14.5 m)
Dipper capacity	..... 4 m ³
Digging force	.....45 tons
Discharge distance	..... 13-20 m
lpp X B X D X d	..... 34.00 m X 14.00 m X 3.30 m X 1.93 m
Main generator engine	..... Diesel 1,013 PS X 400 rpm X 1
Main generator	..... AC 720 kVA, 450 V, 60 c/s X 1
Main hoisting motor	..... DC 350 kw X 1
Dipper thrusting motor	..... DC 70 kw X 1
Soud winch motor fore	..... AC 100 kw X 2
Alts	..... AC 20 kw X 1
Date of delivery	..... March 1959
Owner	..... Ministry of Transportation, Japan

Builder: Ishikawajima-Harima Heavy
Industries Co., Ltd.

Fig. 1

E B

La pala baja a través de una pluma que a la vez le sirve de guía, atacando el material hacia adelante con el fondo del bote cuya parte frontal está provista de dientes. Una vez que el material ha entrado en él, el brazo es izado, girando la grúa que opera el sistema, un ángulo generalmente de 90° hacia cualquiera de las dos bandas, donde se abre la parte posterior del bote y el material cae en unos chalanes tolva, mismos que transportarán el material al lugar de depósito también llamado lugar de tiro o de descarga. Ver fig. (2)

4 m³ Dipper Dredger "Negishi Go"

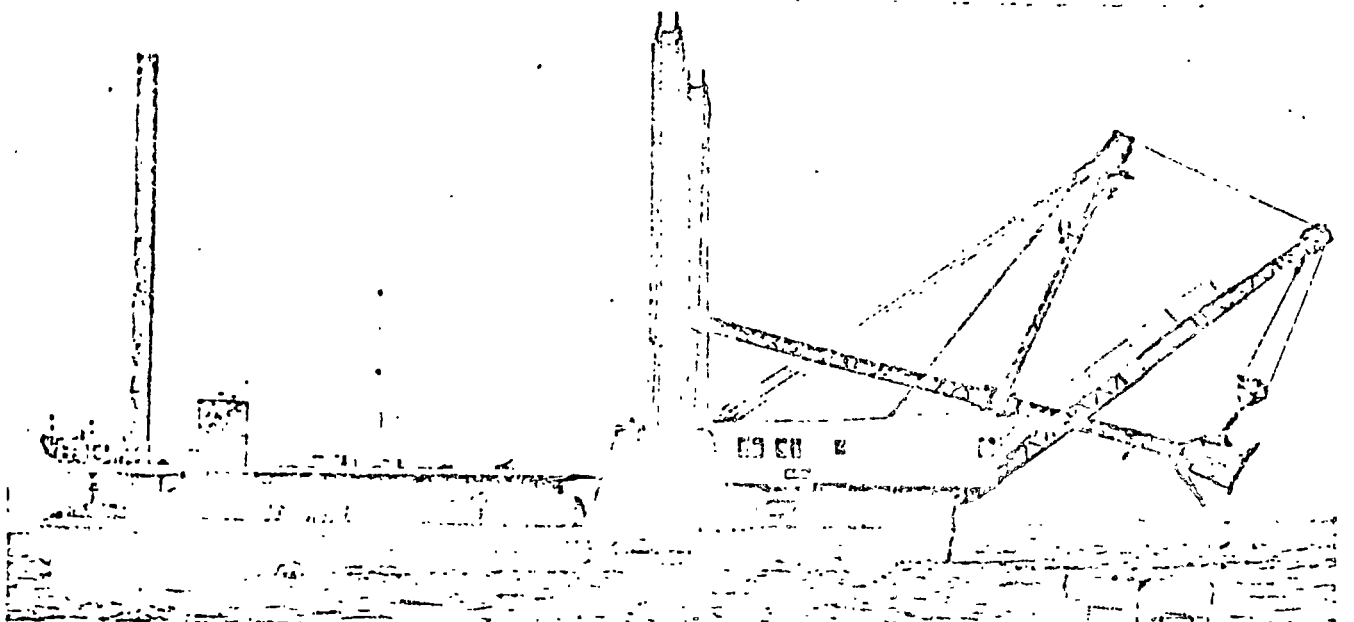


Fig. 2.

Las maniobras de bajar, subir, abrir y cerrar el bote, así como el de izar o arriar la pluma, se realizan mediante un sistema de cables y poleas.

Es una draga ideal para dragados angostos tales como canales, ya que el ancho necesario para su operación es prácticamente el de su manga pues para dragar, el casco no ejecuta ningún giro.

Para posicionarse en el lugar donde trabajará, fondea los 3 zancos de que está dotada, (1 en cada costado y uno por la popa) - utilizando para moverse el mismo cucharón apoyándolo en el fondo.

Tanto el fondeo como el izado de los zancos se lleva a cabo con cables que van a un malacate o mediante fuerzas neumáticas o hidráulica. La estructura del equipo de dragado así como la embarcación que lo soporta, deberá ser de gran robustez para soportar los esfuerzos a que estarán sometidos.

Su limitación principal para dragados a profundidades mayores - a los 15 metros se debe al brazo que operará la pala. Sin embargo, existen equipos que alcanzan profundidades hasta de 18.5 m. con una capacidad en la pala de 6 m³, 50 toneladas de fuerza de excavación, con un radio de descarga de 18 m.

Su eficiencia no es muy grande y quizá alcance 200 ó 250 M³/hr.

volumen que disminuirá rápidamente con la profundidad y la care-

za del material.

DRAGA DE BOTE DE ARRASTRE. - Este equipo tiene ciertas características similares al anteriormente descrito en cuanto a la embarcación en que se aloja el aparato de dragado es decir, también es un chalán suficientemente amplio tanto en eslora como en manga para garantizar su estabilidad y de poco calado para entrar en lugares bajos. Cuenta con 3 zancos para su posicionamiento.

A diferencia de la draga de pala, que opera mediante un brazo rígido, la de bote de arrastre conecta éste con la pluma (con giro de 360°) mediante cables flexibles que le permiten lanzarlo a mayor distancia a la que el brazo puede llegar; sin embargo, por su forma de romper el material del fondo que es de adelante hacia atrás, y en sentido horizontal, la profundidad de excavación no puede ser demasiado grande.

Su mayor utilidad es en la de muestreo superficial del fondo y para lugares estrechos.

También en esta draga si el lugar de tiro no está al alcance de la pluma, se requiere del uso de chalanes tolva que transportarán el material al lugar de depósito.

La eficiencia de las dragas de bote de arrastre es menor que la de pala.

[E]B

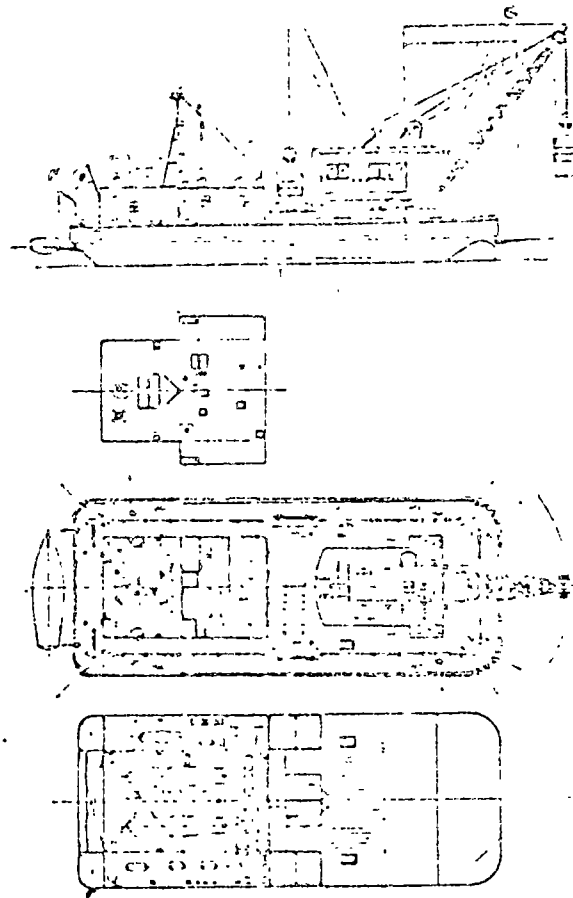
DRAGA DE ALMEJA O DE CAJOS DE NARANJA.- Como en los dos tipos anteriores, el nombre de la draga se debe al tipo de elemento de ataque del material pudiendo ser de almeja, si el cucharón está formado por dos partes (valvas) abriendo el interior en un solo plano o de gajos de naranja formados por segmentos de una esfera que se separan radialmente.

Cada tipo es aplicable a una clase de suelo, por ejemplo, el bote de almeja es útil en prácticamente todo tipo de material ya que cuando se trata de suelos consolidados o roca disgregada, se le cambia la cuchilla de los extremos de ataque de las valvas, por dientes de acero al manganeso, sumamente resistentes al desgaste.

En cambio, el bote de gajos de naranja tiene su mayor aplicación en roca disgregada pudiendo tomar algunas de gran tamaño.

Esta clase de dragas puede montarse en dos tipos de embarcaciones: de formas rectilíneas. (ver fig. No. 3)

E/B



Specifications

Max. dredging depth: 20 m
 Dredging capacity: 240 m³/h
 Grab capacity: 4 m³ (half-line type)
 Hoisting capacity: 16 tons
 Dredging radius: 10 m
 Hoisting speed: 70 m/min
 Lowering speed: 100 m/min
 Slowing speed: 2.5 rpm
 Luffing speed: 2.3 m/min
 Lpp X B X D X d: 25.40 m X 11.00 m X 2.50 m X 1.50 m
 Generator engine: Diesel 520 PS X 600 rpm X 2
 Generator: DC 150 kw X 600 rpm X 2, DC 30 kw X 600 rpm X 1
 Date of delivery: November 1957
 Owners: Ministry of Transportation, Japan

Builder: Ishikawajima-Harima Heavy
 Industries Co., Ltd.

Fig. 3

[E] [B]

o con formas adecuadas a la navegación con medios propios de --
propulsión según sea o no protegido el lugar donde se ejecuten-
los trabajos. Generalmente las que están dotadas de autonomía,-
cuentan con una sección dentro de la estructura del casco desti-
nada a tolva, donde se almacena transitoriamente el material pa-
ra posteriormente llevarlo al lugar de tiro. (Ver fig.No. 4)

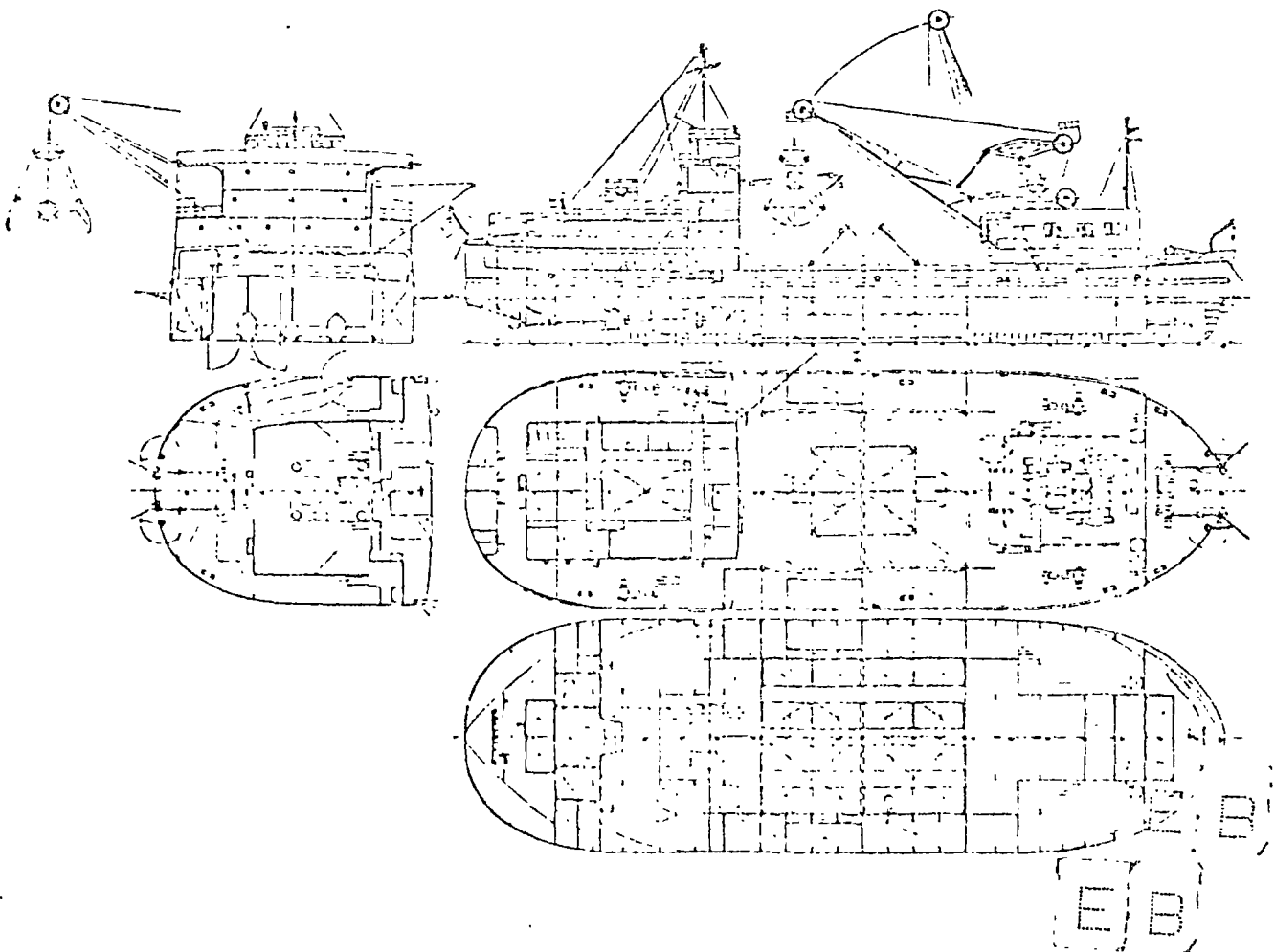


Fig. 4

Specifications

Max. dredging depth	24 m
Dredging capacity	120 m ³ /hr (at a 10 m depth)
Mapper capacity	1,107 m ³
Grab bucket	10 m ³ (Kvanga type), 13 m ³ (Clemens)
Hoisting capacity	40 ton
Dredging radius	9.20 m
Hoisting speed	40 m/min
Lowering speed	70 m/min
Slowing speed	1 rpm
Turning speed	Approx 25 r/min
Loc X Top X B X D X d	42.19 m X 39.03 m X 12.50 m X 5.00 m X 3.77 m
Gross tonnage	1,993 tons
Navigation class	Greater coasting
Speed at trial	5.5 knots
Propulsion motor	DC 400 kw X 350 rpm X 2
Propellers	3 blade solid X 2
Main generator engine	Diesel 900 PS X 400 rpm X 2
Main generator	DC 450 kw X 2
Hoisting motor	Ward-Leonard DC 400 kw X 600 rpm X 2
Date of delivery	March 1944
Owner	Ministry of Transportation, Japan

Builder: Uraga Heavy Industries, Ltd.

Fig. 4

Las dragas montadas en chalanes o embarcaciones de formas rectilíneas, requieren de chalanes tola donde descargar el material dragado.

El sistema para posicionarse en el caso de las autopropulsadas a base de 4 anclas (2 por proa y 2 por popa), con las cuales puede moverse hacia adelante, hacia atrás y a ambos lados.

Su forma de trabajar es estacionaria.

En las dragas montadas en chalán existen algunas que utilizan 3 zancos como los descritos para las dragas antes mencionadas, y otras que prefieren maniobrar a base de anclas aún cuando pa-

(E)B

ra estas últimas, quede restringido el dragado a zonas amplias - y de poco tráfico.

Pero sea cual fuere el sistema, el principio fundamental en cualquiera de ellos es el mismo, es decir, una pluma que puede o no girar 360°; un cable flexible y en su extremo el bote que cae -- verticalmente al agua.

La profundidad de dragado es prácticamente ilimitada aún cuando pierde eficiencia como las otras, al aumentar la profundidad por el tiempo que tarda el bote en ser arriado e izado.

Las dragas del cucharón de almeja autopropulsadas, pueden tener - uno o varios equipos a bordo operando simultáneamente, lo que aumenta la eficiencia.

Si bien las dragas de bote de almeja montadas en cascos autopropulsados tienen la ventaja de no ocupar chalanes tolvá para complementar su operación, su eficiencia se ve mermada al tener que dejar el área de dragado para trasladarse a la zona de depósito.

Otros inconvenientes de las dragas de bote de almeja en general, son la no uniformidad de la excavación y la de enredar los cables debido a que el bote gira.

Según el material que extraiga, cuyo rango incluye desde el fango

[E]B

hasta la roca disgregada, se dotará o no (si es de almeja) de --
dientes de acero al manganeso.

Cuando el material por dragar es suave, el bote deberá dejarse --
caer a 1m/seg. para evitar que la presión del agua lo cierre.

En caso de material compactado, la velocidad es la misma solo --
que el bote es de mayor peso.

Un ejemplo de draga de un solo cucharón de almeja de dimensiones --
importantes, es la KANMON No. 6 que opera en el estrecho de KAN--
MON en Japón, entre las Islas de Honshu y Kiushu a la cual se le
pueden instalar cualesquiera de los 3 cucharones siguientes:

Para terreno duro: Uno de 7 m3. y 63 tons. de peso

Para terreno suave: Uno de 12.5 m3. y 45 tons. de peso

Uno de 20.0 m3. y 100 tons. de peso

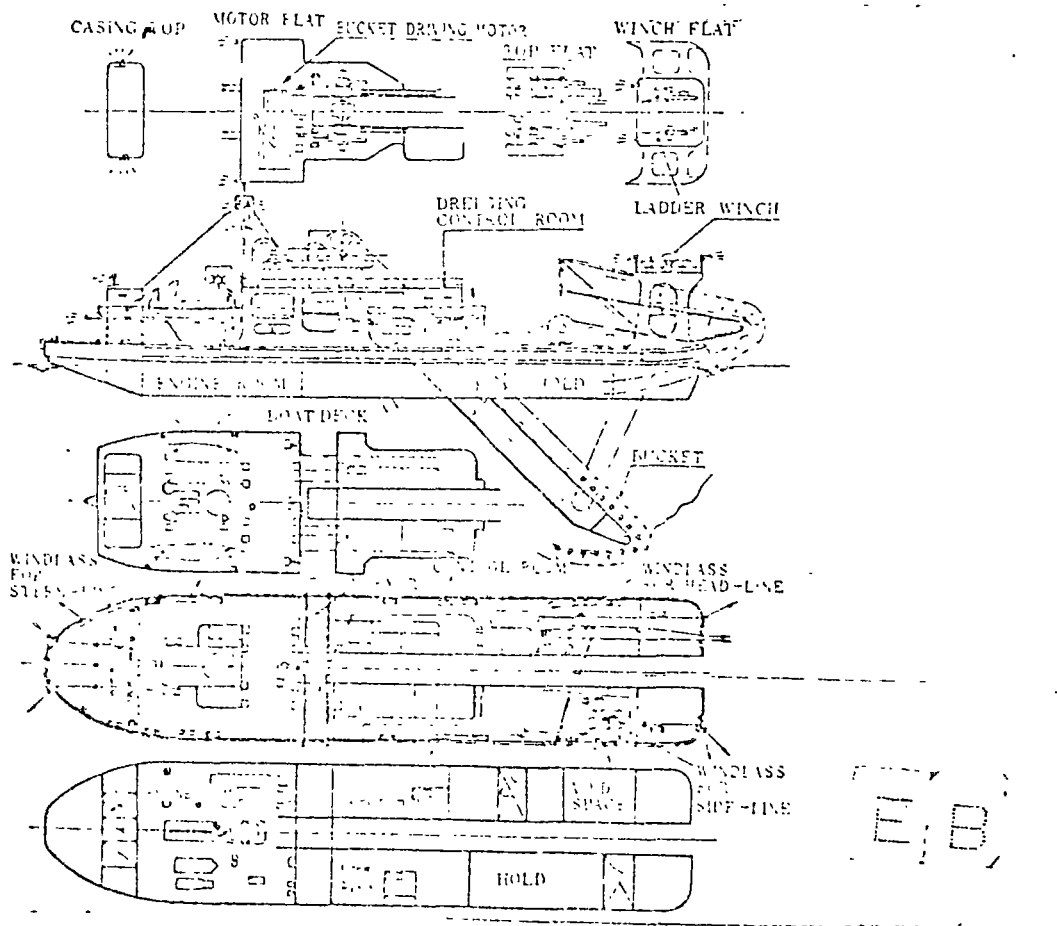
Los pesos son sin material.

DRAGAS DE ROSARIO O DE CANJILONES. -- Puede ser montado el aparato--
de dragado tanto en casco hidrodinámico autopropulsado como en --
uno de líneas rectas sin autonomía, dependiendo si las aguas don--
de opere sean desprotegidas o no.

De los sistemas mecánicos de extracción de material es el único --
que tiene una producción continua debido a que su aparato de dra--
gado esta constituido por una cadena sin fin de botes o canjilo--
nes, apoyada sobre una estructura llamada escala la cual es accio

nada a través de un hueco o ranura al centro del casco de proa - a popa conocido como pozo.

Esta escala es arriada hasta adquirir un ángulo máximo de 45° ó menor, de acuerdo a la profundidad de dragado. (Ver fig. No. 5)



Specifications

Max dredging depth	14.5 m
Dredging capacity	630 m ³ /h
Bucket	0.5 m ³ X 68 pcs, 20-30 pcs per min
Loa X lpp X B X D X d	59.50 m X 54.00 m X 17.00 m X 4.20 m X 2.70 m
Main generator engines	Diesel 1,000 PS X 225 rpm X 1
Main generator	No. 1 DC 420 kw, 415 V X 1
	No. 2 DC 220 kw, 225 V X 1
Bucket driving motor	DC 400 kw X 1
Head line winch motor	DC 60 kw X 1
Side line winch motor	DC 35 kw X 2
Starboard line winch motor	DC 35 kw X 1
Ladder hoist winch motor	DC 90 kw X 1
Date of delivery	August 1952
Owner	Harbor Bureau, Tokyo Metropolitan Office

Builder: Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

EB
Fig. 5

Los canjilones que se mueven por debajo de la escala, van vacíos, hasta llegar al fondo donde se cargan y suben por la parte superior de la estructura hasta su punto más alto, volteando el material en una banda transportadora o canalón que a su vez vierte en un chalán tolva que lo transportará al lugar de depósito o tiro.

Su forma de operar no es solamente en línea recta sino en forma radial o de abanico, ya que para posicionarse o avanzar, se auxilia de anclas y cables que le permiten girar un determinado ángulo a uno y otro lado, amplitud ésta que recibe el nombre de ancho de corte el cual variará de acuerdo a la longitud de la escala. A la acción de moverse a uno y otro lado se llama abanicar o abanicado.

El corte que ejecuta del terreno es muy regular y se recomienda esta draga principalmente para terrenos duros o roca disgregada.

Su capacidad como en los otros tipos, estará en función de la dureza del suelo, ya que si ataca material duro deberá utilizarse una draga más potente, con canjilones de mayor peso dotados de dientes pero con una separación mayor entre ellos. En estas dragas lleva un papel importante la adecuada planeación del transporte de chalanes tolva al lugar de tiro ó depósito.

Gozan de gran popularidad en Asia y Europa y tienen bastante aplicación en la explotación de minas subacuáticas y para la extracción de grava y arena con propósitos de construcción. EJB

En Nueva Zelandia y Australia se utilizaron para la extracción de oro, habiéndose mejorado el diseño de estas dragas en 1860 para el mismo uso en California y Alaska.

Sus desventajas se pueden resumir en:

- 1) Desgaste y esfuerzos importantes de las piezas que componen el aparato de dragado.
- 2) Su poca estabilidad debido a lo pesado y alto de su obra muerta. Este aspecto se ha ido solucionando disminuyendo la altura de la superestructura y aumentando la eslora de la embarcación.

Su profundidad de dragado puede ser hasta de 50 m. (aplicado a la minería) y su máximo rendimiento es de alrededor de 500 m³/Hr.

Para profundidades de 18 m. su rendimiento puede llegar a ser de 800 m³/Hr.

En todas las dragas antes mencionadas se ha hablado de la intervención de los chalanes tolva como complemento de su operación, siendo oportuno decir algo acerca de estos.

Los chalanes tolva pueden ser, de acuerdo a la forma de transporte:

- 1.- Remolcadores
- 2.- Empujados

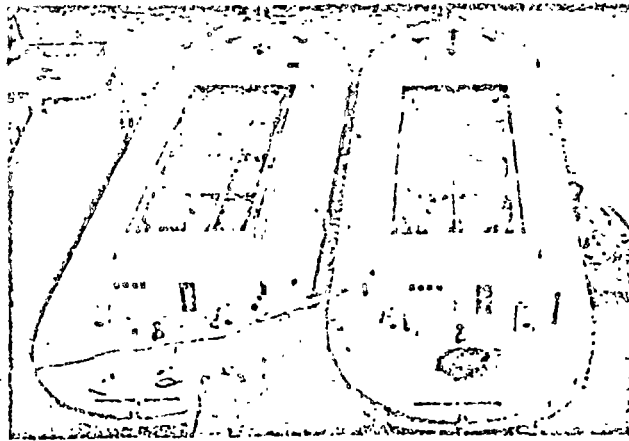
EB

E B

3.- Propulsión propia

y de acuerdo a la forma de descarga:

- 1.- Por el fondo (Ver fig. No. 6)



Specifications

Length.....40.00 m
 Breadth.....10.20 m
 Depth.....2.1 m
 Draft.....1.2 m
 Date of delivery.....1960
 Owners.....Ministry of Agriculture and Forestry, Japan

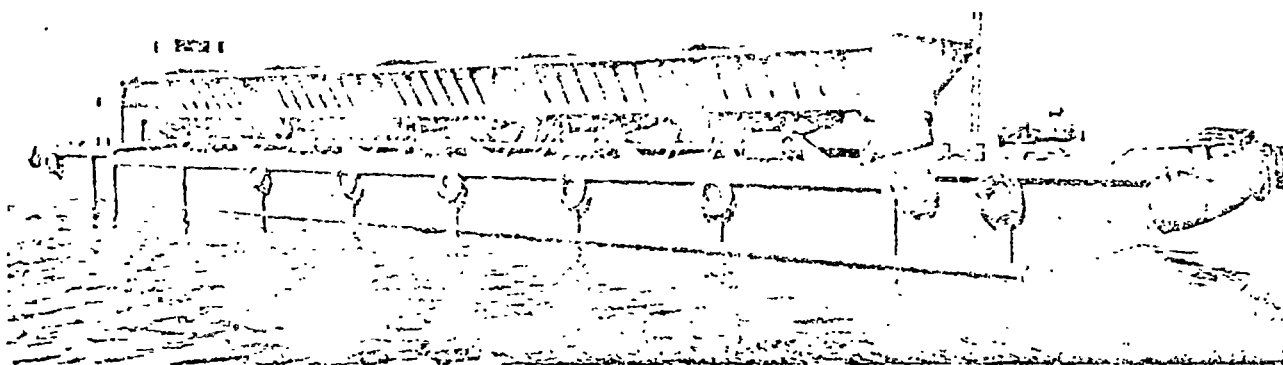
Builder.....The Nakodate Dock Co., Ltd.

Fig. 6

E B

2.- Lateralmente. (Ver fig. No. 7)

Stone Dump Barge "Sokun Go No. 1"



Characteristics

1. Capable of dumping 40 m³ of stone in only 3 minutes.
2. Dumping operation can easily be done by one person.
3. Rolling and listing of the barge at the moment of dumping are negligible.
4. The barge, made of steel, hardly sustains damage.

Specifications

Length.....	40.00 m
Breadth.....	9.00 m
Depth.....	2.50 m
Draught.....	1.60 m
Stone Vessel capacity.....	200m ³
Date of delivery.....	July 1923
Owner.....	Yorigami Kaiji Kagyusha, LTD.

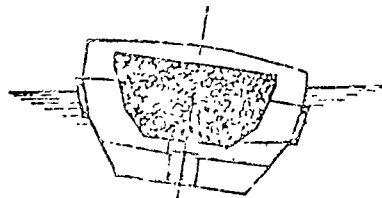
Builder: The Hakodate Dock Co., Ltd.

Fig. 7

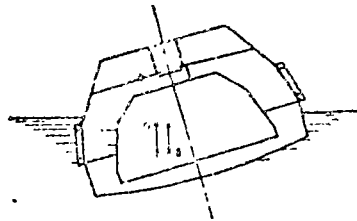
EB

E19

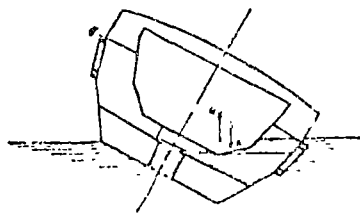
Giro completo de la embarcación. (Ver fig. No. 8.



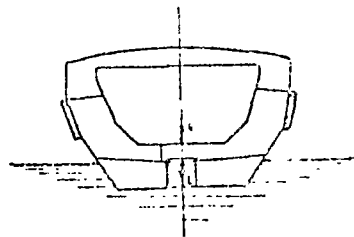
此種全舟を同一な直線の状態で
 浮遊させる。此の水が入れられ、
 以上を全舟の中心に位置せしめ
 る。



船は傾斜を成し、此の時
 船は直線となり、浮遊
 せる。此の時、船は中心
 なる。此の時、船は中心
 位置を成し、再び直線となる。



傾斜は更に増し、此の時
 舟内の水の一部は既に浮遊
 せしめ、舟内の水の一部は
 舟の傾斜と共に、舟の
 水も流出し、舟は再び直
 線となる。此の時、船は
 直線となる。



舟の傾斜が完全、此の時
 舟は直線となり、浮遊
 せる。此の時、船は中心
 なる。此の時、船は中心
 位置を成し、再び直線となる。

Fig. 8

E19

Con respecto a la forma de la tolva:

- 1.- Angular (de sección transversal triangular)
- 2.- Circular (de sección transversal semicircular)

La función de estos chalanes es la de transportar desde el costado de la draga hasta el lugar de descarga el material extraído.

Para las del tipo de remolque o empuje se utilizan remolcadores-
(Ver Fig. No. 9)

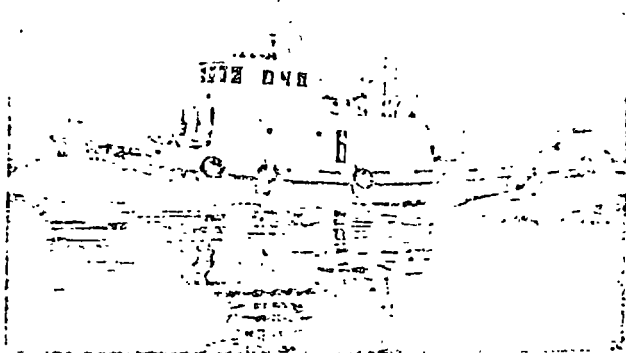


Fig. 9

cuya potencia estará en función del tamaño del chalán a mover --

EB

que puede llegar a tener una capacidad de 200 ó 300 m³.

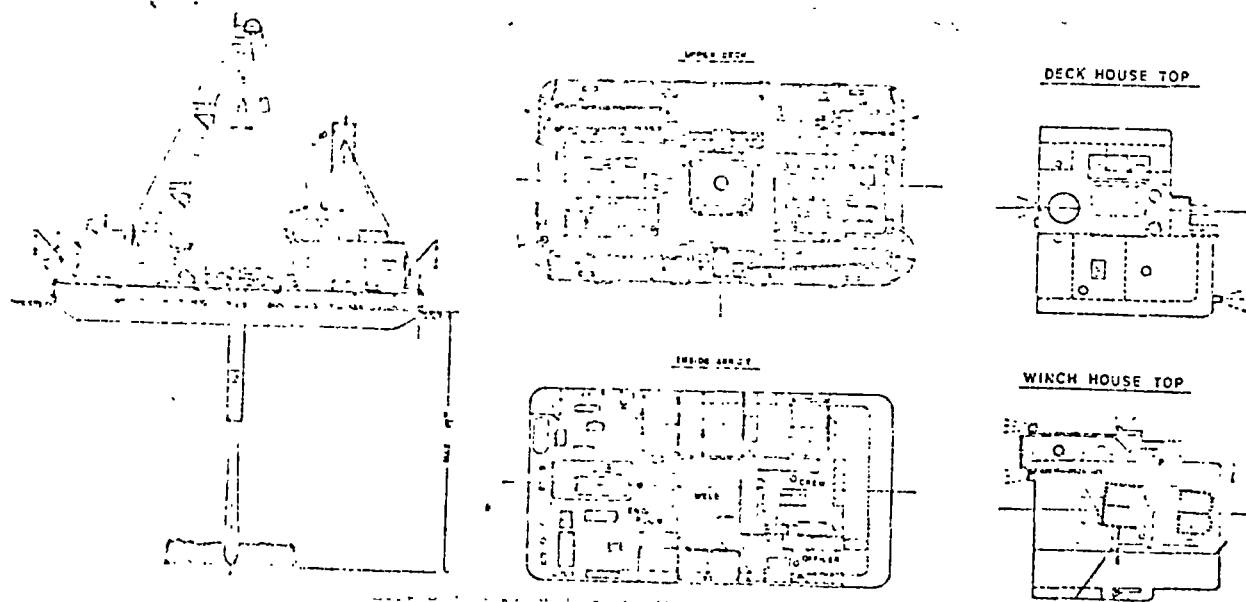
Aunque en la mayor parte de los casos el material extraído puede ser llevado hasta el mismo lugar de depósito y ahí vertirlo, en algunas ocasiones no es accesible a la embarcación por requerirse el depósito en lugares expuestos o tierra adentro, en lugares bajos, por lo que puede presentarse el caso de que el sistema de transporte se transfiera al terrestre, ya sea hidráulica o mecánicamente; siendo en este caso que los chalanes tolva de sección semicircular, son utilizados para permitir que una rueda de canchales extraiga el material de la tolva y lo coloque sobre bandas transportadoras hasta un lugar donde se reinicie el transporte con camiones, tuberías o nuevamente bandas transportadoras.

Antes de continuar con la descripción de los otros tipos de dragas y por ser también común a los equipos ya descritos, se mencionará la quebradora de roca, que es un equipo complementario importante cuando se trata de atacar suelos rocosos.

La quebradora de roca es un equipo destinado a romper el material en fragmentos que después puedan ser extraídos por cualquiera de los tipos de draga antes mencionados.

Consiste de un chalán donde se monta una estructura piramidal que sirve de sostén y guía del martillo cuya profundidad de caí

da puede ser entre los 18 y 20 m. Ver Fig. 10)



Specifications

lpp X B X D X d	..... 23.00 m X 12.50 m X 2.40 m X about 1.20 m
Main generator engine	..... Diesel 170 PS X 1,200 rpm X 1
Main generator	..... 140 kVA X 450 V X 1
Rock breaker	..... About 25 tons
Guide	..... About 12 tons
Hoisting winch	..... 45 tons X 10 m/min with 85 kw motor X 1
Date of delivery	..... March 1962
Owner	..... Ministry of Transportation, Japan

Builder: Sasebo Heavy Industries Co., Ltd.

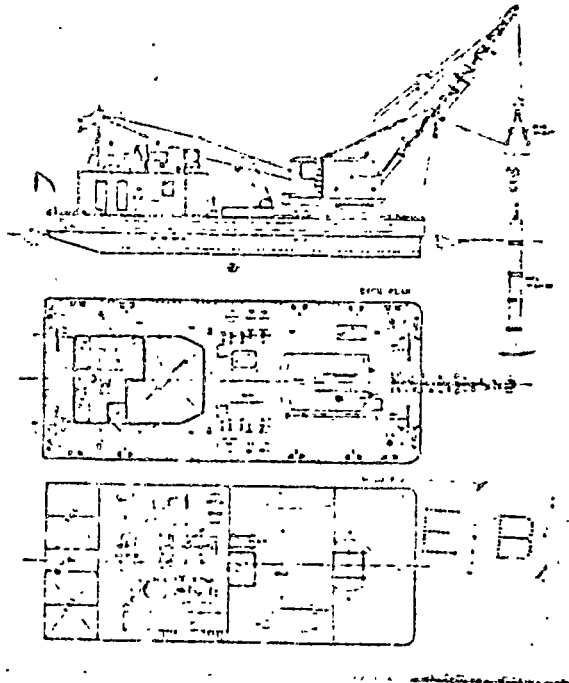
Fig. 10

El martillo es de caída libre o percusión. En el primer caso, la energía está en función del peso del martillo (25 ó 30 tons) y - la altura de caída; en el segundo, de la capacidad del sistema - neumático principalmente. Los equipos neumáticos son más eficien

E/B

tes debido al número de golpes que pueden dar por minuto.

(Ver fig. 11)



Specifications

Type of rock breaker:	Compressed air driven percussion hammer type
Maximum rockbreaking depth:	1.5m under water
Rock breaking capacity:	Striking force 1,800 kg-m Number of blows 105/min
Top X B X D X di:	19.40 m X 8.40 m X 2.00 m X 1.00 m
Generator:	AC 30 kVA X 225 V. 60 cyc X 1
Generator engine:	Diesel 40 PS X 1,200 rpm X 1
Driving apparatus:	
Air compressor:	2 cylinder double acting, 2 stage type X 1
Air compressor engine:	Diesel 220 PS X 1,800 rpm X 1
Control apparatus:	
Pneumatic motor:	Diesel 125 PS X 1
Maximum lift above W.L.:	9m
Maximum lift under W.L.:	15m
Working radius:	8.5m
Working load:	8 tons
Travelling speed:	3 rpm
Grab bucket capacity:	1.3 m ³
Date of delivery:	March 1950
Order:	Hokkaido Development Agency

Fig. 11

Company: Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

Su rendimiento difícilmente sobrepasa los 10 m³/Hr. Existiendo - otros tipos que combinan la perforación de las rocas con tala- - dros y el uso de explosivos. Sin embargo para lugares próximos a instalaciones, no es recomendable amén de que existen países que

E B

cuidan celosamente la fauna marina y no permiten el uso de explosivos bajo el agua.

Un sistema que aún se encuentra en vías de experimentación, es el de utilizar uno o varios chorros de agua a muy alta presión que pasan a través de boquillas que cortan la piedra por dura que esta sea.

DRAGAS HIDRAULICAS.- Representan el más grande adelanto tecnológico aplicado a las operaciones de dragado y son las que más innovaciones han recibido, volviéndolas el equipo más versátil de todos los existentes.

En estos como en los anteriores, también existen los siguientes tipos:

- 1.- De tolva
- 2.- Estacionarias
- 3.- Fijas

DRAGAS DE TOLVA.- Las dragas de tolva en su totalidad son autopropulsadas y consecuentemente, su casco es de formas finas que le permiten navegar sin demasiada resistencia. (Ver fig. 12)

E B

E13

Specifications

Max. dredging depth 17 m (drag arm inclination 40°)
 Hopper capacity 7,050 m³
 Dredging pump 5,000 m³/h X 17.0 m X 210 rpm X 2
 Max. discharge diameter 2,000 mm
 Suction and discharge pipe dia Suction 530 mm, Discharge 560 mm
 Lca X top X 0 X 0 X di 91.05 m X 85.00 m X 16.00 m X 7.00 m X 5.20 m
 Gross tonnage and deadweight 3,212 tons and 3,521 tons
 Speed at draft 10.27 knots
 Dredging speed About 3 knots against the tidal current of 3 knots for soft mud
 Navigation class Coastal coasting
 Class Japanese Government
 Propulsion motor AC 1,000 kw X 1,200 rpm X 2
 Propeller 3 blade controllable pitch propeller 2.7 m diameter X 240 rpm X 2
 Main generator engines Diesel 2,400 PS X 514 rpm X 2
 Main generator AC 1,500 kVA X 514 rpm X 3,200 V X 2
 Dredging pump motor AC 500 kw X 1,700 rpm X 2 Static speed control
 Bow thruster 3 blade, reversible, adjustable pitch propeller type driven
 by a 3 stage pole change 220/110/55 kw AC motor
 Drag arms Side trailing type X 2
 Drag heads Self adjustable type and adjustable type 2 sets each
 Trunnion Sliding type X 2
 Oil hydraulic motor
 Drag head winch 50 kw X 1,100/550 rpm X 2
 Ball joint winch 20 kw X 1,680/840 rpm X 2
 Trunnion winch 20 kw X 1,680/840 rpm X 2
 Complements 61 persons (3 shifts)
 Date of delivery March 1964
 Owners Ministry of Transportation, Japan

Builder: Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

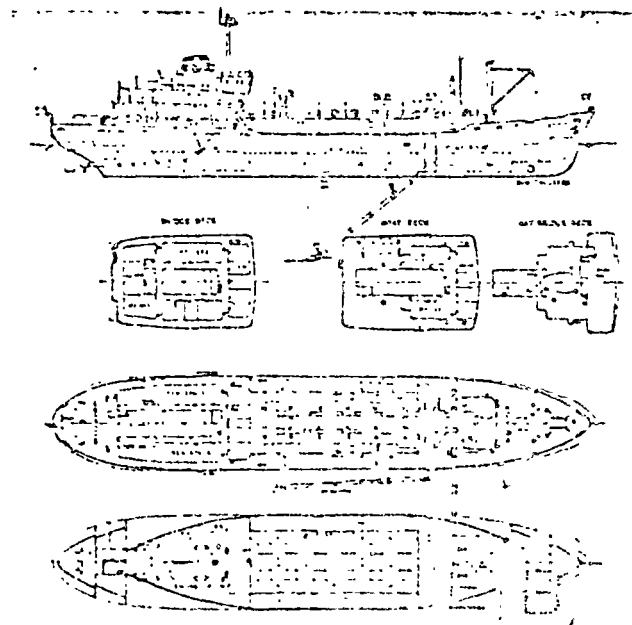


Fig. 12

Su forma de dragar es navegando a una velocidad lenta que varía entre uno y tres nudos (1 nudo = 1 milla marina/hora).

E13

El material es levantado del fondo mediante una tubería que en su extremo inferior tiene una rastra o cabeza, ascendiendo aquel por el tubo debido a la acción de una bomba centrífuga instalada a bordo de la embarcación.

El material succionado pasa por la bomba, para después mediante tuberías de distribución, enviarlo a las secciones en que está dividida la tolva. La razón de los mamparos divisorios es la de aumentar la longitud del trayecto del material dentro de la tolva a fin de disminuir la velocidad del agua y provocar la decantación de los sólidos.*

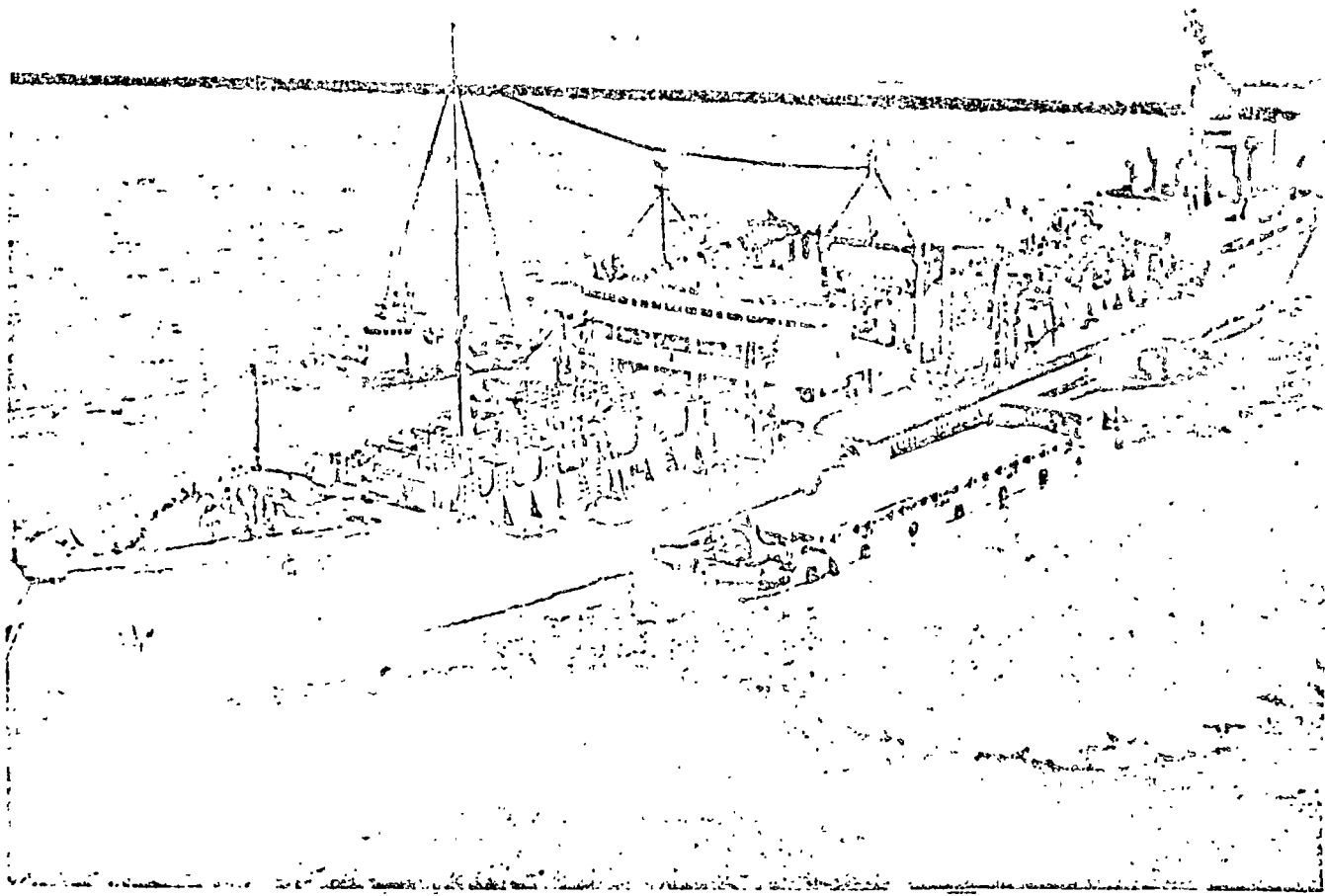
Es importante hacer notar que el material dragado es transportado en un alto porcentaje de agua (85 ó 90%) siendo el resto de material. El agua es derramada por los vertedores dispuestos por ambas bandas de la tolva y en toda su longitud. Una vez que la draga completa su capacidad deja el lugar de trabajo para trasladarse al de descarga, travesía en que la embarcación puede normalmente, alcanzar una velocidad de 10 a 15 nudos descargando en el lugar de tiro que pueden ser en alta mar, donde el depósito no afecte la navegación ni produzca azolvamientos en otras áreas o, en el lugar donde se esté efectuando algún relleno.

Estas dragas pueden ser muy versátiles; hay algunas con zancos y cortadora en el extremo de la tubería de succión; con instala-

E/B

E 3

ciones para descargar por tubería hacia los costados hasta 100 m. de distancia o a chalanos tolva. (Ver fig. 13).



Specifications

Main pump: Vertical, single suction, single stage spiral pump.
 4,200 g/h X 18.0 X 270 rpm X 2
 Suction pipe dia: 530 mm
 Discharge pipe dia: 500 mm
 Pump engine: Diesel, 600 PS X 600 rpm
 Jet pump: Vertical, double suction, single stage spiral pump.
 800 g/h X 23.0 X 2
 Suction pipe dia: 65 mm
 Discharge pipe dia: 100 mm
 Pump engine: Diesel, 200 PS X 3
 Vessels fitted with the equipments: Kaito Maru & J. Maru
 Date of completion: January 1953
 Owner: Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.

Builder: Watanabe Steel Works, Ltd.

E B

con uno, dos ó más tubos de succión; con dos hélices y dos timones en popa y una hélice en proa para hacerlas altamente maniobrables en espacios reducidos. (Ver fig. 14).

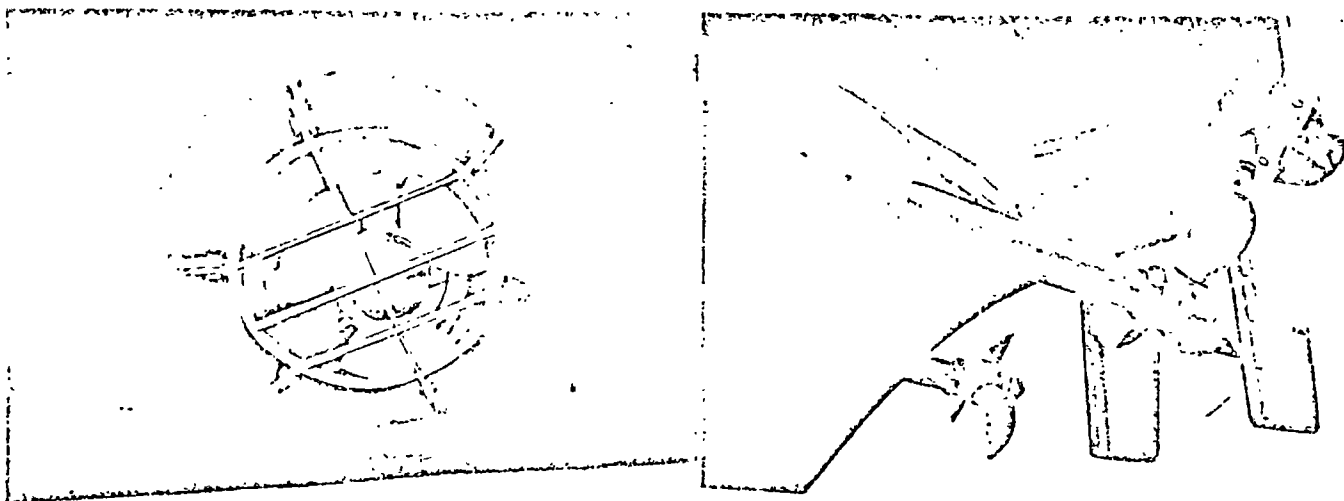


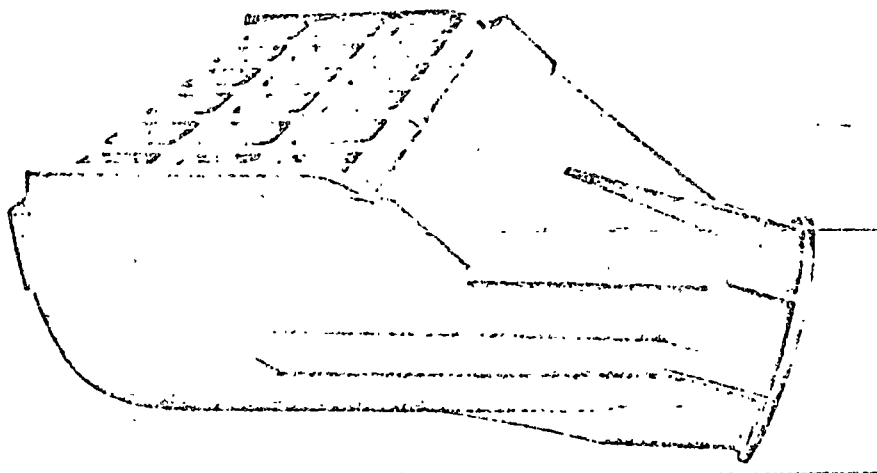
Fig. 14

Su principal empleo es en mar abierto o en canales y dársenas - donde una draga estacionaria podría ser un obstáculo.

Las cabezas de succión están divididas en dos tipos principales:

1.- Coral (Ver fig. 15)

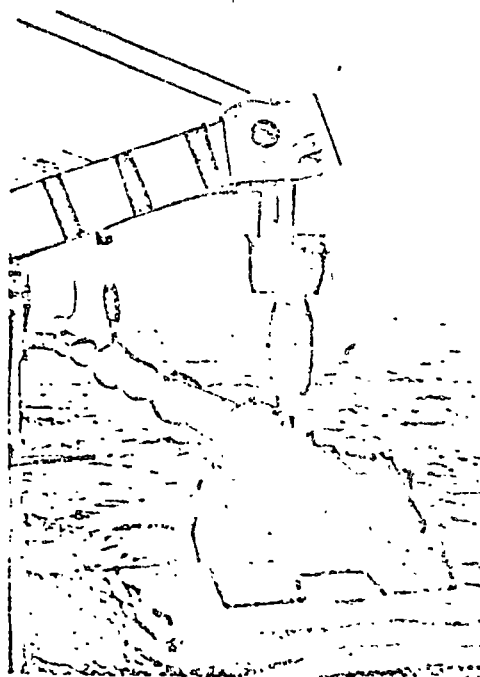
EB



ドラッグセクション 波濤船ドラッグセクション

Fig. 15

2.- California. (Ver fig. 16).



EB

Fig. 16

La primera destinada al dragado de material suave.

La segunda ha sido resultado de investigaciones donde se ha comprobado que la succión se efectúa fundamentalmente por el perímetro de la cabeza o rastra por lo que en este tipo se ha aumentado la longitud del mismo. Puede dragar una gama mayor de materiales si se le ponen escrapas o cuchillas en su parte posterior.

Normalmente el sentido de dragado es en contra de la corriente si esta existe (de marea, litorales o fluviales).

Existen dos métodos para dragar:

- 1.- Sistema Americano
- 2.- Sistema Europeo

El primero se efectúa con la draga en movimiento, arando el fondo.

El segundo es fijando la embarcación y succionando del mismo lugar hasta que el material derrumba, Sin embargo, en lugares próximos a instalaciones, no se recomienda por la posibilidad de amenazar la estabilidad de éstas.

Debido a que estas dragas no dejan un fondo con una cota uniforme, se ha ideado instalarles dos o mas tubos de succión de tal forma que se eliminen al máximo los sacos.

EB

EB

Cuando en el lugar en que se draga la corriente es importante -- (por ejemplo en los ríos en época de avenidas) y el material es fino, se utiliza el método de dragado por agitación consistente en dejar que la corriente lo transporte en suspensión siempre y cuando el lugar donde se deposite no cause azolvamientos perjudiciales.

Con respecto a la eficiencia de estas dragas por su trabajo continuo mientras draga, es alto. Sin embargo, se ve afectada por la necesidad de suspender el dragado para ir al lugar de tiro -- donde deposita el material mediante la apertura de las compuertas que forman la parte inferior de la tolva.

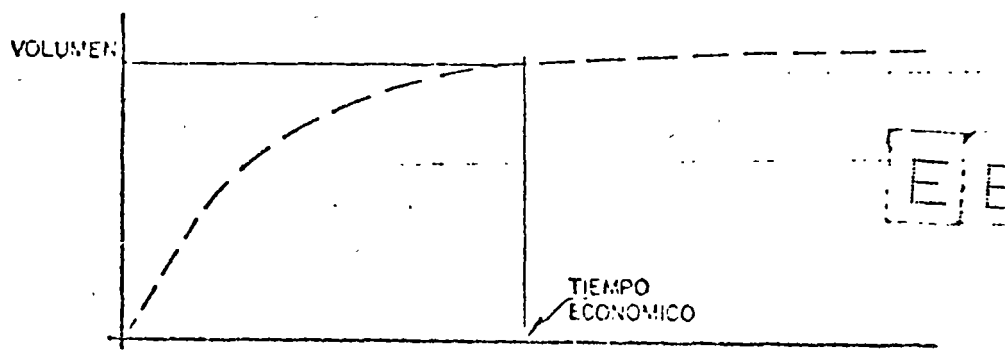
Solo es factible hablar de que la tolva se llena al máximo, cuando el material dragado es pesado; pero si este es ligero, la tolva no completa su capacidad ya que el material no alcanza a descender regresando nuevamente al agua por los vertedores.

En este caso, se recurre al tiempo económico de dragado consistente en encontrar el tiempo mínimo con que puede obtenerse el mayor depósito de azolve dentro de la tolva.

Aún cuando existen ecuaciones para determinar este tiempo, se puede aplicar una forma práctica de hacerlo, que consiste en sondear la tolva cada determinado tiempo; cuando el volumen ya no tiene incrementos importantes para los mismos intervalos, se de-

EB

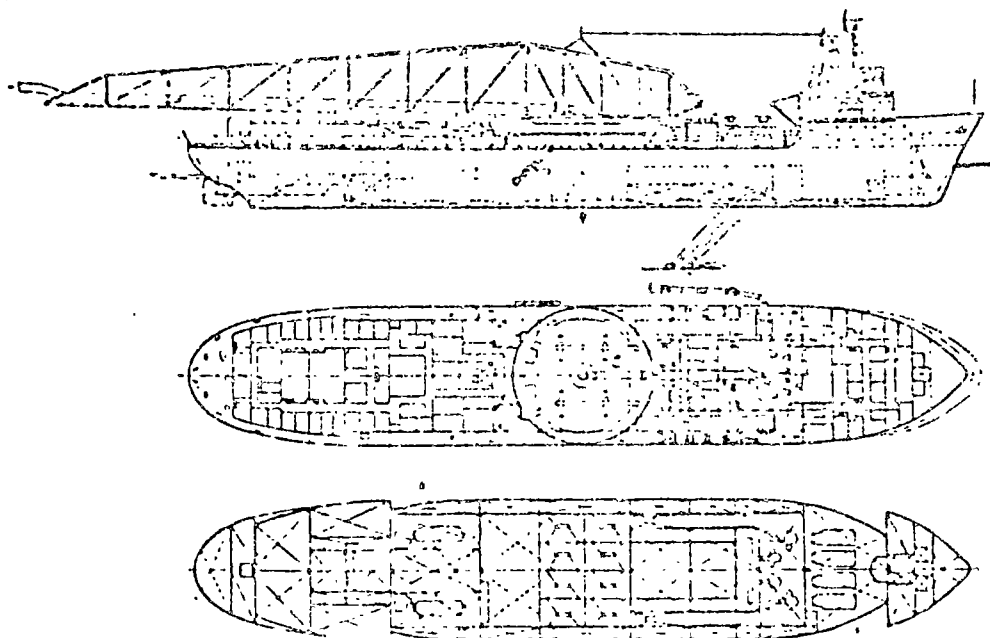
be suspender el dragado e ir al lugar de descarga. La gráfica siguiente lo ejemplifica:



Esto es sin hacer intervenir otros parámetros como son: el tiempo navegando y descarga en el lugar de tiro, costo del equipo, condiciones de trabajo, etc.

De estas dragas se han construído algunas de gran capacidad para operar en áreas remotas aprovechando buques tanque que ya no son útiles para este fin, como por ejemplo: las dragas Zulia para dragar en el lago Maracaibo y Kamachi Maru (Fig. 12) que son equipos que pueden almacenar en su tolva o descargar a chalanes; otras ya construídas exprofeso con la MC FARLAND y la ICOA. (Ver fig. 17)

E E



Specifications

Max. dredging depth	.....	18.3 m
Hopper capacity	.....	2,330 m ³
Dredging pump	.....	19,300 m ³ /h X 235 rpm X 4
Suction and discharge pipe dia.	.....	Suction 510 mm, Discharge 440 mm
Loa X lpp X B X D X di.	.....	142.20 m X 149.40 m X 29.00 m X 12.20 m X 7.30 m
Gross tonnage	.....	15,000 tons
Deadweight	.....	10,279 tons
Speed (trial)	.....	13.98 knots
Speed while dredging	.....	3-6 knots
Navigation area	.....	Ocean going
Propulsion engine	.....	Diesel 5,750 PS X 235 rpm X 2
Main generator engine	.....	Diesel 2,000 PS X 514 rpm X 4
Main generator	.....	AC 1,350 kw X 4
Dredging pump engine	.....	Diesel 3,420 PS X 235 rpm X 4
Bow thruster	.....	Electric 170 kw X 2
Drag arm	.....	Sida drag type 2, center drag type X 2
Drag head	.....	California type X 4
Trunnion	.....	Sliding type X 2 fixed type X 2
Date of delivery	.....	June 1961
Owner	.....	Universe Tanker, Inc.

Fig.-17.

EB

esta última con capacidad en la tolva de 2,330 m³., construída - para el dragado del río Orinoco en Venezuela!

DRAGAS ESTACIONARIAS.- De los equipos hidráulicos, es el de mayor eficiencia toda vez que su producción es continua y no requiere de retirarse del lugar de trabajo para descargar, ya que envía el material a través de una tubería al lugar de depósito.

Generalmente estas dragas se construyen en casco de líneas rectas. (Ver fig. 18).

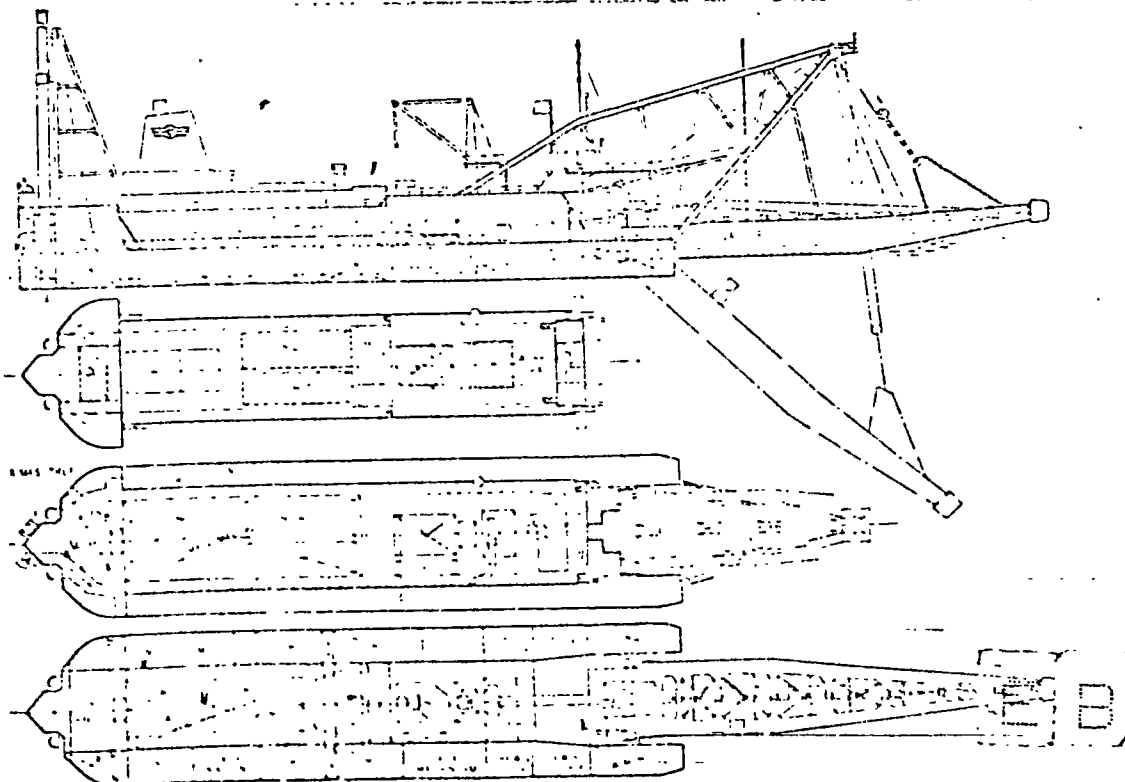


Fig. 18.

E B

EIB

Specifications

Max. dredging depth	30 m
Max. discharge distance	6 000 m
Max. discharge distance	3 000 m
Max. dredging capacity	1 500 7 000 m ³ /h
Loc. X Lpp X B X D X d	14 00 m X 72 50 m X 17 50 m X 4 27 m X 3 10 m
Dredging pump	10 000 m ³ /h X 100 m X 360 rpm X 1
Suction and discharge pipe diam.	Suction 915 mm, Discharge 740 mm
Dredging pump motor	AC 6 000 kw X 270-330 rpm X 1
Cutter	5 or 6 blade enclosed type max. 36 rpm
Cutter motor	Ward-Leonard DC 1 500 kw X 1
Ladder and swing with motor	Ward-Leonard DC 260 kw X 1
Spud and Christmas tree with motor	Ward-Leonard DC 140 kw X 1
Main generator	AC 13 12 kVA X 6 600 V X 62 c/s X 3 600 rpm X 1
Main generator steam turbine	12 650 kw X 3 600 rpm X 1
Main boiler	44 kg/cm ² X 440°C X 55 300 kg/h
Date delivery	April 1964
Owner	Japan Development & Construction Co., Ltd.

Builder: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Fig. 18

Básicamente están constituidas por los mismos elementos hidráulicos que las de autopropulsión, a excepción de la tolva que -- las estacionarias no tienen.

El posicionamiento y avance de esta draga es mediante zancos y anclas.

Sus partes fundamentales de trabajo aparte del aparato hidráulico, son:

- 1.- Escala (con o sin cortadora)
- 2.- Zancos
- 3.- Cables para abanicar
- 4.- Tubería flotante de descarga
- 5.- Tubería terrestre de descarga

EIB

6.- Plumas para los cables través (opcional)

Escala.- Es el elemento a través del cual baja el tubo de succión hasta el fondo de donde extrae el material.

Si el fondo es suave la simple succión es suficiente para hacerlo ascender por la tubería. (Ver fig. 19)

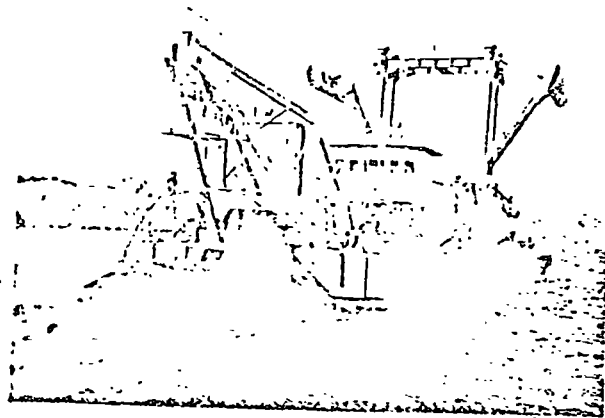


Fig. 19

Si el fondo es material compactado, entonces la escala en su extremo inferior, se dota de una cabeza cortadora que afloja el material para que este sea succionado por la bomba.

EB

Existen varios tipos de cortadoras dependiendo del material que -
ataquen pudiendo ser: abiertas para arcillas; de corona para are-
na y dentadas para materiales, muy duros y conglomerados.
(Ver figs. 20, 21 y 22)..

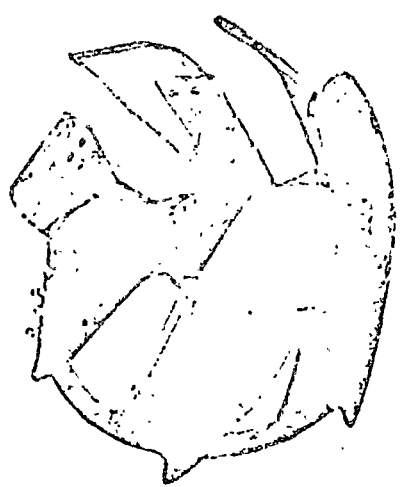


Fig. 20

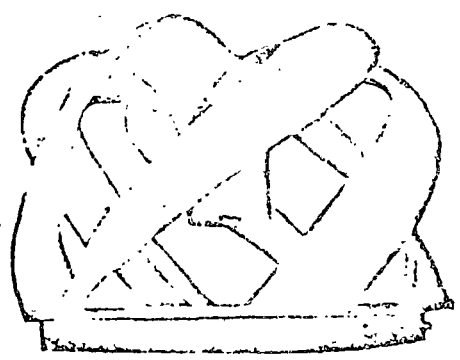


Fig. 21

EB

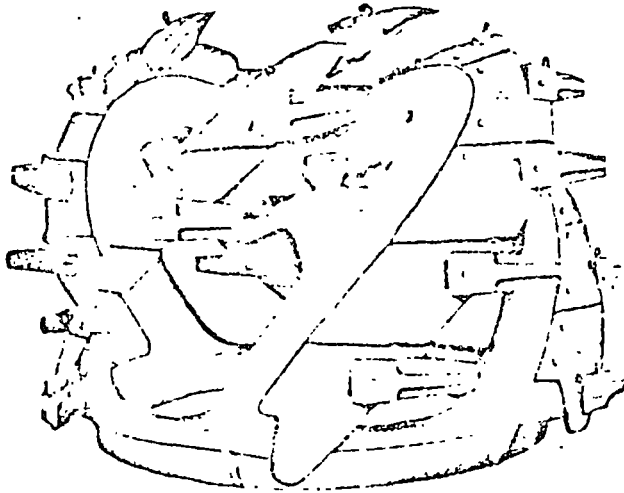
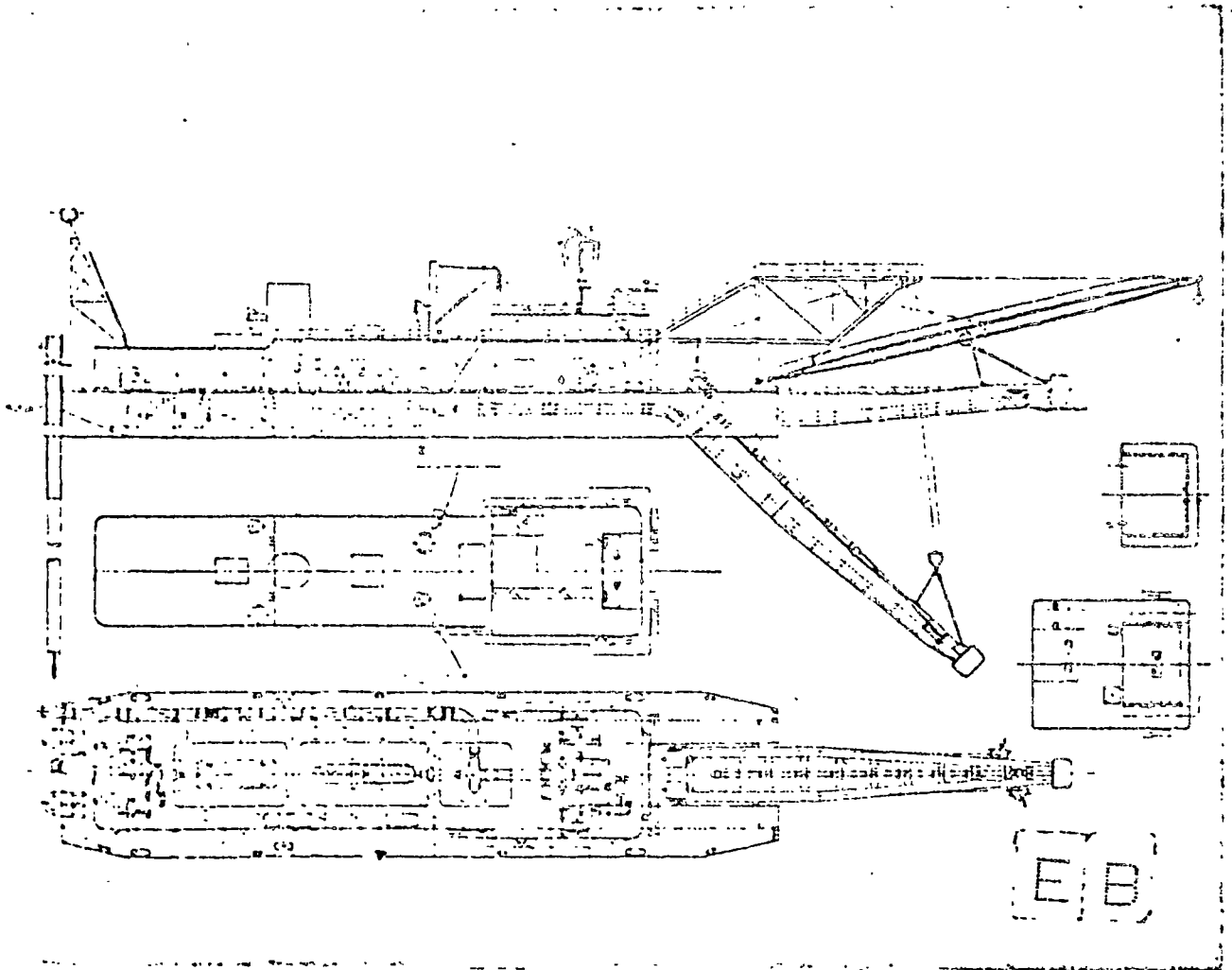


Fig. 22

Zancos.- Son dos elementos tubulares de gran longitud, de sección circular o cuadrada, que le sirven para posicionarse y avanzar, localizados en la popa de la embarcación. (Ver fig. 23).

E B



Specifications

Max. dredging depth	.....	25 m
Nominal discharge distance	.....	2,000 m
Max. discharge distance	.....	4,000 m
Suction and discharge pipe dia	.....	Suction 915 mm, Discharge 760 mm
Loc X lpp X 6 X D X d	.....	27,000 m X 67.10 m X 15.81 m X 4.27 m X 2.90 m
Dredging pump engine	.....	3,000 PS X 330 rpm X 1
Dredging pump	.....	8,000 m ³ /h X 0.5 m X 1
Main generator engine	.....	3,850 PS X 600 rpm X 1
Main generator	.....	DC 675 kVA X 1, DC 1,200 kw X 1, DC 300 kw X 1
Cutter	.....	Buster teeth type X 1, Buster teeth type X 1
Cutter motor	.....	DC Ward-Leonard 520 kw X 2
Swing motor	.....	DC 140 kw X 1
Sail motor	.....	AC 110 kw X 1
Lifter motor	.....	AC 110 kw X 1
Date of delivery	.....	September 1962
Owner	.....	Tao Marine Works Co., Ltd.

Builder: Nippon Kokan K.K.

Fig. 23

E B

El zanco de trabajo, (que es el más próximo a la tubería de descarga) es hincado en el fondo y servirá de pivote durante su operación de dragado.

El otro zanco o zanco de avance, es el que le servirá para avanzar en cuanto el área dragada haya quedado a la cota requerida.

Cables para abanicar.- De un lugar de la escala próximo a la cabeza cortadora parten dos cables de acero que en su otro extremo tienen un ancla que se fondea a uno y otro lado donde la draga este efectuando su corte, lo suficientemente lejos para que no sea necesario enmendarlas con demasiada frecuencia.

Arriando y virando simultáneamente estos cables con los malacates de proa y apoyándose en el zanco de trabajo, podrá la draga abanicar.

Tubería flotante de descarga.- Es la continuación de la tubería de a bordo. Por la misma condición de trabajo, esta deberá ser suficientemente flexible por lo que los tramos que la forman serán cortos (entre 6 y 15 m), unidos entre sí por conexiones de rótula o tramos de manguera de hule.

Para mantener la línea a flote a fin de hacer sencilla la manobra de desconexión, inspección y aumento de tramos de tubería, esta descansa sobre flotadores o pontones que pueden ser colocados con su eje mayor paralelo o perpendicular al eje de la tube-

E[3]
ría .

Tubería terrestre de descarga.- Es la que se tiende en las zonas bajas terrestres donde se pretende llevar a cabo el depósito del material.

Generalmente se apoya sobre trozos de madera o caballetes con su extremo de descarga elevado a fin de evitar que la tubería se sepulte. Los tramos de tubería terrestres se conectan enchufando los unos con otros, en vista de tener uno de sus extremos forma troncocónica.

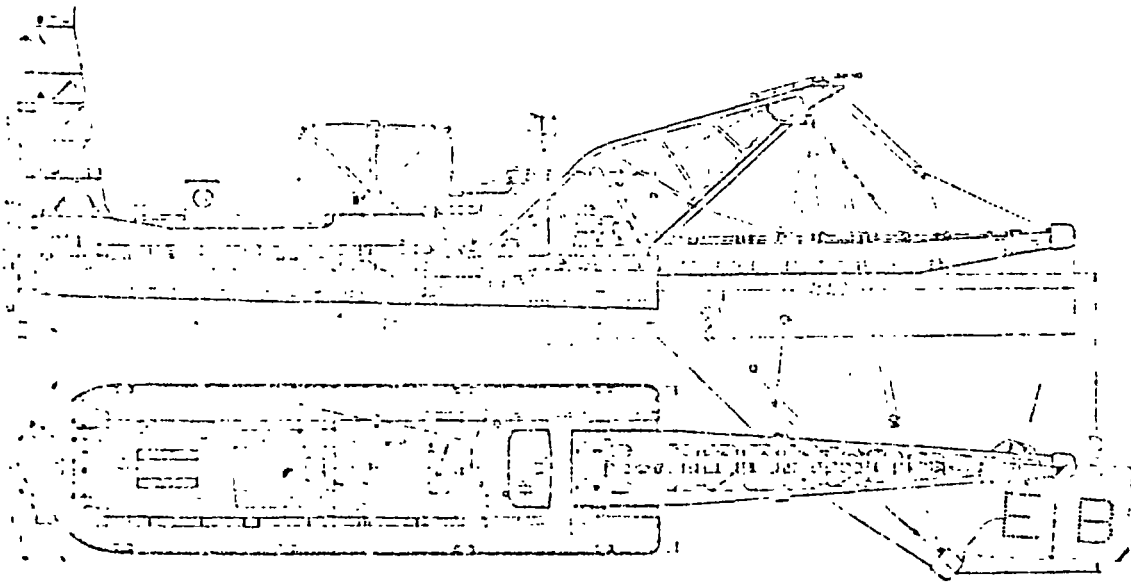
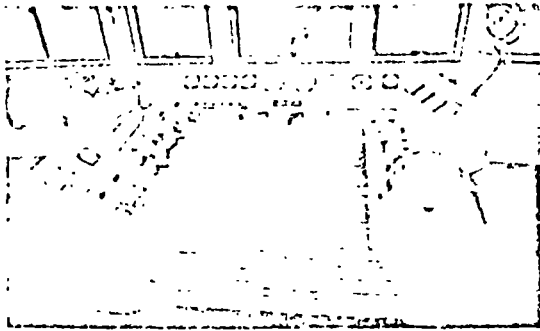
Plumas para los cables través.- Las dragas estacionarias se han dotado en la proa y por ambas bandas, de dos plumas que sirven para enmendar las anclas de los cables través con que abanica, eliminando así el chalán grúa encargado de esta operación.

Las ventajas principales de estas dragas son la continuidad del trabajo y la uniformidad de la cota después del dragado.

Aunque estos equipos fueron diseñados para operar en aguas protegidas debido a que los zancos resultan demasiado frágiles en lugares expuestos al oleaje, este inconveniente se ha superado - - substituyéndolos por tres cables que trabajan por la popa, sistema conocido como árbol de navidad.

El cual permite el dragado en aguas con cierto oleaje. (Ver fig.- 24).

E[3]

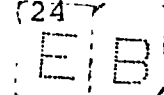


Specifications

Max dredging depth	30 m
Nominal discharge distance (fine sand)	4,000 m
Loa x lpp x B x D x d ₁	107.50 m x 64.80 m x 17.29 m x 4.50 m x 2.84 m
Dredging sump engine	Diesel 4,000 PS x 330 rpm x 2
Dredging pump	7,200 m ³ /h x 105 m x 330 rpm x 1
Main generator engine	Diesel 3,600 PS x 314 rpm x 1
Main generator	AC 2,500 kw x 1
Suction pipe dia.	900 mm
Discharge pipe dia.	760 mm
Cutter revolution	24, 16, 12 rpm
Cutter motor	AC 800 kw x 2
Swing winch motor	200 kw x 1
Spud winch motor	150 kw x 1
Ladder winch motor	260 kw x 1
Date of delivery	June 1963
Owner	Saeki Kensei Co., Ltd.

Builder:Uruga Heavy Industries, Ltd

Fig. (24)



Otro inconveniente superado también, es el obstáculo de las tuberías flotantes que dificultan la navegación sobre todo en áreas de intenso tráfico marítimo.

Aunque no se elimina totalmente la tubería flotante, sí una gran parte se hace permanecer en el lecho marino.

Estas dragas se construyen en una amplia gama de tamaños pudiendo ir desde los 40 m³/Hr. hasta 2,000 m³/Hr. de material sólido. Las pequeñas se diseñan de tal forma que su casco pueda seccionarse en 3 ó más partes, lo que les permite ser transportadas por vía terrestre por cualesquiera de los medios existentes, facilidad que las torna en equipos portátiles que pueden dragar en zonas tierra adentro, sin que éstas tengan acceso a vías de navegación para el transporte del equipo.

Muchos son los aditamentos que se le han incluido a estas dragas para aumentar su eficiencia, entre ellos, los chorros de agua que ayudan a la fuerza de succión a elevar el material, lográndose dragados a mayor profundidad cuyo mayor problema es la cavitación.

Actualmente existe una draga con escala de 69 m. que efectúa dragados hasta a 61 m. de profundidad.

La eficiencia de estos equipos está regida por la profundidad de

EB

dragado, dureza del material, altura y longitud de descarga y habilidad del operador.

La distancia máxima de descarga es de 4,000 m. (dependiendo del material y altura de descarga). Cuando se requiere que el material sea enviado a distancias mayores, se hace uso de subestaciones de bombeo distribuidas convenientemente a lo largo de la tubería, para mantener la velocidad del transporte y evitar sedimentaciones en la línea.

DRAGAS FIJAS. - Desde el punto de vista de la forma hidráulica de extraer el material así como de transportarlo, utiliza el mismo sistema mencionado para los dos últimos tipos de draga antes descritos. Sin embargo, la draga fija carece de movimiento, es decir, que es una estructura convenientemente situada, donde se localizan las bombas.

En la costa de California (en Sta. Bárbara actualmente en operación) y aquí en México (en Salina Cruz) fueron instaladas dragas de este tipo.

Desafortunadamente, la de Salina Cruz no tuvo el éxito esperado por haber quedado en poco tiempo aislada del agua necesaria para el transporte de la arena. La difusión de este tipo de draga la cual trabaja por derrumbe, ha sido muy poca, debido a que una fa-

[E] [B]

lla en la localización, la deja inutilizada o trabajando con muy bajo rendimiento.

EQUIPOS DE DRAGADO PARA GRANDES PROFUNDIDADES.- Aún cuando por mucho tiempo la función primordial del dragado fue la de extraer material del fondo a fin de hacer la navegación segura dentro de los puertos y accesos a éstos, la Ingeniería ha aceptado el reto de extraer minerales, materiales pétreos para construcción e intentar obras bajo las aguas cuya superficie es 3 veces mayor que la de la corteza terrestre.

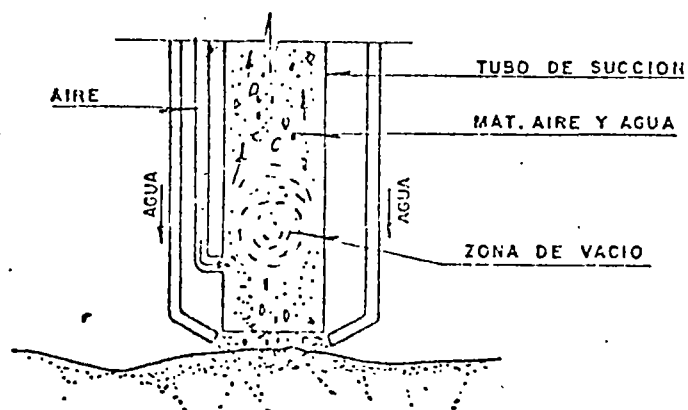
En un principio, esto se llevó a cabo con cierto éxito en aguas relativamente bajas, con los mismos tipos de dragas con que se profundizaban los puertos y canales; sin embargo, cada vez se requiere ir a mayores profundidades con equipos más eficientes y sofisticados.

Las dragas de canjilones, han sido aplicadas en la extracción de oro en Australia, California y Alaska; en la explotación de estaño en el Sudeste Asiático y en E.U. y Japón, para extraer materiales tales como arena y grava para obras portuarias.

Aunque los equipos para grandes profundidades en sus diseños avanzados se encuentran todavía en etapa de estudio, el sistema de dragado con aire (Air lift) ya desde hace tiempo, se aplica con buenos resultados.

[E] [B]

El sistema consiste de un tubo con una conexión lateral para - - una tubería de aire que enrarece el ambiente interior del tubo - y por diferencia de presiones ascienden las partículas sólidas. Se han aplicado chorros de agua en el extremo de la tubería para ayudar a desprender los materiales del fondo, con lo que se ha - aumentado la eficiencia. El siguiente esquema ejemplifica el sis- tema.

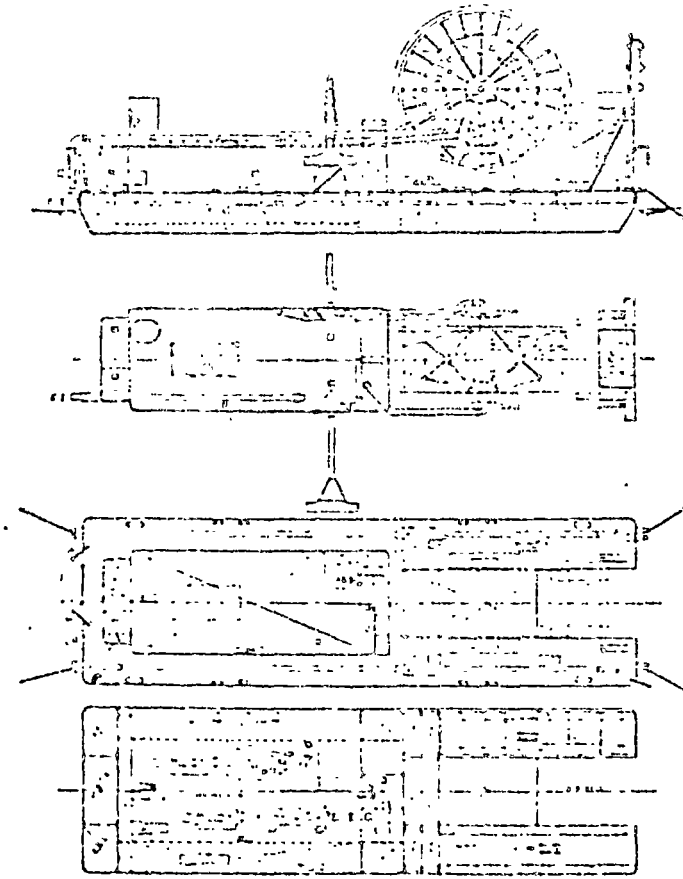


Asímismo, para la explotación de bancos de arena ó grava, se uti- lizan las dragas dotadas del sistema de chorro de agua y succión.

El chorro de agua sirve para retirar la capa de fango que se en- cuentra sobre la arena o grava y la succión toma el material de- buena calidad depositándolo en chalanes tolva, auxiliándose con-

(E)B)

los chorros de agua. Su profundidad de dragado es a la fecha de -
100 m. (Ver figs. 25 y 26).



EB

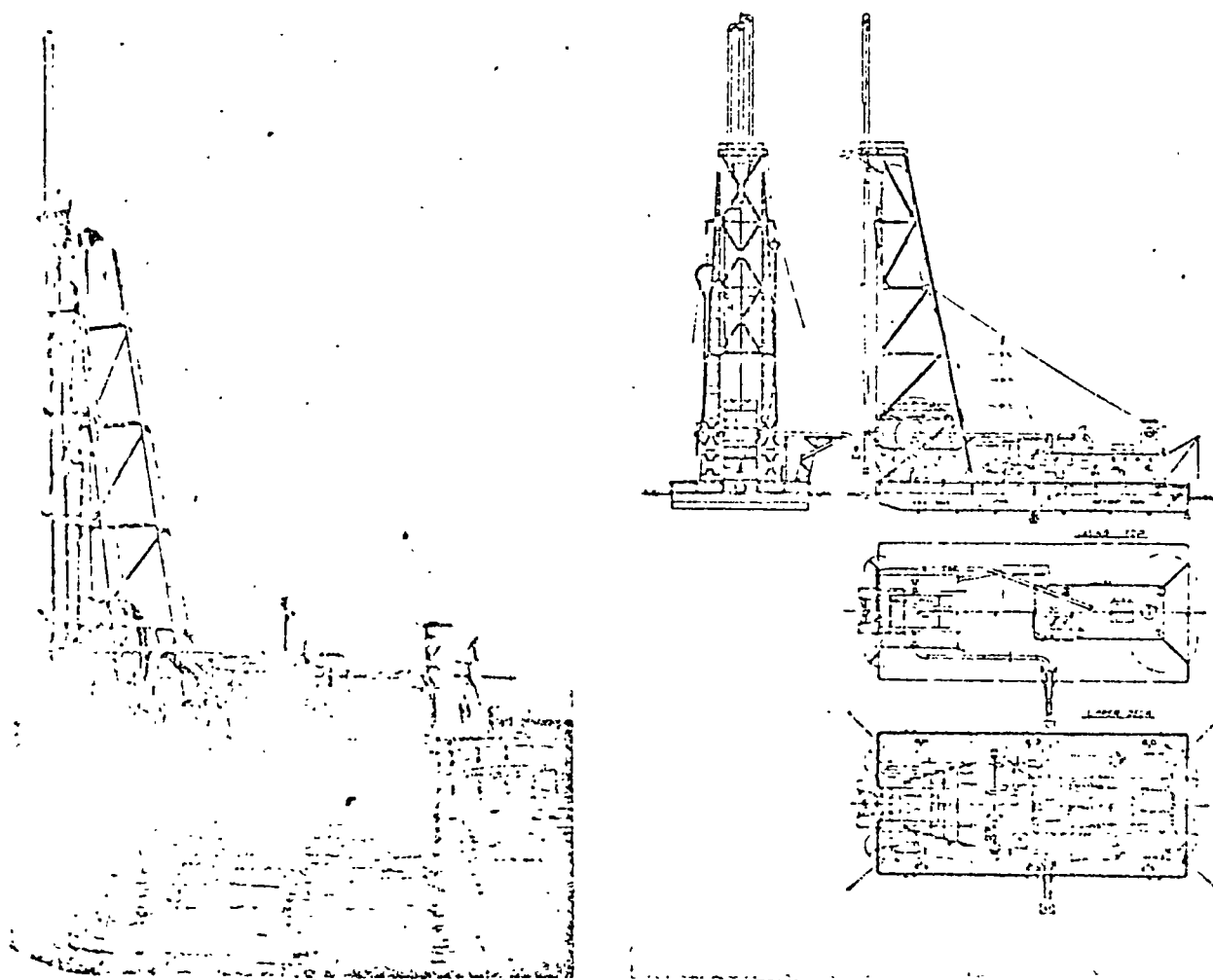
Specifications

Max. dredging depth	.....100 m
Nominal discharge distance (using a booster pump)	.....2,400 m
Nominal dredging capacity (gravel content 11.2%)	.....240m ³ /h
Main pipe dia.	.....300 mm w.c.d.
Jet and ejector water line	.....445 mm
Mud line	.....49.00 m X 47.43 m X 14.40 m X 2.50 m X 2.10 m
100 X 150 X 6 X D X d.	.....1,200 m ³ /h X 1,000 m ³ /h X 1,000 rpm X 1
Ejector pump	.....1,100 m ³ /h X 1,200 rpm X 1
Jet pump	.....Disal 2,500 PS X 140 rpm X 1
Ejector and jet pump engine	.....Disal 2,500 PS X 140 rpm X 1
Booster pump	.....Disal 2,000 PS X 200 rpm X 1
Booster pump engine	.....Disal 2,000 PS X 200 rpm X 1
Main generator	.....AC 175 kVA X 225 V X 2
Main generator engine	.....Disal 150 PS X 500 rpm X 2
Hose reel winch motor	.....19 hp/10 kw X 2
Mooring winch motor	.....19 hp/10 kw X 2
Date of delivery	.....October 1953
Owner	.....Aizu Chemical Co., Ltd.

Fig. 25

Builder: Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

EB



Specifications

Dredging depth	40 m
lpo X B X D X dr	22.90 m X 10.00 m X 2.0 m X 1.10 m
Water pump for ejector and drill	450 m ³ /h X 100 m X 1,800 rpm X 1
Jet water pump	100 m ³ /h X 150 m X 1
Water pump engine	Diesel 300 PS X 1,800 rpm X 1
Jet water pump engine	Diesel 120 PS X 1
Air compressor for ejector and general use	3 m ³ /min X 6 kg/cm ² X 1
Generator	Diesel driven 4 kw X 1
Generator engine	10 PS X 900 rpm X 1
Dredging equipment	
Double pipes with an ejector and a rubber hose	1
Drill and a rubber hose	1
Compressed air pipe and a rubber hose	1
Suspension and mooring winch	Diesel driven 18 t X 5 m/min X 1
Date of delivery	November 1961
Owner	Too Harbor Works Co., Ltd.

Builder: .. Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd.

Fig. 26

EB

No solo para la minería sino también para el dragado de copas que alojen túneles submarinos o tuberías a gran profundidad se estudian equipos cuya operación no se vean interferida por las condiciones meteorológicas en la superficie, como acontece con los equipos convencionales.

Los diseños siguientes muestran los sistemas propuestos para obras de ingeniería y extracción de elementos útiles al hombre, a grandes profundidades. (Ver figs. 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33).

EB

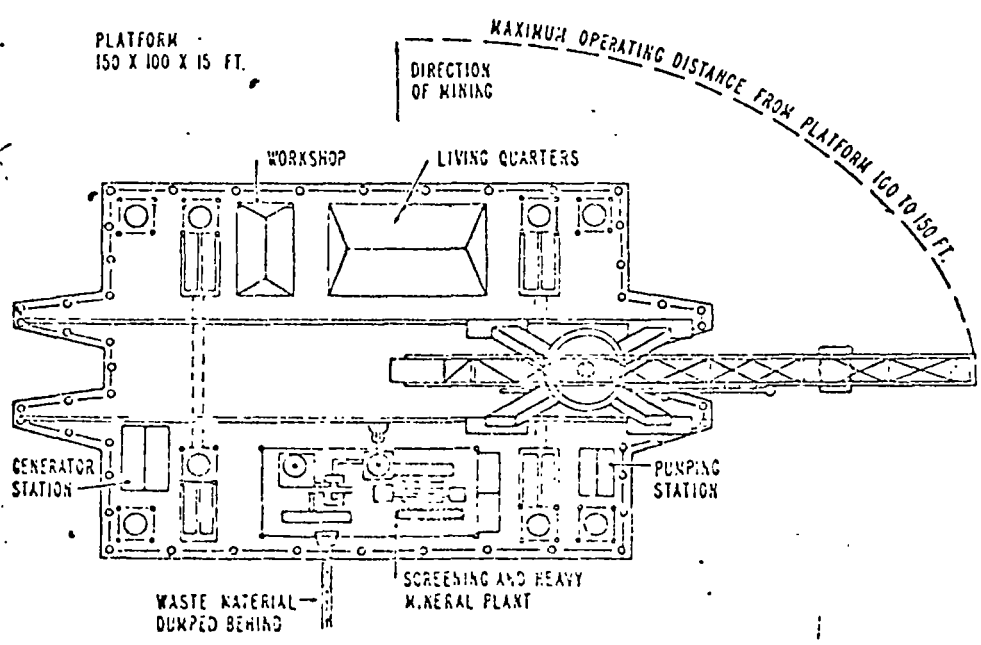
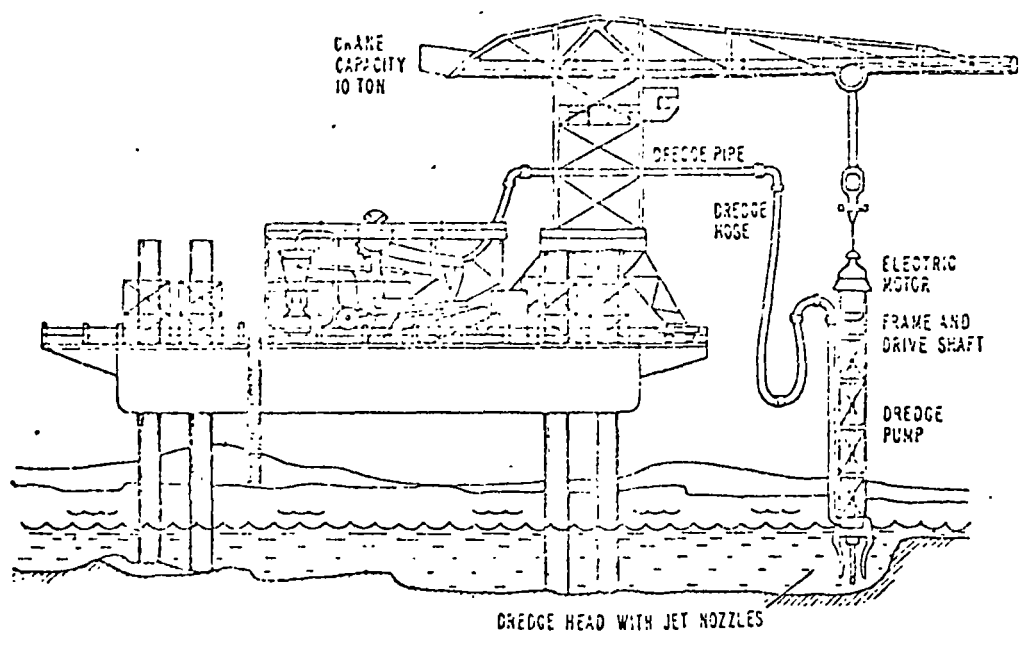
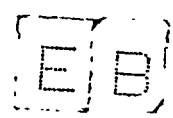


Fig. 27

Walking platform for mining in shallow water.



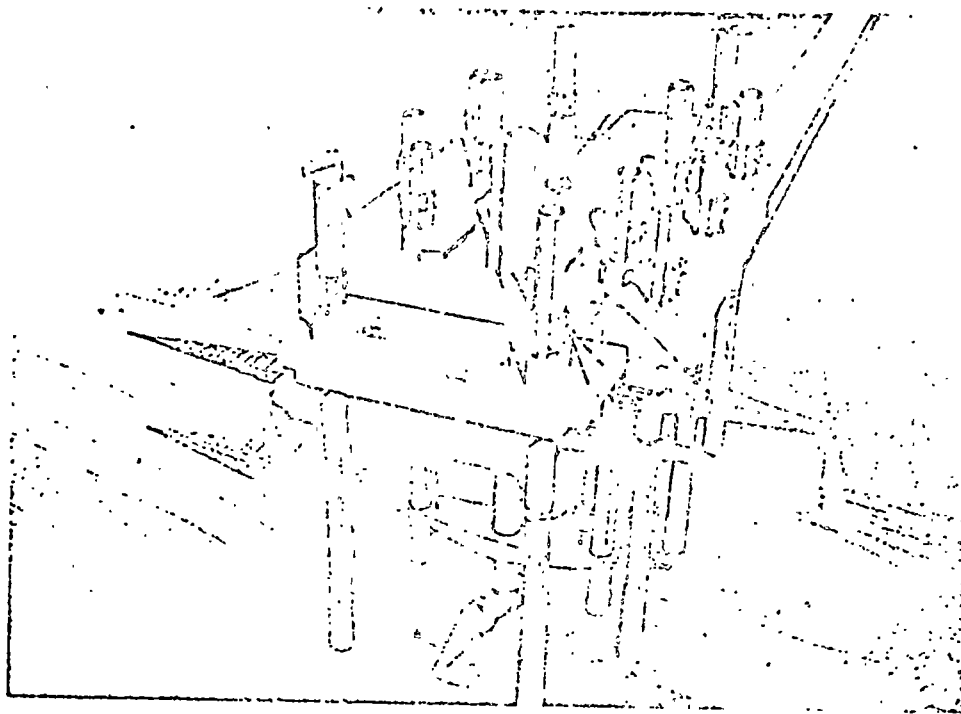


Fig. 27

Walking platform developed for digging a tunnel trench.

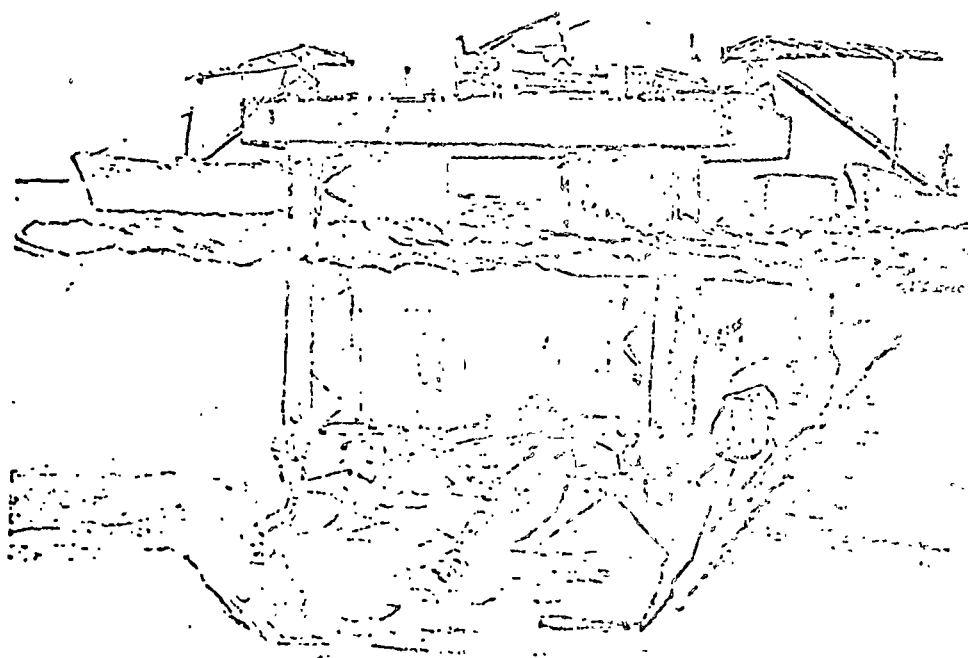
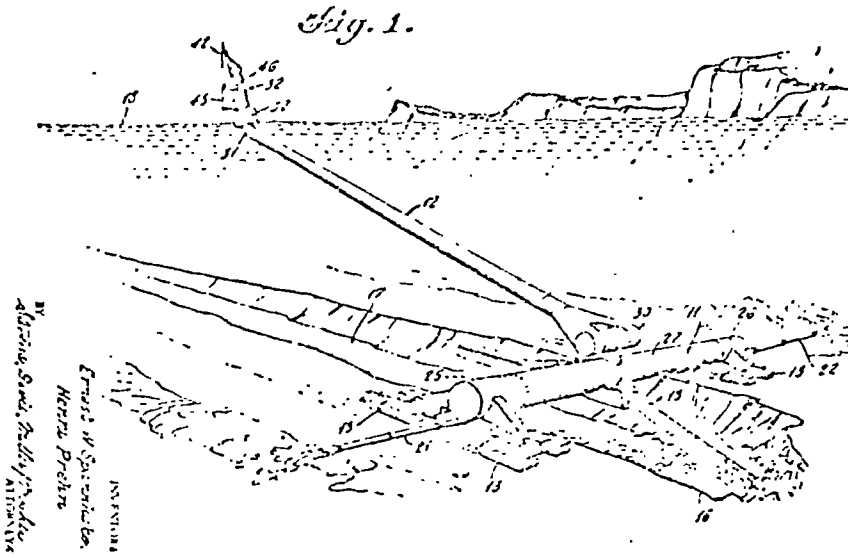


Fig. 28

Bottom crawling dredge for digging tunnel trench.

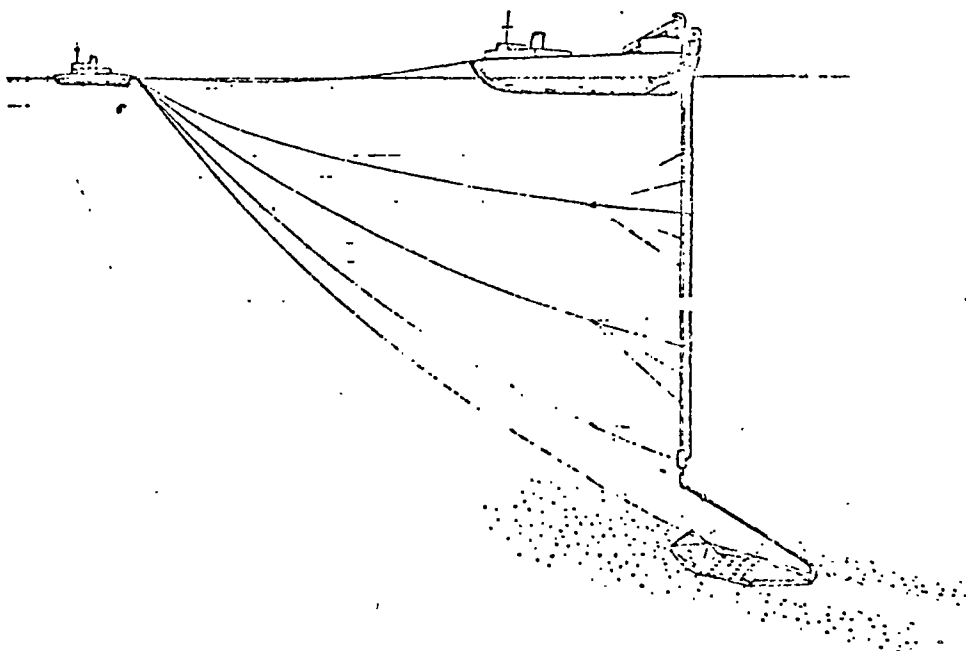
[E] [B]



March 28, 1967
 Filed Dec. 31, 1965
 E. W. SPANNHAK ET AL
 JUNIAINE DREDGE
 3 SHEETS-SHEET 1
 3,310,892

Bottom crawling dredge with access pipe.

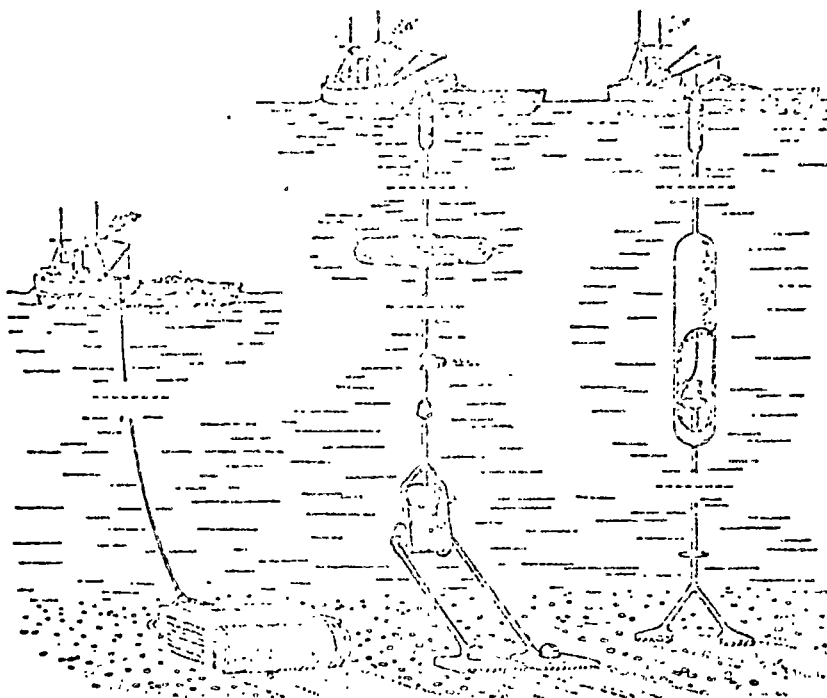
Fig. 30



J. Ball proposed module mining by use of light-media lifting system.

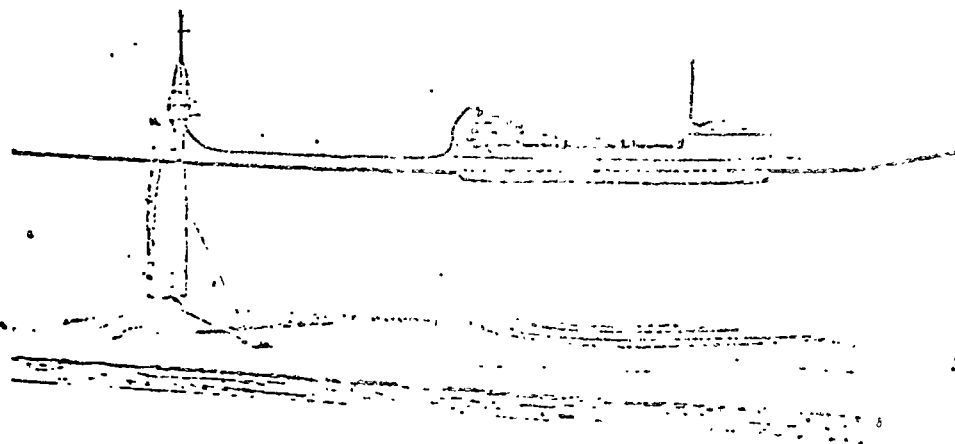
EB

E13



Dr. Mero envisioned mining of manganese modules from deep sea floor deposits.

Fig. 32



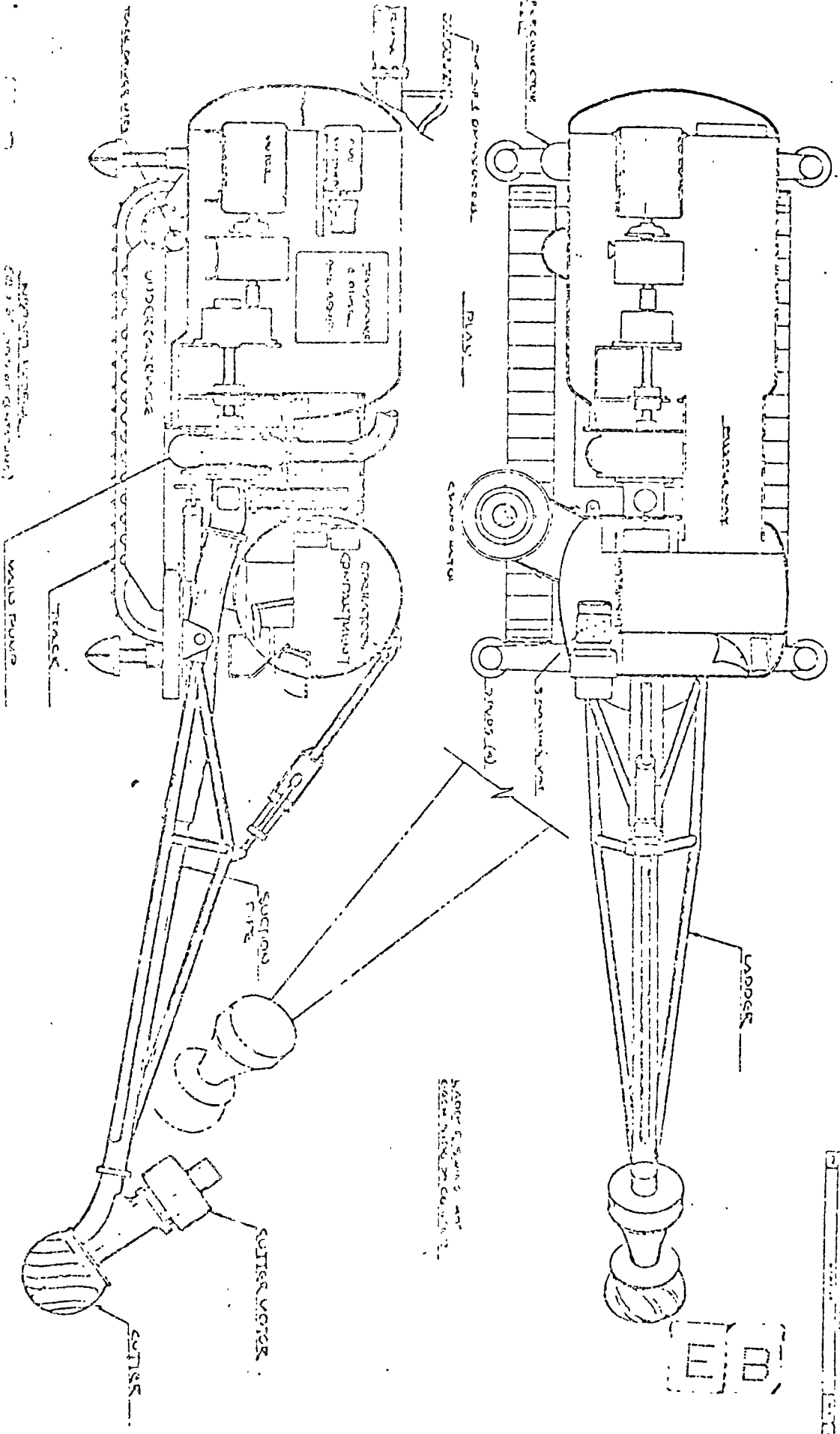
Flip ship dredge for mining from sea floor of the continental shelf.

E13

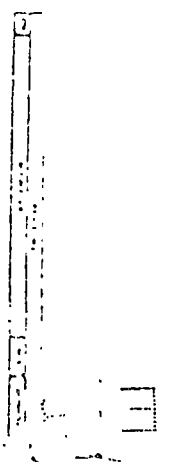
En Estados Unidos han diseñado una draga submarina actualmente -
trabajando en Florida cuya profundidad de operación es de 30 m.,
con la finalidad de extraer arena y reponer la que es retirada -
por el mar en los cambios de estación, de playas de gran atracti-
vo turístico como son las de Florida, Carolina, Nueva Jersey, Re
dondo, California o Waikiki en Hawaii. (Ver fig. 34).

EB

1. The purpose of the system is to provide a means of...
 2. The system is designed to...
 3. The system is...

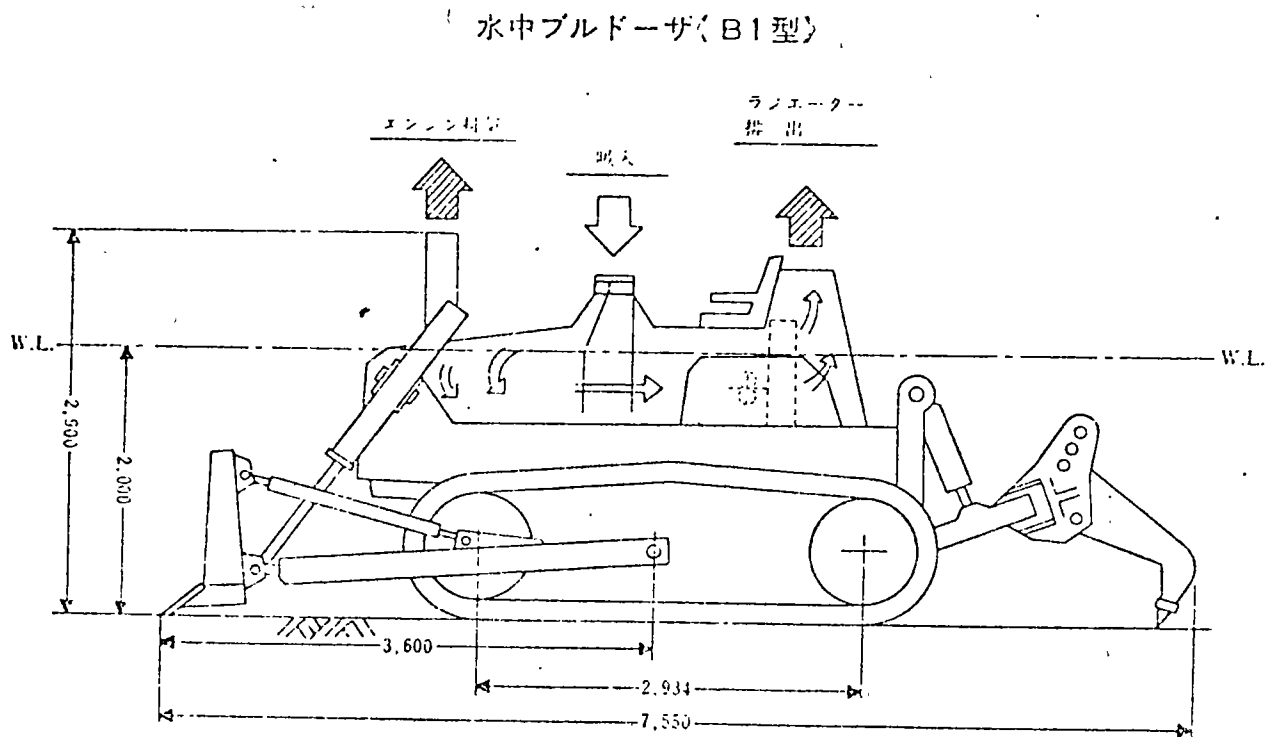


1. The purpose of the system is to provide a means of...
 2. The system is designed to...
 3. The system is...



Estas dragas trabajan sin problemas de oleaje salvo en tormentas severas, pudiendo ser útiles en la apertura de barras inclusive.

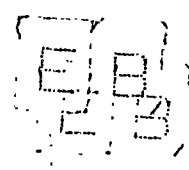
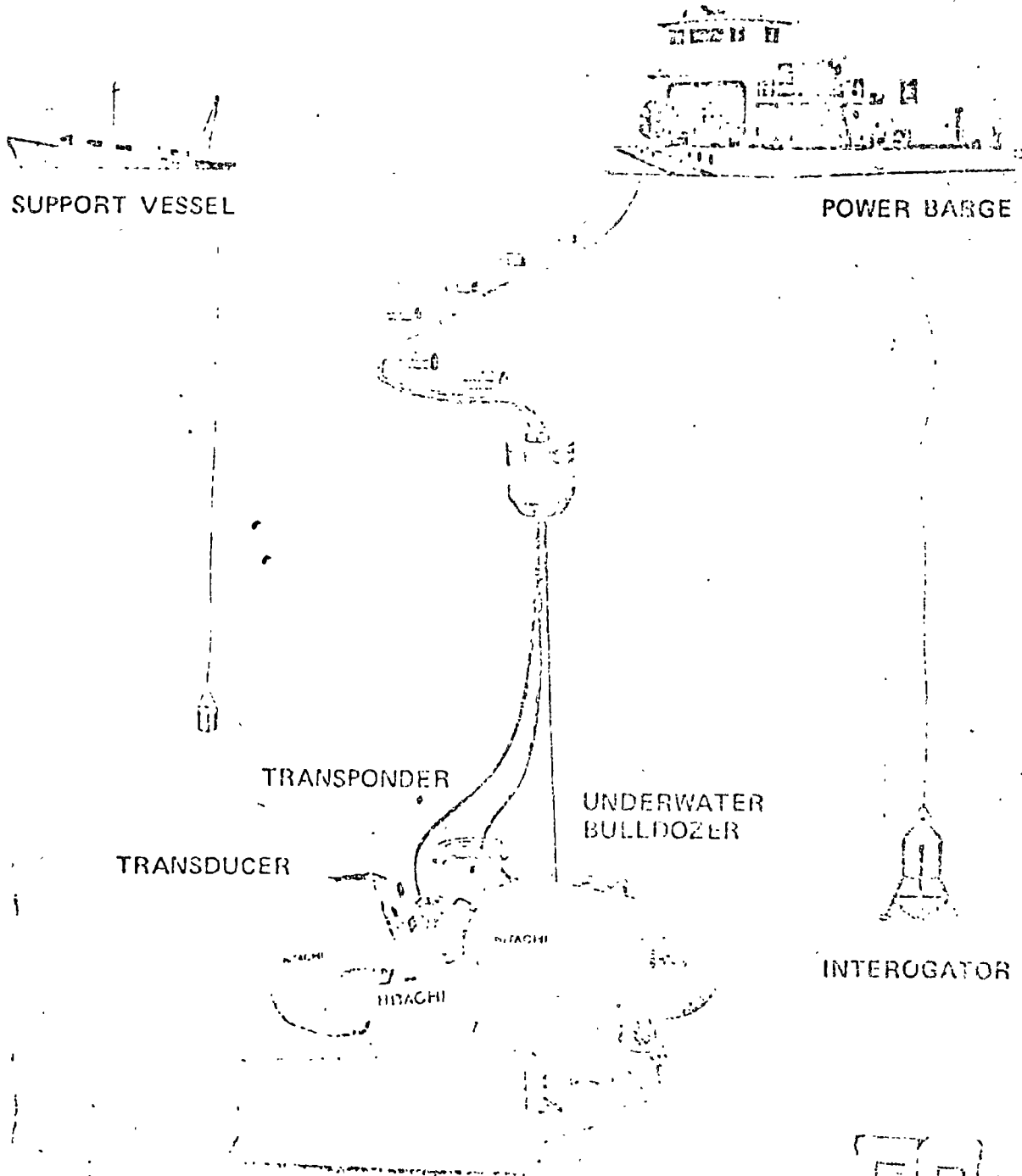
Para la nivelación de fondos marinos que servirán de desplante - de obras marítimas (escolleras, tanques submarinos de almacenamiento, etc) se han diseñado dos tipos de bulldozers: para aguas bajas (Ver. fig. 35).



EB

y submarinos (Ver fig. 36).

JH360 UNDERWATER BULLDOZER SYSTEM



Estos últimos pueden ser operados desde a bordo ó a control remoto. En Japón ya se encuentran trabajando ambos tipos en vías de experimentación, con resultados satisfactorios.

LA TABLA No. 1.- Muestra los costos comparativos para diferentes tipos de dragas y materiales.

LA TABLA No. 2.- Incluye todas las dragas estacionarias con sus principales características que operaron en el puerto de Kashima, Japón en el año de 1970.

EB

DRAGADO

- I.- Trabajos Previos al Dragado
- II.- Usos del material extraído.
- III.- Métodos para estabilizar los rellenos
- IV.- Generalidades sobre el dragado de los puertos Mexicanos.

I.- TRABAJOS PREVIOS AL DRAGADO.- No solo para la ejecución del dragado sino también para la adecuada selección del equipo, es necesario ejecutar ciertos trabajos previos. que pueden dividirse en:

- 1.- Muestreo del área por dragar.
- 2.- Elección de la zona de tiro.
- 3.- Construcción de bordos y vertederos en el área de tiro.
- 4.- Levantamiento batimétrico de la zona por dragar.
- 5.- Balizamiento de la misma.
- 6.- Tendido de la tubería flotante y terrestre.

1.- MUESTREO DEL AREA POR DRAGAR.- Cuando el lugar donde se van a ejecutar los trabajos nunca ha sido dragado ó se va a incrementar la profundidad en forma importante, es necesario muestrear el fondo a base de sondeos para conocer la estratigrafía y poder determinar la dureza de los materiales que se atacarán. En rigor y de acuerdo con la tabla No. 2, los precios de dragado varían con los equipos a usar y las características del material. Por

lo que es primordial el conocimiento del suelo para fines de contrato ó selección del equipo, así como para determinar los ángulos de reposo del material para el cálculo de los taludes.

2.- ELECCION DE LA ZONA DE TIRO.- Esto solamente es válido cuando el material extraído no se ha destinado para un propósito determinado, es decir, para el relleno de una zona específica.

Las zonas de tiro pueden ser:

- a) Bajo el agua
- b) En tierra

a) Bajo el agua.- En mar abierto sin mayor utilidad, donde el depósito del material no afecte la navegación o en los lugares predeterminados para efectuar un relleno.

b) En tierra.- Puede o no estar elegida la zona de descarga. Si se trata del último caso, se buscará que dicha área de ser posible, se encuentre lo más próximo a la zona por dragar lo que aumenta la eficiencia del dragado y disminuye la tubería de descarga necesaria.

Para esto se hará un reconocimiento topográfico de la zona, eligiendo la que de acuerdo con el volumen por dragar, esté disponible y sea la más adecuada, buscando que sea un área baja la que -

[E]B

se beneficie amén de lograr con esto una carga estática menor.

3.- CONSTRUCCION DE BORDOS Y VERTEDORES EN EL AREA.- Una vez determinada la zona habrá de protegerse mediante bordos para confinar el material.

Cuando se cuenta con áreas superiores a las necesarias, solo se protegerán las partes que eviten que el material regrese al agua o dañe zonas pobladas ó de cultivo.

Los bordos deberán ser si es posible, de material arcilloso tomado de préstamo del terreno para evitar al máximo el problema de tubificación, limpiando el área de desplante con tractores, pues si se construye sobre monte bajo, habrá hoquedades que propiciarán el rompimiento de los bordos.

El bordo será lo suficientemente ancho en su base para soportar el empuje del material de relleno con una cota que le permita tener como mínimo, 50 cm. de libre bordo después de terminado el relleno.

El ancho de la corona permitirá el tránsito de una persona que recorrerá los bordos permanentemente, vigilando el estado en que se encuentran.

Los bordos deberán ser bandeados con tractor para darles una mejor compactación.

E|B|

En las partes más bajas del terreno o en aquellas más distantes del punto de descarga, se construirán en el bordo, vertedores - que permitirán la salida del agua en que va suspendido el material, después de que éste se sedimente.

La razón de buscar la mayor distancia entre la descarga y el vertedor, es la de aumentar la longitud de recorrido de la mezcla - lo cual permite que el agua pierda velocidad propiciando la decantación del material. Si el vaso de captación de azolve es demasiado reducido, se construirán bordos interiores en forma semejante a los de un tanque decantador, con la misma función de aumentar la distancia de recorrido.

Cuando por el vertedor principia a pasar material en suspensión, indica que debe incrementarse la altura de aquel, lo cual se logra insertando tablones en las ranuras guía que se dejan expuesto en los lados de la estructura. El aumento oportuno de los tablones es importante para el control del depósito.

El agua excedente que se vierte fuera del vaso se enviará de regreso al mar, río etc., drenándola a través de canales construidos con este fin.

Es conveniente que la plantilla del vaso sea demontada retirando la yerba y el monte bajo, para evitar futuros asentamientos diferenciales.

[E] [B]

4.- LEVANTAMIENTOS BATIMETRICOS DE LA ZONA POR DRAGAR.- El primer levantamiento batimétrico servirá para conocer el estado actual del fondo así como para poder estimar el volumen teórico a dragar. Este plano llamado "plano antes de dragar", servirá conjuntamente con el "levantamiento después de dragar", para calcular los volúmenes en forma precisa. Por lo general, si los trabajos se llevan a cabo por contrato, los levantamientos se harán con la intervención del contratista, el contratante y una autoridad marítima local que certifique que el levantamiento tiene la precisión debida.

De acuerdo a lo que se especifique en el contrato, los levantamientos podrán hacerse uno solo al final del trabajo, o por etapas. Generalmente cuando el dragado es de magnitud importante y existe el peligro de depósito de material, se harán estimaciones parciales en base a planos levantados a lapsos regulares o de acuerdo a dragados parciales previamente establecidos.

Sin embargo, aún cuando se haya estipulado una sola estimación se harán levantamientos diarios, semanales etc., dependiendo del avance de los trabajos, para verificar si el dragado se ejecuta de acuerdo a lo planeado.

Para los levantamientos, se requerirá un equipo que registre la profundidad y otro que la sitúe.

Los aparatos para determinar la profundidad pueden ser ^(E)_(B) sim-

ples o complicados como lo requiera el trabajo.

El método más sencillo para conocer la profundidad, es utilizando un pedazo de plomo de forma de cono o pirámide truncada, llamado-escadallo unido a una cadena o cordón marcado con barbetes en - - pies o metros, llamado sonda o sondaleza.

El escadallo podrá ser de alta mar o de puerto, dependiendo de - la profundidad donde se sondee, siendo el de alta mar de mayor pe- so que el de puerto. Con este aparato simple es posible, hacer le- vantamientos de importancia; no obstante estos son lentos en su - ejecución con la desventaja de solo conocer la profundidad en el- punto sondado.

Se requiere el uso de una embarcación de remos o una lancha cuya- velocidad sea muy lenta, para permitir un mayor número de sondeos. Los puntos donde se obtenga la profundidad, se marcarán desde tie- rra mediante un teodolito a una señal dada desde la lancha, o con un sextante desde a bordo con respecto a marcas en tierra.

Generalmente para ejecutar los sondeos, estos se registran sobre- líneas o enfilaciones que facilitan el seccionamiento del área y- permiten hacer un trabajo más ordenado.

Se recomienda el sistema con sondaleza para trabajos de reconoci- miento rápido, para áreas pequeñas o en lugares próximos a muelles donde pudiera haber variación en el registro de profundidades con-

E 3) aparatos electrónicos mismos que se describirán más adelante.

El aparato más generalizado en la actualidad es la ecosonda, cuyo funcionamiento se basa en la emisión de un sonido dirigido, que toca el fondo y se refleja recibiendo la señal un transductor que lo envía a un registrador.

Las formas de registro de un ecosonda puede ser:

- a) De destello
- b) De gráfica
- c) Digital

a) De destello.- Es el equipo más liviano y portátil. El transductor recibe la señal y la pasa a una carátula circular en la cual se emite un destello, indicando la profundidad en la carátula graduada. Son útiles solo para reconocimiento, ya que son poco prácticas para trabajos formales, por carecer de registro permanente.

b) De Gráfica.- Pueden ser circulares o lineales. La señal recibida es registrada en un papel sensible dando una gráfica continua de la profundidad.

Este ecosonda se instala a bordo de una lancha de motor, mandando mediante un botón, un impulso a la gráfica haciendo una marca que coincide con la situación tomada por los topógrafos en tierra.

E/B

Se tomará la hora de inicio y terminación de cada sección sondeada, para fines de hacer la corrección por marea en cada punto marcado en tierra y reducir las profundidades a un plano fijo, que puede ser el nivel de marea baja media de sicigias.

c) Ecosonda Digital.- Es el equipo más moderno que existe, en la cual, las profundidades son registradas mediante una computadora en forma numérica, evitándose la interpretación de la gráfica. - Se usa en trabajos oceanográficos.

Para situar los puntos de los que se ha registrado la profundidad mediante sondaleza ó ecosonda, se utilizarán, dependiendo de la distancia a tierra, los dos métodos siguientes:

a) Métodos topográficos Convencionales

b) Utilizando el Shoran, Loran ó sistema Decca.

a) Métodos Topográficos Convencionales.- Estos dependerán del tipo de trabajo que se vaya a ejecutar pudiendo ser:

a.1) Marcaciones a ojo con objetos en tierra.- Se hacen secciones paralelas a la costa ó márgenes para reconocimientos preliminares con escandallo o ecosonda (Fig. 1)

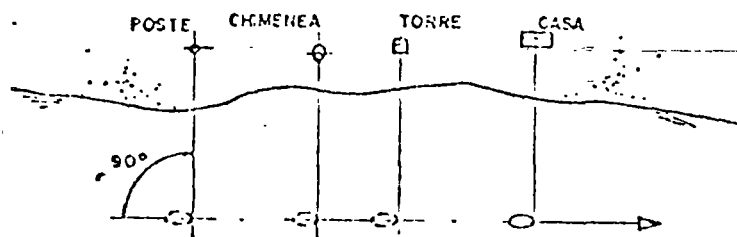


Fig. 1

[E] [B]

a.2) Con una enfilación y un aparato. - Si el lugar es protegido y no hay corriente, es fácil llevar enfilada una lancha sobre las marcaciones, utilizando un teodolito para tomar el ángulo entre la lancha donde va instalado el ecosonda y la línea de base.

(Fig. 2).

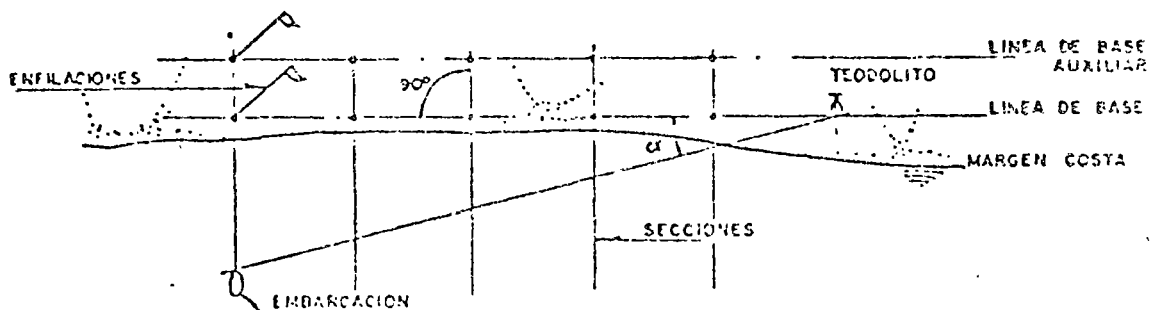


Fig. 2

En este método el aparato deberá colocarse en la línea de base, lo suficientemente retirado de la sección que se esté sondeando a fin de evitar lecturas erróneas.

En función de la longitud de la sección, de la irregularidad del fondo, de la importancia del trabajo y de la destreza del topógrafo, se podrán situar puntos a cada 10 ó 15 metros. Si el trabajo efectuado es con ecosonda y los puntos localizados no fueran suficientes, se pueden interpolar otros puntos, dando que se-

(E/B)

cuenta con una gráfica continua.

a.3) Con una enfilación y dos aparatos.- Si se requiere mayor precisión o no es posible mantener la embarcación completamente enfilada, se utilizan dos aparatos en tierra que a una señal, marcarán la lancha quedando situada la sonda por intersección de los ángulos con respecto a la línea de base. (Fig. 3).

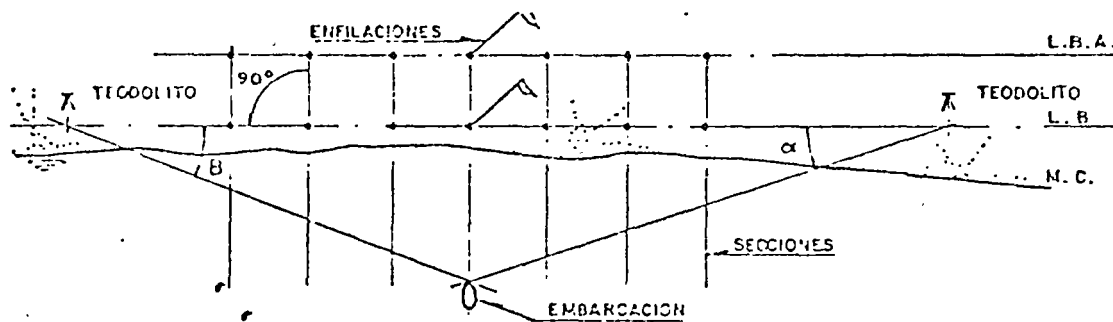


Fig. 3

Aunque algunas veces los puntos no queden sobre las enfilaciones- éstas son de gran utilidad para efectuar un levantamiento ordenado.

a.4) Enfilación y carrete.- Cuando se trata de áreas pequeñas - - (dársenas de muelle principalmente) se trabaja con enfilaciones y un carrete de alambre marcado a cada 5 ó 10 m.

[E] [B]

El carrete se lleva a bordo de la lancha y el extremo libre se deja en tierra en cada estación.

Llevando la lancha enfilada cada vez que pase una marca en el alambre, se le envía un impulso a la gráfica de la ecosonda o se bota la sondaleza. (Fig. 4)

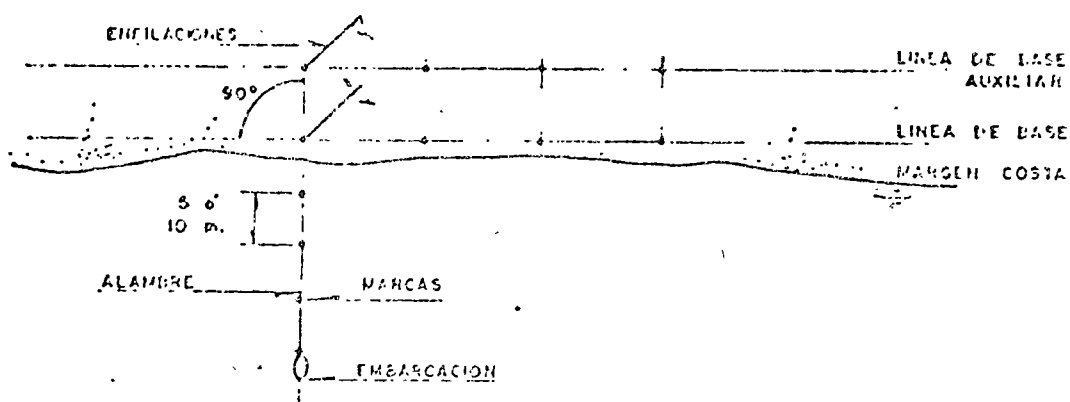


Fig. 4

a.5) Enfilación y sextante. - En este método solo se requiere tener en tierra señaleros pues el ángulo con respecto a las enfilaciones se toma desde a bordo. (Fig. 5)

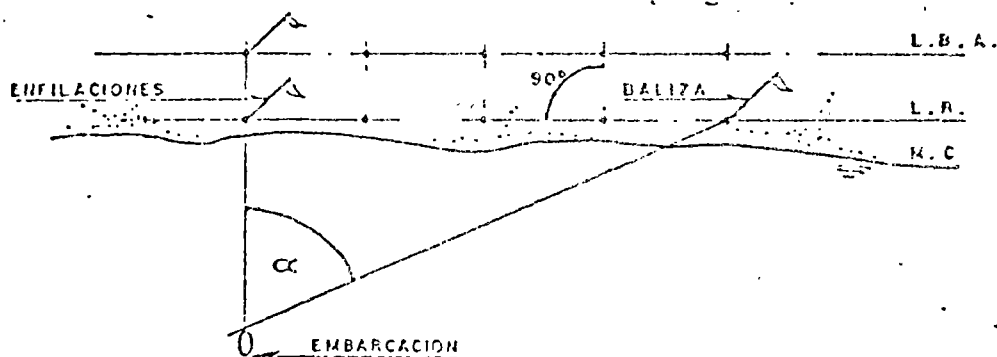


Fig. 5

[EB]

La separación de las secciones dependerá del trabajo que se ejecute pero normalmente, esta varía entre 20 y 100 metros.

b) Levantamientos con sistemas Shoran, Loran o Decca. - Fundamentalmente todos los equipos trabajan en base al mismo principio: - dos transmisores en puntos en tierra perfectamente definidos (estaciones esclavas) que emiten una señal de radio, situando el punto en alta mar por intersección.

Se utiliza este sistema para trabajos muy alejados de la costa, - no siempre aplicado para dragado. La mayoría de las veces para trabajos hidrográficos o para localización de estructuras mar adentro (plataforma de perforación, monoboyas etc.)

Su aplicación consiste en localizar con precisión boyas que limiten el área a levantar y, apoyándose en estas marcas, efectuar el levantamiento abordo de una embarcación con ecosonda mandándole impulsos al papel a intervalos regulares de tiempo. (Fig.6)

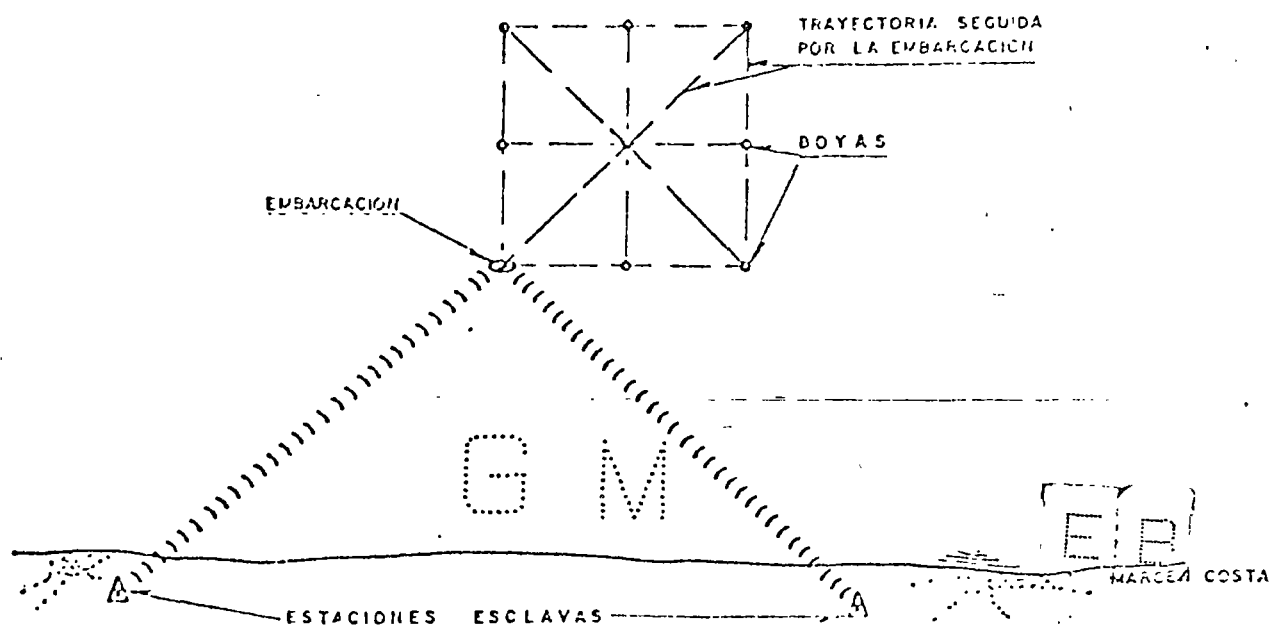


Fig.6

5.- BALIZAMIENTO DE LA ZONA POR DRAGAR.- Una vez levantado el plano batimétrico antes de dragar, elegido el lugar de descarga, construidos los bordos y tendida la tubería, se elige el lugar, donde se iniciará el dragado colocando para ello, las enfilaciones que permitirán a la draga operar en el lugar preciso.

Por ejemplo, si se trata de dragar un canal, se marcará el eje y los plafones del mismo delimitando así su plantilla, evitando dragados adicionales que originarán pérdidas para el contratista ya que los trabajos en exceso, (fuera de un cierto margen) generalmente no son pagados por el contratante. (Fig. 7)

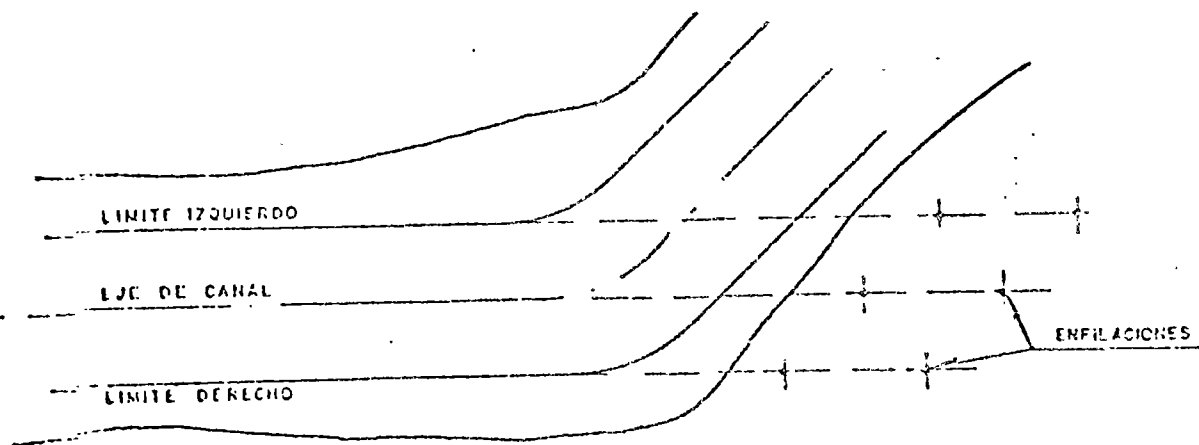


Fig. 7

[E]B]

Si la amplitud de corte de la draga alcanza para dragar todo el ancho del canal, hará un solo corte.

Si se trata de un canal más ancho o del dragado de una dársena se requerirá de varios cortes paralelos siempre a son de corriente pasando las enfilaciones al siguiente corte. (Fig. 8)

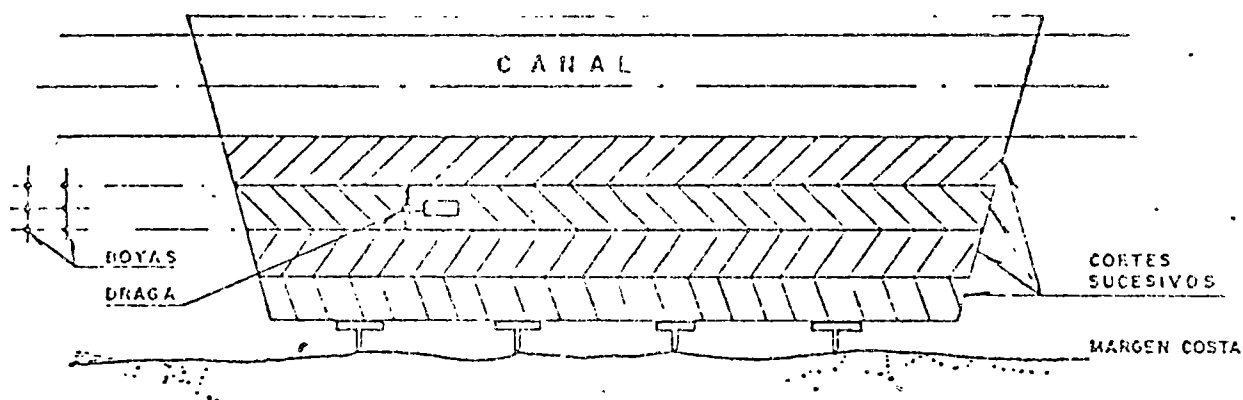


Fig. 8

Cuando se trata de dragas de autopropulsión, generalmente solo se marca el eje del corte.

En los demás tipos se marca el canal y los plafones.

[E] [B]

E 3

6.- TENDIDO DE LA TUBERIA FLOTANTE Y TERRESTRE.- Este concepto se circunscribe a aquellas dragas que requieren de éste medio de conducción para transportar el material. Tales equipos son: dragas - estacionarias o de autopropulsión con equipo adicional.

La tubería flotante se coloca sobre pontones. La unión de los tubos se lleva a cabo mediante juntas esféricas o tramos de manguera ambas formas, con el fin de darle flexibilidad a la línea.

La tubería terrestre se arma sobre el terreno apoyada en caballetes o trozos de madera para evitar que se sepulte con el material de relleno.

Los tubos generalmente de 6 metros de longitud, tienen uno de sus extremos troncocónico a fin de permitir enchufarlos unos con -- otros.

SISTEMA DE BONIFICACIONES.- Aunque a últimas fechas se han desarrollado aparatos que regulan la uniformidad del dragado (sobre todo con dragas estacionarias) tratando de evitar al máximo errores humanos, que dan como resultado la disminución de la eficiencia de los trabajos, estos equipos opcionales aún no tienen una amplia aplicación por lo que se puede decir que el éxito o fracaso económico del trabajo, está en manos del operador de la draga.

E 3

Por tanto, el sistema de bonificaciones al dragador en forma -- principal, así como el resto del personal tanto de abordo como -- de tierra por el dragado que excede a partir de un volumen tope, mantiene la buena disposición de la gente para el trabajo y rinde magníficos resultados al contratista.

II.- USOS DEL MATERIAL EXTRAIDO.- Los trabajos de dragado tienen dos cualidades: la de profundizar los lugares requeridos para la navegación y la de elevar terrenos bajos que en ese estado son:

Los rellenos como anteriormente se mencionó, no siempre se reali-
zan en áreas terrestres sino también mar adentro, trabajos que --
se conocen como reclamación de áreas o terrenos ganados al mar.

En un principio, se elegía el área de tiro con la sola caracte--
rística de que fuera bajo y próximo a la zona por dragar.

Posteriormente, se observó que el terreno se mejoraba notablen-
te al elevarse su cota quedando fertilizado, si el material depo-
sitado no era salobre, sirviendo para la agricultura, terrenos --
que antes no tenían ningún uso.

En vista de lo anterior muchos poblados ribereños y costeros, --
han visto beneficiadas sus zonas aledañas y la salubridad del --

[E]B]

E 3
ambiente que los rodea, al eliminarse por completo las zonas pantanosas que propician enfermedades tales como la tifoidea, paludismo, etc.

Sin embargo, existe otra utilización que rinde grandes beneficios económicos a corto plazo y es la creación de áreas industriales mediante rellenos.

Estos rellenos pueden ser sobreelevando el nivel de terrenos bajos o bien ganando áreas que anteriormente fueron mar.

Aunque se pueden citar muchos casos de áreas industriales alojadas en terrenos mejorados, para hacer más patentes los ejemplos, se mencionan los rellenos con motivo del dragado de los puertos de San Pedrito en Manzanillo, Col., Yukalpetén, Yuc., y Pajaritos, Ver. En este último se localiza el complejo industrial más importante del Sureste del País.

Los terrenos que circundaban la Laguna de Pajaritos, eran sumamente bajos y sin utilidad alguna; sin embargo, cuando se depositaron los primeros cinco millones de metros cúbicos se observaron las amplias posibilidades de los terrenos a los que se les había elevado el nivel, prácticamente sin costo adicional al necesario para el dragado del canal de acceso y la dársena de maniobras, - en comparación con el costo erogado para rellenar con material - de los cerros cercanos, una plataforma donde se construyó la pri

(E)B)

mera etapa del complejo.

No obstante, no siempre se cuenta para los rellenos con el material de dragado adecuado; puede ser que la zona dragada sea un manto grueso de arcilla que si bien es un magnífico cementante -- cuando se mezcla con arena, conchuela o grava, la arcilla sola no es el material más conveniente. Pero si el relleno se ve precisado a realizarse con el material existente, dá como resultado que aún pasado algún tiempo (a veces meses, según el espesor de la capa) -- no es posible caminar encima de él y mucho menos transitar equipos o intentar construcción alguna.

Hace algunas décadas, había que esperar que la consolidación del terreno se hiciera en forma natural drenándose el agua lentamente a través del terreno o por evaporación, lo cual tomaba demasiado tiempo con fuertes inversiones inactivas efectuadas en la adquisición de terrenos.

Por tanto se comenzaron a desarrollar técnicas de estabilización de suelos, las cuales permitieran la utilización de los terrenos en tiempos relativamente cortos.

III.- MÉTODOS PARA ESTABILIZAR LOS RELLENOS. -- Son dos los métodos principales para la estabilización de suelos arcillosos.

1.- Método mecánico

- a) Precarga simple (superficial y en sandwich)

(E/B)

- b) Con pilotes de arena y precarga
- c) Con papel de drenado y precarga

2.- Método químico

- a) Pilotes de carbonato de cal
- b) Carbonato de cal mezclado con la arcilla

1.- Método mecánico

a) Precarga simple:- Consiste en tender una capa de arena sobre el relleno arcilloso la que con su peso comprimirá a la arcilla haciendo que éste expulse el agua. Una vez logrado esto, la arena se retira del lugar o permanece con él, como compensación de la disminución de altura. La rapidez de estabilización de este método dependerá del espesor del relleno, del peso de la sobrecarga y de las facilidades que el terreno adyacente brinde para drenar el agua. (Fig. 9)

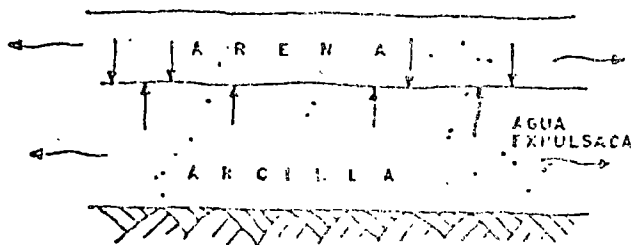


Fig. 9

[E]B

Este sistema tiene otra variante: la de alternar el relleno con material de dragado, y capas de arena (método del sandwich) traída de los cerros. (Fig. 10)

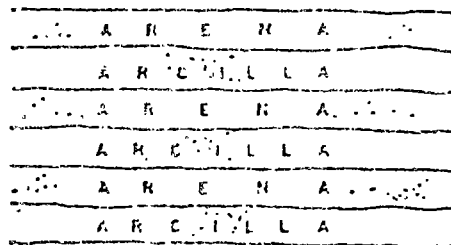


Fig. 10

b) Con pilotes de arena y precarga.- Este es una modificación del anterior que incluye un medio efectivo de drenar el agua.

El método consiste en hincar unos pilotes de arena a cada uno ó dos metros formando una cuadrícula con una profundidad de hincada equivalente al espesor del relleno arcilloso. El diámetro de los pilotes generalmente es de 40 cms. y la arena utilizada es gruesa.

Una vez hincados los pilotes de arena, se tiende una capa superficial de arena como precarga con cuya presión el agua contenida en la arcilla tenderá a subir por capilaridad a la superficie a través de los pilotes.

Este método como el anterior, puede aplicarse a la estabilización-

de suelos tanto arriba como abajo del agua. (Fig. 11)

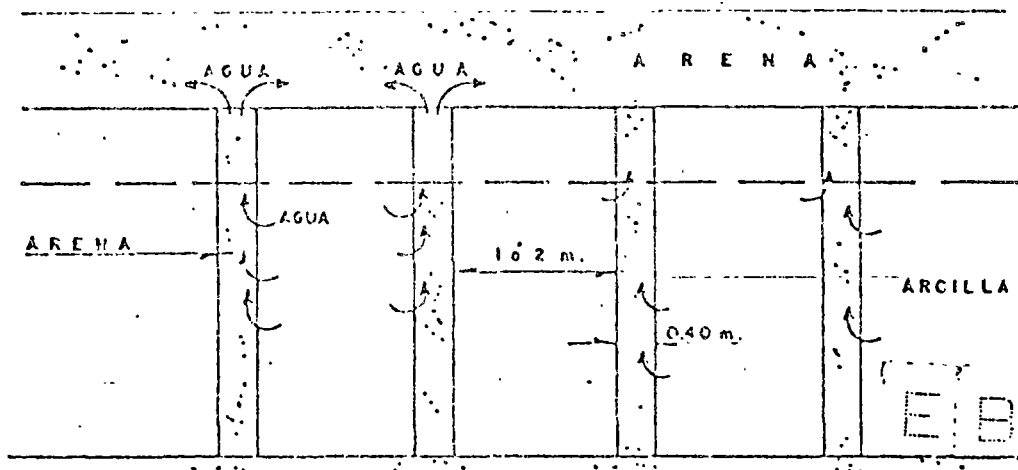


Fig. 11

c) Con papel de drenado y precarga.- El lugar de pilotes de arena, se hinca una tira de papel absorbente con la misma separación aproximadamente de los pilotes (1 ó 2) metros), que servirá de dren al agua que contiene la arcilla. Se usa una sobrecarga formada por una capa de arena. (Fig. 12)

(Fig. 12)

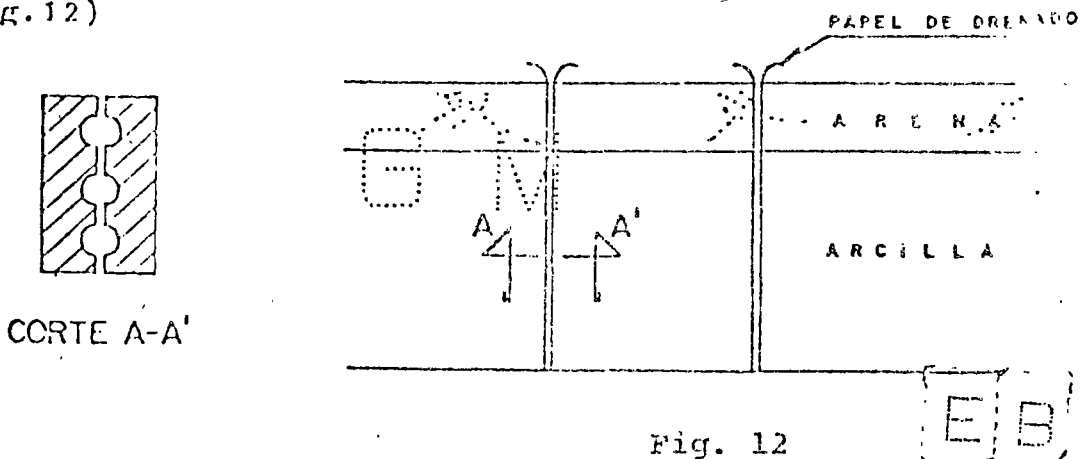
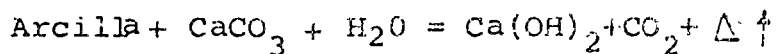


Fig. 12

2.- Métodos químicos.

a) Pilotes de carbonato de cal.- Aún en vías de experimentación, funciona a base de la reacción química que se genera al entrar el CaCO_3 en contacto con el agua, en la siguiente forma:



Se perfora con espaciamentos similares a los de los métodos anteriores y se llenan con CaCO_3 .

b) Carbonato de cal mezclado con la arcilla.- También aún en experimentación. En este método no solo se incluye la cal en las perforaciones sino que se mezcla con la arcilla adyacente, logrando la eliminación del agua y mejorando la resistencia del terreno.

A la fecha el método más económico y eficiente es el del papel de drenado.

Estos sistemas son costeables siempre y cuando el espesor del relleno arcilloso sea de 10 m. como mínimo.

Existen en muchos países del mundo áreas reclamadas; Estados Unidos, Holanda, Japón, etc., cuya utilidad puede ir desde la localización de refinerías, aeropuertos, hasta áreas portuarias comerciales.

{E}B

Se construyó una Isla artificial en el puerto de Kobe, Japón, cuyo costo fue de 389 millones de dólares habiéndose programado su terminación para 1975. Su área fue de 4.364 millones de m². destinada para la operación de 9 muelles de contenedores y 21 muelles de carga general con una profundidad de 12 m. lo cual arroja un volumen de relleno de 70 millones de metros cúbicos aproximadamente.

Estando en proyecto la construcción de otra Isla similar en el mismo puerto.

Como obras de dragado importantes mundialmente, se puede citar el Canal de Suez, el de Panamá y el de Corinto en Grecia.

IV.- GENERALIDADES SOBRE EL DRAGADO DE LOS PUERTOS MEXICANOS.-

El dragado de los puertos en México es efectuado, ya sea con equipo propio o de contratistas, por la Dirección General de Dragado, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes quien controla y aprueba las obras a ejecutar en las aguas mexicanas.

Los puertos mexicanos principales en la Costa del Golfo de México, en su mayoría se encuentran localizados en las vías fluviales por ser éstas las que en forma natural comunican centros de población y zonas de producción. Con el aprovechamiento del río y construyendo obras exteriores, así como con un dragado de poca importancia, se contaba con un lugar abrigado para construir

instalaciones portuarias mismas que en algunos casos se encuentran a una distancia considerable río arriba de la desembocadura. Tales es el caso de los puertos de Minatitlán 40 kms. aguas arriba en el río Coatzacoalcos y Tampico 14 kms. río arriba del Pánuco.

Esta solución generalizada en todo el mundo, aquí en México empezó a dejar sentir sus efectos negativos, al arribar embarcaciones de porte cada vez mayor que no sólo tuvieron problemas con el calado sino también con las dimensiones físicas de canales y dársenas.

Sirva de ejemplo en canal de navegación del río Coatzacoalcos hasta Minatitlán que por las características del torno de Paso Nuevo (de 180°), la eslora de los barcos que por él navegan, está limitada a 143 m., ya que embarcaciones mayores no alcanzan a librar, varándose indefectiblemente.

Visto desde éste punto de vista, el problema se reduciría a dragar los canales a la profundidad y ancho requeridos por los barcos; sin embargo, por ser puertos de ría, el río recibe de sus afluentes y através de todo su recorrido, una gran cantidad de aporte de sólidos que se depositan en los últimos kilómetros de su desembocadura debido, fundamentalmente, a la escasa pendiente de su lecho y a lo bajo de las márgenes, dando como resultado la disminución de la velocidad del agua y la sedimentación del azolve.

EB

EB

En la época de avenidas que se presente anualmente, pueden suceder dos fenómenos: si la velocidad de la corriente se mantiene constante y de cierta intensidad durante su período más o menos largo (una semana o algo así), su enorme caudal unido a la velocidad, tiene efectos positivos arrastrando la corriente los sólidos depositados con anterioridad, profundizando el río considerablemente; pero si la velocidad tiene un valor máximo y decrece con rapidez, el resultado es un depósito que puede llegar a disminuir la profundidad en uno ó dos metros en sólo unos días, volumen que para retirarlo mediante dragado, toma varias semanas y en algunas ocasiones meses, dependiendo de la cantidad de material depositado.

Si al dragado permanente de mantenimiento de los puertos fluviales, se agrega el de emergencia y los dragados de obra, la situación se torna realmente crítica y a veces con resultados catastróficos para aquellos barcos de itinerario fijo que se ven obligados a disminuir notablemente su calado y con ello su capacidad de carga, haciendo sus travesías con flete muerto lo que resulta a todas luces incosteable para el armador, viéndose obligado a elevar las tarifas o a evitar la escala en ese puerto.

Aunque la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a últimas fechas ha puesto especial atención al problema del dragado de los puertos, adquiriendo varias dragas de autopropulsión sumamente modernos para subs

EB

tituir equipos ya ineficientes, son muchos los puertos que tiene que atender en los aspectos de mantenimiento y de dragado de obra, siendo pocos los que su calado oficial sobrepasa los 10 metros, en algunos casos referidos a la pleamar del día.

Si bien esto nos deja a la zaga con respecto a otros puertos-
extranjeros (que los hay con condiciones más desfavorables) -
si pone en desventaja competitiva a nuestra flota mercante en
cuanto a flota se refiere, los cuales serán menos redituables -
comparados con las que tienen barcos de mayor porte para el mis-
mo tipo de producto, así como para nuestras exportaciones que no
se realizan con tarifas bajas y con las cualidades del transporte-
moderno.

Citemos el ejemplo del transporte mediante contenedores que tan-
ta difusión tiene en el mundo por su eficiente servicio y que en
México se lleva a cabo en solo un puerto con embarcaciones cu-
ya capacidad está muy por abajo del barco contenedor media actual,
que transporta entre 400 y 700 cajas.

Como éste, pueden mencionarse los casos de barcos graneleros, mi-
neraleros, petroleros, etc.

Una solución acertada y que ya se ha puesto en práctica aquí en
México, que en un país con escasos recursos económicos, es la de
aprovechar parte de las obras de infraestructura de los puertos-
existentes (por ejemplo) y construir puertos arri

ETB
ba o internos lo más próximo posible a la bocana minimizando los trabajos de dragado de mantenimiento. Este es el caso del puerto de Pajaritos en la margen derecha del río Coatzacoalcos, ya en operación y el que se planea construir en la margen derecha del río Pánuco aguas abajo del canal de Chijol.

Quizá también el puerto de Tuxpam, por ser la terminal marítima actual más próxima a la Capital de la República (100 kms. más cerca que Veracruz), se habilite bajo la misma solución.

MGV/ias

EB

BIBLIOGRAFIA

- * Ingeniería Marítima Ing.R.Bustamante y Coautores
- * Dredging of Harbours and Rivers. E.C. Shankland
- * American of Civil Engineer Prac
tice. Abbett
- * Enciclopedia Británica
- * Existing and Proposed ore Lift-
ing Devices of Ocean Mining. M.G. Krutein
- * Ocean Industry Agosto 1970
- * The JG360 underwater Bulldozer. Hitachi Ltd. Sept. 1971
- * Drag Suction Dredger C.H.I.
- * Watanabe Steel Works Ltd. Publication anual
- * Dredgers of Japan (1965) The Japan Dredgers Technical
Society.
- * Diversas publicaciones del Ins-
tituto de Investigación de Puer-
tos y Bahías. Japón
- * Proceedings of Wodcon. World Dredging Conference.
- * Port Engineering. Per Bruun.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

" INSTALACIONES PETROLERAS "

ING. MARIO R. DE LA GALA.

Septiembre ,1978.

INSTALACIONES PETROLERAS

Este tipo de instalaciones es a la fecha el que más evolución ha tenido por la demanda mundial cada vez mayor de hidrocarburos y productos petroquímicos, ya que los pasos por los estrechos de Panamá y Suez limitante el primero por sus dimensiones físicas y el segundo obstruido en una época, obligaron a efectuar una revisión de los costos de transporte contra el tonelaje de las embarcaciones de hace veinte años, encontrándose que doblando los cabos de Hornos y Buena Esperanza, resultaban incosteables los fletes por las distancias tan considerables por recorrer desde las zonas de producción generalmente muy alejadas de los centros principales de consumo, con embarcaciones relativamente pequeñas.

Fué así como los grandes consorcios petroleros iniciaron los estudios tendientes a incrementar el porte de las embarcaciones de tal forma de abatir los costos, habiendo llegado paulatinamente a barcos de 100 000 TPM creyendo que el límite máximo serían las 200 000 TPM. Sin embargo, este tipo de embarcaciones tuvo problemas en un principio, propiciándose accidentes principalmente de quebrantamiento, ocasionando contaminaciones no solo del lugar del siniestro sino también de amplias zonas, debido a las corrientes oceánicas que transportaban los derrames a grandes distancias dañando la ecología, con el consiguiente desequilibrio de ésta.

Después de estudios en modelos y prototipos, se encontró que la relación entre vibraciones producidas por la máquina del barco y la eslora, propiciaban efectos que fatigaban el material estructural del barco propiciando su quebranto.

Solucionado este problema y deseando los armadores abatir al máximo los costos de transporte ya que estos crecen en una proporción menor que sus incrementos en capacidad, se inició la construcción en 1966 de barcos de 150 000 (Tokyo Maru de 153 687 TPM) y - - - 200 000 (Idemitsu Maru de 209 000 TPM), en 1973 de 300 000 (Universe Ireland de 326 000 TPM) y 500 000 (Globtik Tokyo de 483 664-TPM), sin que este último sea la capacidad límite prevista ya que existe el proyecto para fines del presente año, de poner en servicio un buque tanque de 707 000 TPM y el de un millón de toneladas de peso muerto, ya se encuentra en proyecto.

Como una justificación económica de la razón del aumento en tamaño de los barcos petroleros, es el ejemplo de una ruta tomada al azar (del Medio Oriente a Japón) con buques tanque de 48 000, 102 000, - 153 000, 209 000 y 326 000 TPM.

Si se considera como unidad el precio por barril transportado en el barco de 48 000 TPM, los demás tendrían el costo mostrado en el siguiente cuadro:

[E] [B]

<u>T. P. M.</u>	<u>COSTO POR BARRIL</u>
48 200	1.0
102 000	0.672
153 000	0.562
209 000	0.485
326 000	0.457

Valores que por sí solos explican el por qué del incremento en tamaño de los buques tanque.

Ante este desenfrenado deseo de incrementar el porte de las embarcaciones que se inicio en 1959 con la construcción de los barcos - superiores a las 100 000 TPM pensando solo en abatir los costos de transporte sin detenerse a meditar en el daño que pudieran ocasionar a la vida marina, los puertos principalmente de recibo de productos tanto en Asia como Europa, se dieron a la tarea de adecuar sus puertos existentes para poder recibir a estas embarcaciones, - no previstas aún dentro de las planeaciones portuarias más futuristas.

Sin embargo, en vista de que la construcción de un barco de los -- portes mencionados toma del orden de 12 meses para su botadura, -- tiempo varias veces menor que el necesario para efectuar los trabajos tendientes a construir las instalaciones portuarias y profundización de los canales y dársenas adecuadas, ha sido necesario que las autoridades portuarias y las compañías directamente interé--

das se aboquen a la investigación de sistemas en los cuales el --
puerto no fuera imprescindible para la operación de estos verdader
ros gigantes del mar.

Así, se ha caído en soluciones de instalaciones mar adentro, algun
nas de ellas que recuerdan a las utilizadas hace 50 años ó más.

Para seguir un orden cronológico, las instalaciones petroleras --
pueden dividirse en:

1. Portuarias
2. Mar adentro

INSTALACIONES PETROLERAS PORTUARIAS..- Son aquellas localizadas com
mo su nombre lo indica, dentro de la protección del puerto mismo.
Estas a su vez, por su tipo pueden dividirse en:

Tipo "T"

Tipo "L"

Tipo "Marginal"

Tipo "Espigón" (perpendicular a la línea -
de costa ó margen o esviajad
do).

[EB]

Por ser los barcos petroleros los de mayor porte navegando actualmente, por razones de seguridad y de economía, se deberán localizar sus instalaciones de atraque lo más próximo a la entrada del puerto, ya que en caso de un siniestro, es más fácil que el barco se aleje del puerto sin causar mayores daños al resto de las instalaciones.

En cuanto a la economía, es obvio que estando los muelles más cercanos a la bocana menor será el volumen necesario a dragar.

MUELLE EN "T"

Este muelle puede considerarse como el pionero de los muelles petroleros en los puertos bien sean de mar o fluviales, fundamentalmente porque estas obras fueron construídas en sus inicios por -- las propias compañías explotadoras del petróleo en países ajenos, en donde más les interesaba la extracción desmedida en el menor -- tiempo posible, que efectuar obras que reportaran beneficios duraderos al país propietario del petróleo.

Así, se encuentra que para evitar dragados, se llevaba la plataforma de operación del muelle hasta encontrar la profundidad natural necesaria, comunicándola con una pasarela hasta tierra en la-

{E/B}

cual se colocaban las tuberías y servía para el tránsito de peatones y vehículos.

Este muelle tiene la particularidad por ser generalmente paralelo a la margen del río o costa, de ocupar un espacio de éstas igual a la eslora del barco mayor que se espera recibir, más un margen de seguridad a proa y popa, con respecto a las instalaciones adyacentes.

En las figuras (1), (2), (3), (4) y (5) se muestran algunos ejemplos de muelles "T".

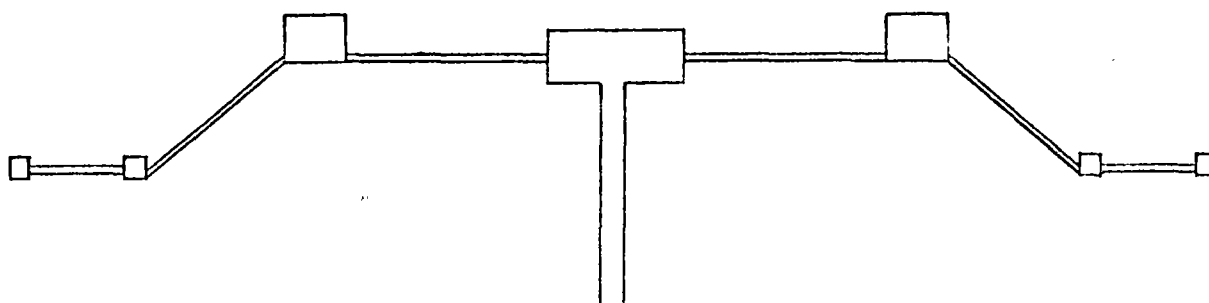


Fig. 1

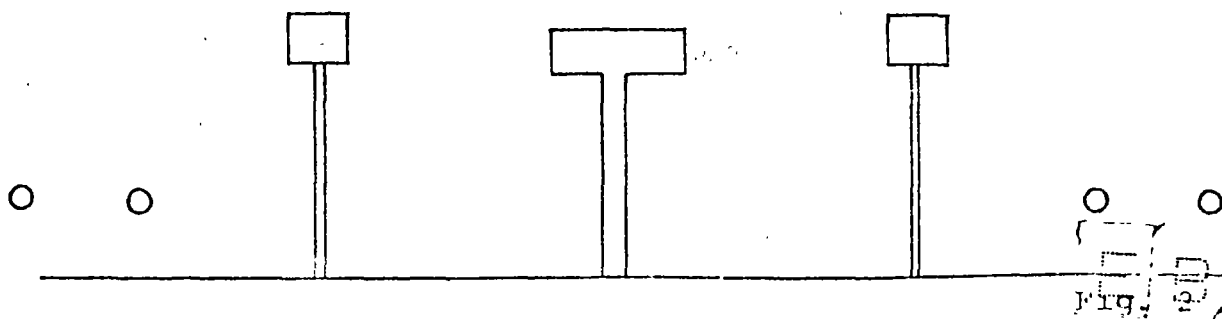
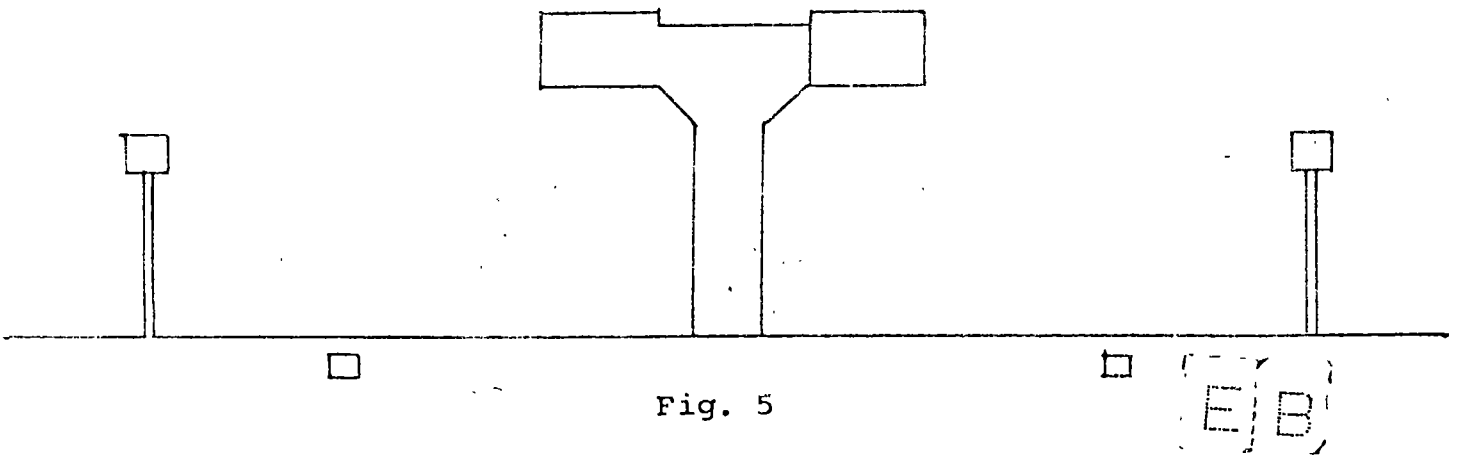
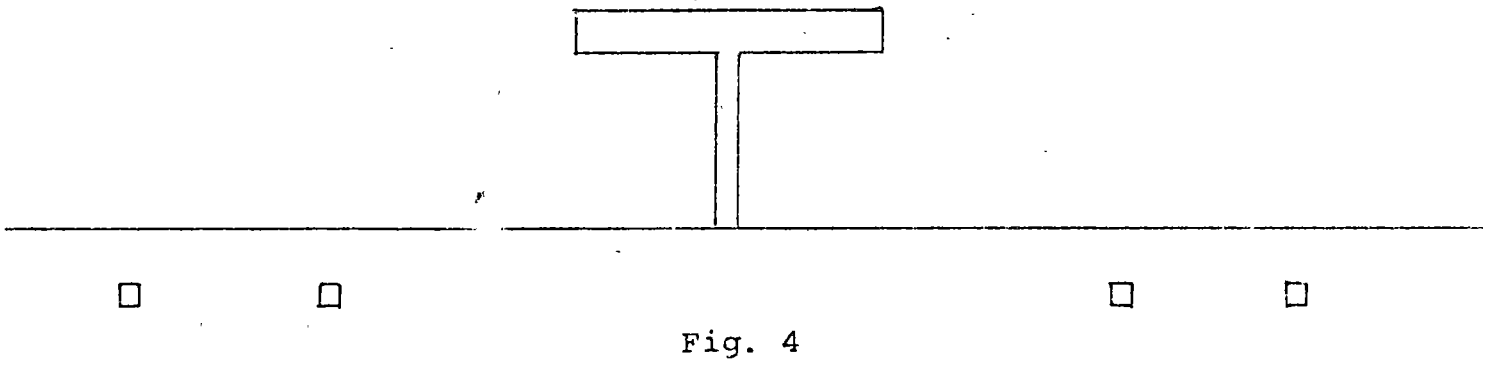
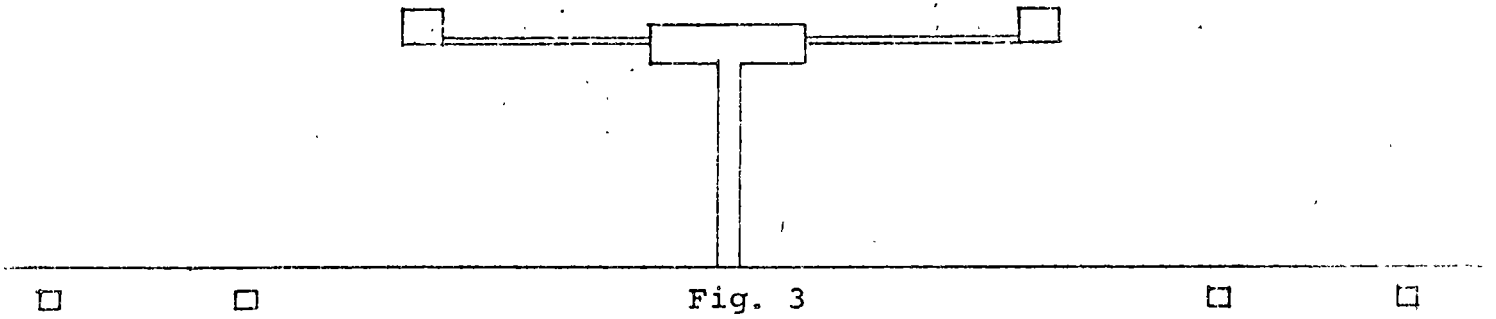


Fig. 2



MUELLE EN "L"

Este tipo es una variante del muelle en "T" con el mismo criterio - de operación con la diferencia de que la pasarela de comunicación - en lugar de localizarse al centro de la plataforma de operación se - sitúa en uno de sus extremos. Ver figuras (6) y (7).

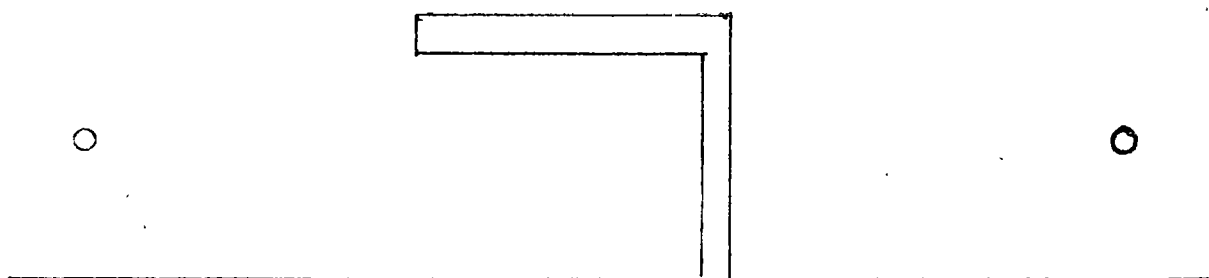


Fig. 6

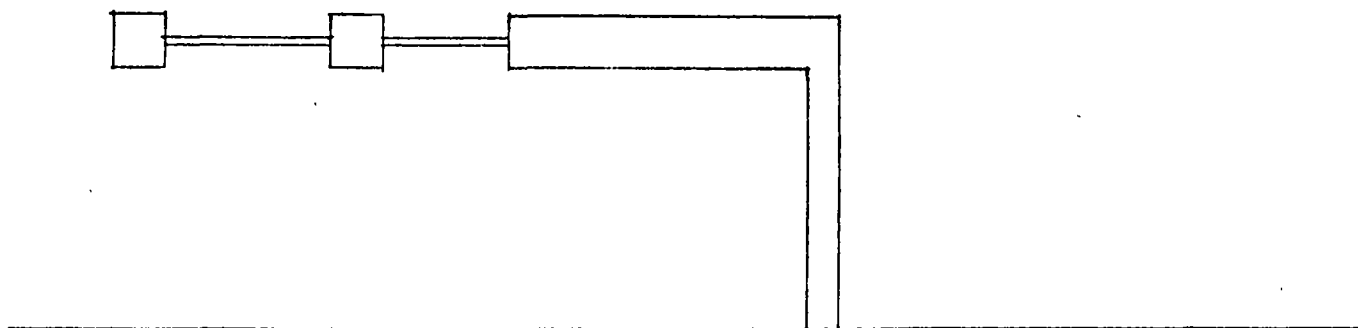


Fig. 7

MUELLE MARGINAL

Como su nombre lo indica, su construcción es paralela a la costa o margen muy próxima a éstas. Generalmente se hacen continuos para - el atraque de varias embarcaciones simultáneas.

ofrece la ventaja de poder transitar por él facilitando el amarre de los cabos del barco. Sin embargo, su longitud es equivalente a la eslora del barco más una longitud adicional a proa y a popa como margen de seguridad con las embarcaciones adyacentes. Ver Fig.

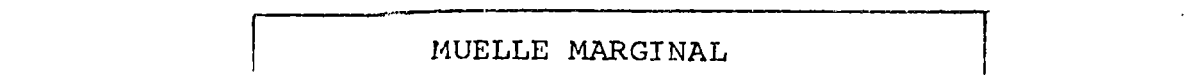


Fig. 8

MUELLE EN ESPIGON

Estos pueden ser perpendiculares o esviados con respecto a la margen del río o costa.

Los buques tanque, son embarcaciones cuya carga es distribuida a los compartimentos mediante una red de tuberías a bordo sin que sea necesario mover el barco para llenarlo en su capacidad total como sucede con otro tipo de barcos ó que los equipos terrestres requieran sufrir desplazamientos para tal fin, ya que a bordo exis

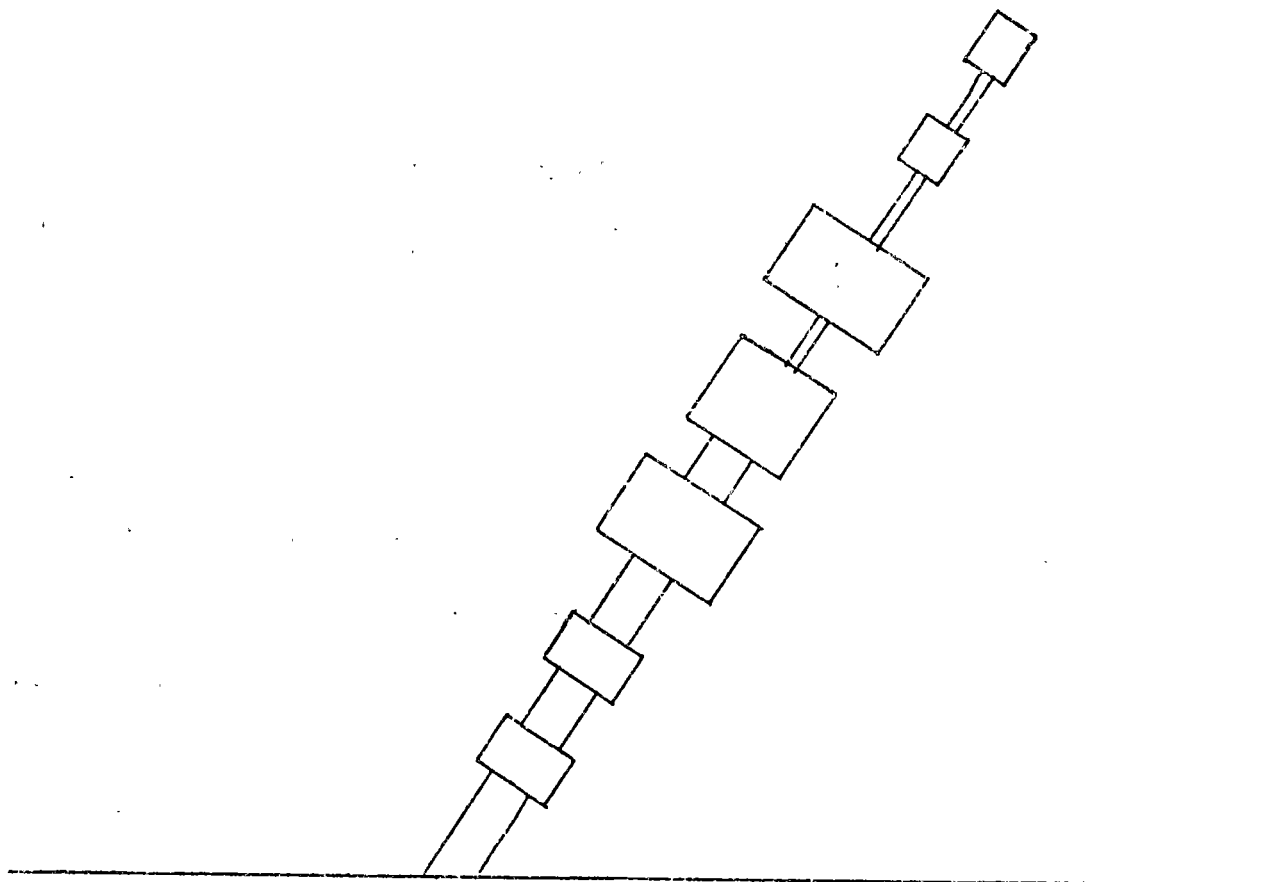


Fig. 10

Cuando la localización de la instalación portuaria así lo permite, el muelle en espigón es el tipo más adecuado por los siguientes -- motivos principales:

- 1) Menor ocupación de margen o dicho en otras palabras, ocupación de la margen con mayor eficiencia.
 - 2) Mayor economía en construcción.
 - 3) Mejor control de las áreas de operación.
- 1) Ocupación de la margen con mayor eficiencia.

Esto es obvio ya que al quedar perpendiculares los muelles a la --

margen ó costa, prácticamente donde opera un barco en un muelle - marginal es factible el atraque de cuatro barcos del mismo porte.

2) Mayor economía en construcción.

Si se considera que un muelle en "T" tiene los mismos componentes que un muelle en espigón solo que dispuestos en otra forma, se observa que mientras en un muelle en "T", atraca un solo barco, en el muelle en espigón lo hacen dos simultáneamente.

3) Mayor control de las áreas de operación.

Esto es resultado de la concentración de las instalaciones en una menor longitud de margen o costa, reduciéndose la vialidad, vigilancia y demás servicios terrestres, principalmente tuberías de producto.

Como se puede observar, cada tipo de muelle cumple con su cometido según las condiciones del lugar donde se localice pues aunque alguno de ellos puede ser más eficiente que otro, existen ciertas limitaciones que no permiten el uso del muelle en espigón que resulta ser el más adecuado según se mencionó en párrafo anterior.

Estas limitaciones principales pueden ser:

1. Vientos reinantes
2. Dimensiones físicas del puerto

3. Corrientes acuáticas
4. Resonancia del vaso portuario
5. Vida útil de la instalación

1. Vientos reinantes.

Lo ideal para un muelle en espigón es que los vientos reinantes sean en el sentido de su eje longitudinal, lo que algunas veces no es posible lograrlo por la planeación misma del puerto.

2. Dimensiones físicas del puerto.

Esto es común en aquellos puertos fluviales cuya ría es de poca anchura. No obstante esta limitación podría superarse dragando hacia adentro de alguna de las márgenes; sin embargo, la ampliación del área hidráulica traería como resultado la disminución de la velocidad del agua y consecuentemente el depósito de azolve.

3 Corrientes acuáticas.

Aún en rías de suficiente anchura, con dirección de vientos en la condición ideal, puede existir el problema de fuertes velocidades de corriente que dificulten las maniobras de atraque y desatraque.

4. Resonancia del vaso portuario.

Cuando se presenta este caso, se deberá buscar la orientación más adecuada que contenga la resultante de los parámetros anteriores-- así como el de la resonancia que podría estar produciendo constantes movimientos de acercamiento y alejamiento del barco al muelle con los consiguientes perjuicios para la estructura del muelle y los equipos instalados y por que no, de la embarcación misma.

5. Vida útil de la instalación.

Este aspecto también puede definir en cierta forma el tipo de muelle a construir.

En cuanto a los materiales que se utilicen, dependerán de las siguientes condiciones:

1. Tiempo disponible para ponerlo en operación.
2. Dimensiones propias del muelle.
3. Disponibilidad de materiales
4. Condiciones ambientales.

1. Tiempo disponible para ponerlo en operación.

Cuando la instalación se requiere con urgencia habrá que pensar en utilizar los materiales existentes en el área. Una solución muy --

común en el caso de muelles petroleros, es la de utilizar tubería (generalmente de recuperación) con la cual la fabricación de pilotes es sumamente rápida. Asimismo, por estar sometidos estos muelles principalmente a cargas horizontales, la tubería es también una buena solución para la fabricación de la superestructura incluyendo los elementos que le proporcionan la rigidez adecuada.

2. Dimensiones propias del muelle.

Si por el porte de las embarcaciones que atraquen al muelle se requieren elementos de cimentación muy robustos y dependiendo del tipo de suelo, pueden utilizarse pilotes de acero ó pilotes huecos de concreto, ambos de gran diámetro .

Sin embargo, siempre existe una relación directa entre el porte de la embarcación y la profundidad del agua e hincas de los pilotes donde se desplante la obra. Por tal motivo y por la facilidad de fabricación y manejo los pilotes de tubería de acero, son los más recomendables, para muelles que reciban embarcaciones de porte mayor.

Es evidente que al proyectar una instalación portuaria petrolera no es solamente ésta en sí, sino que debe de tomarse en cuenta para fines de la planeación terrestre, la necesidad de contar con -

las áreas suficientes para la localización de tanques de almacenamiento bien sea para recibo de los productos o para la expedición de estos por vía marítima.

Dependiendo del área de influencia que esta terminal de almacenamiento tenga, serán las dimensiones de los terrenos necesarios.

En algunos países altamente industrializados, no solo consideran las áreas para los patios de tanques sino también los espacios necesarios para la erección de refinerías desde donde parten los productos elaborados.

Para la localización de estas áreas terrestres, se sigue el mismo criterio seguido para los muelles: es decir, alejados del puerto comercial y en lo posible, lo más próximo a los muelles para disminuir los tiempos necesarios de operación de los barcos.

Cuando se trata de puertos prácticamente saturados de instalaciones y cuyas posibilidades de expansión son nulas o carecerían de las reglamentaciones de seguridad para los grandes supertanques, se opta por construir terminales ó puertos petroleros independientes de los antiguos puertos convencionales.

Sin embargo, por lo cuantioso de las inversiones y el tiempo que -

estas requieren para su construcción, no es común encontrar muchos de estos puertos que den cabida a barcos que exceden al tonelaje - del orden de 250 000 TPM.

INSTALACIONES PETROLERAS MAR ADENTRO

Aunque es indiscutible que para condiciones normales el puerto es sinónimo de abrigo seguro para los barcos como se mencionó al principio de este capítulo, los barcos han rebasado con creces el tonelaje de 250 000 TPM causando problemas operativos principalmente - en los lugares de destino del petróleo crudo principalmente.

Como quiera que en algunos casos no es posible someter al puerto a sucesivas modificaciones ya sea por limitaciones físicas ó económicas, se ha tenido que recurrir a instalaciones que para la descarga de los barcos no dependan del abrigo del puerto para su operación.

Desde luego es deseable que exista alguna protección natural lo -- que asegurará un porcentaje mayor de días aprovechables.

Las instalaciones petroleras mar adentro pueden dividirse en dos grupos principales:

1. Flotantes
2. Fijas

1. Instalaciones flotantes.

- a) Fondeadero
- b) Amarradero convencional
- c) Monoboya con sistema de fijación con cadenas en catenaria.
- d) Monoboya con sistema de fijación con un solo ramal de cadena.
- e) Monoboya con sistema de fijación con brazo rígido.

2. Instalaciones fijas.

- a) Torre para amarre de buques tanque
- b) Muelles Isla

Instalaciones flotantes.

- 1.a) La forma más elemental para alijar o cargar un barco petrolero es al ancla lo cual sucede cuando no se cuenta con las instalaciones portuarias adecuadas o porque no existe suficiente profundidad para que en forma económica se aproxime a la costa. Tal cosa sucede actualmente para abastecer Lerma, Camp., - fondeando el barco alejado de la costa donde haya profundidad suficiente para operar con seguridad y mediante chalanes de poco calado se alija el barco llevando el producto a tierra.

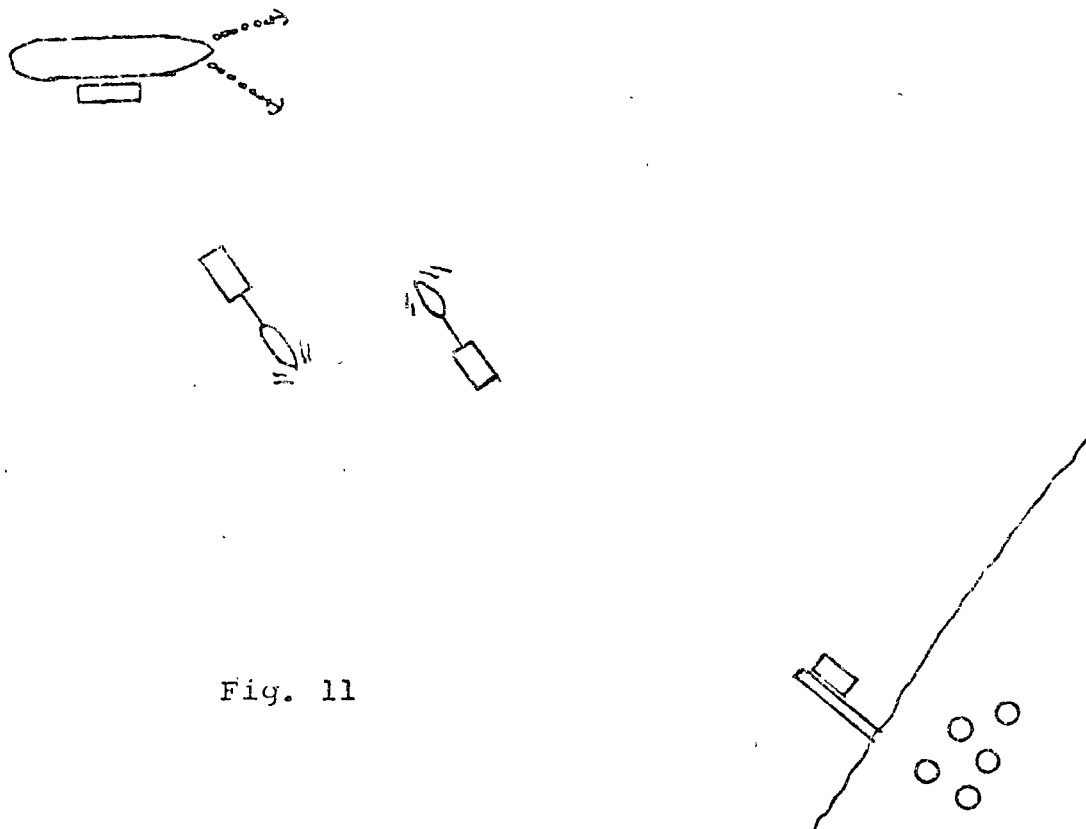


Fig. 11

1.b) Amarradero convencional ó SPM (Spread Point Mooring).

Posiblemente esta instalación haya sido la primera que se ideó como solución de operación más o menos continua para evitar el uso de un puerto o por la carencia de éste.

Consiste fundamentalmente en un número de boyas de amarre (4,5 ó 6) convenientemente distribuidas para recibir los cables de amarre del barco que lo tienden a mantener en una posición sensiblemente fija, una o varias tuberías submarinas de producto que van desde los tanques de almacenamiento en tierra hasta el centro de gravedad del conjunto de las boyas.

En este extremo, se conectan varios tramos de manguera de hule que permitirán los movimientos relativos propios de la em

barcación debido a la influencia de los elementos naturales.

En el extremo libre de las líneas de mangueras, irán unos boyarines que identificarán por su forma ó color, el tipo de producto que cada tubería conduce y servirán también para izar las mangueras a bordo y conectarlas a las tomas del barco procediéndose a la carga ó descarga del buque. En la fig. (12) se muestra en forma esquemática un amarradero convencional.

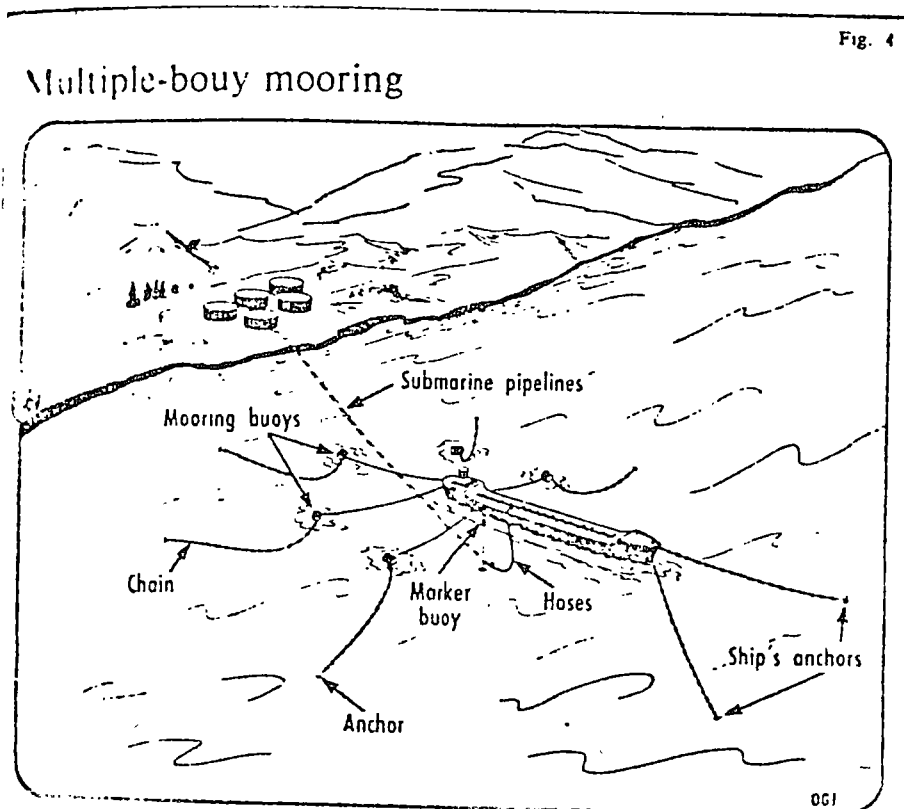


Fig. 12

Con este sistema simplista y hasta cierto punto económico (si las profundidades necesarias están próximas a la costa), los costos por concepto de dragado no existen porque las líneas se prolongarán mar adentro tanto como se requiera.

No obstante, adolece de serios inconvenientes debidos a que como se mencionó anteriormente, este tipo de instalaciones generalmente tienen una protección natural precaria quedando expuestas a las condiciones naturales del lugar, como son: el oleaje, las corrientes, viento y mareas.

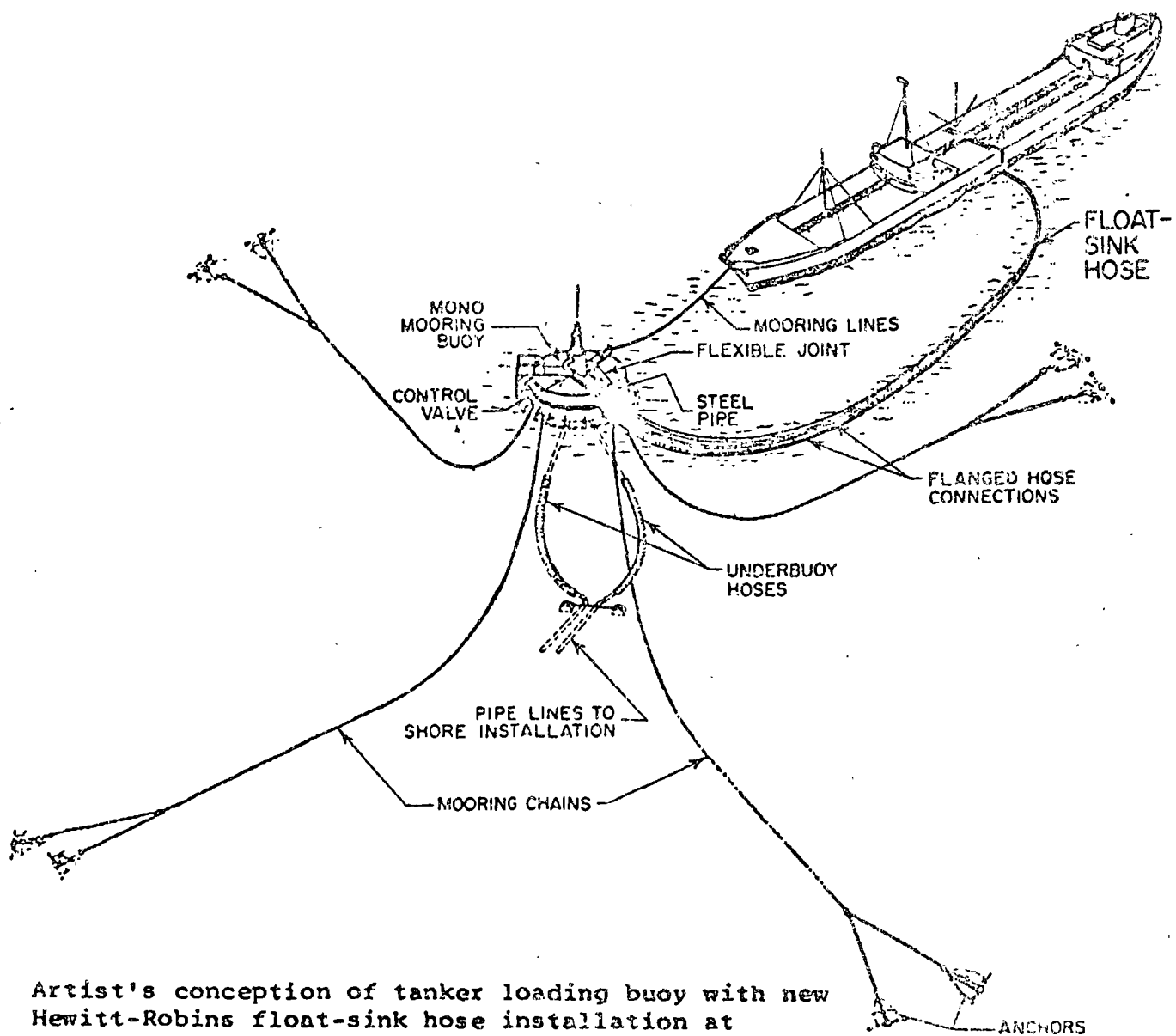
Si bien el barco se amarra en dirección de la resultante de los elementos antes dichos, estos pueden cambiar sorpresivamente de dirección, principalmente el viento y el oleaje, incidiendo estos sobre el costado del barco obligando a la embarcación a largar el amarradero y si el tiempo lo permite, enmendar la maniobra, amarrándose en una nueva posición más favorable. Lo anterior puede tomar de 4 a 5 horas, pero si el oleaje y el viento son tales que esta operación no pueda realizarse, el barco deberá fondearse a esperar a que mejore el tiempo con las consiguientes pérdidas que se derivan de una operación intermitente.

1.c) Monoboya con sistema de fijación con cadenas en catenaria.

Observando los inconvenientes que tiene un amarradero con--

vencional de boyas múltiples debido a las maniobras que hay que realizar cuando existen cambios en las condiciones meteorológicas locales, varios laboratorios de investigación hidráulica marítima se dieron a la tarea de encontrar algún sistema, que permitiera al barco seguir operando aún cuando las condiciones variaran en intensidad y dirección.

Así, hace aproximadamente 15 años salió al mercado una boya a la cual el barco podría amarrarse y girar en ambos sentidos 360° alrededor de ella, según las condiciones del tiempo, dando como resultado la monoboya conocida como CALM (Catenary Anchor Leg Mooring). Ver fig. (13).



Artist's conception of tanker loading buoy with new Hewitt-Robins float-sink hose installation at Koshiba, Japan.

Fig. 13

Las partes fundamentales de esta monoboya son:

1. Tubería submarina
2. Múltiple submarino
3. Mangueras submarinas
4. Casco de la monoboya
5. Múltiple de distribución de productos a bordo de la monoboya.
6. Brazo de operación
7. Brazo de amarre
8. Brazo de contrapeso
9. Cabos de amarre
10. Mangueras flotantes
11. Cadenas de fijación
12. Anclas o pilotes para fondeo de la boya.

l.c.1.- Tubería submarina. - Es la tendida en el lecho marino desde la playa hasta el lugar donde se localice la monoboya. Generalmente cuando los diámetros son mayores de 12", es necesario lastrarlas para evitar que traten de flotar propiciando su desplazamiento del lugar previsto.

l.c.2.- Múltiple submarino. - Este elemento localizado en el extremo de la tubería submarina, es la unión de ésta con las mangueras que conectan con el fondo del casco de la monoboya.

l.c.3.- Mangueras submarinas. - Como se mencionó en el párrafo anterior, es la parte flexible de la línea submarina de conducción que amortiguan los movimientos de la monoboya debidos fundamentalmente al oleaje y las mareas.

1.c.4.- Casco de la monoboya.- Es prácticamente un flotador de suficiente capacidad para soportar el peso de los equipos instalados a bordo y las cadenas que lo fijan al lecho marino.

1.c.5.- Múltiple de distribución a bordo de la monoboya.- Este componente es la parte vital del funcionamiento del sistema. Está formado por varias cámaras concéntricas (según el número de productos que se piensen mover a través de él) separados por sellos que evitan la mezcla de productos, teniendo un sistema giratorio que permite que el conjunto gire según se oriente el barco sin suspender la operación.

1.c.6.- Brazo de operación.- Es una estructura donde se apoyan las tuberías que salen de cada una de las secciones del múltiple de distribución de productos y que gira conjuntamente con éste.

1.c.7.- Brazo de amarre.- Este elemento está dotado de las bitas y cáncamos de amarre de los cabos donde se hará firme el barco por la proa. Como el brazo de operación, gira conjuntamente el múltiple de operación.

1.c.8.- Brazo de contrapeso.- Para mantener adrizada la monoboya - debido al peso de los brazos anteriormente mencionados se requiere de otro en el cual se coloque peso suficiente para mantener la monoboya nivelada.

1.c.9.- Cabos de amarre.- Son dos y se encuentran fijos en un extremo a los cáncamos del brazo correspondiente. Se encuentran flotando mientras no existe barco amarrado.

1.c.10.-Mangueras flotantes.- Partiendo de las tuberías de producto localizadas en el brazo de operación, se encuentran conectadas un número de líneas flotantes equivalente a igual número de productos que se muevan por el múltiple de distribución. Estas mangueras tendrán suficiente longitud para que lleguen por uno de los costados del barco hasta la parte media de su eslora, conectando a las tuberías de distribución que se localizan sobre la cubierta del buque tanque.

1.c.11.- Cadenas de fijación.- Son los elementos necesarios para transmitir los esfuerzos en la monoboya directamente al lecho marino, manteniéndola justo arriba del múltiple submarino - bajo cualesquiera de las condiciones meteorológicas previstas en el diseño.

El número de cadenas dependerá del tamaño de los barcos que amarran, de la profundidad de localización y por supuesto, de las condiciones reinantes.

1.c.12.- Anclas o pilotes para fondeo de la boya.- Estas se localizan en los extremos de las cadenas que parten de la monoboya y harán presa en el lecho marino. Dependiendo del tipo de fondo, si es arenoso el uso de anclas es el adecuado; ~~sin embar~~

go, si es arcilloso el sistema de anclaje más conveniente es a base de pilotes.

Este tipo de monoboya es el que más frecuentemente se encuentra instalado, llegando a operar en él buques tanque hasta de - - - 250 000 TPM.

Las limitaciones que presenta este tipo de instalación, son principalmente durante las maniobras de amarre, ya que es una embarcación de porte menor la que tiene a su cargo las operaciones de dar los cabos de amarre y los extremos de mangueras al barco, situación que se vuelve difícil si la altura de ola es superior a 8 pies.

Asímismo, existe la posibilidad de que si el barco no tiene precaución durante el tiempo que esté operando, y no existe viento ni oleaje, tiende a irse sobre la monoboya ocasionándose averías a una estructura que tiene poco margen de amortiguamiento.

1.d.- Monoboya con sistema de fijación con un solo ramal de cadena.

Esta monoboya conocida por las siglas S.A.L.M. (Single Anchor -- Leg Mooring) trata de evitar los inconvenientes mencionados en el último párrafo de la monoboya C.A.L.M. Ver. Fig. (14).

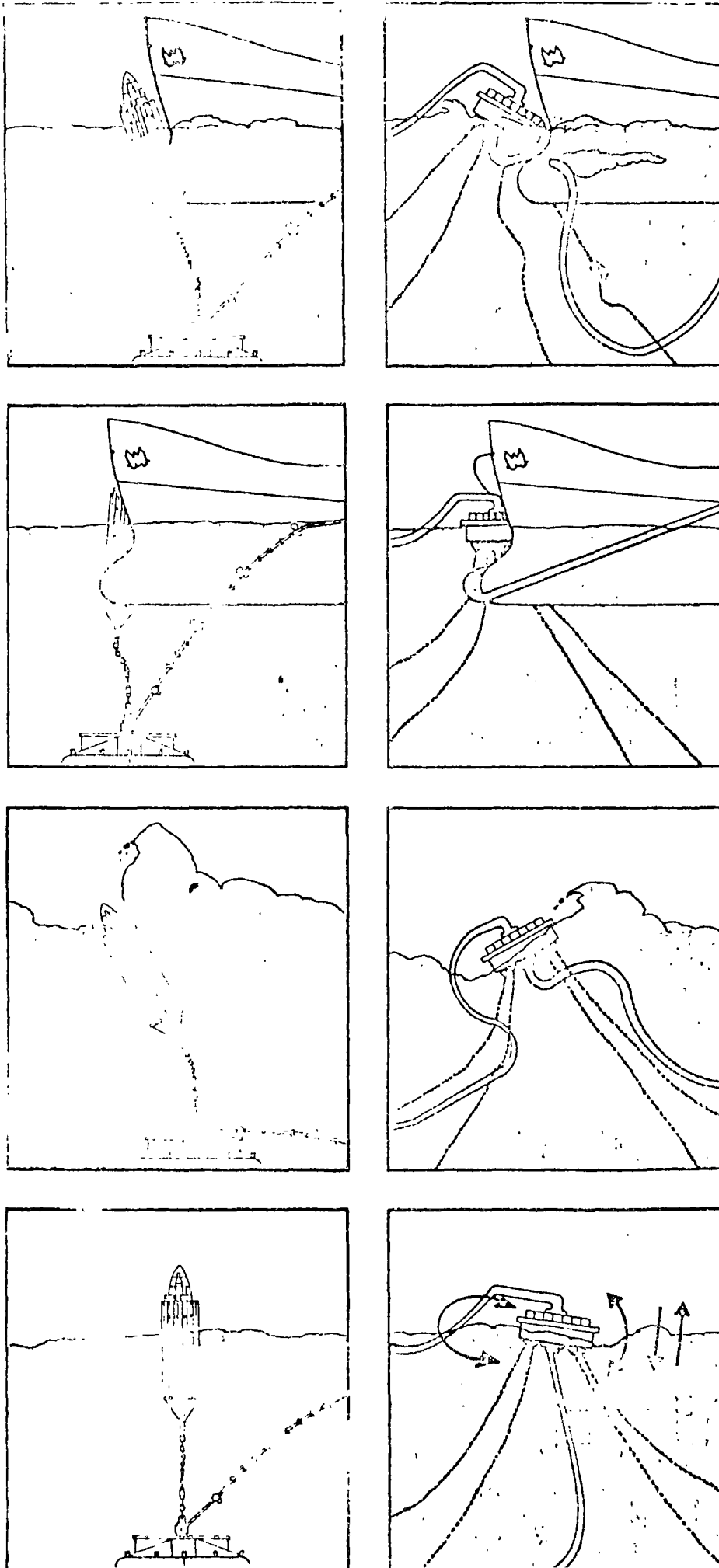


Fig. 14

[E] [B]

Al quedar riondeada con un solo ramal de cadena tiene mayor facilidad de evadir o amortiguar un impacto directo del buque tanque. Ver. figs. (15) y (16).

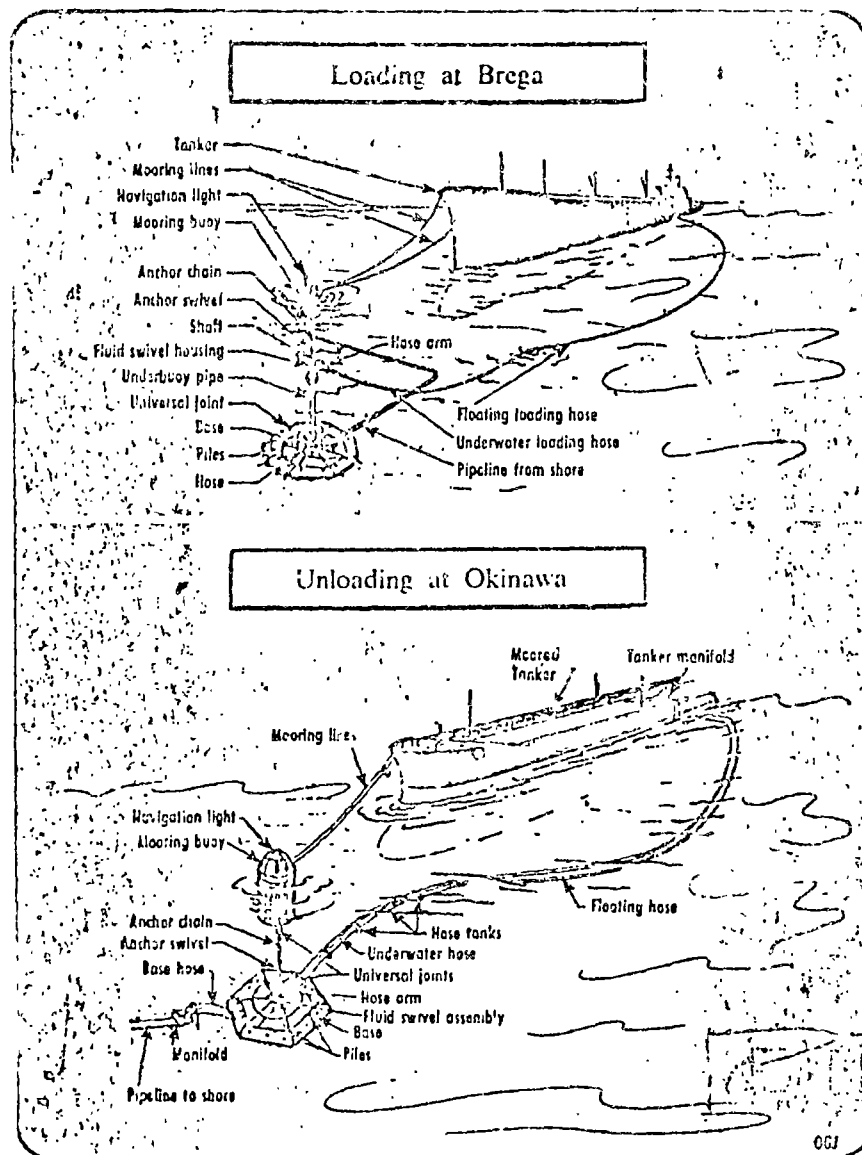
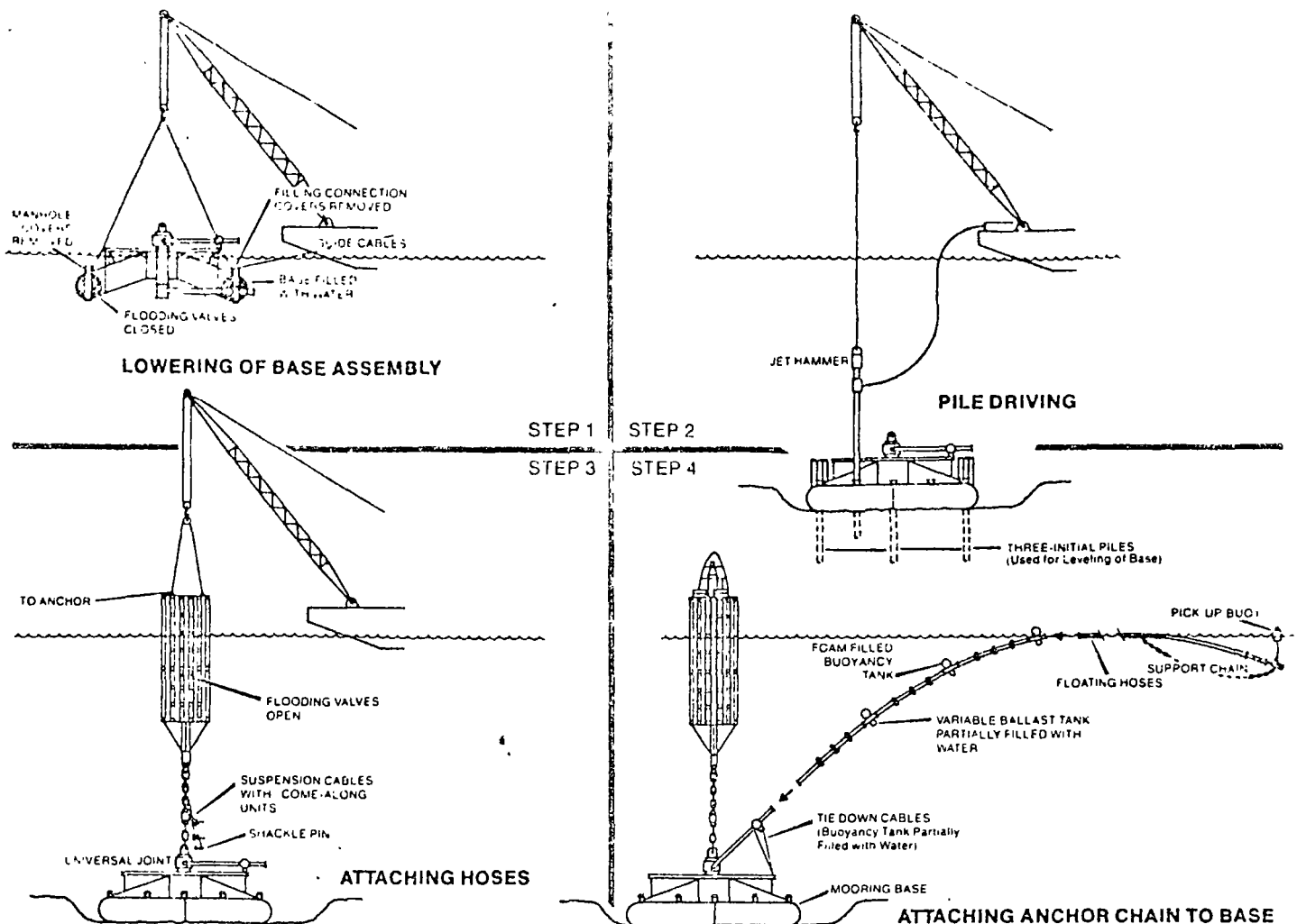


Fig. 13

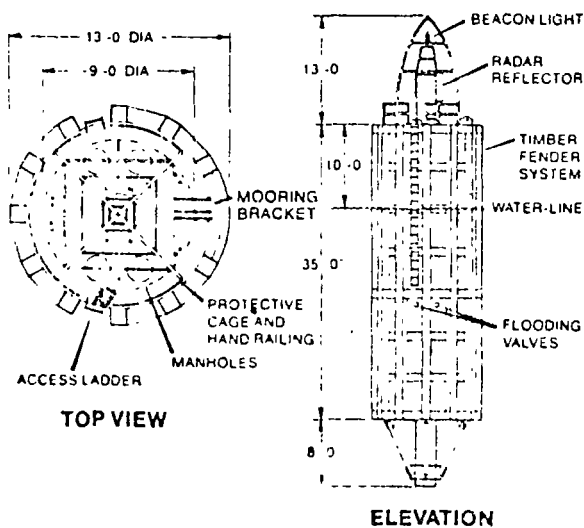
TYPICAL SALM INSTALLATION



NOTE: SALM MOORING BASE CAN BE MADE OF ALTERNATIVE MATERIAL WHERE SEA BED SOILS DO NOT PERMIT PILES.

TYPICAL DIMENSIONS

SALM BUOY



SALM BASE

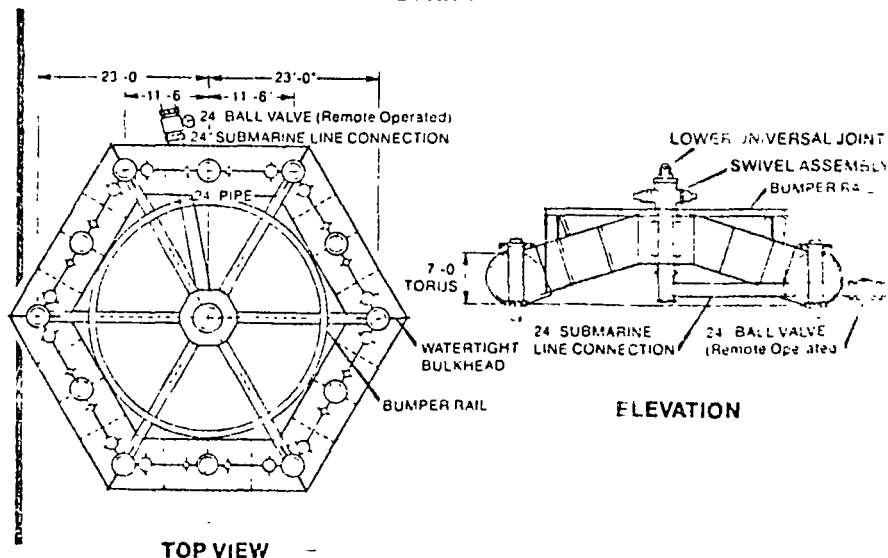


Fig. 16

SOB

Prácticamente consta de las mismas partes principales mencionadas para la monoboya C.A.L.M. a excepción hecha de que las cadenas de fijación se reducen a una solamente y que las mangueras-flotantes en vez de partir desde la monoboya, parten del múltiple submarino.

Este tipo de monoboya es generalmente usado para buques tanque de gran porte (hasta 250 000 TPM) y en lugares que por gran profundidad la monoboya C.A.L.M. tendría que ser de grandes dimensiones para soportar el peso de las cadenas.

De estas monoboyas hay instaladas una cantidad muy reducida en el mundo.

1.e) Monoboya con sistema de fijación con brazo rígido.

Esta monoboya es una variante del S.A.L.M. y es conocida como R.A.M. (Rigid Arm Mooring).

Este sistema substituye la cadena por un brazo metálico estructurado con celosía y la manguera que partía desde el múltiple submarino se convierte en una junta flexible y un tubo dentro del brazo metálico. Ver fig. (17).

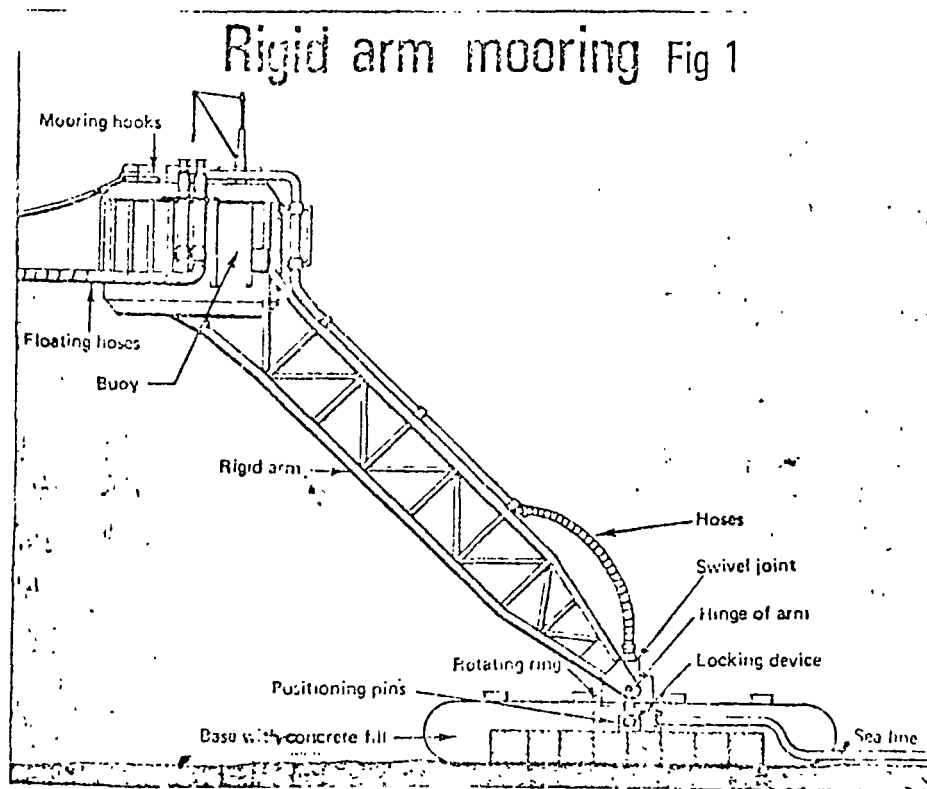


Fig. 17

En el múltiple para permitir el libre giro de la monoboya, tiene un sistema Cardán además del múltiple de distribución de productos que en el sistema CALM está sobre la cubierta de la monoboya.

De este tipo de boyas se proyectan instalar 5 en las proximidades del puerto del Havre para B/T hasta de 500 000 TPM. Ver fig.

18.

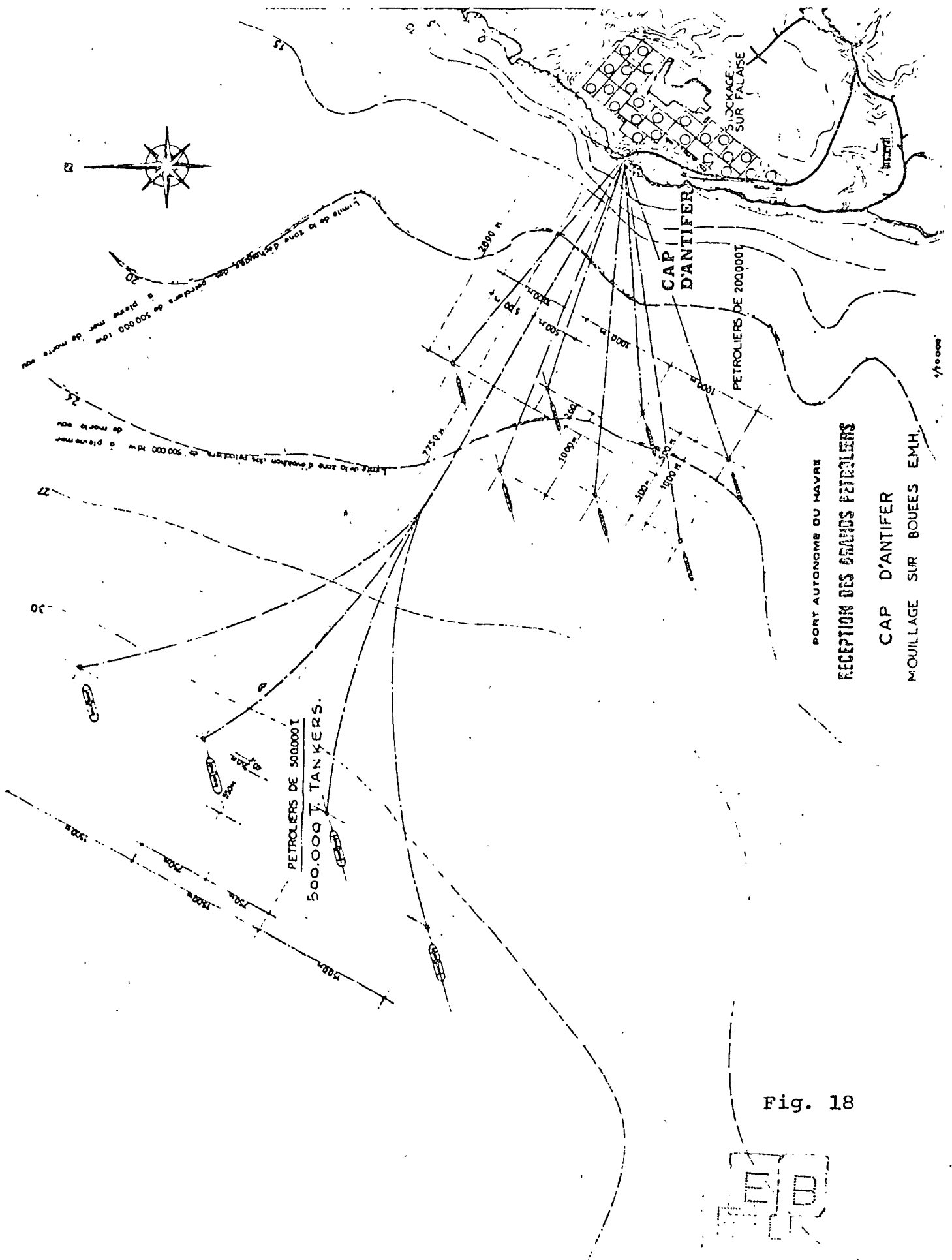
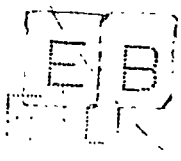


Fig. 18



2. INSTALACIONES FIJAS

2.a) Torre para amarre de buques tanque.

Como una variante de las monoboyas pero bajo el mismo principio de permitir el libre giro de la embarcación alrededor de la instalación de carga o descarga, se desarrolló un sistema que no se encontrara flotando sino apoyado firmemente en el fondo.

Así se inventó el sistema T.T.M. (Tower Tanker Mooring) cuya estructura de apoyo tiene mucha similitud con las plataformas de perforación marina, consistente en una torre prefabricada con tubos de acero huecos que se coloca en el lugar apoyándola simplemente en el fondo. Para su empotramiento, se pilotea a través de los tubos verticales que forman la estructura (Jacket Type) mediante tubos de menor diámetro hasta encontrar la capa resistente. Acto seguido, se sueldan los pilotes a las tuberías exteriores en su parte superior.

Posteriormente, se instala sobre la estructura previamente fijada, la parte propiamente que constituye el sistema de giro, amarre y carga.

Esta instalación tiene la particularidad de cargar los barcos por la proa a diferencia del resto de los demás sistemas antes mencionados en que las mangueras van hasta la mitad de la bodega del barco. Ver fig. (19).

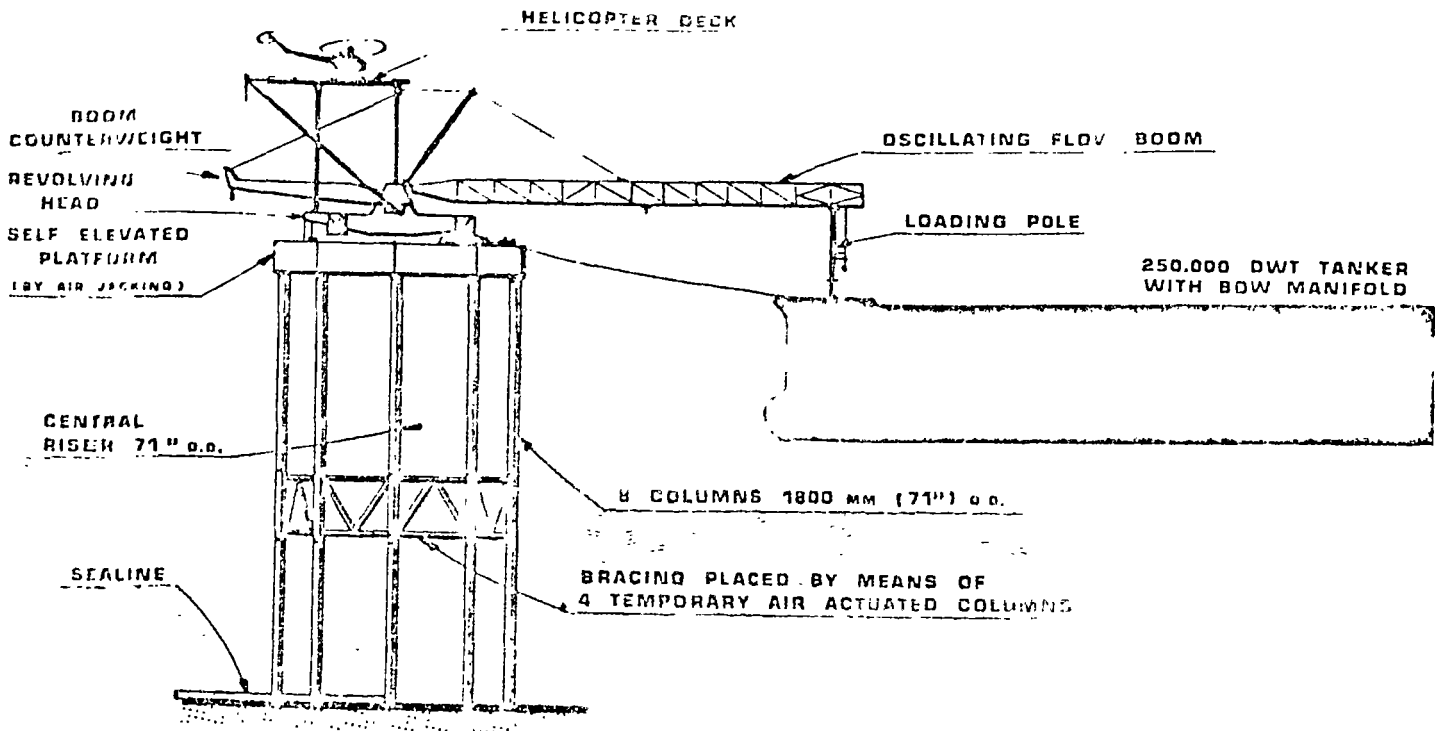


Fig. 19

De todos los sistemas enumerados anteriormente, en los cuales de acuerdo a sus diseñadores tienen ventajas unos sobre los otros, se tiene algo en común:

La limitación del número de mangueras flotantes con el que pueden operar ya que por experiencia, se ha podido comprobar que más de 3 mangueras y sobre todo de diámetros grandes (24"Ø), tienden a enredarse y a dificultar las maniobras de conexión.

Además por el número reducido de mangueras por las que puede ope

rar, el gasto generalmente nunca es superior a los 50 000 bls/hr. lo que incrementa notablemente el tiempo de estadía de las embarcaciones, sobre todo cuando sobrepasan las 200 000 tons., los - - tiempos se vuelven muy significativos.

2.b. Muelle Isla

Ante los inconvenientes que presentan las instalaciones antes des- - critas y donde las condiciones locales lo permiten, la instala- - ción mar adentro más eficiente es el muelle isla. Ver. figs. (20). (21) y (22).

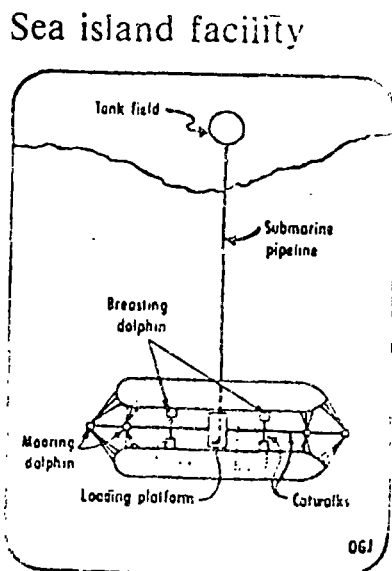


Fig. 20

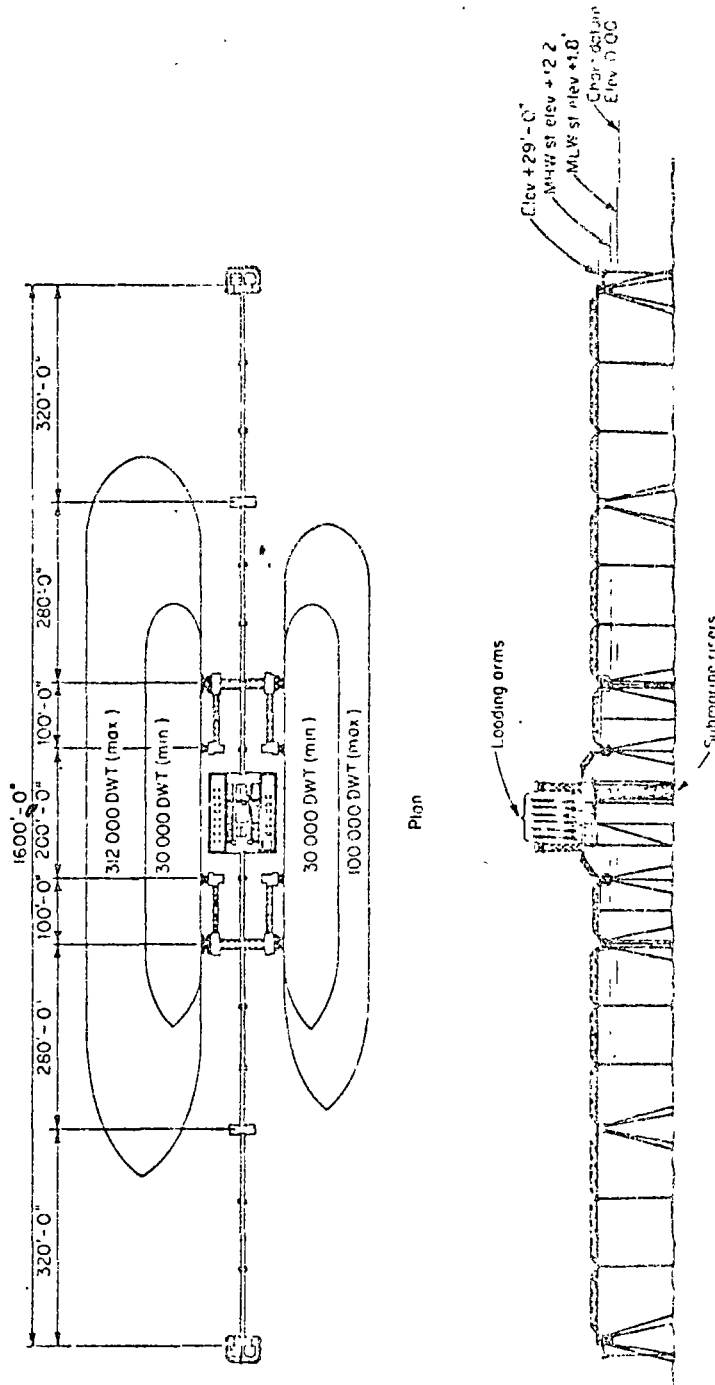
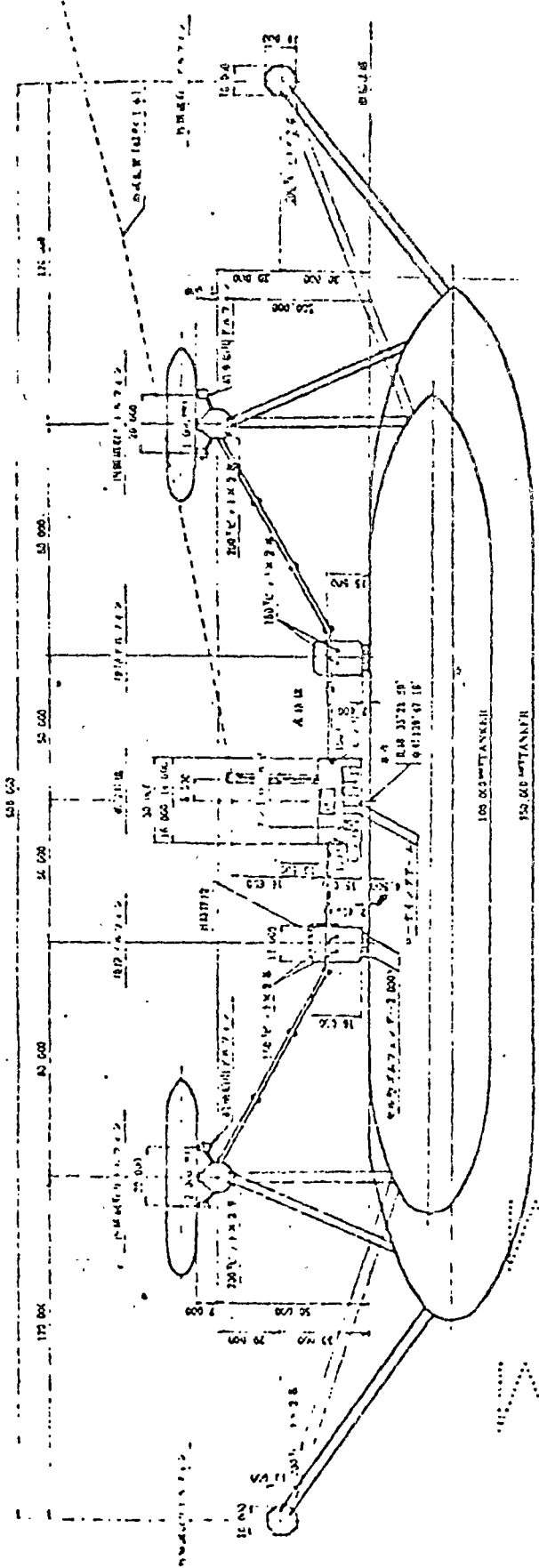


Fig. 21



シーバースの概要

- 1. 4. アリングク22号
- 2. ...
- 3. パンカー...
- 4. 飲料水塔採用仕様
対象船舶 1,000DWT
- 5. 電気通信仕様
動力ケーブル (50mm² × 3C × 3KV) 約5,350m
通信ケーブル 6回線約3,350m
- 6. 安全・防災設備
灯台付機
中心部付機...
300m/分 × 100W光源 × 赤色 × 1基
遠端付機...
海式立上り型台...
200m/分 × 25W光源 × 赤色 × 5基
- 7. その他仕様
給水機への取付形状 直付型
機台寸法 (10m × 4.5m × 2.5m)
1号...
2号...
消火用水吐出量 3500/min.
給水機吐出量 2.5t × 2台 × 350/min.
消火機 2号 × 20m
大型消火機 100ポンプ型
小型消火機 20ポンプ型
オイルタンク、油中ポンプ...
給水機 42.3 × 約3,350m
土盛り 4m
埋戻し 砂および土
総工費 17億円
竣工 昭和44年10月
竣工 昭和45年8月

Esta instalación es similar a un muelle en espigón con la diferencia de que el único contacto físico que tiene con tierra son las tuberías submarinas que lo alimentan.

Las ventajas principales que presenta con respecto al resto de las instalaciones antes mencionadas son las siguientes:

1. Pueden atracar dos embarcaciones simultáneamente, pues cuenta con dos paramentos.
2. Prácticamente no tiene limitaciones en cuanto a los gastos de carga porque pueden conectarse tantas garzas como tomas tenga el barco a bordo, pudiendo cargar del orden de 100 000 bls/hr. por paramento.
3. Su costo inicial posiblemente sea mayor pero con la eficiencia de operación que tiene se amortiza rápidamente.

El muelle isla requiere para su instalación de estudios meteorológicos sumamente cuidadosos de cuando menos un año (un ciclo estacional) pues el éxito de su operación dependerá que quede orientado a la resultante obtenida de las fuerzas de viento, oleaje y corrientes principalmente.

Para diseñar una instalación fija mar adentro debe de seguirse el siguiente criterio:

1. Orientación del muelle.

a) Consideraciones

- a.1) Influencia del paso de otros barcos en las proximidades - de la instalación.
- a.2) Futuras ampliaciones del puerto.
- a.3) Zonas pesqueras próximas.
- a.4) Evitar derrames de producto que contaminen la zona.
- a.5) Seguridad del barco (durante los atraques y operación)
- a.6) Construcción segura.

Condiciones críticas para atraque y operación.

Se presentan cuando viento, oleaje y corrientes suman sus efectos incidiendo de través al barco y al muelle. Ver fig. (23).

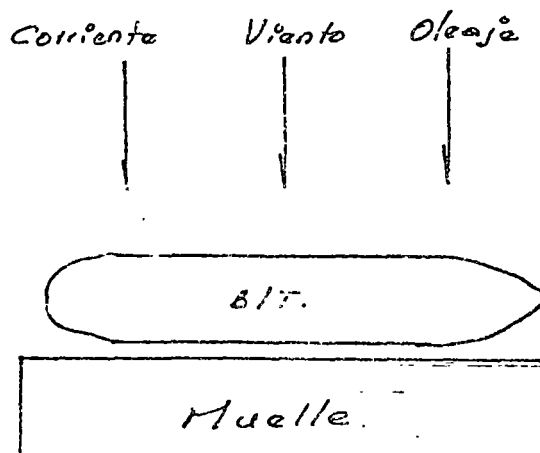


Fig. 23

En la tabla de la Fig. No. 24 se resumen los valores máximos de los factores antes mencionados para instalaciones fijas y flotantes, durante el atraque y operación de la embarcación.

<u>Tipo de Instalación.</u>	<u>Viento atracando</u>	<u>Oleaje atracando.</u>	<u>Corriente atracando.</u>	<u>Viento Operando</u>	<u>Oleaje Operando</u>	<u>Corriente Operando.</u>
Tipo fijo (con estructura de pilotes.	15m/seg.	0.7 m.	0.5 nudos	15m/seg.	0.7 m.	0.5 nudos
Tipo flotantes (SMS, CALM, SALM, RAM).	15m/seg.	0.4 m.	0.5 nudos	15m/seg.	0.7 m.	0.5 nudos

Fig. 24

Criterio para decidir el tipo de instalación.

1. Condiciones naturales.
2. Método de construcción
3. Seguridad de operación
4. Gastos requeridos de carga ó descarga.
5. Costo de Construcción
6. Costo de mantenimiento
7. Area de la dársena de maniobras.

En la tabla de la fig. 25 se mencionan en forma comparativa los requerimientos mencionados.

INSTALACIONES MAR ADETRRO

	MUELLE	TTM	CALM	SALM	RAM	MPS
LIMITACIONES DURANTE EL ATAQUE :						
OLAS	3-4 Pies	GM		6-8 Pies	_____	
VIENTOS	25 Nudos			25 Nudos	_____	
YA AMARRADO EL BARCO :						
OLAS	4-10 Pies	_____		Más de 15 Pies	_____	3-10 Pies
VIENTOS	50 Nudos	_____		60 Nudos	_____	30-50 Nudos
DURANTE LA OPERACION :						
OLAS	4-10 Pies	_____		10-12 Nudos	_____	3-10 Pies
VIENTOS	35 nudos	_____		40 Nudos	_____	25-35 Nudos
AREA DE MANIOBRA	LA MENOR	_____		LA MAYOR	_____	MEDIA
FACILIDAD DE ALCANZAR LA INSTALACION	REGULAR	_____		LA MAS FACIL	_____	LA MAS D.FICIL
REMOLCADORES EN LAS MANIOBRAS	SI	_____		NO	_____	NOUSUALMENTE
LANCHAS EN LAS MANIOBRAS	ALGUNAS VECES	_____		SI	_____	SI
SUSCEPTIBILIDAD DE DAÑOS	MODERADO A ALTO	MODERADO A ALTO	MODERADO	MODERADO A BAJO	MODERADO	BAJA
INVERSION	ALTA	MODERADO A ALTO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	BAJA
CAPACIDAD DE OPERACION	LA MAS ALTA	_____		ALTA	_____	BAJA
COSTO DEL MANTO	MODERADO	_____		MODERADO A ALTO	_____	MODERADO

Fig. 25

Dimensiones del canal y dársena necesarios para instalaciones petroleras mar adentro (criterio japonés).

Canal

Profundidad: * Calado + 0.2 calado
* Se refiere al del mayor barco esperado.

Ancho.- La misma que para la del canal de acceso al puerto.

Dársena

1. Profundidad.- Igual a la del puerto pero con una tolerancia de 3 metros para buques tanque mayores de 100 000 TPM.

2. Area.-

a) Para muelle. Ver fig. 26

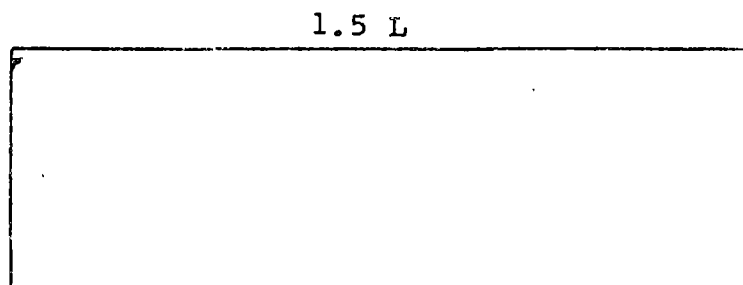
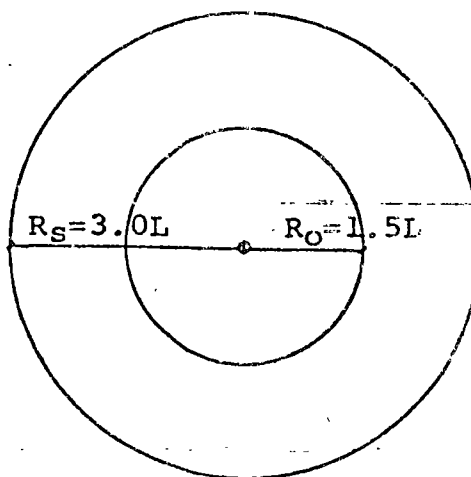


Fig. 26

0.5 L

L = La eslora del mayor barco esperado.

b) Para monoboya. Ver fig. 27



R_O =Radio de operación
 R_S =Radio de seguridad
 L =Eslora del mayor
barco esperado.

c) Amarradero convencional. Ver fig. 28

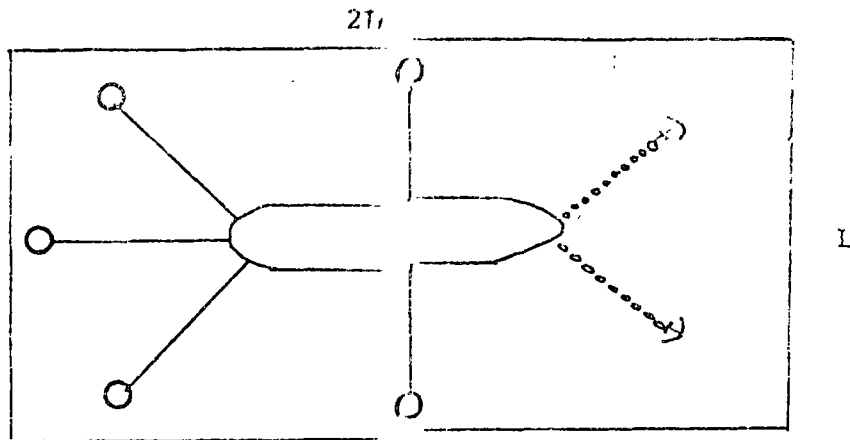
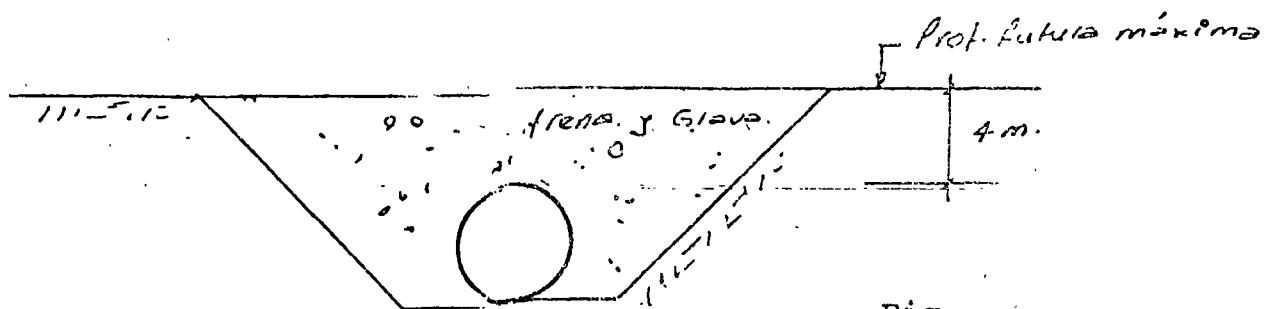


Fig. 28

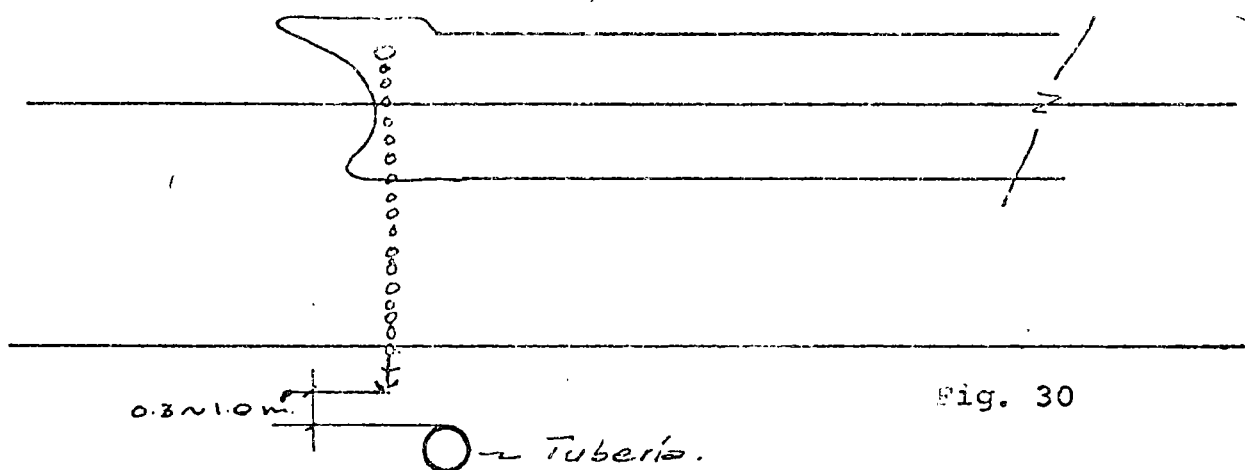
L= Eslora del mayor barco esperado.

Profundidad de tuberías submarinas.

En el caso de tuberías submarinas que se fondeen para comunicar la instalación marítima con las de tierra en áreas de tráfico intenso o posibles áreas de rondeo, se deberán alojar en cepas cubiertas con arena y grava a una profundidad al lomo del tubo de 4.0 m. bajo la cota máxima futura del área. Ver fig. (29).



Esta profundidad se decide actualmente de acuerdo con el lugar particular donde se vaya a localizar la línea, estando en función de lo que penetre el ancla del barco mayor al fondearse. Ver. fig. (30).



Una vez que se ha dimensionado todas y cada una de las instalaciones del puerto tanto marítimas como terrestres, se procederá al diseño detallado de cada una de ellas, debiendo darse al proyectista una serie de datos con los cuales tendrá suficientes elementos para llevarlo a cabo. Esta información es llamada Bases de Diseño y consta fundamentalmente de los siguientes conceptos con las variantes propias de cada instalación:

1. Alcance.
2. Sistema de coordenadas
3. Localización
4. Tipo de muelle
5. Orientación de la instalación
6. Tipo de buques que atracarán
7. Nivel de referencia
8. Amplitud de marea
9. Nivel de operación
10. Partes principales que constituyen el muelle. Su dimensionamiento en planta.
11. Velocidad de atraque
12. Angulo de acercamiento al muelle
13. Cálculo del peso virtual de la embarcación
14. Fuerza del viento de diseño
15. Cargas verticales
16. Zona sísmica
17. Materiales de construcción
18. Guarniciones
19. Drenaje pluvial
20. Sistema de amarre
21. Defensas
22. Ancho de la cama de tubería en tierra
23. Productos manejados
24. Capacidad y presión de bombeo
25. Sistema de carga y descarga
26. Charolas de derrame
27. Tomas de combustible económico
28. Caseta de operación
29. Alumbrado
30. Luces de situación
31. Sistema de protección contra descargas eléctricas naturales.
32. Sistema contra incendio
33. Caseta de vigilancia a la entrada del muelle, estacionamiento y barrera.
34. Servicios complementarios
35. Escaleras de acceso
36. Profundidad de dragado
37. Dársena de maniobras
38. Prevención contra la contaminación de las aguas del puerto.

No solo bastará con especificar escuetamente las características de cada parte de la instalación, sino que deberá incluirse en cada uno

de ellos, previamente una justificación o explicación del motivo -
de cada uno de los valores impuestos.

BIBLIOGRAFIA.

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Ingeniería Marítima. | Ing. Roberto Bustamante |
| Nociones de Arquitectura Naval | Cap. Félix Arruti |
| Wind, Waves and Maritime Structures. | |
| Manual of Ship construction. | R. R. Minikin |
| Design and construction of - - | Manning |
| ports and Marine Structures. | |
| Nociones de puertos. | Quinn |
| Barcos. | J. Dueso |
| Manual para diseño de defensas. | Edward V. Lewis |
| American Civil Engineering Practice. | Seibu |
| Rudimientos de cultura marítima. | Abbett |
| Enciclopedia del Mar. | Alfonso Arnau. |
| Port Engineering. | Garriga |
| Textbook on Ports and Harbours- | Per Bruun |
| in Japan. | |
| Port problems in developing - - | OTCA |
| countries. | Bohdan Nagorski. |



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

3
6

BASES PARA EL ANALISIS DE ESTRUCTURAS MARITIMAS

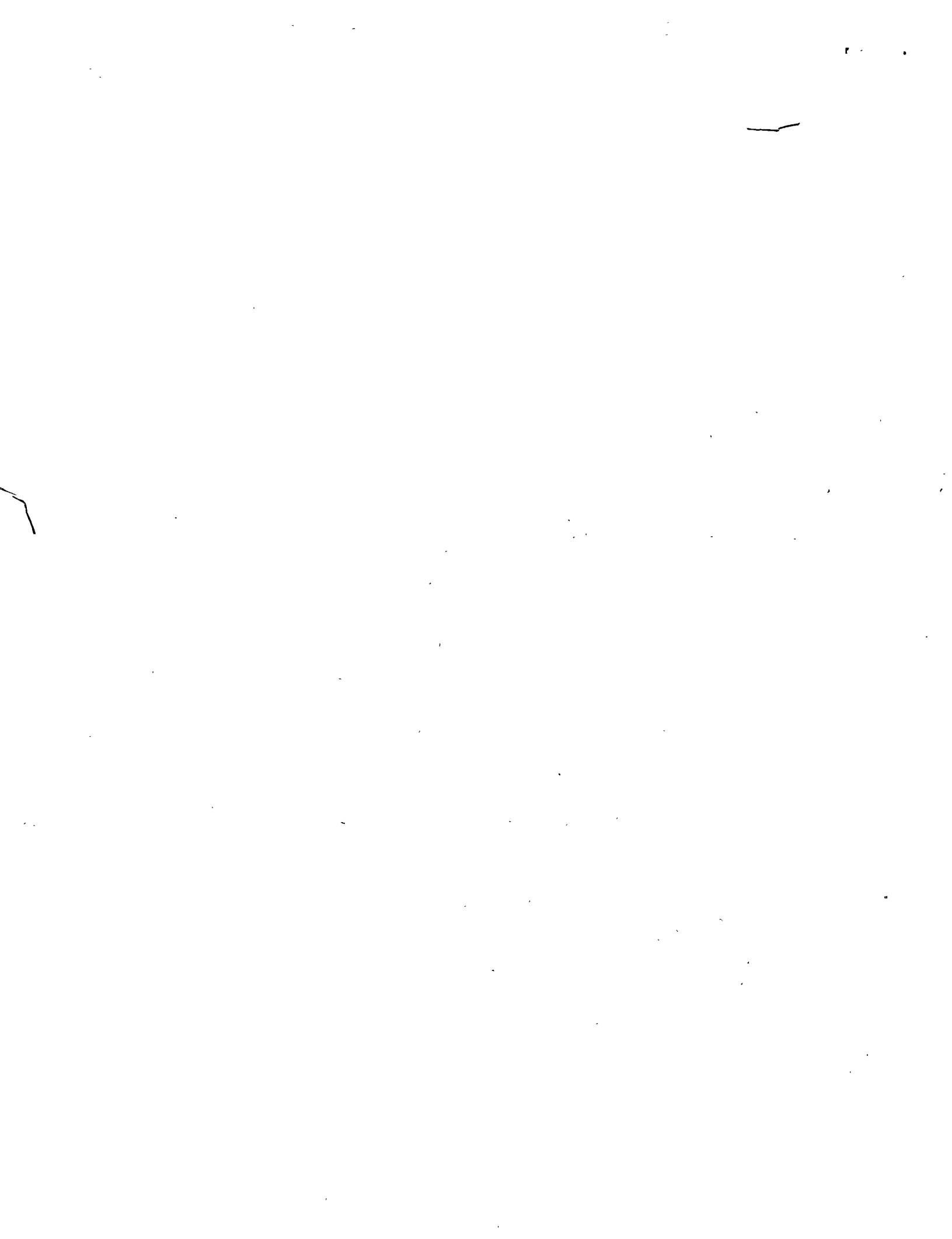
ING. LUIS HERREJON DE LA TORRE

AGOSTO, 1978.

**BASES PARA EL ANALISIS
DE
ESTRUCTURAS MARITIMAS**

Luis Herrejón de la Torre

**Coordinador y Profesor Titular de Estructuras Isostáticas y Obras Marítimas
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México**



INDICE

	Pagina
INTRODUCCION	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 L ^o T	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

Registrado conforme a la Ley

No. 80005

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

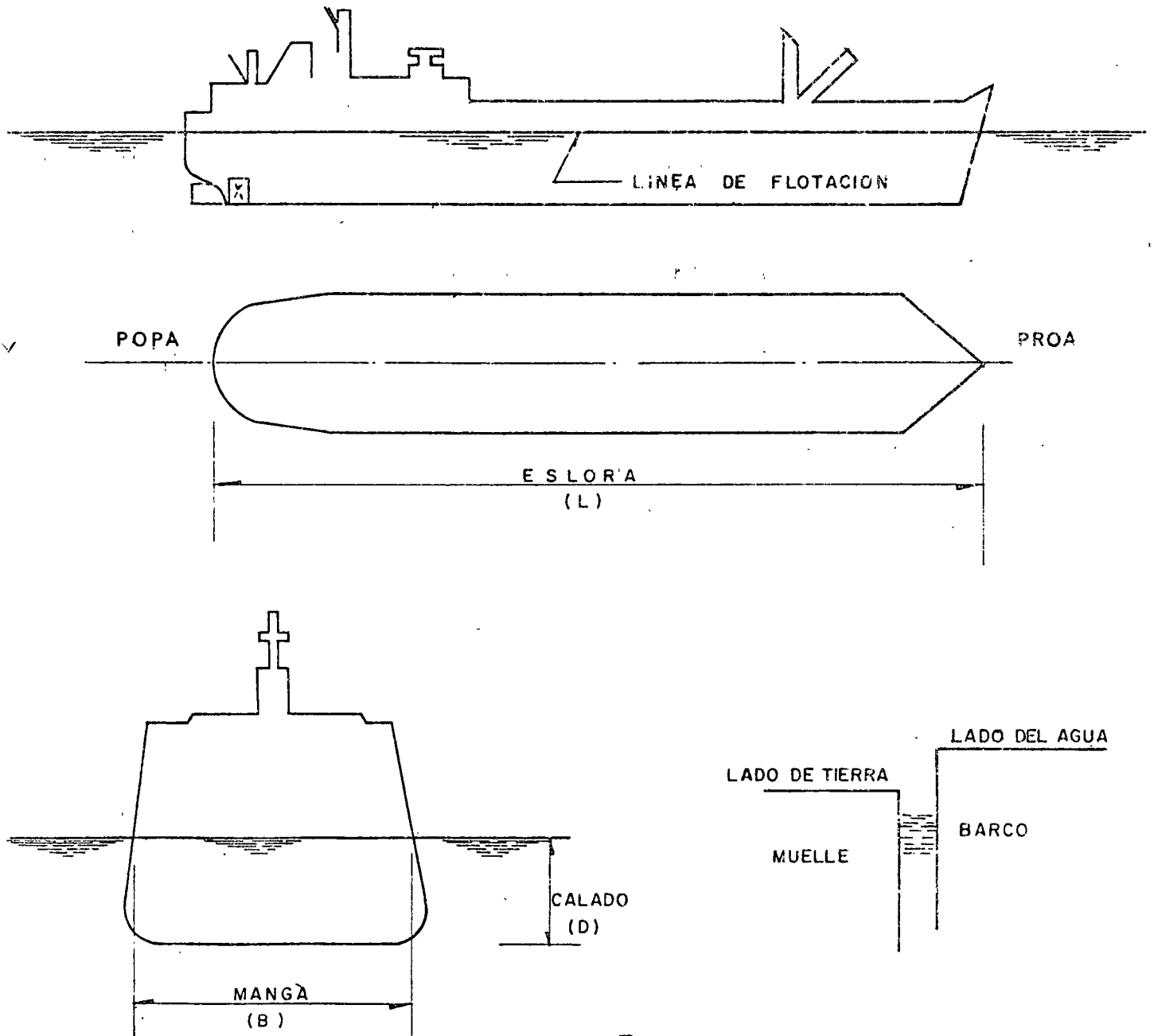


Fig. 1

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 tomarse en cuenta que, al quedar fuera de servicio una estructura de este tipo, se tienen pérdidas mucho mayores a cualquier gasto adicional para protegerla 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.

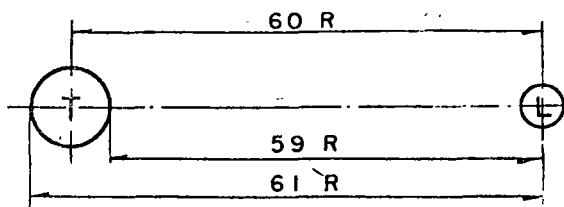
La influencia de la luna es mayor por estar más cercana a la tierra. La distancia del sol a la tierra es aproximadamente 390 veces mayor a la de la luna, no obstante, su masa es aproximadamente 26,000,000 veces mayor. El análisis matemático basado en la Ley de Newton (atracciones directamente proporcionales 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:

$$\frac{1}{59^2} - \frac{1}{60^2} = \frac{1}{3481} - \frac{1}{3600} = \frac{1}{105,307}$$

$$y \quad \frac{1}{60^2} - \frac{1}{61^2} = \frac{1}{3600} - \frac{1}{3721} = \frac{1}{110,708} \quad (I)$$

$$\text{la media es : } \frac{1}{107,940} = \frac{2}{215,880} \approx \frac{2}{60^3}$$

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 tierra 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).

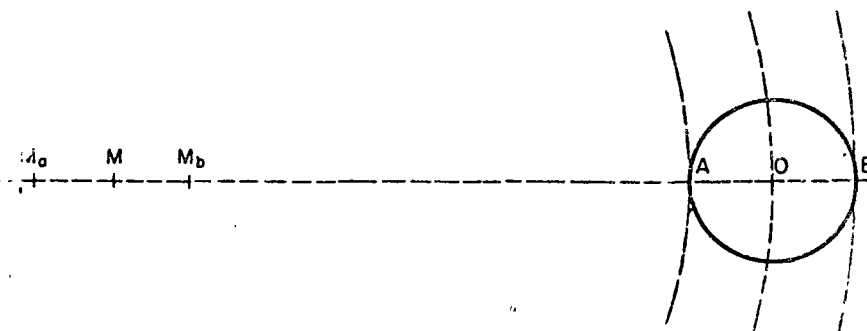


Fig. 2

En la figura 2 el punto A describe un círculo alrededor de Ma y B alrededor 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 paralela (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 palabras hay una fuerza resultante en A hacia M y en B en sentido contrario, mientras que en O 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.

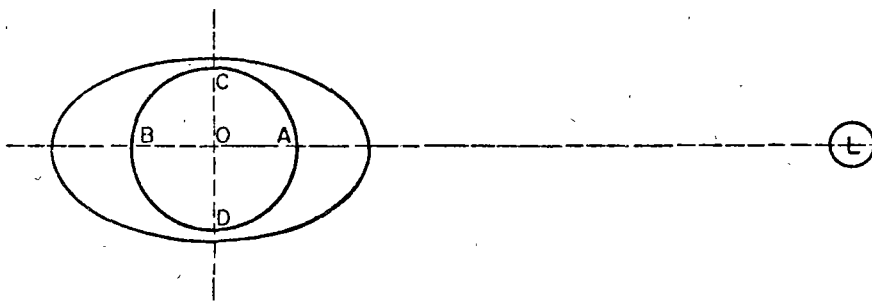
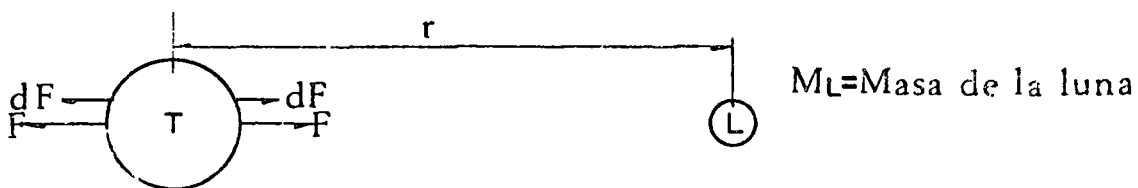


Fig.3

En los puntos C y D la atracción gravitacional es aproximadamente la misma que en O. El espesor de la capa en A y B aumenta y en C y D disminuye.

De acuerdo con la expresión (1)



$$dF = \frac{2 M_L dM_{AGUAS}}{r^3}$$

$$F = \frac{2 M_L M_{AGUAS}}{r^3}$$

Por lo que podemos obtener la siguiente relación:

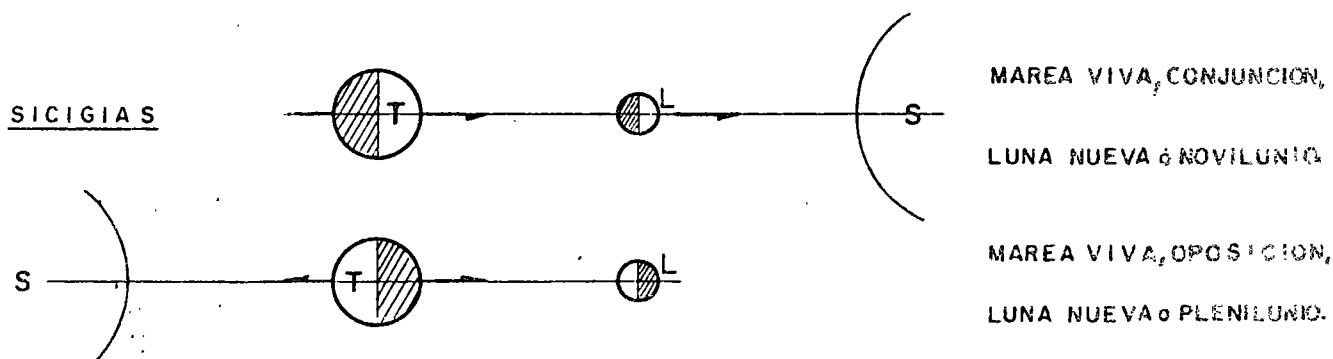
$$\frac{\text{Influencia de la Luna}}{\text{Influencia del Sol}} = \frac{390^2}{26000000} = 2^{1/4} \quad (2)$$

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 intervalo de tiempo - - - comprendido entre dos culminaciones de nuestro satélite por un mismo meri-- diano o sea el día lunar, resulta más largo que el día sideral siendo su durã-- ción 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 direc-- ción 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 plea-- mar 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 tie-- ne una duración de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2.8 segundos



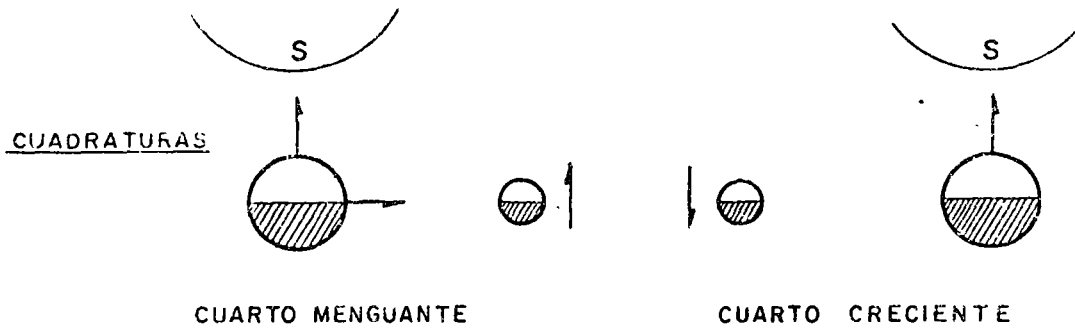
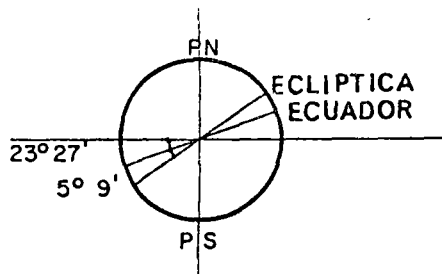


Fig. 6

Debido a retardación por las condiciones terrestres, la marea máxima - en cada lugar no coincide con la conjunción u oposición, sino a un intervalo de tiempo después llamado edad de la marea.

El plano de la trayectoria lunar forma un ángulo de $5^{\circ} 9'$ 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 intervalo 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 después. 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 esto asciende y es sustituido 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.

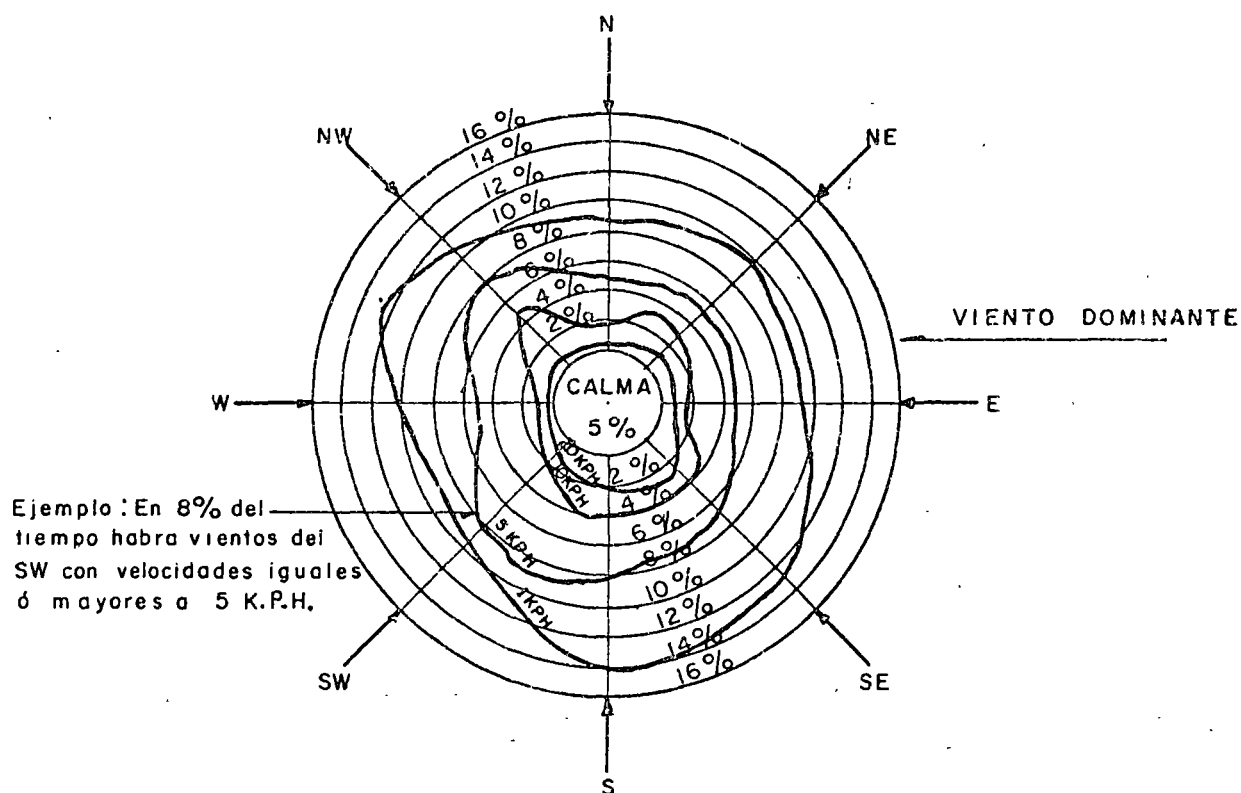


Fig. 7

ROSA DE LOS VIENTOS

ESCALA DE BEAUFORT

<u>Número de Beaufort</u>	<u>Descripción</u>	<u>Velocidad en millas por hora</u>
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 $2 \text{ M}^3/\text{Ton.}$ 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 menor 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 dan algunos valores en la figura 8. Para el caso de grúas 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 México, 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.

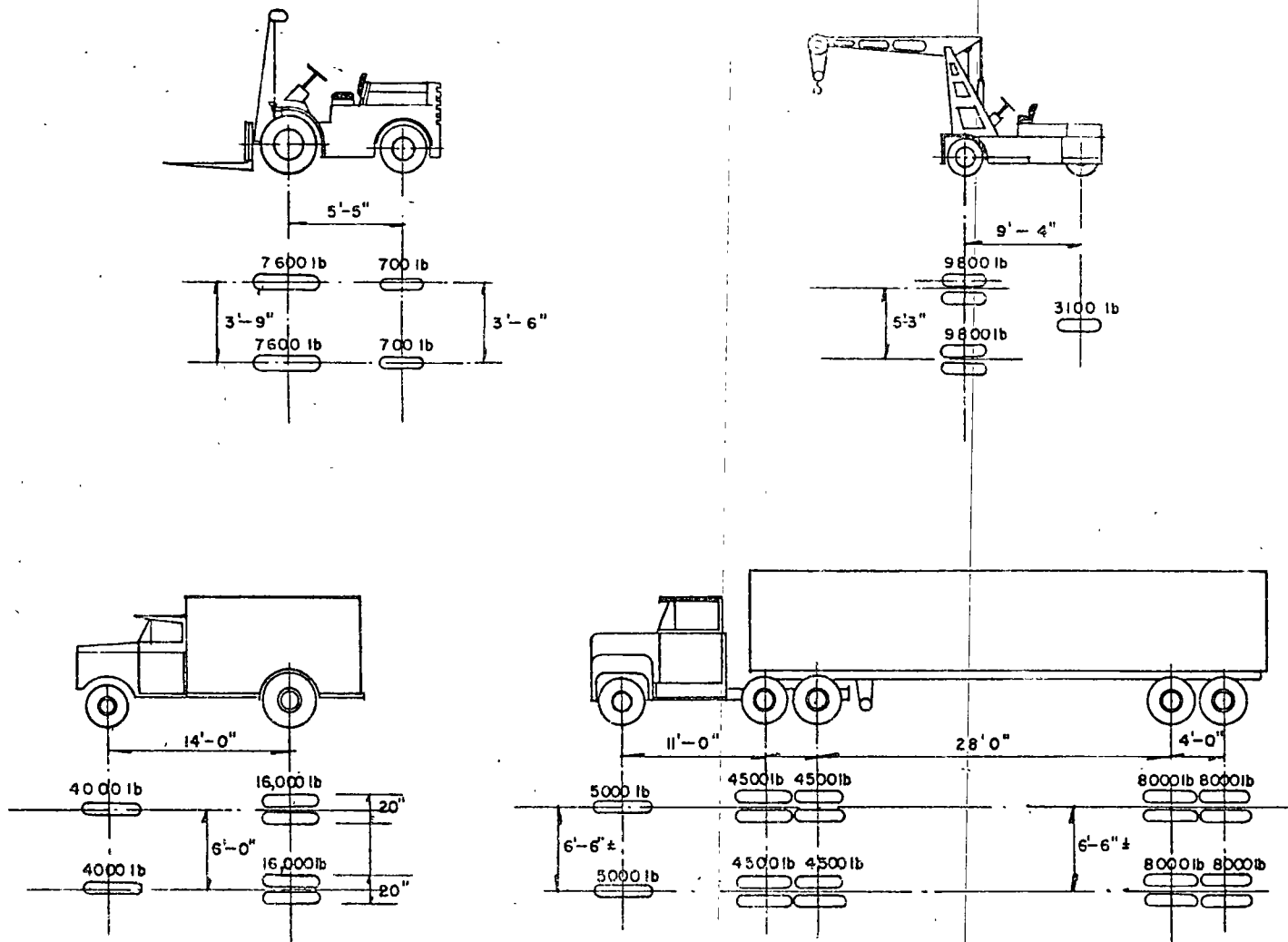


Fig. 8

IMPACTOS DE EMBARCACIONES

Las cargas laterales más importantes que debe soportar un muelle son las 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 de - fensas 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 atra - cando, 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 reciben 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), lo más común es considerar una velocidad de atraque de 6 in/seg=15cm/seg y un ángulo de 20°. El desplazamiento cargado es usado en los cálculos y si no se conoce puede calcularse aproximadamente en la siguiente forma:

$$W = k \frac{LBD}{35} \quad (3)$$

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 rápidas.

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 $C_2 \frac{W}{2g} (V \operatorname{cos} \alpha)^2$ en donde C_1 y C_2 son menores que la unidad, v y α son respectivamente la velocidad y el ángulo de ataque (fig. 9).

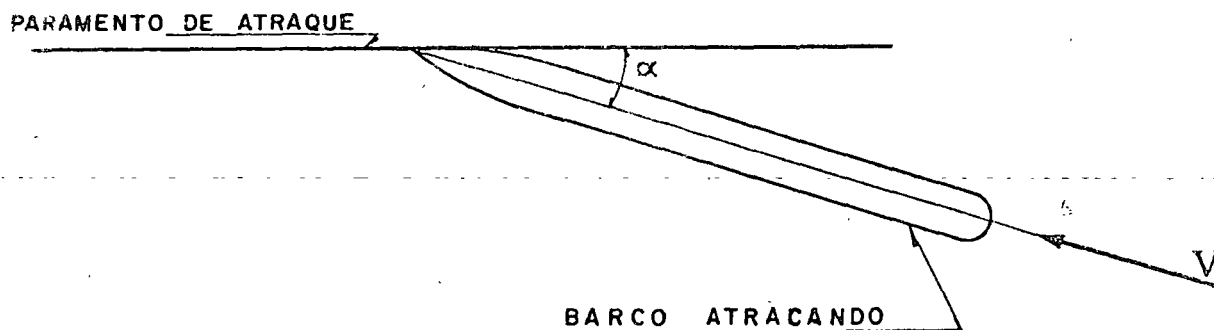


Fig. 9

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.

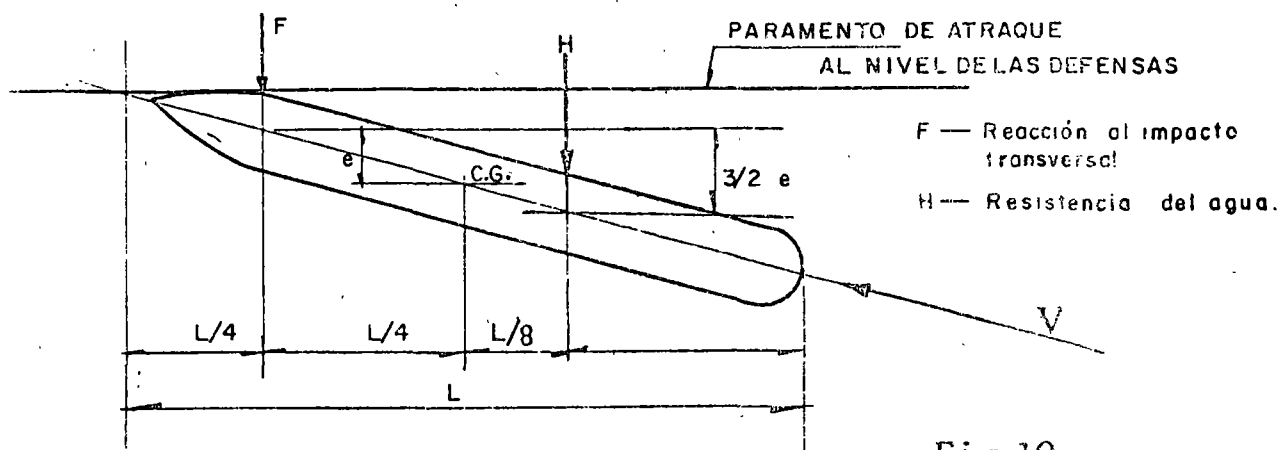
4) Trabajo de deformación de la estructura y las defensas.

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 des---pués 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° y 90° .

Para calcular la fuerza de diseño producida por la embarca-- ción en el momento más desfavorable se tiene lo siguiente:



Puesto que consideramos una velocidad angular constante, no se tiene aceleración angular y por lo tanto:

$$\Sigma M_{c.g.} = 0$$

$$FL/4 = H L/8$$

$$H = 2F$$

$$F = \frac{H}{2} \quad (4)$$

Para detener el barco se presenta un movimiento uniformemente decelerado y,

$$2 e \bar{a} = v^2 \quad \bar{a} = \text{aceleración del C.G.}$$

$$\text{Energía Total} = E_T = \frac{1}{2} m v^2 \quad m = \text{masa}$$

$$= \frac{1}{2} m (2 e \bar{a})$$

$$E_T = m e \bar{a}$$

(5)

De acuerdo con el principio del movimiento del centro de masa se tiene:

$$F + H = m \bar{a} \quad (6)$$

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:

$$\begin{aligned} E_H &= \frac{1}{2} H \left(\frac{3}{2} e \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} m \bar{a} \right) \left(\frac{3}{2} e \right) \end{aligned}$$

y de (5)

$$E_H = \frac{1}{2} m e \bar{a}$$

$$E_H = \frac{1}{2} E_T$$

Por lo que el impacto solo toma la energía restante, es decir:

$$E_F = \frac{1}{2} E_T \quad (7)$$

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 rigideces torsionales 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 pruebas sobre duques de alba opina que para un ataque 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 atracar es 12.5 o 15 m/seg. y una fórmula confirmada sobre un modelo en Francia es:

$$F = ks (V-U)^2 \quad (8)$$

Donde:

F - Fuerza del viento en kg.

S - Superficie expuesta del barco en m²

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 calculó - - 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 ma- - yor velocidad que las de gran desplazamiento, y todas llegan aproxima- - damente 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 10^0 , y una velocidad normal a la banda de ataque entre 0.15 y 1.00 ft/seg. correspondiendo este último valor aproximadamente a una velocidad de ataque de $3\frac{1}{2}$ nudos.

Algunas fórmulas dan en forma lógica la velocidad de ataque en función del desplazamiento de la embarcación y las condiciones de - abrigo del puerto. También existen gráficas en las cuales pueden obte- - nerse la energía e impacto durante el ataque en función del desplaza- - miento (o peso) y la velocidad.

Se tienen métodos teóricos 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 simplificadorias 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.

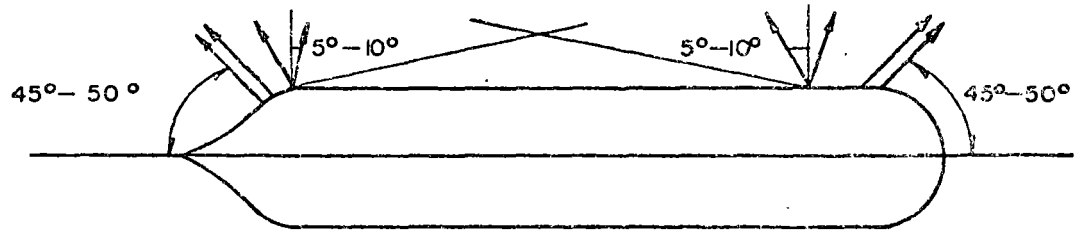
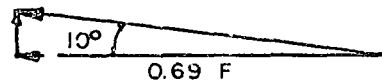
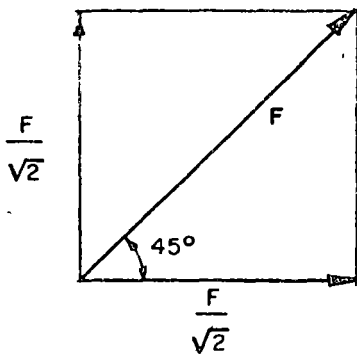


Fig.11

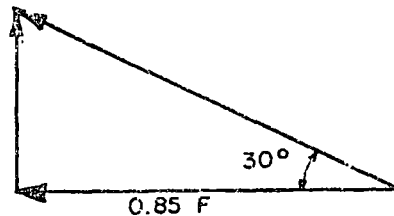
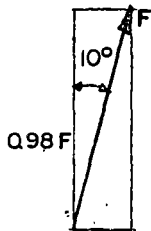
Fuerzas en las amarras de proa y popa.-



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 utilizar 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,

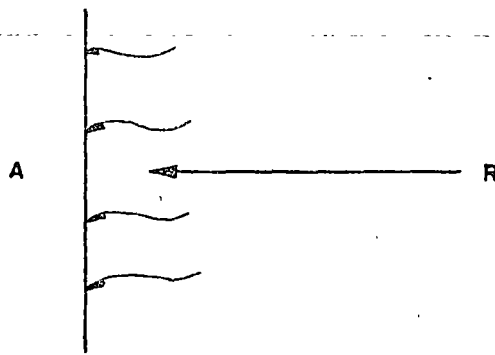
R = Fuerza contra la superficie

C = Coeficiente de arrastre

ρ = Densidad del aire o agua

V = Velocidad del viento o corriente

A = Area del barco expuesta al viento o la corriente



Teóricamente

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{R/A}{\rho g}$$

Introduciendo el coeficiente de arrastre obtenido de experiencias

$$C \frac{V^2}{2g} = \frac{R/A}{\rho g}$$

$$R = \frac{1}{2} C \rho A V^2$$

Viento actuando perpendicularmente al eje de la embarcación.

$$R = 1.6 \times 10^{-6} L (D - d + 15) V^2 \quad (10)$$

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 ft².

= 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 ft².

V = Velocidad de la corriente en nudos

Se puede utilizar la siguiente fórmula para obtener el área de la superficie mojada.

$$S = 15.6 \sqrt{WL}$$

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 proyec-
tadas 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 ϕ y c

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)

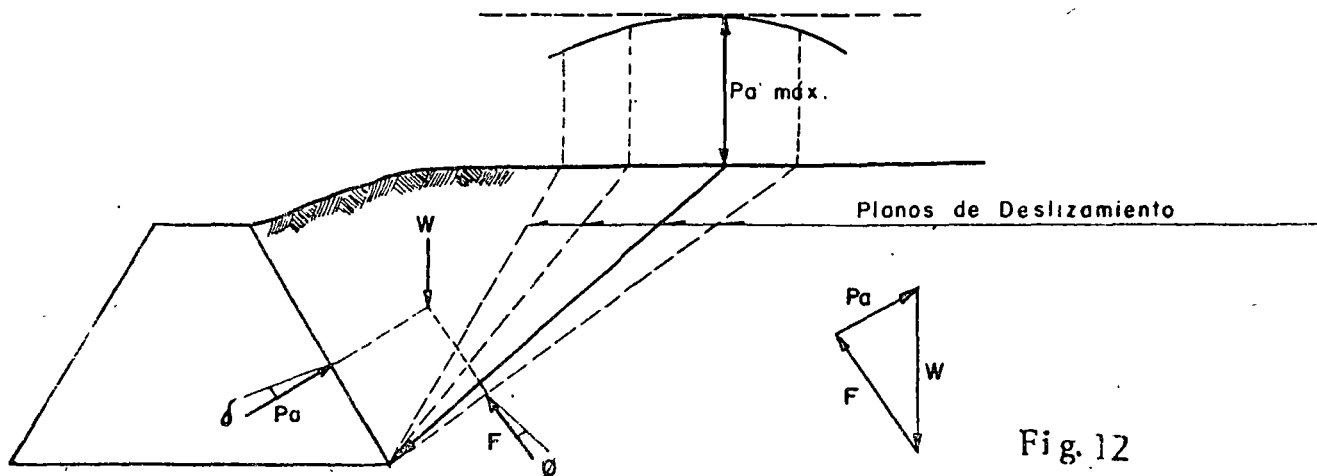
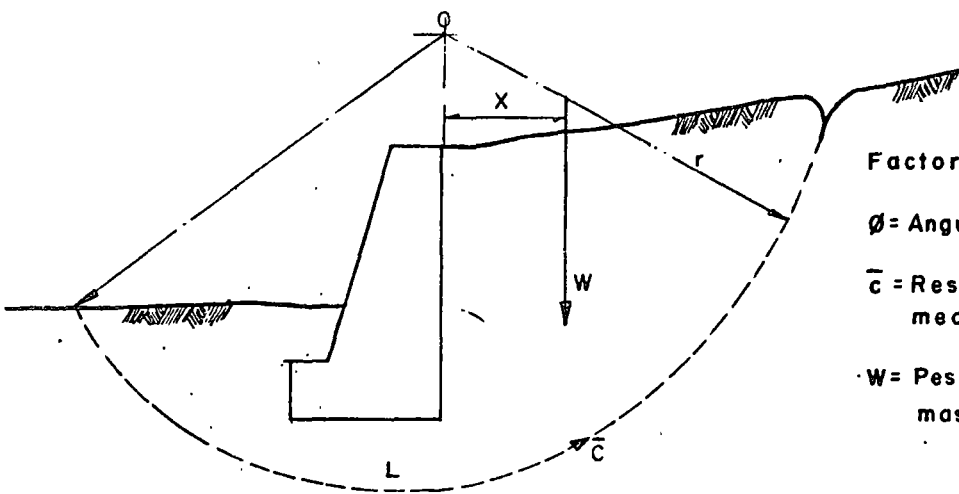


Fig. 12



Factor de seguridad = $\frac{r \bar{c} L}{W X}$

ϕ = 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

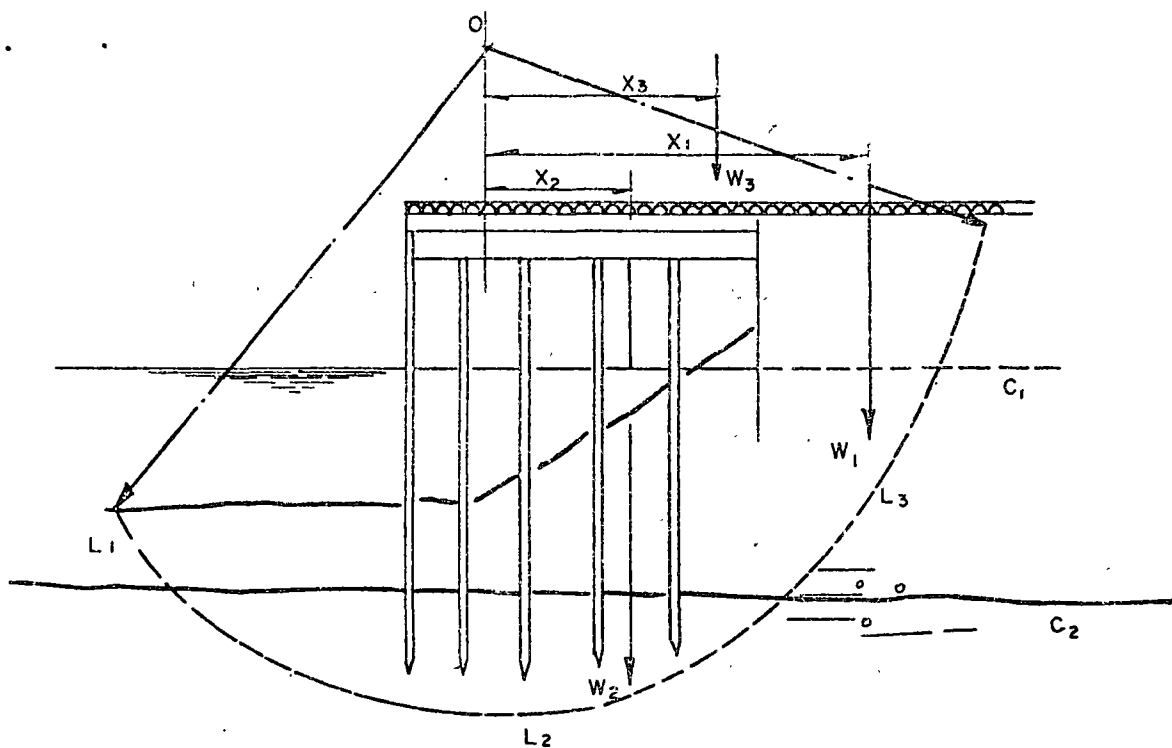


Fig. 14

FACTOR DE SEGURIDAD

$$= \frac{r [C_1 (L_1 + L_3) + C_2 L_2]}{W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3}$$

$\phi = 0$

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.

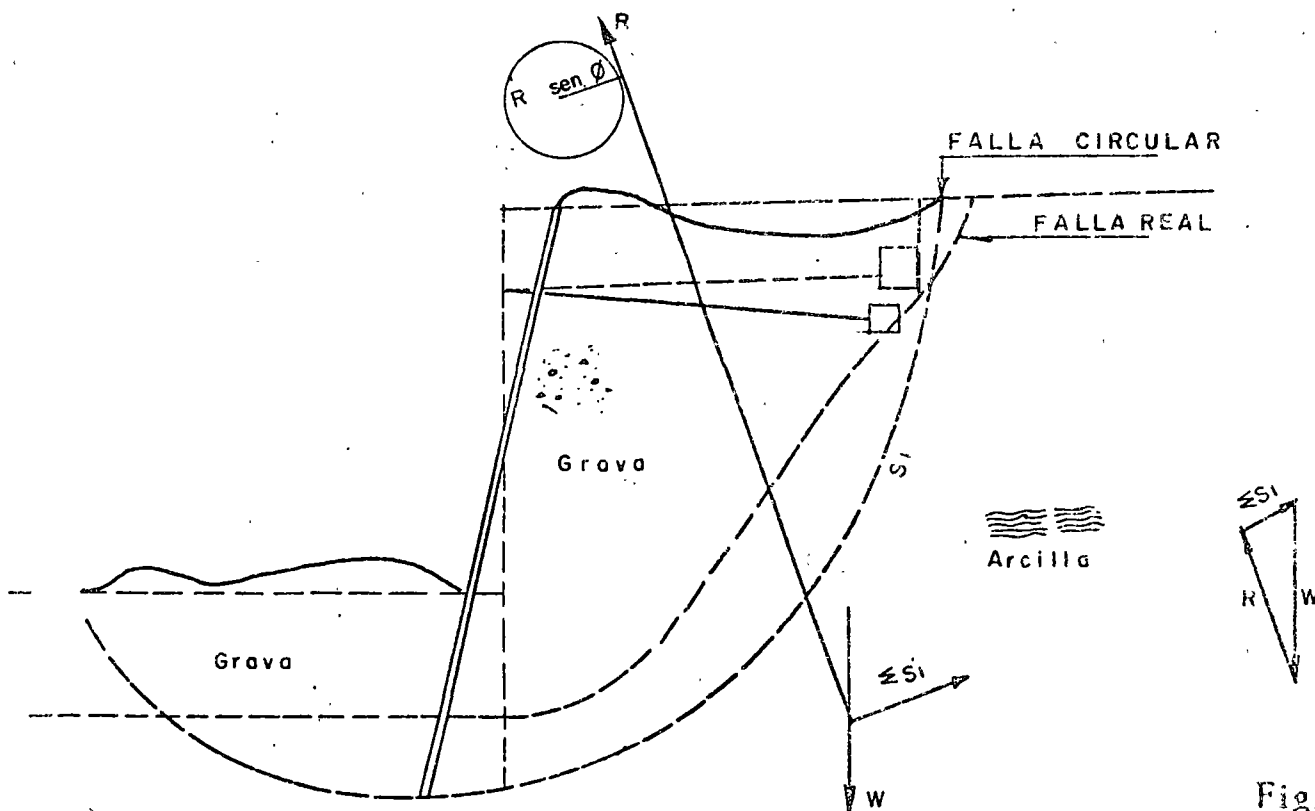


Fig. 15

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)

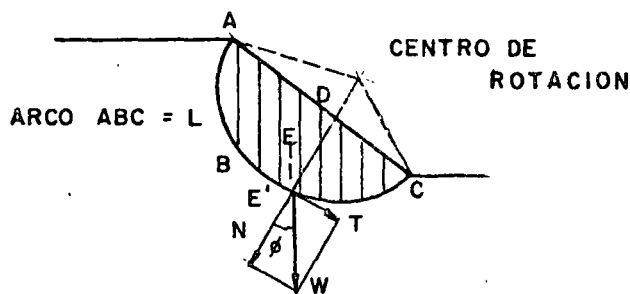


Fig. 16

Los tres pasos seguidos de acuerdo con el método sueco (Swedish Method) son los siguientes:

- Considerar el centro de rotación para la falla.
- 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^i 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^i , es T. La fuerza resistente lo es en parte debido a la fricción y en parte a la cohesión. La primera igual a $N \tan \phi$, 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 $\tan \phi \Sigma N + CL$, donde L es la longitud total de la línea de falla $A B C$, entonces el factor de seguridad verdadero es:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\tan \phi \Sigma N + CL}{\Sigma T} \quad (11)$$

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 por 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 de 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. $\sum T$ actúa 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 O, 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°

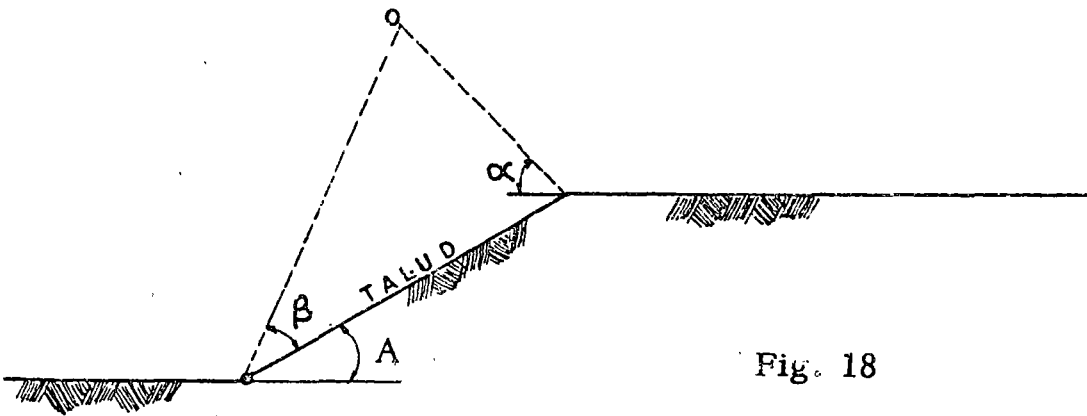


Fig. 18

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 ϕ . -

Este método está basado en la consideración de que la reacción resultante de la línea de falla circular toca a un círculo de radio $r \sin \phi$ teniendo como centro el mismo que la línea de falla o (fig. 19). En la Fig. 15 se sigue este procedimiento.

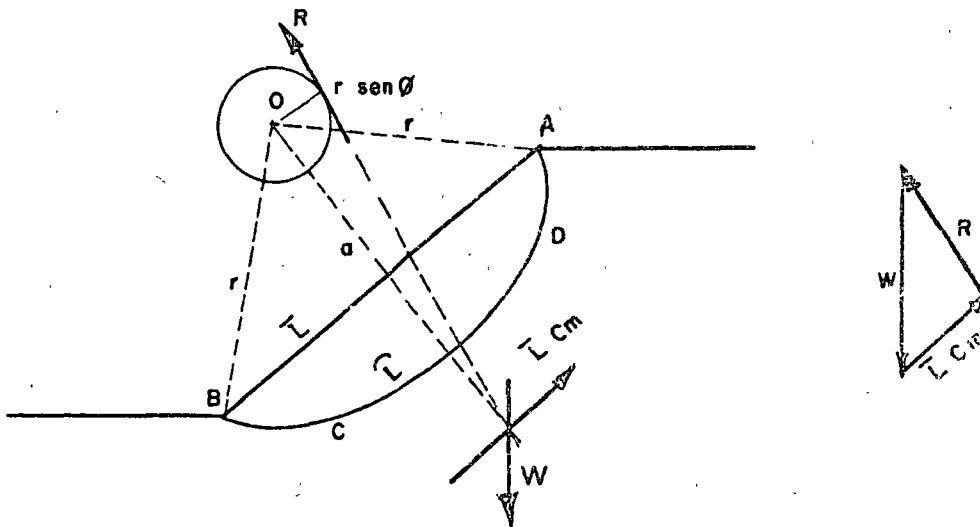


Fig. 19

La reacción en cada dovela, forma un ángulo \varnothing con el radio y por lo tanto tiene un brazo de momento $r \text{sen } \varnothing$, y como consecuencia la resultante total deberá tener el mismo brazo.

Se considerará que la cohesión unitaria C_m 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 C_m es constante a lo largo del arco deslizante $A B = \widehat{L}$, su resultante será $\bar{L} C_m$, donde \bar{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 $\bar{L} C_m$ alrededor del mismo punto.

$$\widehat{L} C_m r = \bar{L} C_m a$$

$$a = r \frac{\widehat{L}}{\bar{L}} \quad (12)$$

En otras palabras, el valor del brazo de la resultante, no depende del valor de los esfuerzos C_m considerando a éstos constantes a lo largo de la línea de falla y la localización de la resultante $\bar{L} C_m$, puede determinarse fácilmente ya sea que se conozca o no la cohesión unitaria C_m .

La cuña $A B C D$ está en equilibrio bajo la acción de las siguientes fuerzas:

- a) Su peso
- b) Resistencia cohesional $\bar{L} C_m$ actuando paralela a la cuerda $A B$.
- c) Resistencia friccional o reacción de la línea de falla circular.

El valor de la resultante cohesional $\bar{L}C_m$ que actuará en el terreno puede encontrarse por equilibrio, y la correspondiente cohesión unitaria - puede obtenerse simplemente dividiendo el valor total de $\bar{L}C_m$ entre \bar{L} . Si el valor de C_m así obtenido es menor que la cohesión máxima C que puede soportar el suelo dado según una prueba de cortante, no se presentará 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 círculo

Los valores de $\bar{L}C_m$ y R pueden medirse a escala en el polígono de fuerzas.

Los resultados de los dos métodos antes descritos, son prácticamente 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 ducks 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

- 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 querer 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-

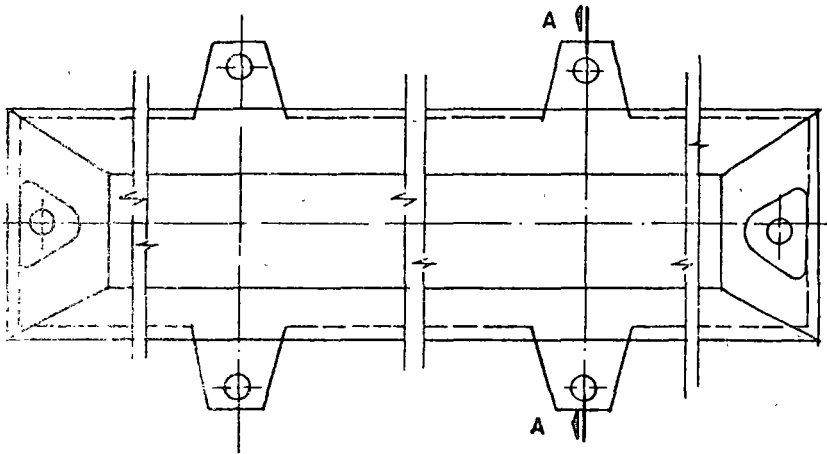
si siempre se prefiere utilizar pilotes de madera.

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.

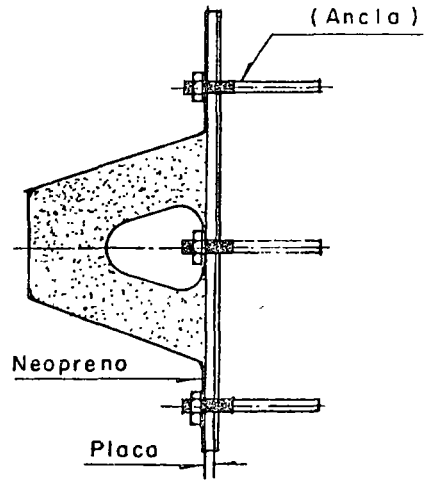
Refiriéndonos al inciso (e) podemos mencionar algunos tipos de defensas en las cuales se aprovecha la resistencia del agua para absorber energía y algunos sistemas poco comunes a base de arreglos complicados de resortes, muelles, pistones, piezas de hule, madera o cualquier elemento elástico que absorben 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.

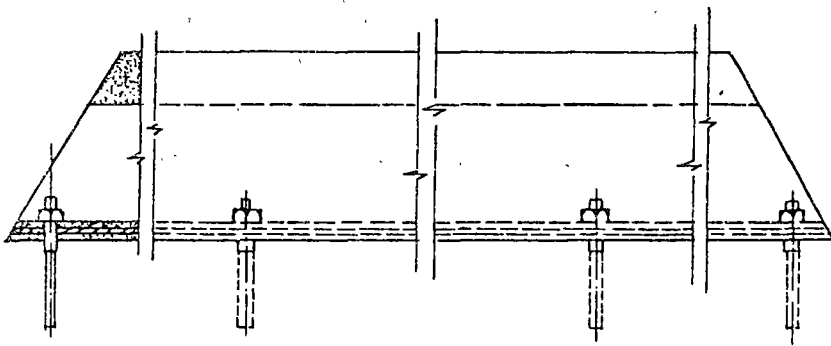


E L E V A C I O N



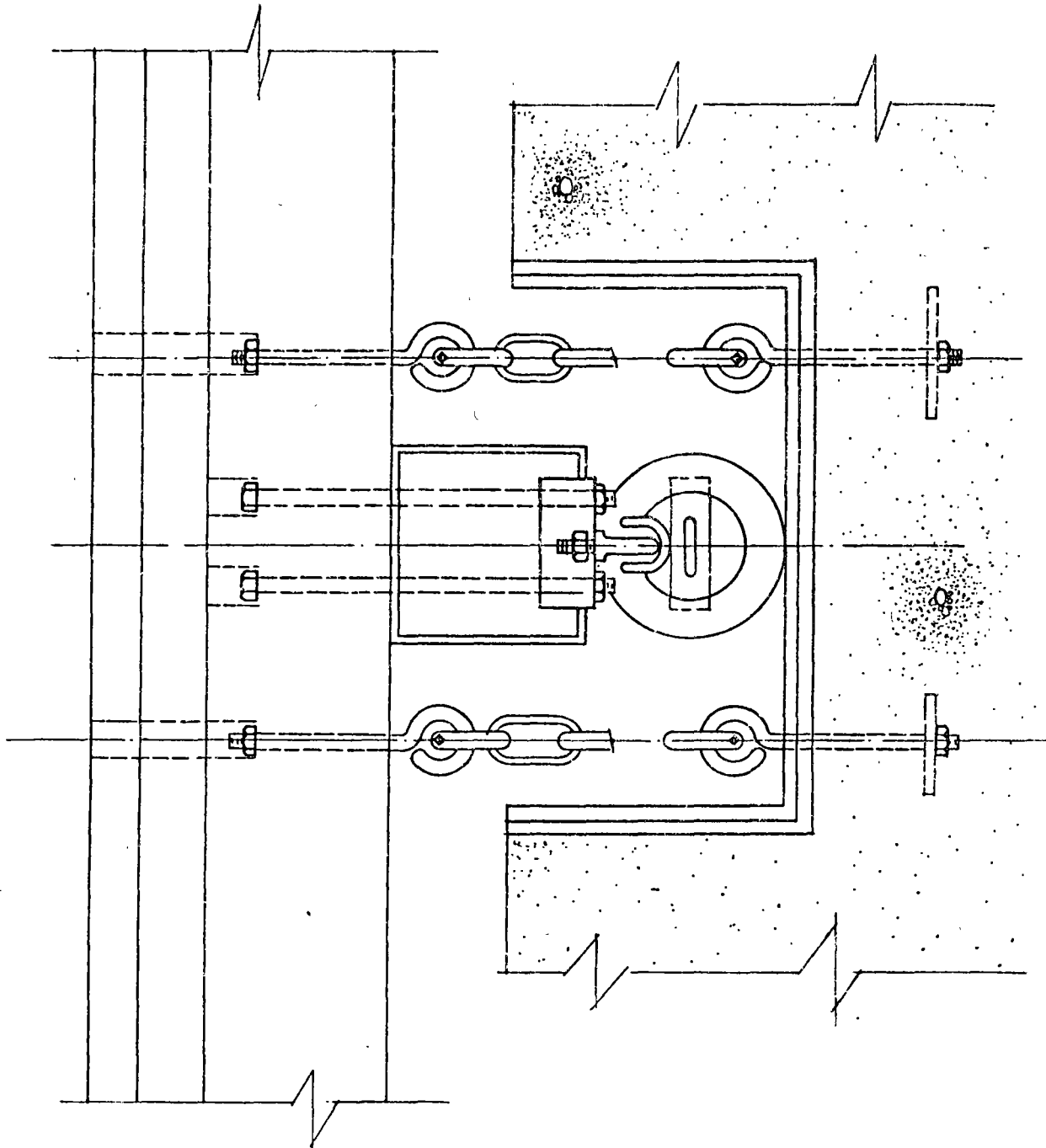
SECCION A-A

Fig. 20



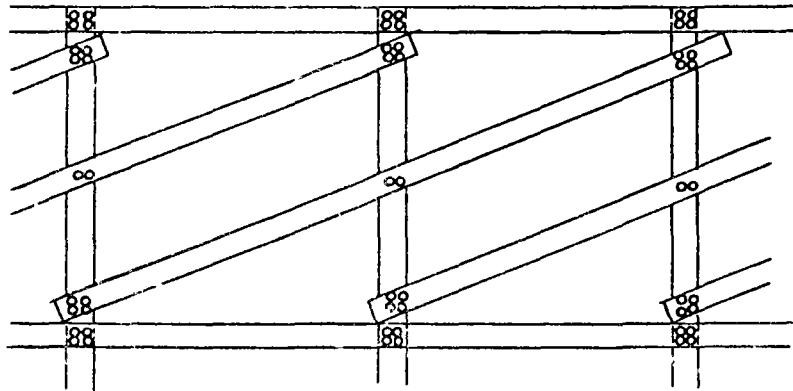
P L A N T A

EJEMPLO DE DEFENSAS FIJAS

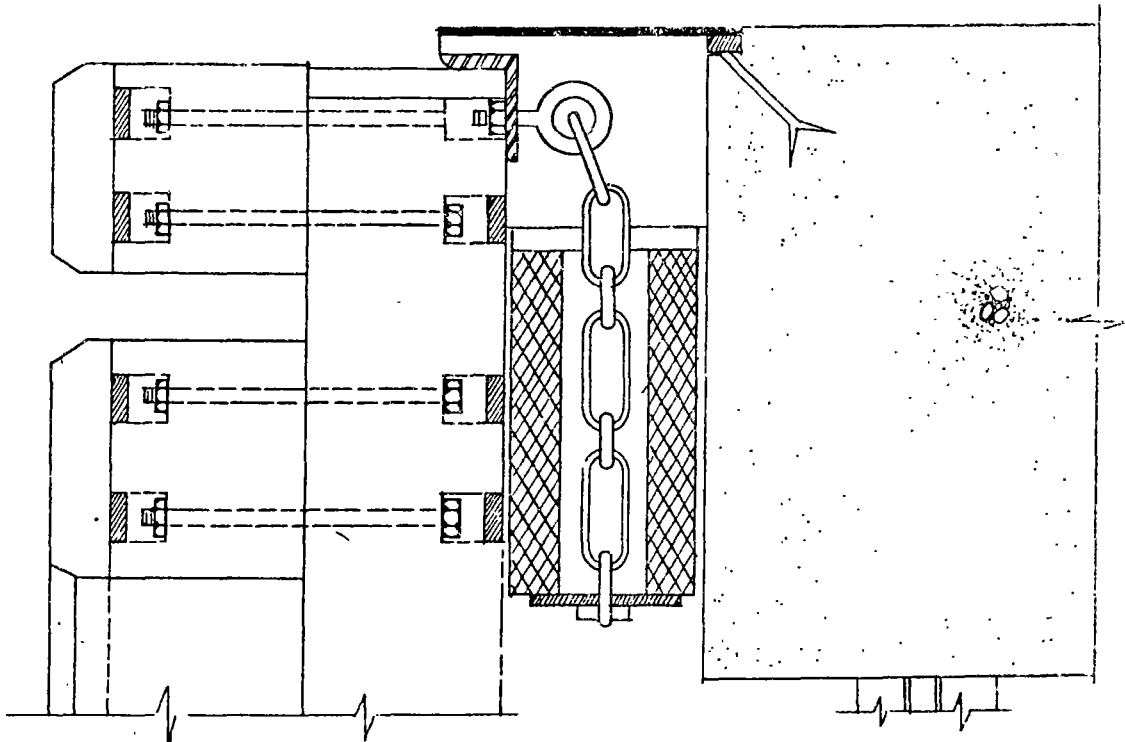


EJEMPLO DE DEFENSAS CON PILOTES

Fig. 21



ELEVACION F R O N T A L



S E C C I O N

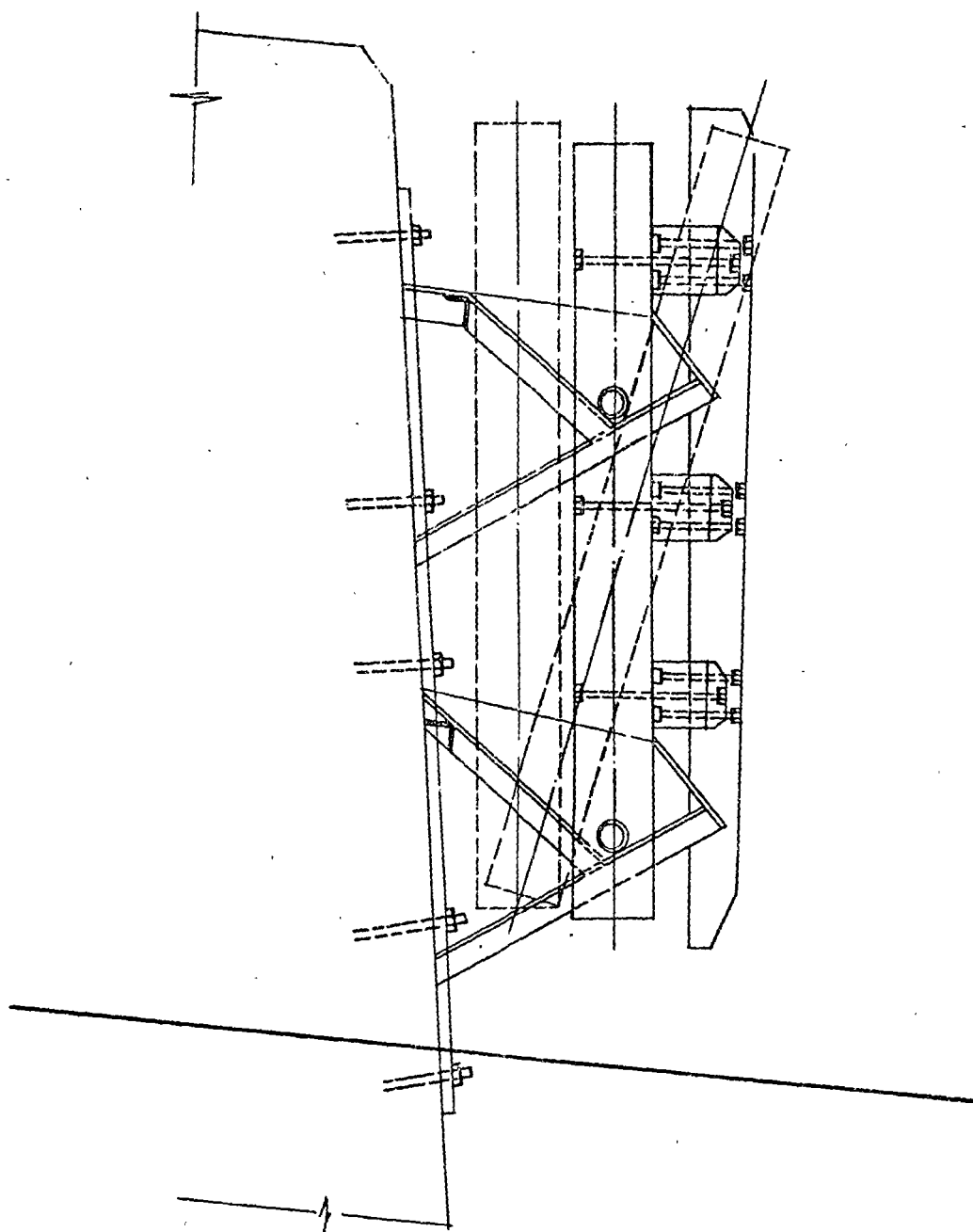


Fig. 22

EJEMPLO DE DEFENSAS DE GRAVEDAD

ESTRUCTURAS DE ÁTRQUE

En general y en cuanto a su localización, se presentan los siguientes tipos de estructuras de atraque:

- a) Marginales o paralelas a la costa
- b) Normales a la costa o en espigón
- c) Cuando en la costa no se tienen condiciones adecuadas para la cimentación o cuando se requieren dragados excesivos para -- obtener la profundidad necesaria del agua, será necesario localizar el muelle a la distancia necesaria del lado del agua y -- unirle a tierra con una pasarela de acceso. Se acostumbra denominar a este tipo de muelle en L o T.
- d) Estructuras de atraque fuera de las instalaciones portuarias.

Los tipos a) y b), son muy convenientes principalmente en el caso de que se tengan que cargar o descargar los barcos cerca de las bodegas haciendo uso de grúas y transportadores, o para el caso de terminales para pasajeros. A los muelles normales a la costa también se les denomina en algunas ocasiones en espigón, puesto que su localización es semejante a la de un espigón, aunque la función es diferente, puesto que un espigón construido generalmente a base de enrocamiento y costales rellenos de cemento, tiene por objeto detener los arrastres litorales para evitar que estos azolven las zonas de operación. Cuando los movimientos de la carga se hacen en forma mecanizada como en el caso de productos conducidos por tubería utilizando bombas y transportados en grandes barcos, tales como los buque-tanques petroleros, la experiencia ha demostrado que el tipo c) es el más indicado, ya que en esta forma se tiene más libertad para las maniobras, y al tenerse menores cargas verticales las

pasarelas de acceso son más ligeras en comparación a lo que resulta en los casos anteriores. El tipo d) es una solución muy simple, rápida y económica para la carga y descarga de grandes barcos en lugares donde no se tienen las instalaciones portuarias adecuadas y principalmente se carece del calado necesario y espacio para las maniobras de ciaboga. En esta forma se eliminan problemas de navegación y el uso de remolcadores. En el caso de las boyas IMODCO utilizadas principalmente para barcos petroleros, se le permite a la embarcación acomodarse en su posición más favorable respecto al viento en condiciones que con otro tipo de instalaciones sería imposible cargar o descargar, se incrementa el factor de seguridad contra incendios u otros accidentes y se pueden mover para colocarse en otros lugares. La comunicación a tierra en este caso se obtiene mediante una tubería submarina.

En las figuras 12, 13, 14, 15, 33, 34, 35 y 36 se muestran algunos ejemplos de muelles del tipo a), de la Fig.40 a la Fig.53 algunas instalaciones con muelles de los tipos b) y c) y en las figuras 54 a 57 tipos de estructuras de atraque alejadas de la costa.

Por lo que respecta al tipo de cimentación se debe elegir la construcción de algunos de los siguientes tipos de estructuras:

Estructuras masivas:-

Convenientes cuando el estrato resistente se encuentra cerca de la superficie del terreno; pueden estar constituidas de un muro de gravedad con material de relleno en el respaldo (Figs.12,13, 33, 34, 35 y 36), que deberá elegirse en tal forma que sea ligero y suficientemente resistente.

También se tienen estructuras masivas en las cuales, apoyadas sobre paredes de tablestaca se colocan rellenos de arena, grava, concreto —

pobre, etc. constituyéndose en esta forma muros (Fig. 15) gaviones o recintos celulares (Figs. 48, 49 y 53). Las características del terreno en cuando a su capacidad de carga y resistencia de fricción deberán ser satisfactorias durante y después de la construcción.

Razones definitivas que justifican la selección de estructuras masivas son el hecho de que se haga necesario ganar terreno sobre el que se construirán nuevas bodegas, para construir terminales de pasajeros, en diques o dársenas de maniobras artificiales, etc.

Estructuras sobre pilotes:

Son las adecuadas en el caso de tenerse un terreno de poca resistencia y un estrato resistente alejado de la superficie del terreno, o cuando se quiere absorber energía aprovechando la flexibilidad de la estructura (Figs. 14 y 40-54).

Diques de Alba.-

Son estructuras especialmente diseñadas para amarrar las embarcaciones o para recibir los impactos y absorber la energía de éstas. En el primer caso se dice que son de amarre y en el segundo de atraque. Los diques de alba de atraque protegen a la estructura principal que únicamente se diseñará por cargas verticales y sismo o empujes del terreno en su caso. Es conveniente construir estructuras bastante flexibles con pilotes verticales o estructuras rígidas (a base de pilotes inclinados o masivas), con un sistema de defensas muy efectivo para evitar la probabilidad de grandes impactos que con mucha frecuencia causan fallas considerables.

Estructuras sobre pilas.-

Son un caso intermedio de rigidez y en general también se utilizan en el caso de que el estrato resistente esté cercano.

Como punto de partida, deberán conocerse las características del suelo de cimentación, y de preferencia tenerse curvas de nivel de los estratos.

CIMENTACIONES DE PILOTES

Desde un punto de vista muy estricto, el análisis por cargas horizontales es el de una viga sobre apoyos elásticos, no obstante debido a la gran rigidez de la superestructura en comparación con la subestructura se procede en una forma más práctica.

En general las longitudes del muelle entre juntas de expansión son grandes y el impacto se distribuye en el número de marcos comprendidos en una expansión de 45° (fig.23).

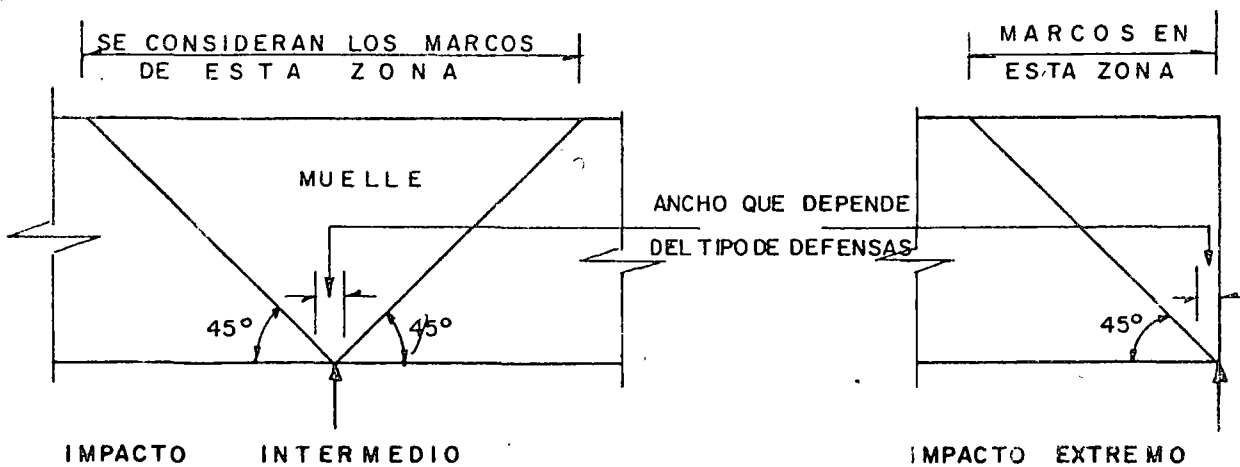


Fig. 23

Para el caso de estructuras de corta longitud debe tenerse especial atención en la tendencia al giro alrededor del centro de rigidez, a menos de que la carga se aplique en dicho punto.

En todos los casos los marcos extremos se encuentran en las condiciones más desfavorables, por lo que frecuentemente es conveniente colocar pilones inclinados.

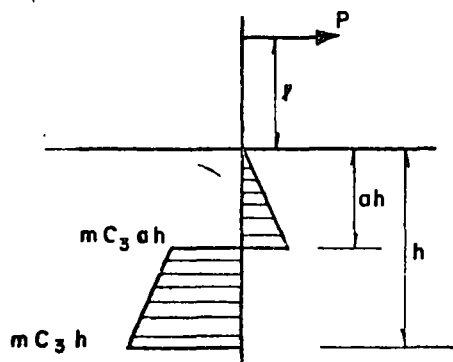
La deformación de los marcos está muy influenciada por la longitud de los pilotes y si estos solo son verticales, verticales e inclinados o

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).



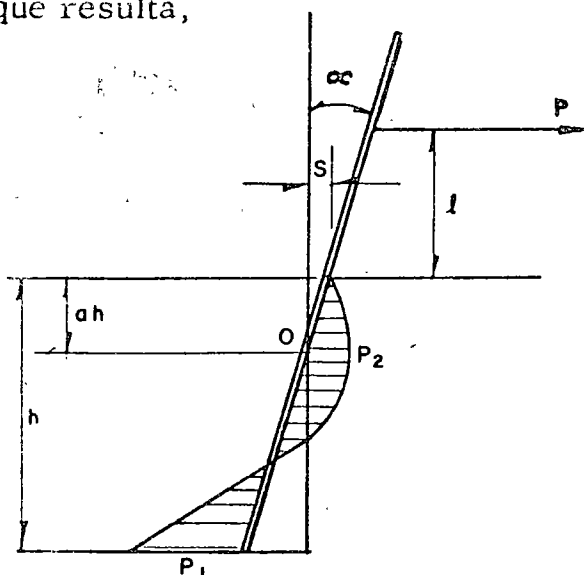
C_3 = EQUIVALENCIA HIDRÁULICA DEL TERRENO.

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 $s(1 - \frac{x}{ah})$ en donde s es el desplazamiento en la superficie, con lo

que resulta,



$$a = \frac{4l + 3h}{6l + 4h}$$

$$n = (2l/h + 1)$$

$$P_1 = 6 \frac{Pn}{hd}$$

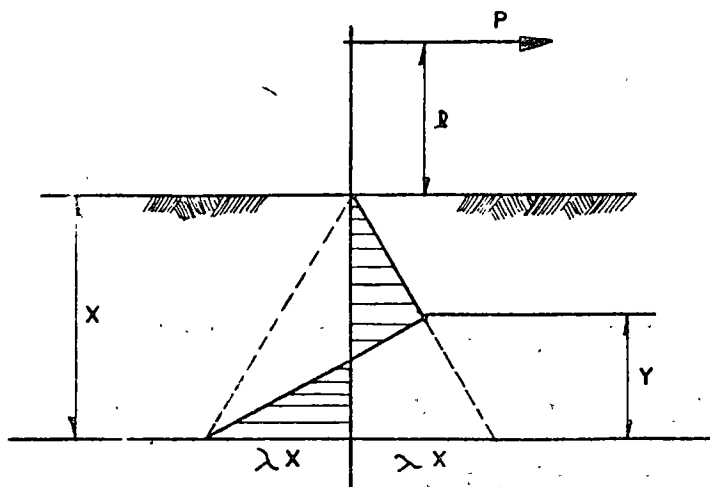
$$P_2 = \frac{a}{4(1-a)} P_1 \quad (13)$$

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° .

Según las experiencias, el pilote no recobra su posición original cuando la deformación en la superficie del terreno es $0.3 ah \operatorname{sen} \alpha$ 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.



$$\lambda^2 X^4 - 8P\lambda X^2 - 12Pl\lambda X - 4P^2 = 0$$

$$Y = \frac{1/2 \lambda X^2 - P}{\lambda X} \quad (14)$$

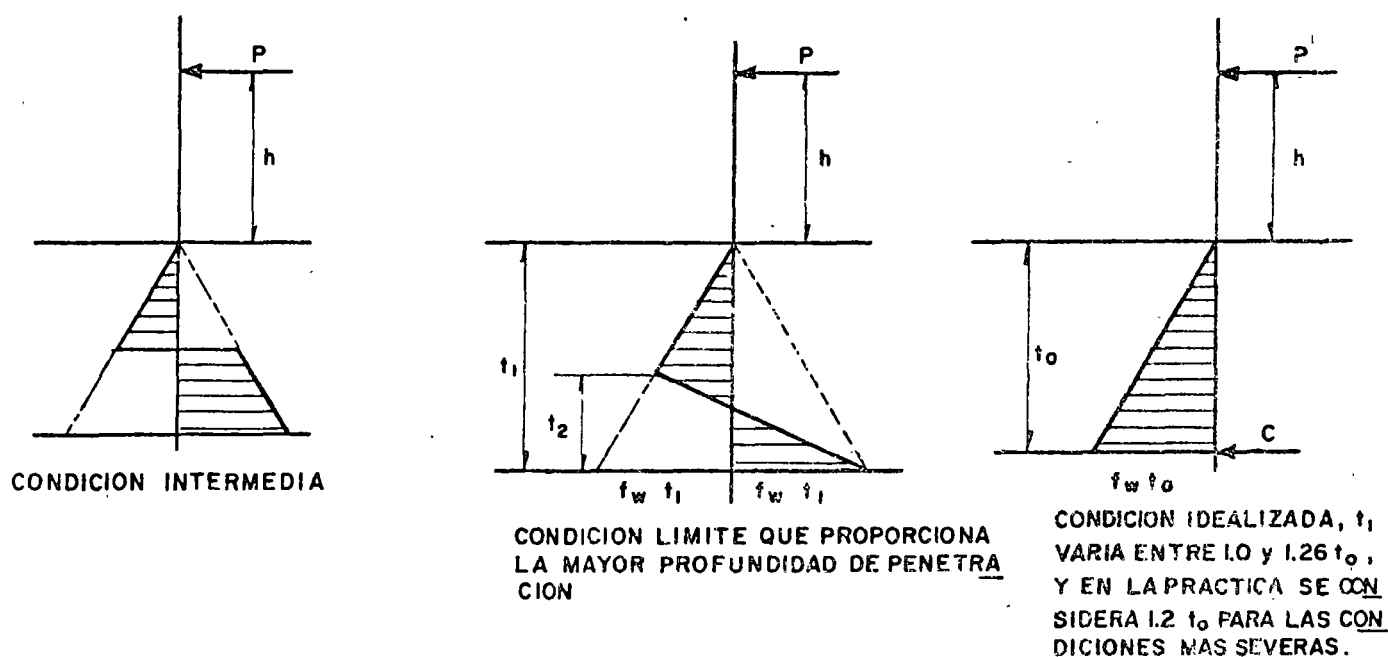
Fig. 26

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 leídas 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

Tomando equilibrio de momentos respecto al extremo inferior en el 2o. y 3er diagrama, suma de fuerzas igual a cero en el 2o. diagrama 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).

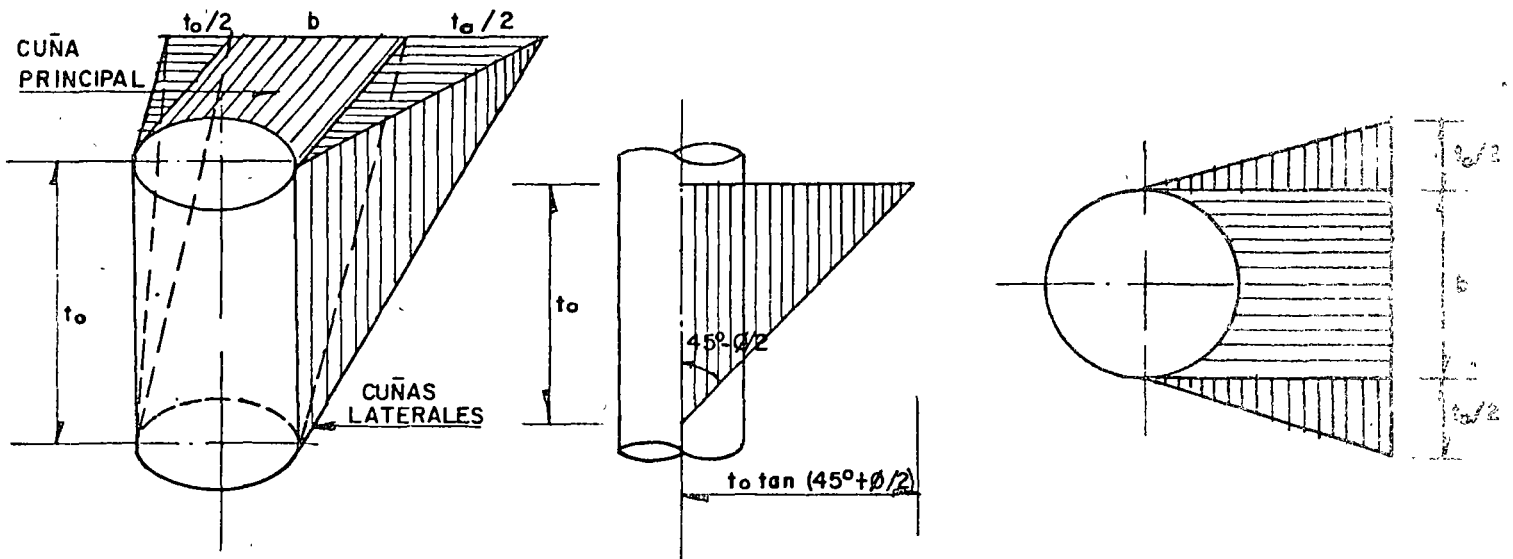


Fig. 28

Con lo que se obtienen los siguientes diagramas:

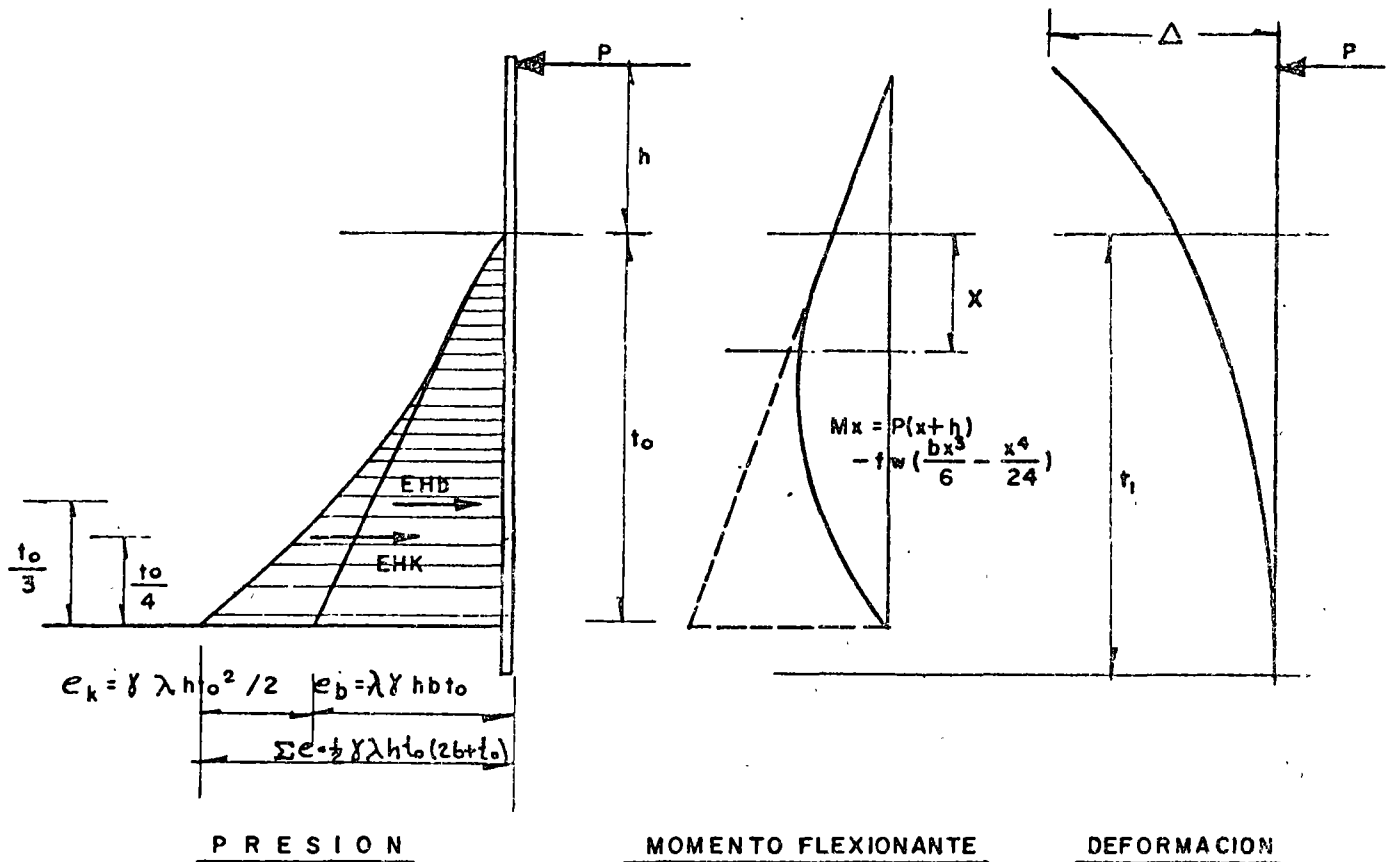


Fig. 29

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).

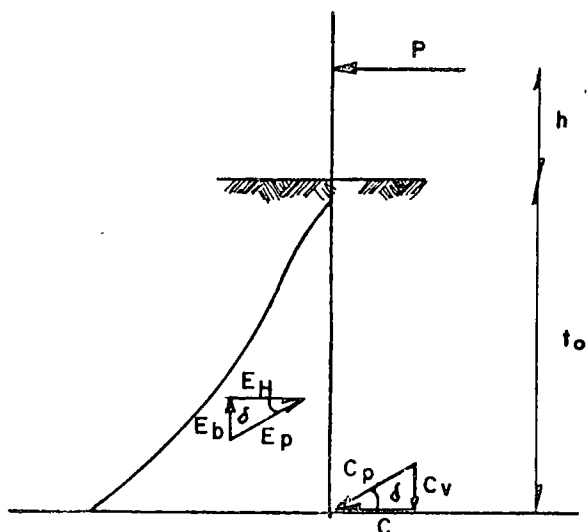


Fig. 30

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:

$$R = 2W = \frac{u W_1 h_1}{S + q \tan \phi} \quad (16)$$

en donde:

R = Resistencia última del terreno a penetración (ton)

W = Carga de seguridad (ton)

W_1 = Peso del martillo (ton)

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 duras, arenas compactas y gravas

ϕ = Angulo de fricción interna virtual del terreno

l = Longitud hincada del pilote (ft)

L = Longitud total del pilote (ft)

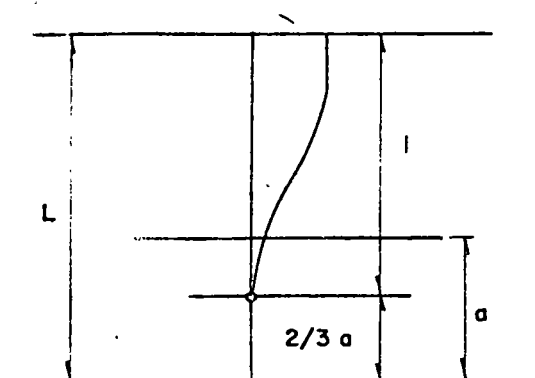
p = Perímetro del pilote

P = Peso del pilote

Angulo de reposo	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Valores de m	32	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

En la ref. 3 se dice:

Para pilotes de punta tómesese 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 L_r que Cummings ha obtenido como:

$$L_r = \sqrt[5]{\frac{216 E I N}{\gamma}} \quad (17)$$

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

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 resistencia. 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 características, 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)

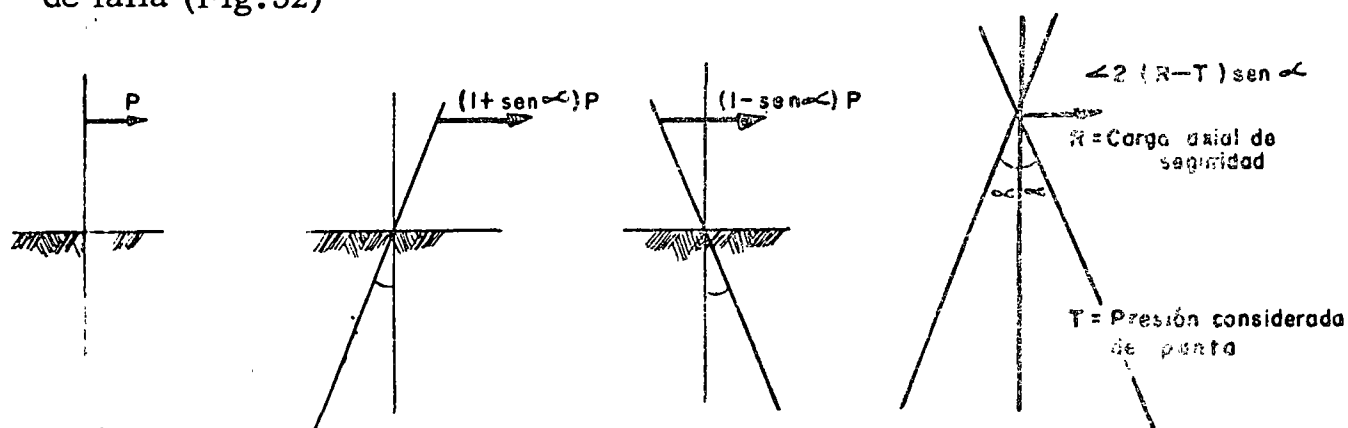


Fig. 32

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.

DUQUES DE ALBA

Los factores principales por considerarse son: La elasticidad del terreno, 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 puede estar constituido de uno o varios de éstos.

Tal como antes se dijo se puede aproximadamente considerar el punto de fijación localizado 0.3 m 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 fuerza horizontal debido al impacto de la embarcación. Si dicha fuerza es P y la longitud del cantiliver l , la deformación máxima será $\Delta = P l^3 / 3 E I$, y el trabajo hecho por la fuerza sobre el pilote $\Delta P / 2$. Si la energía de la embarcación es $w v^2 / 2 g$, solo se transmitirá al duque de alba una fracción $x = \eta \frac{w v^2}{2 g}$, y en esta forma,

$$\frac{\Delta P}{2} = x = \frac{P^2 l^3}{6 E I} \quad (18)$$

Si se tienen varios pilotes unidos a un cabezal rígido

$$\Delta = \frac{P l^3}{12 E I}$$

Se obtiene sobre el pilote i un momento M_i dado por la expresión

$$M_i = n k_i^2 \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{\sum k_i^3}}$$

$$k_i = \frac{I}{l_i^3}, \quad n = \sqrt{6 E}$$

Desde luego los esfuerzos se reducen enormemente haciendo uso de defensas que pueden ser almohadas de cables, resortes, piezas de hule, — madera, pilotes de madera o una combinación de éstos.

Solamente en casos muy raros, un barco navegando golpea a un muelle o duque de alba en tal dirección que transmita el total de su energía cinética y aún entonces se pierde un porcentaje apreciable por impacto. La longitud hincada del pilote está sostenida elásticamente en el terreno, lo cual dentro de ciertos límites contribuye en su parte a la deformación reduciendo la intensidad del impacto del choque.

Frecuentemente esfuerzos estructurales calculados cuidadosamente no tendrán validez con un diseño no juicioso de las defensas. Es particularmente 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 barco pega oblicuo y no centrado, por lo que hay otra absorción de energía debido al giro alrededor del centro de rigidez que da un factor de seguridad adicional al no considerarse. Recuérdese que el coeficiente de fricción puede considerarse de 0.5. El Dr. Blum recomienda por economía duques de alba lo más flexibles posibles para poder absorber energía con la mayor deformación posible y en consecuencia con la menor fuerza. En una forma muy amplia estudia las secciones más convenientes y económicas, y recomienda especialmente las secciones en cajón o en caso de no ser muy costosos, tubos huecos. En general este tipo de pilotes no llevarán contraventeo y éste solo se pondrá en el cabezal.

Las estructuras de madera fueron muy usadas con muy buena efectividad. Siempre son rígidas contraventeadas a diferencia de las de acero que en dicho caso tienen un costo inicial elevado y requieren un sistema de defensas muy efectivo que si falla hace fallar a la totalidad de la estructura. No obstante, un duque de alba flexible de acero en general es superior en costo y vida útil a uno de madera. Desde luego es necesario colocar piezas de madera entre los pilotes como defensas.

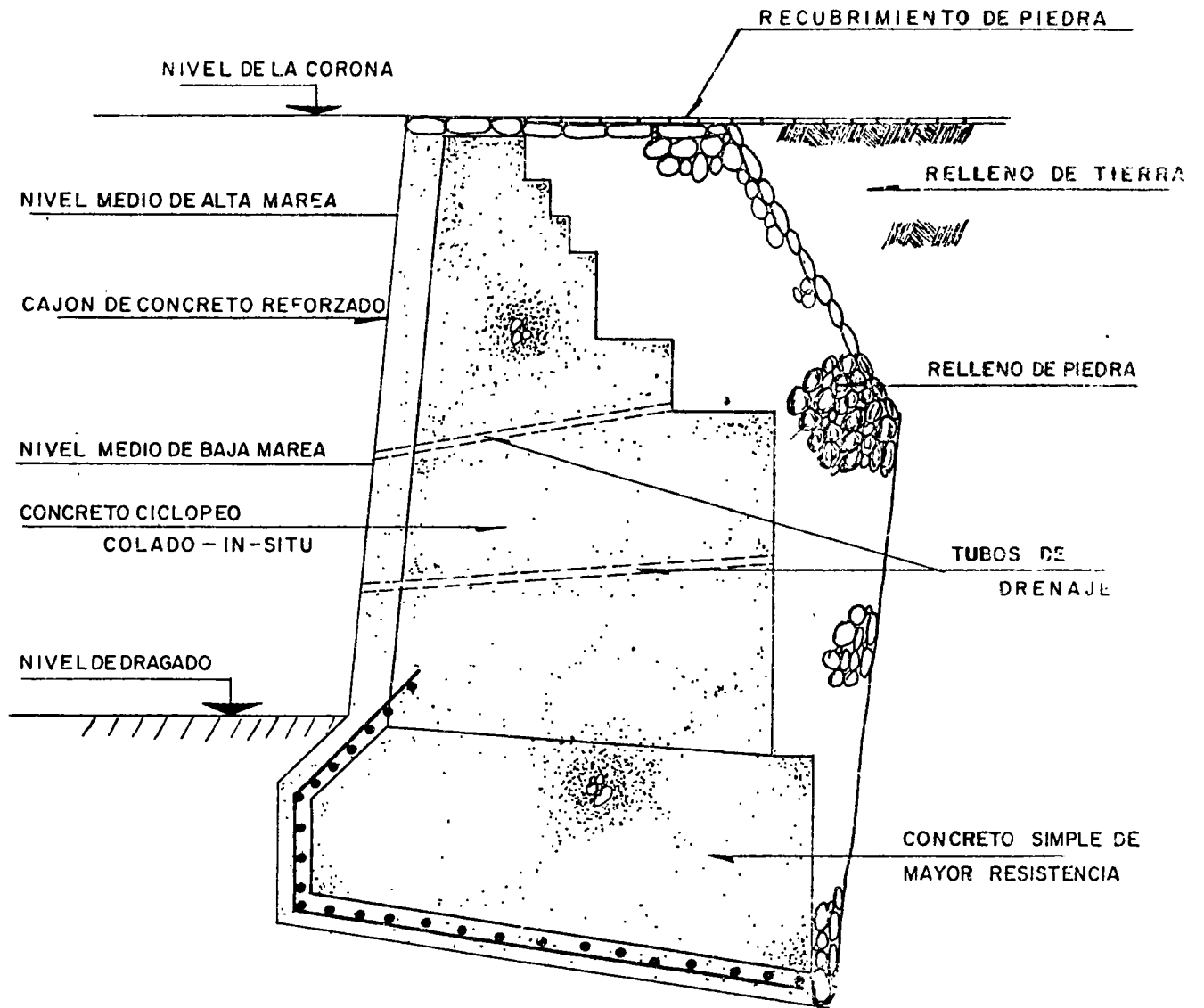
En México la madera y principalmente el acero son materiales más caros que el concreto en general, y la corrosión en el acero es muy considerable. Siempre y cuando la posibilidad de daño local se reduzca con defensas eficientes y se evite la formación de grietas a través de las cuales el agua de mar destruya el acero de refuerzo, no hay razón por la cual una estructura de concreto no pueda ser hecha bastante elástica y flexible.

Existen desarrollos para demostrar que es más efectivo absorber energía con pilotes inclinados que se deforman longitudinalmente que con pilotes verticales y contraventeo superior, lo cual no siempre está de acuerdo con los resultados de la práctica.

MUROS DE GRAVEDAD

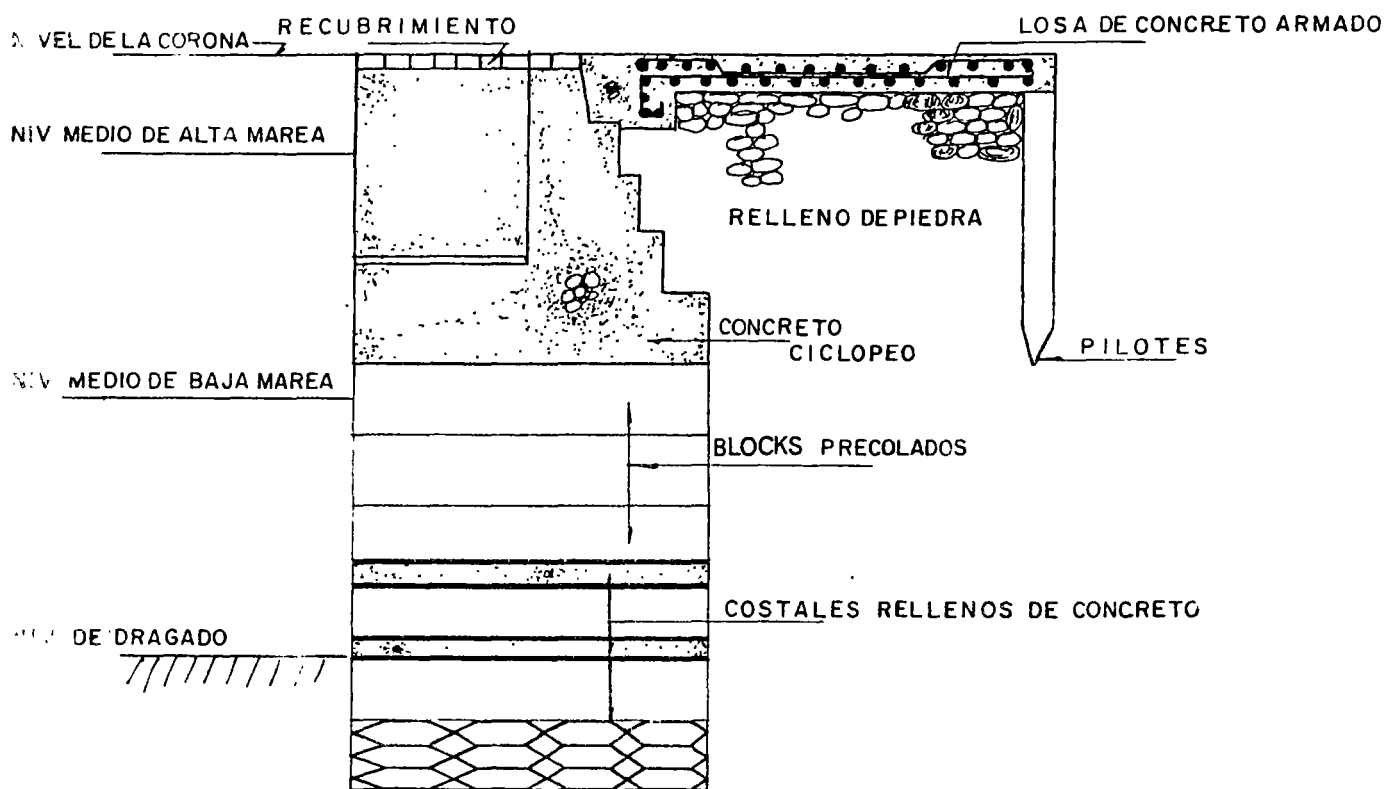
Su análisis es ya bien conocido, y consiste en suponer secciones y revisar el equilibrio en diferentes niveles que debe resultar con un factor de seguridad adecuado, así como aplicar la fórmula de la escuadría y -- obtener esfuerzos máximos que no deben exceder los permisibles de los materiales. Se considerarán 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 excavar el material del centro y cargarse, rellenándose posteriormente. En las Figs. 12, 13, 33, 34, 35 y 36 se muestran algunos ejemplos de muros de gravedad.

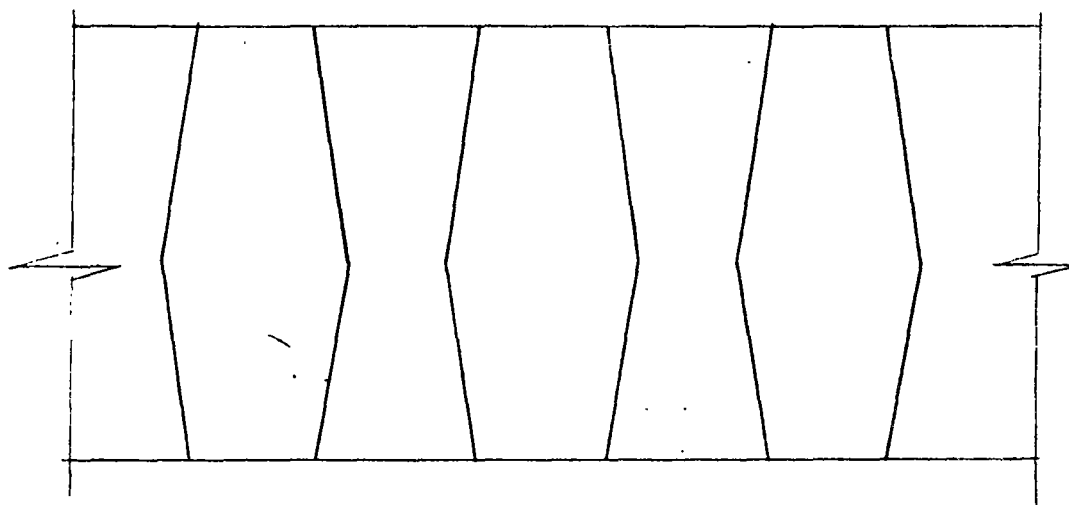


SECCION TRANSVERSAL

Fig. 33



SECCION TRANSVERSAL



PLANTA DE BLOCKS

Fig. 34

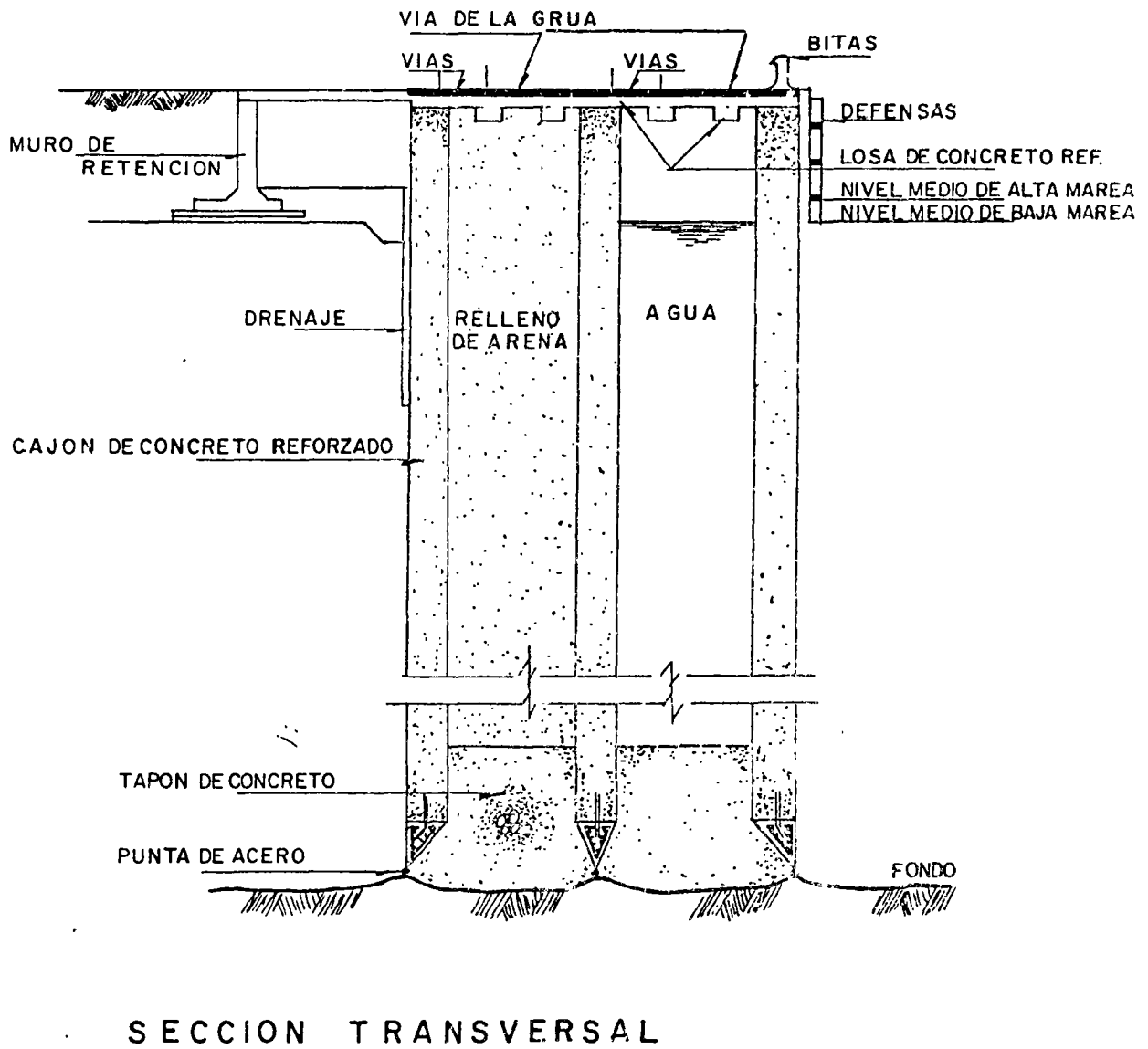
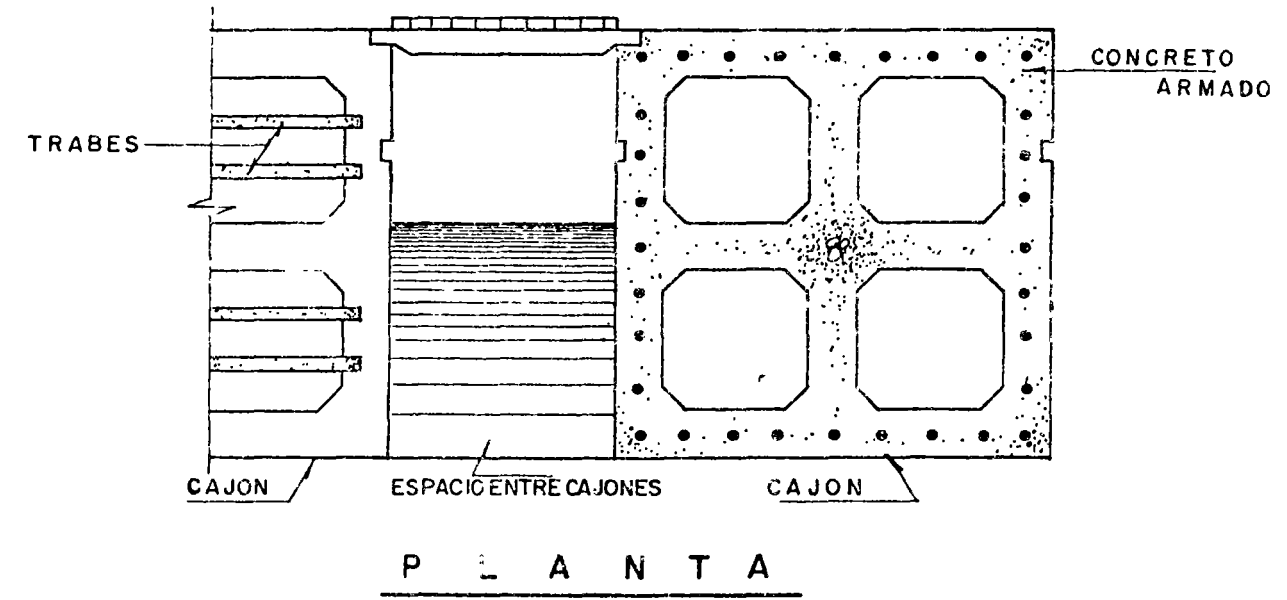
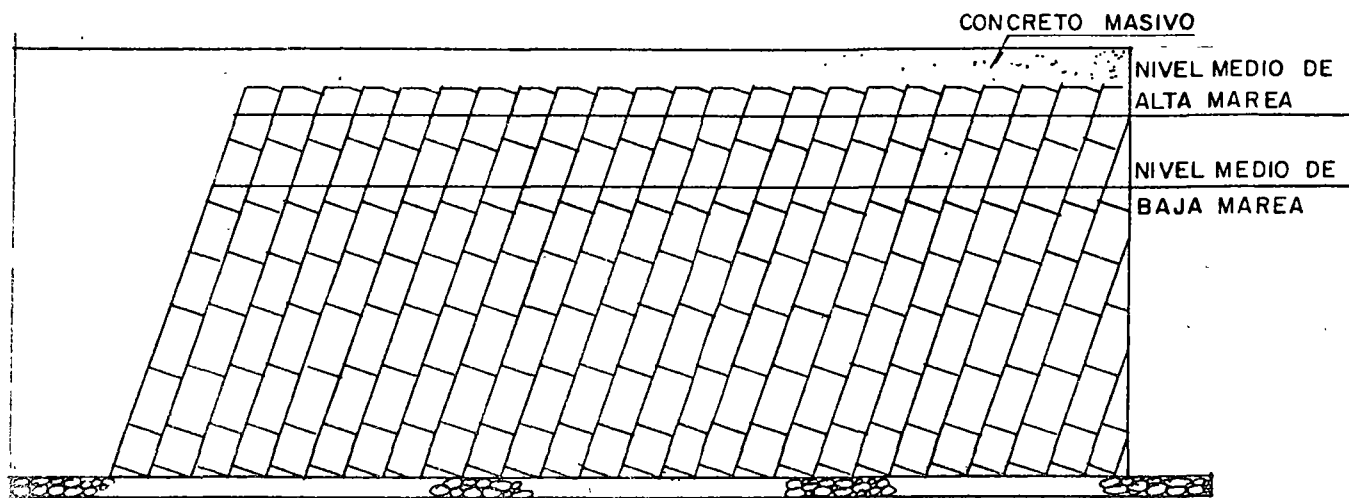
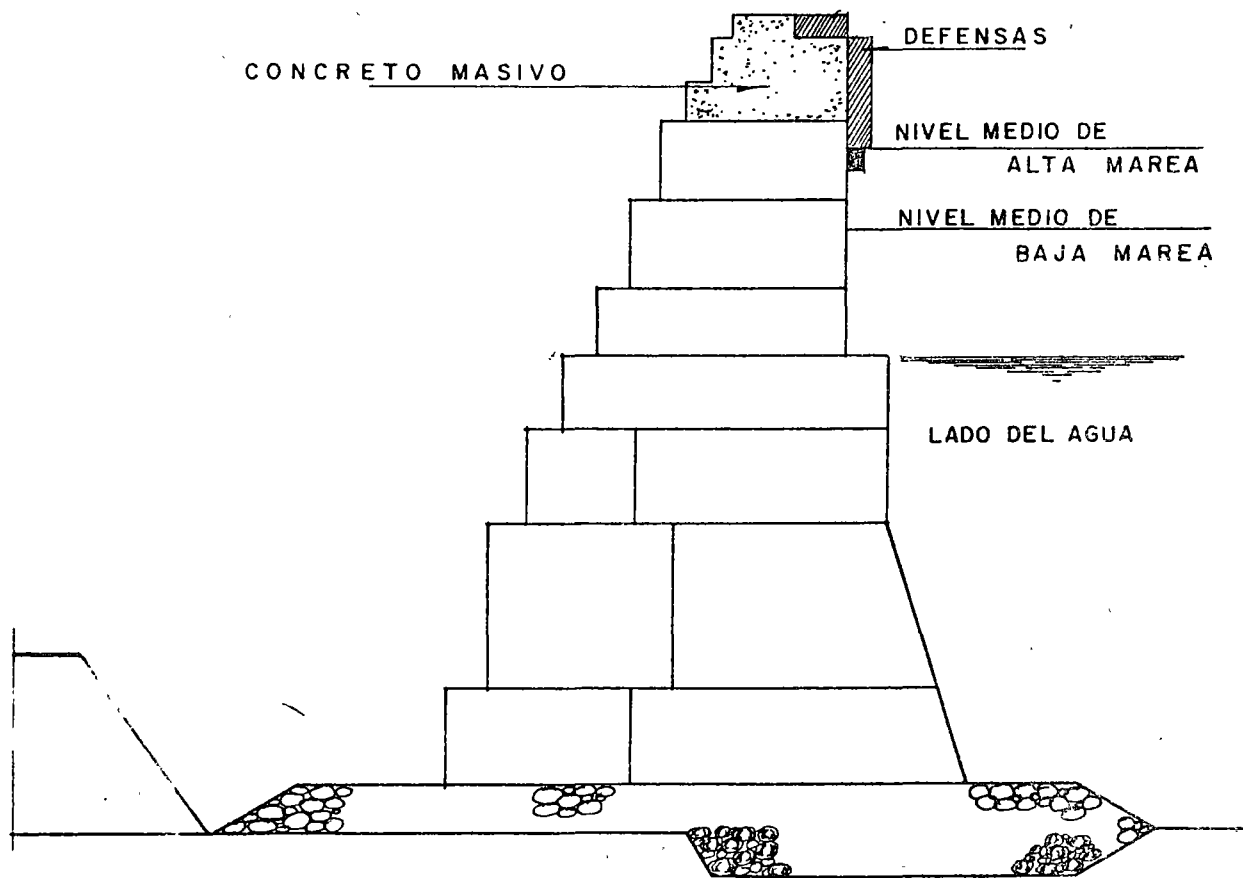


Fig.35



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL

Fig. 36

PAREDES DE TABLESTACA

El primer paso a seguir para calcular una pared de tablestaca es obtener las presiones horizontales que actúan sobre ella. Para suelos granulares 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 profundidad h.	$W_h \left(\frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} \right)$	$W_h \tan^2(45^\circ - \phi/2)$	$W_h \tan^2(45^\circ - \phi/2)$ $- 2C \tan(45^\circ - \phi/2)$	Valores Tabulados
	Resistencia horizontal pasiva máxima a una profundidad d.	$W_d \left(\frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi} \right)$	$W_d \tan^2(45^\circ + \phi/2)$	$W_d \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ $+ 2C \tan(45^\circ + \phi/2)$	
	Resistencia vertical pasiva máxima a presión hacia abajo en una profundidad d	$W_d \left(\frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi} \right)$	$W_d \tan^2(45^\circ + \phi/2)$	$W_d \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ $+ 2C \tan^3(45^\circ + \phi/2)$ $+ 2C \tan(45^\circ + \phi/2)$	
SUPERFICIE INCLINADA	Presión activa a una profundidad h con ángulo de sobrecarga $i = \phi$	$W_h Q \left(\frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} \right)$	SE USA COMUNMENTE METODO GRAFICO.		
	Resistencia pasiva máxima a una profundidad d	METODO GRAFICO	SE USA COMUNMENTE METODO GRAFICO.		Valores Graficados

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 margen 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.

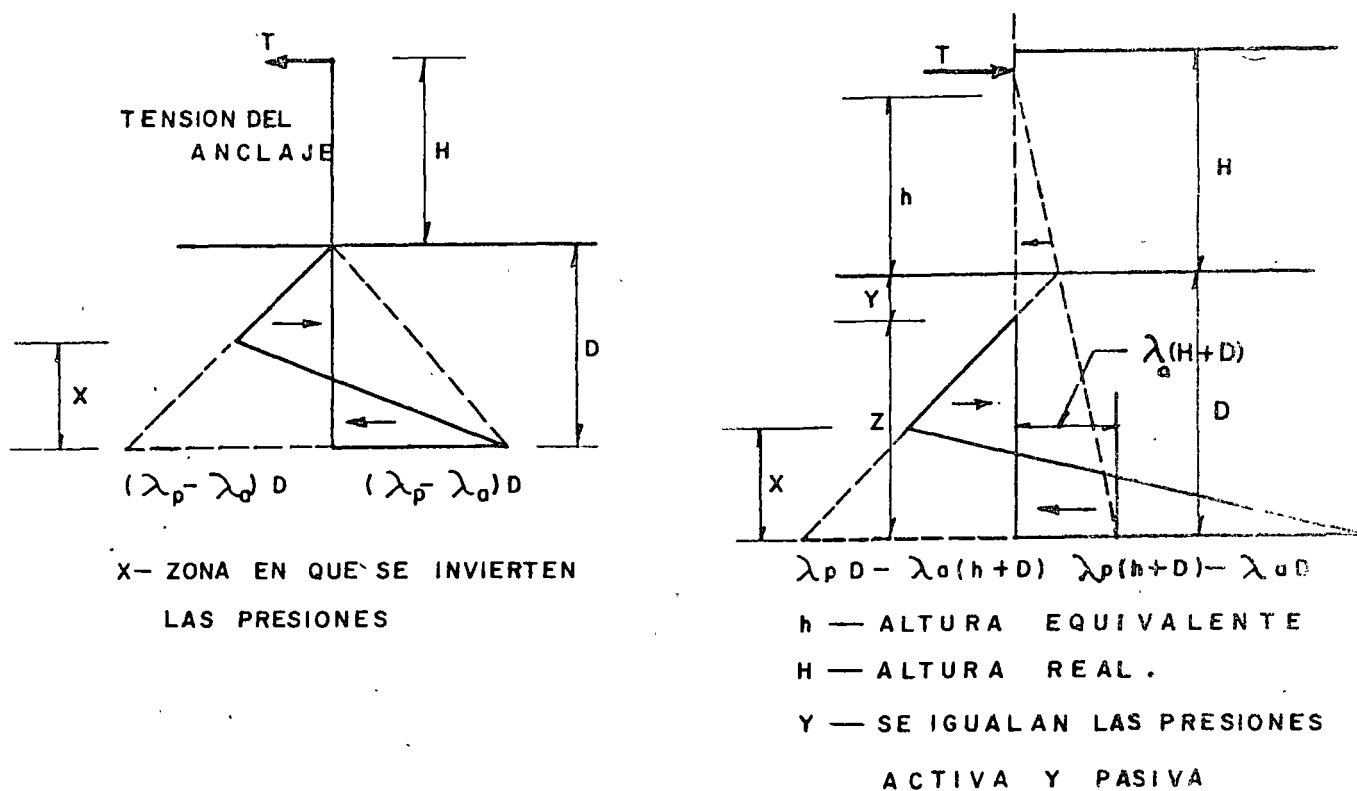


Fig. 37

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 -

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.

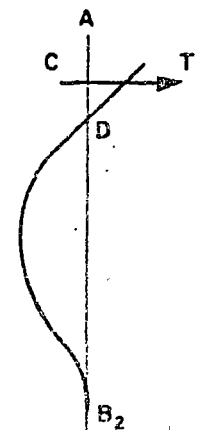
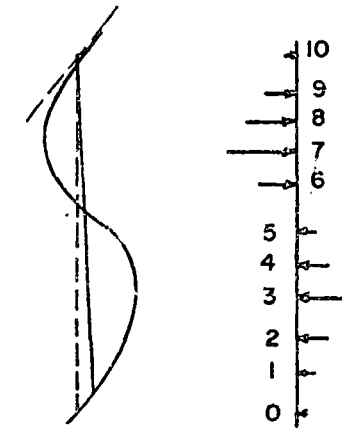
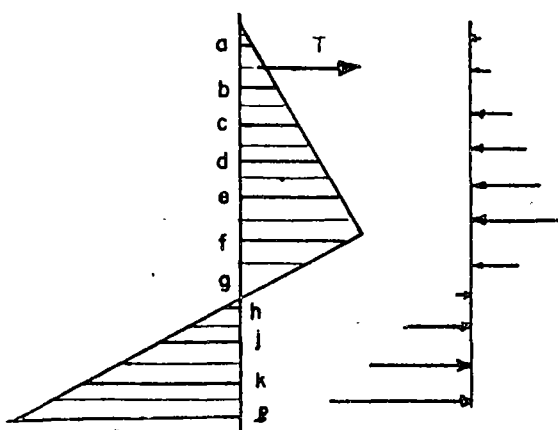
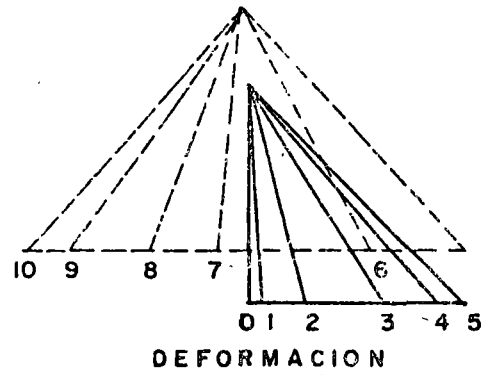
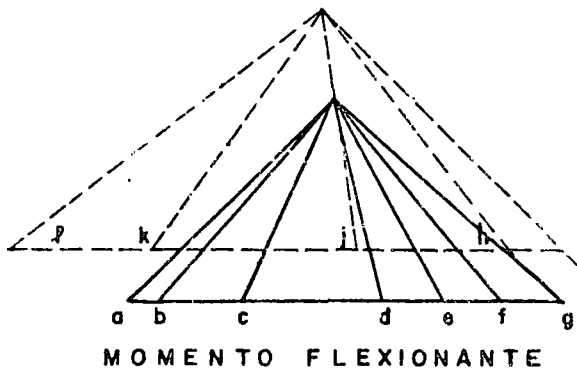


Fig. 38

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 me-- dir la ordenada es:

$$P \times S \times F = \text{Momento}$$

$$P = \text{Distancia polar}$$

$$S = \text{Escala lineal}$$

$$F = \text{Escala de fuerzas}$$

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 ---

tablestaca en C, dá la profundidad 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 arqueado 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 contruidos, 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:

$$\Delta = \frac{ML^2}{10EI}$$

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 empotrado o semi-fijo.

Respecto a los anclajes del tirante existen principalmente cuatro tipos: concreto masivo, tablestacado balanceado arriba y abajo de la aplicación 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.

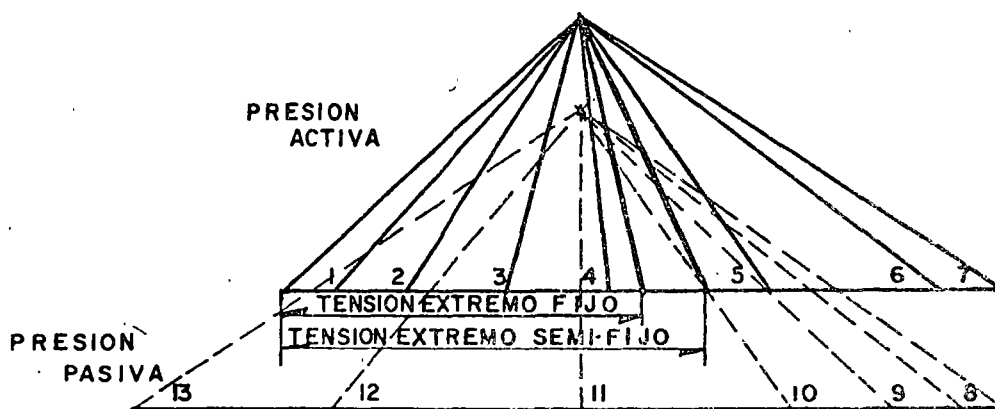
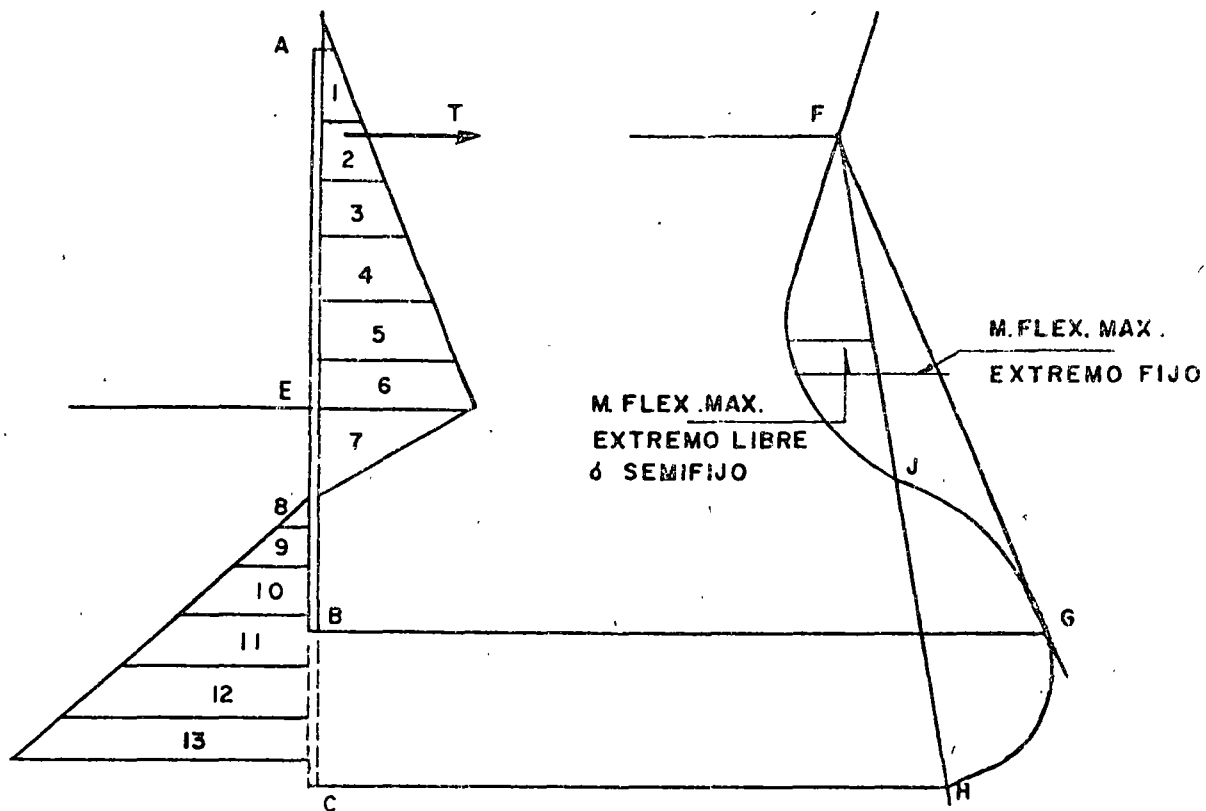


Fig. 39

EJEMPLOS DE MUELLES NORMALES A LA COSTA Y EN L O T.

En general los muelles petroleros son del tipo L o T o bien normales a la costa, buscando un calado adecuado para el acceso de grandes barco-tanques sin que se requieran dragados excesivos. A diferencia de los muelles para carga general o las terminales para pasajeros, en los cuales en general es conveniente acortar la distancia entre la banda de atraque y los edificios en la costa, en el caso de instalaciones petroleras, es más conveniente evitar grandes volúmenes de dragado aumentando la longitud de los accesos, que soportan cargas verticales mucho menores, incluyendo en estas el peso de las tuberías y las correspondientes a pequeños vehículos, resultando estructuras livianas. La plataforma de operación o estructura del muelle en sí, resultará robusta en el caso de que el atraque o el amarre de las embarcaciones se realice sobre ella recibiendo en consecuencia cargas horizontales considerables y en ocasiones teniendo que absorber energía. Es muy importante en este tipo de muelles estudiar cuidadosamente la forma en que se absorberá la energía de las embarcaciones que atracarán, y es el punto que principalmente trataremos en las siguientes páginas.

En la Fig. 40 se presenta un tipo de muelle que no obstante haberse construido en varias ocasiones adolece de varios defectos, y al ser poco funcional ha requerido la adaptación de instalaciones adicionales como la construcción de duques de alba resultando con esto antieconómico. En primer lugar un acceso proyectado con el criterio de muelle para carga general resulta demasiado pesado y costoso, puesto que como antes dijimos este tipo de estructura soporta cargas verticales relativamente pequeñas y es suficiente con un acceso constituido por una pasarela angosta

y ligera, descargando directamente las tuberías sobre los marcos principales contraventeados. No existe una junta entre el acceso y la plataforma de operación con lo cual se tiene una transmisión de cargas horizontales de la plataforma al acceso que deberá diseñarse para dicho efecto, o bien deberá proyectarse una plataforma muy rígida y por lo tanto costosa. En cualquier caso el sistema de defensas debe ser muy efectivo, como el tipo de gravedad indicado en la figura. Aún con todas estas precauciones en este tipo de estructuras solo atracarán barcos de desplazamiento reducido, ya que un barco de gran masa produciría concentraciones de carga en la zona de atraque inicial. Pensando en regidizar una estructura para movimientos horizontales a base de pilotes inclinados, debe tomarse en cuenta que si bien, teóricamente estos reciben favorablemente cargas y energía, la experiencia ha demostrado que si el terreno tiene baja capacidad de carga se pueden presentar asentamientos, o si las secciones no son las necesarias, se tienen fallas de inestabilidad.

En la Fig. 41 la plataforma de atraque a base pilotes verticales y por lo tanto flexible puede absorber energía eficazmente, habiéndose dejado una junta en la unión de la pasarela que le da libertad de desplazarse horizontalmente, no obstante, también pueden presentarse concentraciones de cargas, que se traducen en momentos flexionantes tales que los pilotes no pueden resistir y debido a su flexibilidad, el movimiento puede afectar a las instalaciones de operación o al personal trabajando, por lo que en general con este tipo de estructura ha sido conveniente también adaptar duques de alba que proporcionen una longitud de atraque adicional.

En las figuras 42 y 43 tenemos el caso en que el atraque se lleva

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 homogéneo, 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-

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 constituidos por gaviones contruidos con una pared de tablestaca metálica y relleno interior de concreto, que deberán estar cimentados en un terreno bastante resistente a poca --

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 hidráulicos. 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---

blestaca metálica unidos por pares mediante un cabezal de concreto obteniendo en esta forma un conjunto muy estable no obstante que se tenga en este lugar un gran calado necesario para grandes barco-tanques.

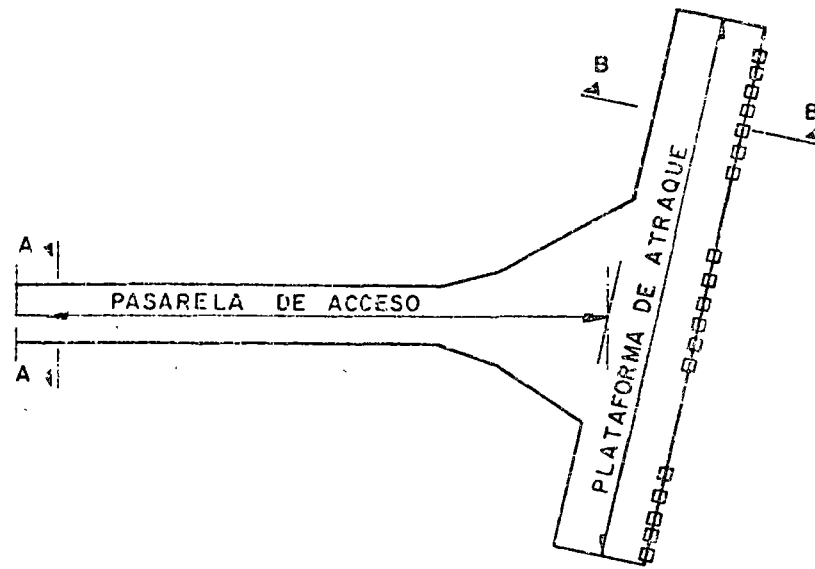
Se mencionarán a continuación algunas de las instalaciones para muelles, modernas o que han demostrado a través de los años tener buena efectividad.

Ha sido muy común mover las garzas para carga o descarga de productos petroleros mediante grúas instaladas en la plataforma de operación. En la actualidad se cuenta con un sistema de garzas operadas hidráulicamente, con lo cual se reduce el tiempo de operación y el personal necesario, ya que prácticamente solo se requiere de una persona operando 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 variedad de productos e inclusive hechas con una aleación especial de aluminio para fluidos corrosivos.

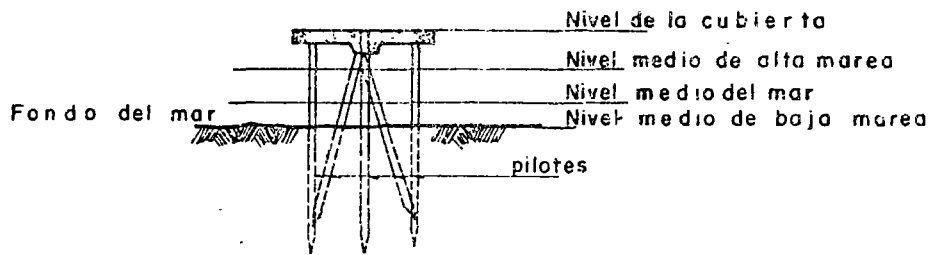
Es evidente la gran ventaja que se obtiene al proteger una estructura de atraque utilizando defensas, ya que siendo estas en general más deformables, absorben la mayor parte de la energía disminuyendo la fuerza de impacto. Los sistemas de defensas pueden ser tan efectivos y complicados o costosos como 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, evitándose en

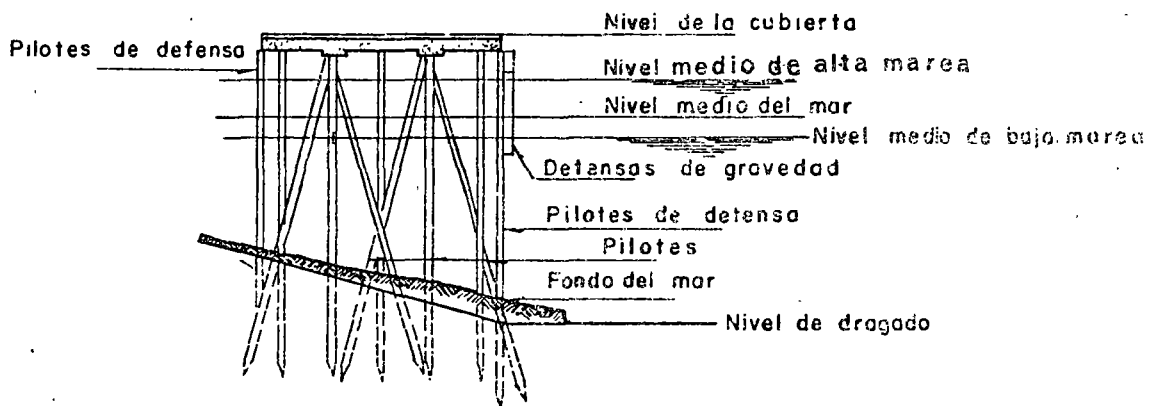
esta forma el traslado de los operarios hasta el lugar de fijación que en ocasiones es de difícil acceso, puesto que estos ganchos se pueden operar desde la embarcación.



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

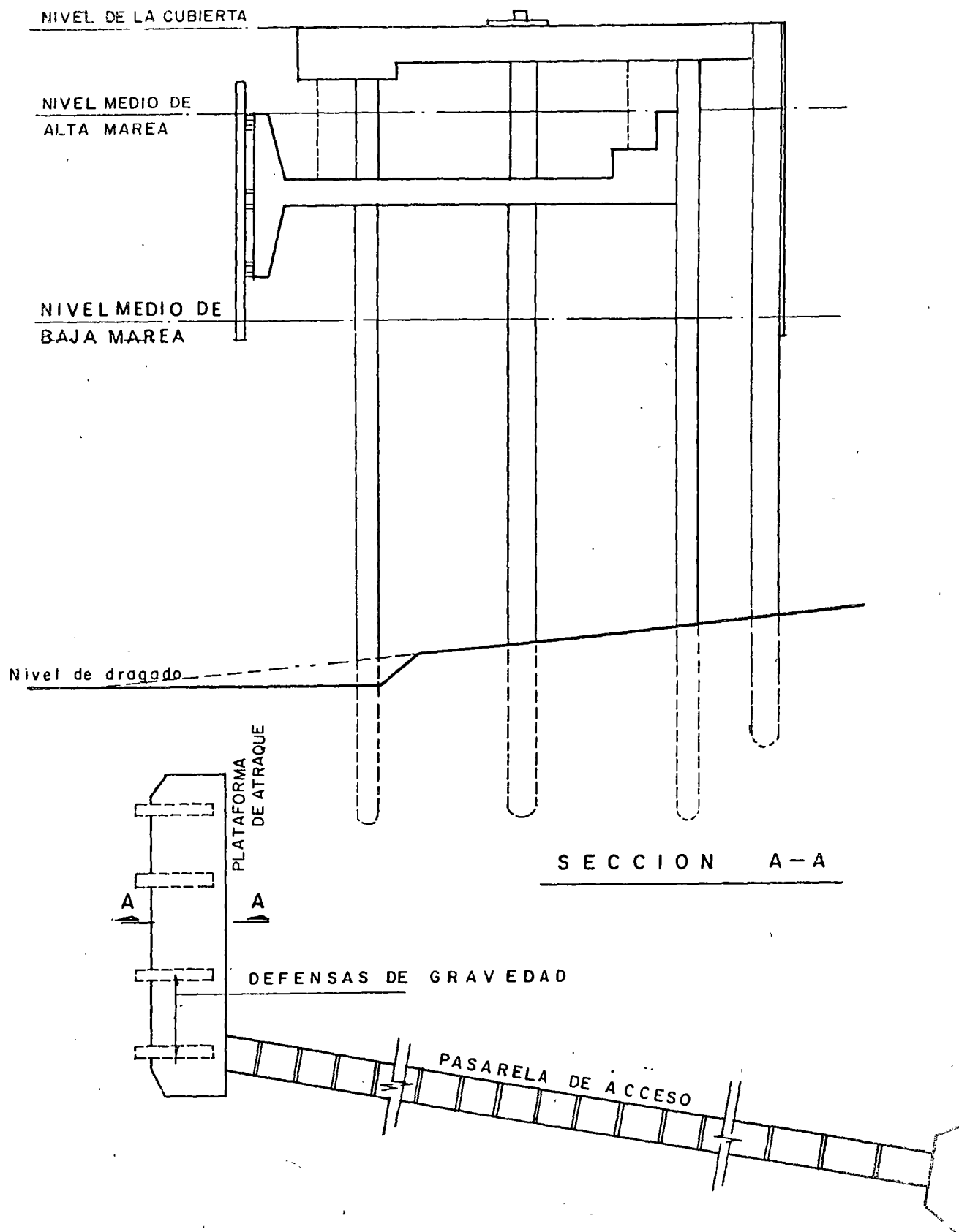


Fig. 41

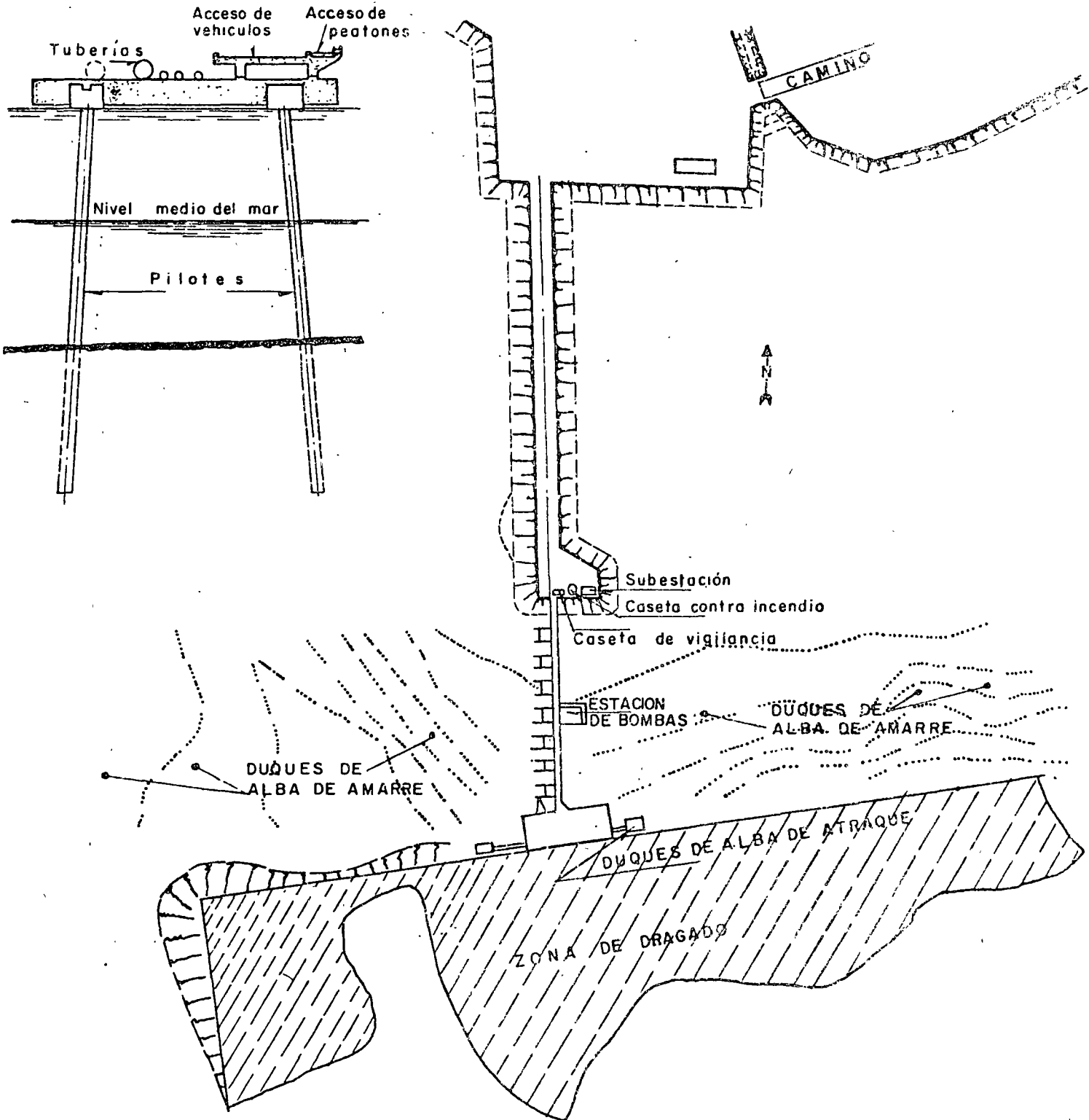


Fig. 42

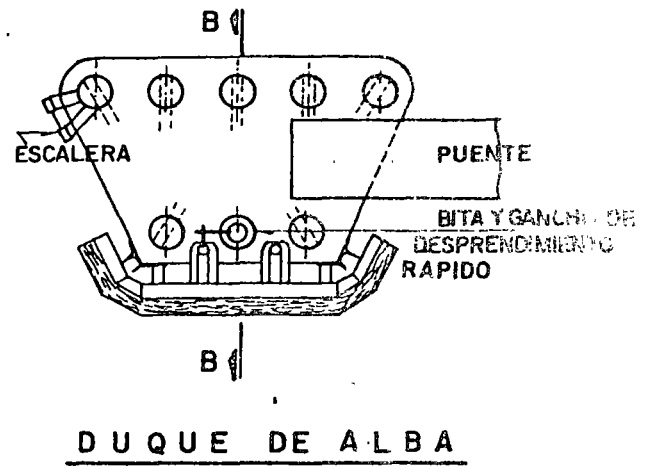
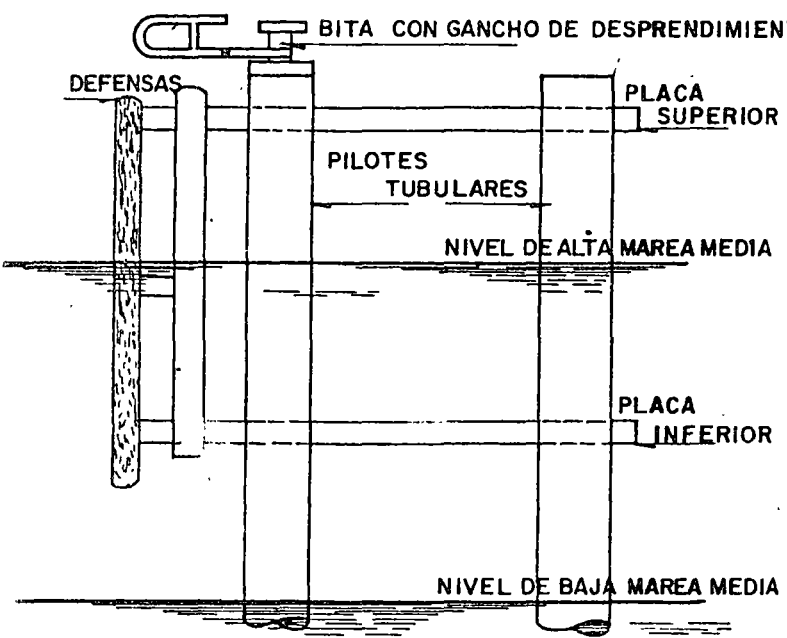
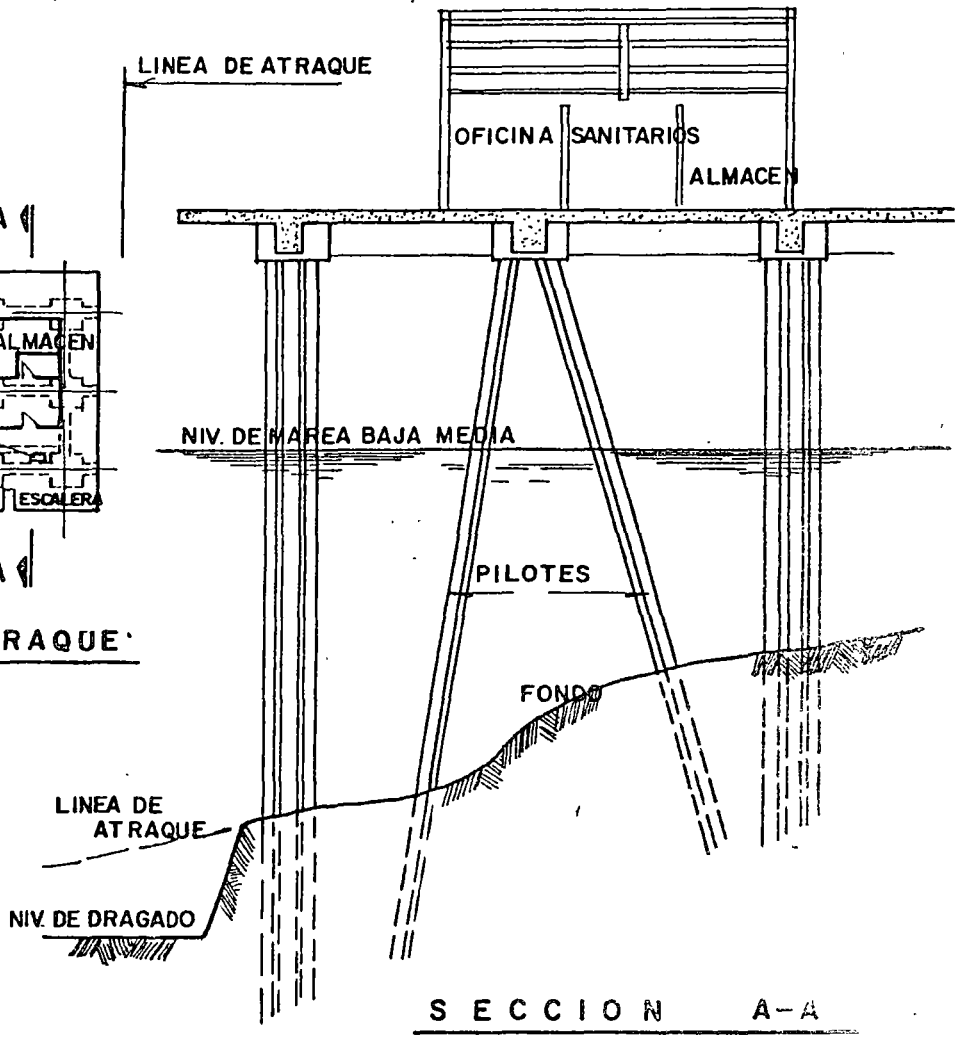
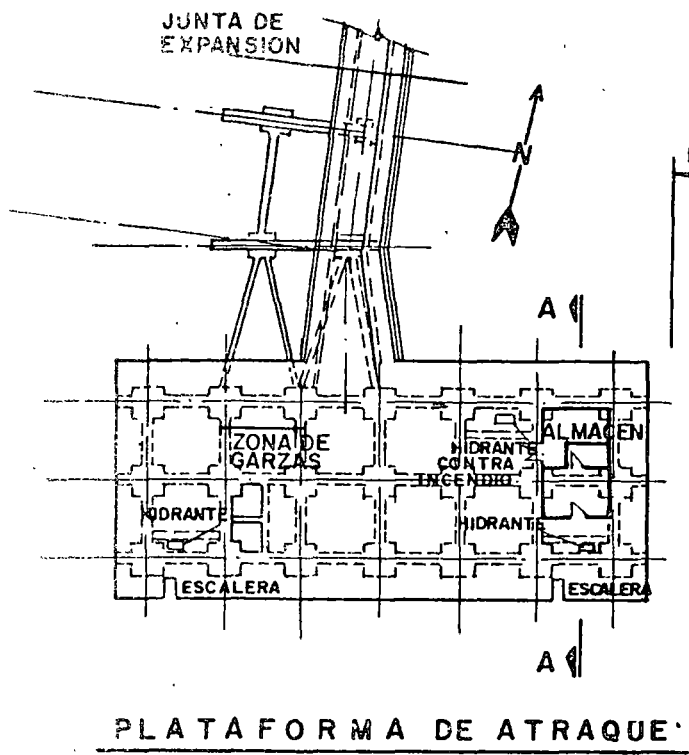


Fig. 43

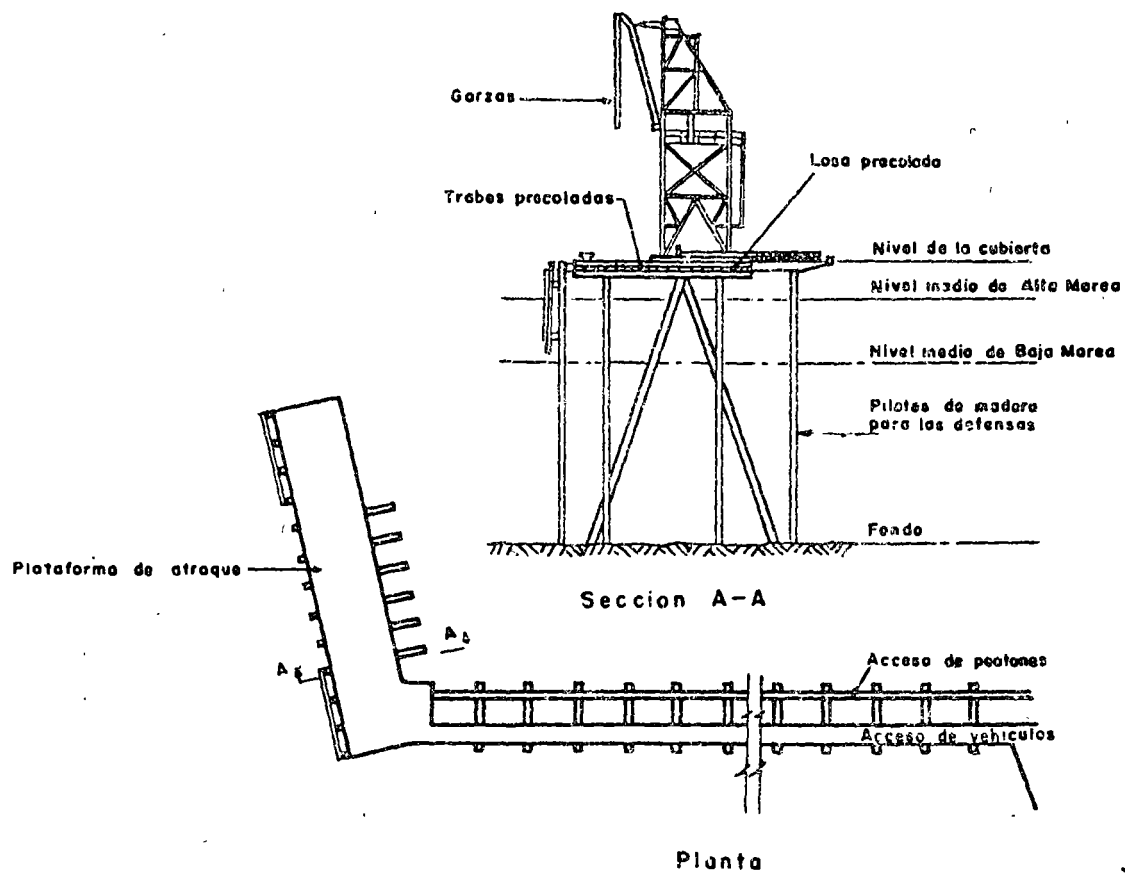


Fig. 44

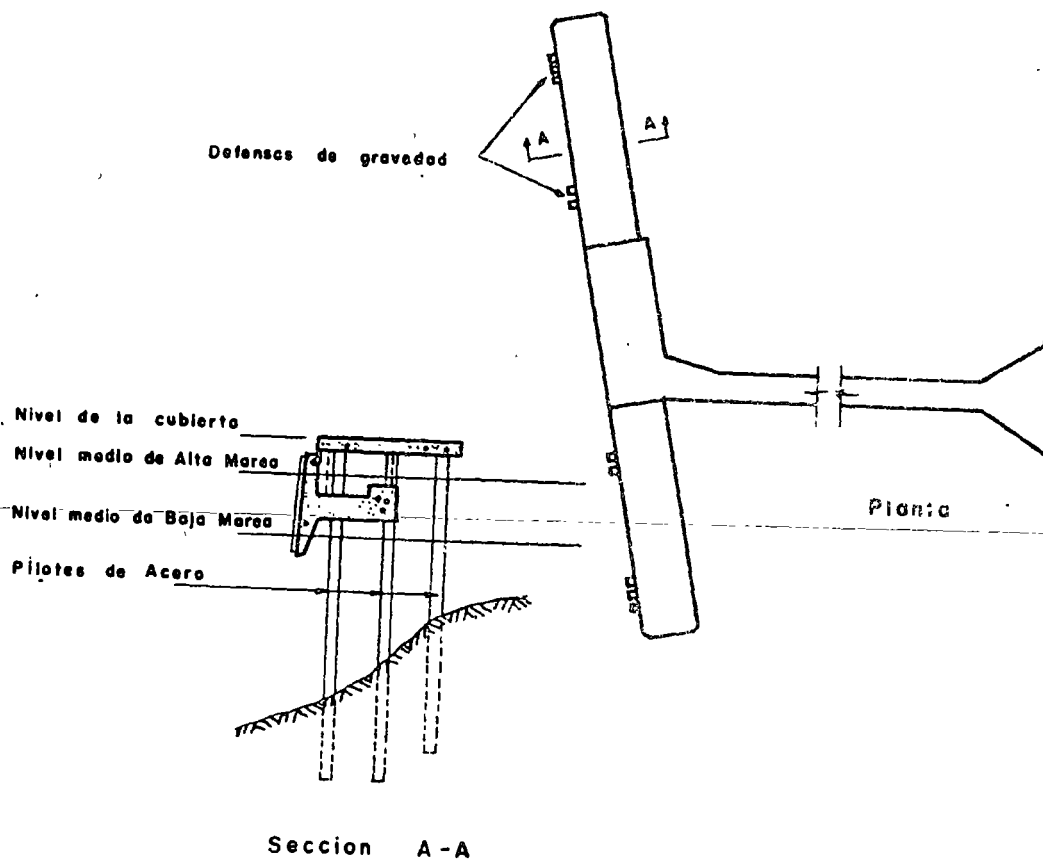


Fig. 45

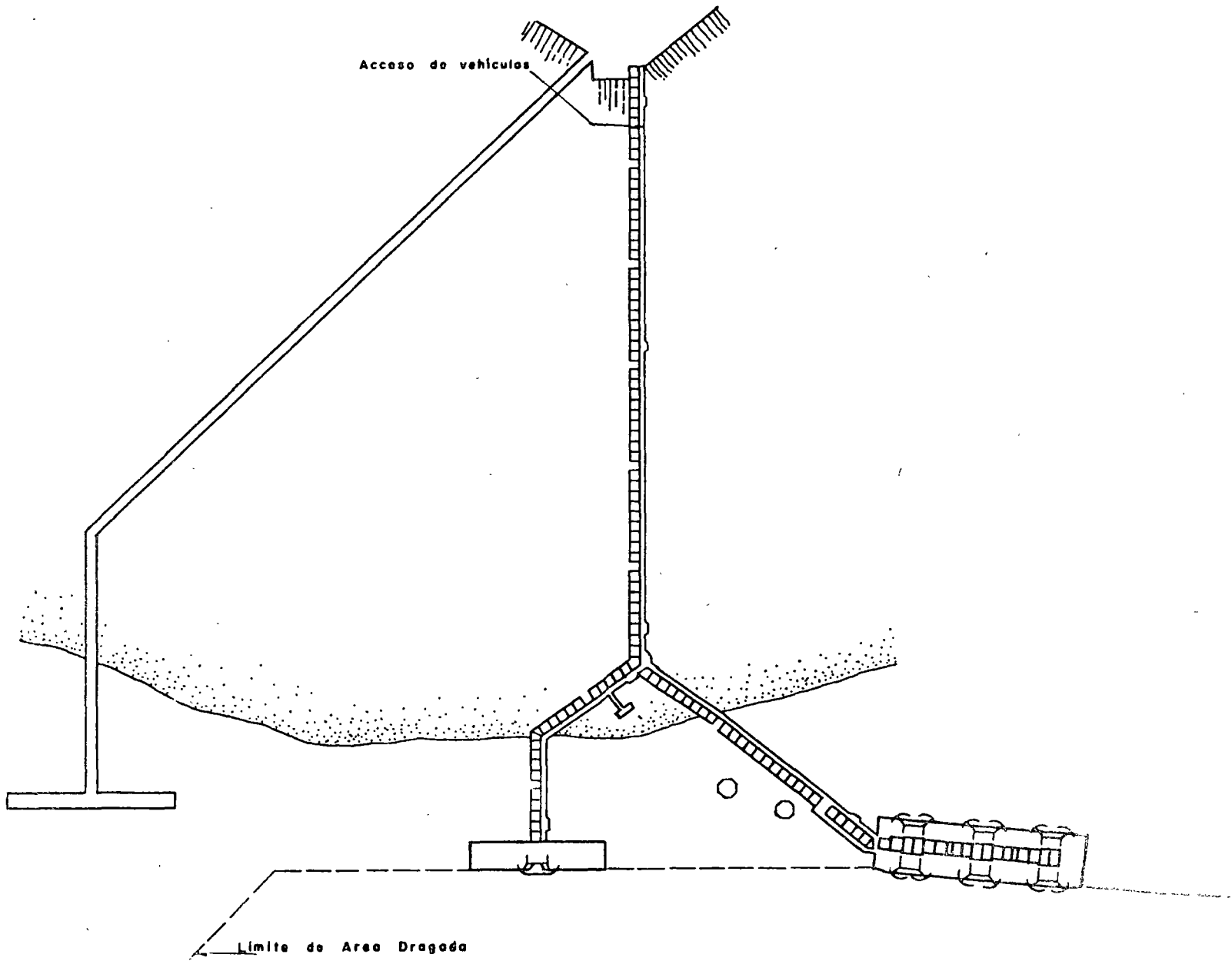


Fig. 46

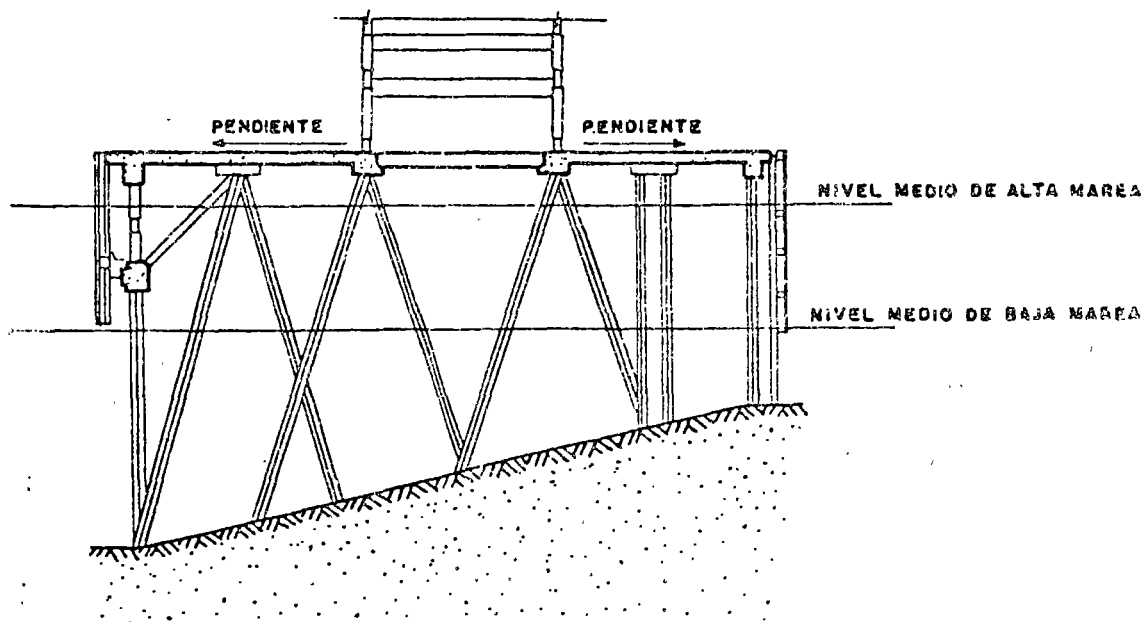
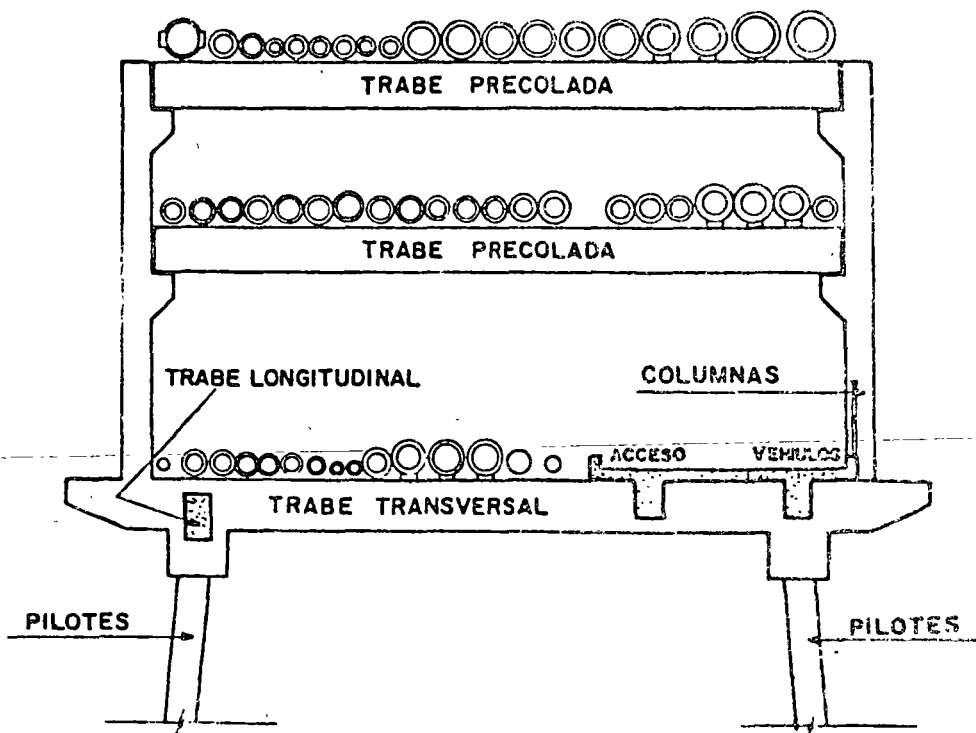


Fig. 47



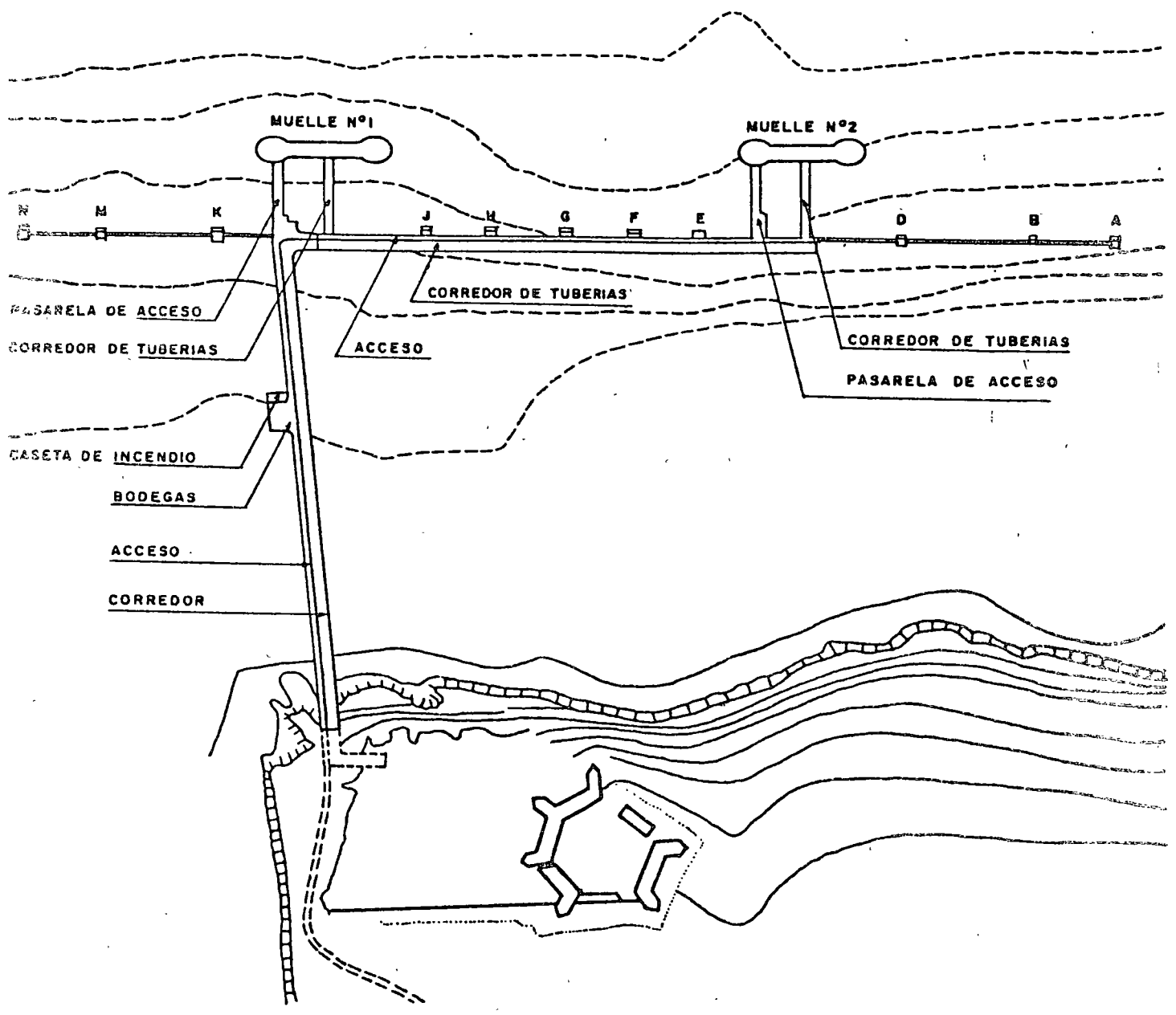
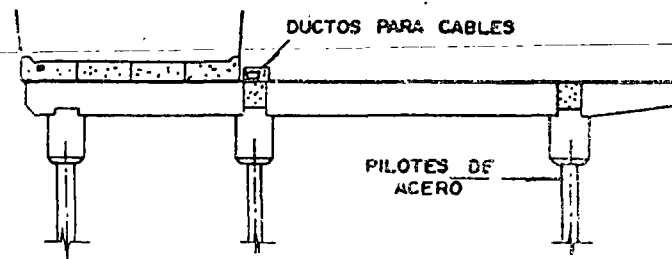
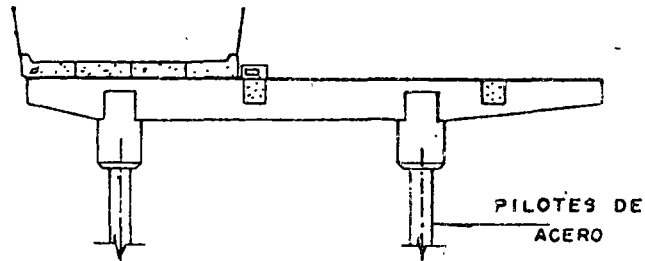
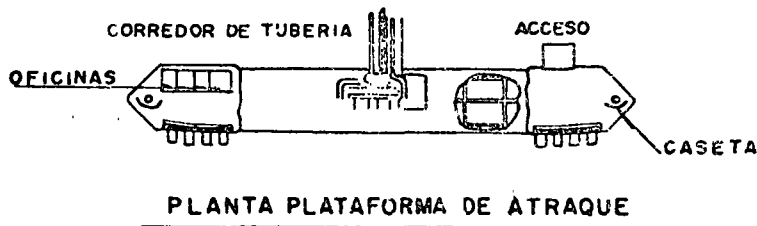
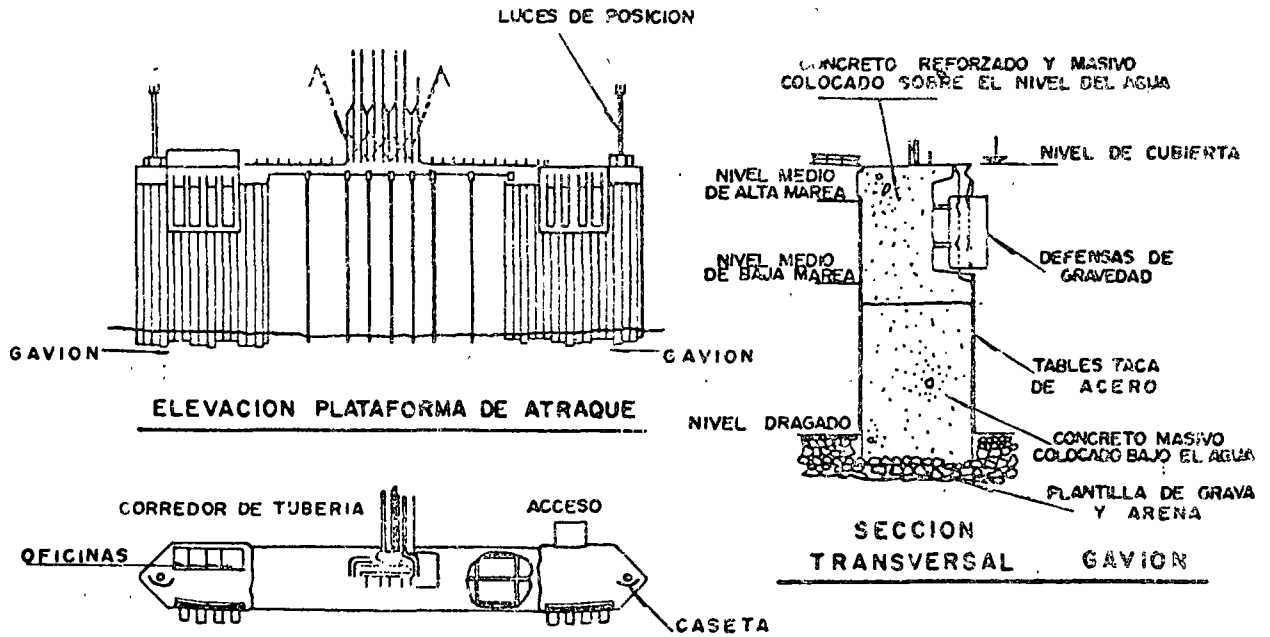


Fig. 48



SECCION TRANSVERSAL DE ACCESOS

Fig.49

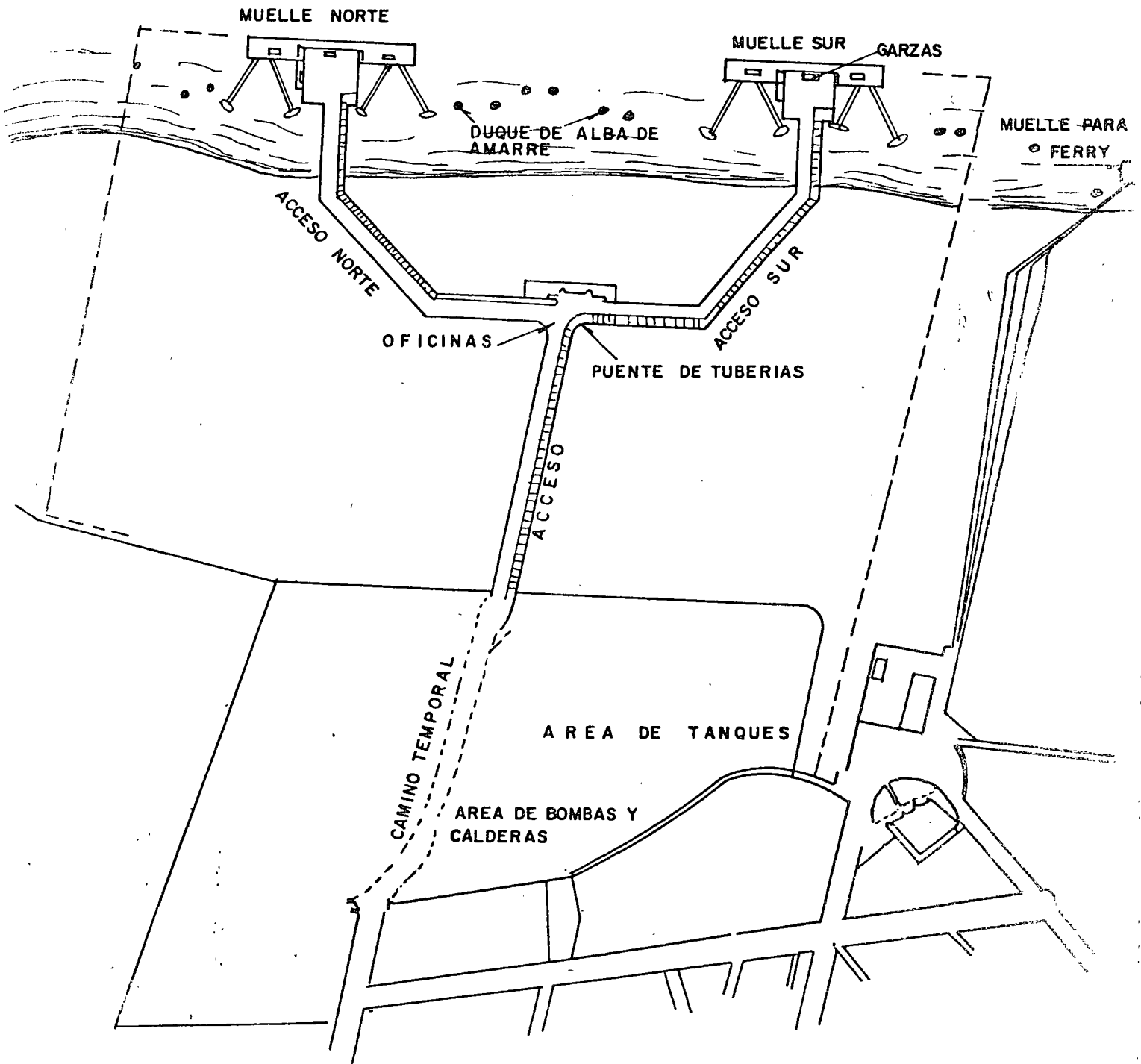


Fig. 50

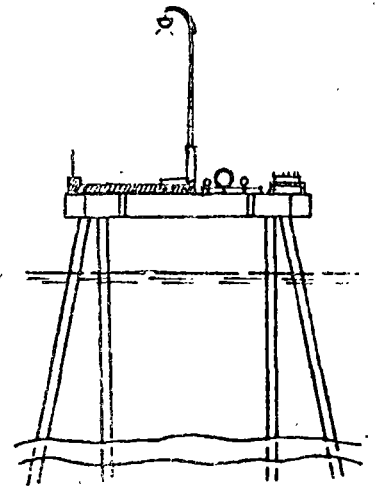
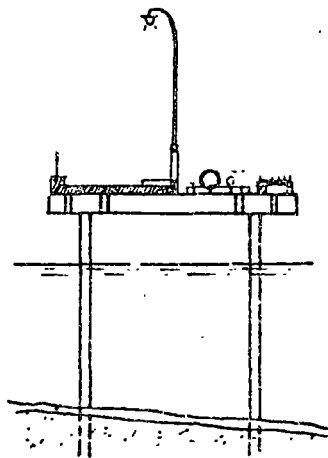
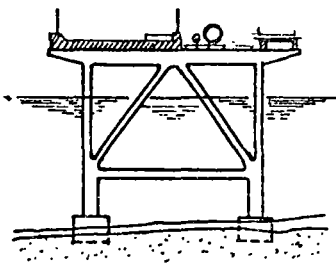
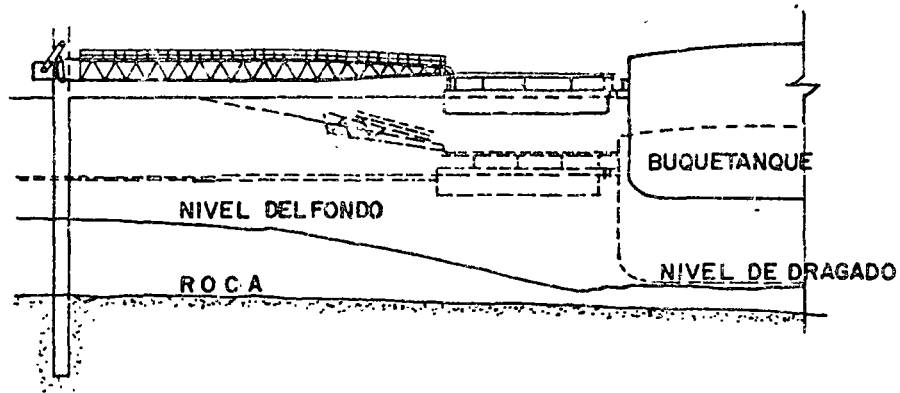
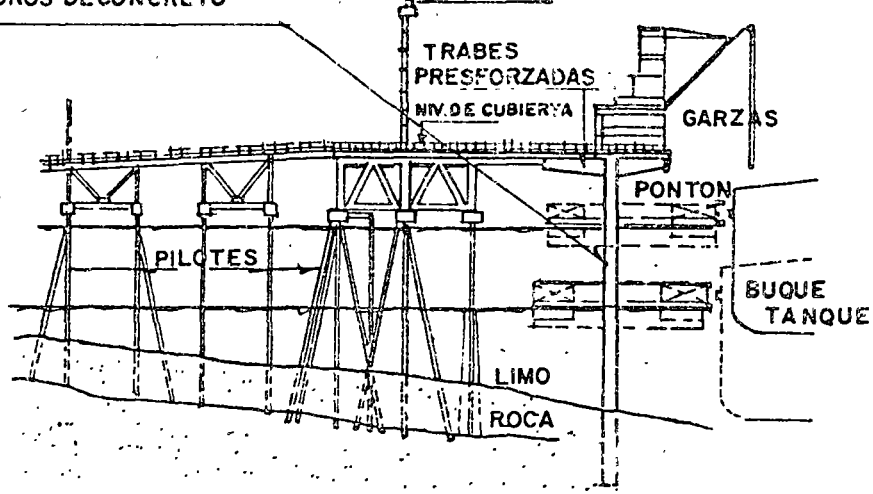
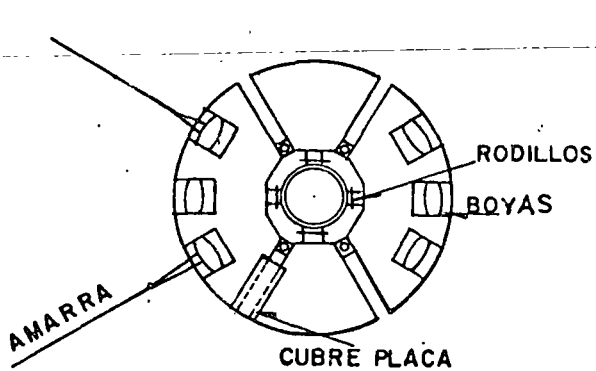
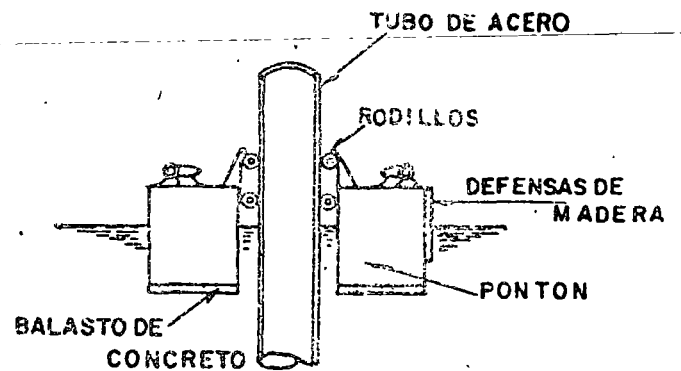


Fig. 51



PLANTA



ELEVACION

Fig. 52

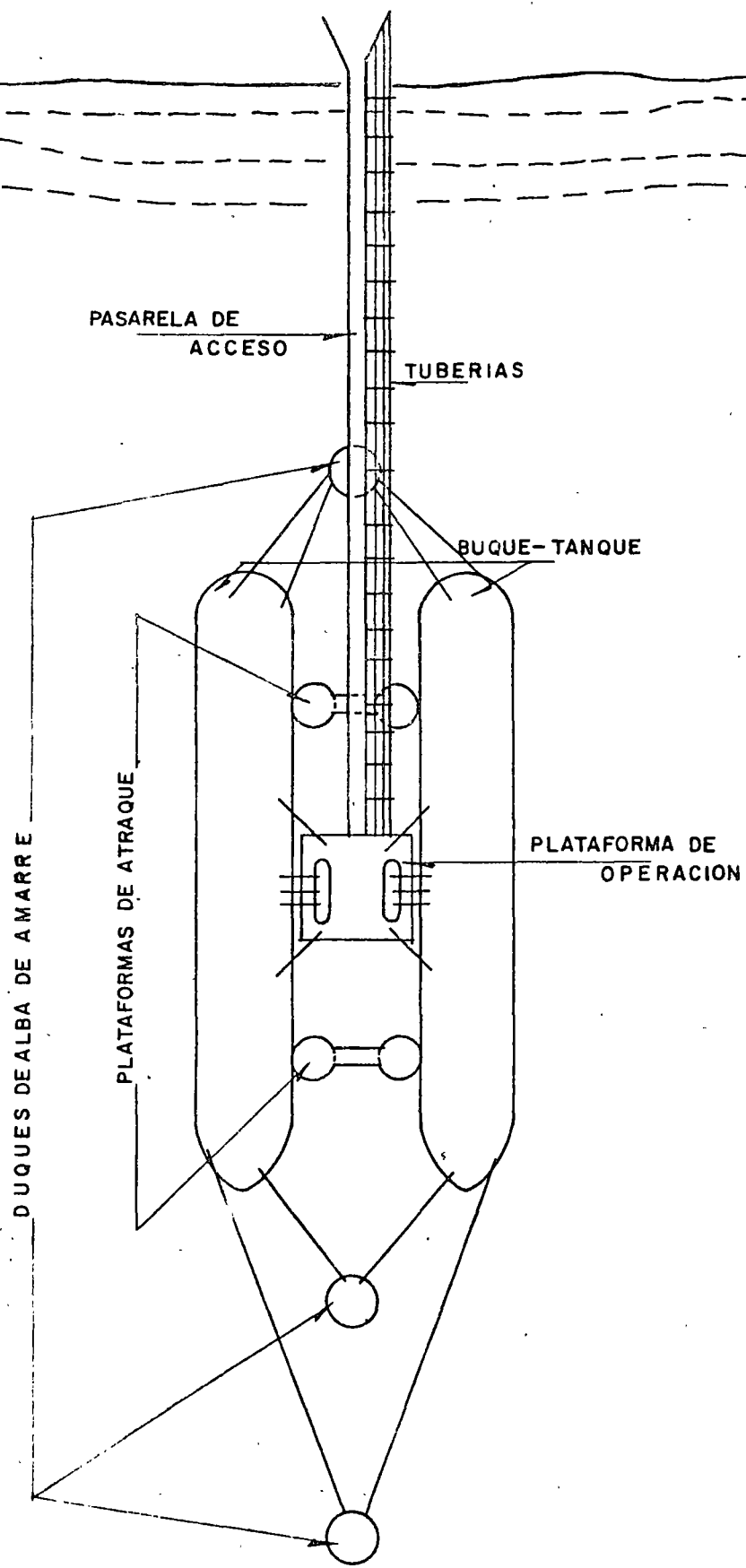


Fig. 53

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 otra 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.

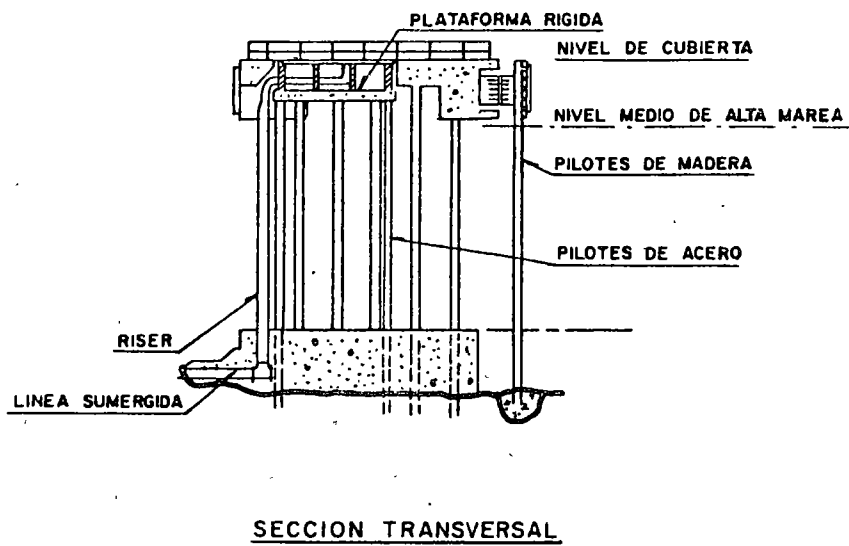
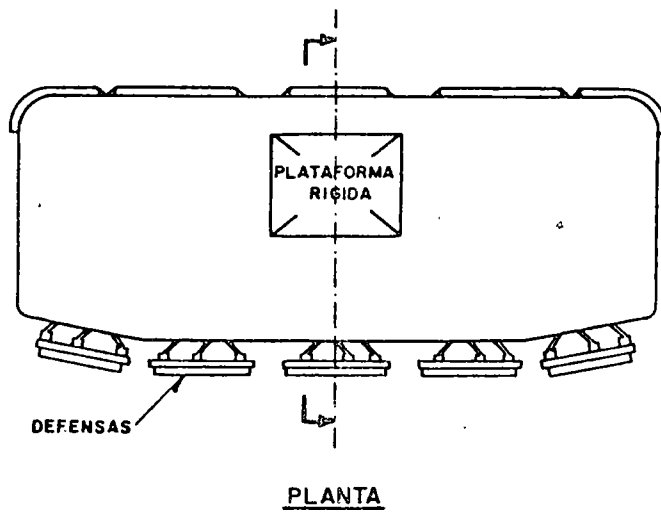


Fig. 54

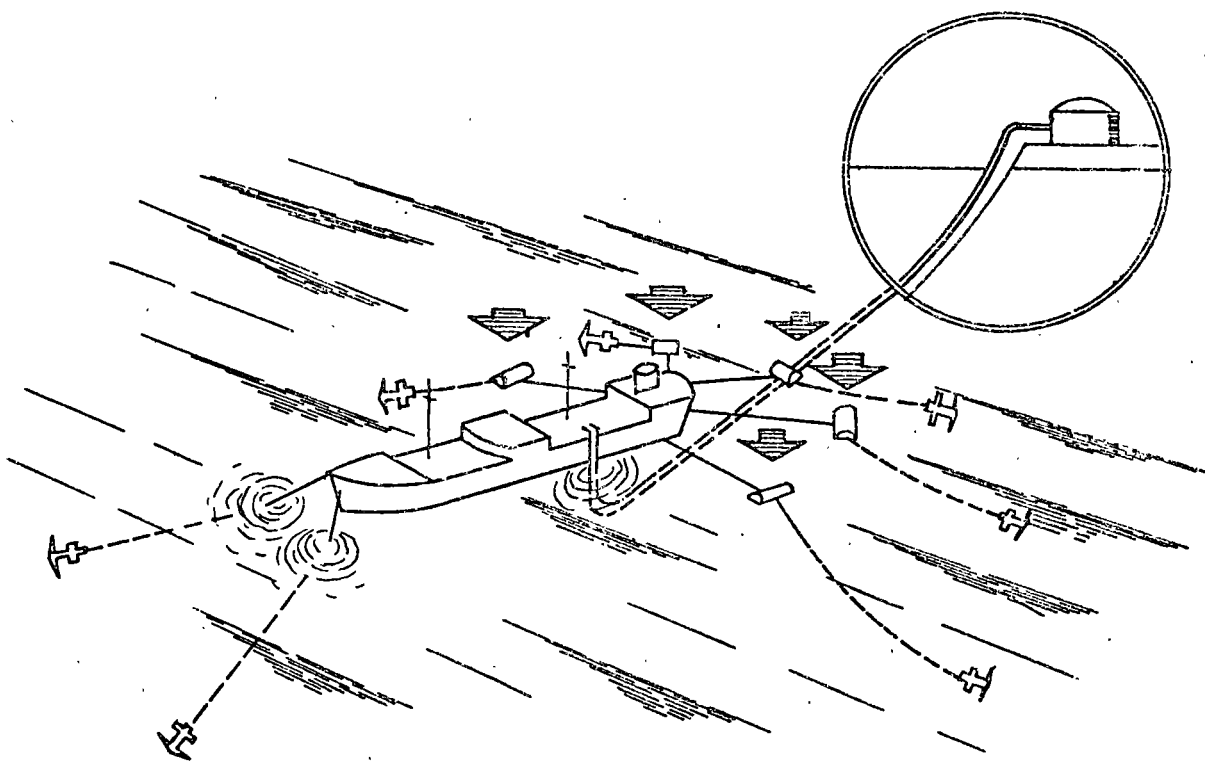


Fig. 55

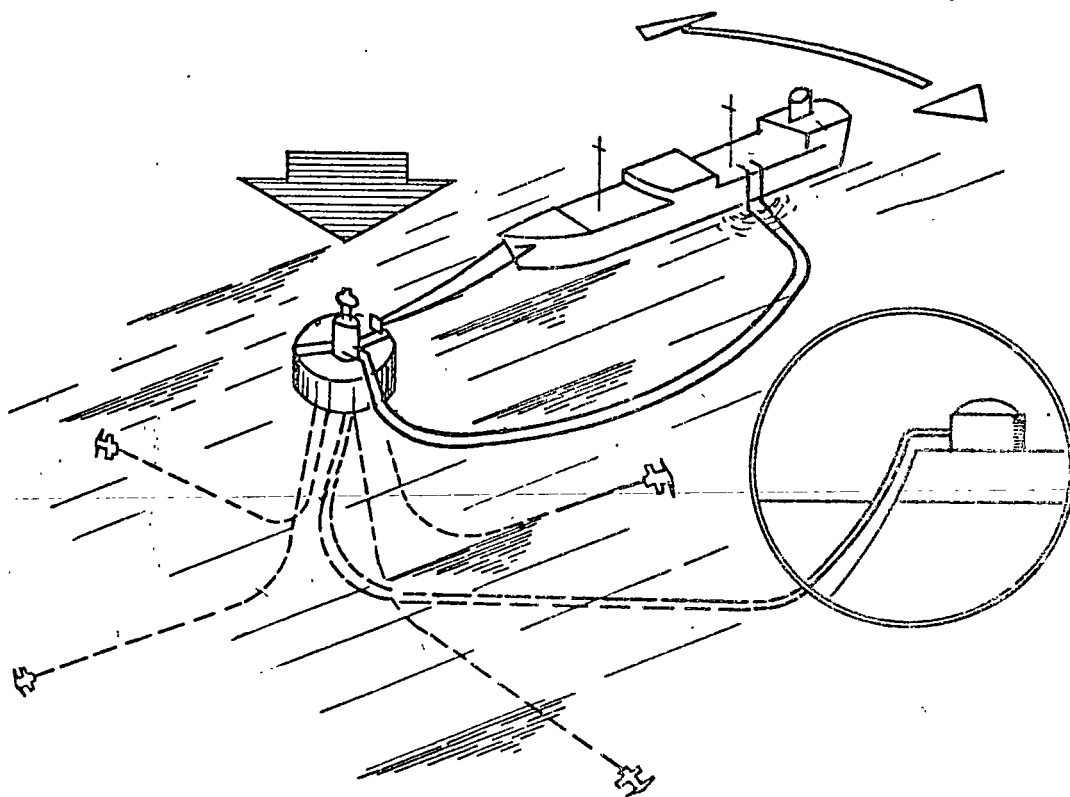


Fig. 56'

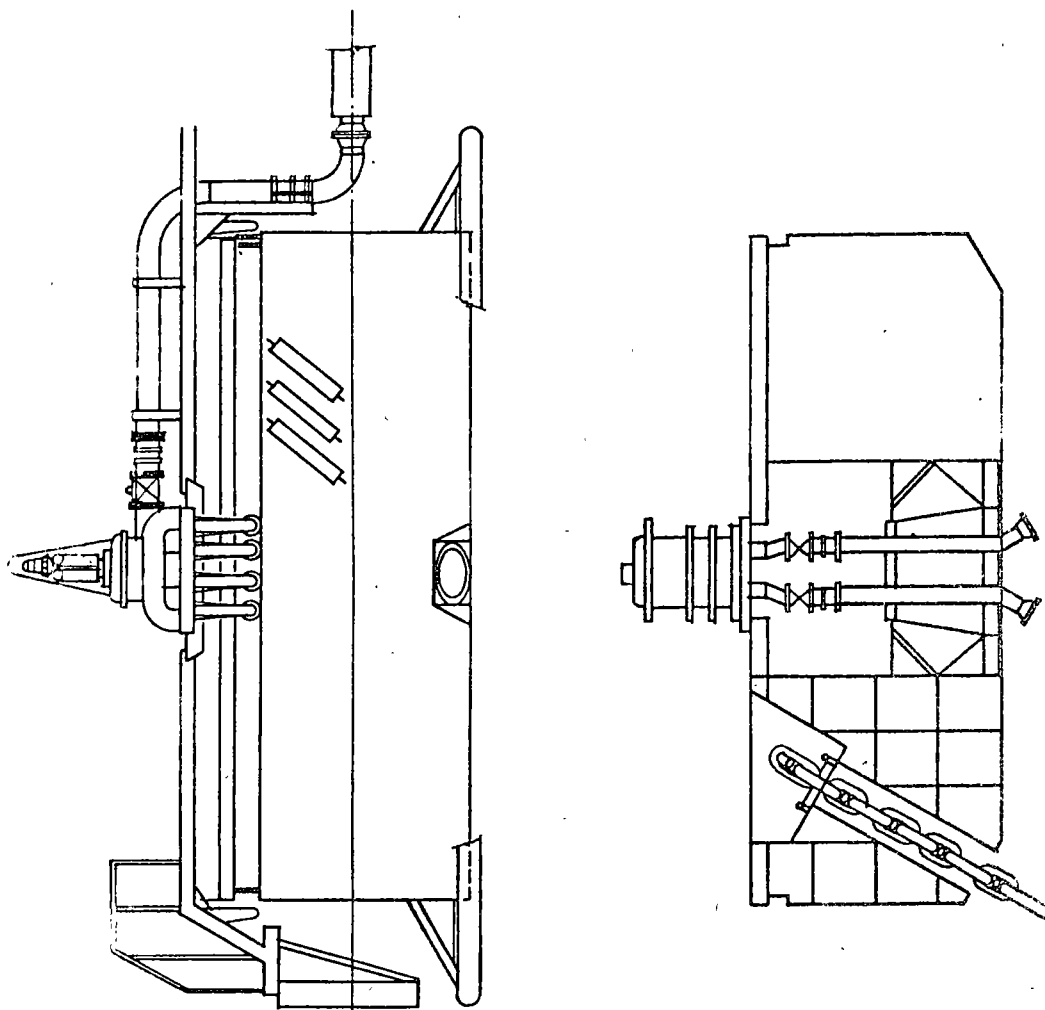


Fig. 57

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 rompeolá 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 generalmente masivas, con una esclusa para la entrada y salida de las embarcaciones.

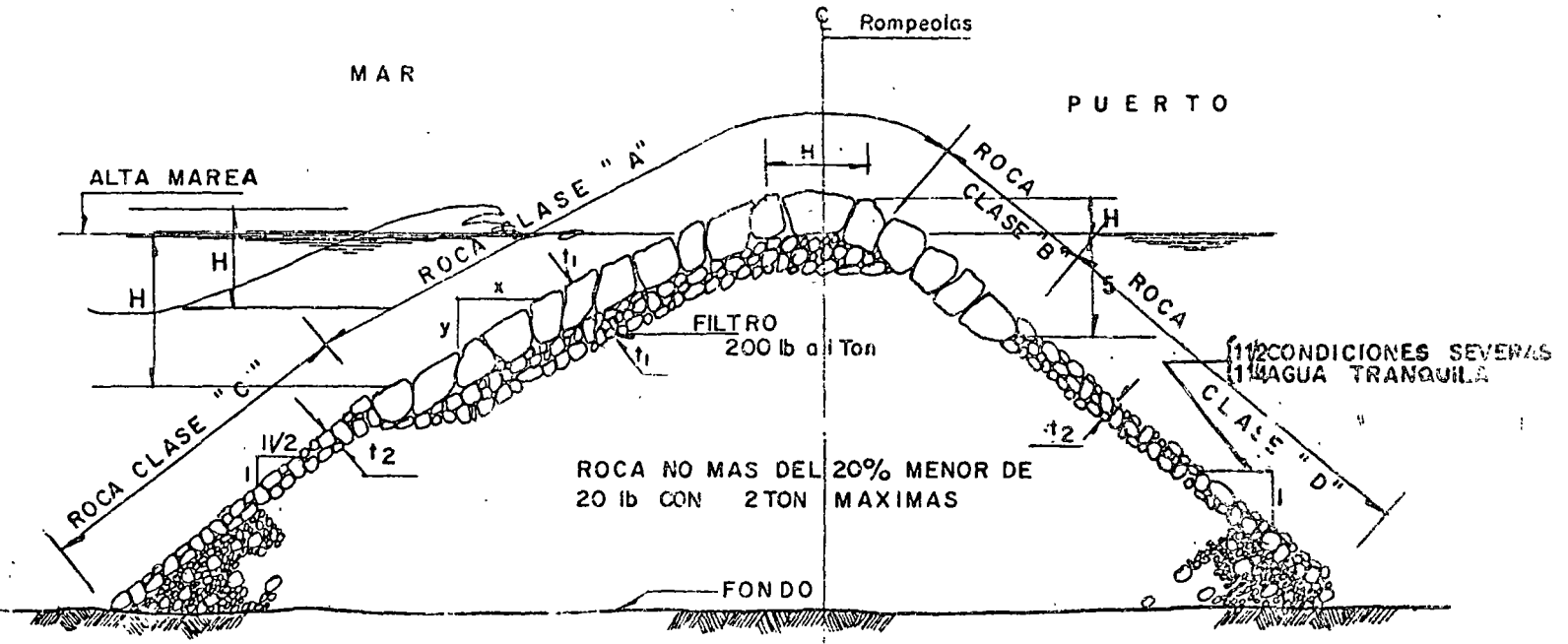
Muchos tipos de rompeolas se han construido en todo el mundo, - pero un 95% de ellos han sido a base de roca natural, concreto o una --- combinación de ambos, teniéndose terraplenes de: roca natural, bloques de concreto, combinación de roca y bloques de concreto y tetrapodos de - concreto o elementos semejantes; o bien muros a base de: bloques de con- creto, gaviones de concreto, celdas de tablestaca y con paredes de tables- taca 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- -

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 construida 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 profundidad de 18M bajo el nivel medio del mar, y cuando la profundidad es mayor, 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 volumen de material casi igual al del rompeolas en sí.

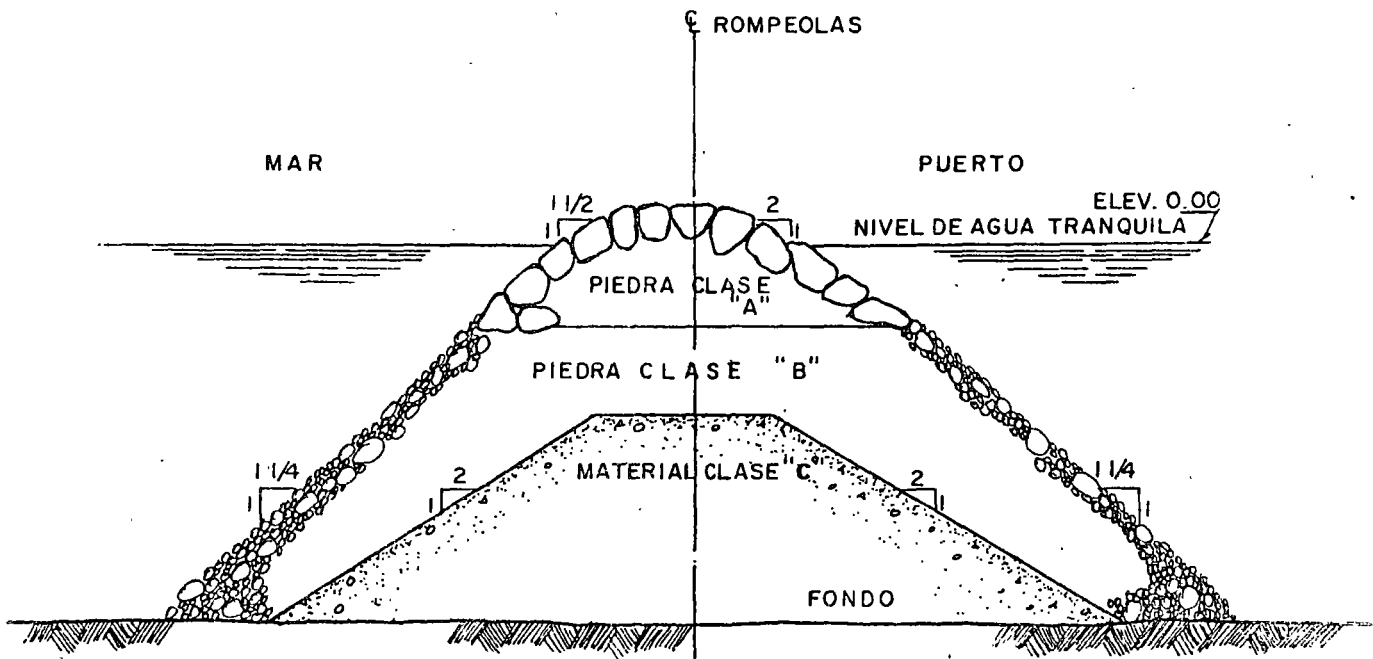
En las figuras 59 y 60 se presentan dos tipos de rompeolas cuyo uso ha sido muy común principalmente en el Continente Americano.



DIMENSIONES EN ft.

ALTURA DE OLA H	PENDIENTE		ROCA					
	X	Y	CLASE "A"	t ₁	CLASE "B"	t ₂	CLASE "C"	CLASE "D"
			TAMAÑO-TON.		TAMAÑO-TON.		TAMAÑO-TON.	TAMAÑO-TON.
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



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

LINEAS DE CONDUCCION BAJO EL AGUA

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.

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.

Quizás 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

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 piensa 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.

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 recubrimiento de concreto los otros dos tipos de fallas quedan eliminadas, además es importante para la estabilidad de la línea ya colocada que el contrapeso de concreto permanezca intacto para que el tubo conserve su alineamiento y profundidad de diseño.

Adoptando la convención:

M - Momento flexionante en la sección Kg-cm

∇ - Esfuerzo en la fibra más alejada, Kg/cm²

R - Radio de curvatura, cm.

E - Módulo de elasticidad, Kg/cm²

r - Distancia del eje neutro a la fibra más alejado, cm.

I - Momento de inercia de la sección transversal, cm⁴

entonces,

$$\nabla = \frac{M}{I} r \qquad M = \frac{\nabla I}{r}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI} = \frac{\nabla}{Er}$$

$$\nabla = \frac{Er}{R} < \nabla \text{ perm.} \qquad (19)$$

Es conveniente en cada caso revisar que los esfuerzos no alcancen valores capaces de producir una falla de inestabilidad elástica o estrangulamiento del tubo debido a excesiva curvatura que produzca un esfuerzo mayor que el crítico:

$$\nabla_{cr} = 1.3 \frac{E h}{r \sqrt{3(1-\mu^2)}} \qquad (20)$$

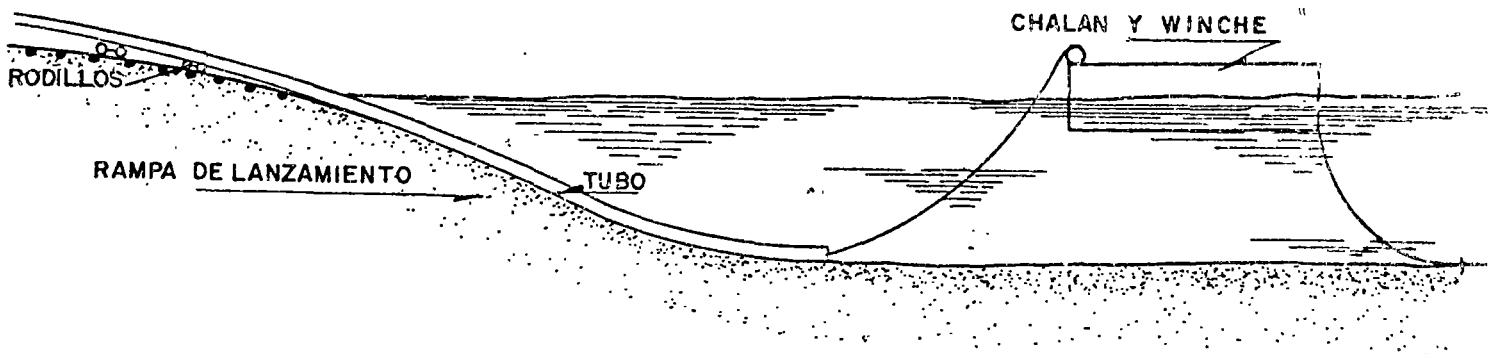


Fig. 61

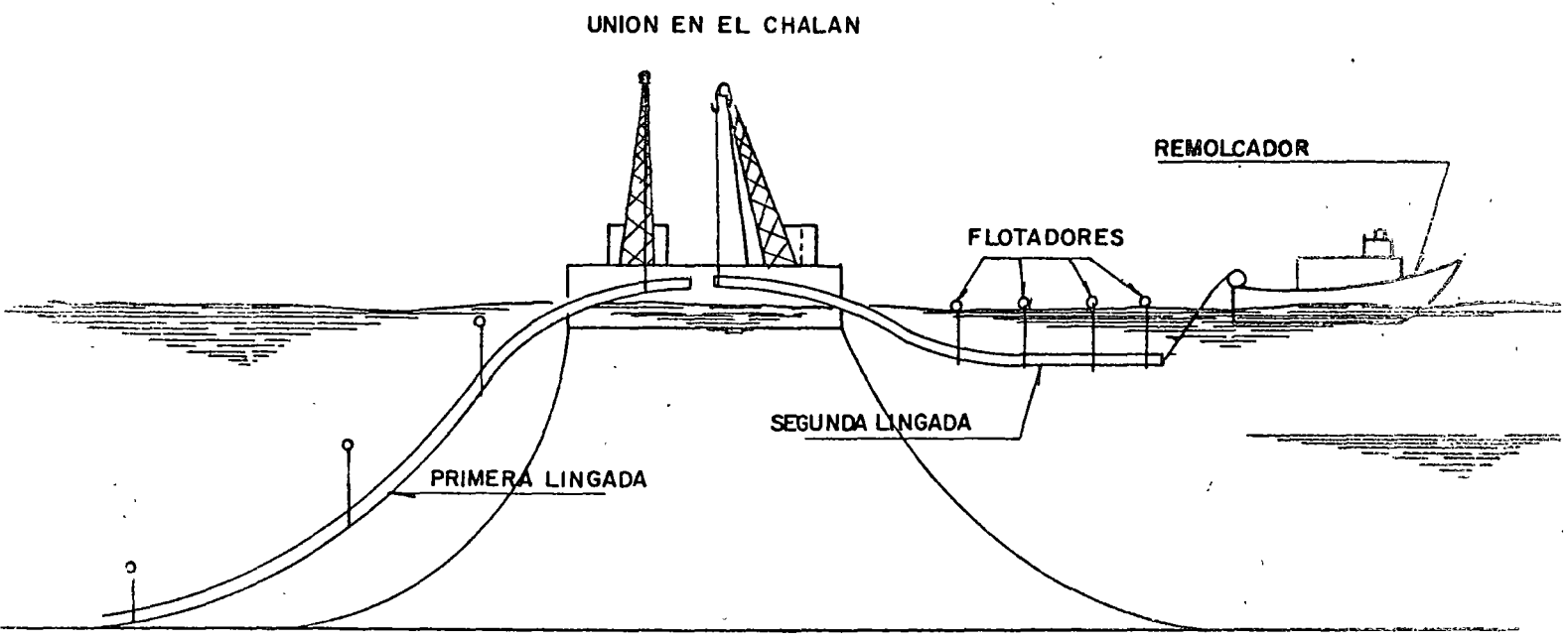


Fig. 62

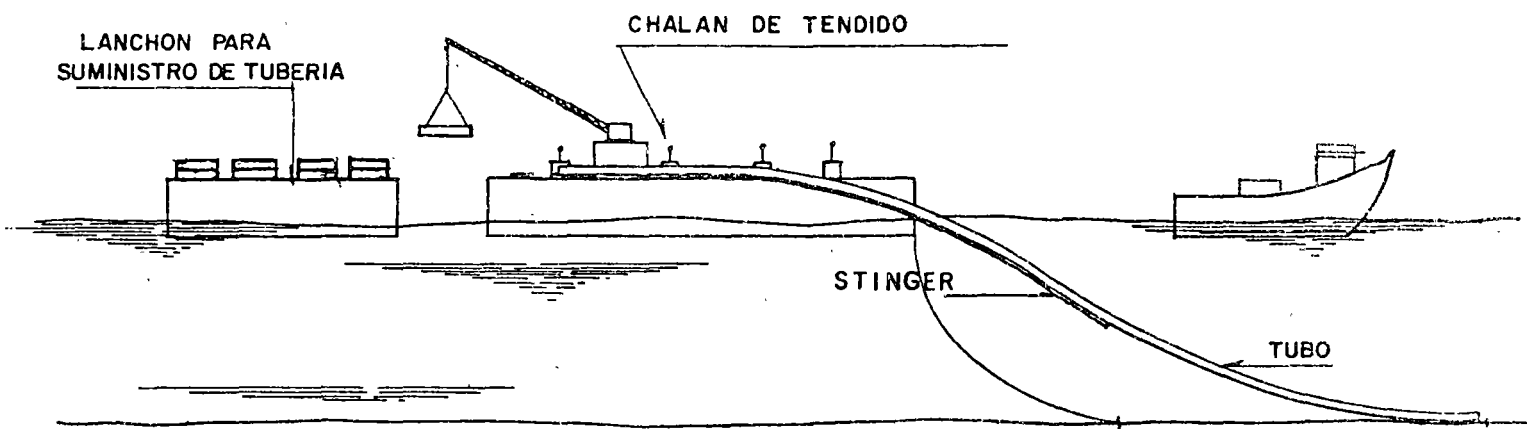


Fig. 63

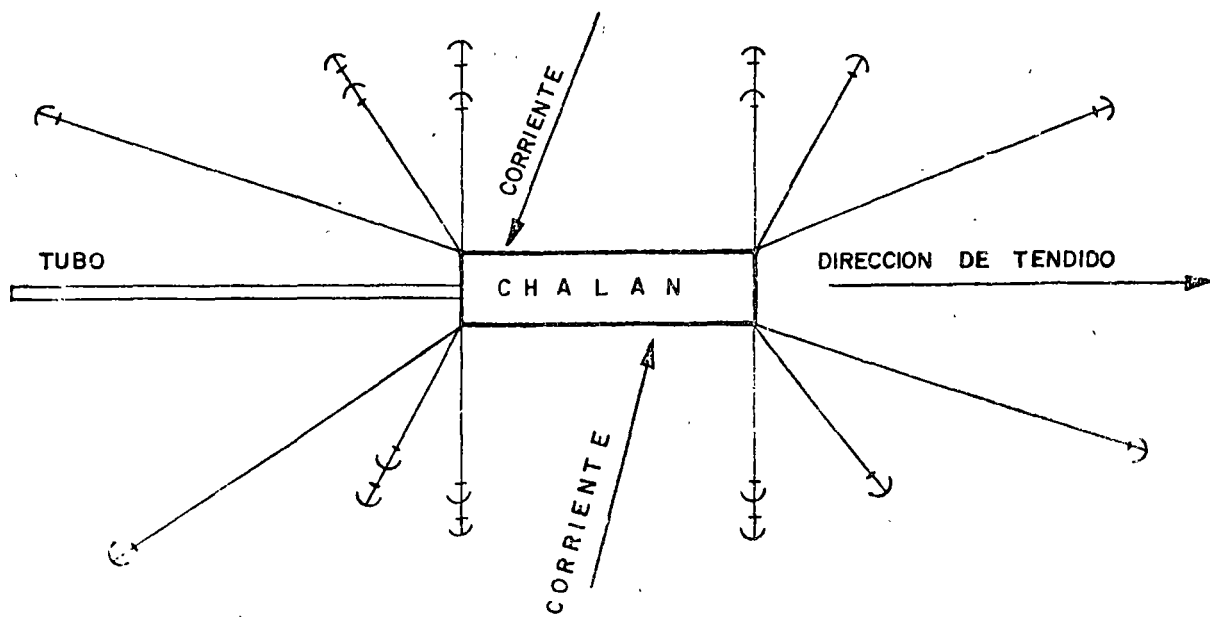


Fig. 64

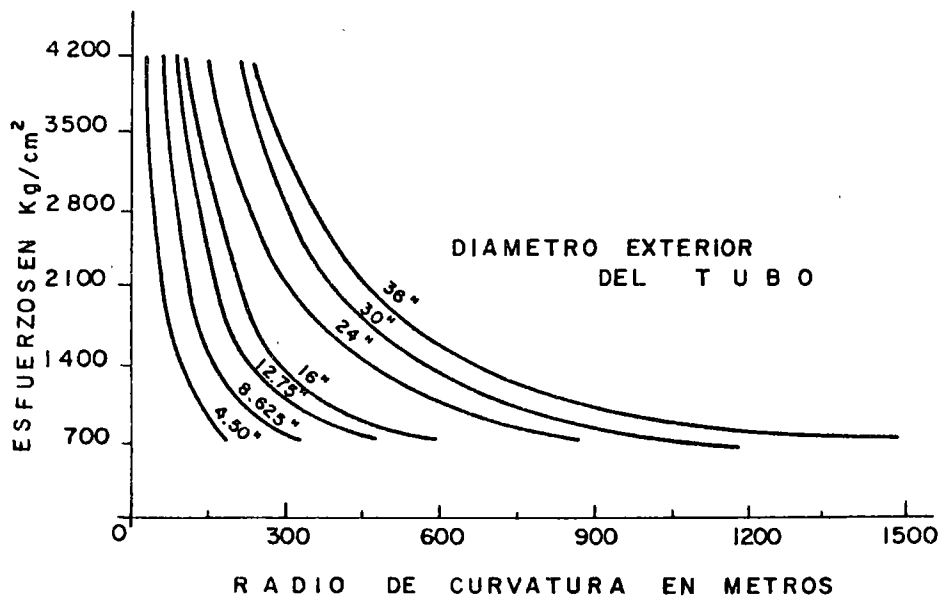


Fig. 65

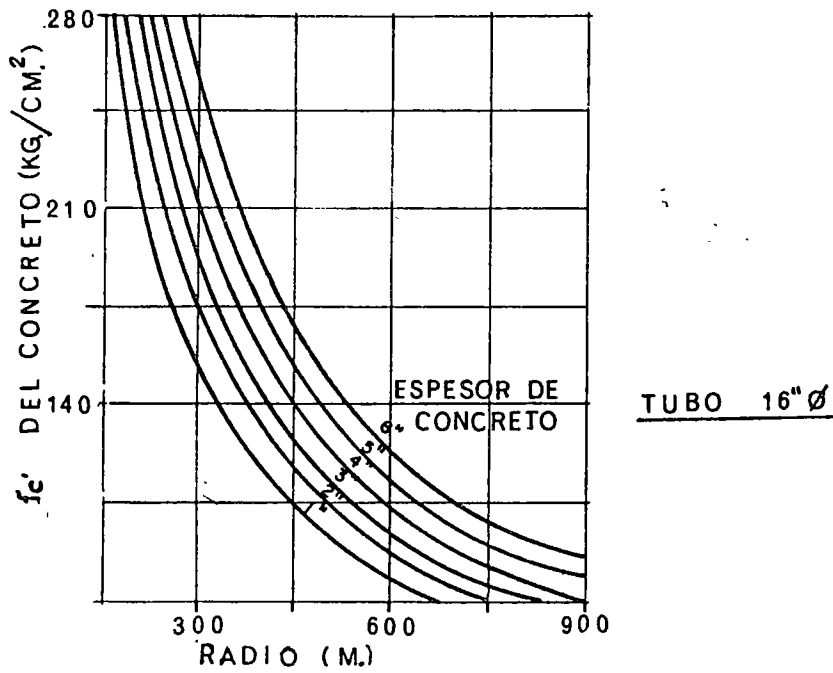


Fig. 66

h = espesor de la pared del tubo, cm

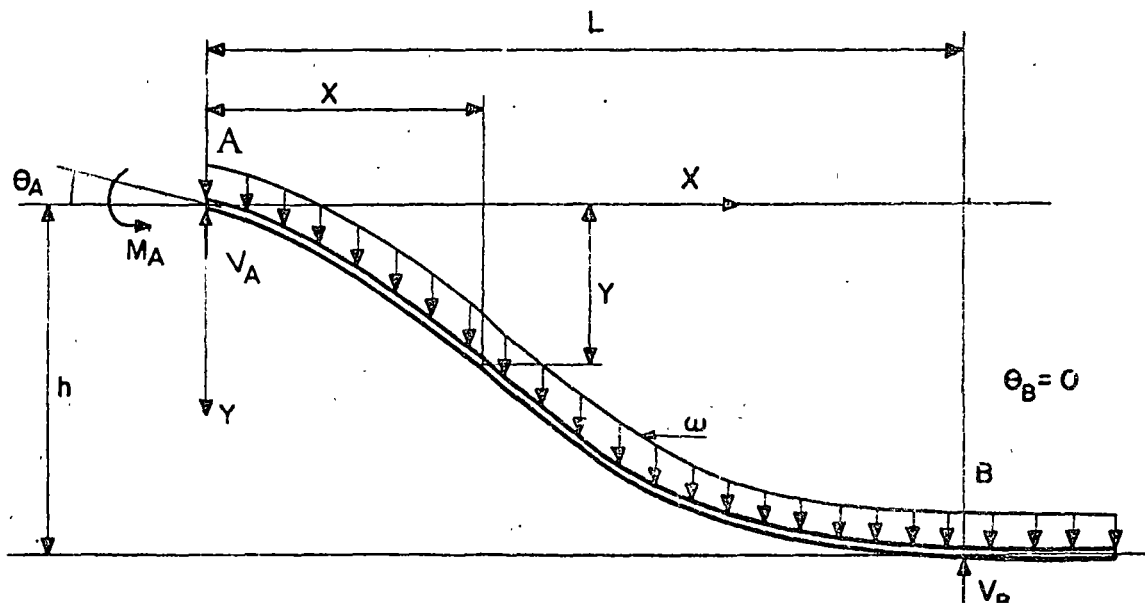
μ = módulo de Poisson

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" \varnothing 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.



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 cm⁴.

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.

$$M = M_A + V_A x - \frac{\omega x^2}{2} \quad M_A = -\frac{EI}{R_A}$$

$$M = -\frac{EI}{R_A} + V_A x - \frac{\omega x^2}{2} ; \text{ Si } x = L, M = 0 \quad (21)$$

$$0 = -\frac{EI}{R_A} + V_A L - \frac{\omega L^2}{2}$$

$$V_A = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} \quad (22)$$

Substituyendo en (21)

$$M = -\frac{EI}{R_A} + \left(\frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} \right) x - \frac{\omega x^2}{2}$$

$$M = \frac{EI}{R_A} \left(\frac{x}{L} - 1 \right) + \frac{\omega x}{2} (L - x) \quad (23)$$

Puesto que

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{EI} = -\frac{1}{R_A} \left(\frac{X}{L} - 1 \right) - \frac{\omega X}{2EI} (L - X) \quad (24)$$

Integrando respecto a x

$$\theta = \frac{dy}{dx} = -\frac{1}{R_A} \left(\frac{X^2}{2L} - X \right) - \frac{\omega X^2}{12EI} (3L - 2X) + C_1$$

$$\text{Si } X=0, \theta = \theta_A \therefore C_1 = \theta_A$$

$$\theta = -\frac{1}{R_A} \left(\frac{X^2}{2L} - X \right) - \frac{\omega X^2}{12EI} (3L - 2X) + \theta_A \quad (25)$$

$$\text{Si } X=L, \theta = 0$$

$$0 = -\frac{1}{R_A} \left(\frac{L}{2} - L \right) - \frac{\omega L^2}{12EI} (3L - 2L) + \theta_A$$

$$0 = \frac{L}{2R_A} - \frac{\omega L^3}{12EI} + \theta_A$$

$$\theta_A = -\frac{L}{2R_A} + \frac{\omega L^3}{12EI} \quad (26)$$

Integrando nuevamente respecto a x

$$y = -\frac{1}{R_A} \left(\frac{X^3}{6L} - \frac{X^2}{2} \right) - \frac{\omega X^3}{24EI} (2L - X) + \theta_A X + C_2$$

$$\text{Si } X=0, y=0 \therefore C_2 = 0$$

$$y = -\frac{1}{R_A} \left(\frac{X^3}{6L} - \frac{X^2}{2} \right) - \frac{\omega X^3}{24EI} (2L - X) + \theta_A X \quad (27)$$

$$\text{Si } X=L, y=h$$

$$h = -\frac{1}{R_A} \left(\frac{L^2}{6} - \frac{L^2}{2} \right) - \frac{\omega L^3}{24EI} (2L - L) + \theta_A L$$

$$h = \frac{L^2}{3R_A} - \frac{\omega L^4}{24EI} + \theta_A L$$

Sustituyendo el valor de (26)

$$h = \frac{L^2}{3R_A} - \frac{\omega L^4}{24EI} - \frac{L^2}{2R_A} + \frac{\omega L^4}{12EI}$$

$$h = -\frac{L^2}{6R_A} + \frac{\omega L^4}{24EI}$$

$$24EI R_A h = -4EI L^2 + \omega R_A L^4$$

$$L^4 - \frac{4EI}{\omega R_A} L^2 - \frac{24EI h}{\omega} = 0 \quad (28)$$

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 (23) 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:

$$V_A = \frac{\omega L}{2} = V_B$$

$$M = \frac{\omega L}{2} x - \frac{\omega x^2}{2}$$

$$M_{MAX} = \frac{\omega L^2}{8}$$

$$L^4 - \frac{24EIh}{\omega} = 0$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{24EIh}{\omega}}$$

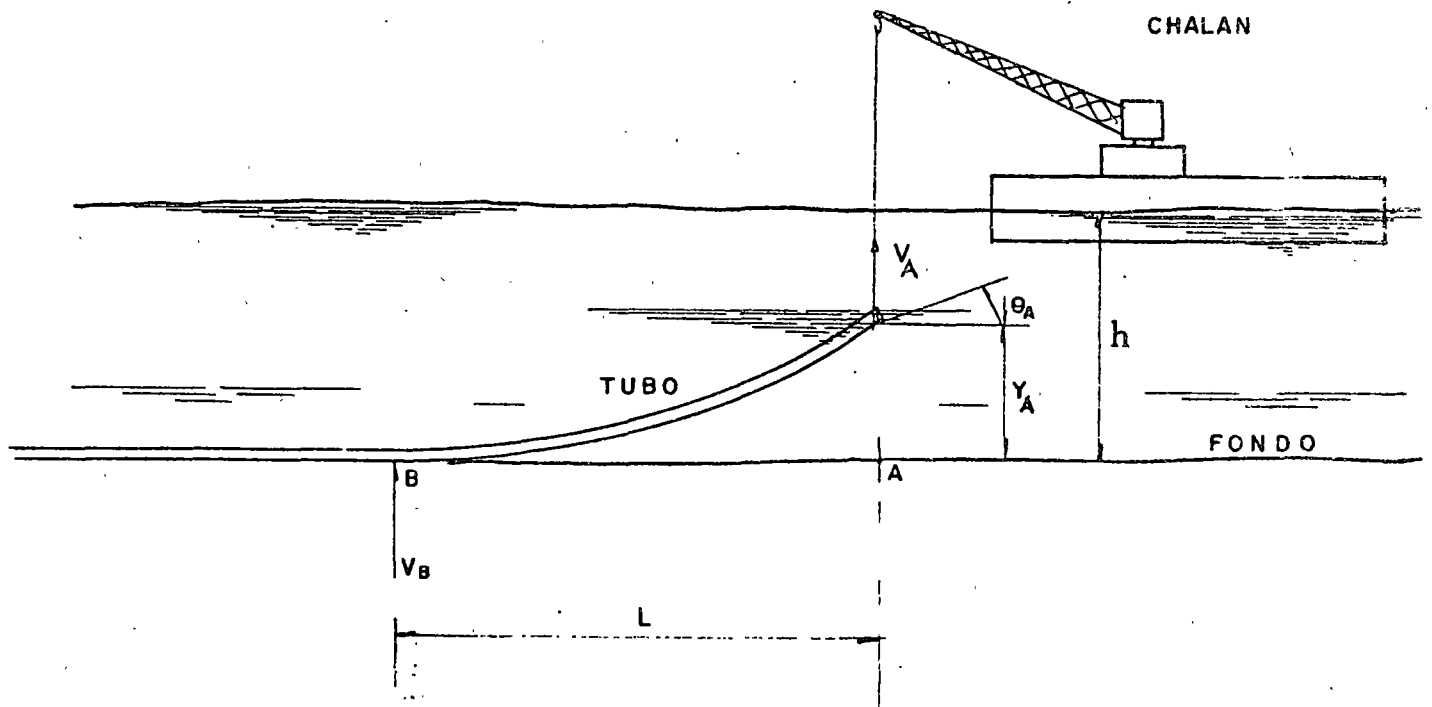


Fig. 68

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.

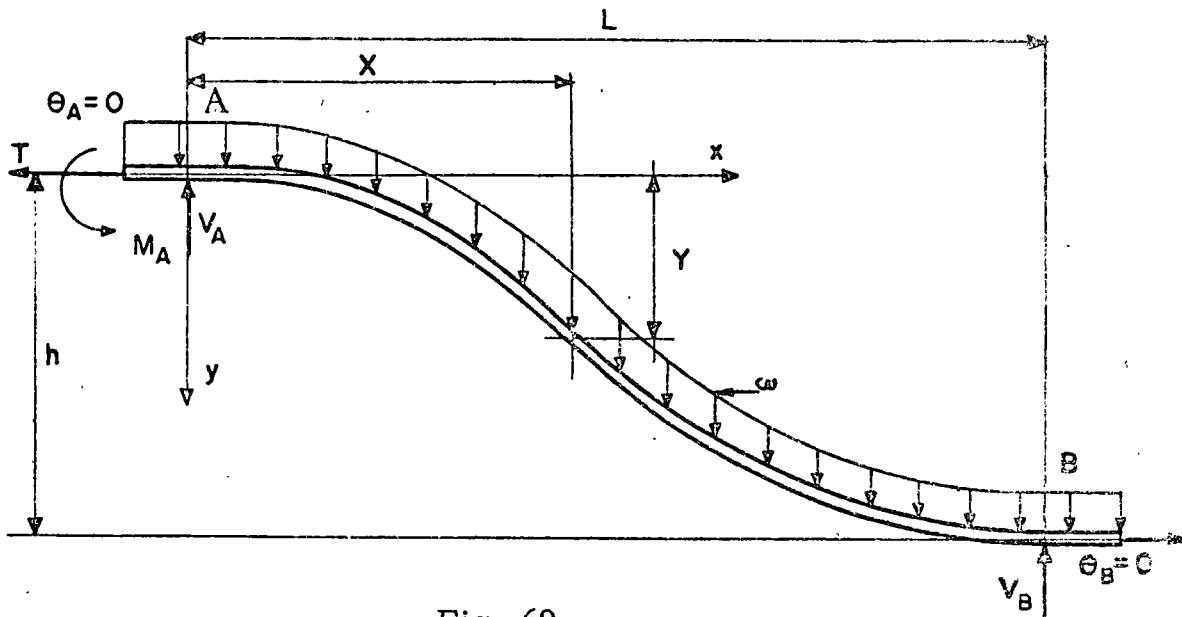


Fig. 69

$$M = -\frac{EI}{R_A} + V_A X - \frac{\omega X^2}{2} - T Y$$

$$\text{Si } X=L, Y=h, M=0$$

$$0 = -\frac{EI}{R_A} + V_A L - \frac{\omega L^2}{2} - T h$$

$$V_A = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} + T \frac{h}{L} \quad (29)$$

$$M = -\frac{EI}{R_A} + \left(\frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} + T \frac{h}{L} \right) X - \frac{\omega X^2}{2} - T Y \quad (30)$$

Puesto que

$$\frac{d^2 Y}{d X^2} = -\frac{M}{EI} = \frac{1}{R_A} - \left(\frac{1}{R_A L} + \frac{\omega L}{2EI} + \frac{T h}{EIL} \right) X + \frac{\omega}{2EI} X^2 + T Y$$

$$\frac{d^2 Y}{d X^2} - \frac{T Y}{EI} = \frac{\omega}{2EI} X^2 - \left(\frac{1}{R_A L} + \frac{\omega L}{2EI} + \frac{T h}{EIL} \right) X + \frac{1}{R_A}$$

Ecuación diferencial cuya solución es :

$$Y = C_1 e^{\sqrt{\frac{T}{EI}} X} + C_2 e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}} X} - \frac{\omega}{2T} X^2 + \left(\frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L} \right) X - \frac{EI}{R_A T} - \frac{\omega EI}{T^2} \quad (31)$$

$$\text{Si } X = 0, \quad Y = 0$$

$$C_1 + C_2 = \frac{EI}{R_A T} + \frac{\omega EI}{T^2} \quad (32)$$

$$\frac{dY}{dX} = \sqrt{\frac{T}{EI}} C_1 e^{\sqrt{\frac{T}{EI}} X} - \sqrt{\frac{T}{EI}} C_2 e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}} X} - \frac{\omega}{T} X + \frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L}$$

$$\text{Si } X = 0, \quad \frac{dY}{dX} = 0$$

$$C_2 - C_1 = \left(\frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L} \right) \sqrt{\frac{EI}{T}} \quad (33)$$

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)

$$Y = \left(\frac{T}{24EI R_A} + \frac{\omega}{24EI} \right) X^4 - \left(\frac{1}{6R_A L} - \frac{\omega L}{12EI} - \frac{1}{6EIL} \right) X^3 + \frac{1}{2R_A} X^2 \quad (34)$$

Puesto que si $X=L$, $Y=h$

$$\left(\frac{T}{24EI R_A} - \frac{\omega}{24EI} \right) L^4 - \left(\frac{1}{3R_A} - \frac{hT}{6EI} \right) L^2 - h = 0 \quad (35)$$

Derivando (34) respecto a X y tomando en cuenta que si - -

$$X = L, \quad \frac{dy}{dx} = 0$$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{\omega L^2 + 6 h T^2}{2 T^2 L^2 + 6 E I T} \quad (36)$$

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 flexionan-
te en cualquier sección, sustituyendo en (29) nos dará la reacción -
del chalán y en (34) la curva del eje deformado de la tubería. Es po
sible también obtener el momento máximo y el punto de inflexión pro-
cediendo en la misma forma del caso anterior.

Durante el planteamiento del problema hemos hecho varias - -
simplificaciones que conviene mencionar: En primer lugar ^{no} integra--
mos a lo largo de la curva del eje del tubo deformado; por otro lado,
estamos considerando el problema plano despreciando la torsión pro-
ducida principalmente por los movimientos del chalán durante el ten-
dido. 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.

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.

PLATAFORMAS MARITIMAS

La perforación de pozos petroleros en varios países, incluyendo a 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 pilotes y 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.

EQUIPO DE PERFORACION

SUPERESTRUCTURA

SUBESTRUCTURA

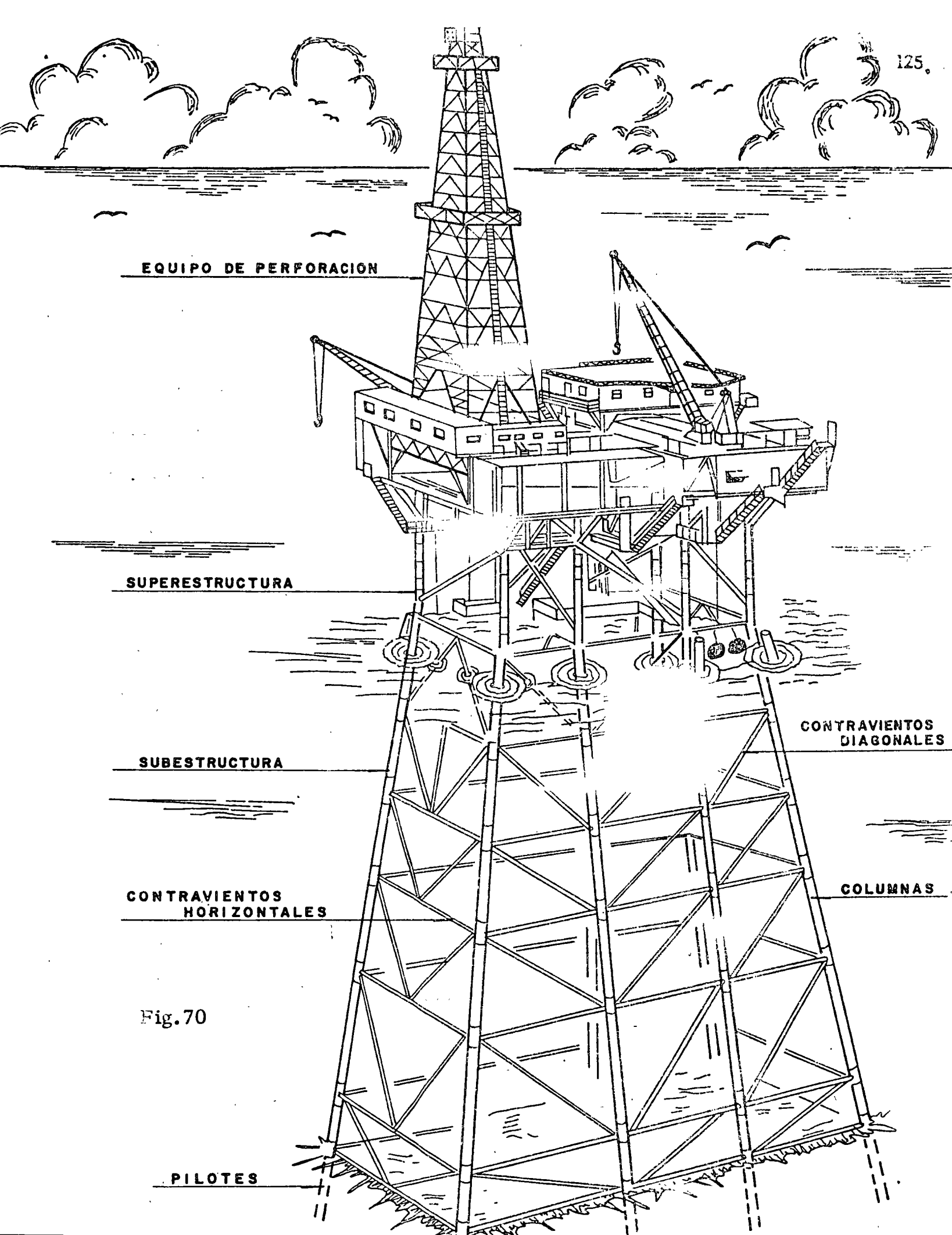
CONTRAVIENTOS HORIZONTALES

PILOTES

CONTRAVIENTOS DIAGONALES

COLUMNAS

Fig. 70



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 meteorológicos 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 estructura se tomarán en cuenta además del oleaje, la marea astronómica, marea de tormenta y un bordo libre, generalmente de 1.00 m., con el fin de prever un cierto margen 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 fluido ejerce sobre un cuerpo sumergido en su seno:

$$F = C_M \rho V \frac{\partial u}{\partial t} + 1/2 C_D \rho A |u| u \quad (37)$$

el primer término correspondiendo a la fuerza de inercia del fluido de masa ρV y aceleración $\frac{\partial u}{\partial t}$ actuando sobre el cuerpo de volumen V ; y el segundo término a la fuerza de arrastre que el fluido con velocidad u ,

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 fluido 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. (13).

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

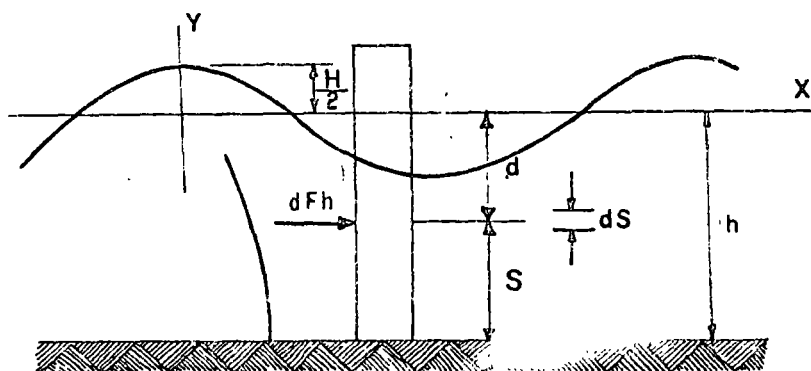


Fig.71

$$dFh = \left(C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} + 1/2 C_D \rho D |u| u \right) dS$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh [2\pi(Y+d)/L]}{\sinh 2\pi h/L} \sin$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh [2\pi(Y+d)L]}{\sinh 2\pi h/L} \cos \theta$$

$$Y = \frac{H}{2} \cos \theta$$

$$\theta = 2\pi \left(\frac{X}{L} - \frac{t}{T} \right) = \text{ángulo de fase}$$

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.

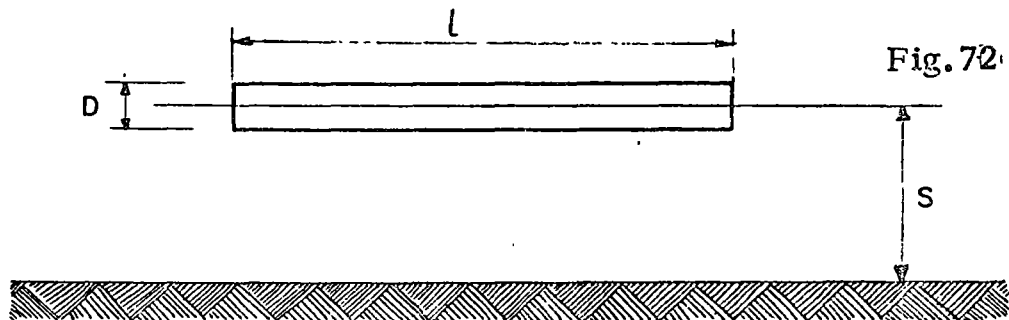
u = componente horizontal de la velocidad de las partículas del agua.

H = altura de la ola

L = longitud del oleaje

T = periodo del oleaje

Fuerza horizontal en los contravientos horizontales Fig.72



$$F_h = \frac{\rho D L}{2} \left(\frac{\pi}{2} D C_M \frac{\partial u}{\partial t} + C_D |u| u \right)$$

l = Longitud del contraviento

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh [2\pi(Y+d)/L]}{\sinh 2\pi h/L} \sin \theta$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh [2\pi(Y+d)/L]}{\sinh 2\pi h/L} \cos \theta$$

$$\sin \theta = \pm \frac{C_M D \pi}{2 C_D H} \frac{\sinh 2\pi h/L}{\cosh 2\pi h/L}$$

para la condición más desfavorable

Fuerza vertical total en los contravientos horizontales.-

$$F_v = \frac{\rho D l^3}{2} \left(\frac{\pi}{2} D C_M \frac{\partial v}{\partial t} + C_D |v|v \right)$$

v = Velocidad vertical

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\text{sen } 2\pi S/L}{\text{sen } 2\pi h/L} \cos \theta$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\text{sen } h \ 2\pi S/L}{\text{sen } \pi h/L} \text{sen } \theta$$

$$\cos \theta = -\frac{C_M D \pi}{2 C_D H} \frac{\text{sen } h \ 2\pi h/L}{\text{sen } h \ 2\pi S/L}$$

para la condición más desfavorable

Tendremos como condición más desfavorable al contraviento en un plano vertical perpendicular a la dirección del oleaje.

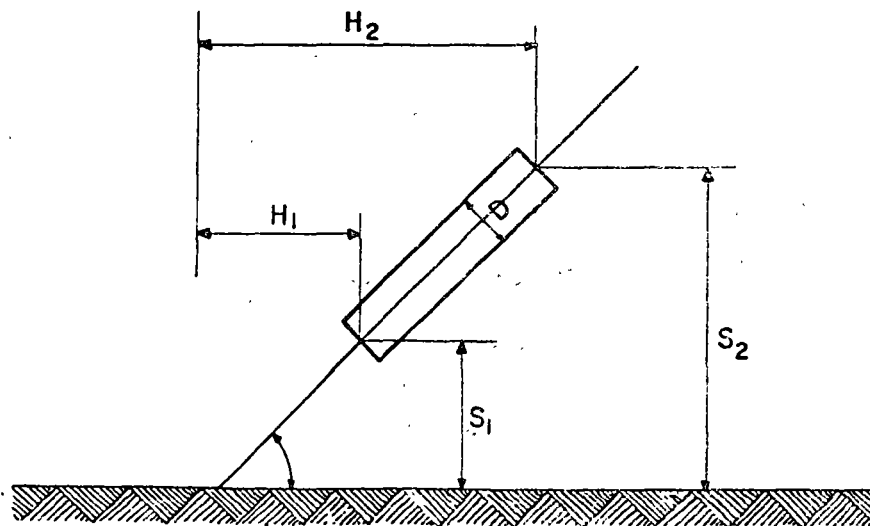


Fig.73

$$F_h = \frac{\pi \rho H^2 L}{T^2 \sin \alpha} \left[\frac{\pi D}{4H} C_M K_2 \sin \theta + C_D K_1 |\cos \theta| \cos \theta \right]$$

$$K_1 = \frac{\sinh \frac{4\pi S_2}{L} - \sinh \frac{4\pi S_1}{L} + \frac{4\pi S_2}{L} - \frac{4\pi S_1}{L}}{16 \left(\sinh \frac{2\pi h}{L} \right)^2}$$

$$K_2 = \frac{\sinh \left(\frac{2\pi S_2}{L} \right) - \sinh \left(\frac{2\pi S_1}{L} \right)}{\sinh \left(\frac{2\pi h}{L} \right)}$$

$$\sin \theta = + \frac{D C_M K_2}{8 H C_D K_1} \text{ para la condición más desfavorable} \quad \text{ó } \cos \theta = 0$$

$$F_v = \pi \rho D \frac{H^2 L}{T^2} \left[- \frac{\pi D C_M}{4 H \sin \alpha} K'_2 \cos \theta + \frac{C_D}{\tan \alpha} K'_1 |\sin \theta| \sin \theta \right]$$

$$K'_1 = \frac{\sinh \left(\frac{4\pi S_2}{L} \right) - \sinh \left(\frac{4\pi S_1}{L} \right) - \frac{4\pi S_2}{L} + \frac{4\pi S_1}{L}}{16 \left(\sinh \frac{2\pi h}{L} \right)^2}$$

$$K'_2 = \frac{\cosh \frac{2\pi S_2}{L} - \cosh \frac{2\pi S_1}{L}}{\sinh \frac{2\pi h}{L}}$$

$$\cos \theta = - \frac{\pi D C_M}{8 H C_D \cos \alpha} \frac{K'_2}{K'_1} \text{ Para la condición más desfavorable}$$

$$\text{ó } \sin \theta = 0$$

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.

ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS

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.

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 --

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.

W I E N T O S

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.

M A R E A S

Las mareas son importantes no solo por los niveles que alcanzan sino también por las corrientes que originan.

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

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 50 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.

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.

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.

Para el caso de la cimentación de una obra marítima en general, incluyendo las plataformas, es necesario llevar a cabo varios sondeos distribuidos en tal forma de poder determinar las características del área en estudio y poder trazar perfiles 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 distribuidas 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: construir 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.).

- 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 debidos a las fuerzas hidrodinámicas y peso propio durante la operación y la construcción.
- d) Estabilidad del terreno
- e) Fallas probables de colapso o inestabilidad elástica.

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 construir 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

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.

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 F. 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 Committee Memorandum on "Suitable Mooring and Strength of Mooring Attachment for Various Sizes of Ships.
- (9) Substructure 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 Cavanilles
- (14) Publicaciones de la Off shore Technology Conference



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

CONSTRUCCION DE OBRAS EXTERIORES: ROMPEOLAS,
ESCOLLERAS Y ESPIGONES

ING. MAURICIO OSORIO MORALES

SEPTIEMBRE, 1978.

CURSO SOBRE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS
MARITIMAS Y PORTUARIAS.

CONSTRUCCION DE OBRAS EXTERIORES : ROMPEOLAS,
ESCOLLERAS Y ESPIGONES.

Por : Mauricio Osorio Morales

Un rompeolas es una estructura que sirve para reflejar y disipar la energía del oleaje y evitar su incidencia sobre un área que se desea proteger. También se puede decir que un rompeolas es cualquier obstáculo que se interpone a la propagación del oleaje.

Los rompeolas se construyen para crear puertos artificiales, haciendo seguras las maniobras y operaciones de las embarcaciones. A veces los rompeolas se construyen en el interior de grandes puertos para crear una zona de aguas tranquilas en donde se puedan realizar con facilidad las maniobras de carga y descarga de las embarcaciones, ó para crear dársenas protegidas para el amarre de barcos pesqueros ó de placer.

A veces se construyen rompeolas aislados de la costa. Los conectados a la costa actúan como barreras contra el movimiento de materiales a lo largo de la playa causado por el oleaje, provocando azolve en un lado y erosión en el otro.

También se construyen rompeolas en la entrada a puertos naturales con el fin de protegerlos contra el oleaje, haciéndolos más seguros y facilitando las maniobras de las embarcaciones.

Se dá el caso en que los "bajos" y arrecifes funcionan como rompeolas sumergidos, creando un área de aguas tranquilas como ocurre en las costas de Quintana Roo.

DEFINICION DE ESCOLLERA

Una escollera es estructuralmente semejante a un rompeolas que se ex-

tiende dentro de un cuerpo de agua para dirigir y encauzar una corriente o flujo de marea, hacia un área determinada y evitar que el acarreo litoral azolve el canal. Las escolleras se localizan en la desembocadura de un río, boca de una laguna, boca de un estero o entrada a una bahía, para mantener y ayudar a profundizar un canal de navegación al provocar el arrastre de materiales hacia aguas más profundas. Las escolleras también protegen el canal de entrada contra oleajes y corrientes cruzadas. Por su localización particular el eje de las escolleras difícilmente puede ser perpendicular a la dirección del oleaje.

Tipos de rompeolas y escolleras.- Los tipos construidos originalmente se clasifican como:

- De paramento vertical
- Mixto
- De talud.

El rompeolas de paramento vertical está compuesto por un muro de pared vertical (o casi vertical), que se desplanta directamente sobre el terreno natural o sobre un enrocamiento colocado abajo de la superficie del agua. El enrocamiento se considera como cimiento del muro o como subestructura sobre la que va un muro como superestructura. La cimentación se prepara colocando capas de piedra hasta obtener la capacidad necesaria para soportar la estructura completa.

Los rompeolas de paramento vertical se usan en aguas relativamente profundas en donde el oleaje incidente sobre ellos no pueda romper y sea reflejado hacia el mar. El muro o superestructura del rompeolas de paramento vertical, se construye de bloques o cajones de concreto.

Rompeolas mixto.- Está formado por un muro de paramento vertical (o casi vertical), desplantado sobre el terreno natural en aguas poco profundas o sobre enrocamiento llevado hasta un nivel que puede ser arriba

del nivel de marea baja. Una característica fundamental de este tipo de rompeolas, es que la ola es reflejada por el muro en marea alta y en marea baja rompe contra el muro o en el enrocamiento sobre el cual el muro descansa .

El criterio para distinguir un rompeolas mixto de uno de paramento vertical es que en este último, el tirante de agua sobre el enrocamiento debe ser mayor que la amplitud del clapotis, y en el mixto lo contrario (la ola estacionaria resultante de la superposición de la ola incidente con la reflejada, se llama clapotis).

Rompeolas contruidos como rompeolas de paramento vertical en aguas con profundidad insuficiente o cuando se presentan oleajes mayores que los previstos, funcionan como rompeolas mixtos con los inconvenientes que al romper la ola sobre el enrocamiento socava al muro hasta derrumbarlo como ocurrió con el rompeolas de Palermo, Italia.

Rompeolas de talud.- Las secciones transversales de forma trapezoidal de estas estructuras se construyen con material pétreo como sigue: un núcleo de piedra de tamaños relativamente chicos resultantes de la explotación de una cantera, colocada en forma masiva; una capa de piedra de tamaño intermedio y finalmente una o dos capas de piedra grande colocada convenientemente. A esta última capa se le llama la coraza y es la que resiste directamente el ataque del oleaje. Cuando no se consigue piedra de los pesos necesarios, la coraza se forma con elementos artificiales de concreto precolado como bloques, tetrápodos, tribarra, dom, dolos, etc. La característica principal, en cuanto a funcionamiento, es que estas estructuras disipan la energía de la ola incidente provocando que la ola rompa en su talud causando sólo una reflexión parcial.

Éstos rompeolas son los más numerosos en el mundo debido a:

- 1.- Con variación de la distancia de acarreo, siempre se consigue roca.
- 2.- Son relativamente fáciles de construir y reparar.
- 3.- Sólo sufren daños graduales a medida que son atacados por olas de mayor altura que las consideradas en el diseño.

Esta consideración es de gran importancia, ya que generalmente no se dispone de toda la información necesaria para su diseño. Por otra parte al deteriorarse y quedar más tendidos los taludes, aumenta su estabilidad.

Otros tipos de rompeolas.- Además de los tipos primeramente tratados existen otros como:

Flotantes

Cajones de concreto

Tablestacados

Enrocamiento y concreto asfáltico

Corazón de arena con recubrimiento de concreto asfáltico.

Neumáticos.

Los rompeolas flotantes son estructuras que se mantienen flotando y firmemente ancladas para resistir el impacto de la ola y obligarla a disminuir de altura, con lo cual se logra crear una zona de aguas -- tranquilas o cuando menos con una agitación menor que si no estuviera protegida por esos rompeolas. Estos rompeolas se recomiendan como obras provisionales para disminuir la agitación en cierta zona de manera que permita la realización de un trabajo con menos dificultad, - por ejemplo el dragado en un área expuesta al oleaje o salvar una embarcación varada en la playa.

Los rompeolas de cajones de concreto se construyen en tierra sobre planos inclinados para facilitar su botadura o en estructuras especiales a manera de diques flotantes. Se llevan flotando al lugar de la obra en donde se colocan sobre una cimentación preparada, generalmente de piedra producto de la explotación de una cantera. Los cajones se rellenan de piedra o arena para darles estabilidad y luego se les pone coronamiento de concreto.

Rompeolas de tablestacas.- Donde las condiciones del oleaje no -- sean muy severas, se construyen rompeolas de tablestacas de con-- creto o de acero. Los rompeolas de tablestacas se conciben como - cajones de tablestacas unidos entre sí o como dos paredes de ta-- blestacas sirviendo una a la otra de anclaje mediante tensores y diafragmas, rellenándose con materiales pétreos y poniéndoles co-- ronamiento de concreto.

Rompeolas de enrocamiento y concreto asfáltico.- Son estructuras - de enrocamiento en las cuales se rellenan los huecos con concreto asfáltico, usando dispositivos especiales.

Rompeolas con corazón de arena y recubrimiento asfáltico.- En --- principio es un bordo de arena con una coraza de concreto asfálti_ co. Teóricamente es una estructura estable y duradera, pero en - la práctica es muy difícil de lograrlo, ya que cualquier falla en la coraza permite la fuga de arena, que constituye el corazón onú_ cleo, produciéndose su destrucción rápida.

Rompeolas neumáticos.- En aguas poco profundas si se coloca una - tubería perforada del diámetro adecuado a la que se le suministra aire, se logra interrumpir la propagación del oleaje o cuando me-- nos disminuir su altura. Los rompeolas neumáticos al igual que -- los flotantes se utilizan como obras provisionales.

CLASIFICACION DE LOS ROMPEOLAS CON TALUDES.

a).- En cuanto a que la ola pase por encima del rompeolas.- Al rom_ per la ola sobre el talud de un rompeolas, parte de la masa de -- agua se desplaza hacia arriba por el talud. Dependiendo de la al- tura alcanzada por la ola, se clasifican los rompeolas con talud_ como rebasables, o nó. Un rompeolas se considera como no rebasa-- ble, cuando para cualquier condición del mar, las olas no pasan - por encima del rompeolas. Cuando las olas pasan total o parcial--

mente, al rompeolas se le llama franqueable.

Dependiendo también de la altura con respecto al nivel del agua, un rompeolas puede ser sumergido o semisumergido.

b).- De acuerdo a la constitución de la coraza.- Ya se dijo que la coraza es la que directamente resiste el ataque del oleaje. La coraza puede estar formada por fragmentos de roca natural o por elementos artificiales, lo que da origen a clasificar los rompeolas de talud como rompeolas con coraza de piedra y con coraza de elementos artificiales.

Los elementos artificiales se fabrican de concreto hidráulico; originalmente fueron de forma cúbica o paralelepípeda. Con la ayuda de los modelos hidráulicos, se han obtenido nuevas formas con ventajas sobre los cubos originales. De los elementos artificiales, después del cubo, el más común es el tetrápodo, que permite taludes más empinados (a igualdad de peso de los elementos naturales y artificiales de la coraza); la coraza constituida por tetrápodos, tiene mayor porcentaje de vacíos que la constituida por cubos.

DIMENSIONAMIENTOS DE LOS ROMPEOLAS DE TALUD

Dos aspectos deben considerarse en el diseño de un rompeolas: geometría y estabilidad de la sección transversal del rompeolas. Esto nos conduce a considerar lo siguiente:

- a).- Características del oleaje.
- b).- Disponibilidad y características de los materiales de construcción.
- c).- Utilización de modelos reducidos.
- d).- Procedimientos de construcción y equipo disponible.

Desde luego que geometría y estabilidad están íntimamente liga-

das. La geometría también depende de la finalidad de la obra.

Lo principal en el diseño de la sección de un rompeolas de talud es el cálculo de los pesos de los elementos naturales o artificiales que forman la coraza. Una vez determinado el peso de los elementos de la coraza, se obtiene fácilmente el espesor de ésta, así como el espesor de la capa secundaria y los pesos límite de los materiales que forman estas capas.

A la fecha se conocen 18 fórmulas para la determinación de los pesos de los elementos que componen la coraza. En todas ellas intervienen la altura de la ola significativa, el ángulo que el talud forma con la horizontal y el peso específico del material; - en algunas fórmulas también interviene el período de la ola.

Las fórmulas más conocidas en nuestro medio son las de Iribarren, Hudson y Beaudevin.

Iribarren	$P = \frac{KH^3d}{(d-1)^3 (\text{cosa} - \text{sena})^3}$
Hudson	$P = \frac{H^3d}{K (d-1)^3 \text{cota}}$
Beaudevin	$P = \frac{KH^3d}{(d-1)^3} \left(\frac{1}{\text{cota}-0.8} - 0.15 \right)$

P=peso en toneladas, del fragmento de roca o elemento artificial de concreto con que se construirá la coraza.

d=densidad relativa de la roca o concreto empleado.

K=coeficientes; diferentes para cada fórmula

a=ángulo que forma el talud con la horizontal

H=altura de la ola de proyecto

CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS Y ESCOLLERAS

- 1.- La construcción de rompeolas y/o escolleras comprende las siguientes operaciones: obtención, transporte, elaboración y su utilización en la obra, de los materiales empleados.
- 2.- Materiales.- En la construcción de rompeolas de talud y escolleras, los materiales usados son los siguientes:
 - a) Fragmentos de roca de diferentes tamaños obtenidos por explotación de canteras.
 - b) Depósitos naturales de roca
 - c) Elementos artificiales de concreto, tales como bloques, tetrápodos, dolos y otros.
- 3.- Equipo.- A fin de facilitar la explicación de la construcción de un rompeolas, se consideran separadamente las tres operaciones indicadas en el punto (1) y el equipo utilizado en cada una de ellas.
- 4.- Obtención de materiales.- Los materiales naturales empleados en la construcción de rompeolas, fundamentalmente son: agregados para concreto y rocas que se obtienen de bancos. A los bancos de donde se obtiene la roca, se les llama pedreras.

En las pedreras la roca se obtiene mediante el uso de explosivos y equipo diverso como lo son: compresores de aire y su equipo adicional, perforadoras, grúas, palas mecánicas, tractores, cargadores frontales, etc. La explotación de una cantera para obtener los materiales de los pesos y proporciones requeridos, es un trabajo especializado. La lon-

gitud, separación y diámetro de los barrenos deberán ser tales, que las "tronadas" produzcan el mayor porcentaje de material utilizable, especificado. Sólomente se puede hacer una explotación correcta de una cantera, si se cuenta con el equipo apropiado para tronar, rezagar, manejar, clasificar y cargar la roca de acuerdo con los tamaños requeridos para la construcción de la obra.

5. Transporte.- El costo del transporte puede llegar en algunos casos al 80% del costo de la obra. De aquí que, después del diseño, se tendrá que estudiar con mucho cuidado el procedimiento de construcción y el factor transporte. Se tendrá que analizar el conjunto de elementos para llegar a determinar el menor costo mediante la elección correcta del medio de transporte, los vehículos empleados, su capacidad, distancias, tiempo perdido por carga y descarga, volumen total por transportar, distribución de tamaños, etc.

Los medios de transporte utilizados en la construcción de rompeolas de enrocamiento son por agua, por ferrocarril y por carretera, ó la combinación de ellos. Cuando se utiliza el transporte por agua, se emplean chalanes y remolcadores ó ompujadores. Si es por ferrocarril, se emplean plataformas. Cuando es por carretera, se procura emplear los vehículos permitidos de mayor capacidad. En cuanto al costo de transporte en orden creciente resulta: por agua, por ferrocarril y por carretera. En cuanto a la velocidad el orden se invierte. Cuando se utilicen ferrocarril ó camiones para el transporte, la piedra se recibe pesada en báscula. Si por chalán, el peso se calcula por diferencia de desplazamiento.

6. Ejecución.- El equipo empleado será en número, capacidad y de las características que aseguren que la obra se realice de acuerdo con el proyecto, las especificaciones y el programa de trabajo.

El equipo fundamental para colocar la piedra en la obra, - son las grúas de la capacidad y alcance necesarios, para - manejar la piedra de las distintas capas como lo indique - el proyecto, las que podrán moverse sobre orugas, sobre -- vías de ferrocarril ó montadas sobre chalán.

Los chalanes llevan la piedra sobre su " cubierta" ó dentro de sus compartimientos. Si la piedra vá sobre "cubierta", su descarga y colocación se hace con grúa ó con Bulldozer que - vá en la misma cubierta.

Si la piedra se lleva en los compartimientos, la descarga y - colocación en su sitio se hace abriendo las compuertas de --- fondo.

7. Construcción del núcleo.- El núcleo se formará con piedra colocada a volteo o por otro medio aprobado; los taludes serán -- terminados colocando la piedra con grúa, utilizando "charolas" redes ú otros medios. Para evitar la pérdida de material y - destrucción de la obra a medida que avance el trabajo, se irá protegiendo el núcleo con roca de mayor tamaño. A fin de disponer de un ancho mayor para las maniobras, podrá permitirse que el núcleo se construya en dos etapas de acuerdo a las condiciones reinantes en el mar, pudiéndose dejar de tramo en tramo, retornos para facilitar las maniobras del equipo de acarreo y colocación. Cuando se utiliza el ferrocarril para el transporte de piedra, las vías se llevan sobre el mismo rompeolas; se van prolongando a medida que avanza la obra, lo que permitirá que el equipo de ferrocarril se acerque hasta donde la grúa (que está en el extremo) pueda descargarlo y acomodar la piedra en el lugar que le corresponda.
8. Capa secundaria.- La capa ó capas que inmediatamente protegen al núcleo, estarán formadas por fragmentos de roca de los pe-

Los indicados en los planos de proyecto. Para evitar una clasificación mecánica especial, se indicará las variaciones en peso que podrán tener los elementos de la capa secundaria.

La colocación de la roca para formar la capa secundaria, podrá hacerse parte a volteo y parte con grúa, utilizando los aditamentos apropiados y autorizados con sus estrobos, garras, almejas, redes, charolas y otros. Si la construcción del núcleo se realiza en dos etapas, las capas de protección se llevarán a la misma altura. La capa secundaria se irá protegiendo con piedra de coraza a medida que se avance en el trabajo.

9. Capa de coraza.- La piedra de coraza se colocará pieza por pieza, utilizando grúas de la capacidad y alcance adecuados para colocar cada fragmento en su lugar definitivo. Como para el caso de la capa secundaria, las grúas podrán utilizar para esta maniobra, estrobos, garras, u otros medios aprobados. Los pesos de los fragmentos de roca para esta capa, podrán variar en más o en menos 25%.
10. Coraza de elementos artificiales.- Cuando no se dispone de roca natural de los pesos necesarios para resistir la fuerza del oleaje, se recurre al empleo de elementos artificiales como son: bloques, tetrápodos, tribarras, doms, doños y otros elementos de concreto hidráulico. Para la fabricación de estos elementos, se deberá contar con patios de colados de superficie adecuada para colar diariamente el número programado así como para almacenar la cantidad especificada. En la fabricación de bloques, se podrán usar (dependiendo del peso de cada block), moldes metálicos, de madera ó plástico. En la fabricación de otros elementos, se usarán moldes metálicos ó de plástico.

Tratándose de tetrápodos de 5 toneladas ó más, se recomienda usar moldes metálicos, fabricados con lámina del espesor requerido. Cada juego de moldes consiste de seis piezas, necesítan-

dose tantos juegos como tetrápodos se vayan a colar por día. Para colar un tetrápodo, se necesitan cuatro piezas, la del fondo y tres laterales. La pieza del fondo deberá estar apoyada sobre una cama de piedra triturada no mayor de tres pulgadas, u otro material aprobado que se ajuste a la forma de la pieza ó tapa, a fin de que las presiones - queden uniformemente distribuidas.

Las piezas ó tapas laterales se podrán retirar del tetrápodo a las 24 horas de colado si la resistencia del concreto - en ese tiempo es satisfactoria. La tapa del fondo podrá retirarse a las 72 horas del colado, debiéndose manejar el -- tetrápodo con los medios aprobados.

11. Manejo y colocación de tetrápodos.- Sólo después de que el -- concreto alcance la resistencia especificada, los tetrápodos - se podrán manejar, transportar y colocar en la obra. La coraza de un rompeolas y/o escollera, se formará con dos capas de tetrápodos debidamente colocados mediante una grúa de capacidad y alcance necesarios para colocar cada pieza en su sitio definitivo, usando para ello estrobos de cable de acero u otro medio aprobado.

La fabricación, manejo y colocación de bloques u otros elementos artificiales para formar la coraza de rompeolas y/o escolleras, se ajustarán en lo que corresponda a lo especificado para tetrápodos.

- 12 Construcción de rompeolas de paramento vertical ó mixto.- La - construcción de estos rompeolas exige una organización constructora más desarrollada que la que se necesita para la construcción de un rompeolas y/o escollera de talud. La ejecución de la subestructura de enrocamiento, es semejante a la ejecu--

ción de los rompeolas de talud, con la diferencia que esta subestructura es sumergida, no pudiéndose llevar el equipo de construcción sobre la misma subestructura ó enrocamiento. Este enrocamiento se coloca, si no todo, empleando chalanes con descarga por el fondo, y se completa con grúa, que toma la piedra de un chalán. La terminación de la subestructura, a las líneas y niveles de proyecto, se hace con buzos.

La construcción del muro ó superestructura, se hace con piezas precoladas, bloques de concreto simple ó cajones de concreto reforzado.

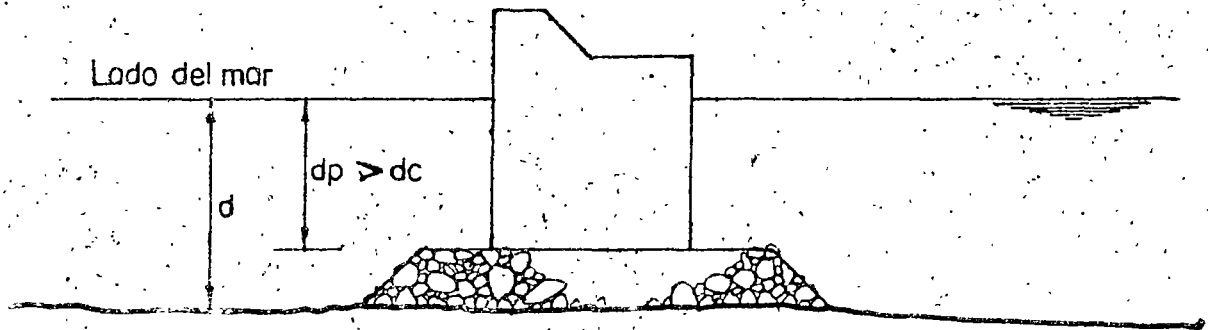
En el rompeolas de Génova, se construyeron bloques de 420 - Tons. (12.0 x 4.5 x 2.95 M.).

Sin embargo, en la construcción de rompeolas de paramento vertical más que bloques, se usan cajones de concreto reforzado, algunos de dimensiones impresionantes, como los empleados en el puerto de Marsa el Brega, en Libia, de 28.20 x 18.0 x 16.0-M. que se colaron en Génova y se llevaron remolcados hasta el sitio de la obra, a una distancia de 2,500 Km.

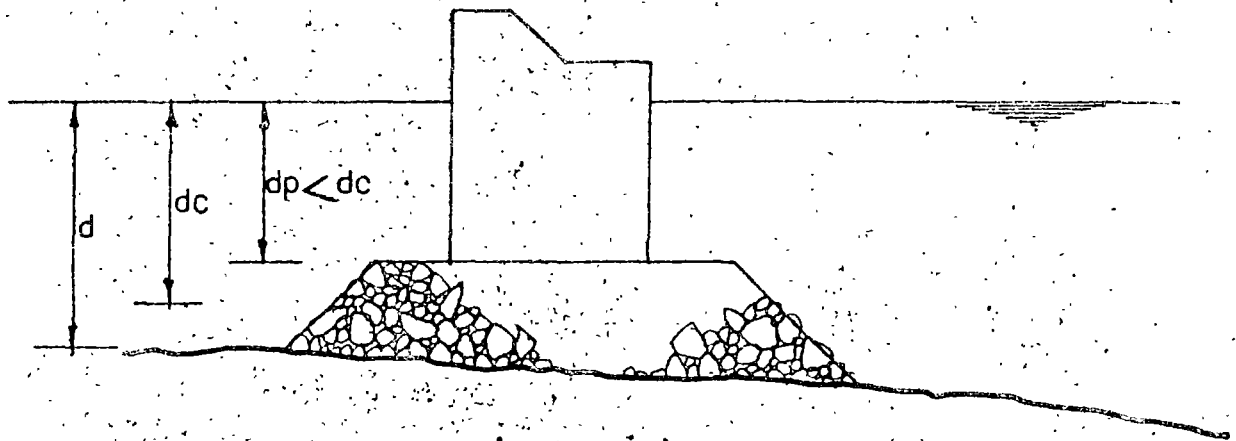
Los cajones se construyeron empleando varios métodos: en diques flotantes, en plataformas colgadas ó en tierra.

Después de colocados los cajones, se rellenan con material relativamente barato como grava, piedra triturada ó arena. Se completa la obra con un coronamiento de concreto, ya sea colado en el sitio ó formado con piezas precoladas.

TIPOS DE ROMPEOLAS



rompeolas vertical



rompeolas mixto



rompeolas de talud.

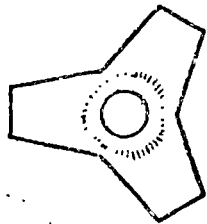
d = tirante de agua

dc = mínimo tirante de agua (de acuerdo con el clapotis total.)

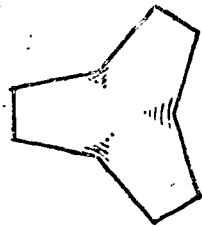
dp = profundidad al pie del muro

H = altura de ola

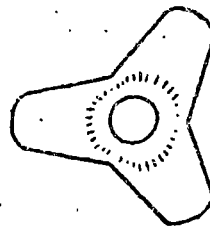
Fig. 2



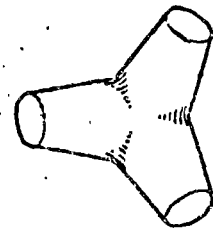
PLANTA



FONDO



PLANTA

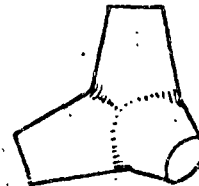


FONDO



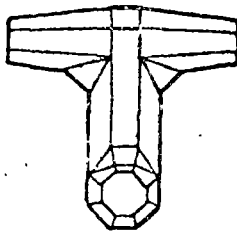
ELEVACION

CUADRIPODO

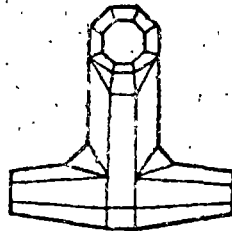


ELEVACION

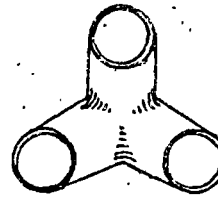
TETRAPODO



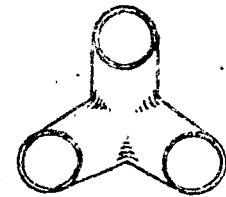
PLANTA



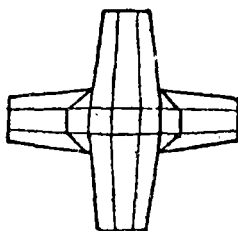
FONDO



PLANTA

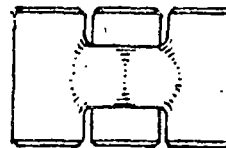


FONDO



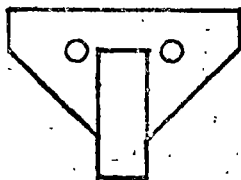
ELEVACION

DOLOS

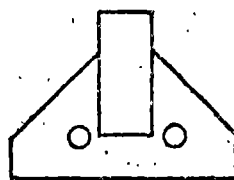


ELEVACION

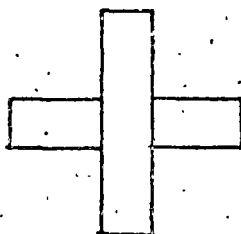
TRIBARRA



PLANTA



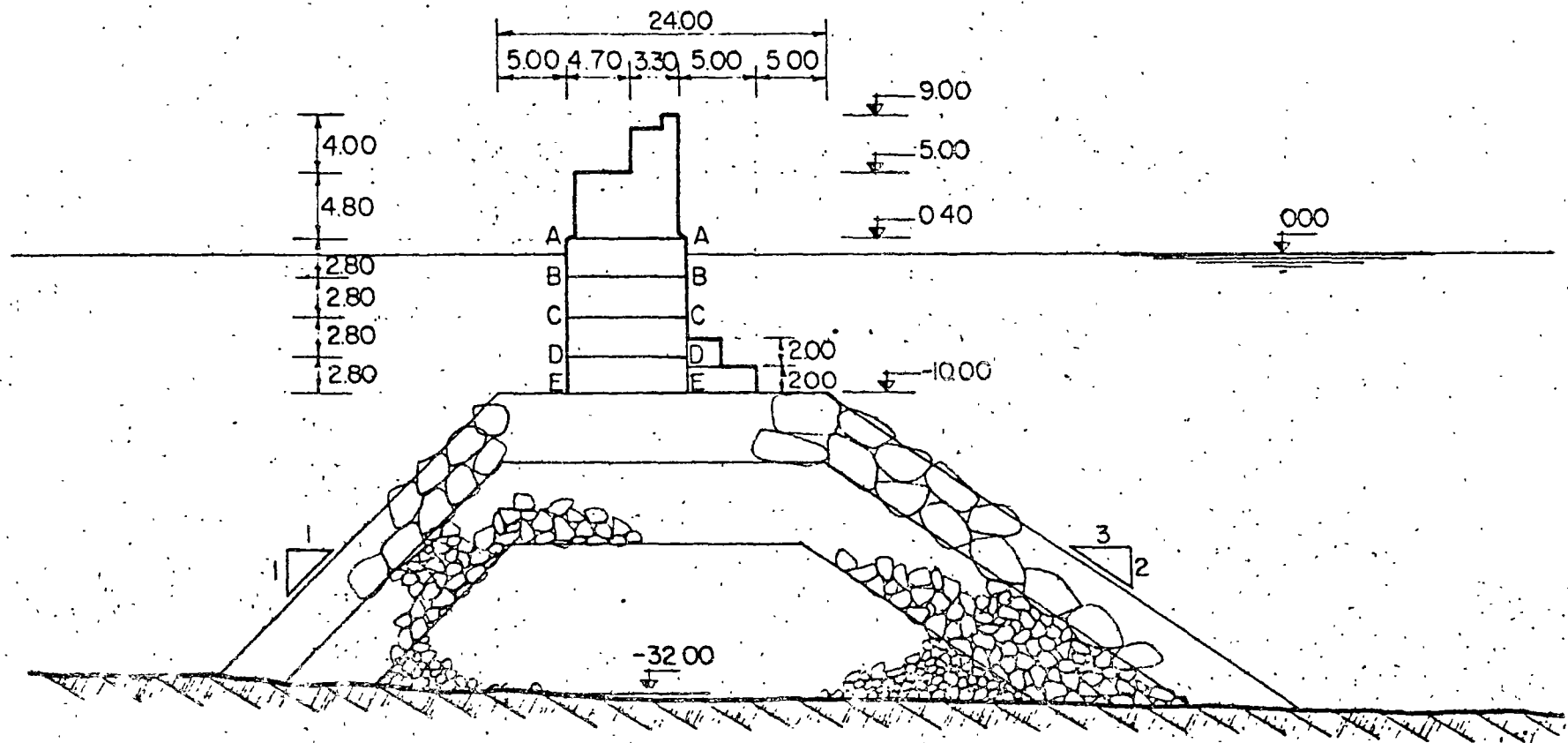
FONDO



ELEVACION

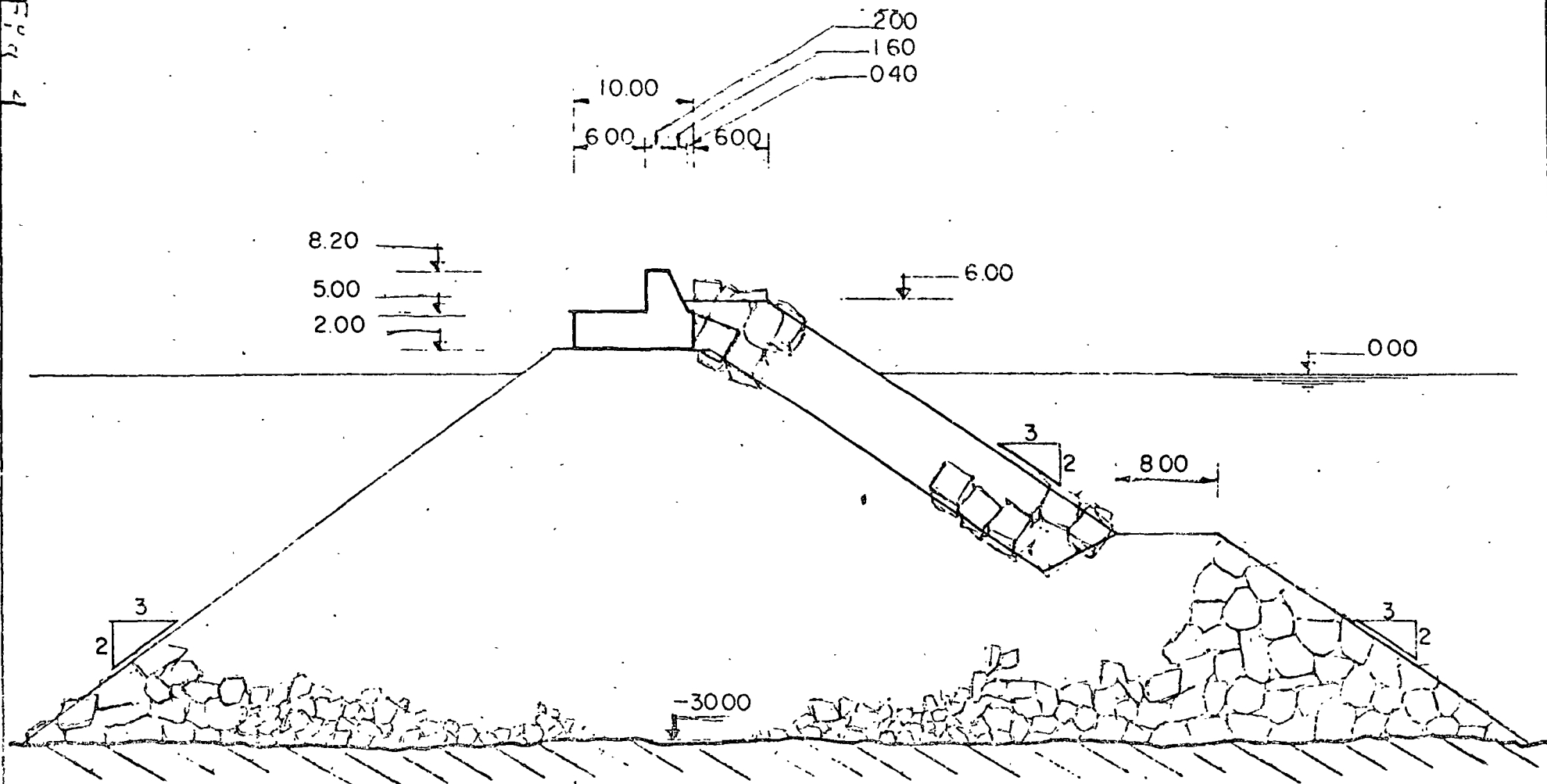
DOM

ELEMENTOS ARTIFICIALES DE CONCRETO.



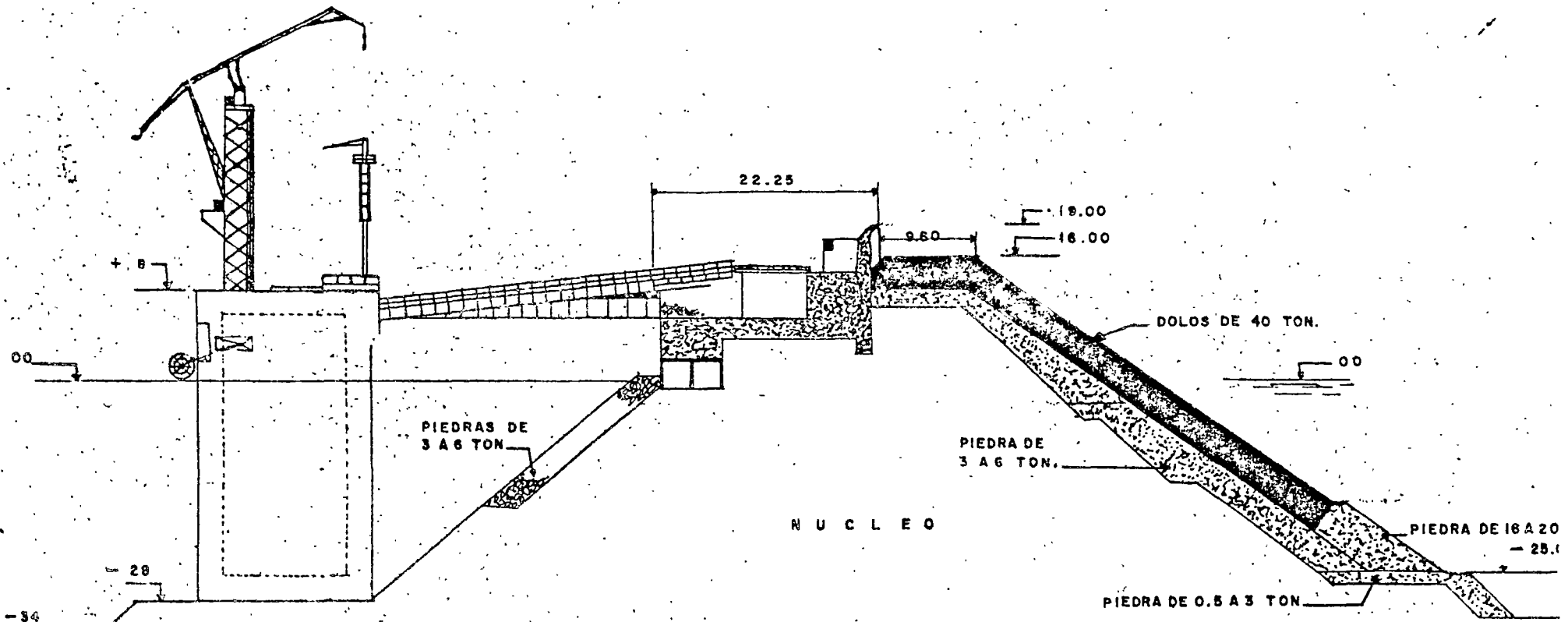
SECCION TIPICA DEL ROMPEOLAS DE PALERMO.

Fig. 4



SECCION TIPICA DEL NUEVO ROMPEOLAS DE PALERMO.

Fig. 5



ROMPEOLAS OESTE

NUOVO FUERTO DE SINES, PORTUGAL



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de Ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

PRINCIPIOS BASICOS DE DRAGADO HIDRAULICOS



ING. JOSE MORA GOMEZ

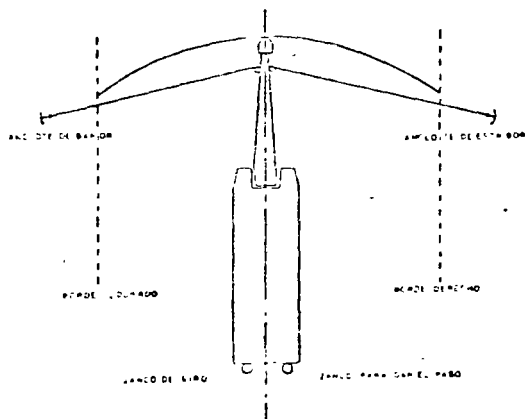
SEPTIEMBRE, 1978.

PORCENTAJE PROMEDIO DE SÓLIDOS = EL PORCENTAJE
DE PICO X EFICIENCIA DE LA DRAGA

SÓLIDOS DEL PORCENTAJE DE PICO

Los sólidos del porcentaje de pico, son el porcentaje máximo de sólidos que el tubo de succión puede acarrear en el momento del corte, está limitado por el punto de cavitación de la bomba principal de la draga.

El corte se presenta cuando se mueve la draga de babor a estribor, apoyada en el zando de giro o de trabajo, la cortadora gira en sentido contrario a las manecillas del reloj a una velocidad que varía entre 10 a 36 RPM.



-Cavitación de las anchuras de los ejes al comenzar la
d' agua su operación.

Antes de seguir hablando sobre el porcentaje promedio de sólidos, es conveniente definir lo que es cavitación.

La cavitación se define como la vaporización local de un líquido debido a las reducciones locales de presión, por la acción dinámica del fluido. Este fenómeno está caracterizado por la formación de burbujas de vapor en el interior o en las proximidades de la vena fluida.

La condición física más general para que ocurra la cavitación es -- cuando la presión en ese punto baje al valor de la presión de vaporización.

Recordemos que la presión de vaporización de un líquido para cierta temperatura es la presión a la cual un líquido se convierte en vapor cuando se le agrega calor.

La reducción de la presión absoluta a la de vaporización, puede -- ser general para todo el sistema o únicamente local pudiendo existir esta última sin un cambio de presión promedio.

La disminución de presión local se produce debido a algunas de las condiciones dinámicas siguientes:

- 1) Un incremento en la velocidad.
- 2) Como resultado de separaciones y contracciones del flujo, fenómeno que se presenta al bombear líquidos viscosos.

Una desviación de flujo de su trayectoria normal, tal como la que -- tiene lugar en una vuelta o una ampliación o reducción, todas ellas bruscas.

Signos de la existencia de cavitación.

La cavitación se presenta de diversas maneras, de las cuales las --

más importantes son:

- a) Ruidos y vibración.
- b) Una caída de las curvas de capacidad-carga y la de eficiencia.
- c) Desgaste en las aspas del impulsor.

Medios para evitar o reducir la cavitación.

- 1) Tener un conocimiento completo de las características del fenómeno en nuestra bomba.
- 2) Conocimiento de las condiciones de succión existentes en el sistema.
- 3) Las condiciones de succión se pueden mejorar, eligiendo un tubo de mayor diámetro reduciendo su longitud y eliminando codos, así como todo aquellos que puede acarrear pérdidas de carga.
- 4) Una revisión completa de todas las secciones de la cabeza de succión, impulsor, carcasa por donde va a pasar el líquido, cuidando de que no existan obstrucciones.
- 5) Uso de materiales adecuados.
- 6) Introducción de pequeñas cantidades de aire para reducir el efecto.

Con esto termina nuestro estudio acerca del fenómeno de la cavitación, en el que sólo se enumeran ciertas generalidades. No está dentro de los límites de esta tesis un estudio más profundo acerca de este fenómeno.

Para obtener el máximo porcentaje de sólidos en la mezcla, el operador de la draga cuenta en la cabina de operación con un grupo de indicado-

res, mediante los cuales el puede interpretar y hacer las correcciones en sus controles para poder compensar los cambios de flujo.

Entre los principales indicadores se tienen el de vacío y el de presión en la descarga.

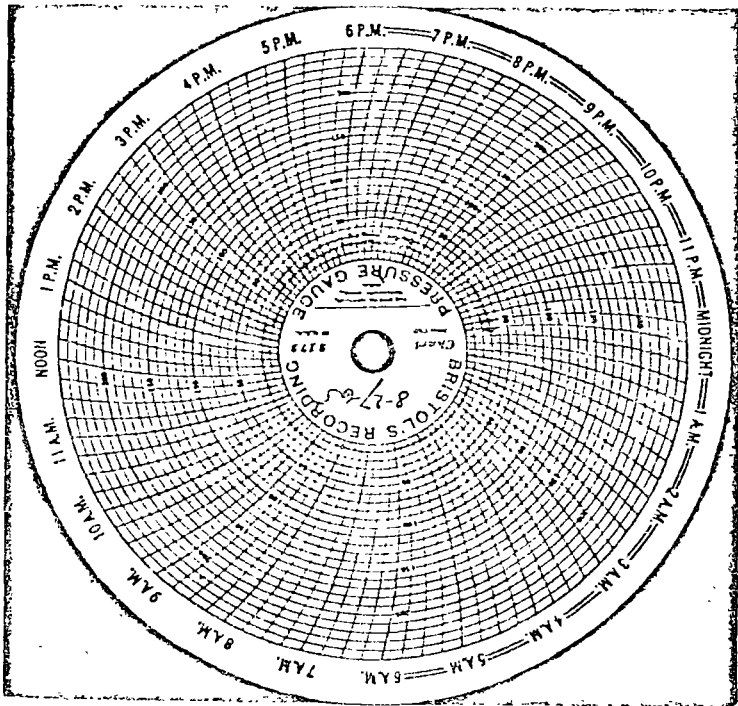
El indicador de vacío en la succión está calibrado en pulgadas de mercurio que va de cero a treinta, esto debido a que la presión atmosférica que es de 14.72 libras por pulgada² equivale a 30 pulgadas de mercurio ya que 1/2 libra de presión corresponde aproximadamente a una pulgada de vacío. En los sistemas de dragado un vacío de 24 a 25 pulgadas, es lo máximo que se puede obtener. Esto equivale a 5/6 de la presión atmosférica, área que al nivel del mar 12.3 lbs/pulg², es la presión utilizable.

El indicador de vacío es una excelente llave que nos indica la densidad relativa del flujo dentro de la bomba, y también nos da la cantidad de sólidos contenidos en la mezcla.

Una lb/pul² equivale a 2.31 pies de carga por lo que con 12.3 lbs/pul² tendremos una carga de 28.3 pies.

Pero no toda esta carga estará disponible para levantar la mezcla, pues existen 5 trabajos para realizar esto y son:

- 1) Llevar el material a la mezcla
- 2) Fricción en el sistema
- 3) Darle velocidad a la mezcla
- 4) Llevar la mezcla a la succión
- 5) Levantar la mezcla desde la superficie del agua al centro de la



Gráfica de Presión de Descarga de la Bomba de Dragado
Durante las 24 horas de Operación.

bomba, cuando el centro de la bomba está en el nivel de la superficie del agua o abajo de la misma este trabajo es eliminado.

En cada uno de estos trabajos requeridos, con excepción del primero, el esfuerzo desarrollado se conoce como CARGA.

La energía generada para vencer la fricción, es llamada CARGA DE FRICCIÓN, la energía desarrollada para mantenerle velocidad a la mezcla se llama CARGA DE VELOCIDAD. La energía requerida para meter la mezcla a la succión es conocida como CARGA DE ENTRADA. La energía necesaria para levantar la mezcla sobre la superficie del agua es llamada CARGA ESTÁTICA.

La suma de estas 4 cargas y restada a la carga disponibles es la carga que quede para levantar material; estas cargas son conocidas como cargas por succión.

Cuando sólo se bombea agua, se tiene una lectura de agua de 4" a 8" de mercurio, esto dá un rango al operador de 19 a 23 pulgadas para saber cuando no está bombeando sólidos hasta saber cuánto tiene la máxima concentración de los mismos.

La presión en la descarga varía desde 25 lb. en un tiro corto (150 m.), hasta 150 lbs. o más en tiros muy largos 4 000 m.; la presión aumenta a medida que se incrementa el contenido de sólidos en la mezcla y el dragador controla la presión de la misma forma que se controla el vacío.

Cuando la lectura del vacío aumenta, la presión aumenta; esto sucede cuando se está bombeando la mezcla con un buen $\frac{7}{10}$ de sólidos. La máxi-

ma concentración se presenta cuando la presión y el vacío llegan a ser puntos más altos. Esto debido al hecho de que la presión y el vacío mide la máxima resistencia que presenta la mezcla del material dragado y el agua.

Una obstrucción en el tubo de succión creará un alto vacío, una piedra o basura en la bomba acarrearía una baja presión y causaría turbulencia y cavitación. Cuando esto sucede al operador de la draga, tratará de quitar el obstáculo bombeando agua solamente si esto no funciona tendría que quitarlo manualmente, esto es si hay un obstáculo en la bomba, dejan de dragar y ayudados por montacargas quitarán el obstáculo de la trampa que se encuentra antes de la entrada a la bomba.

Si la obstrucción se encuentra a la entrada del tubo de succión, dejarán de bombear y levantarán la escala para que más se pueda remover el obstáculo que obstruye la entrada de la succión.

Cuando se tiene una lectura de alta presión en la descarga puede ser porque se haya taponeado la línea de descarga, esto puede ocurrir cuando se cae a muy bajas velocidades abajo de 3.5 m/seg. por lo tanto, los sólidos empiezan a depositarse en la tubería y esto impide el paso de la mezcla, trayendo como consecuencia muchas horas de tiempo perdido para limpiar la línea.

Tanto el medidor de presión en la descarga, como el indicador de vacío están conectados a un aparato de registro de vacío y de presión. Este aparato va registrando los valores del vacío y la presión en forma continua durante 24 horas; esta información queda impresa en una hoja circular ahumada

en donde se van registrando estos datos.

La información es usada por el dragador y por la superintendencia para checar el trabajo diario del operador y de la draga.

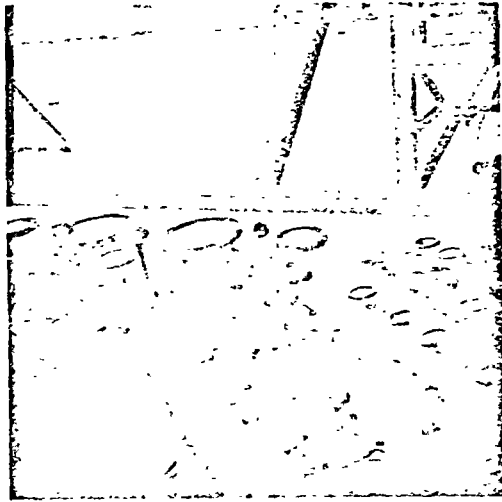
Otras informaciones importantes que se obtienen de las hojas de registro son: duración de los tiempos perdidos por la draga (cero vacío y cero presión), tiempo y duración de la operación de la draga (valores arriba de cero del vacío y la presión). Este control es muy importante cuando las dragas son contratadas, por horas.

Otros instrumentos que son usados por el dragador para mejorar su producción son: amperímetro conectado a los motores de la cortadora y al motor del swing. Observando el amperímetro, el operador de la draga, tiene idea de que tan duro es el material que está siendo dragado y que momento torsional debe aplicar antes de que el motor sobrepase su capacidad de trabajo; la misma indicación es obtenida del amperímetro del motor del swing. Un indicador de las revoluciones de la cortadora es incluido como suplemento del amperímetro.

Hay un indicador de la profundidad a la cual se está dragando, este indicador es útil para ayudar al operador a determinar cuánto hay que bajar la cortadora en cada abanicada, para que pueda obtener el máximo % de sólidos.

El medidor de la velocidad de la bomba da al dragador la información necesaria para tratar de estar bombeando a la velocidad óptima que variará con la concentración de sólidos que se obtenga.

El girocompás nos dá con exactitud los grados a que se va encontrando la draga, está abanicando y es de gran utilidad para determinación del ancho del corte.



TABLEROS DE CONTROL

Como lo he mencionado anteriormente, los indicadores de vacío y de la presión en la descarga nos indican si estamos o no extrayendo material y nos dá idea de la concentración del mismo, en la mezcla, cuanto más experiencia se tenga, más idea se tendrá de la cantidad de sólidos extraídos, pero este método no nos indica el % máximo de sólido en la mezcla, para lo cual es necesario tomar una serie de muestras en la descarga de la tubería para obtener dicho %, el muestreo se hace de la siguiente manera: una vez observado el tiro y la periodicidad con que sale la máxima concentración, se toman

una serie de muestras del chorro en su parte inferior, procurando que las muestras estén en recipientes iguales.

Se deja decantar la mezcla y se mide por vol. el % de sólidos en la muestra, se debe tomar varias muestras para obtener el promedio del % de sólidos pues es un procedimiento impreciso como para hacerse en una muestra.

$$\text{Porcentaje} = \frac{\% \text{ muestras}}{N \text{ Muestras}}$$

Se anota la hora en que fué hecho el muestreo, el tipo de material log. de tiro, profundidad del corte.

Después se checa con las tarjetas de registro de vacío y presión y se vé cuanto registraba a la hora del muestreo.

De esta forma se podrá tener una idea de que a un determinado vacío y presión a una distancia conocida y un material determinado, se tiene un porcentaje máximo de sólidos.

Como se mencionó anteriormente, el dragador cuenta con una serie de indicadores, que le dan una idea más o menos, de cómo está dragando para producir el máximo de m³. de material por hora; como sea el operador experimentado sabe que estos aparatos no dejan de ser inexactos como para trabajar en óptimas condiciones.

Muchos dragadores se basan principalmente en el medidor de vacío y tratan de trabajar la bomba muy cerca de su punto de cavitación, pensando que de esta forma, tendrán la máxima producción posible. Desgraciadamen

te esto no siempre ocurre porque desconoce el más importante de los parámetros, que es el de la velocidad de la bomba debido a que no existe una relación directa entre velocidad, bomba, vacío, presión y porcentaje de sólidos. Si la bomba está trabajando a muy altas velocidades, incluso que el vacío sea el máximo, la draga puede estar bombeando mucho agua y muy pocos sólidos y la producción estará por debajo de la capacidad del equipo. Por otro lado, la bomba puede estar trabajando a baja velocidad, entonces el gasto será menor que la capacidad de la draga, porque la producción no tan sólo está en función del porcentaje de sólidos, sino también de los m³/seg. de agua.

En una operación normal de dragado un 45% de pico de sólido se puede considerar como óptimas, pero esto causa sorpresa a muchos de los dragadores, porque consideran que un 15 ó 20 es tomado de un promedio de la producción de la draga durante un período de tiempo determinado y de un promedio de la velocidad del gasto de la mezcla bombeada.

El pico que se presenta en una forma instantánea es generalmente desconocido por el operador de la máquina, porque no tiene forma de detectarlo, sin embargo el pico del porcentaje de sólidos es tomado como base para el diseño de la línea de succión, para determinar el punto de cavitación.

Una vez que nos hemos dado cuenta de los problemas del operador, ¿Cómo podrá el dragador conocer su pico de porcentaje de sólidos en orden de optimizar sus condiciones de operación?

La respuesta a esta vieja y crítica pregunta, es la de usar un optimizador de sólidos mediante el cual el operador pueda aumentar la velocidad

de la bomba hasta que obtenga la densidad óptima y que además siga bombeando por debajo del punto de cavitación de su bomba.

Cuando se sigue incrementando la velocidad de la bomba y este incremento trae como consecuencia una caída en la densidad, el operador sabe que ha obtenido las condiciones de operación óptimas que maximizan la producción de la draga, cuando las condiciones de operación cambian como por ejemplo la profundidad de dragado, longitud de la línea, o el material que está siendo atacado, el operador puede otra vez encontrar en una forma sencilla, la correcta velocidad de la bomba para optimizar las condiciones de operación.

Otro problema que se puede reducir con el uso de un optimizador de sólidos es el de la turbiedad causada por el cortador. Debido a que el operador puede reducir la velocidad del cortador manteniendo al máximo, concentración de sólidos. Muchos cortadores giran más rápido de lo necesario; también reduciendo la cantidad de agua bombeada el área de depósito, la cantidad de sólidos que regresan al área dragada será minimizada.

El uso de un optimizador de sólidos nos incrementará la eficiencia en la operación con un debido incremento en la producción pero no siempre se puede contar con él, pues aparte de su alto costo de adquisición, no todas las condiciones de trabajo lo ameritan y sobre todo en un medio en donde casi no existe una mano de obra calificada y la escasez de servicio y refacciones para este tipo de aparatos, nos ocasiona un alto costo en su mantenimiento o genera cargos por la falta de uso del mismo.

Además es recomendable que primero se obtengan los puntos óptimos de operación de una determinada draga para así tener un parámetro para medir el incremento en nuestra producción.

FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL DRAGADO

Se entiende por eficiencia de la draga el tiempo efectivo de bombeo de la mezcla.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Horas efectivas}}{24 \text{ horas}}$$

Así por ejemplo si se bombea material durante 16 hr. la eficiencia será:

$$= \frac{\text{Tiempo de bombeo real}}{\text{Tiempo bombeo teórico}} = \frac{16}{24} = 0.66 - 66\% \text{ de eficiencia.}$$

La eficiencia de la draga es afectada por los siguientes factores:

- a) Operación
- b) Aspectos Mecánicos
- c) Tipo de material
- d) Profundidad del dragado y espesor del banco
- e) Condiciones climatológicas y topohidrográficas.

a) Operación

Para que se tenga éxito en una empresa de dragado, se debe contar con una organización capaz y eficiente en la esfera de operación.

La administración debe confiarse en un equipo de capacitados supervisores y en un staff que siga día a día la operación, que sepa prevenir los problemas y que esté siempre alerta para solucionar cualquier contratiempo

que se presente.

Los Departamentos básicos son: Ingeniería, Contabilidad, Suministros, Operación del Equipo, Mantenimiento y Reparación.

El trabajo de dragado debe ser dirigido desde la draga. El encargado del trabajo es responsable de vigilar que la operación pueda incrementar la producción a su máximo.

En trabajos grandes, las órdenes del Superintendente del dragado pasan a través del Capitán de la draga y/o del Ing. de Máquinas. En trabajos pequeños el Superintendente debe trabajar como Capitán de la draga y como Ingeniero de Proyecto.

El Capitán de la draga, está a cargo de la draga y su equipo (remolcador de maniobras, lanchas, grúa para mover tubería, tractores para hacer bordos) y personal.

Sus principales funciones son que la draga opere a su eficiencia máxima principalmente en lo referente a producción y tiempo de bombeo.

Debe estar disponible las 24 horas del día y 7 días a la semana.

El Ingeniero de máquinas, está encargado de toda la maquinaria de la draga y de los demás equipos auxiliares de la misma.

Su responsabilidad es ver que todo el equipo se mantenga trabajando y que tenga el mantenimiento adecuado. Debe ser auxiliado por otros ingenieros mecánicos y ayudantes de mecánicos. El número de auxiliares variará según el tamaño de la draga. Pero cuando menos debe haber un mecánico y su ayudante por turno de 8 horas.

39

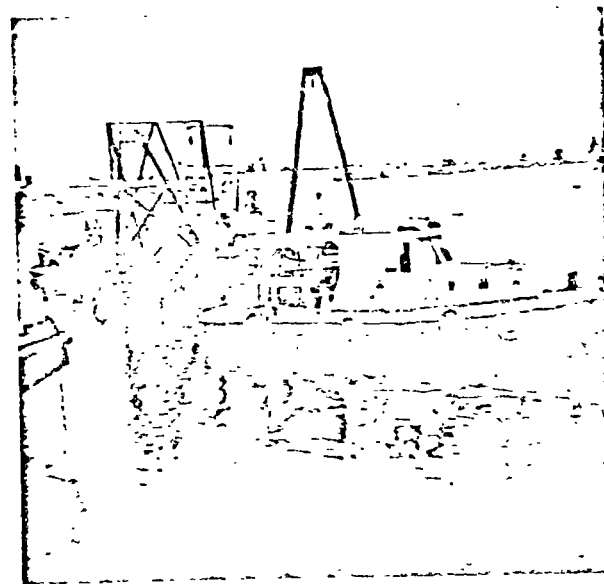
Es indispensable que el Ingeniero en Jefe vea que esté bien surtido de refacciones y que lleve records de todos los trabajos de mantenimiento; en trenar constantemente a sus ayudantes y estar preparado para trabajos de varias horas o días casi sin descansar para mantener a la draga trabajando. Tanto el Capitán como el Ingeniero en Jefe deben trabajar juntos y definir las estrategias del trabajo diario.

La persona encargada de operar la draga, es el dragador, ninguna draga producirá adecuadamente sin un buen operador. Debe tener un buen sentido del tiempo (precisión) y una gran destreza manual sobre todo muchas, muchas horas (valga la redundancia) de entrenamiento y experiencia.

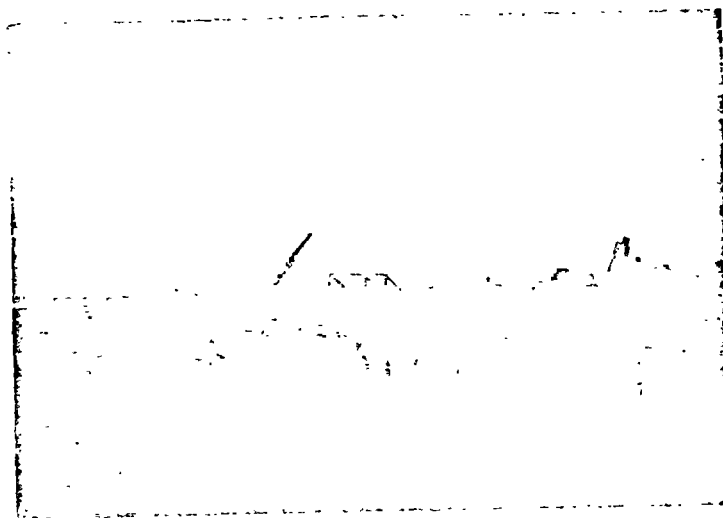
Muchos dragadores son excelentes operadores en cierto tipo de sue los o con un determinado tipo de draga, pero eso no quiere decir que sean expertos en todo tipo de trabajos o equipos, por lo que debe tratarse de obtener standars sobre cualidades, que debe tener un buen dragador para poder establecer un programa de entrenamiento.

Tanto la Dirección General de Dragado, como la iniciativa privada, tienen invertidos más de 800 millones de pesos en equipo; se justifica contar con un centro de entrenamiento de operadores para así mejorar la producción.

Es conveniente que se forme en México un centro de entrenamiento de dragadores con capital de la (iniciativa pública y privada) constando este principalmente de dos simuladores de controles de draga y que simula las distintas condiciones de dragado.



El Capitán de la Draga está a Cargo de la Draga y su Equipo (Remolcador, Chalán de Maniobras, Lanchas, Grúas, Tractores y Personal).



El equipo para entrenamiento consiste en: 1 simulador de la cabina de la draga con una nueva computadora. Básicamente el dragador "alimenta" con mezcla a la bomba, observa los indicadores con cuidado en el corte y --- avanza cuando ha terminado su corte, sustituye al capitán en su ausencia. De be encargarse de todas las maniobras de operación como del movimiento de - anclas añadir, tuberías y abastecer la draga de combustible, lubricación, cables, agua, etc.

IMPORTANCIA DE UNA OPERACION EFICIENTE

Los principales factores para una operación eficiente son:

- 1) Mantener el nivel de producción lo más alto posible.
- 2) Mantener el porcentaje de bombeo lo más alto posible (eficiencia)
- 3) La tripulación debe estar alerta y tener un alto nivel de eficien-- cia y estar orgullosa de su draga. La buena moral de la tripula ción tendrá un buen efecto para el mejor funcionamiento del tra- bajo.

Se ha visto que es conveniente dar incentivos a la tripulación, así - por ejemplo al dragador se le dará bonificación por producción cuando exceda de un mínimo establecido.

A la tripulación se le dará bonificación por el tiempo de dragado -- efectivo cuando exceda de un mínimo determinado.

Esto mantendrá a la tripulación "sobre sus pies".

Los problemas para encontrar personal capacitado son muchos en - la industria del Dragado en México.

Es difícil encontrar buenos dragadores, por lo que es necesario for marlos, lo cual representa un costo muy alto debido a que la enseñanza será sobre la draga, trayendo como consecuencia una baja en la producción y mu-- chas veces descomposturas, roturas de zanco y de distintas partes del equipo.

Otro problema es que es difícil encontrar personal que trabaje su - turno a un rendimiento del 100% y que por lo tanto esté alerta todo el tiempo, razón por la cual mucha gente que es entrenada deserta al poco tiempo ocasio nando un costo muy alto por su entrenamiento.

El dragador debe tener presente que su trabajo no debe hacerse en forma rutinaria, sino que cada abanicada de la draga debe mantener la produc ción al máximo y como las condiciones del suelo pueden ir variando, por lo - tanto tendrá que ir modificando la velocidad del cortador o la amplitud de la - abanicada o incrementar la velocidad del flujo en la tubería, etc. Pero des- graciadamente es difícil que todos los dragadores trabajen agresivamente, -- por lo que la presencia del capitán, siempre será determinante para incre- mentar la eficacia del operador.

A continuación se enumeran los problemas que se presentan por la ineficacia del operador y que afectan la eficiencia de la draga.

- Rotura de Traveses
- Demasiado tiempo en dar el paso
- Demasiado tiempo en el cambio de cubierta flotante.
- Perder el eje del canal de dragado, por dar mal el paso o no ase- gurarse con las señales instaladas; tomando como consecuencia -

un sobre dragado que no se pagará o que deje haches.

A continuación se presenta un cuadro de los % perdidos por maniobras de la Draga "Pajaritos"

Quinc.	Horas Acti- vidad	%	Horas efectivas	%	Pérdida por horas manio- bras	%
1 - 15 marzo	360	100	239.42	67	23.83	8
16 - 31 marzo	384	100	229	60	21	5.5
1 - 15 abril	312	100	192.4	62	38	12
16 - 30 abril	312	100	195.65	63	40	12

Los porcentajes de horas perdidas por maniobras de la draga, están altos pues lo adecuado es un 4%.

Así cuando se tiene un 12% de horas perdidas por maniobras de la draga, si tiene un 8% arriba de lo correcto; esto representa una baja de producción, en pesos \$ 112 500.00 considerando 25.33 horas con una producción de 300 m³. y un costo de \$ 15 00 m³.

Como nos podemos dar cuenta, con este ejemplo, la importancia de la operación, independientemente que con un buen operador se puede llegar a incrementar el rendimiento.

ASPECTOS MECANICOS

Si se quiere que un trabajo de dragado tenga éxito es necesario llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, basado en un análisis preciso de los puntos de falla más comunes en la draga.

Para llevar a cabo el programa de mantenimiento preventivo, se basa uno en los datos obtenidos de los reportes periódicos de la draga y en la experiencia del Ingeniero de Máquinas, además se debe tener muy bien organizado el Departamento de Compras de refacciones y tener localizados los distintos proveedores, tanto nacionales como extranjeros, pues como las dragas son de fabricación extranjera, generalmente es difícil encontrar refacciones en el país.

Cuando se empieza a operar una draga nueva, normalmente se tienen bajas eficiencias mecánicas durante los primeros meses de operación, debido a que las máquinas siempre traen sistemas nuevos y el personal no está muy compenetrado con la draga.

En la mayoría de las distintas dragas se instalan sistemas hidráulicos o mecánicos sin que se tenga experiencia práctica en ellos, razón por la cual fallan en la práctica estos sistemas, se van ajustando conforme está operando la draga ocasionando esto una baja eficiencia.

Se tienen reportes de muchas fallas de dragas en todo el mundo y de todas marcas.

Para darnos cuenta de los problemas antes mencionados, se ejemplificarán casos registrados en México, se enumerarán varios ejemplos de fa

llas dragas en otras partes del mundo.

EJEMPLO 1

Draga Marca Dixie	Modelo CS-3-20
Potencia de la bomba	1700 HP
Potencia en el cortador	560 HP
∅ Succión	24"
∅ Descarga	20"

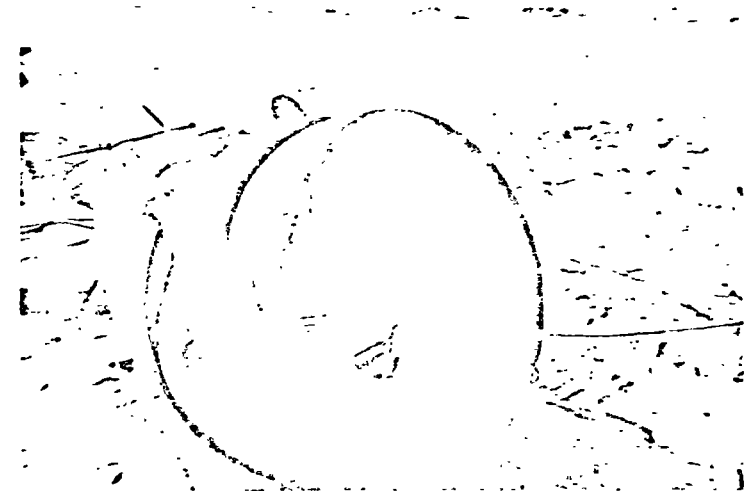
En esta draga se presentaron dos problemas mecánicos importantes:

- 1) El sobrecalentamiento de los motores principales (dos motores diesel Marca Caterpillar, cat. 398).
- 2) Falla del balero del Winche de trabajo (estribor)
- 3) Fallas por mala instalación de distintas partes

Se enumerarán a continuación las fallas tanto por una mala instalación como las causadas por mala operación y fallas normales.



Es necesario llevar a cabo un Programa de Mantenimiento Preventivo.



QUIN CENA	CONCEPTO	CAUSA FALLA	HORAS PERDIDAS
1	Alineamiento eje de la bomba de draga	Mala instalación	5:15
2	Máquina principal o calentamiento de los turbocargadores	Mala instalación	9:34
3	Calentamiento bombas -- Vickers	Mala instalación	56:28
	Máquina principal calentamiento de los turbos	Mala instalación	16:47
4	Sin novedad		
5	Rotura balero del winche trabajo	Mala instalación (balero equivocado)	37:09
6	Rotura balero del winche trabajo.	Mala instalación (balero equivocado)	30:00
	Máquina principal calentamiento de los turbos	Mala instalación	8:28
7	Cambio de filtros caja de aire y reparación turbos.	Falla instalación	91:05
8	Sin novedad		
9	Rotura balero	Falla instalación	41:41
10	Sin novedad		
11	Rotura del balero	Falla instalación	53:49
12	Alineamiento bomba dragado	Falla normal	11:04
	Motor principal calentamiento	Falla instalación	32:48

QUIN CENA	CONCEPTO	CAUSA FALLA	HORAS PERDIDAS
13	Reposición de turocargadores dos pistones	Falla instalación	200:50
14	Rotura araña clutch	Falla normal	262:00
15	Rotura balero winche trabajo	Falla instalación	21:10
16	Rotura balero winche trabajo	Falla instalación	18:40
17	Rotura balero de los zancos Bomba contra presión	Falla operación	34:29
	Rotura de balero del traves	Falla normal	6:45
	Rotura de balero del traves	Falla instalación	20:00
18	Rotura del balero del zanco	Falla operación	33:00
19	Rotura de balero del traves	Falla instalación	42:00
20	Rotura de la araña del - - clutch	Falla normal	35:50
21	Rotura de balero del traves	Falla instalación	30:00
		Falla de instalación	716:00
		Fallas normales	316:8
		Fallas de operación	65:50
			1 100:8

Las fallas por instalación representan el 65% del tiempo perdido.

La renta por hora de la draga es de \$ 5 600.00 o sea que nos representa un costo de 716 x 5 600 \$ 4 009 600.00

El calentamiento de los motores se resolvió, al rediseñar el siste-

ma de enfriamiento de los motores, se instaló un nuevo sistema de ventilación de la cabina central.

A las 4 000 Hr. se hizo un ajuste de los motores.

Se instaló un impulsor de menor diámetro para que existiera una menor demanda de caballaje.

Se hicieron los cargos correspondientes a la casa vendedora de la draga.

El problema que se tenía con el balero de estribor de los traveses se solucionó al instalar una chumacera diseñada por el Ingeniero de Máquinas. Se le hizo el cargo correspondiente a la firma vendedora de la draga. Ellos argumentaban que el rompimiento de los baleros, es a causa de una mala operación, se les comprobó que es porque instalaron un balero de menor capacidad.

EJEMPLO 2

Draga hidráulica con cortador Marca DMI	Modelo
Potencia en la bomba	1125 HP
Potencia del cortador	450 HP
Ø Succión	24"
Ø descarga	20"

Esta draga tenía un nuevo sistema de unión entre los flotadores y la sección central de la draga. En la que se excluía una uña que une la "Sección" Central con los flotadores, por el fondo de los mismos.

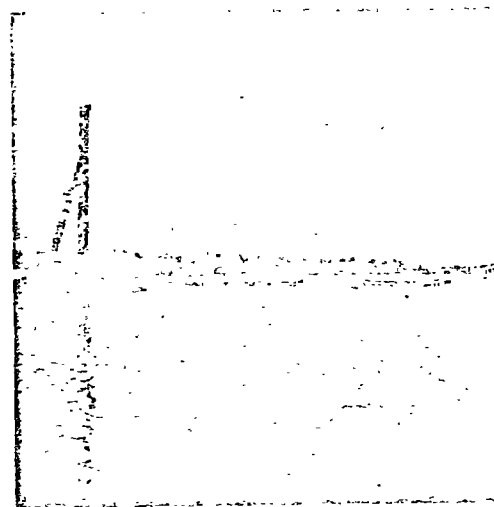
El sistema de unión consistía sólo en tornillos que iban colocados

verticalmente.

Se le insistió, a los fabricantes que era necesario que se instalara una uña o en su defecto unas placas soldadas entre la unión de los flotadores y la A.C. pues existe una presión hidrostática muy fuerte, que tiende a separar las dos secciones laterales.

Ellos dijeron que su sistema de unión era suficiente y que ellos tomarían la responsabilidad.

A los 15 días de trabajo se hundió porque se separaron los pontones laterales y la sección de máquinas se fue a pique.



DRAGA ACCIDENTADA EN
PAJARITOS, VER.

Se rescató la draga 3 meses después de su hundimiento y un mes después de su hundimiento y un mes después estaba reparada. Se le instaló

un sistema hembra macho, para que uniera la sección central y los flotadores por el fondo.

El seguro pagó la reclamación, no se hicieron cargos por daños o perjuicios por llevarse estos muchos años en juicio, se llegó a un arreglo con los fabricantes.

Por los ejemplos antes mencionados, nos damos cuenta en primer lugar que no se puede prever una eficiencia y por lo tanto una producción mensual pues no se cuenta con información real de los problemas que se presentarán con más frecuencia.

Como en todo control de equipo es necesario recabar información real a través del tiempo y experiencia en la operación de la draga.

Es un negocio con un alto riesgo. En la actualidad no existe un estándar general para la construcción de dragas hidráulicas con cortador.

Para finalizar mencionaremos varios ejemplos de fallas de dragas en otras partes del mundo.

En San Francisco, Calif., se incendió una draga nueva, no se determinó la causa.

En Nueva Orleans, USA., se trabó el sistema hidráulico y se quemó todo el sistema eléctrico. 9 meses parada para reparación.

En Arabia Saudita, hundimiento de una draga; falló el sistema de unión entre los flotadores y sección central.

En Tapachula, Chiapas, México. Hundimiento de la draga causada por el oleaje.

c) Tipo de material

El tipo de material es un factor muy importante que afectará la eficiencia del dragado, sobre todo si se trata de un material duro como roca fragmentada, coral, conchuela cementada, etc.

La eficiencia es afectada porque se presenta un desgaste prematuro de las distintas piezas de la draga como cuchillas, zancos, escala, aflojamiento de tornillos, rotura de mangueras, originando paros constantes de la máquina para hacer las reparaciones consecuentes, lo que bajará nuestro tiempo de bombeo.

Además que la forma de atacar el material es más lento.

Pondremos un ejemplo para ver más claramente los efectos del material duro en la eficiencia de la draga.

d) Condiciones climatológicas y topohidrográficas.

Las condiciones climatológicas y topohidrográficas también afectarán la eficiencia del dragado. Por ejemplo: en ciclones y huracanes que impedirán que se trabaje, también las corrientes de los ríos, fluctuaciones de mareas serán factores importantes que afecten la eficiencia.

En el ejemplo que sigue a continuación veremos los efectos de la marca en la eficiencia de la draga.

Ejemplo:

Dragado en Puerto Peñasco, Son.

Generalidades:

Los trabajos de dragado se iniciaron el 15 de octubre de 1972. ha--

biendose trabajado en el dragado del canal 1 487 horas efectivas debido a la influencia de mareas y lo inatacable del material, reportadas como sigue:

Noviembre	1972	173 horas
Diciembre	1972	269 horas
Enero	1973	288 horas
Febrero	1973	254 horas
Marzo	1973	306 horas
Abril	1973	<u>206 horas</u>
		1 487 horas

En dicho perfodo solo se dragaron 60 000 m3. en lugar de - - - - - 460 500 m3. que se hablan considerado al iniciarse los trabajos y con una eficiencia de 71% sobre la considerada o sea 42% de eficiencia en lugar del 60%; así mismo, durante ese tiempo hubo que cambiar 14 juegos de cuchillos, 10 de ellos nuevos y 4 rehabilitados en el campo, cada juego consta de 5 cuchillos - delanteros y 5 traseros del tipo peak point diseñadas especialmente para trabajos en coral o similar. Con el afán de resolver el problema, se solicitó a la "DIXIE DREDGE" (casa vendedora de la draga) la presencia de un técnico, el cual sugirió el empleo de explosivos, ya que consideró indragable el material en su estado natural. Para ese efecto se recurrió a los técnicos de la DU---PONT quienes recomendaron el uso de Gelamex al 60%.

Se hicieron las pruebas con dicho explosivo con resultados poco satisfactorios, ya que fragmentaba la roca en diversos tamaños, de los cuales -- una parte pasaba por la bomba de la draga, otra era retenida por la trampa de

la bomba y la mayor parte obstruía la succión con la pérdida de tiempo que -- ello supone.

De octubre a abril se efectuaron numerosas reparaciones mayores, todas ellas debidas al intenso trabajo a que fué sometida la draga por las dificultades del material a dragas, a continuación enumeramos las reparaciones principales:

ZANCOS.- El zanco de trabajo fué reparado 4 veces ya que sufrió - varias fracturas al ser forzado por apoyo de la draga, debido a que la escala de la misma quedó atrapada en el frente del corte al bajar la marea, a lo anterior hay que agregar que al hincar el zanco en el material duro el puyón resultó muy dañado, originando que se cambiara el zanco en su totalidad lo que representó un costo de \$ 460 000.00, costos actuales 1977 (zanco 24" Ø), más fies y permisos de importación.

ESCALA.- Debido a la gran vibración que se produce al cortar el material, la escala se vió sometida a severos esfuerzos, dando por resultado que los buges de bronce de los pernos de apoyo estallaran y además el cuerpo de la escala se rompió en 3 ocasiones, teniendo que varar la draga en todos - ellos para reforzar las partes dañadas.

SISTEMA HIDRAULICO.- Se tuvieron que cambiar 42 mangueras - del sistema hidráulico, ya que al tener la cortadora una gran resistencia en el material a dragas se provoca una sobreelevación de la presión de los trabajos de todo el sistema hidráulico, teniendo como consecuencia la rotura de un sin número de mangueras. Con cada ruptura se pierden de 500 a 1200 lt. de ---

aceite hidráulico, con una pérdida de 30 000 lt. y un costo de \$ 300 000.00, - más tiempo perdido hallando la eficiencia de dragado.

CORTADORA. - El sistema de cortadora se vió sometida a un intenso trabajo a la torsión, dando por consecuencia el desajuste de la flecha con baleros cónicos que la componen, calléndose al mar la cuña, de este sistema. Se hicieron reparaciones a base de láminas mientras que se cambiaban todos baleros, lo que no se efectuó en el momento por tenerse que importar de E. U. A., además de lo anterior, se tuvieron varios problemas con el sistema de winches, cambiando 3 veces los baleros y rectificando la flecha.

Como se puede notar que no solo afectó el material y la marea, la eficiencia de la draga con la consecuente baja de producción, sino que los costos de reparación se elevaron mucho más de lo estimado en el P. U.

ESPESOR DEL BANCO Y PROFUNDIDAD DE DRAGADO. - Entre -- otros factores que nos afecta la eficiencia están el espesor del banco, esto es cuando se tiene un banco pequeño, menor de 1 m. hay de que dar bastantes pasos por turno lo que disminuye el tiempo de bombeo.

Igualmente cuando está dragando a profundidades tales que la escala esté con una inclinación de 45° o más se tiene que trabajar con mayor precaución pues es muy probable que la escala quede atorada por lo que la abanica es en mayor tiempo reduciendo nuestro tiempo de bombeo.

PASO DE BARCOS. - Este es uno de los factores que pueden llegar a afectar muy seriamente la eficiencia de la draga, debido a que hay que dejar de dragar cuando menos 1/2 hora antes del paso del barco, mas el tiempo

que para el barco más y además el tiempo de colocar la draga en posición.

Siempre que se drague en zonas de mucho tráfico es preferible usar dragas de tolva autopropulsadas, pero no siempre es factible hacer esto como en el caso del dragado en la Laguna de Pajaritos, Ver., en la zona de muelles en la que hay que dragar a la -14. m. en un material arcilloso el cual no pueda ser atacado por las dragas tolva de la zona y además no tienen la capacidad de dragar a esa profundidad, por lo que se usó una draga de succión con cortador con capacidad de dragar a 16 m. de profundidad.

A continuación relacionamos los porcentajes de pérdida de eficiencia quincenal.

RELACION DE PORCENTAJE POR PERDIDA DE EFICIENCIA POR -
ATRAQUE Y DESATRAQUE DE BARCOS.

Quincena del 1° enero al 15 enero de 1977	7%
Quincena del 26 enero al 31 enero de 1977	9%
Quincena del 1° febrero al 15 febrero de 1977	5.5%
Quincena del 16 febrero al 28 febrero de 1977	4.5%
Quincena del 1° marzo al 15 marzo de 1977	4.0%
Quincena del 16 marzo al 31 marzo de 1977	5%
Quincena del 1° abril al 15 abril de 1977	3%
Quincena del 16 abril al 30 abril de 1977	3%
Quincena del 1° mayo al 15 mayo de 1977	4%
Quincena del 16 mayo al 31 mayo de 1977	4%
Quincena del 1° junio al 15 junio de 1977	

Quincena del 15 junio al 30 junio de 1977	12%
Quincena del 1° julio al 15 julio de 1977	42%
Quincena del 16 julio al 31 julio de 1977	17%

Consideramos que un 4% de pérdida de eficiencia por paso de banco lo consideraremos normal y esto nos afectará para considerar la eficiencia de la draga que es de un 60%, pero cuando pasa de este porcentaje ya es anormal fuera de las consideraciones originales por lo que se solicitó una reconsideración en el pago de operación y se pagarán las horas de pérdida por paso de bancos.

RESUMEN:

Se han enumerado las distintas causas que afectan la eficiencia de la draga, algunas de ellas son susceptibles de mejorarse para incrementar la eficiencia, otras no se pueden mejorar porque no dependen de uno para hacerlo. Por lo que para condiciones normales de trabajo se ha aceptado un 60% de eficiencia, pero hay que estudiar cada trabajo pues el % de eficiencia puede bajar mucho habiendo trabajos que se han trabajado con base de un 40% de eficiencia, como otros, sobre todo en los de extracción de arena y gravas con fines de explotación de minas para vender el producto para la construcción se alcanzan eficiencias de 85%.

CAPITULO IV

EL PORCENTAJE DE CONCENTRACION DE SOLIDOS VARIA EN RAZON DE LA VELOCIDAD DE SUCCION (VS) Y DEL TIPO DE SOLIDOS

CAPITULO IV

LA CONCENTRACION VARIA A RAZON VS Y TIPO DE SOLIDO 1

Desde la invención de la máquina de vapor el proceso de producción en la industria del dragado se ha transformado en un proceso mecánico.

Esta fuente de poder ayudó a los dragadores a resolver muchos problemas y a generar una gran actividad en la industria del dragado; el manejo de grandes cantidades de suelo no se podían hacer con la sola fuerza del hombre.

En la industria del dragado, con respecto a otras industrias que utilizan procesos mecánicos para la producción, encontramos una diferencia esencial y es que estas últimas están relacionadas con el procesamiento de un producto bien conocido, cuyas propiedades casi no varían. Además las condiciones del proceso productivo sufren muy pocos cambios.

El comportamiento del producto puede ser analizado en laboratorio. Además varios experimentos fundamentales relacionados al proceso producti-

vo pueden llevarse a cabo.

Los resultados de esta investigación son decisivos para la selección del sistema productivo y la producción puede obtenerse con cierta exactitud.

Después de que se ha puesto a trabajar la planta, las desviaciones con respecto a lo planeado pueden ser detectadas y corregidas.

Esta sistemática investigación del producto y del método de producción da como resultado un alto grado de perfección.

Los instrumentos para controlar el proceso pueden ser adaptados según las características del producto con un alto grado de automatización.

A diferencia de estas instalaciones de producción, en la industria del dragado se maneja más de un producto, que tienen una gran variedad de características. Estos productos son manejados simultáneamente o alternativamente. Además que las condiciones del trabajo cambian constantemente.

Consecuentemente el nivel de producción no se mantiene en un nivel determinado. La automatización es complicada porque el método de trabajo tiene que ser alterado de acuerdo a la variación del suelo y de las circunstancias.

Lo mencionado anteriormente nos muestra que la variabilidad de las características del producto manejado en el dragado (suelo) y las condiciones cambiantes del trabajo nos afectan en forma importante el nivel de producción.

En muchos casos las características del suelo que va a ser draga-

do no han sido ni siquiera predeterminadas.

Muchas veces ocurre (demasiadas veces) que los puertos que tienen que ser profundizados, la única información sobre el fondo de la dársena consiste por ejemplo en "arcilla moderadamente dura con una estructura fibrosa".

Uno no ha tenido la oportunidad o las circunstancias han hecho imposible determinar las características del suelo. En otros casos simplemente se ha omitido llevar a cabo la investigación sobre las características del suelo porque no se sabe que esta información es esencial para la selección del equipo, procedimiento de trabajo y cálculo de la producción. Muchas veces se hacen estudios para obtener información sobre el oleaje, corrientes de transporte de arena, etc. cuya información es importante para la construcción de elementos hidráulicos (rompeolas) pero no existen los estudios para determinar la dragabilidad del material.

Esto no es del todo inconcebible, si bien se ha reconocido el problema de excavación como uno muy complicado y la ciencia no ha podido cuantificarlo.

Las variaciones de las propiedades mecánicas para un determinado tipo de suelo siguen siendo grandes, esto ha traído como resultado la construcción de herramientas capaces de ser adaptadas a los cambios en las características del suelo y de las condiciones de trabajo, por esta razón los varios tipos de suelos fueron subdivididos en un número de grupos principales llamados:

Suelos incoherentes como arena y grava

Suelos coherentes como arcilla y turba

Roca como piedra arenisca, piedra caliza

Las condiciones de trabajo fueron divididas en grupos a saber: -- profundidad de dragado, espesor del corte, fondo del corte, longitud mínima de tiro, longitud máxima de tiro, elevación sobre el nivel del agua de la zona de descarga, condiciones que prevalecerán durante la operación normal de la draga, mar calmado, mar fuerte, marejadas de una altura de 60 cm. -- marejadas mayores de 60 m. altura; olas de 1 m., olas de 1 a 1.5 m. -- corrientes de 2 a 5 nudos, corrientes de 5 nudos, vientos 45 Km/hl.

Una draga construida para trabajar en uno o más grupos es capaz de hacer el trabajo, la producción y los métodos de trabajo serán determinados en base de la experiencia; aunque en algunos casos técnica y económicamente sean difíciles de aceptar.

En todo el mundo gran cantidad de suelo es removido cada día por procedimientos y métodos basados en la experiencia. En muchos casos esto puede ser justificado pero en algunas ocasiones nos llevaremos una sorpresa. La experiencia no valdrá por sí misma si no es acompañada por un sistemático análisis de los factores que intervienen en el dragado; y uno correrá el peligro de no estar trabajando a toda capacidad.

La mecánica de suelos casi se ha desarrollado en el campo de análisis de problemas de estática, cimentaciones y estabilidad. Pero casi no hay publicaciones sobre estudios científicos relacionados únicamente al dra-

gado (romper la estructura del suelo) esto nos puede ilustrar que tan complicado es este problema.

Se cree que hay dos causas por las cuales no se ha desarrollado la mecánica de suelos en este campo y son:

1° Problemas para medir directamente la masa de suelo, problemas para obtener muestras representativas.

2° La imposibilidad de medir los factores dominantes en dragado.

1B.- Existen procedimientos malos para obtener pequeñas cantidades de suelo y muestras del fondo son obtenidas en un alto grado de deformación. Esto solamente nos provee de records de perforación y los estudios de laboratorio parecen no tener sentido.

2B.- La existencia de aparatos disponibles para efectuar medidas del proceso de dragado es muy limitado, solo en Holanda se han desarrollado algunas técnicas para evaluar los distintos procesos de dragado, que es patrocinado por las compañías de dragado holandesas, los resultados no son dados a conocer pues es información secreta, por lo que los resultados de un largo período de trabajo con los medios existentes pueden ser correlacionados con el suelo.

Los dragadores no pueden menos que aceptar que la ciencia no ha progresado mucho en lo concerniente a la investigación en el área del dragado.

El rápido desarrollo del comercio y la ingeniería durante las últimas décadas ha dado como resultado una progresiva expansión de trabajos de dragado. El desarrollo de grandes sitios industriales, la ampliación de éstos,

la profundización de muelles (Pajaritos, Ver.) así como la construcción de nuevos puertos, ha originado que las entradas a los puertos sean profundizadas cada día más dando como resultado que el dragado se moviera hacia el mar para profundizar los canales de navegación a varias millas de distancia de las playas (Holanda). Los requerimientos sobre exactitud de trabajo y planeación del mismo tuvieron que ser más estrictos.

Esto dió por resultado el desarrollo de equipo adaptado a las distintas condiciones de trabajo adecuándolo a los requerimientos de producción y a las variaciones de los tipos de suelos, también como el desarrollo de métodos perfeccionados de trabajo.

El desarrollo requiere de una sonada información de las características de suelos y condiciones de trabajo.

El conocimiento de la dragabilidad de los suelos para varios tipos de dragas es básico para la selección del equipo de dragado adecuado, así como para la selección del método de trabajo.

Existen varias técnicas que se deben seguir para determinar los métodos de dragado y son:

I.- Un incremento en la investigación del suelo (s)

A.- Una interpretación fácil del suelo mejorando el equipo de perforación para obtener muestras lo menos alteradas posible.

Lo que es importante es el desarrollo de un equipo de perforación ligero, el cual puede ser colocado desde una em-

barcación como una unidad en el fondo del mar, laguna, etc. que trabaje automáticamente y que de esa forma -- sea menos dependiente de la acción de las olas.

En el caso de suelos suaves el tubo con que se recoge la muestra penetre longitudinalmente en el suelo por vibración; en suelos duros un sistema de rotación debe ser -- usado. El alcance es de 20 pies. El equipo se transporta fácilmente. Otro aparato sencillo debe medir la resistencia de penetración o en algunos casos la resistencia a la fuerza cortante.

- B.- Desarrollo de aparatos para medir la densidad del fondo en cuestión.
- C.- Experimentos con muestras de suelos útiles en el análisis de factores que son decisivos en el dragado.

II.- Un incremento en las posibilidades de análisis en el proceso de dragado.

- A.- La disponibilidad de instrumentos mediante los cuales se puede seguir el gasto en un período de medición con un -- aceptable grado de precisión. Las magnitudes que pueden ser medidas son: velocidad, densidad y presión en -- la tubería, fuerza cortante y velocidad de movimiento -- del dragado; por medio del sonar la situación local del -- fondo puede ser conocida (dragas de tolva).

- B.- La posibilidad de imitar en ciertos casos el proceso productivo a una escala reducida por lo que la influencia de -- un buen número de factores puede ser sistemáticamente analizada.

Como resultado de esto, especialmente en estos pocos años el conocimiento de los factores decisivos en la producción ha sido considerable -- mente extendido.

Por eso tiene que basarse la documentación que se tenga en la experiencia para poder manejar la información en una forma adecuada si se quiere hacer un nuevo trabajo.

Si para un trabajo nuevo se quiere saber cual va a ser la producción de material dragado, es necesario tener la siguiente información.

- 1.- Características del suelo como:

Localización y naturaleza de los distintos tipos de suelos que -- se presentan en el trabajo.

Resultados de los estudios de laboratorio.

- 2.- Información de las condiciones de trabajo como:

Profundidad de dragado.

Espesor y ancho del espesor del manto que se va a dragar.

Distancia de la zona de depósito.

Cual es el rango de exactitud del dragado (tolerancia).

Otra información que tiene que ser tomada en cuenta son: los contratiempos, condiciones esperadas durante el trabajo, información acerca --

del viento, neblina, oleaje, lluvia, etc.

Las características de la draga deben ser conocidas como por --- ejemplo en el caso de una draga hidráulica con cortadora se necesita saber: características de la bomba, fuerza de corte, velocidad de corte, diámetro, tubo de succión, velocidad del paso, longitud de la escala, tipo de cuchillas.

Son muchos factores los que juegan un papel importante en la producción y consecuentemente en la conveniencia de usar una determinada draga. Sin embargo, en muchos casos las características del suelo son predominantes.

Es una frustración que a pesar de los desarrollos alcanzados en el dragado, la información acerca de las características del suelo sean siempre insuficientes. En muchos casos se basa uno en información que solo describe las pruebas de perforación y dan un punto de vista muy personal sobre el suelo y sus características, en la mayoría de los casos las pruebas en los -- suelos son hechas por personas con un insuficiente conocimiento en la técnica del dragado.

Para saber cual información acerca del suelo es requerida deberemos saber con cual sistema de dragado vamos a "manejar el suelo" y cual es su conducta en determinado sistema.

Principalmente tendremos los siguientes sistemas de dragado:

Dragas de arrastre.

Quando el cucharón está siendo llenado, las cuchillas ejercen una acción cortante sobre el suelo. Subsecuentemente la tierra es movida ha--

cia dentro del cucharón y es acumulada y la tierra sufre una deformación.

También cuando el cucharón está siendo vaciado, ocurre una deformación del suelo.

Dragas hidráulicas con cortadora.

La cortadora corta el suelo en rebanadas (tajadas) las cuales son -- succionadas hacia la boca de la succión por una corriente de succión y es desintegrada.

En caso de roca, los pedazos de roca son fracturadas.

La mezcla agua-suelo es transportada a través de la línea, por lo -- cual la sedimentación del suelo es importante.

Dragas de Succión.

Este tipo de dragas hace fosos con pendientes escalonadas a través del cual fluye el suelo en dirección de la boca de succión.

En muchos casos la cantidad de suelo es insuficiente, por lo que las fallas de suelo tienen que ser creadas.

Haré un paréntesis para mencionar brevemente la importancia que -- tiene el definir las áreas de depósito del material dragado y como este tiene -- incidencia en la producción.

Como lo mencioné en el primer capítulo el material dragado se depo -- sita en áreas de relleno con fines industriales, turísticos, habitacionales, etc. para sanear zonas insalubres o bien tirar el material a fondo perdido. Cuando lo depositamos en zonas para relleno es muy importante diseñar las tarquinas -- de depósito al igual que los sistemas de drenaje.

Generalmente se construyen varias tarquinas de depósito con el fin de ir rellenando en una forma racional y planear el dragado, así por ejemplo si hay un proyecto de 1 000 000 de m³., además de los estudios para obtener la dragabilidad del suelo se tiene que estudiar la zona de depósito para así diseñar los bordos de contención, el área de las tarquinas, el sistema de drenaje y la secuencia de relleno.

Esto se hace con el fin de escoger el equipo para hacer bordos, mover tubería, hacer zanjas para que corra el agua, etc.

La secuencia de relleno es de vital importancia para optimizar el costo de dragado, es decir cuando se esté dragando cerca de la margen del río o del litoral se deposita en la tarquina más retirada para tener la menor longitud de tubería; y cuando se esté dragando lejos de la margen o del litoral rellenar la tarquina más cercana a ésta. Como se verá más adelante a mayor distancia de tiro menor producción.

Si el suelo que se está dragando es una arcilla o un lodo se necesita acelerar el tiempo de secado con el fin de poder prolongar el tiro y además usar el suelo para construir bordos, se necesita contar con equipo especializado para formar surcos de desagüe y colocar tubería, actualmente hay una serie de equipos que se pueden usar.

Si no se cuenta con diques bien construidos o con sistemas de drenaje adecuados, se pueden romper los primeros trayendo como consecuencia una pérdida del material teniendo que rellenar nuevamente o bien que se azolve un área ya dragada habiéndose que repetir la operación ocasionando retra-

mentos en el programa de trabajo.

Esto es posible solamente si el suelo no es coherente y después de la falla puede ser succionado. La mezcla del sólido-agua es dejada en una barcaza o es transportada a través de la línea. En ambos casos la sedimentación es importante.

En las dragas de cucharón y en las dragas hidráulicas con cortador hemos mencionado que se presenta la acción de cortes pero prácticamente hablando se presenta más la acción de arar o rasgar pues la dirección de penetración presenta un ángulo de el plano de las cuchillas y el suelo.

La acción de arar o rasgar causa un deslizamiento del suelo.

Resumiendo podremos decir que el suelo es sometido a los siguientes tratamientos:

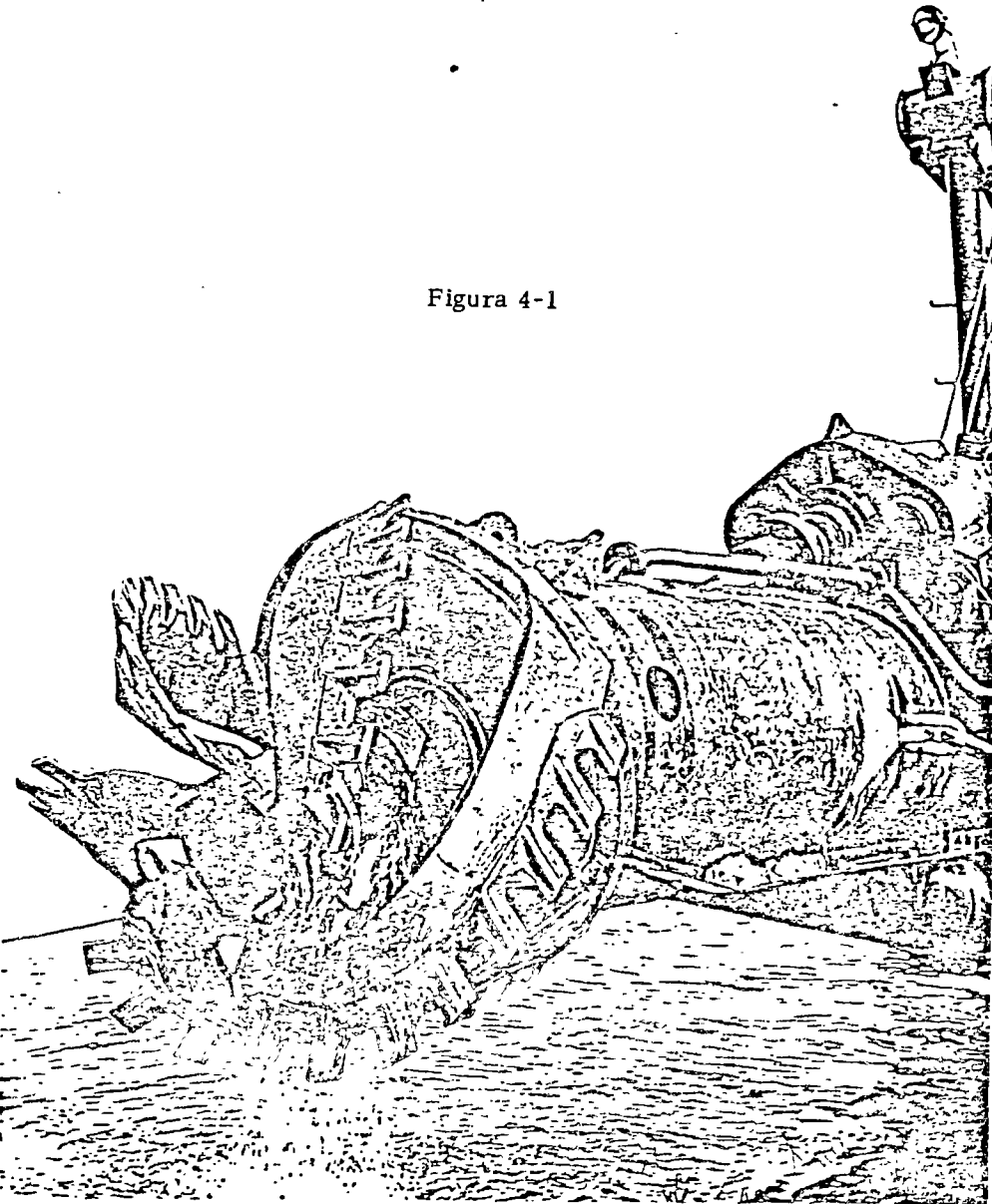
- Deslizamiento/deformación
- Desintegración
- Fractura
- Sedimentación

Ahora mostramos como se presentan estos tratamientos en los distintos tipos de suelos.

Nos hemos basado en la clasificación y definición de los suelos, a la establecida por la Asociación Internacional de Contratistas de Dragado.

Los suelos referidos a continuación son definidos de acuerdo a esta clasificación.

Figura 4-1



Arena

Es un suelo incoherente consistente en granos de 0.06 a 2 mm. Este suelo no es compresible.

Si una draga penetra en una masa de suelo de este tipo, un volumen específico de granos es desplazado a otro lado, lo que trae como resultado un reacomodo de la estructura granular. El desplazamiento de los granos cambia el volumen de los poros los cuales son llenados con agua. Por consiguiente el esfuerzo del agua dentro del plano de deslizamiento decrecerá y el esfuerzo de los granos se incrementará. Esta es la razón por la que la arena seca es más fácilmente transportable que la arena bajo el agua.

La fuerza del cortador determina la máxima fuerza de deslizamiento que se puede aplicar. Así con la fuerza disponible una gran masa puede ser desplazada lentamente o una masa pequeña puede ser desplazada rápidamente, que en cualquier caso se produce un gasto, las características de la arena; densidad, permeabilidad, tamaño de los granos, propiedades friccionantes, determinarán la magnitud de la masa a cortar y por lo tanto el gasto potencial de la draga.

Sería deseable que el esfuerzo cortante fuera medido in situ o en su defecto en la muestra del suelo, pero estos tests dinámicos son muy complicados y los resultados dependerán según el método de medición utilizado.

Más fácil y más conveniente es el usar el método de comparar las propiedades de la arena en estudio con otra cuya producción sea conocida con el fin de determinar la misma. Las propiedades pueden ser determinadas --

con los métodos standars de la Mecánica de Suelos.

Cuando la arena es transportada a través de la tubería el asentamiento de los granos debe prevenirse. En el caso de arenas gruesas el rango de cauda de los granos es mayor que el de arenas finas, por lo que se necesita tener una mayor velocidad en la tubería para mantener el flujo turbulento, lo que nos origina una mayor demanda de caballaje.

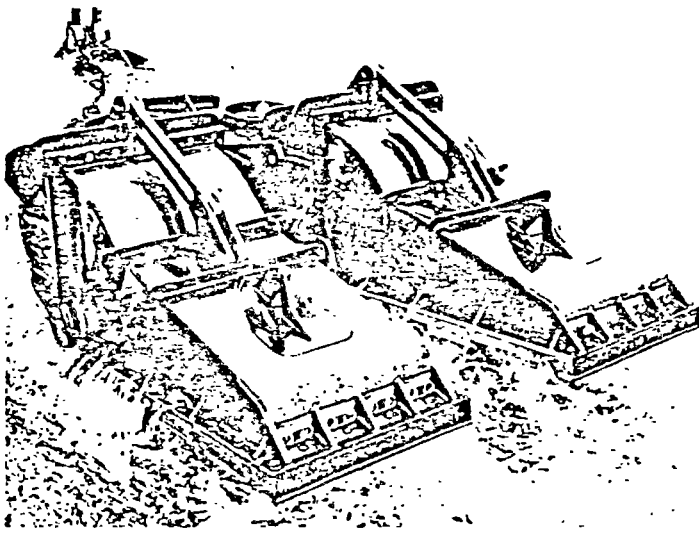
He partido del principio de que la arena es incoherente y homogénea pero en realidad se encuentra mezclada con otros tipos de suelo como por ejemplo suelos fijos, los que ejercen una gran influencia en la densidad y la relación agua-permeabilidad.

En el caso de suelos finos éstos ejercen una acción aglutinante en los granos de arena, lo que afecta el comportamiento de la misma.

En suma, para una apropiada consideración de la dragabilidad de la arena se requiere la siguiente información:

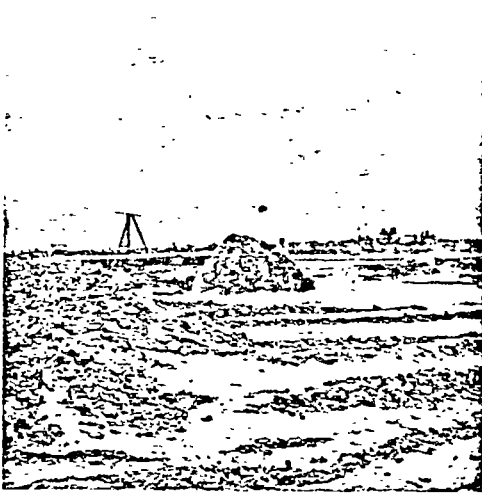
- 1.- Peso por volumen
- 2.- Contenido de agua
- 3.- Gravedad específica
- 4.- Tamaño de los granos
- 5.- Permeabilidad
- 6.- Angulo de fricción interna
- 7.- Contenido de aglutinante (cal, limo, arcilla)
- 8.- Contenido de otros materiales (orgánicos e inorgánicos)

Para llevar a cabo las pruebas 1, 2, 5 y 6 se debe tener a disposi-



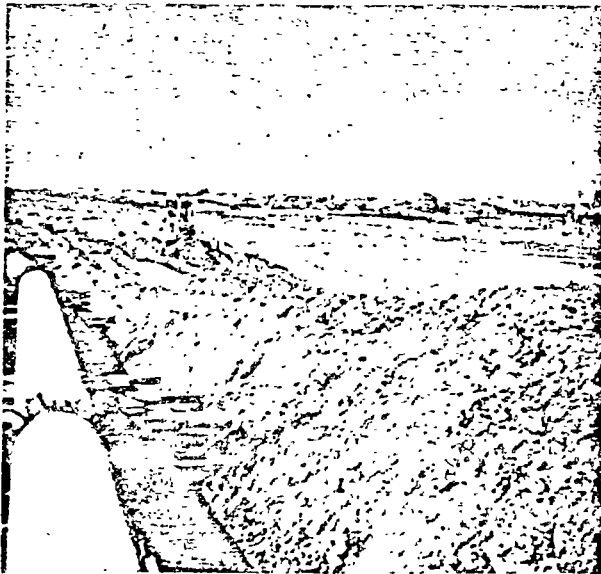
Cortador de Succión

Figura 4-2



Zona de Descarga en la Terminal Marítima Pajaritos, Ver. El Material es arena.

Figura 4-3



Arena Usada como Relleno

Figura 4-4

ción muestras inalteradas, las cuales son difíciles de obtener en arena debido a que es incoherente. Si las muestras son alteradas, más de un experimento tiene que llevarse a cabo con una variación artificial de la densidad.

Se deduce de esto que la densidad en cuestión en el área de trabajo debe ser medida, por ejemplo por el método de penetración.

Si no se puede llevar a cabo el programa antes mencionado, hay que medir la densidad y hacer simples experimentos (1, 2, 4 y 7)

(LIMO, FANGO, suelos granos 0.005 a 0.05 mm)

Suelo coherente consistente en granos que van desde 0.002 a 0.06 mm. generalmente no es plástico, cuando está seco puede ser pulverizado.

Para reconocer el carácter del limo, una distribución del tamaño de los granos es indispensable, se le llama limo grueso al que se parece a la arena, y limo fino al que se parece a la arcilla. La permeabilidad es menor que en el caso de la arena.

Debido a la coherencia una draga de succiones en muchos casos es insustituible para dragar este tipo de suelo, características concernientes a la excavación solamente pueden ser consideradas cuando se conoce la resistencia al deslizamiento. El fango o limo pueden ser fácilmente transportados a través de la tubería. En caso de dragas de tolva la sedimentación se dificultaría.

En la mayoría de los casos muestras inalteradas pueden ser fácilmente obtenidas en este tipo de suelo, por consiguiente las pruebas de laboratorio son más sencillas de llevar a cabo.

Para considerar la dragabilidad del suelo en cuestión la siguiente información es la requerida:

- 1.- Peso por volumen
- 2.- Contenido de agua
- 3.- Tamaño del grano
- 4.- Permeabilidad (solamente en limos gruesos o barro)
- 5.- Resistencia al deslizamiento
- 6.- Plasticidad
- 7.- Contenido de finas (exclusivamente de conchas)
- 8.- Contenido de material orgánico

Para medir la densidad en el área de trabajo es deseable; pero no inmediatamente necesario, pues éstas pueden ser medidas con precisión en el laboratorio.

Cuando menos hay que contar con la información (1, 3 y 5)

Arcilla

Es un suelo coherente con granos menores de 0.002 mm.

Gran plasticidad bolas secas no pueden ser pulverizadas

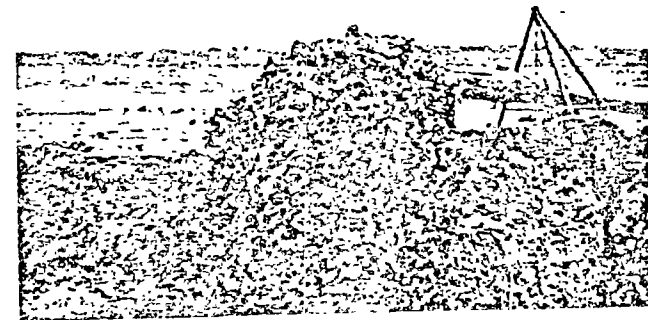
El suelo es compresible y adhesivo

La arcilla sólo puede ser manejada o movida ya sea cuchareando, rozando o cortando. La producción está correlacionada con la resistencia al deslizamiento que presente la arcilla.

Para considerar a la arcilla con propiedad, es necesario conocer los rangos de consistencia, del cual uno puede determinar el estado de la ar-



Limo Figura 4-5



Descarga de la Draga Cancer (Limo)
Figura 4-6

cilla.

La arcilla puede ser encontrada en tres estados de acuerdo con el contenido de humedad (llado, sólido), el plástico y el estado líquido.

Si la arcilla es manejada por una draga de arrastre, se encontrarán dificultades para llenar el bote debido a la adhesión con la pared.

En caso de cortarla, una arcilla fuertemente adhesiva causará atascamiento de la cabeza del cortador.

Debido a la coherencia de la arcilla se formarán bolas de material, causando problemas serios para ser bombeadas, pues pueden tapar la tubería. Por lo que será necesario cortar el suelo en pequeñas capas para que las bolas que se forman sean pequeñas y puedan ser bombeadas.

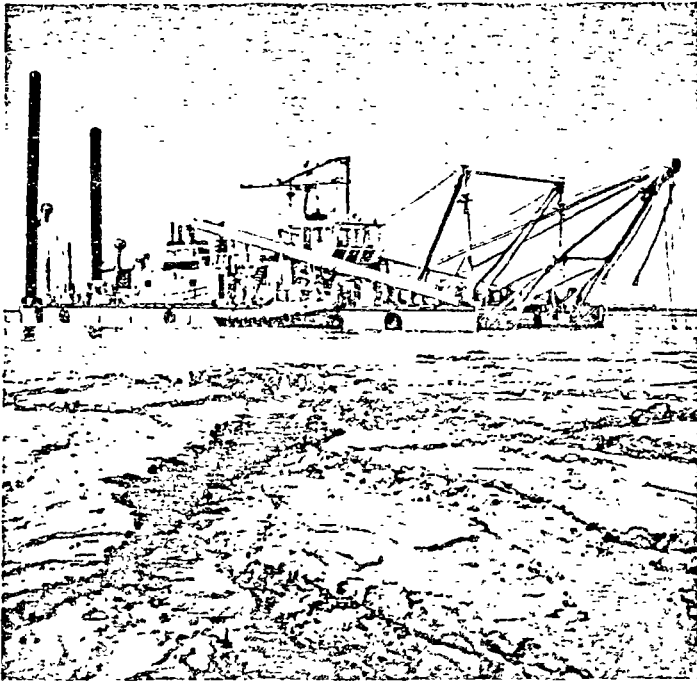
Para considerar la dragabilidad de la arcilla la siguiente información es requerida:

- 1.- Peso x volumen
- 2.- Contenido de humedad
- 3.- Resistencia al deslizamiento
- 4.- Rangos de consistencia (plasticidad)
- 5.- Contenido de material orgánico

Muchas veces la arcilla está mezclada con arena, por lo que el contenido de arena es necesario que sea medido.

Como en el caso del limo hay que tener cuidado con las muestras para permitir que sean sujetas a pruebas de laboratorio.

Cuando menos hay que tener la información 1, 2 y 3



Arcilla

Figura 4-7

Turba

Un suelo altamente comprensible consistente en desechos de plantas. Gran plasticidad.

Como la arcilla es el material sólo puede ser manejado ya sea cuchareando o cortándolo. Para considerar su dragabilidad se requiere la misma información que la requerida para arcilla.

Grava

Suelo incoherente consistente en granos mayores de 60 mm.

Tamaños muy grandes son conocidos como boleó.

La grava generalmente está mezclada con arena y seguido se encuentra como una masa muy compacta.

Para una apropiada consideración de su dragabilidad es muy importante conocer su densidad.

Muestras inalteradas son muy difíciles de obtener.

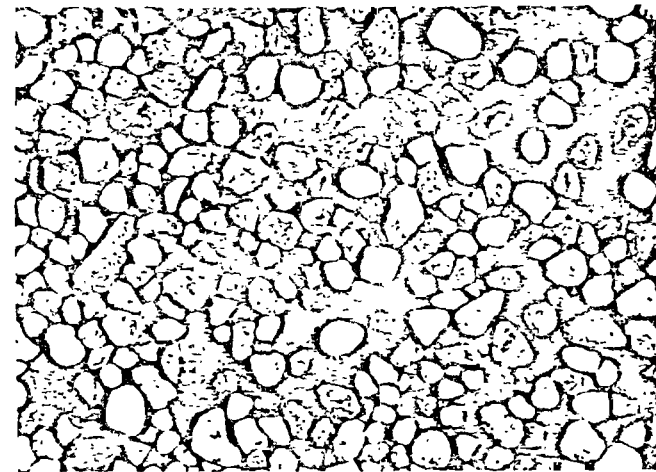
Las capas de grava y arena varían mucho de acuerdo al lugar en que se hizo el sondeo, por lo que es necesario determinar la mínima y máxima densidad en el laboratorio.

Para transportar la grava a través de la línea involucra gran pérdida de presión, por lo que se requiere contar con motores de gran potencia.

Los tests requeridos son los mismos que para la arena.

Roca

En la mayoría de los casos este material tiene que ser desintegrado por medio de explosivos, después de esto puede ser dragado por diversos



Grava

Figura 4-8

tipos de equipo.

Algunas veces se puede dragar inmediatamente utilizando dragas - con gran potencia en el cortador, con dipper dredge o draga de gajos, como - será en el caso de rocas sedimentarias (conchuela cementada o roca arenosa)

La roca es partida en pedazos.

Para considerar la dragabilidad de la roca una serie de extensivos y especializados experimentos tienen que ser llevados a cabo, tanto con pruebas estáticas como dinámicas.

Sin estos complicados experimentos una consideración apropiada -- sobre la dragabilidad del material sería riesgoza.

Para las pruebas dinámicas no existe un método uniforme, los resultados tienen que ser acompañados por una descripción de los aparatos utilizados.

% Concentración Varía a Razón Vs y tipo de sólido y características del cortador.

b) Cortador

b₁) Cuchillas

b₂) Potencia del cortador

b₃) Geometría del cortador

Hemos dicho que las características del material por dragar son - determinantes para obtener una producción óptima; pero otro factor importante es el sistema de corte y succión de la draga.

El sistema de corte está formado por el cortador, los motores, la



Conchuela Cementada en Puerto Peñasco, Son.

Figura 4-9

CLASIFICACION DE SUELOS (PLANC)

TIPO DE SUELO	TAMAÑO DE LAS PARTICULAS	IDENTIFICACION	ESFUERZOS Y CARACTERISTICAS
	RANGO DEL TAMAÑO		ESTRUCTURALES
BOLEOS	Mayor de 200 mm.	Examinación visual	No es aplicable
<u>Conglomerado</u>	Entre 200 y 60 mm.		
GRAVA	Gruesa 60 - 20 mm. 3" - 3/4" Mediana 20 - 6 mm. 3/4" - 1/4" Fina 6 - 2 mm. 1/4" Nº 7	Fácilmente identificable a la vista	Es posible encontrar capas de grava cementada lo cual se parece a un conglomerado débil de roca. Grava fuertemente compactada puede existir mezclada con arena.
ARENA	Gruesa 2 - 0.6 mm. 7 - 25 Mediana 0.6-0.2 mm. 25-72 Fina 0.2-0.075 mm. 72-200	Todas las partículas son visibles a simple vista. Muy poca cohesión cuando está seca	Los depósitos variarán en esfuerzos según se encuentre empaquetado entre material suelto, compacto y cementado. La estructura puede ser homogénea o estratificada. Entre mezclada con limo o arcilla pueden producir arenas fuertemente compactadas.
LIMO	Grueso 0.06-0.02 mm. Mediano 0.02-0.006 mm. Pasa Nº 200 Fino 0.006-0.002 mm.	Generalmente las partículas son invisibles y solamente los granos de limo grueso pueden ser vistos a simple vista (la mejor determinación es probar por plasticidad. Este suelo puede tener cierta plasticidad, pero el limo puede ser quitado fácilmente de los dedos cuando está seco pues se convierte en polvo. Terrones secos pueden ser desintegrados por dedos.	Esencialmente no es plástica, sus características pueden ser similares a la arena si predominan los granos gruesos. Si son finos se parecerá a la arcilla con características plásticas. Muchas veces está entremezclada o interestratificada con arena fina o arcilla. Puede ser homogénea o estratificada. La consistencia puede variar desde limo suelto pasando por espeso hasta



Grava Dragada en Pajaritos, Ver. Figura 4-10



Grava en Lázaro Cárdenas, Mich. Figura 4-11

flecha y el tubo de succión.

El cortador se encuentra localizado en la parte final de la escala, conectado por una flecha al motor del cortador, su rotación agita el material suelto, afloja el material compacto o corta el material duro, el cual es succionado por la boca del tubo de succión de la escala.

La práctica común hace parecer que su uso sea necesario o no, hay muchos casos en que no es necesario usar cortador, por ejemplo para dragar limo, fango y arena fina.

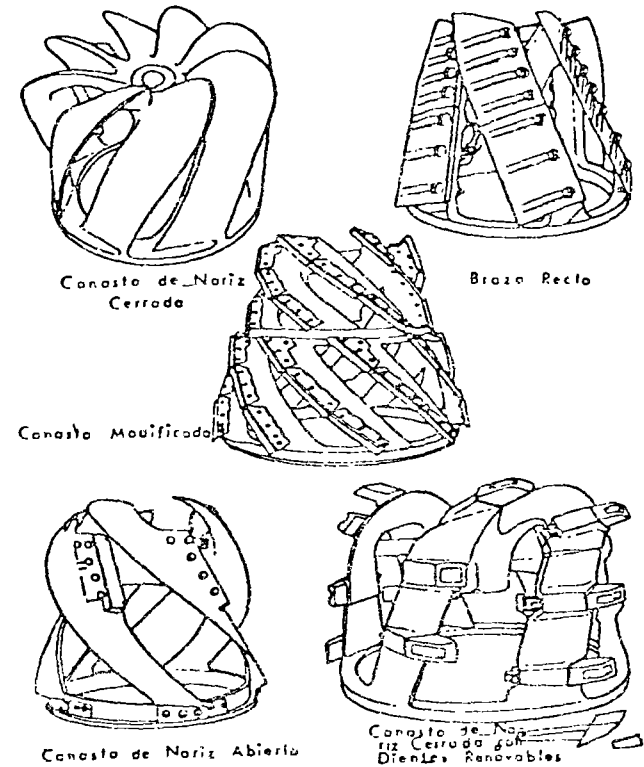
En estos casos la rotación del cortador produce una nube de material suelto que puede tener efectos en el medio ambiente subacuático. Una variedad de tubos de succión han sido fabricados tanto por fabricantes de dragas como por contratistas, que van desde el simple tubo cilíndrico, pasando por tubos con corte de 45° ó hasta muy elaboradas narices. En algunos casos se usan jets para empujar el material.

Hasta el momento en México no hay restricciones en lo referente a la contaminación del medio acuático ocasionada por la turbulencia originada por el cortador. Además no se han estudiado muy bien sus efectos en el medio acuático. Este es un tema muy interesante que se sale de los límites de esta tesis, pero mencionaremos que dragando en aguas no contaminadas por desechos industriales o basura, la turbulencia y la nube de material suelto ocasiona daños a la fauna acuática y en muchas ocasiones es benéfica pues remueve el suelo marino en el cual se encuentran algas y otras partículas alimenticias que benefician a bancos de ostiones, por ejemplo al transportar la

TIPOS DE CORTADOR

Los cortadores se clasifican en: cortador de canasta, cortador de brazo recto.

En la figura 4-12 podemos ver cinco tipos de cortador



5 TIPOS DE CORTADOR

Figura 4-12

corriente marina o del río estos alimentos hasta el banco de ostras.

El cortador de Canasta (fig. IV. 2) tiene una campana frontal, un anillo en la parte de atrás y varias hojas en forma espiral integradas a la campana y el anillo. Un cortador de canasta con la nariz cerrada y hojas espirales es el más adecuado para dragar material suave o arena suelta.

Un cortador de canasta con nariz abierta es el más indicado para dragar arcilla y material duro, debido a que si dragamos arcilla muy plástica con un cortador de nariz cerrada se trabaría dicho cortador.

Una canasta de nariz cerrada con puntas ciceladas (forma de cincel) espaciadas a 20 cm. colocadas más sobre las hojas es usada en material duro.

CORTADOR DE BRAZO RECTO con hojas extendidas desde la campana y atornilladas a la araña del cortador, es usada en arcillas duras.

En materiales muy duros se usan hojas en forma de sierra o dientes en forma trapezoidal.

Los dientes de pico trabajan bien en coral y otros materiales abrasivos.

Para evitar que algunos objetos como raíces, cables, tubos, rocas de tamaño grande obstruyan la bomba, se soldan más pedazos de varilla de 3/8 ó 1" en la boca de succión, ocasionalmente se solda una barra a través del ojo de la bomba.

POTENCIA DEL CORTADOR. La potencia aplicada al cortador varía de acuerdo al trabajo y al tamaño de la draga. Dragas pequeñas (8 a 12 pulgadas) pueden tener hasta 400 hp. Dragas mayores pueden tener hasta

4000 hp. La velocidad de rotación del cortador varía entre 10 y 30 rpm, dependiendo del material por dragar y del tamaño del cortador.

El cortador es soportado en el extremo de la escala por la flecha y un tornillo especial subacuático. Este tornillo debe tener gran resistencia para soportar las severas condiciones a las que está sometido como los impactos de las cargas ocasionadas por la draga, la abrasión del material, etc.

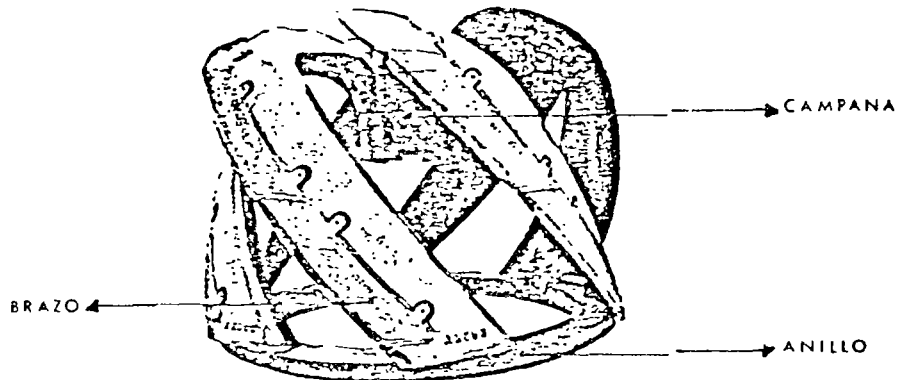
DISEÑO DEL CORTADOR

En el diseño del cortador intervienen una serie de variables geométricas que es necesario tomar en cuenta. Terry sugiere que las distintas variables estén relacionadas con la función de excavar, las cuales dependerán del ángulo de cono y el ángulo de cara (fig. IV-3), en el desplazamiento angular (fig. IV-3) y en el ángulo de la cuchilla.

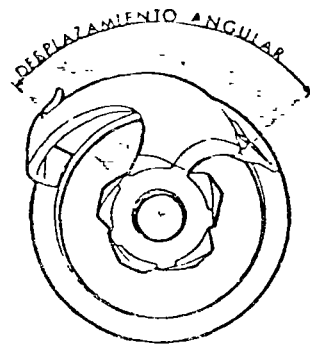
El ángulo de cara es generalmente igual a la mitad del ángulo de cono y debe ser diseñado para dejar un terminado horizontal en el corte.

El ángulo de desplazamiento de un brazo del cortador es medido desde un punto en la parte central de la campana a un punto que pasa por las cuchillas (fig. IV.3).

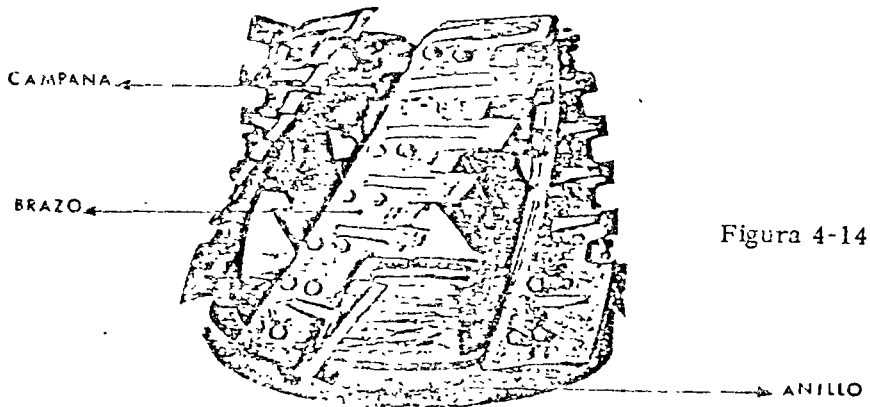
Figura 4-13



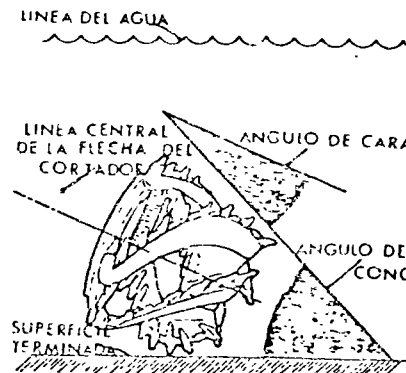
Cortador tipo canasta de 6 hojas.



Figuras 4-15



Cortador con Brazo Curvo



Así para un cortador de 4 hojas de cuchillas, tiene un desplazamiento angular de 90.

Entre más brazos tenga el cortador menos esfuerzo tendrán las cuchillas, la flecha, los tornillos, pero esto crea un espacio menor entre las hojas para que puedan entrar rocas trituradas a la succión.

El ángulo de inclinación se define como (fig. 39) el ángulo entre la tangente a la punta de la cuchilla y a la superficie exterior.

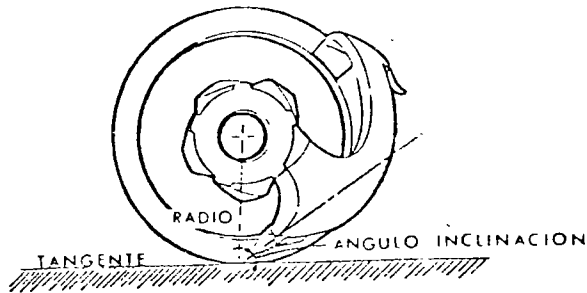


Figura 4-16

Los cortadores son usados con o sin dientes dependiendo de la dureza y la compactación del material a dragar.

El diente puede ser parte de la hoja, o puede ser soldada a la hoja (fig. 40). El desgaste del cortador es extremadamente alto principalmente en materiales duros.

Las características que deben tener las cuchillas son:

- 1.- Dureza: Brindell 500 ó Rockwell "8" "51"
- 2.- Resistencia a punto cedente: 200 000 psi
Esfuerzo de
- 3.- Filo.- Resistencia al impacto 15 pies - pies
- 4.- Templabilidad de 5 pulgadas

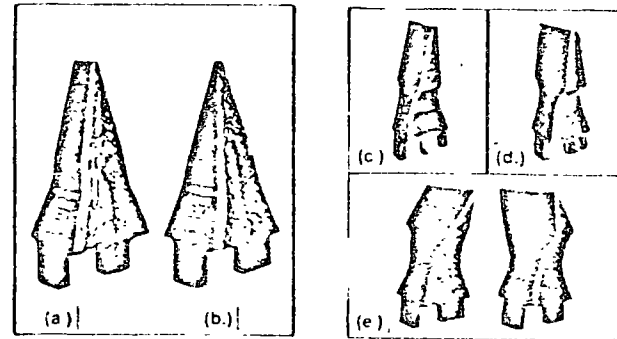


Fig. IV-17 Dientes reemplazables

- a) Punto de cincel
- b) Punto de pico
- c) Punto enganchado (debajo de la línea central)
- d) Punto ensanchado (tipo de la línea central)
- e) Punto ensanchado (debajo de la línea central)

Otras partes estructurales del cortador como la campana, el brazo y anillo deben ser hechos por material de las siguientes características:

- 1.- Dureza: Brinell 340 ó Rockwell "c" 36
Esfuerzo a punto cedente
- 2.- Yield esfuerzo 125 000 psi
- 3.- V.rock (charpy) resistencia al impacto
- 4.- Templabilidad de 3.5 pulgadas

Las dimensiones aproximadas de un cortador son mostradas en la

Figura (45):

El diámetro del cortador puede ser expresado en términos del tubo

de succión:

$$D_c = C_c D_s$$

C_c = Coeficiente que varía entre 3.0 y 4.0

D_s = Diámetro de succión

La longitud del cortador puede ser expresada en términos del diámetro del mismo o sea:

$$S_c = 0.75 D_c$$

La velocidad del cortador varía desde 10 a 30 rpm.

El hp requerido puede ser obtenido por la

$$P = \frac{1}{75\eta} F_c U_s$$

P = horsepower (potencia en HP)

$$U = \frac{\pi D_c \eta}{60} \text{ en m/Sec } \#$$

$\pi = 3.1416$
 S = Longitud del corte

η = Eficiencia

75 = Factor de conversión (1hp = 75 kg f/m)

F_c = Fuerza cortante en la circunferencia por unidad de longitud a $R \pm$ kgf/m

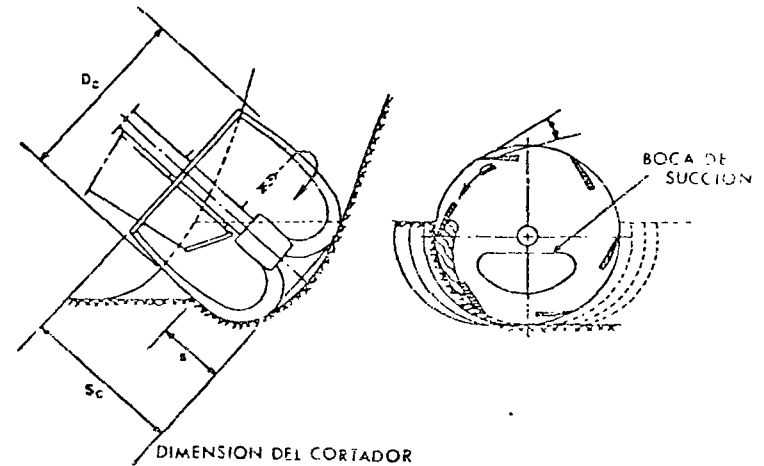


Figura 4-18

DRAGADO A GRANDES PROFUNDIDADES

Hay 2 formas de incrementar la profundidad de dragado en una draga con cortador; a) instalar una bomba de jet en la línea de succión; b) colocar una bomba de dragado en la escala.

Ambos métodos han sido utilizados en la práctica y se ha visto que trabajan satisfactoriamente.

Como lo mencionamos en el Capítulo III la cavitación limita la operación de la bomba, sin embargo NPSH (Net Positive Suction Head) carga positiva succión.

$$\text{NPSH} \pm H_{\text{atm}} + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} - h_v = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}$$

Puede ser incrementada colocando una bomba en la escala por debajo de la superficie del agua (fig. IV-19)



BOMBA CENTRIFUGA EN LA ESCALA

Figura 4-19

Un nuevo concepto de una escala con cortador extendible para trabajos en alta mar fué presentado por Furnes en un Congreso de Dragado. La draga tiene una escala articulada y compensada para que trabaje cuando haya oleaje y no levante el cortador del nivel de corte. Las uniones articuladas están arriba del módulo en donde se encuentra el cortador.

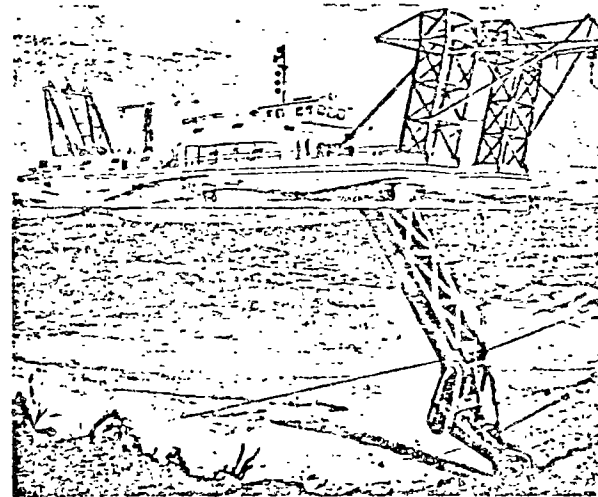


Figura 4-20

ANCIOS DE CORTE EN FUNCION DE LA INCLINACION DE LA ESCALA

TAMAÑO DE LA DRAGA	8"	10"	12"	14"	16"	20"	24"
LONGITUD DEL CASCO	28'	32'	32'	42'	45'	50'	55'
	9.33	10.67	11.33	13	14	23.33	23.33
LONGITUD DE LA ESCALA	28"	32'	34'	36'	42'	70'	70'
	9.33	10.67	11.33	12	14	23.33	23.33
LONGITUD TOTAL HASTA EL ZANCO 57'	65'	67'	74'	83'	121'	126'	
ABANICADA EN LA SUPERFICIE	80'7	90'0	94'10"	111'8"	104'0"	171'2"	173'2"
ABANICADA CON LA ESCALA INCLINADA	15°	79.5	90'0"	93'0"	110.0"	122'6"	166'3"
		26.46	30.15	31	136.67	49.82	55.41
	30°	75'3"	85'10"	88'3"	195'0"	116'6"	156'5"
		25.08	28.59	29.41	35.00	38.82	52.13
	45°	69'0	78'4"	80'7"	96'9"	107'0"	140'8"
		23.00	26.18	26.84	32.23	35.67	46.87
	60°	60'10"	69'5"	70'9"	35'5"	44'9"	120'2"
		20'25	23.13	23.56	28.41	32.56	40.05

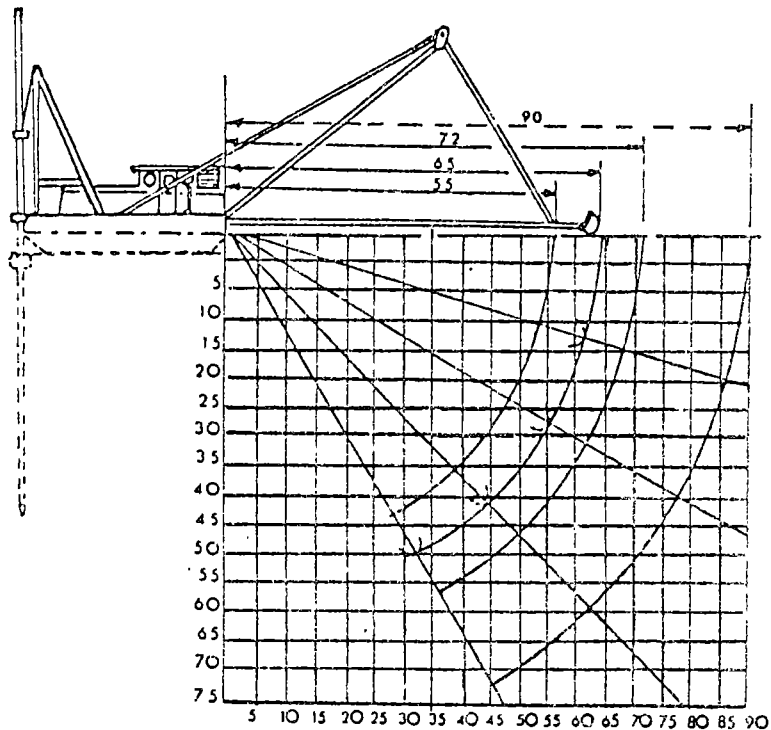
ANCHO MINIMO DE TRABAJO

101

ANCHO DEL CORTE Y PROFUNDIDAD DE DRAGADO

El ancho del corte de dragas con cortador que varían entre 8 a 24" de diámetro en la descarga y varias longitudes de escala y costo son representadas en la figura 8.51 y la tabla 8.4.

Profundidades de dragado como función de la longitud de la escala son mostrados en la figura (IV-21) y en la tabla.



NIVEL DEL AGUA

Figura 4-21

Profundidad de Dragado en Función del Largo de la Escala

103

T E M A V

CAPITULO V

LA VELOCIDAD DE SUCCION (VS) VARIA CON LA
PROFUNDIDAD DE DRAGADO

La Vs óptima varía con la profundidad de dragado. Como lo hemos mencionado anteriormente la producción está en función del gasto y del % de sólidos.

El gasto está en función de la velocidad en el tubo de succión y πr^2 del área del tubo de succión.

En este tema analizaremos los factores que nos afectan la velocidad de succión, siendo de mayor importancia la profundidad de dragado.

Gasto en la tubería.

En el sistema bomba de dragado-tubería, el fluido fluye a través del sistema; puede ser agua clara o mezcla de agua con material (suelo) y será del tipo "turbulento", que es uno de los 2 tipos de flujo que pueden ocurrir en una tubería.

El otro tipo de flujo, el laminar, no ocurre en un sistema de dia-

gado debido a las altas velocidades del fluido.

El flujo turbulento tiene un movimiento irregular mientras que el flujo laminar tiene características de un flujo viscoso. El flujo laminar tiene una sola velocidad paralela a la corriente, el flujo turbulento tiene 3 velocidades, una paralela a la corriente y otras 2 que varían sus direcciones.

La presión en un flujo laminar a través de su línea es proporcional a la velocidad.

Régimen de sedimentación en el flujo.

Hay 4 regímenes de mezclas de sólido-agua que fluye en una tubería para una composición dada en mezcla y del tamaño del tubo.

Fig. 9-6

Los regímenes del flujo son: a) como una suspensión homogénea; b) como un flujo heterogéneo con sólidos en suspensión; c) como una cama que se mueve, saltación (con o sin sólidos en suspensión; d) flujo con una cama estacionaria (dibujo)

Estos regímenes se traslapan y no existe un límite entre ellos. El régimen bajo de la fig. 1 representa el tipo de flujo en el cual las partículas son tan pequeñas (y por consiguiente su velocidad vertical de caída es muy baja) por lo que la distribución vertical es casi uniforme. La velocidad de caída de las partículas es tan pequeña que es insignificante cuando se compara con el movimiento del fluido.

En un régimen de flujo heterogéneo, las partículas están también en suspensión, pero la distribución vertical de las partículas no es uniforme

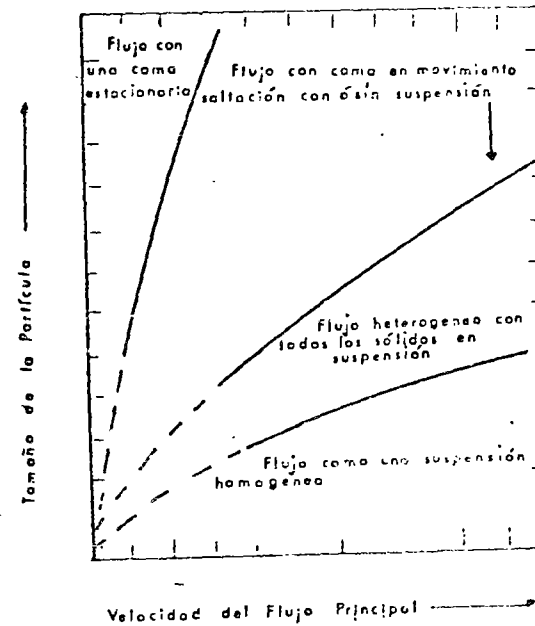


Figura 5-1

pués la concentración de partículas es mayor en el fondo del tubo que en la parte superior del tubo.

La transportación más económica de sedimentación en tuberías es en este régimen. El peso de material transportado por unidad de fuerza requerida al máximo.

El flujo en un régimen de cama en movimiento (dunas y rizos) se formarán en el límite del fondo y la mezcla arriba de la cama en movimiento viajará a una velocidad sustancialmente alta. Esto causa unas pérdidas adicionales de carga y producirá una operación anti-económica.

Un flujo con régimen de cama estacionaria el transporte de material ocurrirá por encima de la cama la que formará un nuevo límite del fondo.

Durand y Condolios sugieren la siguiente clasificación de partículas con referencia a los distintos tipos de regímenes de flujo.

- 1.- Suspensión Homogénea - partículas menores de 40 μ .
- 2.- Suspensión mantenida por turbulencia - tamaño de partículas entre 40 μ y 0.15 mm.
- 3.- Suspensión y saltación - tamaño de partículas entre 0.15 y 1.5 mm.
- 4.- Saltación - partículas mayores de 1.5 mm.

La presente clasificación se refiere a partículas que tienen gravedad específica igual a 2.65 y que son sujetas a fuerzas de suficiente magnitud que producen movimientos en el agua.

Flujo homogéneo de 2 fases.

Básicamente hay un número de fuerzas que actúan en una partícula transportada por un fluido y que son:

- 1.- Peso propio fuerza vertical actuante hacia abajo
- 2.- Flotación o fuerza vertical hacia arriba.
- 3.- Fuerza causada por la corriente en dirección horizontal del movimiento.
- 4.- Fuerza resistente de arrastre en la dirección horizontal.

En orden de mantener la partícula en suspensión en un flujo turbulento y prevenir el asentamiento del sedimento debido a la gravedad; debe existir un intercambio de fluido que contenga mayor cantidad de sedimento en el nivel inferior con el fluido del nivel superior, el cual tiene menor concen-

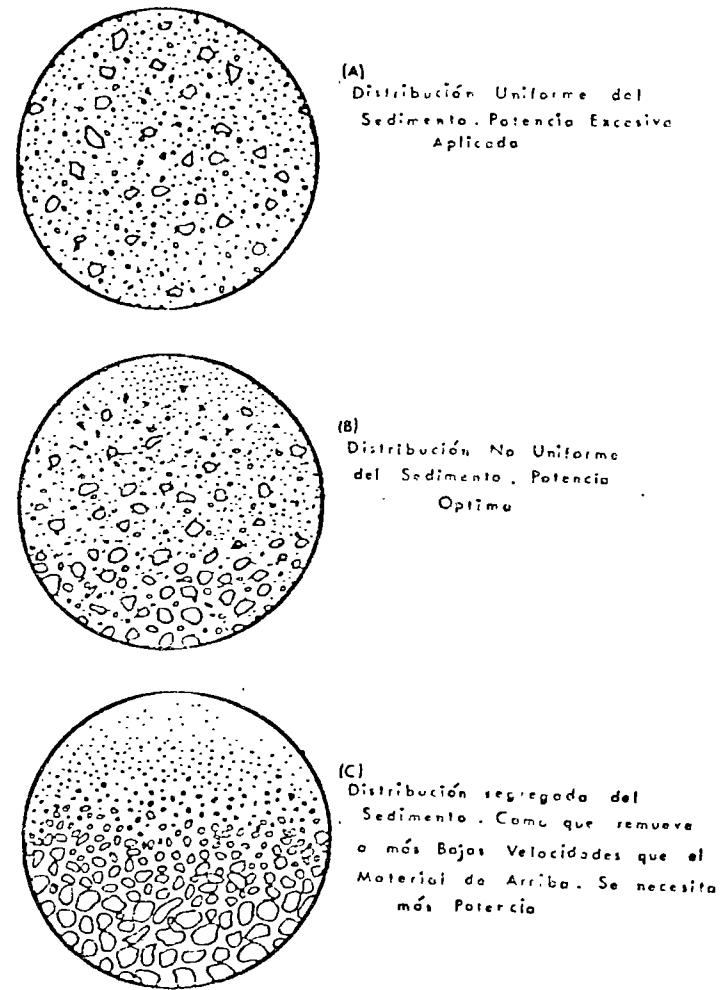


Figura 5-2

Distribución de sedimento en tubería, (a) flujo homogéneo, (b) flujo heterogéneo, (c) flujo con cama en movimiento.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

PRODUCCION DEL PETROLEO
EN EL MAR

ING. ALFONSO BARNETCHE GONZALEZ

SEPTIEMBRE, 1978.

INTRODUCCION

Desde tiempos remotos, el mar ha estado lleno de misterios para la humanidad. Hoy en día, exploramos sus profundidades con métodos científicos, pero sigue permaneciendo latente la sensación de impenetrabilidad e imponderabilidad.

En realidad, nuestro conocimiento sobre los océanos sigue siendo bastante limitado en muchos aspectos. Así p.e., los procesos físicos que tienen lugar en los mares, la vida en sus profundidades, las existencias de materias primas en los mares y debajo de ellos, distan todavía mucho de haber sido estudiados en toda su magnitud. Por otro lado a través de las exploraciones marítimas nos ha sido posible ya aprender mucho sobre la geología y el desarrollo de las zonas costaneras. Este campo, al igual que la exploración espacial, representa una fuente inagotable de futuras investigaciones.

Es difícil predecir con exactitud los descubrimientos que se alcanzarán con la investigación de los mares.

Lo que sí puede asegurarse es que serán de vital importancia para el futuro de la humanidad.

EL MAR LA GRAN RESERVA DEL FUTURO

Nuestro planeta Tierra está cubierto por el agua en más del 70% de

su superficie. Pero hay regiones del globo terráqueo en que los océanos representan una proporción mucho más elevada aún. Así, podemos dividir la Tierra en dos hemisferios, uno de los cuales abarca básicamente las regiones situadas al sur de la línea Ecuatorial y está cubierto hasta en un 90% por las aguas, como se muestra en la Figura 1.

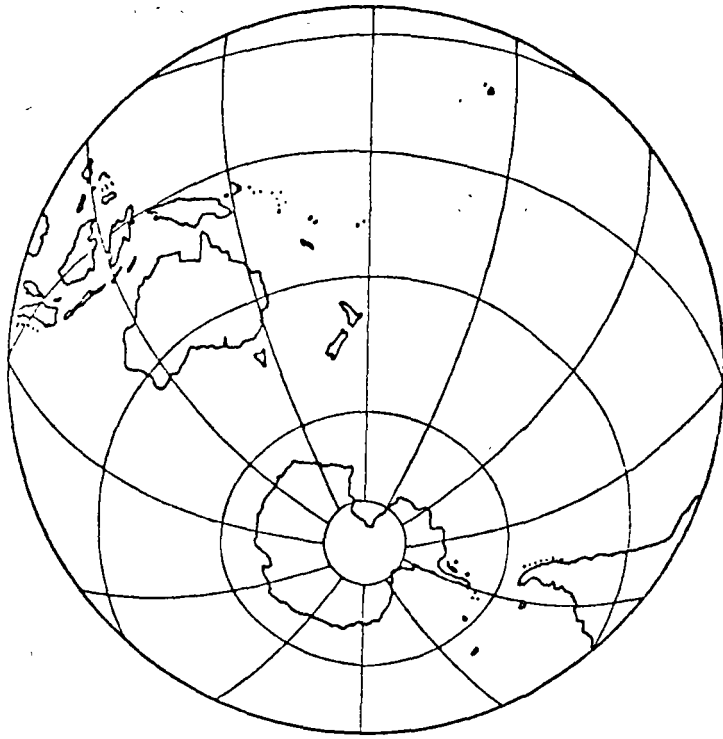
Si bien tenemos conocimiento de las enormes riquezas que guardan los océanos en cuanto a materias primas, alimentos y energía, actualmente obtenemos de los mares tan sólo el 1% de nuestra alimentación y el 2% de la explotación mundial de minerales. Con el creciente aumento de la población mundial y el progresivo agotamiento de los yacimientos de materias primas en tierra firme, el mar irá cobrando cada vez mayor importancia como la gran reserva del futuro.

El agua del mar contiene, según estudios efectuados, más de 70 elementos diferentes, si bien, en concentraciones tan bajas que su explotación todavía no es redituable en la actualidad.

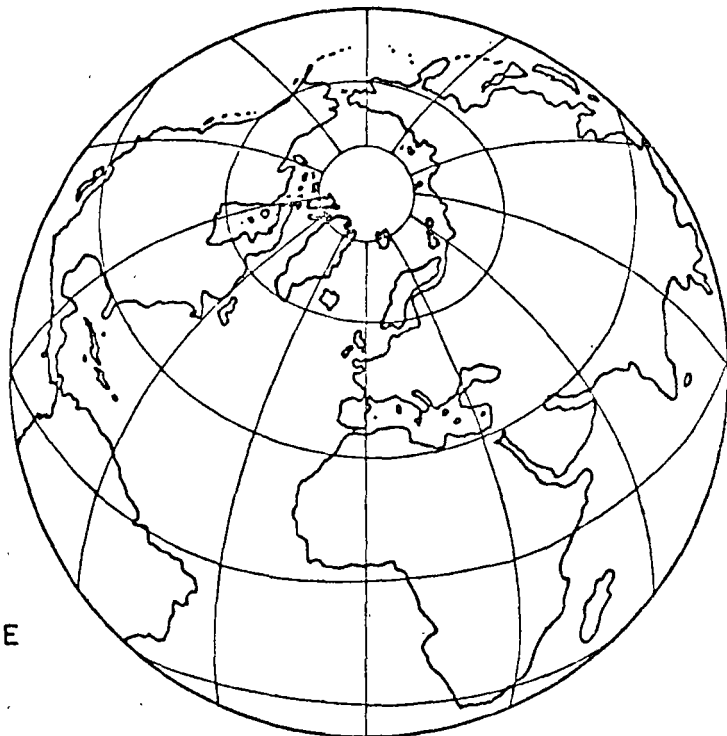
Los elementos más frecuentes, citados según su importancia, son los siguientes: cloro, sodio, magnesio, azufre, calcio, potasio, bromo, estroncio y carbono.

Los yacimientos submarinos de minerales probablemente más importantes para el futuro lo representan los nódulos de mineral de manganeso.

La explotación actual de manganeso es superada con mucho, en lo que a



HEMISFERIO CON EL MAYOR
PORCENTAJE DE AGUA



HEMISFERIO CON EL MAYOR
PORCENTAJE DE TIERRA FIRME

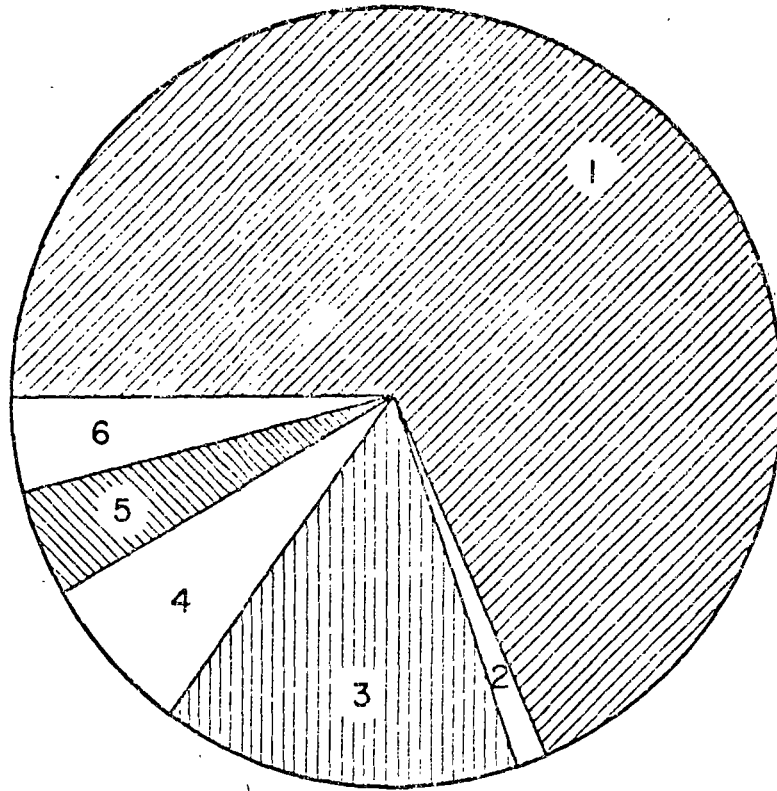
FIG.-1

su importancia económica se refiere, por la explotación de yacimientos submarinos de petróleo y gas natural, sobre todo porque en este renglón están dadas ya las condiciones necesarias de tecnología y costeabilidad. La crisis energética contemporánea ha contribuido también, en buena parte, a acelerar las actividades de este último sector. Las primeras perforaciones petroleras en la plataforma continental se efectuaron en la década de los años treinta. En la actualidad el 20% de la extracción petrolífera mundial procede de regiones marítimas. Este porcentaje es más elevado aún en lo que se refiere al gas natural. Como puede verse en la Figura 2, las regiones conocidas hasta ahora se distribuyen por todo el globo terrestre. Los países de Medio Oriente poseen también aquí, al igual que en los yacimientos de tierra firme, la mayor proporción de riqueza petrolífera.

La importancia de la carrera mundial por la apertura de nuevos yacimientos petrolíferos en el zócalo continental se pone de manifiesto al observar el incremento anual de las inversiones (25 al 30%) para la construcción y operación de grandes instalaciones de perforación.

Muchos otros yacimientos marinos de materias primas son actualmente explotados en forma industrial, siendo los más importantes los siguientes:

- * Diamantes frente a la costa occidental de Sudáfrica;
- * Mineral de hierro frente a Terranova y en la Bahía de Tokio;
- * Oro frente a Alaska, Canadá, Oregón y Nueva Escocia;
- * Carbón frente a Chile, Japón, Formosa y al Noreste de Inglaterra;
- * Módulos de fosforita frente a California, Florida, Sudáfrica, Africa



MAGNITUD ESTIMADA DE YACIMIENTOS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL (EN TOTAL APROXIMADAMENTE 16 400 MILLONES DE TONELADAS)

1 CERCANO Y MEDIO
ORIENTE
2 SUDAMERICA
3 NORTEAMERICA

4 AFRICA
5 EUROPA
6 AUSTRALIA Y LEJANO
ORIENTE

Occidental, Chile y Australia Occidental;

- * Azufre en el Golfo de México;
- * Estaño frente a las costas del Sudeste Asiático.

PETROLEO Y GAS EXTRAIDOS DEL MAR

EXPLORACION

1. TECNICAS DE EXPLORACION.

El aprovechamiento de los yacimientos de petróleo y gas natural localizados debajo del fondo marino, sigue en lo fundamental, el mismo esquema utilizado en tierra firme.

El primer paso lo dan los geólogos y geofísicos al emprender la búsqueda de nuevos yacimientos, valiéndose para ello de sus conocimientos de historia natural.

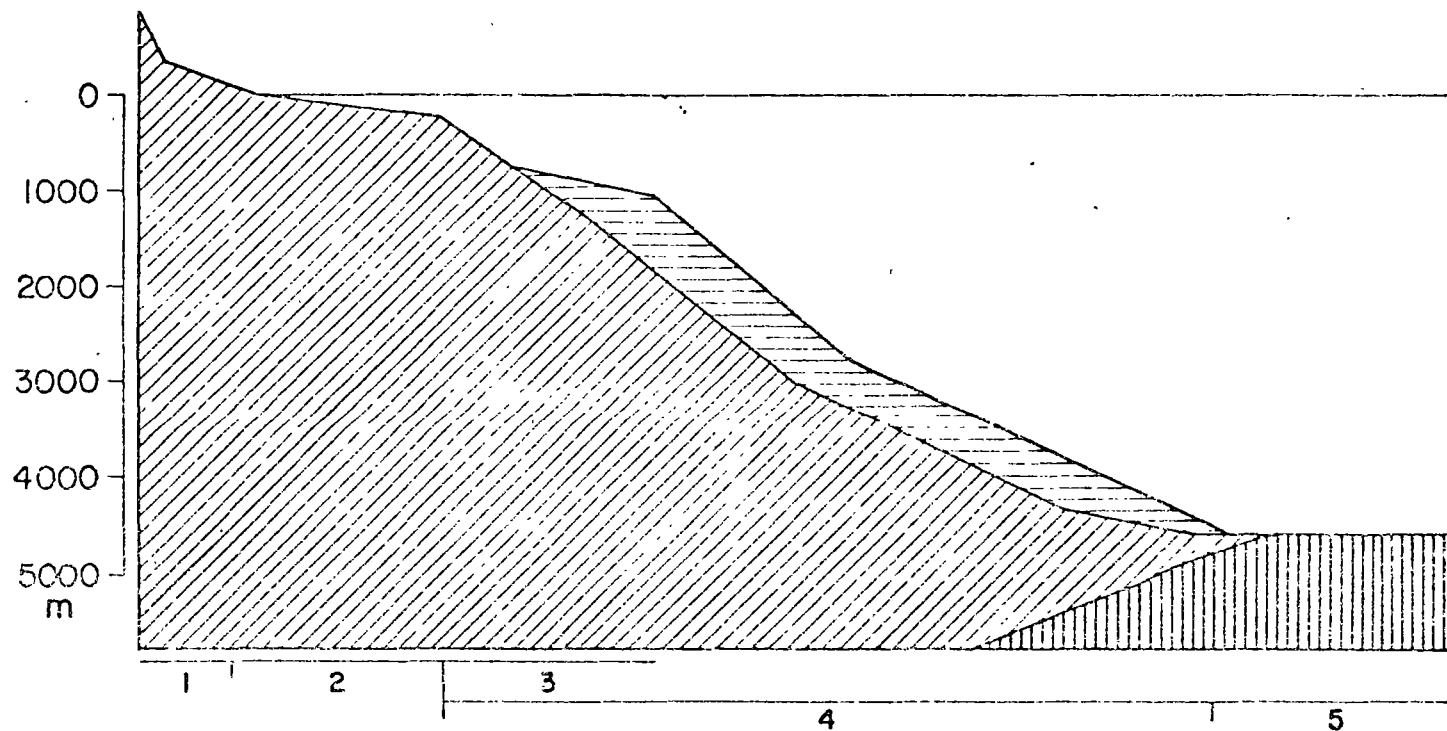
La mayoría de los yacimientos descubiertos hasta la fecha tienen su origen en el período terciario, en el cretácico, en el paleozoico primario, y en cámbrico, es decir, de 10 a 600 millones de años antes de nuestra era.

La búsqueda de los yacimientos marinos sigue concentrándose todavía en las plataformas continentales, o sea, en las regiones ubicadas entre las costas y el quiebre de los continentes hacia las regiones abismales de los océanos. Estas regiones, con una profundidad en el borde de unos 200 metros, abarcan en su conjunto una superficie del tamaño de Africa y prometen dar un gran rendimiento petrolífero.

Pero también en el borde continental se intuye la presencia de grandes

depósitos de hidrocarburos; sin embargo, las concepciones técnicas para su explotación no rebasan aún la fase de planeación. La Figura 3 muestra en forma esquemática el perfil entre los continentes y los mares profundos.

La localización de los yacimientos en el mar es decir, costa fuera, requiere de un esfuerzo científico y técnico mucho mayor que el que se exige para las explotaciones en tierra firme. Si bien, en los comienzos de las exploraciones marinas se adoptaron simplemente los métodos tradicionalmente utilizados en tierra, muy pronto se hicieron manifiestas considerables desventajas que demandaron el desarrollo de nuevas tecnologías. De este modo, hoy en día se utiliza la sismología de reflexión, que con la ayuda de ondas de choque, se reflejan en las formaciones compactas no homogéneas del fondo marino, mide la profundidad y extensión de los horizontes geológicos. Por lo demás, la explotación sismológica marina es el único factor que representa ventajas en costo comparado con la exploración petrolera en tierra firme. En tierra firme las ondas sísmicas se generan con dinamita. Sin embargo, en el mar, una explosión de tal magnitud podría acabar con la fauna marina en un radio apreciable. Es por esto, que para no perjudicarla, se ha desarrollado un nuevo procedimiento a base de aire comprimido en vez de dinamita. Como fuente de energía se utilizan una o más baterías de pulsadores de aire, que son remolcados por el barco en un orden determinado. El aire altamente comprimido dentro de los pulsadores, es liberado súbita y simultáneamente, generando un impulso sísmico que se propaga a través del agua y del subsuelo. Una ventaja adicional de este procedimiento



- 1 TIERRA
- 2 PLATAFORMA CONTINENTAL
- 3 PLATAFORMA CONTINENTAL EXTERNA
- 4 BORDE CONTINENTAL, ZONAS OCEANICAS MARGINALES
- 5 ZONA ABISMAL

PERFIL DEL SUELO MARINO ENTRE LOS CONTINENTES
Y LA ZONA ABISMAL

consiste en que la frecuencia y fuerza de las pulsaciones del aire puede ser ajustada a las necesidades y condiciones locales. Además la utilización de varias baterías permite efectuar mediciones tri-dimensionales. Para el registro de las ondas sísmicas reflejadas, se emplean en general largos cables provistos con numerosos hidrófonos dispuestos a profundidades determinadas.

No importa cuán optimistas sean los resultados de las investigaciones de los geólogos; la última palabra en cuanto a la existencia dentro del subsuelo de yacimientos de petróleo puede darla únicamente una perforación de prueba. A fin de poder efectuar este tipo de perforaciones en el mar, se han desarrollado en los últimos años, diferentes tipos de estructuras de soporte para los equipos de perforación. No considerando los aparatos empleados para la navegación espacial, casi es imposible concebir un sistema técnico que esté sujeto a tan diversas exigencias como lo están estas instalaciones móviles de perforación.

2. TIPOS DE INSTALACIONES MOVILES DE PERFORACION.

Las primeras perforaciones marinas se efectuaron a través de islas artificiales, estructuras de madera o acero o desde bancos de arena levantados en aguas poco profundas. Sin embargo, las instalaciones de este tipo resultaban demasiado costosas para efectuar perforaciones de exploración, cuyo resultado es siempre incierto, ya que únicamente la torre y el equipo de perforación son transportables y pueden ser utilizados en otro lugar. Es por esto que las plataformas estacionarias sólo son empleadas para efectuar perforaciones en campos ya comprobados

y en los que es necesario instalar equipos de procesamiento y campamentos definitivos. Después de una solución intermedia consistente en la erección de estructuras simples, en las que se apoyaban únicamente la torre de perforación y el malacate, y en las que la instalación del resto del equipo de perforación y la generación de fuerza se efectuaban en un chalán, se pasó al empleo de instalaciones de perforación flotantes totalmente integradas y por lo tanto móviles. De esta manera se racionalizó considerablemente el trabajo de perforación. Cristalizaron así 4 formas básicas de instalaciones móviles de perforación. Las que se apoyan sobre el fondo marino son:

- * La unidad totalmente sumergible, esto es, la plataforma lastrable.
- * La unidad auto-elevable.

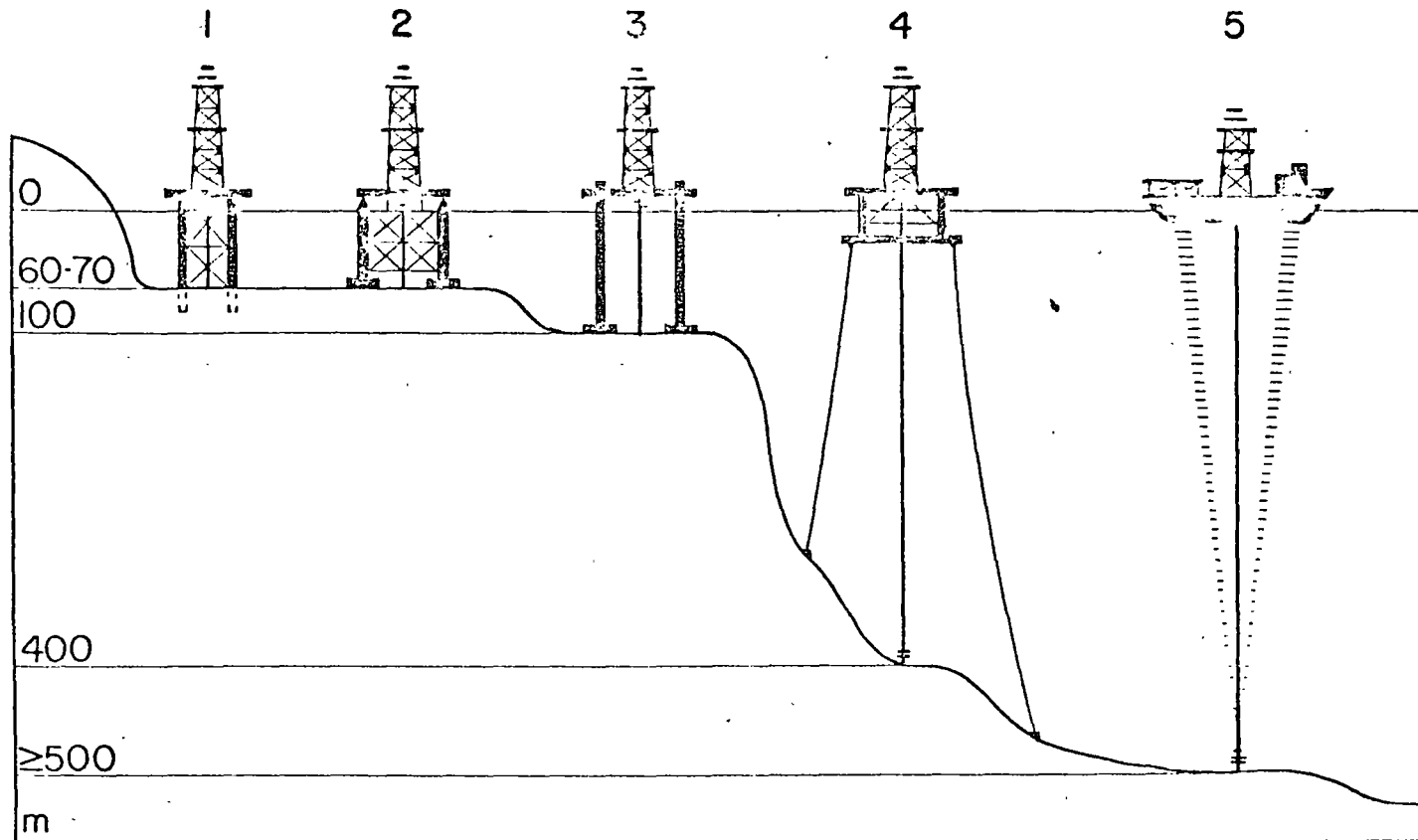
Y las instalaciones flotantes de perforación que son:

- * La unidad semisumergible
- * El barco de perforación

La Figura 4 muestra los diferentes tipos de instalaciones de perforación marina. La utilización de uno u otro depende en primer lugar de las condiciones imperantes en el sitio de operación, tales como la profundidad del agua, las condiciones meteorológicas e hidrológicas, pero depende también de si el tipo deseado se encuentra disponible.

2.1. UNIDAD TOTALMENTE SUMERGIBLE.

La primera unidad lastrable de perforación fue construida en el



- 1 INSTALACION ESTACIONARIA DE PERFORACION
- 2 UNIDAD TOTALMENTE SUMERGIBLE
- 3 UNIDAD AUTOELEVABLE
- 4 UNIDAD SEMISUMERGIBLE
- 5 BUQUE DE PERFORACION

TIPOS DE INSTALACIONES MARINAS DE PERFORACION

año de 1949. Podía operar en aguas hasta con una profundidad de 10 metros. En este tipo de construcción, la plataforma que sostiene la torre y el equipo de perforación, descansa sobre un pontón o cualesquiera otros elementos flotantes que son lastrados, es decir, llenados con agua, encima del sitio en que va a efectuarse la perforación. De esta manera se crean condiciones de trabajo semejantes a las que se tienen en tierra, esto es, la unidad no altera su posición con respecto al pozo por efecto del oleaje.

Una vez terminados los trabajos, la plataforma es puesta a flote evacuando el agua del lastre, con lo que puede ser trasladada a otro sitio de trabajo. Debido a que la mayoría de las unidades totalmente sumergibles solamente pueden trabajar a profundidades de hasta 25 metros, se han desarrollado nuevas formas de construcción adecuadas para operar a profundidades mayores. Sin embargo, todavía se encuentran en operación 21 de las unidades construidas entre 1949 y 1963. La mayor de ellas, el Rig 54 de la Transworld, puede, a diferencia de las otras unidades sumergibles, operar a profundidades hasta de 50 metros y efectuar perforaciones de hasta 7000 metros de profundidad. Fue construida en el año de 1963 y opera actualmente en el Golfo de México.

Las unidades totalmente sumergibles han demostrado ser adecuadas para su utilización en aguas bajas y, especialmente, en zonas

pantanosas. Sin embargo, muestran aspectos desventajosos en cuanto a problemas de estabilidad durante el transporte y, además, porque las erosiones en el lecho marino producen daños en los puntos de apoyo de los flotadores.

No obstante, comparadas con los otros tipos, las unidades totalmente sumergibles registran menor cantidad de daños.

2.2. UNIDAD AUTO-ELEVABLE

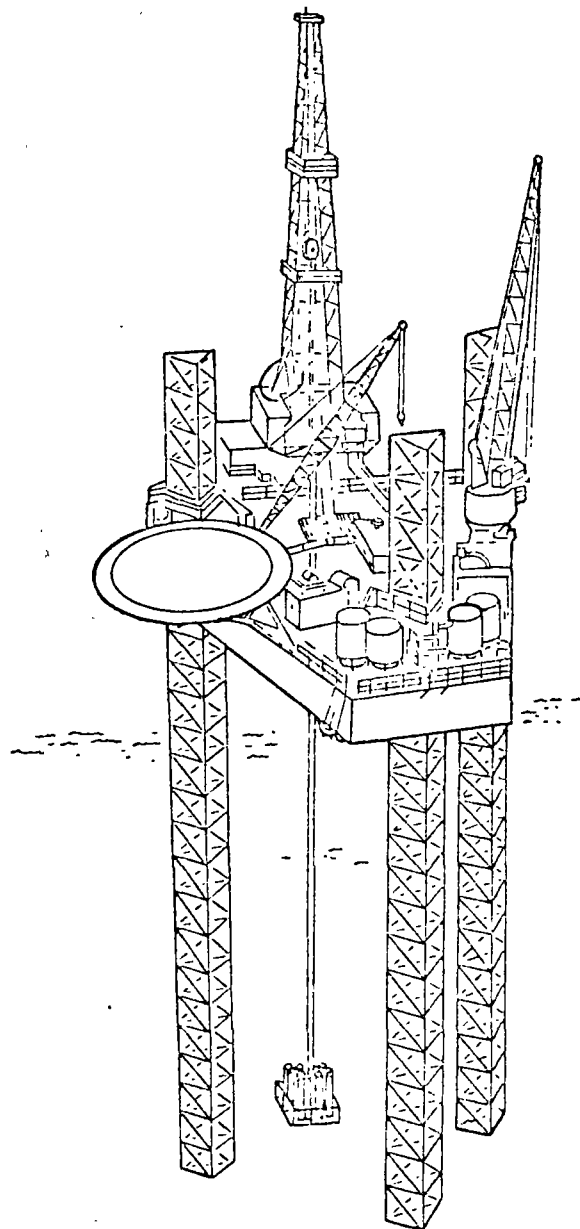
La unidad móvil auto-elevable es un tipo de instalación cuya utilización se encuentra muy extendida; las primeras fueron construidas en 1954. Entretanto, las construcciones originales se han modificado apreciablemente a fin de que puedan operar a profundidades mayores y bajo condiciones más difíciles de trabajo.

Hoy en día, de las instalaciones móviles de perforación el mayor número corresponde a las unidades auto-elevables. La plataforma, sobre la que se encuentra montada la torre de perforación, es construida en forma de balsa y contiene en varias cubiertas, dispuestas una encima de otra, todo el equipo necesario para la perforación, así como la planta de fuerza, almacenes, campamentos, etc. Las patas sobre las que se apoya la unidad, y cuyo número llega a ser hasta de 12, están dispuestas en su perímetro. Estas patas están hechas a base de cilindros huecos o armaduras de acero. Su longitud depende de la profundidad de operación prevista.

Cuando la unidad se encuentra sobre el punto de operación, las patas se bajan al fondo marino. Inmediatamente después la plataforma se levanta sobre sus patas hasta una altura suficiente sobre el nivel del mar, para que el oleaje no pueda alcanzar la superestructura, tal como se puede ver en la Figura 5.

Las unidades auto-elevables trabajan actualmente a profundidades de alrededor de 100 metros. Sin embargo, se está tratando de adaptarlas para que puedan operar a profundidades aún mayores. Aquí, el diseño de las patas cobra mucha mayor importancia ya que cuanto mayor sea su longitud, tanto mayor será el costo de construcción.

Una vez que la unidad auto-elevable ha sido apoyada, puede operarse con bastante independencia de las condiciones climatológicas que imperan en el sitio - como es el caso de las unidades totalmente sumergibles - y emplear prácticamente la misma técnica de perforación que en tierra firme. No se tienen, como en el caso de las unidades semisumergibles y de los barcos de perforación, los problemas de emplazamiento y estabilización. El cabezal del pozo y el preventor pueden ser instalados directamente por debajo de la plataforma de trabajo sobre el agua. Con esto, se reduce el peligro de contaminación del agua y aumenta la seguridad en la perforación.



UNIDAD AUTO-ELEVABLE SOBRE TRES PATAS
DE SUSTENTACION A BASE DE ESTRUCTURA
TUBULAR Y PLATAFORMA NAVIFORME

FIG-5

Dado que las unidades auto-elevables combinan la movilidad con las ventajas de operación de las estructuras fijas de acero, se procura emplearlas siempre que las condiciones del fondo marino lo permitan. Su desventaja es su vulnerabilidad durante el remolque e instalación. La mayor parte de los daños y pérdidas totales se originan cuando las patas se encuentran levantadas y sobresalen de la superficie del mar. También corren graves peligros cuando se presentan erupciones incontrolables de gas o petróleo.

2.3. UNIDADES SEMISUMERGIBLES.

Durante los últimos años ha sido éste el tipo favorito de construcción para ser operado en condiciones especialmente adversas. El objetivo que se persiguió en el diseño de las unidades semisumergibles, fue el de reducir a un mínimo posible los efectos de oleaje en los trabajos de perforación. Actualmente gozan de gran demanda estas unidades, especialmente las grandes, de 30,000 hasta 50,000 toneladas. La plataforma de trabajo y demás instalaciones, repartidas en varias cubiertas, se encuentran ligadas a los flotadores, de diversas formas según el tipo de éstos, generalmente mediante columnas huecas de entre 30 y 45 metros de longitud.

Antes de iniciar la perforación, los flotadores son estabilizados a una profundidad de entre 15 y 25 metros inundando los tanques de lastre. De esta manera los flotadores se mantienen en una zona

relativamente tranquila y que no está sujeta a los efectos del oleaje en la superficie.

Las grandes unidades semisumergibles pueden trabajar aún en presencia de olas de hasta 10 metros de altura.

Al ser operadas en el Mar del Norte pudieron, en algunos casos, reducir a un 5% las interrupciones por mal tiempo.

Existe pues una tendencia a emplear cada vez más unidades semisumergibles en zonas con peligro de mal tiempo, ya sea para el tendido de tuberías, como grúas flotantes, o bien como plataformas de perforación y producción. Las unidades flotantes modernas se encuentran equipadas con motores diesel-eléctricos para su autopropulsión, haciéndose así innecesario su remolque. En posición emergida la unidad alcanza una velocidad de crucero superior a 15 km./h.

La operación de las unidades semisumergibles de perforación requiere en comparación con las torres de perforación fijas, una técnica de perforación diferente y más complicada porque el cabezal del pozo y el preventor deben ser instalados en el fondo del mar, ya que la larga tubería de ascensión no podría soportar las grandes presiones que eventualmente provinieran del yacimiento. Asimismo, su suspensión deberá ser muy flexible y a base de conexiones universales a fin de poder absorber los inevitables

cambios de posición entre el pozo y la plataforma de perforación. Especialmente por lo que se refiere a movimientos verticales, la tubería de barrenación y la tubería de ascensión deberán ser capaces de absorber desplazamientos en dicha dirección para compensar los movimientos de la plataforma.

2.4. BARCOS DE PERFORACION.

Los primeros barcos de perforación resultaron de la adaptación de buques mercantes de casco plano de la marina de guerra de los Estados Unidos. A pesar de que su gran superficie de contacto con el agua hacía a estos buques sumamente sensibles al oleaje, resultaban aprovechables y baratos en su adquisición.

Algunos de estos equipos siguen operándose hasta la fecha. La instalación sobre el buque de la torre de perforación, la mesa rotatoria y la abertura de perforación no presenta mayores dificultades. La variedad de tipos de los barcos de perforación es muy grande, pero todos ellos presentan las líneas clásicas propias de un barco. Con respecto a las unidades de perforación descritas anteriormente, presentan las siguientes ventajas:

- * Debido a su condición de naves pueden soportar el más fuerte oleaje. De acuerdo con informaciones coincidentes de los aseguradores de transporte, los barcos de perforación gozan del más bajo porcentaje de daños totales entre todas las instalaciones de perforación móviles.

La mayor desventaja de los barcos de perforación sigue siendo su inmediata reacción ante el viento y el oleaje, a pesar de que se introdujo un sistema de anclaje que permite al buque colocarse en el ángulo más favorable con respecto al viento y al oleaje, es decir, rotar alrededor del eje de barrenación. Y aún así no les es posible efectuar trabajos de perforación en presencia de olas con alturas superiores a 4 ó 5 metros, porque no ha sido posible reducir apreciablemente los desplazamientos verticales del buque.

Este problema pudo eliminarse mediante el desarrollo del sistema, actualmente casi perfecto de marcación dinámica, que permite eliminar totalmente el anclaje pero que aún resulta excesivamente caro.

Para finalizar, veamos todavía algunos datos estadísticos: Desde su introducción hace 25 años, el número de las instalaciones de perforación móviles en el mundo, había alcanzado 451 unidades hasta agosto de 1978, distribuyéndose en la siguiente forma:

121 unidades semisumergibles, 18 totalmente sumergibles, 86 barcos de perforación y 226 unidades auto-elevables.

Los incrementos en el número de cada tipo de unidades desde 1955 hasta agosto de 1978 pueden apreciarse en la Figura 6 .

LA PRODUCCION

Una vez que las perforaciones preliminares y las pruebas de producción demuestran la existencia de un yacimiento económicamente explotable, se inicia la explotación del campo. Para ello es necesario por una parte, efectuar una serie de perforaciones de producción y por la otra instalar el equipo de producción. Esta es una tarea larga y costosa. Así por ejemplo, para un campo marino a profundidades de 150 m, transcurren, si todo se realiza de acuerdo con el programa, alrededor de 3 años entre la terminación de las pruebas de producción y la iniciación de la explotación comercial. En la actualidad la inversión total para la explotación de un campo varía entre 30,000 y 70,000 millones de pesos de acuerdo con el tamaño. En primer término se determinan los sitios en que se colocarán las plataformas de perforación. El costo de una instalación de este tipo es alto: en el Mar del Norte, la instalación de una plataforma de perforación y producción cuesta actualmente alrededor de 12,000 millones de pesos. Por lo tanto, es necesario situar la plataforma de tal manera que desde ella sea posible efectuar el mayor número de perforaciones. La elección del sitio, especialmente cuando se tienen grandes profundidades de agua, desempeña un papel determinante. El número de las perforaciones de producción depende de la extensión del yacimiento, de su capacidad calculada, de la profundidad del yacimiento y del tirante de agua en el sitio, así como de la naturaleza de la roca sedimentaria que contiene los hidrocarburos.

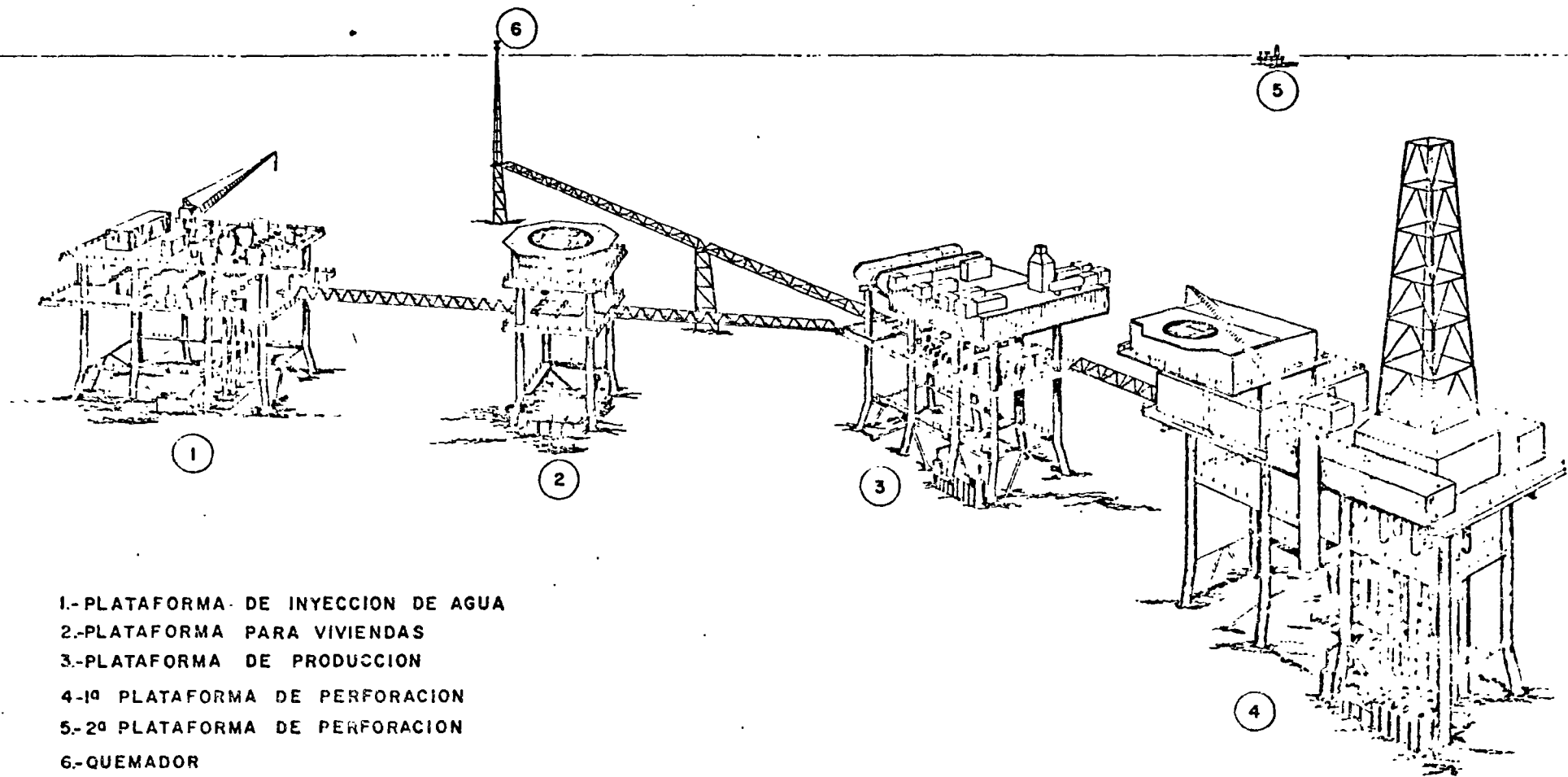
Una vez instalada la plataforma, las perforaciones son llevadas al manto

en forma radial y divergente. Cada una de las perforaciones tiene su propia cuenca de captación, la que de acuerdo con la localización y tipo del manto llega a tener diámetros de cientos de metros. De una sola plataforma se ha podido efectuar hasta 60 perforaciones.

Antes de poder iniciar la producción, es necesario hacer una serie de instalaciones, ya sea sobre la plataforma de perforación misma, o bien en una plataforma de tratamiento separada pero conectada con la plataforma de perforación mediante tuberías submarinas o puentes de tuberías.

Asimismo, puede ser necesaria una plataforma de vivienda independiente de las de perforación y producción, y finalmente y con el objeto de aumentar el rendimiento del campo, se puede instalar una plataforma de inyección de agua. En la figura 7 se puede apreciar una instalación consistente de 5 plataformas. En la plataforma de producción se eliminan el agua y las impurezas y se separan los gases. Este proceso tiene la finalidad de hacer bombeable el petróleo y además elevar el rendimiento de los medios de transporte. A diferencia de lo que sucede en tierra, estas instalaciones deben ser montadas en un mínimo de espacio. Su costo de adquisición, junto con el de otros equipos, representa la tercera parte y, en ocasiones la mitad, del valor de la plataforma de perforación y tratamiento.

El gas natural obtenido como producto secundario puede ser regresado al yacimiento, ya sea para mantener la presión o bien para almacenarlo ahí



- 1.-PLATAFORMA DE INYECCION DE AGUA
- 2.-PLATAFORMA PARA VIVIENDAS
- 3.-PLATAFORMA DE PRODUCCION
- 4-1ª PLATAFORMA DE PERFORACION
- 5-2ª PLATAFORMA DE PERFORACION
- 6.-QUEMADOR

CONCEPTO DE PLATAFORMAS MULTIPLES PARA LA EXPLOTACION DE UN CAMPO

hasta ser transportado. Hoy en día se ha desistido del antiguo procedimiento de quemar gas, por una parte debido a consideraciones de rentabilidad.

Antes de ser transportado, el gas natural es asimismo liberado de impurezas y secado; esto último a fin de eliminar corrosiones en las tuberías y equipos por la presencia de materias agresivas. Algún tiempo después de haberse iniciado la explotación, la presión natural en el yacimiento, que especialmente en los campos de gas natural puede alcanzar valores muy elevados, comienza a disminuir, y la producción baja. A fin de mantener la producción y aumentar la recuperación, es necesario prever los sistemas de producción artificial y recuperación secundaria que serán empleados en su oportunidad.

Cuando el transporte del petróleo no puede efectuarse a través de tuberías, es necesario crear en la zona del campo instalaciones de almacenamiento, ya sea en forma de estructuras separadas o bien integradas a la plataforma misma.

En el diseño de equipos para el manejo de la producción petrolera en instalaciones costa afuera, además de las investigaciones que normalmente se llevan a cabo para determinar el tamaño y los requerimientos de proceso y servicio, se requiere hacer una serie de investigaciones que particularmente aplican a este tipo de instalaciones.

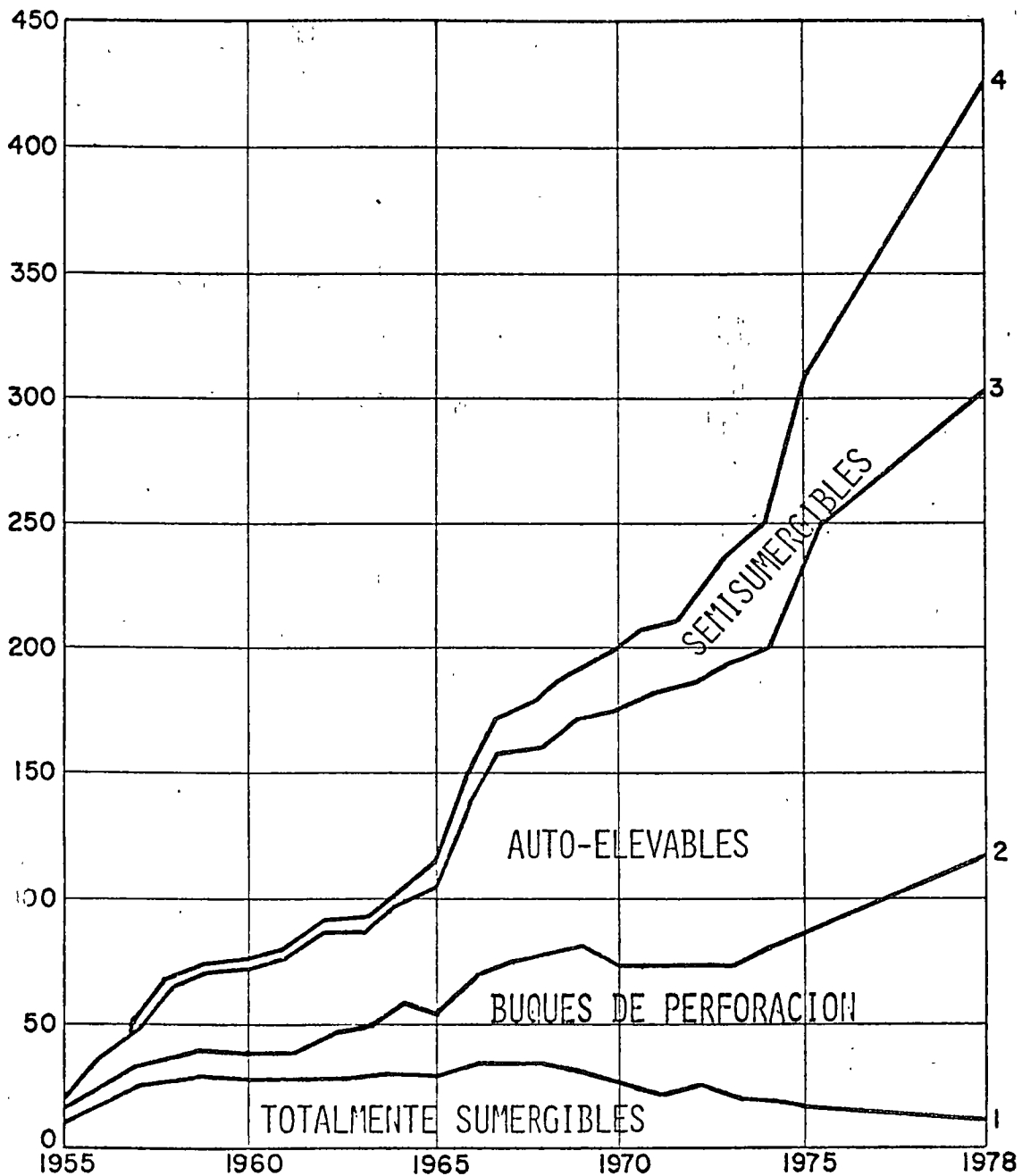
Primeramente, es necesario analizar los flujos de los pozos exploratorios de manera que se puedan preparar los datos necesarios para realizar los cálculos de balances de materia y energía. Una vez establecidos estos parámetros se procede en el siguiente orden:

- a) Investigaciones de tipo ambiental para determinar:
 1. Límites de descarga de ácido sulfídrico a la atmósfera.
 2. Emisiones de los quemadores tales como ácido sulfídrico, bióxido de azufre, ruido y radiación, con el fin de proteger al personal de operación.

- b) Es necesario determinar las presiones de separación óptimas para recuperación de crudo.

- c) Se hace necesario que se considere el comportamiento de pozos futuros, ya que es de esperarse que dentro de un mismo campo diferentes pozos resulten con mayor o menor presión, temperatura y composición. De no prever estas variaciones en el comportamiento de los diferentes pozos que alimentarán a la plataforma de producción, se podrían causar efectos inconvenientes al buen funcionamiento del equipo.

- d) En los casos en que se encuentren gases amargos, se hace necesario determinar los niveles de ácido sulfídrico y su efecto en las turbinas de gas que se utilicen para generación de potencia y propulsores de las bombas de crudo.



- 1 UNIDADES TOTALMENTE SUMERGIBLES (18)
- 1-2 BUQUES DE PERFORACION CON Y SIN PROPULSION PROPIA (86)
- 2-3 UNIDADES AUTO-ELEVABLES (226)
- 3-4 UNIDADES FLOTANTES (SEMISUMERGIBLES) (121)
- 4 TOTAL (451)

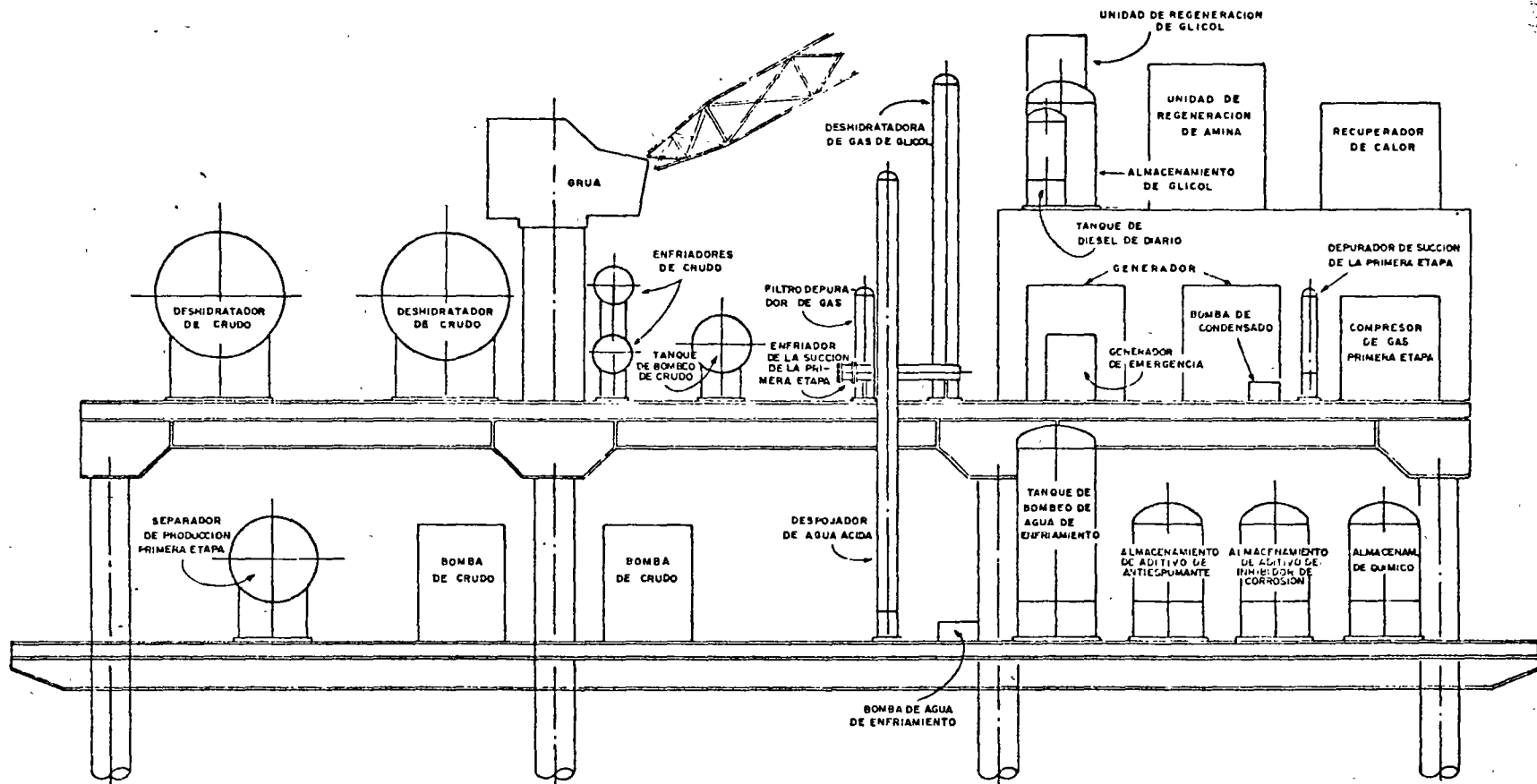
NUMERO DE INSTALACIONES MOVILES DE PERFORACION MARINAS, EXISTENTES EN EL MUNDO DESDE 1955 HASTA AGOSTO DE 1978.

FIG-6

- e) Los equipos de proceso y de servicio en este tipo de instalaciones se encuentran sujetos a una atmósfera corrosiva lo cual hace necesario que se tomen consideraciones para proteger a los mismos.
- f) Debido a las limitaciones de espacio en las estructuras marinas, se hace necesario mantener especificaciones rígidas en lo que respecta a la seguridad de operación, Por lo tanto, la clasificación de áreas peligrosas debe estar estrictamente definida durante la etapa de diseño así como también el establecimiento del criterio de protección contra incendios y evacuación del personal.
- g) Los equipos de desfogue, escapes de turbinas y motores, deberán permitir la dispersión de los gases emitidos de acuerdo a los requerimientos ambientales, seguridad de personal y protección de las instalaciones.
- h) El equipo de bombeo debe ser seleccionado de manera que permita una operación eficiente en un amplio rango de viscosidad y gastos, los cuales serán variables a medida que se vayan incorporando nuevos pozos a la producción, hasta alcanzar el máximo gasto para el cual se ha diseñado la plataforma. En la Figura 8 se muestra como ejemplo una elevación de una plataforma de producción en la que se pueden apreciar varios equipos.

1. PLATAFORMAS DE PERFORACION Y PRODUCCION

Las plataformas de perforación y producción actuales son descendientes



ELEVACION

FIG.-8

británica de la parte Sur del Mar del Norte a profundidades de alrededor de 50 metros. Al principio, comenzó a trabajarse con tipos modificados de las hasta entonces usuales plataformas de producción.

Como en su tiempo se hiciera en el Golfo de México, los pilotes de apoyo eran hincados en el suelo marino en el sitio mismo, para posteriormente ser unidos sobre el agua mediante piezas soldadas, montando con ayuda de grúas flotantes la superestructura encima de ellos. Sin embargo, la cimentación a base de pilotes era sumamente lenta y los tiempos perdidos por mal tiempo, apreciables.

A fin de poder aprovechar mejor los períodos relativamente cortos de buen tiempo, se procedió a construir la subestructura en un astillero en tierra, como se puede apreciar en la figura 9, para posteriormente cargarla sobre un chalán, en el cual se transporta hasta el sitio de la instalación y ser ahí botada al agua. Seguidamente era construída la cimentación a base del hincado de pilotes en la forma usual. La cada vez más perfeccionada técnica de prefabricación de partes de la superestructura en tierra, mismas que podían ser llevadas mediante lanchas al sitio de la instalación y ser ahí montadas sobre la estructura de acero, produjo un nuevo acortamiento de los tiempos de instalación. (La figura 10 esquematiza el proceso mencionado para la instalación de una plataforma de acero).

Al irse ampliando las actividades de perforación hacia el Norte,

de las torres de perforación de madera que hace ya más de 80 años fueran puestas en operación por primera vez en California.

En aquel entonces fue descubierto un yacimiento petrolífero que desde la costa se internaba en el mar.

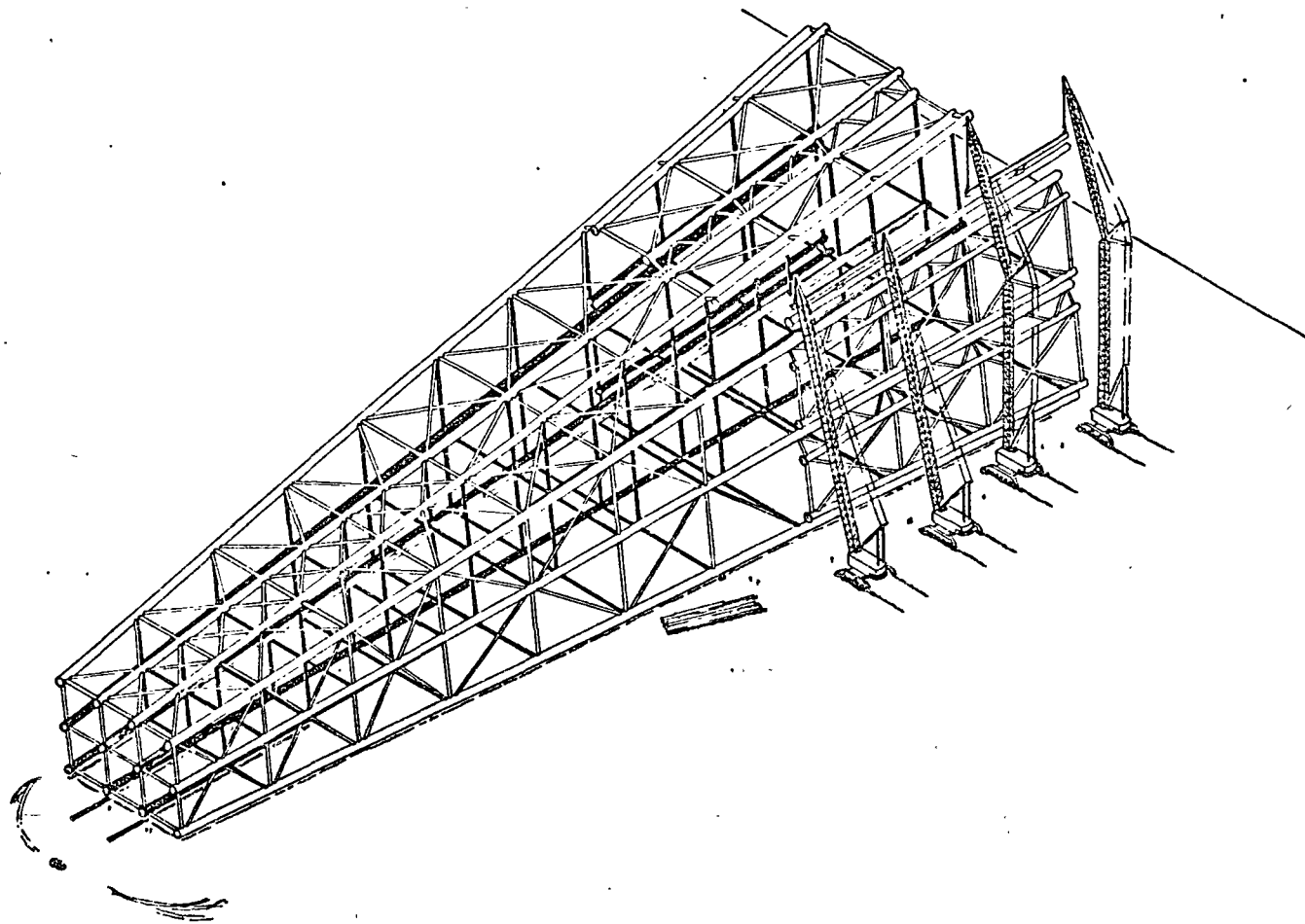
Las torres de perforación, que en los años 20 de nuestro siglo fueron utilizadas en las aguas poco profundas del lago de Maracaibo, se diferenciaban de las estructuras de madera originales únicamente por el material empleado (acero). El desarrollo técnico de las islas de producción en el sentido actual, principió apenas en los años 40, impulsado por la explotación de los yacimientos en el Golfo de México.

La primera plataforma de producción de esta nueva generación fue construída para operar a una profundidad de 6 metros.

Poco después le siguió una segunda con capacidad para operar a 15 metros de profundidad.

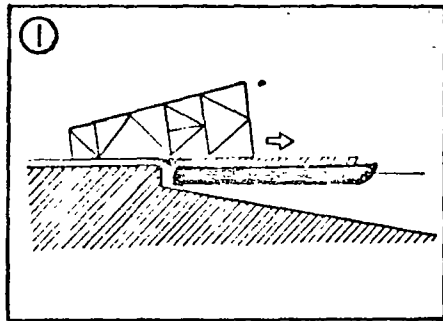
El progreso en las profundidades de operación siguió en forma ininterrumpida: en 1955 se construyó para operar a 30 metros, en 1959 para 60 metros, en 1965 para 87 metros y en 1968 para 116 metros de profundidad. Casi todas estas plataformas fueron hechas a base de estructuras de acero.

En los años 60 principió la producción de gas natural en la porción

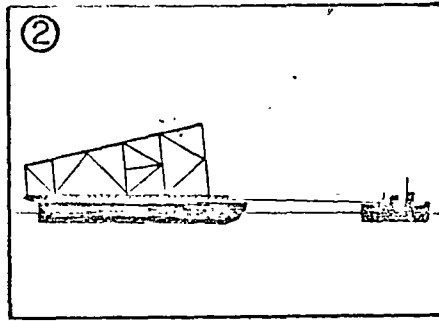


FABRICACION DE UNA SUBESTRUCTURA PARA
GRANDES TIRANTES DE AGUA

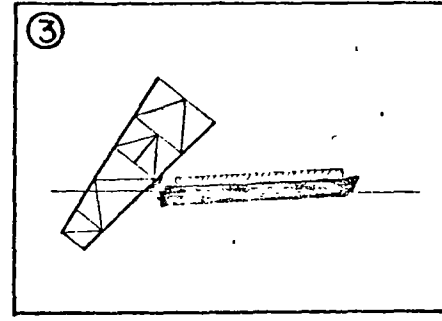
FIG.-9



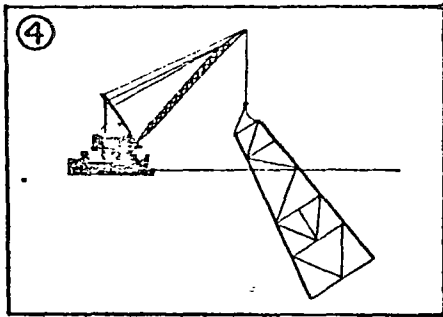
①
DESLIZAMIENTO Y CARGA
DE LA SUBESTRUCTURA
EN LA BARCAZA



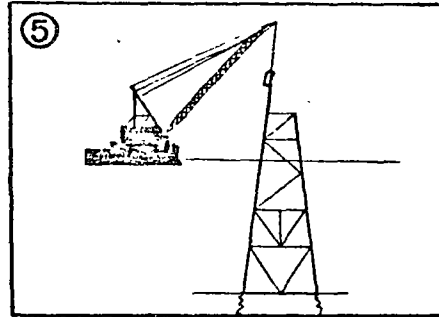
②
SUJECION Y TRANSPORTE
DE LA SUBESTRUCTURA
AL LUGAR DE LA
INSTALACION



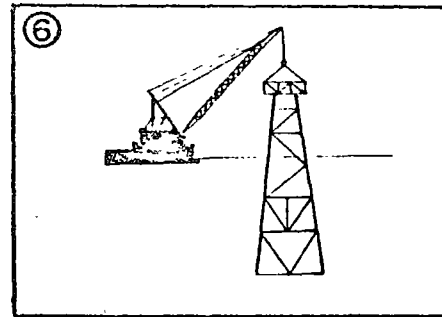
③
BOTADO DE LA
SUBESTRUCTURA



④
POSICIONAMIENTO Y
ORIENTACION DE LA
SUBESTRUCTURA



⑤
HINCADO DE PILOTES



⑥
INSTALACION DE
SUPERESTRUCTURA
Y PAQUETES

INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE ACERO

FIG.-10

en zonas con condiciones meteorológicas aún más adversas, así como con profundidades mayores, se hicieron pronto evidentes las limitaciones de este tipo de construcción por lo que respecta a su tamaño y estabilidad. Se tuvo así la necesidad de apartarse de las concepciones técnicas vigentes hasta entonces y de considerar el desarrollo de nuevos diseños.

En la actualidad, han cristalizado dos formas básicas para las superplataformas de la nueva generación de gigantes: la plataforma de acero con cimentación a base de pilotes, que se desarrolló a partir de las plataformas de perforación y producción convencionales; y la plataforma de gravedad hecha de concreto, de diseño auténticamente nuevo. Se encuentran aún en proyecto las construcciones denominadas "HIBRIDAS" o combinadas, esto es, plataformas que se componen tanto de elementos de acero como de concreto. Con la construcción de este tipo de plataformas se busca obtener una combinación de las ventajas de los dos tipos básicos antes mencionados.

La selección del tipo de construcción que deberá ser empleada, depende hoy por hoy, principalmente, de las características del fondo marino en el sitio. Cuanto menor sea la capacidad de carga del fondo marino y más accidentada su configuración, tanto más se recomienda la construcción a base de acero con cimentación de pilotes; en cambio, mientras más liso y sólido sea el fondo marino, es más recomendable la plataforma de gravedad de concreto. Para tirantes de agua de

hasta 100 metros, los costos para ambos tipos son, en el Mar del Norte, aproximadamente iguales. Para profundidades mayores de 100 metros, la plataforma de concreto presenta una ligera ventaja en precio.

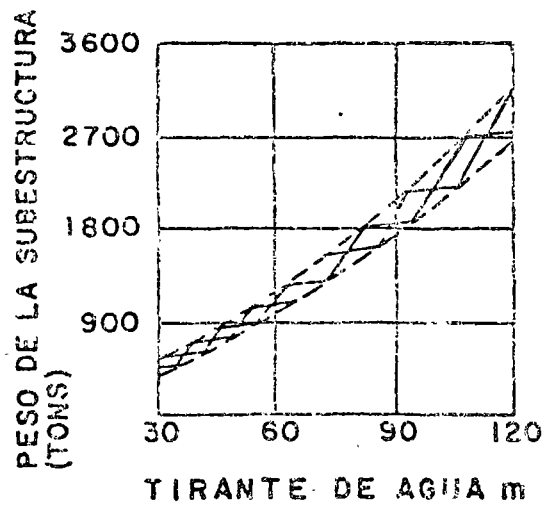
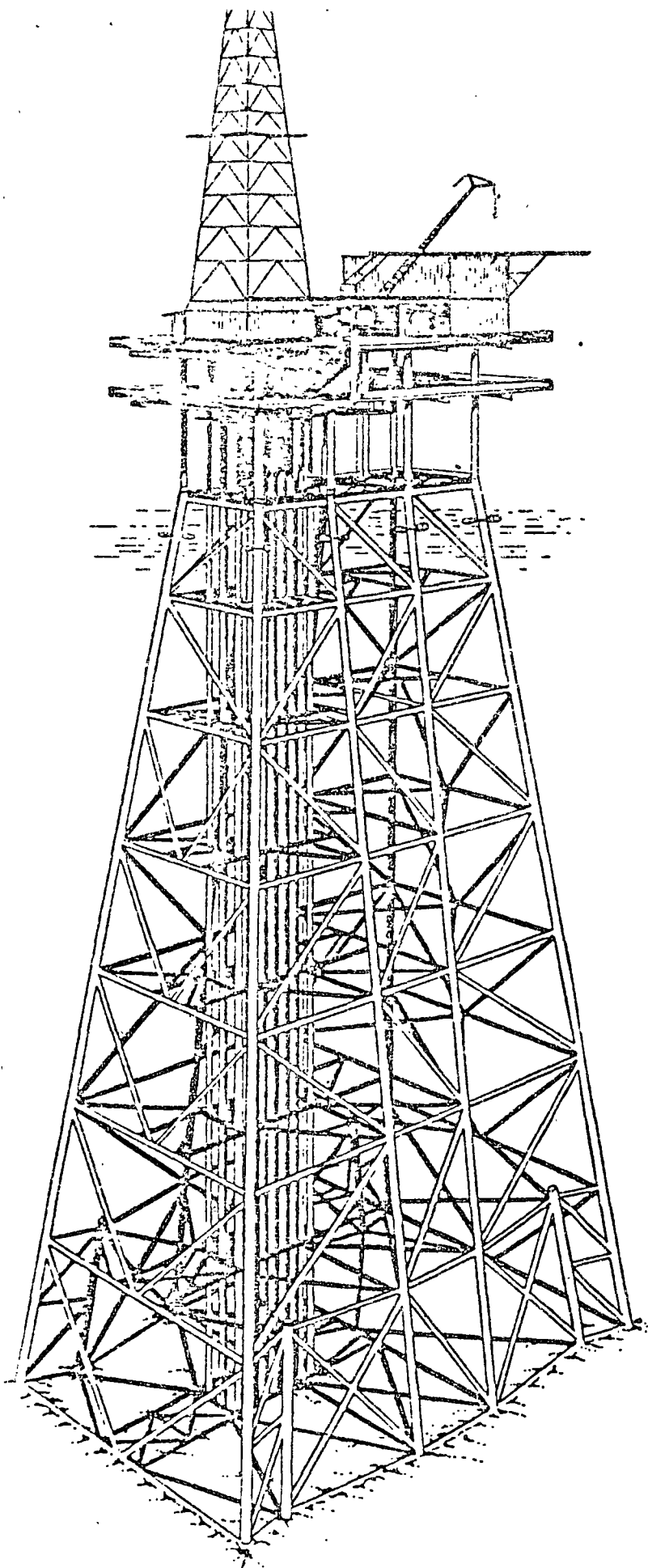
(Las figuras 11 y 12 muestran ejemplos de una plataforma de acero y una de gravedad de concreto respectivamente).

Para la sonda de Campeche se ha hecho un estudio comparativo de costos entre una plataforma de concreto y una de acero para una profundidad de agua de 40 a 50 metros, que mostró que el costo total, ya instalada, de la plataforma de concreto es considerablemente menor que el de la de acero.

Las ventajas de la de concreto serían, además:

- a) Pueden utilizarse para almacenamiento de crudo.
- b) Pueden construirse con materiales de fácil adquisición en México.
- c) No requieren mano de obra altamente calificada.
- d) Una vez terminada la función original de la plataforma, ésta puede reflotarse con relativa facilidad y llevarse a una nueva localización.
- e) Bajo mantenimiento.

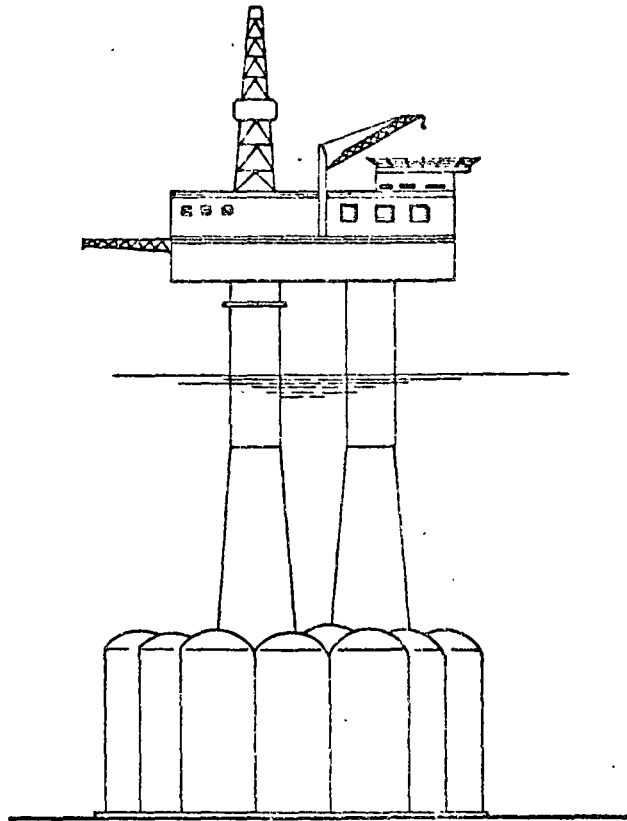
Las principales desventajas son que toma mayor tiempo de fabricación y que necesita un dique seco para iniciar la construcción.



RESUMEN DE DATOS DE LA PLATAFORMA

CONDUCTORES	12 a 24 de 26 pulgadas de diámetro
DIMENSIONES DE LA CUBIERTA	
PERFORACION	22m x 47m
PRODUCCION	22m x 50m
CONDICIONES DEL SITIO	
TIRANTE DE AGUA	120m
ALTURA DE OLAS	18m
VIENTO	266KPH
CARGA DE PERFORACION	3000 a 3500 TONS
TIEMPOS REQUERIDOS PARA DESARROLLO:	
INGENIERIA	4 meses
FABRICACION	9 meses
INSTALACION	1 mes
PESOS ESTIMADOS	
CUBIERTA	680 a 940 TONS
SUBESTRUCTURA	2750 a 3200 TONS
PILOTES	2200 a 2500 TONS
COSTO ESTIMADO EN MILLONES DE PESOS	
INGENIERIA	2 a 7
MATERIALES Y FABRICACION	180 a 220
INSTALACION	<u>35 a 50</u>
TOTAL	217 a 277

PLATAFORMA DE PRODUCCION Y PERFORACION TIPO API
CON UNA SOLA TORRE DE PERFORACION



TIRANTE DE AGUA 90 A 200 MTS.
AREA DE CUBIERTA 10,000 M.²
ALMACENAMIENTO DE CRUDO 2,500,000 BARRILES

PLATAFORMA DE PERFORACION Y PRODUCCION
DE CONCRETO

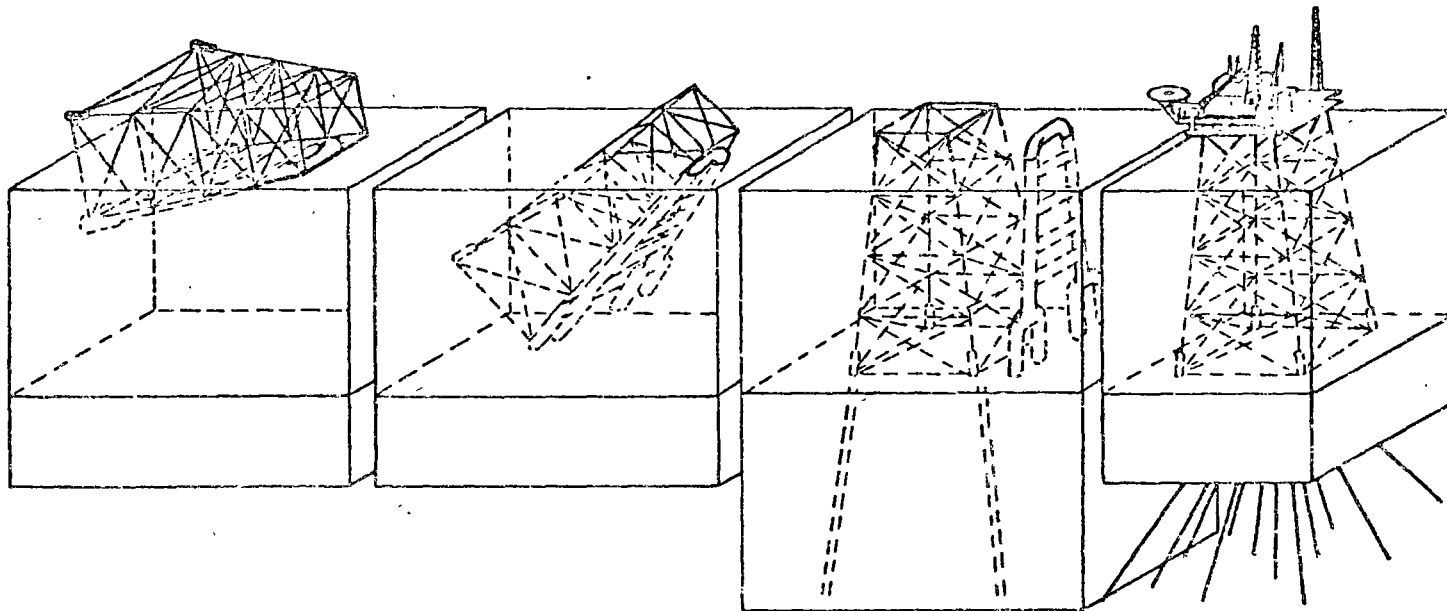
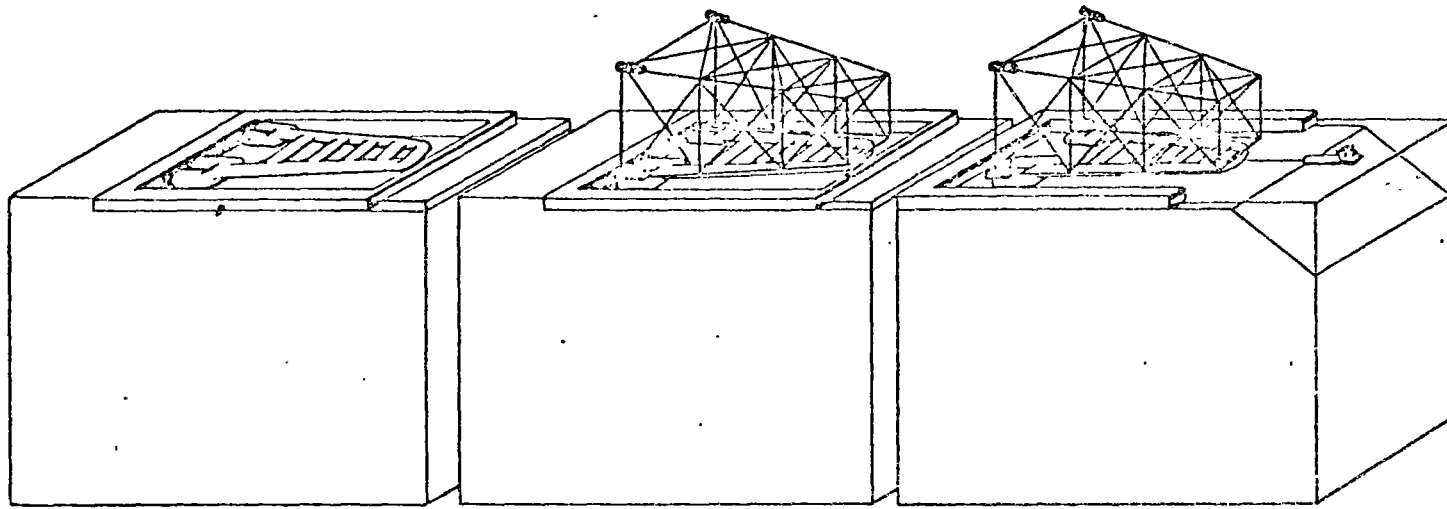
FIG.-12

1.1 La Superplataforma de acero

Encima de una estructura de acero o subestructura que es empotrada en el fondo marino mediante pilotes de tubo hincados, descansa la plataforma sobre la que se encuentran todas las instalaciones técnicas, así como los campamentos. En la figura 13 se muestran los procesos desde la fabricación hasta la instalación, los cuales se inician con la excavación de un dique seco en las cercanías de la costa, cuyas dimensiones corresponden a las de la subestructura. En este dique seco, se construye el flotador que habrá de transportar la estructura de acero hasta el sitio de operación. Una vez terminado el flotador se monta la subestructura encima de él.

Después de fijar los tanques adicionales de ascensión y de instalar el sistema a control remoto para inundación y lastrado, se inunda el dique seco, se abren las compuertas, y el flotador junto con la subestructura se remolcan hacia afuera del dique. Comienza el viaje al sitio de instalación. Para ello se requiere de 4 a 6 remolcadores.

En el sitio de instalación se inundan el flotador y los tanques de lastre que se encuentran en los tubos de las esquinas, hasta que la estructura de acero adopta la posición vertical y puede finalmente ser sumergida. Tanto durante esta maniobra como



FABRICACION, TRANSPORTE E INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE ACERO

durante el remolque, la subestructura está en peligro por la marejada. Grandes averías e incluso la ida a pique pueden presentarse en condiciones de borrasca, con lo que se producirá un daño total.

Una vez lograda la puesta en posición se introducen los pilotes tubulares en las patas de las esquinas de la subestructura. Estos caen hacia abajo y debido a su peso propio se introducen varios metros dentro del suelo marino. Posteriormente son hincados.

Inmediatamente después el flotador se separa de la subestructura y se regresa a la posición horizontal expulsando el agua de lastre y remolcándosele nuevamente al astillero para su posterior utilización.

La subestructura misma se asegura mediante el hincado de pilotes adicionales. En un caso se utilizaron 44 pilotes que fueron hincados hasta una profundidad de 90 metros dentro del lecho marino. Mediante este procedimiento de anclaje las plataformas de acero resultan adecuadas para casi todo tipo de subsuelo y son por lo tanto bastante independientes de las condiciones del mismo. De esta manera, aún durante la etapa de construcción, puede modificarse el sitio de erección de la plataforma. Dado que su construcción en forma de armadura presenta poca resistencia

a la acción del oleaje, las fuerzas que actúan sobre la plataforma (vientos, olas), son relativamente pequeñas. La elasticidad de la construcción representa una ventaja adicional, aún cuando por otra parte se originan problemas de oscilación difíciles de controlar. Las dificultades técnicas relacionadas con el hincado de los pilotes, ya que éstos son secciones tubulares hasta de 250 metros de longitud con un diámetro exterior de aproximadamente 1 metro que deben ser armados a base de piezas aisladas en el sitio de erección, han sido reducidas mediante el desarrollo de equipos adecuados. Así, por ejemplo, se cuenta actualmente con martinets de vapor con una fuerza de golpeo de 80 toneladas que pueden ser colocados directamente sobre el pilote. En presencia de arcillas y arenas compactas se utilizan equipos de barrenación para hacer una horadación preliminar introduciendo la tubería de barrenación a través del pilote. El piloteo es por lo tanto un proceso intenso de equipo y trabajo, que se extiende a lo largo de varias semanas, meses a veces, durante los cuales la estructura, que aún no ha alcanzado su estabilidad total, está expuesta a la acción de los elementos. Una vez terminados estos trabajos puede iniciarse el montaje de las cubiertas, torres de perforación, etc.

Las diferentes piezas por instalar, cuyo peso puede llegar a las 2,000 toneladas, deben ser transportadas por mar, izadas a la plataforma en el sitio de erección y posteriormente montadas.

Malas condiciones de tiempo pueden poner en peligro el montaje e incluso impedirlo. Si se deja pasar el buen tiempo, los trabajos pueden retrasarse hasta 6 meses sólomente por esta razón. A los peligrosos y relativamente largos procesos de montaje, debe oponerse sin embargo, el hecho de que la fabricación de las diferentes partes por montar puede ser distribuida entre un gran número de centros de producción, como por ejemplo astilleros. Esto reduce el tiempo total de construcción. Por otra parte, esto redundaría nuevamente en transportes marítimos y operaciones difíciles de montaje en alta mar. La corrosión de las estructuras de acero, especialmente en las zonas de marea, representa un grave problema y conduce a un aumento importante de los ya de por sí altos costos de mantenimiento.

1.2 La plataforma de gravedad de concreto

El enorme peso de estas estructuras es por sí solo suficiente para resistir el ataque de los elementos. Las fuerzas ascensionales producidas por su volumen son reducidas mediante lastrado.

La composición de una plataforma de gravedad de concreto armado tal como se construye y vende actualmente para operar a profundidades de alrededor de 150 metros es aproximadamente la siguiente:

Las plataformas de concreto, de acuerdo con el tipo elegido, se

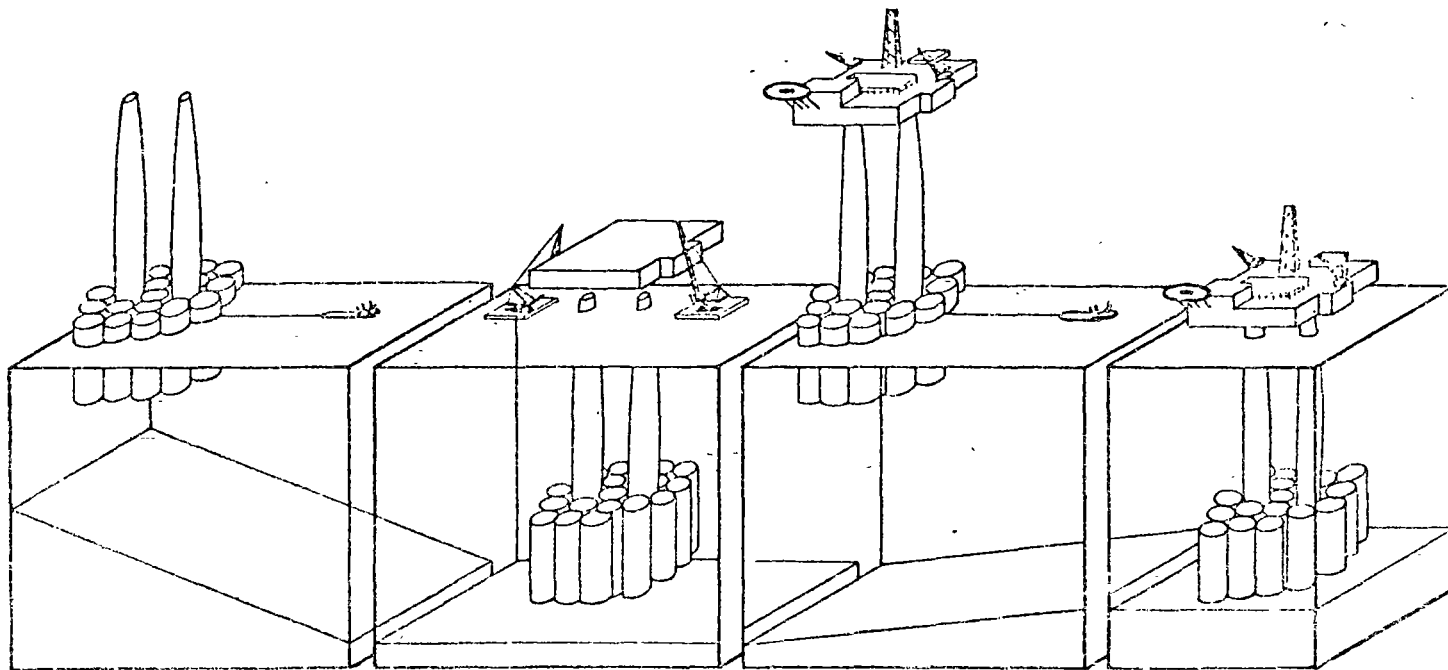
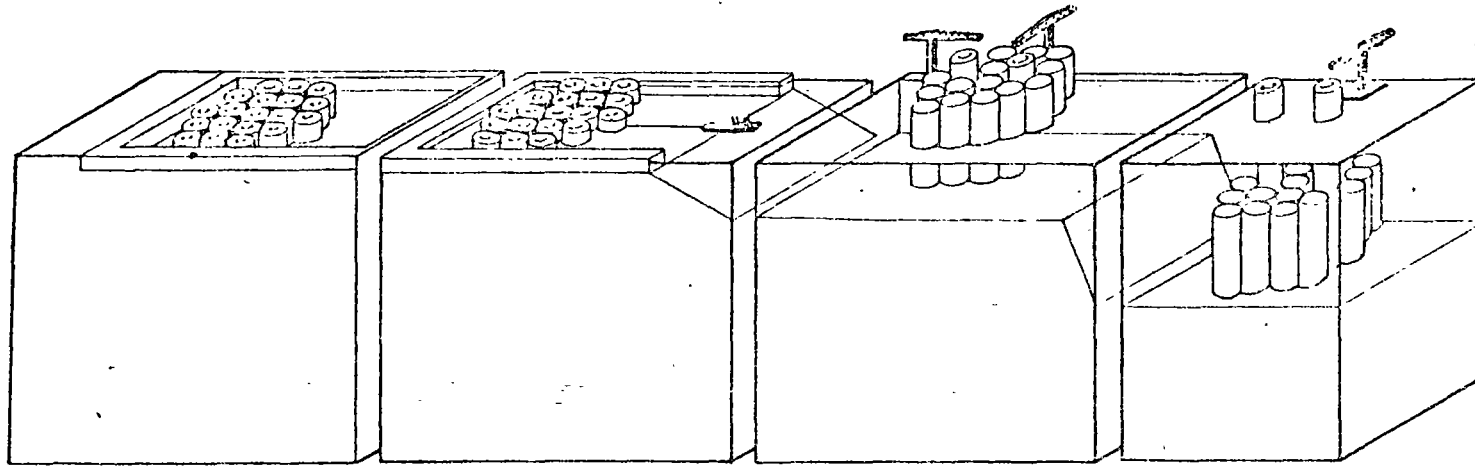
componen de entre 5 hasta 100 celdas cilíndricas o rectangulares (Esto se puede apreciar en la figura No. 14).

Con un área de apoyo que por lo general abarca unos $10,000 \text{ m}^2$, de forma circular o poligonal, la altura de la sección de fondo es de 40 a 60 metros. Sobre esta base se levantan, como prolongación de las celdas, de 2 a 4 torres cuya sección se reduce hacia la punta con alturas de 100 a 140 metros y sobre las cuales descansa la cubierta.

Las tuberías de ascensión se llevan ya sea a través de las torres, o por fuera a través de las diferentes celdas.

Las celdas restantes funcionan como tanques de lastre o almacenamiento. Una vez lograda la puesta en posición, las celdas deben ser lastradas constantemente con agua o petróleo, a fin de evitar el flotamiento. La presión hidrostática interior deberá mantenerse siempre por debajo de la presión exterior, a fin de que no pueda fugarse el petróleo. Una estructura de este tipo pesa aproximadamente 250,000 toneladas, de las cuales 20,000 toneladas representan únicamente el acero de refuerzo utilizado para armar el concreto o sea aproximadamente el mismo peso que tendría una subestructura de acero diseñada para operar a la misma profundidad.

Para ilustrar la fabricación, el transporte y la colocación de



FABRICACION, TRANSPORTE E INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE GRAVEDAD

una plataforma de gravedad de concreto, se utilizará como ejemplo una unidad de la línea de construcción CONDEEP, tal como se muestran en la figura 14, con peso total de 160,000 toneladas, altura aproximadamente 200 metros y la sección de fondo compuesta de 19 cilindros huecos con un diámetro de 25 metros cada uno, dispuestos en forma de hexágono.

Al igual de lo que ocurre en la construcción de una superplataforma de acero, los trabajos comienzan en un dique seco. Se empieza por colar el concreto de la sección inferior de las celdas. Una vez que las paredes han alcanzado la altura necesaria para poder flotar, se abren las compuertas. El dique se llena de agua, la sección de fondo se pone a flote y es remolcado a aguas más profundas.

Ahí continúa la construcción, 17 de los 19 cilindros son tapados en la parte superior, una vez que han alcanzado aproximadamente 45 metros de altura. Se forma así una batería de tanques de almacenamiento con una capacidad de aproximadamente $160,000 \text{ m}^3$. Los 2 cilindros restantes son prolongados hacia arriba. Estos representan los apoyos para la cubierta de trabajo. Durante el desarrollo de los trabajos, la batería de recipientes se sumerge paulatinamente mediante la introducción de agua y arena de lastre, a fin de evitar el tener que trabajar a una altura demasiado grande sobre la superficie del agua. Una vez que las últimas

celdas, que posteriormente habrán de soportar la cubierta de trabajo, han alcanzado la altura prevista, el grupo de fondo se deslastra parcialmente.

La estructura vuelve a flotar y es remolcada nuevamente hacia zonas más profundas. Ahí vuelve a sumergirse la batería de recipientes, llenando las diferentes celdas con agua hasta una profundidad tal en que sea posible colocar la cubierta de trabajo.

Una vez terminadas estas operaciones se vacía parcialmente la batería de recipientes, de tal forma que sólo emerja sobre el agua la parte superior de la misma.

Entonces toda la unidad se remolca hasta el sitio en donde se la colocará definitivamente. Ahí vuelven a llenarse los recipientes con agua a fin de que la plataforma quede apoyada en el suelo marino.

El suelo en dicha zona deberá ser absolutamente liso y no presentar ninguna depresión o prominencia, ya que de otra manera podrían desarrollarse sobrecargas y esfuerzos locales en la sección de fondo de la plataforma, que a su vez podrían producir fisuramientos.

La escasez de sitios para la construcción de plataformas de gravedad a base de concreto, que se encuentren en lugares protegidos y que además tengan la profundidad necesaria para la

construcción, representa una grave desventaja. Este es el caso en la región costera del Mar del Norte. Precisamente cuando se trata de plataformas de gravedad, la importancia de un corto trayecto entre el sitio de construcción y el de instalación es decisiva, ya que el remolque, que de por sí representa una operación náutica de primer rango, se efectúa a muy baja velocidad, aproximadamente 1 km/h., y el peligro de que se vea sorprendido por mal tiempo es sumamente grande.

1.3 Plataformas Híbridas o combinadas

Se entiende por plataformas híbridas o combinadas aquéllas que presentan características tanto de las plataformas de acero como de las de concreto. La razón de estas formas combinadas es reunir las ventajas de ambos tipos básicos de construcción.

Para la sección de fondo generalmente se prefiere la construcción a base de concreto, mientras que para la torre se prefiere la construcción, más ligera, a base de estructuras de acero, con lo que se obtiene una posición más baja del centro de gravedad, así como una menor oposición al oleaje. Otras ventajas adicionales del procedimiento constructivo combinado son: la sección de fondo o base, las torres y las cubiertas pueden ser construidos en sitios diferentes.

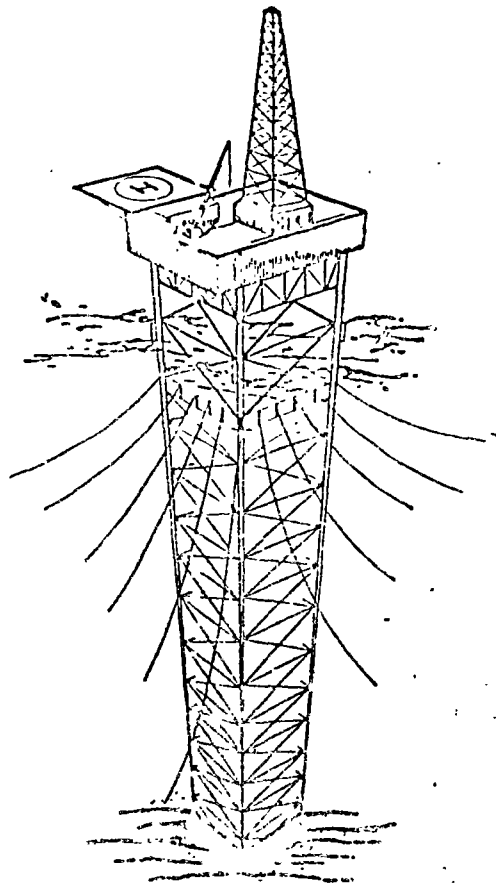
De esta manera es posible aprovechar óptimamente la capacidad

disponible de las áreas de fabricación. El armado de las partes puede efectuarse ya sea antes del transporte, o en el sitio mismo de operación. Las diversas posibilidades de combinación de este sistema, permiten diseñar la estructura de acuerdo con los requerimientos propios del sitio en que habrá de operar. Con ello puede obtenerse una estandarización de los diversos elementos constructivos y al mismo tiempo una reducción de costos. Sin embargo, tanto por su diseño como por su construcción, los puntos de unión entre los diferentes elementos resultan problemáticos. Es por ello que se prefiere aguardar a las experiencias que se obtengan con las plataformas monolíticas de gravedad.

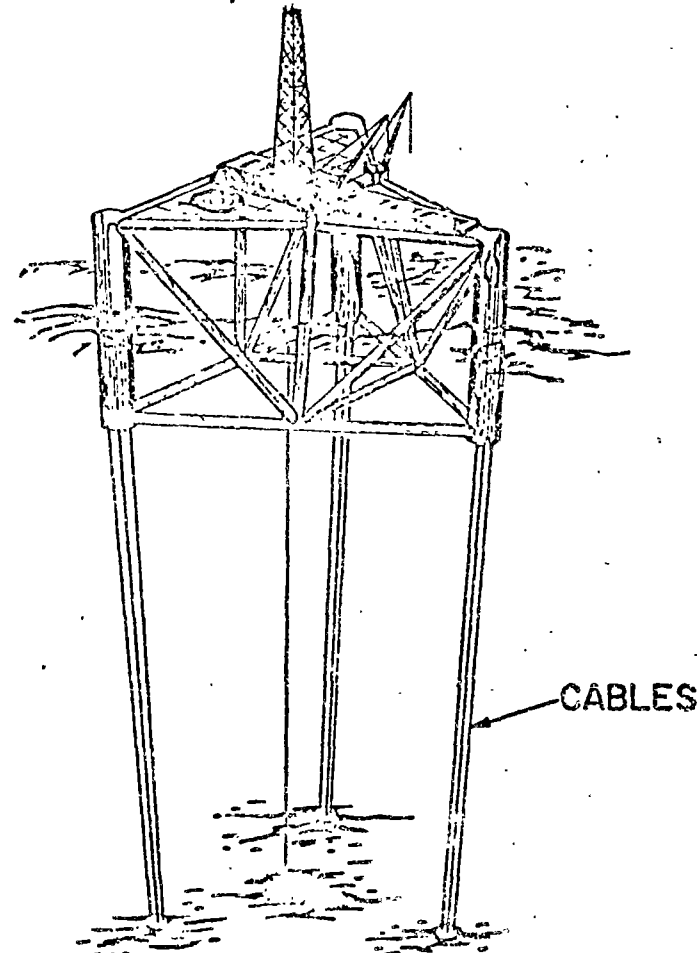
2. Desarrollo futuro

El que las técnicas de producción practicadas hasta la fecha sigan manteniéndose en el futuro, depende de diversos factores. Por una parte debe impedirse enérgicamente el que los océanos se contaminen por fugas de petróleo. Por otra parte las plataformas de producción actualmente en uso, solamente pueden construirse para operar a profundidades de hasta 300 metros de agua y, sin embargo, existen yacimientos a profundidades aún mayores. Es por esto, que ya se viene trabajando en el desarrollo de sistemas de producción fundamentalmente nuevos. En la figura 15 se conciben 2 alternativas que podrían ser soluciones futuras para aguas profundas. Así por ejemplo, ya se planea un sistema de producción que operará a profundidades de hasta

ALTERNATIVAS FUTURAS PARA EXPLOTACION
EN AGUAS PROFUNDAS



TORRE CON TENSIONADORES
ANCLADOS



PLATAFORMA CON COLUMNAS
A TENSION

900 metros con las cabezas de pozo en el fondo del mar.

Se encuentran en etapa de planeación otros sistemas submarinos de producción, tanto tripulados como teledirigidos. También es de esperarse que en el futuro próximo se comenzará con la construcción de puertos y plantas de procesamiento en alta mar.

EL TRANSPORTE

El transporte del crudo o del gas natural obtenidos costa afuera se efectúa de dos formas:

- * Por Buquetanques
- * Por Tuberías.

El embarque del petróleo en alta mar aún no es una solución satisfactoria, dado que la operación de carga debe ser suspendida cuando las condiciones del tiempo son desfavorables. Por el contrario, el transporte del petróleo a través de tuberías permite una operación continua, independientemente de las condiciones del tiempo. La elección del método más adecuado depende en primer lugar de la capacidad del yacimiento, la distancia entre éste y la tierra firme y de la topografía del fondo marino.

El transporte de gas natural puede hacerse ya sea mediante buquetanques para gas licuado, o bien, a través de tuberías.

La construcción de un ducto submarino requiere de una inversión apreciable de capital. El precio de un ducto submarino es generalmente mayor que el de un ducto en tierra.

En condiciones normales, mientras que la capacidad de transporte de una tubería de crudo de aproximadamente 1 metro de diámetro interior es de 160,000 m³ por día, la de un ducto de gas del mismo diámetro es de aproximadamente 62 millones de metros cúbicos. Estos valores presuponen desde luego, que para grandes distancias, la caída de presión en la línea debe

ser compensada por bombas o compresores que se encuentran instalados en plataformas intermedias. Estas plataformas intermedias están construidas de igual manera que las plataformas de producción y se diferencian exteriormente de éstas en el tamaño.

Se encuentran colocadas a lo largo del trazo del ducto a intervalos de unos 100 Km. comunicándose con el ducto mediante una tubería de ascensión.

1. EL TRANSPORTE MEDIANTE BUQUETANQUES

Los buquetanques son especialmente ventajosos cuando se requiere iniciar la producción a la mayor brevedad. Por razones obvias el barco tanque no puede atracar directamente en la plataforma de producción. Se requiere por lo tanto una instalación de trasbordo como elemento intermedio, que establezca la conexión entre el tanque intermedio de almacenamiento y la plataforma de producción o la cabeza del pozo. Hoy en día, la forma más usual de estos elementos intermedios son grandes boyas llamadas "Single Bouy Mooring Points" o sea "Boya Individual o Monoboyas" o en forma abreviada SBM.

En la Figura 16 se puede apreciar un barco tanque cargando a partir de una monoboya tipo SBM, el buquetanque, amarrado únicamente con el cable de proa, puede girar libremente de acuerdo a la dirección del viento y la corriente alrededor de la boya, mientras es alimentado por una manguera flotante montada sobre una mesa giratoria. Hace ya bastante tiempo que se viene operando este tipo de boyas como equipo de carga y descarga para buquetanques desde almacenamientos en tierra.

CARGA DESDE UNA MONOBOYA
TIPO CATENARIA

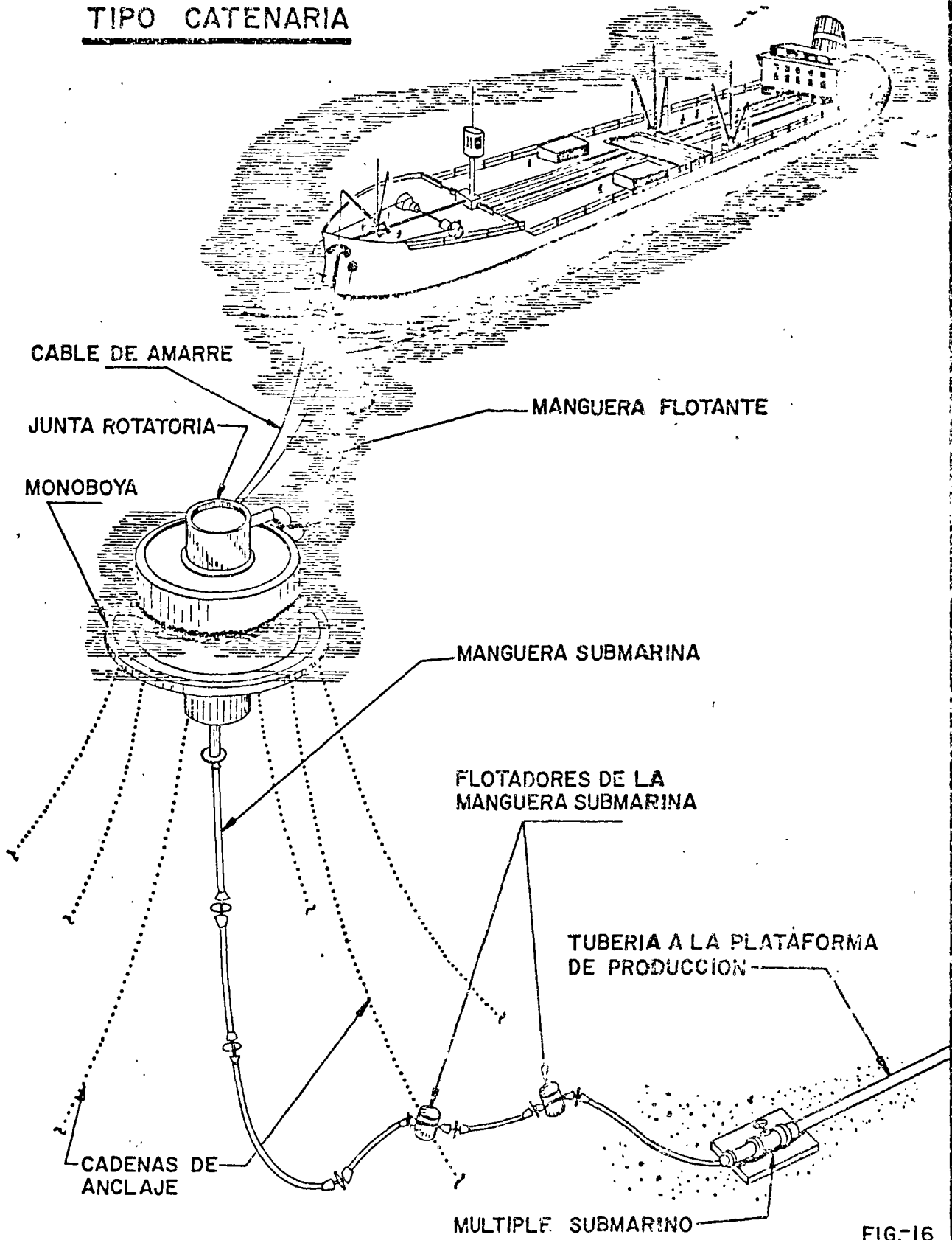


FIG-16

En general, la ventaja de la combinación de boya de carga y buque-tanque consiste, en que para grandes distancias resultan apreciablemente más baratos que un sistema de ductos a tierra y que una vez agotado el yacimiento en cuestión, la monoboya y el tanque pueden ser utilizados en otro sitio. Sin embargo, las boyas representan un obstáculo para la navegación. Actualmente los tipos de boya para aguas profundas han variado de la forma original de doble cono a un cilindro alargado que flota verticalmente en el agua y del cual solamente asoma una sexta parte por encima de la superficie. La porción inferior es utilizada para recibir el lastre, así como también en calidad de tanque intermedio de almacenamiento para el petróleo. Debido a su forma alargada y a la profunda inmersión en el agua, este tipo de construcción presenta buena estabilidad, incluso con fuerte marejada. Su movimiento con el oleaje se reduce a un movimiento hacia arriba y abajo, relativamente pequeño.

Una solución alterna consiste en amarrar el barco a una estructura de acero apoyada en el lecho del mar, con una plataforma giratoria apoyada sobre ella. Sin embargo, esta solución únicamente es viable para pequeñas a medianas profundidades, ya que de otra manera su construcción resultaría muy costosa.

Se ha dado un paso adelante con las llamadas estructuras articuladas. En este caso se trata de una construcción cilíndrica fijada al lecho del mar mediante una articulación de tipo cardán, que, análogamente al SBM, se utiliza como instalación de embarque. Su posición en el agua

es vertical y dado su anclaje móvil, está en condiciones de amortiguar los golpes del viento y del oleaje. Ver Figura 17 .

2. EL TRANSPORTE POR TUBERIAS.

Tanto por razones económicas como de protección ambiental el primer requisito que debe llenar un ducto submarino es el de una operación absolutamente segura. Debe ser diseñado de tal manera, que sea capaz de resistir los esfuerzos a que se somete durante el tendido, así como las fuertes condiciones de carga producidas por flexiones, expansión longitudinal y desplazamientos horizontales. Sobre la tubería tendida, actúan las corrientes marinas en el fondo, las variaciones de temperatura y el arrastre de sedimentos.

Aparte de esto la tubería sometida a esfuerzo por la diferencia de presiones interiores y exteriores, así como por el sobrepeso que eventualmente pudiera actuar sobre ella al quedar sepultada por una masa de suelo marino. La presión interior puede aumentar apreciablemente debido a pulsaciones del gasto, o bien por golpes de ariete como los que se producen al cerrar rápidamente las válvulas, y llevar la tubería hasta el límite de su capacidad y resistencia.

2.1. DETERMINACION DEL TRAZO.

A fin de determinar el trazo más adecuado para el tendido de una tubería, es necesario efectuar minuciosas investigaciones oceanográficas, hidrográficas e hidrodinámicas. Estas investigaciones incluyen la obtención de perfiles del terreno; la determinación

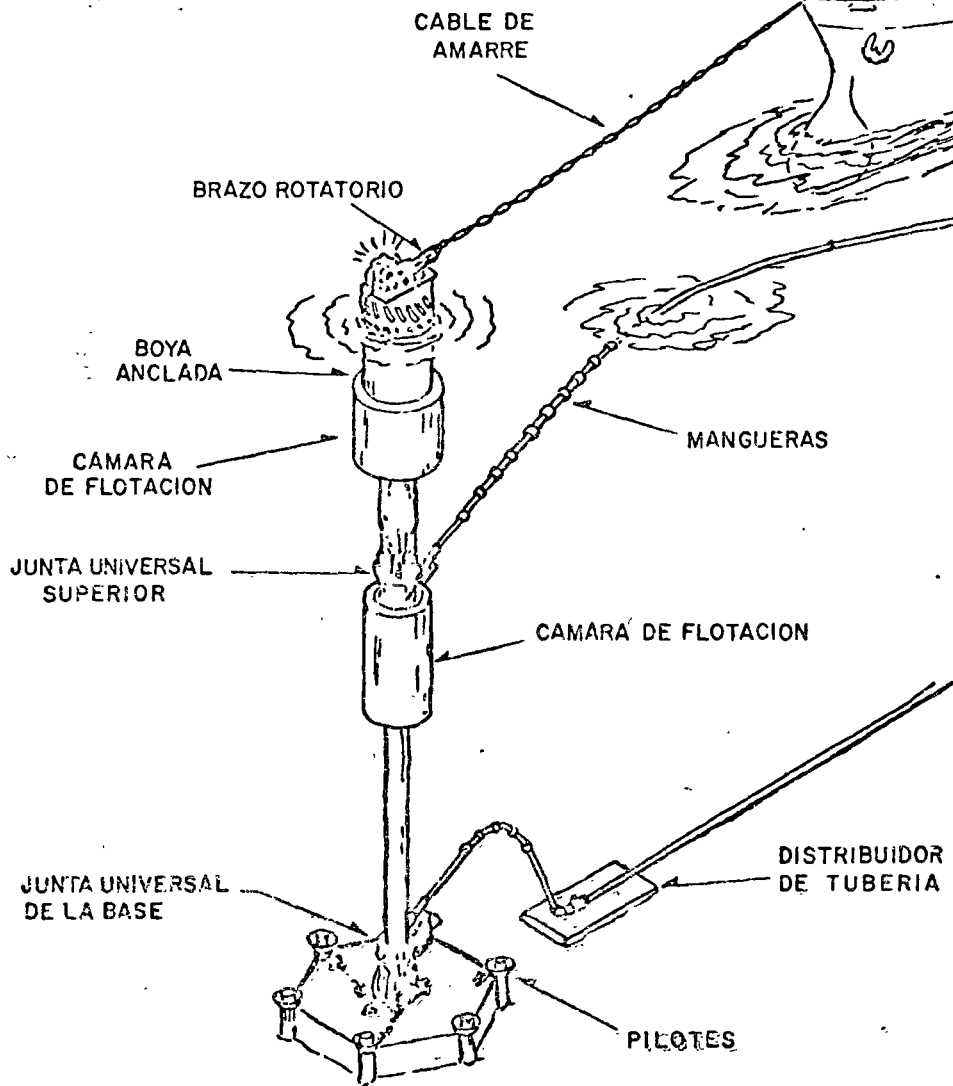


FIG-17

de los estratos del subsuelo mediante la obtención de muestras, la investigación de corrientes y distribución de temperaturas, así como la comprobación de posibles alteraciones en el suelo marino.

Se estudia además si mediante el tendido de la tubería en zanjas o mediante el anclaje de la misma en el suelo marino, es posible eliminar los efectos del exterior sobre la misma. Existen además limitaciones en cuanto a la pendiente de la tubería en los tramos ascendentes a lo largo del trazo, ya que no deben rebasarse los esfuerzos de tracción permisibles en la tubería. La conformación del suelo marino puede requerir una preparación del trazo antes de iniciarse el tendido de la tubería, rellenando zanjas, eliminando elevaciones, mediante trabajos de dragado, o bien, dinamitando zonas rocosas.

2.2. TUBERIAS.

Se emplean tubos de acero con costura. Es de especial importancia la calidad del acero, debido a los diámetros relativamente grandes y a la alta presión de trabajo. El control comienza desde la fábrica con el análisis de las diferentes fundiciones y pruebas metalúrgicas. Las tuberías son dimensionadas con gran precisión no permitiéndose una excentricidad mayor al 1% y a continuación son sometidas a pruebas de material no destructivas. El revestimiento del tubo se lleva a cabo en tierra. El aislamiento anticorrosivo exterior consiste de una masa bituminosa de espesor

relativamente pequeño de aproximadamente 1 a 2 cm., que puede ser reforzado mediante vendajes. Los extremos de los tubos se dejan libres en una longitud de aproximadamente 30 cm. a fin de dejar espacio suficiente para efectuar el trabajo de soldadura en las uniones. Los tubos entonces se recubren con concreto, al que se le añaden fuertes cantidades de granito o mineral de hierro. Este recubrimiento tiene por objeto primordial prestar a la tubería el peso necesario para sumergirla evitando que ésta flote. Además, el recubrimiento sirve para proteger al aislamiento bituminoso contra las lastimaduras ocasionadas por choques o golpes. Los daños en el revestimiento de la tubería tendida, solamente resultan graves cuando el aislamiento bituminoso se ve asimismo afectado. En caso de que el aislamiento exterior se viera dañado, ánodos de sacrificio colocados a intervalos regulares evitan al principio que el metal de la tubería sea atacado por la corrosión. La corrosión interior puede evitarse mediante una protección catódica activa y un revestimiento a base de material sintético. Por otra parte la experiencia ha demostrado que interiormente los oleoductos tienen una reducida tendencia a la corrosión, a menos que transporte petróleos extremadamente ricos en azufre y con contenido de agua.

En cuanto a los gasoductos, es en general suficiente proceder al secado del gas en la plataforma de producción, para evitar así la formación de condensados corrosivos dentro del tubo.

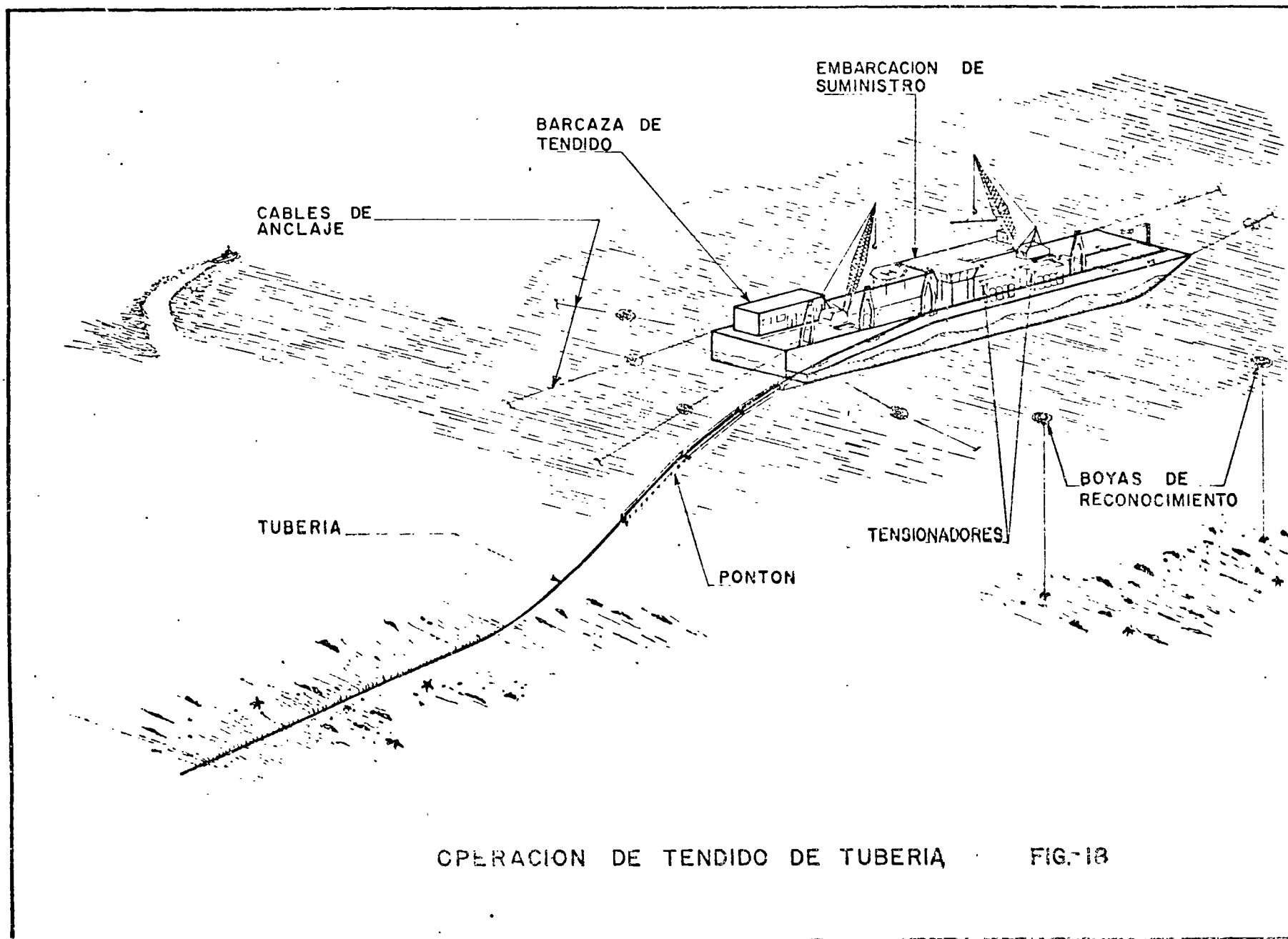
2.3. TECNICA DEL TENDIDO DE TUBERIA

Para el caso de tuberías en las cercanías de la costa o en lagos, los tubos se sueldan en tierra y posteriormente, con la ayuda de malacates y poleas, son sumergidos en el agua a través de un plano inclinado. Dependiendo de la topografía del trazo, la tubería podrá tenderse directamente sobre el terreno o bien flotarse, y a continuación sumergirse mediante lastre en la zanja preparada.

Para la colocación de la tubería en el mar se hace uso de las unidades de tendido. Estas pueden ser chalanes con rampa de descenso colocada al costado, o barcos de tendido con rampas laterales o centrales, o unidades semisumergidas.

La Figura 18 muestra una barcaza con rampa lateral y equipo para tendido de tuberías.

Un barco para tendido es una especie de fábrica flotante para la producción de tramos de tubería. A bordo de él se encuentran todas las instalaciones necesarias para soldar, probar, aislar y colocar la tubería. A fin de poder efectuar trabajos eventuales de reparación, se dispone de una grúa con una capacidad de varios cientos de toneladas, así como campanas de inmersión y cámaras de descompresión para buzos. El número de tripulantes es de 200 a 250 hombres. A bordo del barco de tendido se trabaja día y noche,



siempre que el tiempo lo permita. El proceso del tendido se lleva a cabo en forma similar al de una línea de producción continua. Los tubos, de unos 12 metros de largo, se colocan en fila, alineados mediante piezas interiores y soldados unos con otros en varias etapas. Una vez terminada la soldadura perimetral, ésta se revisa al 100% mediante Rayos X. A continuación se protege la zona de unión y se recubre con concreto u otros materiales apropiados. La tubería entonces se desliza al agua sobre los rodillos de la rampa de tendido y el espolón.

El tendido se efectúa en forma rítmica. Si no se presentan complicaciones pueden tenderse hasta 1.5 km. diarios. Una flota de 6 a 8 barcos alimentadores o transportadores especiales de tuberías, se encuentra continuamente en operación para suministrar las cantidades necesarias de tubo.

En el método originalmente empleado para el tendido de tuberías y que sólo podía ser aplicado en profundidades máximas de 60 mts., consistía en que la tubería, una vez abandonada la rampa de tendido, era soportada por un espolón rígido hasta ser depositada en el fondo del mar. De esta manera se evitaban flexiones no permisibles de la tubería. Para el tendido a profundidades mayores, se hace uso de procedimientos apreciablemente mejorados: el espolón se encuentra dividido en partes que pueden moverse una con respecto a la otra.

Los tubos son automáticamente soldados a bordo de la barcaza y son tendidos a un ritmo constante. De la misma manera que la curvatura o catenaria de un cable o cadena colgante puede reducirse mediante un aumento en la fuerza axial de tracción, la deflexión excesiva del tubo colgante es impedida mediante un aparato especial, que a bordo de la barcaza mantiene en tensión a la tubería aplicando una fuerza tractiva en su extremo. La longitud y curvatura del espolón, así como el esfuerzo de tracción necesario durante el tendido, quedan determinados por las dimensiones y las características del material de la tubería.

2.4. PROBLEMAS EN EL TENDIDO DE LAS TUBERIAS.

El mayor problema en el tendido de tuberías a grandes profundidades es el de las abolladuras. Durante su colocación, el tubo está sujeto a una presión interior muy reducida, aproximadamente igual a la presión atmosférica al nivel del mar; existe por lo tanto una enorme diferencia de presiones entre el interior del tubo y el agua que lo rodea, es decir, la presión hidrostática a la profundidad correspondiente. La capacidad del tubo para resistir esta diferencia de presión será tanto menor cuanto más se aparte su sección de la forma circular. Dicha excentricidad puede producirse durante la fabricación, el transporte o durante el tendido a causa de un esfuerzo excesivo de flexión. Una vez que ocurre una abolladura, ésta puede propagarse a lo largo del tubo, aún cuando la presión exterior sea mucho menor que la necesaria para originar la abolladura inicial. Si la tubería es

sometida a esfuerzos excesivos de flexión, generalmente se producirá una abolladura en la zona de compresión. Por lo tanto, la tubería se encuentra sujeta a los máximos esfuerzos de presión exterior y flexión cerca del punto donde ésta toca el fondo. Desde la barcaza de tendido resulta muy difícil observar este punto.

Teniendo en cuenta que por una abolladura pueden presentarse daños muy grandes y de costosa reparación, deben tomarse medidas para evitar que esto ocurra o, por lo menos, que ocurra en forma limitada. Esto puede lograrse aumentando el espesor de las paredes del tubo o, si esto no es viable por razones técnicas o económicas, intercalando a intervalos regulares tramos de tubería con mayores espesores de pared, o bien reforzando la tubería. La propagación de una abolladura queda así detenida en estos sitios. Adicionalmente se hace pasar por el interior del tubo una sonda calibradora, cuyo diámetro es el 98% del diámetro interior de la tubería. La sonda queda unida a la barcaza de tendido mediante un cable. Una vez que la tubería ha tocado el lecho, se tira de la sonda desde el barco a fin de comprobar si se han presentado deformaciones. Si la sonda queda detenida en algún sitio, la tubería se recupera y se cambia el tramo dañado.

Si durante la colocación de la tubería las condiciones del oleaje empeoran de tal manera que no sea posible continuar con el tendido, el tubo tendrá que bajarse al fondo del mar siguiendo un procedimiento

especial mostrado en la Fig. 19 .

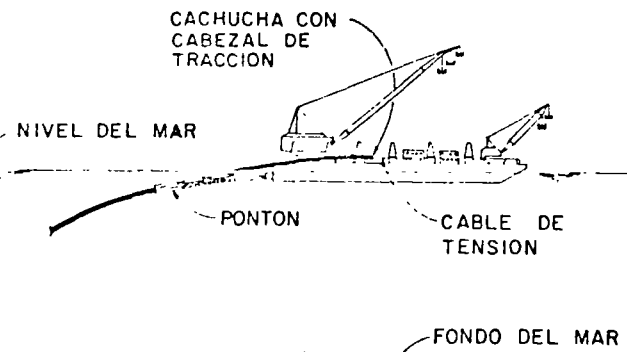
Durante esta operación existe el grave peligro de que la tubería se golpee contra el espolón, resultando daños tanto en éste como en aquélla.

2.5. ENTERRADO DE LA TUBERIA.

En muchos casos se hace necesario enterrar la tubería en el lecho marino. Esta operación implica grandes costos adicionales, que pueden llegar a ser hasta del 25% del costo del tendido. Cuanto más profundamente sea enterrado el tubo en el fondo marino, tanto más protegido quedará. Las siguientes consideraciones sirven para determinar la profundidad a que deberá ser enterrada la tubería:

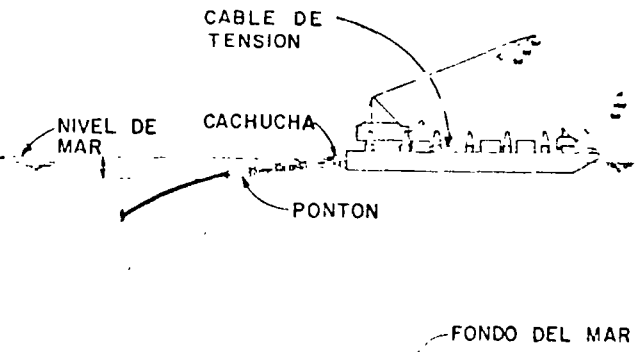
- * Es necesario evitar que la tubería sea dañada por anclas o utensilios de las redes de fondo de los pescadores.
- * Debe evitarse la erosión de la capa superior del suelo causada por mareas o corrientes, que pudieran deslavar el lecho de la tubería y por consiguiente producir una rotura.
- * Deben tenerse en cuenta posibles proyectos para el dragado de canales de navegación en la zona de la localización de la tubería.
- * Deben tenerse en cuenta riesgos especiales en zonas de rompientes, bajos y regiones pantanosas en las que el lecho sufre modificaciones superficiales. En aguas costeras de hasta 30 metros de profundidad, el enterramiento de la tubería es de 4 metros para suelos arenosos o granulares y de dos metros para arcillas compactas. Para

1



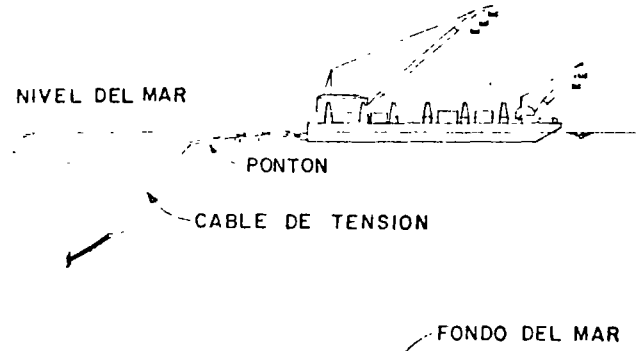
SE COLOCA EL CABEZAL AL EXTREMO DEL TUBO SE LE APLICA LA MISMA TENSION QUE AL TUBO

2



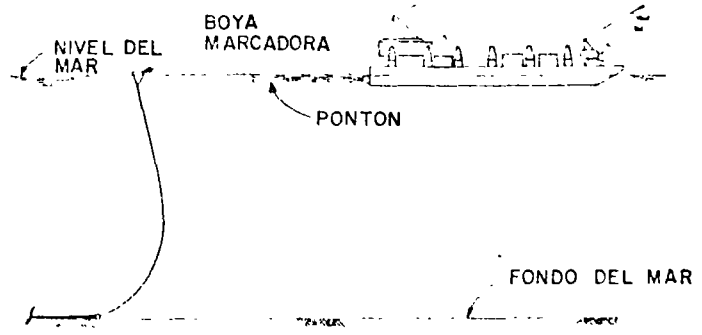
MANTENIENDO LA TENSION EN EL CABLE, LA BARCAZA AVANZA HACIA ADELANTE

3



LA BARCAZA SIGUE AVANZANDO HACIA ADELANTE

4



UNA VEZ QUE EL EXTREMO DEL TUBO HA TOCADO EL FONDO SE COLOCA UNA BOYA MARCADORA EN EL EXTREMO DEL CABLE

PROCEDIMIENTO PARA ABANDONO DE TUBERIA

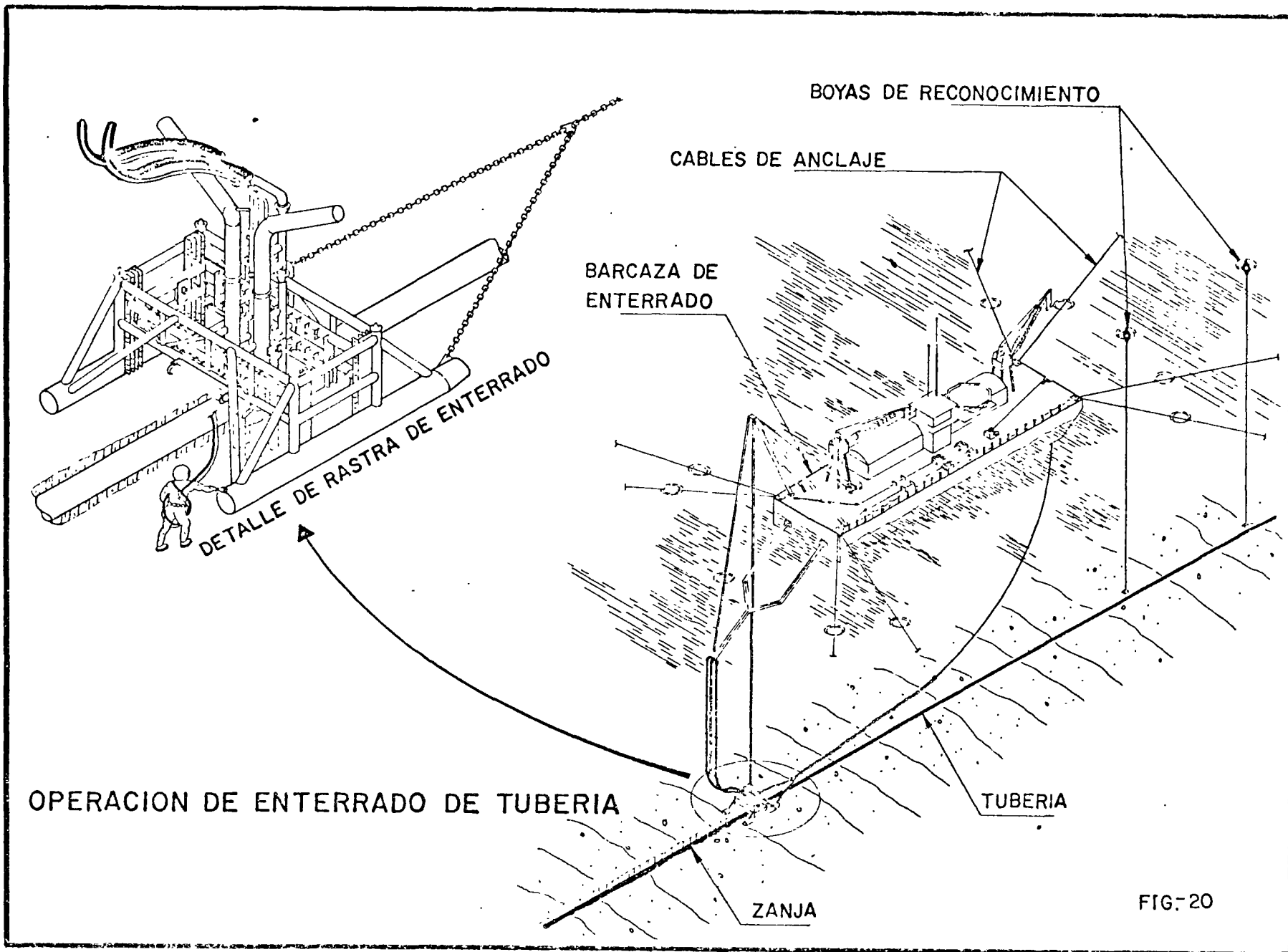
NOTA . PARA LA RECUPERACION DE LA TUBERIA AL CONTINUAR CON EL TENDIDO, SE HACE EL MISMO PROCEDIMIENTO EN FORMA INVERSA

FIG-19

profundidades de hasta 100 metros, basta con enterrar la tubería 1 ó 2 metros. A profundidades aún mayores son suficientes 50 cm. arriba del lecho superior de la tubería.

Para el enterrado de la tubería se hace uso de las siguientes técnicas:

- * Excavación de la zanja mediante cucharón de almeja, excavadora de canjilones o draga de succión. Exceptuando las formaciones rocosas, estas máquinas son capaces de efectuar excavaciones en cualquier tipo de suelos, hasta una profundidad de 40 metros.
- * Arado de la zanja. En este sistema una cuchilla de arado se arrastra sobre el suelo marino por un buque desde la superficie. Este procedimiento solamente es aplicable para arcillas arenosas y para profundidad máxima de la zanja de 3 metros en profundidades máximas de agua de 60 metros.
- * Zanjado a chorro después del tendido. Unas embarcaciones especiales, barcasas de zanjado como la mostrada en la Figura 20 y sobre las que se encuentran instaladas las plantas de fuerza y bombas centrífugas de alta presión necesarias, tiran de un trineo de chorros, que consiste en un bastidor en forma de U invertida que es arrastrado a lo largo de la tubería tendida y que sirve de soporte a las toberas de agua. El terreno bajo la tubería es aflojado y deslavado por el chorro de agua y, si es necesario, echado a un lado mediante bombas dragantes. La alimentación de



agua y aire del trineo se efectúa mediante mangueras conectadas a la barcaza. Detrás del trineo la tubería va quedando enterrada en forma continua dentro de la zanja abierta por el chorro de agua. La operación del trineo es vigilada por buzos y cámaras de televisión. La aplicación de este método, queda hasta el momento limitada a profundidades de alrededor de 150 metros. A continuación, la zanja se llena por sí sola por efecto de la corriente, o bien es artificialmente reñlenada, si se trata de suelos duros.

- * Voladura de la zanja. Sumamente problemáticos resultan los suelos rocosos o especialmente duros, los que siempre que es posible, son evitados mediante una localización adecuada del trazo. Sin embargo, en las cercanías de la costa esto generalmente no es posible. De acuerdo con el estado actual de la técnica y por razones de costo, la apertura de zanjas de gran longitud a base de explosivos está limitada por el momento a profundidades de unos 60 metros.

Una zanja hecha a base de explosivos debe ser provista de un lecho de grava con un espesor de 20 a 30 cm. antes de poder colocar la tubería. En la actualidad, el costo de una zanja de 3 metros de profundidad, abierta por el procedimiento de voladura, cuesta unas 30 veces más que una zanja llevada a cabo mediante trineo de chorros.

2.6. VIGILANCIA Y REPARACION DE LA TUBERIA TENDIDA.

Una vez tendida, la tubería se sujeta a una vigilancia continua. Para el control interior se envían dentro de la corriente del tubo sondas especiales que avisan la presencia de obstrucciones y modificaciones en las paredes del tubo, y eventualmente, también la presencia de grietas. El estado exterior de la tubería se inspecciona mediante cámaras de televisión instaladas en submarinos, o bien, visualmente por buzos. El espesor del recubrimiento sobre el tubo puede medirse con equipos de sonar. El estado de aislamiento se comprueba mediante mediciones de resistencia eléctrica.

Las fugas se descubren en la estación de bombeo cuando se presenta una caída de presión en la línea. Las fugas pequeñas en el ducto pueden ser eliminadas por buzos.

La reparación puede consistir en la fijación de un brida a la parte dañada. Sin embargo, también es posible separar bajo el agua el tramo dañado y volver a unir los dos extremos mediante un acoplamiento mecánico. Si para la reparación es necesario hacer trabajos de soldadura, éstos se realizan desde una campana neumática que se hace descender sobre la parte dañada. Cuando se trata de daños mayores no siempre es posible evitar que el tubo tenga que ser separado en el fondo del mar y llevado a la superficie para su reparación. Este tipo de composturas resulta sumamente costoso, dado que de acuerdo con la profundidad del

agua y el estado del tiempo, en ocasiones será necesario emplear una gran cantidad de tiempo en la reparación.

PROBLEMAS OCEANOGRÁFICOS Y METEOROLÓGICOS

La tecnología marina tiene que ver con las condiciones atmosféricas e hidrosféricas de la zona. Especialmente en el caso de las perforaciones marinas, los huracanes y la marejada requieren de la concepción técnica del proyecto, enormes exigencias. Así y de acuerdo con la fase en que se encuentran los trabajos, se presentan problemas de muy diversa índole que ya desde la etapa de planeación deben ser tomados en cuenta y considerados a base de estudios meteorológicos y oceanográficos locales bien fundados.

1. FASE DE EXPLORACION E INSTALACION.

Tanto durante las exploraciones preliminares, como durante las perforaciones de explotación, la operabilidad de las unidades a flote depende grandemente del viento y del oleaje. A partir de una intensidad moderada del viento, estos aparatos generalmente no están en condiciones de operar, de tal manera que en zonas con gran frecuencia de vientos intensos se tienen largas interrupciones. En igual forma se ve afectada la instalación de plataformas de perforación y tuberías. Así p.e., la construcción de un ducto submarino solamente puede efectuarse con alturas de ola de hasta unos 2 metros, ya que de otra manera el peligro de flexión en el tubo al ser tendido resulta demasiado grande.

Una operación especialmente arriesgada es la del transporte al sitio de operación, de la plataforma u otras partes de la instalación, construidas en tierra, o bien el cambio de ubicación de una plataforma móvil de perforación.

Con mar tempestuoso, estas construcciones pueden soltarse de los remolcadores, como ya ha ocurrido en el pasado, y ponerlas nuevamente bajo control implica gastos apreciables y grandes pérdidas de tiempo. Es por ello que para esta etapa, sea indispensable esperar condiciones apropiadas de viento y oleaje.

Por lo que se refiere al sitio de destino, es indispensable lograr un emplazamiento exacto de la plataforma, mismo que se ve dificultado no tan sólo por el viento y el oleaje, sino también por las corrientes marinas, especialmente por efecto de la distribución vertical de velocidades y direcciones. Durante el tendido de tuberías se presentan problemas similares. Además, es necesario tener en cuenta las peculiaridades del lecho marino. Por una parte la cimentación debe regirse naturalmente por la estructura del subsuelo, pero al mismo tiempo deben tomarse medidas para evitar la erosión por debajo del ducto, por ejemplo. Si se tiene en cuenta que en las aguas relativamente profundas de la plataforma continental (profundidades de hasta 200 metros) se producen, incluso en el fondo marino, corrientes apreciables, que de acuerdo con el estado del tiempo, pueden presentar direcciones y velocidades muy diversas, el peligro de que la tubería se vea socavada por efectos de remolino, es especialmente grande.

2. FASES DE EXPLORACION,

La protección contra los efectos del oleaje de las superestructuras de las instalaciones de perforación fijas y flotantes, se consigue, por regla general, elevándolas por encima de la superficie del agua

a una altura tal que resulte superior a la altura máxima de ola que pueda presentarse en un cierto intervalo de tiempo. Dichas olas máximas, generalmente originadas por huracanes, pero también en ocasiones por maremotos o erupciones volcánicas, alcanzan en casi todos los mares alturas de entre 20 y 30 metros.

Estas olas colocan a las unidades flotantes de perforación en situaciones sumamente problemáticas. Mientras que los desplazamientos horizontales pueden, hasta cierto punto, ser compensados mediante la puesta en posición dinámica, las variaciones de la distancia vertical entre la plataforma y la cabeza del pozo, en cambio, solamente pueden ser controladas en un estrecho intervalo.

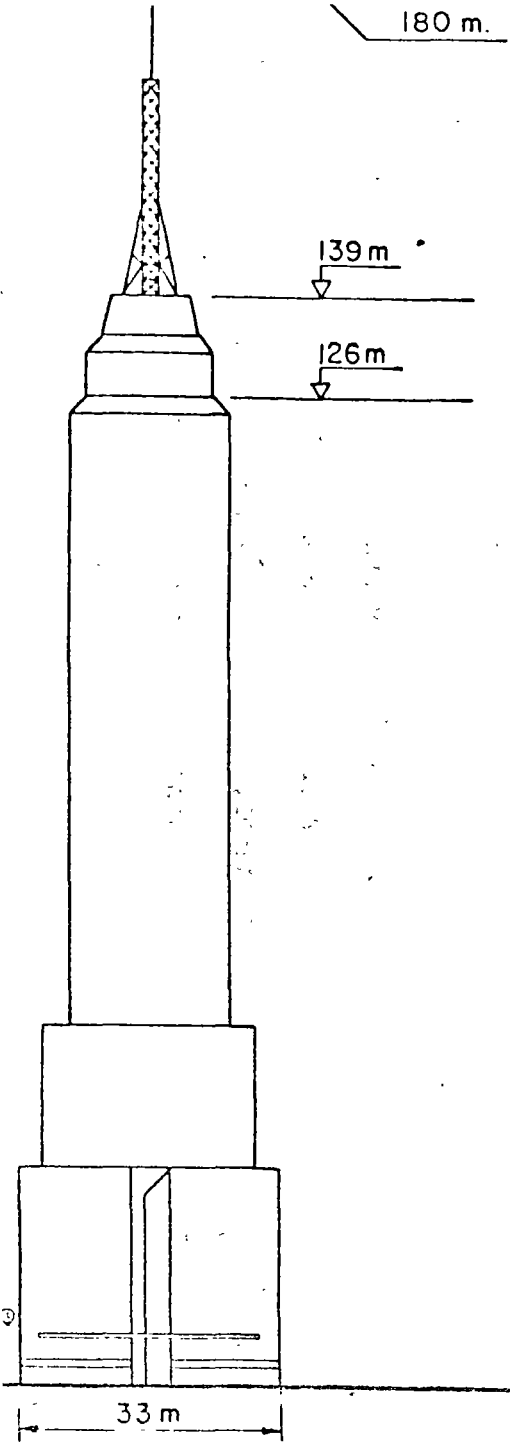
Tampoco el principio de las unidades semisumergibles pudo proporcionar una solución satisfactoria a este problema, ya que las unidades semisumergibles de peso medio actualmente en uso, son capaces de compensar el movimiento ascensional en sólo un 50% de la altura de la ola.

Dada su elevación sobre el nivel del agua, las cubiertas junto con sus instalaciones técnicas, aún en los casos más extremos, solamente están expuestas a las influencias atmosféricas.

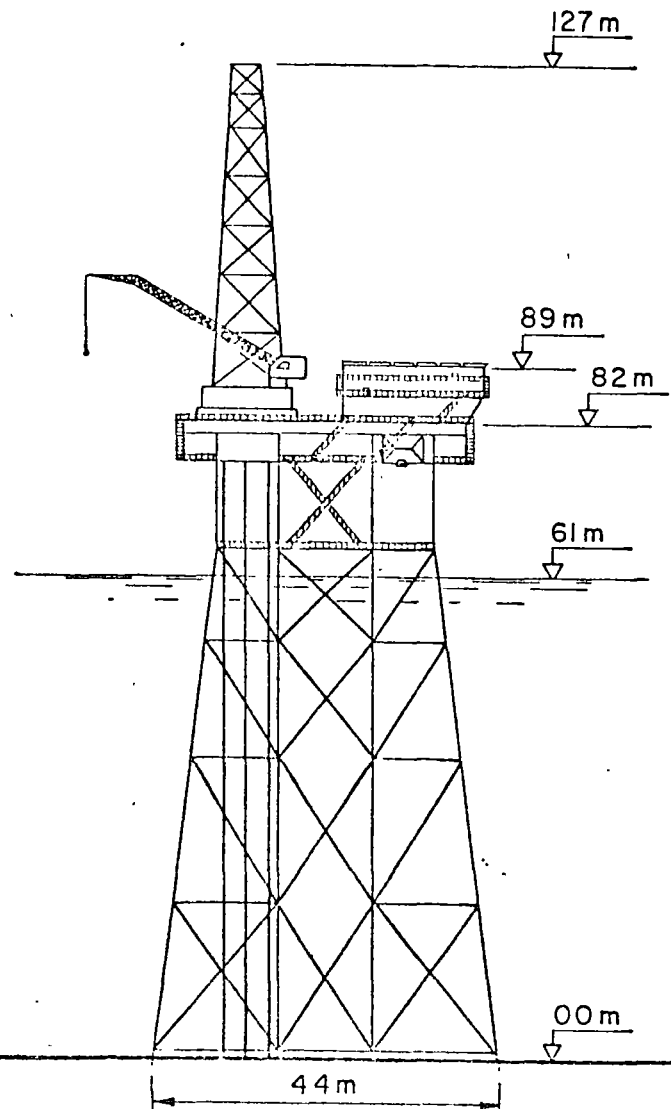
Sin embargo, también éstas pueden poner en peligro la instalación. En primer lugar son de mencionarse los huracanes de las zonas de ciclones tropicales y subtropicales, cuyos vientos, con velocidades de más de

300 Km/hora, pueden dañar o destruir las superestructuras. Como se sabe, la presión del viento aumenta con el cuadrado de su velocidad. Además puede aumentar bruscamente si el aire contiene espuma. A velocidades del viento de más de 100 km/hora, la formación de espuma es tan grande, que no es posible establecer una línea divisoria entre el agua y el aire. Y basta un contenido de 1% de espuma para aumentar 10 veces la presión del viento.

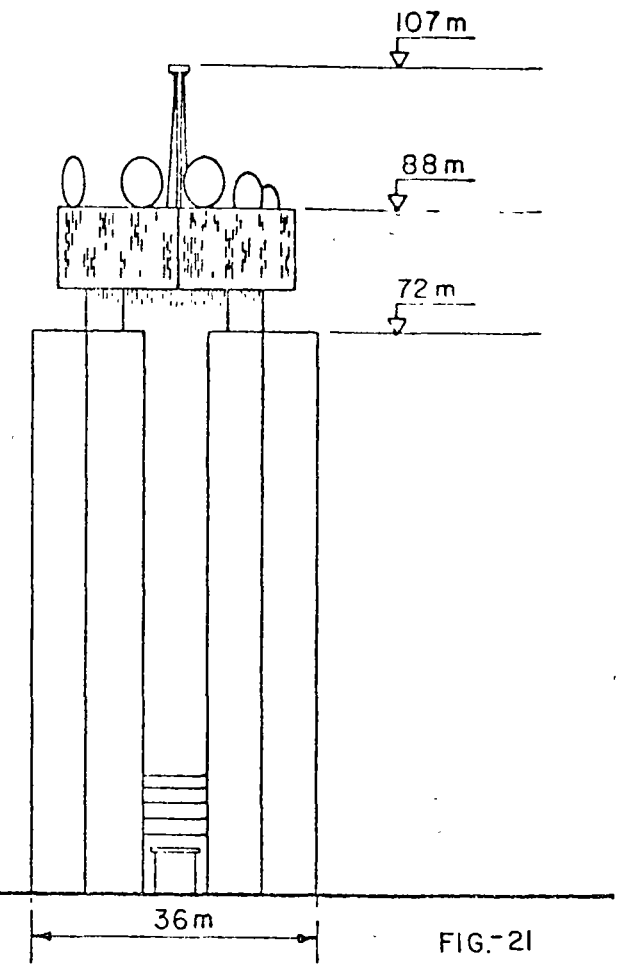
Las trombas y tornados, que en forma de mangas de agua, asolan frecuentemente las aguas cercanas a la costa, representan otro peligro potencial, si bien menos probable dada la poca extensión de la superficie que afectan. En las zonas polares y sub-polares, hay que añadir otros peligros como p.e., las formaciones de hielo producidas por lluvias muy frías y congelantes, que pueden generar sobrecargas muy grandes y, lo que es peor, asimétricas. Un peligro en primer rango en estas latitudes, es desde luego, el hielo marino. Los icebergs, campos y témpanos de hielo en movimiento impelidos por el viento y las corrientes, aplican fuerzas enormes sobre los objetos naturales o artificiales que encuentran a su paso. Las instalaciones de producción, con sus dimensiones de rascacielos, no constituyen construcciones rígidas sino elásticas. En la Figura 21 se puede apreciar comparativamente el tamaño de una de estas estructuras. El viento, las olas y las corrientes, tienden pues a imprimir los movimientos, que en general, tienen la forma de oscilaciones periódicas a la frecuencia natural de la estructura. Ahora bien, si la excitación producida por las fuerzas actuantes, se suscita a una frecuencia cercana a dicha frecuencia natural, se incrementa rápidamente la amplitud de las



TORRE LATINOAMERICANA



PLATAFORMA DE PERFORACION
BACAB "A", CAMPECHE



TORRE DE LA S.C.T.

FIG.-21

oscilaciones, pudiéndose llegar finalmente a la así llamada "catástrofe de resonancia". Es posible, sin embargo, que aún antes de llegar a este punto ocurran daños o destrucciones si la instalación al momento de experimentar una oscilación, queda sujeta al impacto de un golpe de viento o de una ola. Un ejemplo impresionante es lo ocurrido a una torre de radar frente a la costa de Texas, que sufrió un colapso total por efecto de un oleaje de sólo 2 metros de altura, pero cuyo período era igual al período natural de la torre; esta estructura, sin embargo, ya había soportado oleaje con altura de 10 metros. Aún cuando no se produzca el colapso, las oscilaciones conducen a un rápido envejecimiento de la construcción y a esfuerzos adicionales en los cimientos.

En este tipo de estructuras, al igual que en el diseño de edificios altos, debe evitarse, desde la etapa del diseño, que la frecuencia de resonancia de la construcción se encuentre dentro de un rango de frecuencia altamente energético de las fuerzas excitantes. El tráfico de barcos y helicópteros desde y hacia la instalación puede verse muy afectado por las condiciones del tiempo. Desde la etapa del diseño deben analizarse para la zona contemplada datos sobre precipitaciones, tormentas, y visibilidad, ya que el programa de tiempos y costos para el suministro de materiales y personal se ve afectado por dichas circunstancias.

Adicionalmente a los riesgos meteorológicos y oceanográficos es necesario añadir, como factor importante, el riesgo de temblor. Estos movimientos son especialmente peligrosos para las tuberías colocadas en el lecho del mar, mientras que para las instalaciones que se encuentran por encima de

la superficie, la ola sísmica o tsunami que sigue a un terremoto, representa un riesgo considerable. Efectos similares se producen por las erupciones volcánicas en el mar. Otro peligro más, especialmente para las instalaciones flotantes de perforación, es el de las erupciones no controladas de gas y petróleo.

La fuga de gas puede llegar a producir tal cantidad de burbujas en el agua de mar, que su densidad, y por lo tanto su capacidad de carga, se reduzcan de tal manera que la instalación se vaya a pique. Cuando junto con el reventón se presenta el fenómeno de craterización, las plataformas que se encuentran apoyadas en el fondo marino pueden perder sustentación y desplomarse. Un reventón puede presentarse cuando la perforación toca una zona de presión anormalmente grande en el yacimiento y no es posible hacer frente, a tiempo, al exceso de presión. Desde luego existe también la posibilidad de que el medio que se está escapando prenda fuego y arda el mar en una gran zona.

Por esta razón el estudio y la planeación de una instalación en el mar requiere de una gran cantidad de datos meteorológicos, oceanográficos, geofísicos y geológicos que pueden obtenerse ya sea a partir de mediciones especiales de campo, o bien de condiciones conocidas en zonas vecinas. Sin pretender mencionarlos en su totalidad, a continuación se enumeran una serie de parámetros de estudio importantes.

Magnitudes Meteorológicas:

- * Velocidad y dirección del viento.
- * Condiciones del tiempo tales como niebla, precipitación y tempestad.
- * Formación de hielo.

Magnitudes Oceanográficas:

- * Altura, frecuencia y dirección de las olas.
- * Distribución vertical de la velocidad y dirección de las corrientes.
- * Formación de costras de hielo y presencia de icebergs.
- * Mareas.

Magnitudes Geofísicas:

- * Intensidad de temblores y olas sísmicas consecuentes.
- * Morfología del fondo marino.

Magnitudes Geológicas:

- * Constitución del subsuelo.

Mientras que para la mayor parte de las magnitudes mencionadas basta con una distribución de frecuencias o con la obtención de un período de recurrencia, en algunos casos es necesario efectuar análisis sumamente detallados. La obtención de diferencias diarias o estacionales puede ser de gran significación tanto para la etapa de la instalación, como para la de la explotación. De cualquier manera, los estudios necesarios deberán ser encargados a las dependencias oficiales correspondientes o bien a peritos especializados.

La zona más importante de explotaciones petroleras en el mar en el mundo sigue siendo el Golfo de México. Las numerosas plataformas de perforación se concentran, especialmente en la región de la desembocadura del Río Misisipi frente a la costa de Louisiana y a lo largo de la costa mexicana al sur de Tampico. Ambas regiones son frecuentemente afectadas por los huracanes, es decir, torbellinos tropicales cuyos vientos alcanzan velocidades superiores a los 200 Km/hora. En lo que va del siglo, esto ha sucedido a ambas regiones entre 30 y 40 veces, si bien la zona mexicana se encuentra un poco menos expuesta. En promedio debe contarse en esta zona con un huracán cada 2 años. Si se considera la destrucción que se produce a lo largo de la trayectoria de un huracán, puede uno formarse una idea del riesgo a que están expuestas las plataformas. Como ejemplo contundente, se tiene la trayectoria destructiva del huracán Hilda, que el 3 de octubre de 1964 atravesó la costa de Louisiana, a la altura de Morgan City, destruyendo, o por lo menos dañando fuertemente, 20 plataformas de perforación de un solo golpe.

El peligro de tornado es apreciablemente menor, aún cuando no es raro observar mangas de agua frente a la costa. Por regla general, una vez que los tornados se internan en el mar, mueren rápidamente.

Por lo que respecta a las demás condiciones meteorológicas de ambas zonas, éstas se caracterizan por una apreciable frecuencia de tempestades unos 70 días tempestuosos por año o sea una cada tercer día en el verano, y por una muy reducida frecuencia de nieblas.

La actividad sísmica es débil en ambas zonas de tal manera que no representa un riesgo especial.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

PROYECTO DE OBRAS PORTUARIAS
(SUSTITUCION DE HOJAS ILEGIBLES)

ING. JULIO PINDTER VEGA.

Septiembre, 1978.

A P E N D I C E

PARTES PRINCIPALES DE UNA EMBARCACION. (DEFINICIONES.	1
CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES	3
RELACION ENTRE EL DESPLAZAM. EN CARGA Y LAS DEMAS CARACTERISTICAS DE LA EMBARCACION.	7
GRAFICA DE FRANCO BORDO PARA OBTENER SUPERFICIE EXPUESTA AL VIENTO.	14
DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DEL PESO DE UN BARCO	15
DIMENSIONES APROXIMADAS DE EMBARCACIONES MERCANTES	16
DIMENSIONES DE BARCOS DE PASAJEROS	18
DIMENSIONES DE BARCOS DE CARGUEROS	18
DIMENSIONES DE BUQUES-TANQUES	19
DIMENSIONES DE MINERALEROS	20
DIMENSIONES DE BARCOS PORTA CONTENEDORES	20
DIMENSIONES DE MUELLES	21
CARACTERISTICAS DE LA FLOTA ATUNERA DE ENSENADA	22
CARACTERISTICAS DE LA FLOTA ANCIOVETERA-SARDINERA DE ENSENADA	24
CARACTERISTICAS DE LA FLOTA CAMARONERA Y DE ESCAMA DE ALVARADO, VER.	25
TABLA DE EQUIVALENCIAS	33
CARACTERISTICAS DE MUELLES DEL GOLFO DE MEXICO	38
CARACTERISTICAS DE MUELLES DEL OCEANO PACIFICO	45

PARTES PRINCIPALES DE UNA EMBARCACION.

PROA.

ES LA PARTE DELANTERA DEL CASCO, DISPUESTA EN FORMA DE CUÑA PARA OFRECER EL MINIMO DE RESISTENCIA A EL AGUA MIENTRAS SE DESLIZA EL BARCO.

POPA.

ES LA PARTE POSTERIOR DEL CASCO CON FORMA Y DIMENSIONES TALES QUE FACILITE EL PASO DEL AGUA QUE VA A LLENAR EL VACIO PROVOCADO POR EL AVANCE DEL BARCO Y PARA TENER ESPACIO SUFICIENTE PARA FACILITAR LA ACCION DE LOS ELEMENTOS DE GOBIERNO Y PROPULSION.

ESTRIBOR.

ES EL COSTADO DERECHO DEL CASCO, CONSIDERANDO AL OBSERVADOR VIENDO DESDE POPA HACIA PROA.

BABOR.

ES EL COSTADO IZQUIERDO CORRESPONDIENTE DE LA EMBARCACION.

AMURA.

SON LAS PARTES CURVAS DEL CASCO PROXIMAS A LA PROA DEL BARCO Y SERAN DE BABOR O DE ESTRIBOR.

ALETA.

SON LAS PARTES CURVAS DEL CASCO PROXIMAS A LA POPA Y PUEDEN SER TAMBIEN DE BABOR O DE ESTRIBOR.

QUILLA.

ES LA PARTE PRINCIPAL DEL CASCO, FORMADA POR UNA PIEZA LARGA Y ROBUSTA QUE CORRE LONGITUDINALMENTE DE PROA A POPA Y SOBRE LA CUAL DESCANSA EL CONJUNTO DE TODAS LAS DEMAS PIEZAS. EN SUS EXTREMOS SE LEVANTAN: LA RODA QUE ES UNA PIEZA DE HIERRO O ACERO FUNDIDO QUE FORMA EL EXTREMO DE PROA Y EL CODASTE QUE FORMA EL EXTREMO DE POPA.

CUADERNAS.

PIEZAS CURVAS, AFIRMADAS A LA QUILLA Y NORMALES A ELLA,

QUE DAN FORMA AL BUQUE Y SOSTIENEN EL FORRO O SEA LAS -
QUE FORMAN EL COSTILLAJE DEL BARCO. SE LLAMA "CUADERNA
MAESTRA" AQUELLA CUYO CONTORNO LIMITA LA MAYOR SUPERFI-
CIE (COMUNMENTE ES LA DE MAYOR ABERTURA). LA SECCION CO
RRESPONDIENTE DEL CASCO SE DENOMINA "SECCION MAESTRA".

CUBIERTAS.

SON SUPERFICIES HORIZONTALES, QUE DIVIDEN EL INTERIOR --
DEL BARCO EN VARIOS NIVELES O PISOS. LA SUPERIOR SE LLA
MA CUBIERTA ALTA O DE CONSTRUCCION, Y SE ENCUENTRA TOTAL
O PARCIALMENTE AL DESCUBIERTO. LA INMEDIATA INFERIOR SE
LLAMA HABITABLE Y LA SIGUIENTE SE LLAMA PROTECTORA O SO-
LLADO.

EN LOS BARCOS DE CARGA LAS AREAS ENTRE CUBIERTAS SE DES-
TINAN A BODEGAS.

BAOS.

SON PIEZAS HORIZONTALES TRANSVERSALES QUE COMPLEMENTAN
EL MARCO FORMADO POR LAS CUADERNAS Y QUE SIRVEN PARA --
APOYO DE LAS CUBIERTAS.

LINEA Y SUPER FICIE DE FLO- TACION.

SE LLAMA LINEA DE FLOTACION A LA QUE SEPARA LA PARTE SE-
CA DE LA MOJADA Y PLANO DE FLOTACION AL DEFINIDO POR DI-
CHA LINEA. ESTA SE MARCA ESTANDO EL BARCO FLOTANDO EN --
AGUAS TRANQUILAS. LA LINEA DE CARGA MAXIMA ES LA DE IN-
MERSION MAXIMA ESTANDO EL BUQUE EN CONDICIONES NORMALES
DE NAVEGABILIDAD.

DIMENSIONES DE UNA EMBARCACION

ESLORA.

ES LA MAXIMA DISTANCIA ENTRE LAS CARAS EXTERNAS DE LA --

RODA Y EL CODASTE, O-SEA, ES LA MAXIMA LONGITUD DEL BARCO.

MANGA.

ES LA MAXIMA DIMENSION TRANSVERSAL DEL BUQUE.

PUNTAL.

ES LA DISTANCIA VERTICAL, MEDIDA EN LA SECCION MAESTRA, ENTRE LA CARA SUPERIOR DE LA QUILLA Y LA LINEA HORIZONTAL DE LA CUBIERTA DE CONSTRUCCION.

ALTURA.

ES LA DISTANCIA VERTICAL, MEDIDA EN LA SECCION MAESTRA, ENTRE EL BORDE INFERIOR DE LA QUILLA Y LA LINEA HORIZONTAL DE BAO DE LA CUBIERTA DE CONSTRUCCION.

CALADO.

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 EMBARCACION. EL CALADO MAXIMO ESTA REFERIDO A LA LINEA DE FLOTACION A PLENA CARGA. EL CALADO MINIMO ES EL CORRESPONDIENTE A BARCO DESCARGADO O EN LASTRE.

FRANCO BORDO

ES LA DISTANCIA VERTICAL, MEDIDA EN LA SECCION MAESTRA, ENTRE LA LINEA DE FLOTACION A PLENA CARGA Y LA INTERSECCION DE LA CUBIERTA ALTA CON EL COSTADO DEL BUQUE.

CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES.

DESPLAZAMIENTO.

ES EL PESO DEL BARCO, O SEA, ES EL PESO DEL VOLUMEN DEL AGUA DESALOJADO POR EL BARCO. SE MIDE EN TONELADAS METRICAS. ES UN VALOR VARIABLE DE ACUERDO CON LA CARGA TRANSPORTADA.

DESPLAZAMIENTO EN ROSCA. ES EL PESO DEL BUQUE AL SER BOTADO AL AGUA. INCLUYE EL PESO COMPLETO DEL CASCO CON -- SUS ACCESORIOS, INSTALACION COMPLETA DE MAQUINARIA, CALDERAS, ETC.

DESPLAZAMIENTO EN LASTRE. ES EL PESO DEL BUQUE LISTO PARA NAVEGAR CON DOTACION DE COMBUSTIBLE, AGUA, LASTRE, ETC., PERO SIN CARGA.

DESPLAZAMIENTO EN CARGA. ES EL PESO DEL BUQUE CON TODOS LOS PERTRECHOS Y CON LA MAXIMA CARGA QUE ES CAPAZ DE -- TRANSPORTAR.

N O T A : UN BUQUE QUE PASE DE AGUA DULCE A AGUA DE MAR DISMINUYE SU CALADO YA QUE AUMENTA LA DENSIDAD DE AGUA (1 M3 DE AGUA DE MAR = 1.026 TON.)

ARQUEO.

ES LA MEDIDA CONVENCIONAL DE LA CAPACIDAD O VOLUMEN INTERNO DE UN BARCO. LA UNIDAD DE MEDIDA ES LA TONELADA DE -- ARQUEO (TONELADA MOORSON) EQUIVALENTE AL VOLUMEN DE 100 -- PIES3 O SEA, 2.832 M3.

ARQUEO BRUTO. ES EL VOLUMEN DE TODOS LOS ESPACIOS INTERIORES DE A BORDO SIN DISTINCION DE CLASES. EN EL VALOR DEL ARQUEO BRUTO SE HALLAN BASADOS LOS PRECIOS DE LOS BUQUES, LAS PRIMAS DE NAVEGACION Y CONSTRUCCION Y LOS DERECHOS DE CARENA.

ARQUEO NETO. ES EL VOLUMEN DE LA PARTE DEL BUQUE DESTINADA A LA CARGA Y SE OBTIENE, DEDUCIENDO DEL ARQUEO BRUTO, EL VOLUMEN DE LOS ESPACIOS QUE, POR SU USO O MODO DE CONS

TRUCCION, NO PUEDEN DEDICARSE A LA ESTIBA DE CARGA.

PORTE.

ES EL PESO DE LA CARGA QUE TRANSPORTA EL BUQUE.

LA UNIDAD DE MEDIDA ES LA TONBLADA METRICA.

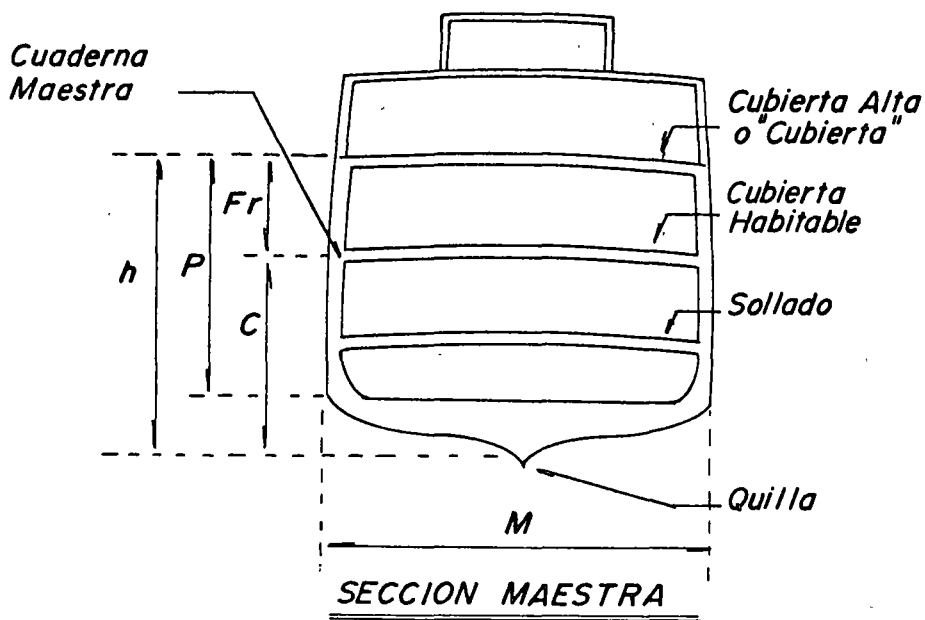
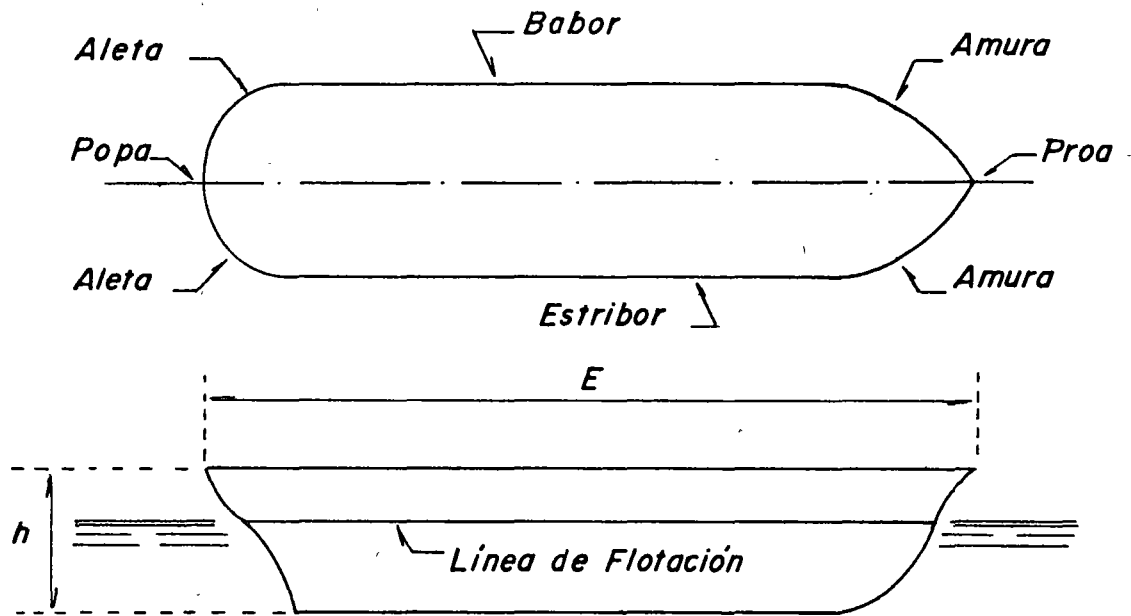
PORTE BRUTO. ES EL PESO DEL VOLUMEN DE AGUA DESPLAZADA AL PASAR EL BARCO, DE LAS CONDICIONES DE "BUQUE DESCARGADO" (DESPLAZAMIENTO EN ROSCA), A LAS DE "PLENA CARGA" (DESPLAZAMIENTO EN CARGA). ES DECIR, ES EL PESO QUE ES CAPAZ DE TRANSPORTAR EL BUQUE.

PORTE NETO. ES EL PESO DEL VOLUMEN DE AGUA DESPLAZADO, AL PASAR EL BARCO DE LAS CONDICIONES DE "BUQUE DESCARGADO" PERO CON DOTACION DE AGUA, COMBUSTIBLE, VIVERES, ETC. (DESPLAZAMIENTO EN LASTRE) A LAS DE PLENA CARGA (DESPLAZAMIENTO EN CARGA). ES DECIR, ES EL PESO DE LA "CARGA", PROPIAMENTE DICHA, QUE ES CAPAZ DE TRANSPORTAR EL BARCO.

TONBLAJE.

GENERALMENTE, EN CATALOGOS Y LISTAS OFICIALES, ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE UN BARCO, SE DAN EL "TONBLAJE BRUTO" Y EL "TONBLAJE NETO". ESTOS VALORES SE REFIEREN AL "ARQUEO" POR LO QUE SU UNIDAD DE MEDIDA ES LA TONELADA "MOORSON" (DE 100 PIES³).

PARTES PRINCIPALES Y DIMENSIONES DE UNA EMBARCACION



NOMENCLATURA

- E* = Eslora
- h* = Altura
- P* = Puntal
- Fr* = Franco Bordo
- C* = Calado
- M* = Manga

RELACIONES ENTRE EL DESPLAZAMIENTO DE CARGA Y
LAS DEMAS CARACTERISTICAS DE UNA EMBARCACION.

NOMENCLATURA Y UNIDADES:

- D = DESPLAZAMIENTO EN CARGA, EN TONS. METRICAS
D_R = DESPLAZAMIENTO EN ROSCA, EN TONS. METRICAS
D_L = DESPLAZAMIENTO EN LASTRE, EN TONS. METRICAS
T_B = ARQUEO BRUTO, EN TONELADAS MOORSON.
T_N = ARQUEO NETO, EN TONELADAS MOORSON
P_B = PORTE BRUTO, EN TONELADAS METRICAS
P_N = PORTE NETO, EN TONELADAS METRICAS

RELACIONES:

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y ARQUEO BRUTO

ESTA RELACION VARIA CON EL TIPO, DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE LA EMBARCACION. EN GENERAL, PUEDE CONSIDERARSE PARA BARCOS DE 4.500 TONS. DE DESPLAZAMIENTO O MENOS, LA RELACION DE 2.26 Y, PARA BARCOS DE 20 000 TONS. DE DESPLAZAMIENTO, LA DE 1.97.

SE TOMARA UN VALOR INTERMEDIO PARA DICHA RELACION CUANDO EL DESPLAZAMIENTO ESTE COMPRENDIDO ENTRE LOS VALORES MENCIONADOS.

POR LO TANTO:

$$2.26 T_B \quad D \quad 1.97 T_B$$

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y PORTE BRUTO

ESTA RELACION TAMBIEN ES VARIABLE Y LOS LIMITES DE VARIACION, EN ESTE CASO, SON 1.54 Y 1.43 PARA BARCOS DE 4500 Y 20 000 TONS. DE DESPLAZAMIENTO RESPECTIVAMENTE.

POR LO TANTO:

$$1.54 P_B \quad D \quad 1.43 P_B$$

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y DESPLAZAMIENTO EN ROSCA.

EL DESPLAZAMIENTO EN ROSCA ES IGUAL AL DESPLAZAMIENTO EN CARGA MENOS EL -
PORTE BRUTO DE UNA EMBARCACION, POR LO QUE, DE LA RELACION D/P_B ANTERIOR,
PUEDE DEDUCIRSE QUE EL DESPLAZAMIENTO EN ROSCA VARIARA, APROXIMADAMENTE, -
ENTRE 0.30 Y 0.35 DEL DESPLAZAMIENTO EN CARGA.

O SEA:

$$3.35 D_R \quad D \quad 2.85 D_R$$

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y DESPLAZAMIENTO EN LASTRE.

EN GENERAL, PARA BARCOS CARGUEROS, EL DESPLAZAMIENTO EN LASTRE ES APROXI-
MADAMENTE IGUAL A 0.39 DEL DESPLAZAMIENTO EN CARGA.

O SEA:

$$D_L = 0.39 D$$

ENTRE DESPLAZAMIENTO EN CARGA Y PORTE NETO.

EL PORTE NETO DE UNA EMBARCACION ES IGUAL A LA DIFERENCIA ENTRE EL DESPLA-
ZAMIENTO EN CARGA, Y EL DESPLAZAMIENTO EN LASTRE POR LO QUE DE LA RELACION
 D/D_L ANTERIOR PUEDE DEDUCIRSE QUE EL PORTE NETO ES APROXIMADAMENTE IGUAL A
0.61 DEL DESPLAZAMIENTO EN CARGA.

$$P_N = 0.61 D$$

OTRAS RELACIONES ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE
UNA EMBARCACION.

ENTRE EL PORTE BRUTO Y EL ARQUEO BRUTO.

ESTA RELACION ES VARIABLE SEGUN QUE EL BARCO SEA DE PASAJE O DE CARGA, - -
ASI COMO DE SUS DIMENSIONES, ETC.- GENERALMENTE VARIA ENTRE 1.40 Y 1.47

$$1.47 T_B \quad P_B \quad 1.40 T_B$$

ENTRE EL ARQUEO NETO Y ARQUEO BRUTO.

LOS VALORES ENTRE LOS CUALES OSCILA LA RELACION ENTRE EL ARQUEO NETO Y EL BRUTO SON: 0.6 Y 0.7

O SEA:

$$0.7 T_B \quad T_N \quad 0.6 T_B$$

APLICACIONES.

- 1.- CONOCIENDO CUALQUIERA DE LAS CARACTERISTICAS DE UNA EMBARCACION SE PODRAN CALCULAR LAS RESTANTES, YA QUE SE CONOCEN LAS DIFERENTES RELACIONES ENTRE ELLAS.
- 2.- CON EL DATO DEL "ARQUEO BRUTO" SE PODRAN TENER LOS VALORES MAXIMO, MINIMO Y PROMEDIO DE LAS DIMENSIONES DE LA EMBARCACION CON LA AYUDA DE LA TABLA "DIMENSIONES DE BARCOS MERCANTES DE EE.UU." QUE SE ANEXA, O BIEN CON LAS "LISTAS OFICIALES DE BARCOS MERCANTES" (CATALOGOS).
- 3.- GENERALMENTE EN CATALOGOS DE BARCOS, SE DA COMO DATO EL VALOR DEL PUNTAL "P" DE LA EMBARCACION. EN EL "ARTE NAVAL" DE A. BAISTROCCHI SE DAN VALORES DE LA RELACION "R" ENTRE LA ALTURA DE LA CONSTRUCCION "H" Y EL PUNTAL "P" DEDUCIDOS DEL LLOYD REGISTER" Y SE VE QUE:

$$\text{PARA } H \quad 6.55 \text{ M.} \quad H/P \approx 1.1$$

$$\text{PARA } H \quad 6.55 \text{ M.} \quad H/P \approx 1.15$$

CON LOS CUALES SE PODRA OBTENER EN FORMA BASTANTE APROXIMADA, EL VALOR DE "H" CORRESPONDIENTE.

SE ANEXA UNA GRAFICA, CONSTRUIDA CON DATOS DEL "ARTE NAVAL" QUE NOS PERMITE CONOCER EL VALOR DEL FRANCO BORDO (FR) Y DEL CALADO (C_M) PARA DIFERENTES VALORES DE LA ALTURA "H"

- 4.- CON EL VALOR DEL "PORTE NETO" (P_N) DE LA EMBARCACION SE PUEDE CALCULAR LA VARIACION DE CALADO AL PASAR EL BUQUE DE LAS CONDICIONES DE PLENA CARGA A LA DE EN LASTRE, APLICANDO LA FORMULA.

$$P_N = B \times M \times 1.026 \times C \quad (C_M - C_M) \quad (\text{ARTE NAVAL DE A. BAISTROCCHI}).$$

EN LA QUE : P_N = PORTE NETO EN TONELADA METRICAS

B = ESLORA EN METROS

M = MANGA EN METROS

1,026 = PESO EN TONS. DE 1 M^3 DE AGUA DE MAR

C_M = CALADO MAXIMO O A PLENA CARGA EN METROS

C_M = CALADO EN LASTRE EN METROS

C_G = COEFICIENTE DE AFINAMIENTO QUE DEPENDE DEL DESPLAZAMIENTO Y DE LA VELOCIDAD DEL BARCO.

EL VALOR DE C_G SE ENCUENTRA TABULADO EN LA PAG. 784 DEL ARTE NAVAL DE A. BAISTROCCHI PERO, EN GENERAL PUEDE DECIRSE QUE PARA EL TIPO DE BARCOS MERCANTE QUE ATRACAN EN PUERTOS MEXICANOS, $C_G = 0.8$, POR LO QUE:

$$C_M \approx C_M = \frac{P_N}{0.81 \times B \times M}$$

RESTANDO EL VALOR DE "H" EL DE "CM" ASI CALCULADO SE PODRIA OBTENER LO QUE EL BARCO SOBRESALE DEL AGUA EN LAS CONDICIONES DE BARCO DESCARGADO.

5.- LOS RESULTADOS ANTERIORES PERMITIRAN CALCULAR APROXIMADAMENTE, ENTRE OTRAS COSAS:

A).- EL TIRANTE DE AGUA MINIMO NECESARIO EN LA BANDA DE ATRAQUE DE UN MUELLE.

B).- LA ELEVACION CORRESPONDIENTE DE LA RASANTE DE ACUERDO CON LA FLUCTUACION DE MAREAS.

C).- LA LONGITUD NECESARIA DE LA BANDA DE ATRAQUE

D).- LA FUERZA DE IMPACTO QUE SOBRE EL MUELLE Y SEGUN EL TIPO DE DEFENSA ELEGIDA, PRODUCIRA EL BARCO AL ATRACAR.

E).- LA TENSION EN LOS CABLES DE AMARRE PARA EL CALCULO DE LAS BITAS O EL EMPUJE SOBRE EL MUELLE, AL ESTAR OBRANDO EL VIENTO SOBRE EL CASCO DEL BARCO, SEGUN LAS CONDICIONES DEL PUERTO Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO DOMINANTE.

F).- LAS DIMENSIONES NECESARIAS Y LA CARGA DE PROYECTO DE UNA GRADA DE CONSTRUCCION O DE UN VARADERO.

G).- EL DRAGADO MINIMO NECESARIO EN UN CANAL DE NAVEGACION, ETC.

EJEMPLO:

OBTENCION DE LAS CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES DE UN BARCO DE - - -
2 000 TONS. DE ARQUEO BRUTO:

$$T_B = 2\ 000\ \text{TONS. MOORSON.}$$

DE LAS RELACIONES DADAS ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE UNA EMBARCACION SE PUEDE DECIR QUE, PARA ESTE CASO:

D	(DESPLAZAMIENTO EN CARGA)	$\approx 2.26 \times 2\ 000 \approx 4500$	TONS. METRICAS
D _L	(DESPLAZAMIENTO EN LASTRE)	$\approx 0.39 \times 4\ 500 \approx 1750$	TONS. METRICAS
D _R	(DESPLAZAMIENTO EN ROSCA)	$\approx 0.35 \times 4\ 500 \approx 1580$	TONS. METRICAS
P _B	(PORTE BRUTO)	$\frac{4500}{1.54} \approx 2920$	TONS. METRICAS
P _N	(PORTE NETO)	$\approx 0.61 \times 4500 \approx 2750$	TONS. METRICAS
T _N	(ARQUEO NETO)	$\approx 0.70 \times 2000 \approx 1400$	TONS. MOORSON

EN LA TABLA "DIMENSIONES APROXIMADA PARA DIFERENTES EMBARCACIONES" SE TIENEN LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DE UNA EMBARCACION DE ACUERDO CON SU TONELAJE (ARQUEO BRUTO) OBTENIDAS DEL CATALOGO "MERCHANT VESSELS OF THE UNITED STATES".

PARA UN BARCO DE 2000 TONS. DE ARQUEO SE TIENE:

$$\text{ESLORA MAXIMA} = 105.46\ \text{M.} \quad \text{M. MAX.} = 23.70\ \text{M.}$$

$$\text{ESLORA MINIMA} = 54.86\ \text{M.} \quad \text{M. MIN.} = 11.67\ \text{M.}$$

$$\text{ESLORA PROMEDIO} = 81.00\ \text{M.} \quad \text{M. PROM.} = 15.14\ \text{M.}$$

$$\text{P. MAX.} = 8.11\ \text{M.}$$

$$\text{P. MIN.} = 3.23\ \text{M.}$$

$$\text{P. PROM.} = 5.11\ \text{M.} \quad \text{H} = 5.11 \times 1.15 = 5.88\ \text{M.}$$

EN LA "LISTA OFICIAL DE BARCOS MERCANTES NACIONALES" SE TIENE QUE:

DRAGA CAMPECHE: $T_B = \underline{1832 \text{ TON.}}$ E = 80 M. CM = 4.45 M.

$$T_N = 700 \text{ TONS. } M = 12.8 \text{ M.}$$

DRAGA COATZACOALCOS: $T_B = \underline{2000 \text{ TONS.}}$ E. = 81.3 M. CM = 4.58 M.

$$T_N = 1587 \text{ TONS. } M = 12.8 \text{ M.}$$

DRAGA EMANCIPACION: $T_B = \underline{2162 \text{ TON.}}$ E = 79.6 M. CM = 4.19

$$T_N = 1304 \text{ TONS. } M = 13.3 \text{ M. } FR = 1.97$$

$$H = 6.16 \text{ M.}$$

PARA LAS TRES EMBARCACIONES ANTERIORES SE TIENE:

$$E = 80.00 \text{ M.}$$

$$M = 13.00 \text{ M.}$$

$$H = 6.16 \text{ M}$$

$$P = \frac{6.16}{1.15} = 5.35 \text{ M.}$$

$$1.15$$

LA GRAFICA NO. 1 ANEXA NO NOS PERMITE OBTENER LOS VALORES DE FR Y CM PARA $H = 5.35$ Y $H = 5.88$ (19.28') PORQUE HABRIA NECESIDAD DE EXTRAPOLAR DEL EXAMEN DE LOS DATOS DE LA "LISTA OFICIAL DE BARCOS MERCANTES NACIONALES" SE VE QUE EL CALADO MAXIMO QUEDA COMPRENDIDO ENTRE 4.19 Y 4.58

$$\text{ASI PUES } CM = 4.38 \quad FR = 6.16 - 4.38 = 1.78 \text{ M.}$$

EL TIRANTE DE AGUA EN LA BANDA DE ATRAQUE DEBERA SER APROXIMADAMENTE:

$$4.38 + 0.30 = 4.68 \approx 4.70$$

EL CALADO MINIMO O EN LASTRE SERA:

$$CM = CM - \frac{PN}{E \times M \times 0.81} = 4.38 - \frac{2750}{80 \times 13 \times 0.81} = 4.38 - 3.26 = 1.12$$

CON EL VALOR DEL CALADO MINIMO CONOCIDO SE PUEDE CALCULAR EL AREA MAXIMA - EXPUESTA A LA ACCION DEL VIENTO.

ALTURA MAXIMA DEL BARCO SOBRE EL NIVEL DEL AGUA

$$6.16 - 1.12 = 5.04 \text{ M.}$$

AREA MAXIMA EXPUESTA AL VIENTO: $80 \times 5.04 = 403.2 \text{ M}^2$

RESUMEN:

D = 4500 TONS.

M = 13 M. (CATIG. NALES.)

D_L = 1750 TONS.

H = 5.88 M. (CATIG.E.U.A.)

D_R = 1580 TONS.

H = 6.16 M. (CATIG. NALES.)

T_B = 2000 TONS. MOORSON

P = 5.11 M. (CATIG.E.U.A.)

T_N = 1400 TONS. MOORSON

P = 5.35 M. (CATIG. NALES)

P_B = 2920 TONS.

CM = 4.38 M.

P_N = 2750 TONS.

FR = 1.78 M.

E = 81 M (CATIG.E.U.A.)

TIRANTE DE AGUA EN EL ATRAQUE

E = 80 M. (CATIG.NALES.)

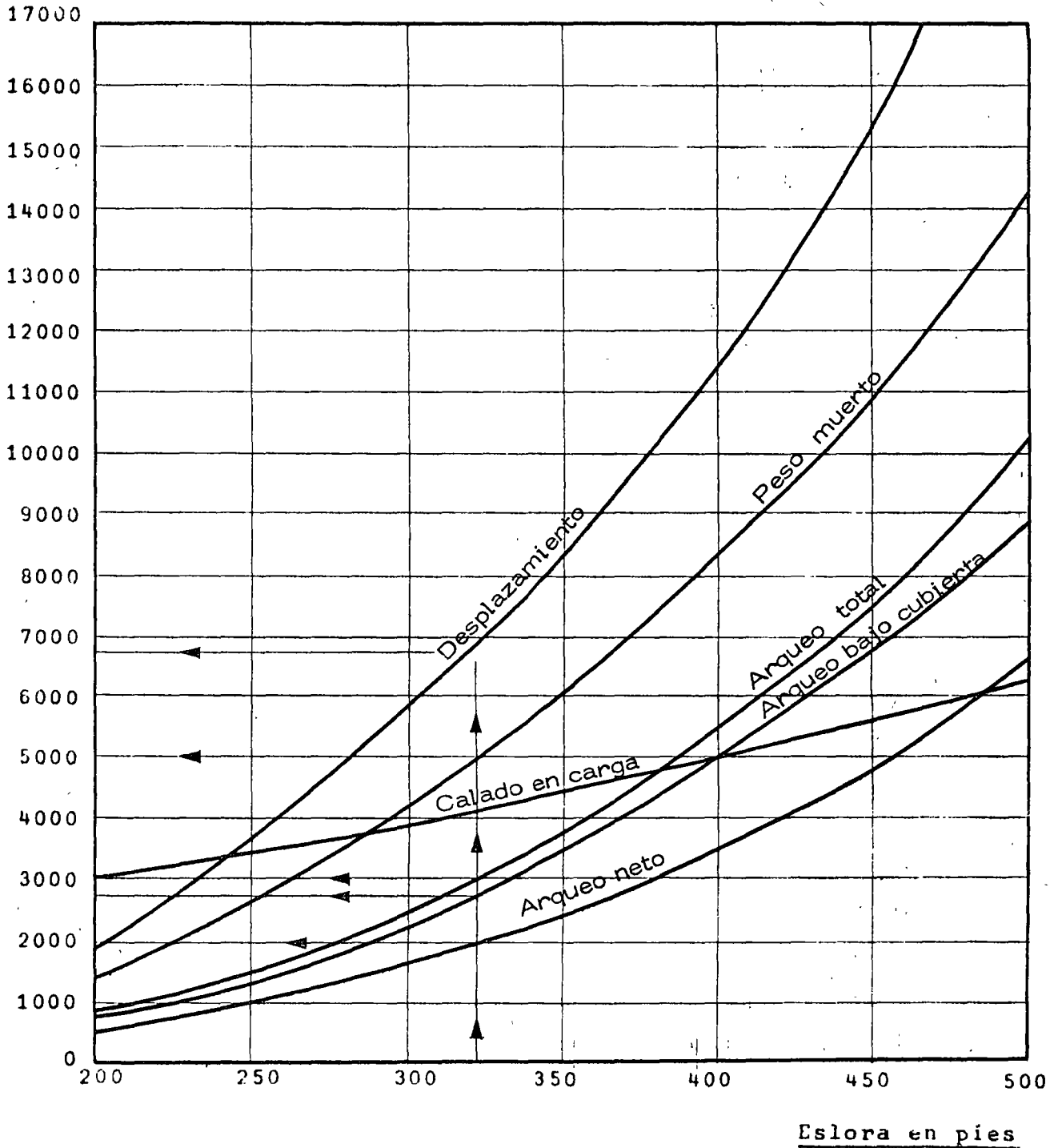
= 4.70 M.

M = 15.14 M. (CATIG.E.U.A.)

CM = 1.12 M.

AREA MAXIMA EXP. AL VIENTO = 403.2 M^2

RELACION GRAFICA DE LA ESLORA CON EL CALADO Y
LAS CARACTERISTICAS DE LA EMBARCACION



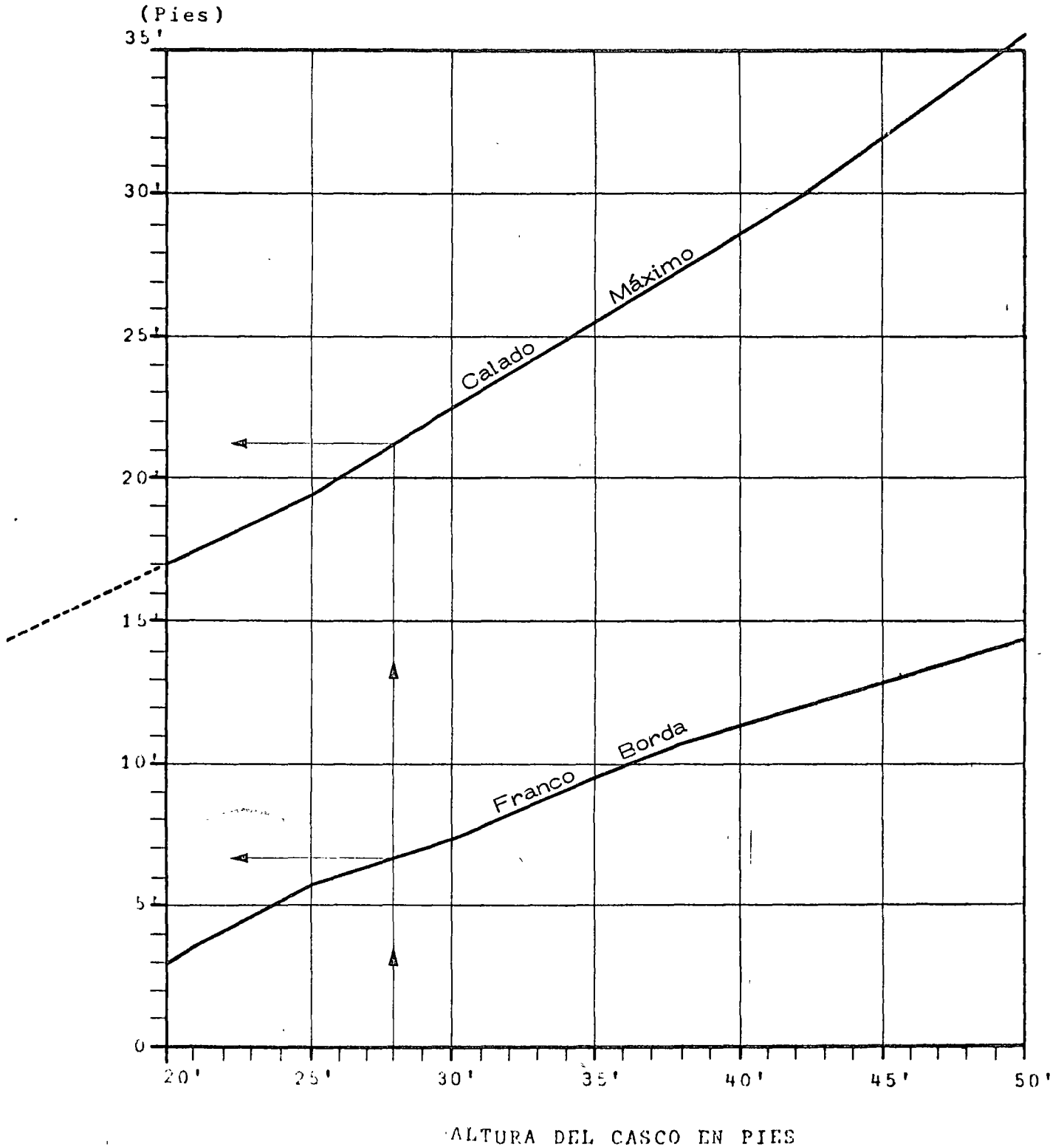
Para la ley de variación del calado con la eslora, la separación entre dos horizontales del diagrama, equivale a 5 pies.

Buques de 200 pies de eslora $\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{P} = 12.5 \\ \frac{M}{P} = 1.8 \end{array} \right.$

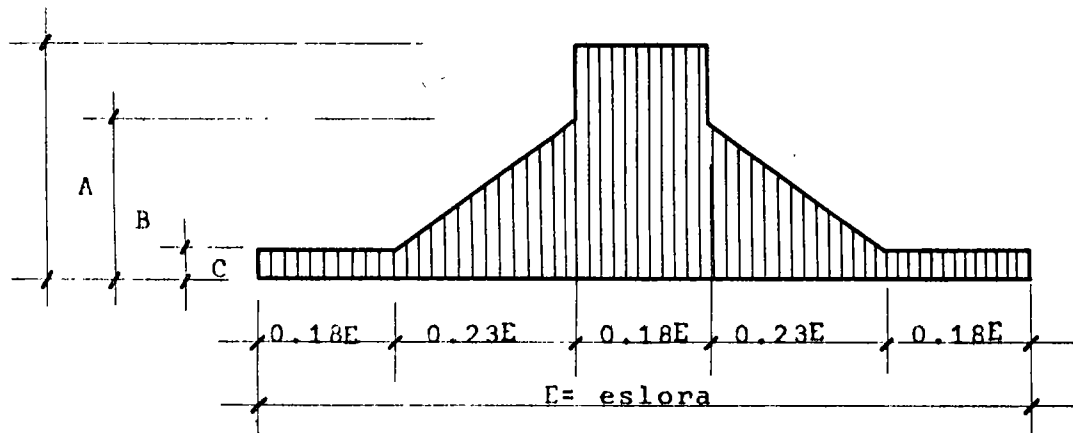
Buques de 500 pies de eslora $\left\{ \begin{array}{l} \frac{E}{P} = 13 \\ \frac{M}{P} = 1.67 \end{array} \right.$

E = Eslora
 P = Puntal
 M = Manga

RELACION GRAFICA ALTURA, CALADO
FRANCO BORDO
=====

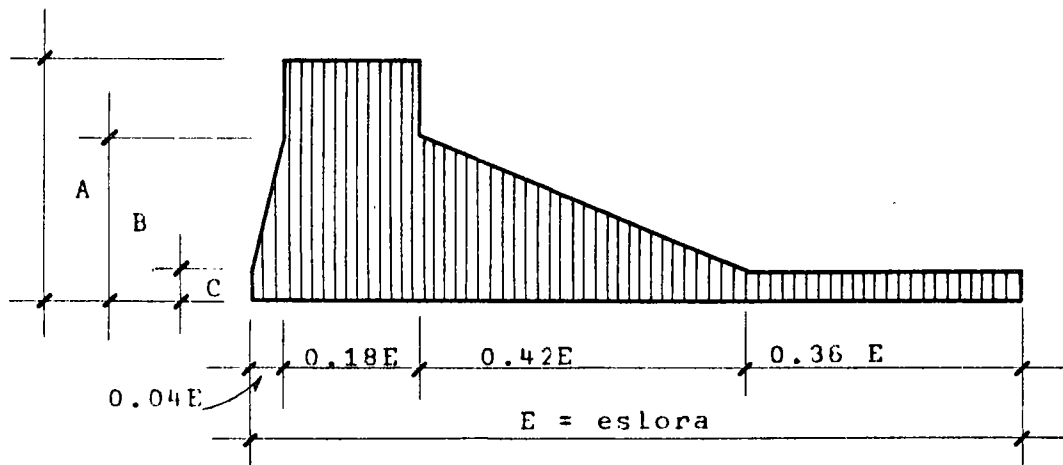


DIAGRAMAS DE DISTRIBUCION DEL PESO DE
UN BARCO



Maquinaria de impulsión en el centro del
barco (Dr= Desplazamiento en rosca)

A = 0.025 Dr
B = 0.0166 Dr
C = 0.0033 Dr



Maquinaria de impulsión en la popa del
barco (Dr= Desplazamiento en rosca)

D I M E N S I O N E S A P R O X I M A D A S P A R A
D I F E R E N T E S E M B A R C A C I O N E S

Tone- laje Bru- to:	E S L O R A			M A N G A			P U N T A L		
	max.	prom.	min.	max.	prom.	min.	max.	prom.	min.
50	33.56	18.38	9.30	12.19	5.29	2.44	3.35	2.06	0.55
100	36.00	23.88	12.19	12.19	6.57	4.63	5.36	2.59	0.82
150	38.10	28.15	19.75	13.00	7.48	5.27	4.21	2.57	1.16
200	49.32	31.50	22.71	15.95	8.42	5.49	6.04	2.70	1.13
300	53.68	34.70	23.96	17.24	9.53	6.16	5.49	2.85	1.25
400	58.34	44.55	25.63	18.29	9.36	7.07	5.24	3.06	1.37
500	68.00	45.23	30.48	16.76	10.14	7.25	5.58	3.16	1.98
600	68.58	54.49	31.97	17.07	10.94	7.25	5.24	3.20	2.01
800	78.93	57.88	33.53	15.85	11.59	7.93	5.21	3.47	1.89
1000	93.76	64.28	42.67	19.87	13.01	10.33	6.01	4.02	2.23
1250	97.23	72.52	50.17	21.34	13.75	11.00	7.13	4.04	2.77
1500	105.46	79.41	50.81	22.28	14.76	11.64	7.07	4.13	2.32
2000	109.73	81.03	54.86	23.70	15.14	11.67	8.11	5.11	3.23
3000	117.65	96.95	67.06	24.84	15.50	13.14	7.89	6.61	3.96
4000	138.38	105.91	79.55	25.43	15.64	13.47	9.30	7.84	5.61
5000	164.54	129.37	101.34	26.85	16.73	15.24	9.45	7.50	2.32
6000	176.78	140.15	106.68	19.23	18.12	15.85	10.67	8.64	6.86
7000	181.50	141.64	119.85	20.36	17.41	15.30	10.61	10.43	4.85
8000	182.91	142.92	133.78	21.21	19.79	17.74	11.37	9.81	8.23
9000	191.10	146.68	135.85	23.87	21.17	15.70	13.35	9.52	7.86
10000	192.00	153.45	142.28	21.98	20.72	19.54	12.28	11.55	6.37

Tone- laje Bru- to.	E S L O R A			M A N G A			P U N T A L		
	max.	prom.	min.	max.	prom.	min.	max.	prom.	min.
11000	193.00	162.38	152.77	21.98	21.11	20.42	12.10	11.48	9.30
12000	193.46	164.75	154.24	22.00	21.51	18.35	12.10	10.09	2.80
13000	194.30	170.10	158.88	23.20	22.50	21.40	12.44	10.14	6.37
14000	195.10	173.80	168.83	24.45	23.00	20.82	12.22	11.60	10.03
15000	195.81	174.21	169.88	23.04	23.04	23.04	-	8.96	-
16000	196.12	175.31	173.00	25.27	24.22	23.77	13.50	13.38	13.02
17000	-	177.20	-	-	25.21	-	-	13.02	-
18000	197.15	180.18	174.30	25.21	24.13	23.04	13.02	10.85	8.69
19000	197.81	181.92	175.00	25.73	25.57	24.17	13.78	13.22	9.30
20000	198.10	182.92	175.08	26.00	25.24	24.48	13.78	10.01	6.25
21000	-	198.74	-	-	24.48	-	-	6.25	-
23000	-	202.73	-	-	26.30	-	-	10.15	-
24000	-	203.10	-	-	27.19	-	-	11.61	-
26000	-	203.72	-	-	28.50	-	-	9.27	-
53329	-	302.26	-	-	30.97	-	-	11.89	-

LAS DIMENSIONES SE OBTUVIERON DEL CATALOGO "MERCHANT VESSELS OF THE UNITED STATES"

LOS PROMEDIOS CORRESPONDEN A LA MEDIA ARITMETICA DE LAS DIMENSIONES, EN METROS, DE TODAS LAS UNIDADES REGISTRADAS PARA CADA TONELAJE.

SEGUN LO EXPUESTO, DE LAS DIMENSIONES CORRESPONDIENTES A UN CIERTO TONELAJE NO SE DEDUCE QUE, PARA TONELAJES MENORES, CORRESPONDAN DIMENSIONES MENORES, TAMBIEN.

4. Berthing Energy and Specifications of Vessels

The following tables show the dimensions of various kinds of vessels and corresponding requirements at various berthing speeds. (Berthing energy is calculated at 1/4 berthing)

(1) - A). Passenger ship

Gross tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
500	500	50.0	8.2	4.5	4.0	644	1,144	0.29	1.17	2.63
1,000	1,000	65.0	10.0	5.3	4.5	1,060	2,060	0.53	2.10	4.73
2,000	2,000	82.0	12.0	6.4	5.2	1,784	3,784	0.97	3.86	8.69
3,000	3,000	95.0	13.5	7.3	5.7	2,483	5,483	1.40	5.60	12.59
4,000	4,000	105.0	14.8	8.0	6.3	3,353	7,353	1.88	7.50	16.88
5,000	5,000	113.0	15.8	8.8	6.8	4,204	9,204	2.35	9.40	21.13
6,000	6,000	121.0	16.7	9.5	7.2	5,050	11,050	2.82	11.28	25.37
7,000	7,000	127.0	17.5	10.2	7.6	5,902	12,902	3.29	13.17	29.62
8,000	8,000	135.0	18.2	10.8	8.0	6,952	14,952	3.81	15.26	34.33
10,000	10,000	145.0	19.2	12.0	8.5	8,429	18,429	4.70	18.81	42.31
15,000	15,000	165.0	21.5	13.0	8.8	10,281	25,281	6.45	25.80	58.04
20,000	20,000	180.0	23.0	13.8	9.0	11,731	31,731	8.10	32.38	72.85
30,000	30,000	210.0	26.5	15.5	9.5	15,249	45,249	11.55	46.17	103.89
50,000	50,000	245.0	30.5	18.0	10.5	21,733	71,733	18.30	73.20	164.70
80,000	80,000	290.0	36.0	21.0	11.7	31,941	111,941	28.56	114.23	257.01

B). Freighter

Dead-weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
700	933	52	8.3	3.8	3.6	542	1,475	0.38	1.51	3.39
1,000	1,333	60	9.3	4.4	4.1	812	2,147	0.55	2.19	4.92
2,000	2,667	77	11.5	5.8	5.1	1,611	4,278	1.09	4.37	9.82
3,000	4,000	90	13.1	6.8	5.7	2,353	6,353	1.62	6.48	14.59
4,000	5,333	100	14.3	7.7	6.3	3,193	8,526	2.18	8.70	19.58
5,000	6,667	109	15.3	8.4	6.7	3,937	10,604	2.71	10.82	24.35
6,000	8,000	117	16.2	9.0	7.1	4,746	12,746	3.25	13.00	29.26
7,000	9,333	124	17.0	9.6	7.5	5,612	14,945	3.81	15.25	34.31
8,000	10,667	130	17.7	10.1	7.8	6,364	17,031	4.34	17.38	39.10
9,000	12,000	136	18.4	10.6	8.1	7,179	19,179	4.90	19.57	44.03
10,000	13,333	142	19.0	11.1	8.3	7,871	21,204	5.41	21.64	48.68
12,000	16,000	152	20.1	11.9	8.8	9,471	25,471	6.50	25.99	58.48
15,000	20,000	165	21.6	13.0	9.5	11,981	31,981	8.16	32.63	73.43
17,000	22,667	173	22.4	13.7	9.8	13,368	36,035	9.20	36.77	82.73
20,000	26,667	184	23.6	14.6	10.3	15,706	42,373	10.81	43.24	97.28

C) Tanker

Dead-weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
300	400	37	7.0	3.3	3.0	268	668	0.17	0.68	1.53
500	667	43	7.8	3.8	3.5	424	1,091	0.28	1.11	2.50
700	933	54	7.9	4.0	3.8	627	1,560	0.40	1.59	3.58
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.56	2.24	5.05
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.09	4.34	9.78
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.60	6.40	14.40
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.12	8.48	19.06
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,168	2.59	10.38	23.34
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.12	12.46	28.04
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,169	3.61	14.46	32.53
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.14	16.55	37.23
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.19	20.78	46.75
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.20	24.81	55.82
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8	10,156	30,156	7.69	30.77	69.24
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1	11,327	33,994	8.67	34.69	78.05
20,000	26,667	164	23.7	12.3	9.5	11,909	38,576	9.84	39.36	88.57
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1	14,446	47,779	12.19	48.75	109.70
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6	16,906	56,906	14.52	58.07	130.65
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1	19,530	66,197	16.89	67.55	151.98
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5	21,920	75,253	19.19	76.79	172.77
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2	22,507	82,507	21.05	84.19	189.43
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2	26,586	93,253	23.79	95.16	214.10
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8	31,111	111,111	28.34	113.38	255.10
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3	35,581	122,248	31.19	124.74	280.67
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4	35,830	129,163	32.95	131.80	296.55
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9	40,419	147,059	37.52	150.06	337.64
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0	41,002	154,335	39.37	157.48	354.35
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8	49,347	182,680	46.60	186.41	419.42
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5	57,412	217,412	55.46	221.85	499.16
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5	70,097	270,097	68.90	275.61	620.12
204,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7	82,178	354,178	90.40	361.41	—
250,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6	115,410	448,743	114.48	457.92	—

D) Ore carrier

Dead-weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (tons)	Estimated weight (tons)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)	Berthing speed (at 0.3 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3	906	2,239	0.75	2.28	5.14
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1	1,611	4,278	1.09	4.37	9.82
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7	2,300	6,300	1.61	6.43	14.46
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1	2,874	8,207	2.09	8.37	18.84
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5	3,535	10,202	2.58	10.41	23.34
6,000	8,000	118	16.6	8.3	6.9	4,520	12,520	3.16	12.78	28.74
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4	5,728	16,395	4.18	16.73	37.64
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9	7,030	20,363	5.19	20.78	46.75
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5	8,720	24,720	6.31	25.22	56.76
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6	8,867	28,867	7.36	29.46	66.28
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2	11,169	37,836	9.65	38.61	86.87
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8	13,600	46,933	11.97	47.90	107.75
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3	15,962	55,962	14.28	57.10	128.48
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0	20,055	73,388	18.72	74.89	168.49
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7	24,451	91,118	23.24	92.98	209.35
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3	28,606	108,606	27.71	110.82	249.35
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8	32,693	126,026	32.15	128.60	389.35
80,000	106,667	259	36.6	19.9	13.2	36,310	142,977	36.47	145.89	328.26
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0	43,841	177,174	45.20	180.79	406.78
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0	61,895	261,795	66.80	267.20	601.06
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0	82,120	348,787	89.00	356.00	—
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5	111,587	444,920	113.50	454.00	—

B) Container

Gross tonnage	Dead weight tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)
16,240	19,636	187.0	26.0	15.5	10.5
17,184	16,977	208.8	23.8	14.3	9.2
21,057	20,400	196.0	27.6	16.6	10.5
23,600	23,650	212.5	30.0	16.3	10.5
40,000	26,100	242.0	32.2	19.6	10.5
51,500	28,900	245.0	32.2	24.0	11.0
54,500	33,600	252.0	32.2	24.4	11.0

Dimensions of Piers and Berths

Tonnage	Passenger Ships		Freighters		Tankers		Ore Carriers		Big Fishing Boats	
	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)	Depth of Berth (m)	Length of Berth (m)
500	4.5	65							5.0	65
700			4.5	60	4.5	60				
750									5.5	75
1,000	5.0	80	5.0	70	5.0	70			6.0	85
2,000	5.7	100	5.5	90	5.5	85				
3,000	6.5	115	6.0	105	6.0	100				
4,000	7.0	125	7.0	120	6.5	110	7.0	120		
5,000	7.5	135	7.5	130	7.0	120				
6,000	8.0	145	8.0	140	7.5	130	7.5	135		
7,000	8.5	150	8.0	145						
8,000	8.5	155	8.5	155	8.0	145	8.5	150		
9,000			9.0	160						
10,000	9.0	170	9.0	165	9.0	165	9.0	165	10.5	175
12,000			9.5	175	9.0	175	9.5	175		
15,000	9.5	190	10.0	185	9.5	185	10.0	185		
17,000			10.5	190	10.0	195			13.5	210
20,000	10.0	210	11.0	195	10.5	200	10.5	205		
25,000					11.0	210	11.0	220		
30,000	11.0	240			11.0	220	11.5	230		
35,000					11.5	230				
40,000					12.0	240	12.0	240		
45,000					12.0	250				
50,000	11.5	275			12.5	255	13.0	270		
60,000							13.0	275		
65,000					14.0	280				
80,000	13.0	320					15.0	300		
85,000					15.0	290				
100,000					16.0	315	16.0	310		
150,000					18.0	340				
200,000					19.0	380				

□ The passenger ships and gishint boats show their gross tonnages and the rest deadweight tonnages.

FUENTE: DEFENSAS SHIBATA.

CARACTERISTICAS DE LA FLOTA ATUNERA DEL PUERTO DE ENSENADA, B.C.

NOMBRE DE LA EMBARCACION	CARACTERISTICAS FISICAS			PUNTALE	MOTOR (H.P.)	MAT.- CASCO	TONS. B R U T O	CAPACIDAD TONS.NETO	TONS. ACARREO
	ESLORA	MANGA	CALADO						
Quo Vadis	61.87	8.53	6.10	-	3,100	-	1,325.00	641.00	930
Todos Santos	53.23	11.32	5.22	7.55	2,910.	acero	1,145.10	406.06	650
Albatán	53.16	11.30	5.25	7.53	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Indomable	53.18	11.31	5.24	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Estado 29	53.04	11.30	5.24	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
General Zapata	52.98	11.30	5.25	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Lázaro Cárdenas	52.95	11.30	5.25	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Cuauhtémoc	52.00	11.10	-	7.70	2,500	acero	1,129.13	388.17	725
Gral.A.I.Rodríguez	49.34	1.10	5.0	7.80	2,500	acero	1,004.42	328.91	660
Juan A.R.Sullivan	51.42	11.10	5.0	7.80	2,500	acero	1,004.42	328.91	660
María Amalia	53.30	10.85	-	5.22	2,875	acero	1,000.00	500.00	950
Conquistador	50.41	10.97	-	5.95	2,575	acero	863.00	445.00	650
Flamingo	45.63	11.33	-	4.50	1,800	madera	613.46	203.12	400
San Martín	40.66	8.95	-	4.53	925	madera	546.00	381.00	380
Vencedor	43.07	8.97	-	5.19	840	madera	519.34	342.46	350
Ensenada	41.38	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320
Guaymas	41.38	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320

NOMBRE DE LA EMBARCACION	CARACTERISTICAS FISICAS			PUNTALES	MOTOR (H.P.)	MAT.- CASCO	TONS. B R U T C	CAPACIDAD TONS.NETO	TONS. ACARREC
	ESLORA	ANCHA	CALADO						
Mazatlán	41.83	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320
Delfín Azul	37.18	6.58	5.20	-	950	acero	495.00	415.00	320
Baja California	36.75	8.36	-	4.39	900	acero	470.92	290.63	220
Gavilán	40.23	6.71	5.20	-	1,125	acero	468.00	395.00	320
Virgilio Uribe	35.50	9.27	-	5.76	950	acero	350.00	165.00	300

CARACTERISTICAS DE LA FLOTA ANCLAVETERA-SARDINERA DEL PUERTO DE ENSENADA, B.C.

NOMBRE DE LA EMBARCACION.	CARACTERISTICAS FISICAS			PUNTAL	MOTOR (H.P.)	MAT.- CASCO	CAPACIDAD TONS. BRUTO	CAPACIDAD TONS. NETO	CAP. TONS. ACARREC.
	ESLORA	MANGA	CALADO						
Santa Isabel	33.07	8.02	-	3.78	600	madera	291.21	154.00	220.00
Calafia	32.94	8.82	=	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
El Sauzal	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Kino	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Libertador del Sur	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Vizcaino	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Ciprés	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
San Juan	28.50	6.63	-	6.07	225	madera	204.09	155.18	150.00
Santa María	27.29	7.52	-	3.20	400	madera	194.84	132.60	68.00
San Pedro	24.40	7.04	-	3.12	500	madera	138.42	75.52	110.00
Fenix	23.00	6.61	-	2.89	425	madera	120.00	80.00	95.00
Senador	26.57	6.93	-	2.43	365	madera	116.29	74.21	95.00
Marino II	22.80	6.43	-	2.95	400	madera	105.14	84.00	90.00
Nora Elena	19.65	6.17	-	2.20	365	madera	95.73	74.77	75.00
Tito	24.32	8.20	-	6.20	365	madera	88.12	55.20	90.00
Playero	17.90	5.50	-	2.50	240	madera	85.34	64.80	58.00
Propemex B-9	20.78	5.87	-	2.32	460	madera	80.90	61.60	65.00
Propemex M-12	18.67	5.50	-	2.00	220	acero	80.60	51.12	60.00
Propemex M-11	18.67	5.50	-	2.00	220	acero	80.45	51.06	60.00
Crisar	20.37	5.80	-	2.74	225	madera	79.38	58.71	80.00
San Martín	22.05	6.30	-	3.00	365	madera	79.27	53.00	50.00
Libertador	16.60	6.76	-	2.33	342	madera	73.95	43.07	75.00
San Arturo	10.60	4.90	-	2.63	100	madera	72.37	61.01	43.00
Tortugas	16.76	4.57	-	2.43	180	madera	51.77	16.47	45.00
Punta Banda	16.76	4.58	-	2.63	336	madera	51.77	45.47	44.00
Sunray's	18.50	4.60	-	2.10	225	madera	51.00	33.00	40.00
Aries	15.24	4.26	-	2.05	165	madera	51.00	36.06	35.00
Celta I	16.50	4.90	-	1.80	240	madera	48.87	42.93	40.00
Largo	14.80	4.08	-	1.90	165	madera	40.58	26.90	25.00
Celta II	15.00	3.90	-	1.80	165	madera	38.88	27.50	28.00
César	13.00	4.20	-	1.87	165	madera	33.70	13.41	30.00
Susana	17.50	3.00	-	5.00	165	madera	29.46	24.08	14.00
Noble	22.55	6.70	2.44	3.66	425	acero			120.00

C U A D R O No. I-3-1

RELACION DE EMBARCACIONES DE ALTAMAR DE LA FLOTA QUE OPERA EN EL PUERTO DE ALVARADO, VER.

PROPIETARIO	NOMBRE DE LA EMBARCACION	TONELAJE		ESLORA	ANCHA	FUNTAL	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO	AÑO DE CONST.	VALOR ACTUAL	DIRECCION DE LA CAPTURA
		BRUTO	NETO									
Productos Pesqueros de Alvarado, S. A. de C.V."	Propemex A-1	139.660	83.20	25.70	7.22	2.96	Caterpillar	565	Fierro	1964	\$ 4,036,657.00	Escama, 11000
	Propemex A-2	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 4,016,152.00	calamar.
	Propemex A-3	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 3,853,251.00	"
	Propemex A-4	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 4,002,266.00	"
	Propemex A-5	132.000	83.02	26.10	7.22	2.96	"	565	"	1964	\$ 4,175,718.00	"
	Propemex A-1-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-2-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-3-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-4-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-5-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-6-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-7-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-8-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-9-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-10-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-11-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-12-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-13-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-14-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
	Propemex A-15-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"
Propemex A-16-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"	
Propemex A-17-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"	
Propemex A-18-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"	
Propemex A-19-A	110.82	52.46	22.00	6.00	3.60	"	450	"	1976	\$ 2,700,000.00	"	
Propemex A-1-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	General M.	185	Fibra de vidrio	1975	\$ 108,522.00	Mls. Escama	
Propemex A-2-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-3-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-4-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-5-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-6-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-7-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-8-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-9-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-10-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-11-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-12-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-13-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	
Propemex A-14-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	"	185	"	1975	\$ 108,522.00	"	

CONTINUA ...

PROPIETARIO	NOMBRE DE LA EMBARCACION	TONELAJE		ESLORA	MANGA	PUNTA	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO	CONST.	VALOR ACTUAL	ESPECIE QUE CAPTURA
		BRUTO	NETO									
"Productos Pesqueros de Alvarado, S.A. de C.V."	Propemex A-15-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	General M.	185	Fibra de Vidrio	1975	108,522.00	Dlls. Escama y tiburón
	Propemex A-16-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-17-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-18-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-19-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-20-G	32.805	25.403	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-21-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-22-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-23-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-24-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-25-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-26-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-27-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-28-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-29-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-30-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-31-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-32-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-33-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-34-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-35-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-36-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-37-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-38-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
	Propemex A-39-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "
Propemex A-40-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "	
Propemex A-41-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "	
Propemex A-42-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "	
Propemex A-43-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "	
Propemex A-44-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "	
Propemex A-45-G	32.805	25.408	14.60	4.30	1.48	" "	185	"	1975	108,522.00	" " " "	

CONTINUA ...

PROPIETARIO	NOMBRE DE LA EMBARCACION	BRUTO	NETO	ESLORA	MANGA	PUNTAL	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO	AÑO DE CONST.	VALOR ACTUAL	ESPECIES QUE CARRIFA
Sociedad Cooperativa de Producción - Fesquera "15 de Octubre", S.C.L.	"15 de Octubre I"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	Caterpillar	325	Fierro	1973	\$ 1.000,000.00	Escama, Camarón
	"15 de Octubre III"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1.000,000.00	calamar.
	"15 de Octubre IV"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1.000,000.00	"
	"15 de Octubre V"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1.000,000.00	"
	"15 de Octubre VI"	93.83	28.96	21.90	6.00	3.50	"	325	"	1974	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 11"	94.05	30.06	24.40	6.90	2.85	"	380	Madera	1963	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 13"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	Fierro	1969	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 16"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 17"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 18"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 19"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 20"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 21"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 22"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 23"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 24"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 25"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1.000,000.00	"
	"Propemex 26"	161.86	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1970	\$ 1.000,000.00	"
"Propemex 37"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	"	1972	\$ 1.000,000.00	"	
"Propemex 38"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	"	365	"	1972	\$ 1.000,000.00	"	
Sociedad Cooperativa de Producción - Fesquera "Arbolillos", S.C.L.	"San Pedro"	80.29	55.21	19.80	5.04	2.74	Caterpillar	170	Madera	1967	\$ 600,000.00	Escama y camarón
	"Rotimar IV"	90.57	68.90	20.42	5.87	3.04	"	165	"	1976	\$ 1.800,000.00	"
	"San Pablo"	93.83	54.24	21.95	5.25	2.75	"	365	Fierro	1974	\$ 1.955,000.00	"
	"San Juan"	97.50	48.05	20.13	5.83	3.05	"	365	Fierro	1974	\$ 1.755,000.00	"
	"Propemex 14"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1.945,000.00	"
	"Propemex 15"	161.85	46.22	25.70	7.01	3.85	"	380	"	1969	\$ 1.933,000.00	"
	"Propemex 34"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	"	1972	\$ 1.933,000.00	"
Cooperativa de Producción Fesquera "23 de Julio, S.C.L."	"Júpiter"	93.43	70.25	20.42	6.20	3.00	Caterpillar	365	Fierro	1976	\$ 2.372,872.75	Escama, camarón
	"Saturno"	93.43	70.25	20.42	6.20	3.00	"	365	"	1976	\$ 2.372,872.75	tiburón.
	"Urano"	93.43	70.25	20.42	6.20	3.00	"	365	"	1976	\$ 2.372,872.75	"
	"Mercurio"	90.57	68.90	20.42	5.87	2.48	"	365	Madera	1976	\$ 1.845,445.07	"
	"Propemex 36"	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	Fierro	1972	\$ 1.650,000.00	"

CONTINUA ...

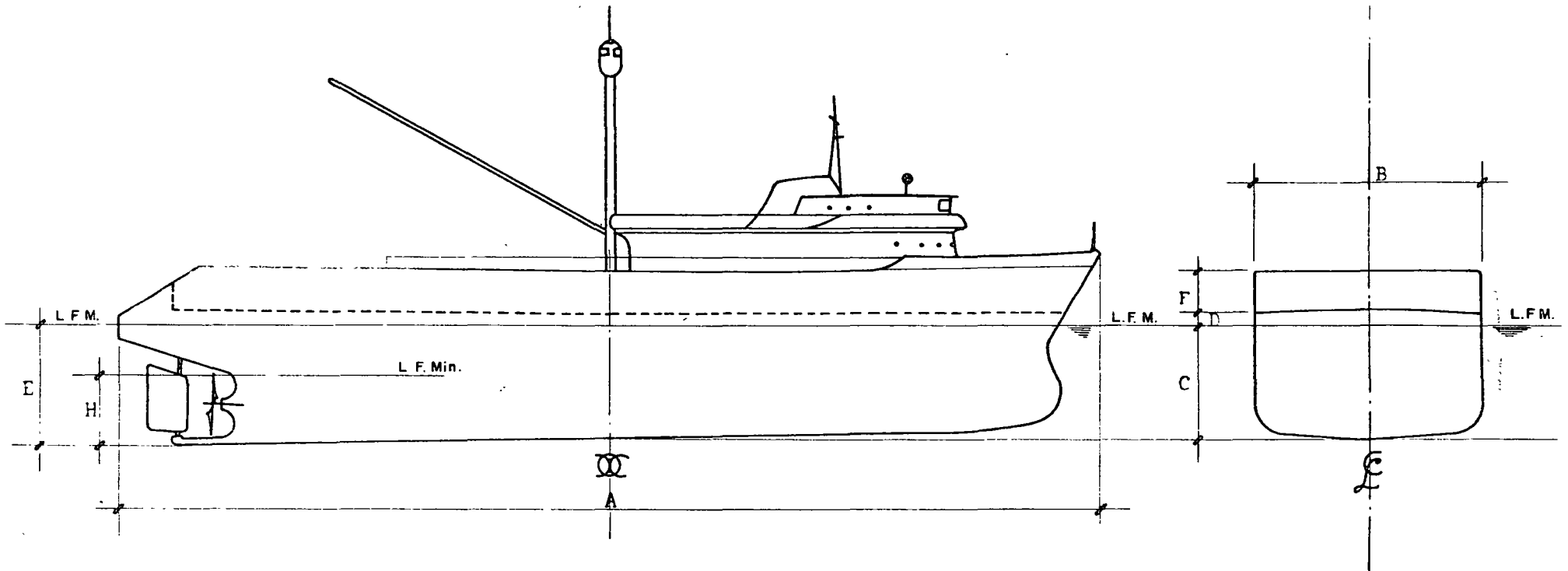
PROPIETARIO	NOMBRE DE LA ENFARCACTON	TONELAJE		ESLORA	MANGA	PUNTA	MOTOR	H.P.	MATERIAL DE CASCO	AÑO DE CONST.	VALOR ACTUAL	AÑO DE CAPTURA
		BRUTO	NETO									
Sociedad Cooperativa de Producción "Comodoro O. S.C.L."	"Comodoro I"	93.83	28.96	21.95	5.80	3.04	Caterpillar	365	Fierro	1974	\$ 1.875,000.00	Escama y carne
	"Comodoro II"	93.83	28.96	21.95	5.80	3.04	"	365	"	1974	\$ 2.119,000.00	" "
	Propemex 6	38.73	29.32	13.72	4.27	2.44	Cummins	165	Madera	1966	\$ 445,605.67	" "
	Propemex 31	68.81	47.43	18.28	5.54	2.34	Caterpillar	150	"	1965	\$ 396,481.06	" "
	Propemex 35	110.09	52.46	21.94	6.10	2.90	Rolls	365	Fierro	1973	\$ 1.650,000.00	" "
Sociedad Cooperativa de Producción "Laguna de Comodoro, S.C.L."	"Euenavista"	94.83	28.96	21.95	5.80	3.04	Caterpillar	365	Fierro	1974	\$ 2.300,000.00	Escama y carne
	"Macuil"	94.83	28.96	21.95	5.80	3.04	"	365	"	1974	\$ 2.300,000.00	" "
Sociedad Cooperativa de Producción "Chivino"	"Chivino"	39.88	24.75	18.29	6.04	1.74	Cummins	175	Madera	1971		Catadón
	"Loguilla"	16.70	11.41	11.60	3.40	2.15	General M.	165	"	1963		"
	"Diplomático"	48.58	20.21	15.24	4.87	2.44	General M.	190	"	1967		"
	"Mariano Alicia"	17.44	12.20	10.98	3.62	2.70	Caterpillar	66	"	1967		"
Sociedad Cooperativa de Producción "Alveradoño"	"Fénico"	40.29	20.21	15.24	4.87	2.44	Cummins	165	"	1965		"
	"Alveradoño"	23.45	12.80	14.19	4.12	1.62	Latrop	80	"	1970		"
	"Ion Simón"	26.00	14.34	24.00	3.97	1.50	Volvo Penta	160	"	1958		"
	"Cuela"	17.89	12.20	10.00	3.50	1.83	Cummins	225	"	1968		"
	"Perla"	21.62	17.77	15.20	3.60	1.00	Latrop	80	"	1960		"
	"Fallo"	55.07	15.40	31.65	5.60	2.92	Caterpillar	115	"	1967		"
	"Cuadalupe"	55.67	26.90	20.39	5.12	2.13	General M.	220	"	1969		"
	"Catalina"	52.57	43.30	16.55	5.34	2.10	General M.	220	"	1954		"
	"Torgito"	60.29	55.21	19.23	5.64	2.52	Cummins	190	"	1972		"
	"Togeca"	37.40	22.70	17.64	5.34	2.50	Cummins		"			"
	"Panchito"	18.93	13.17	12.20	3.40	1.40	General M.	165	Madera	1964		"

CUADRO I-3-2

RELACION DE EMBARCACIONES MENORES DE LA FLOTA QUE OPERA EN EL PUERTO DE ALVARADO, VER.

PROPIETARIO	EMBARCACION	TONELAJE		ESLORA	MANGA	PUNTALES	MOTOR	H.P.	MATERIAL DEL CASCO	AÑO DE CONSTRUCC.	VALOR ACTUAL	ESPECIE QUE CARRIEA
		BRUTO	NETO									
Sociedad Cooperativa "Pescadores- Unidos de la Laguna de Camaronera, S.C.L.	"Camaronera I"	4.50	4.50	10.07	2.44	0.90	Remos		Madera		\$ 16,000.00	Escama y c.
	"Camaronera II"	1.00	1.00	6.10	1.80	0.70	Remos		Madera		\$ 5,000.00	Escama y c.
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "La Trocha", S.C.L.	"Lydia"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Yamaha	25	Fibra de		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Rosita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	vidrio		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Loemi"	1.00	1.00	4.00	1.00	0.50	Evinrude	20	" "		\$ 32,000.00	Escama y tibi.
	"Sin Nombre"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Sin Nombre"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Sirena"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Reyesis"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Magali"	3.00	3.00	8.50	2.00	0.70	Johnson	40	" "		\$ 63,000.00	Escama y tibi.
	"Argélica"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Alejita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Vicki"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Yamaha	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Pirata"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Johnson	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Cholita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
	"Honima"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Evinrude	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.
"Reynita"	2.00	2.00	7.00	1.50	0.70	Johnson	25	" "		\$ 47,000.00	Escama y tibi.	
Sociedad Cooperativa de Producción - Pesquera "Costa de San Juan, S.C.L.	"No hay amigos"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	6	Madera		\$ 7,500.00	Escama, c. y s.
	"Así es todo"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	6	Madera		\$ 7,500.00	Jalba.
	"Cisne"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	28	Madera		\$ 5,000.00	" "
	"Delirio"	0.90	0.90	6.09	1.20	0.50	Johnson	20	Madera		\$ 5,000.00	" "
	"Rosaura"	0.80	0.80	5.79	1.10	0.43	Tonghsu	25	Madera		\$ 4,500.00	" "
	"Crema"	0.80	0.80	5.79	1.10	0.43	Tonghsu	20	Madera		\$ 4,500.00	" "
Brigido Uscaaga Ortiz	"Papi"	18.00	9.00	11.60	3.40	2.20						
	"Chapote"	15.00	8.00	11.10	3.70	1.90	Caterpillar	120	Madera	1969		

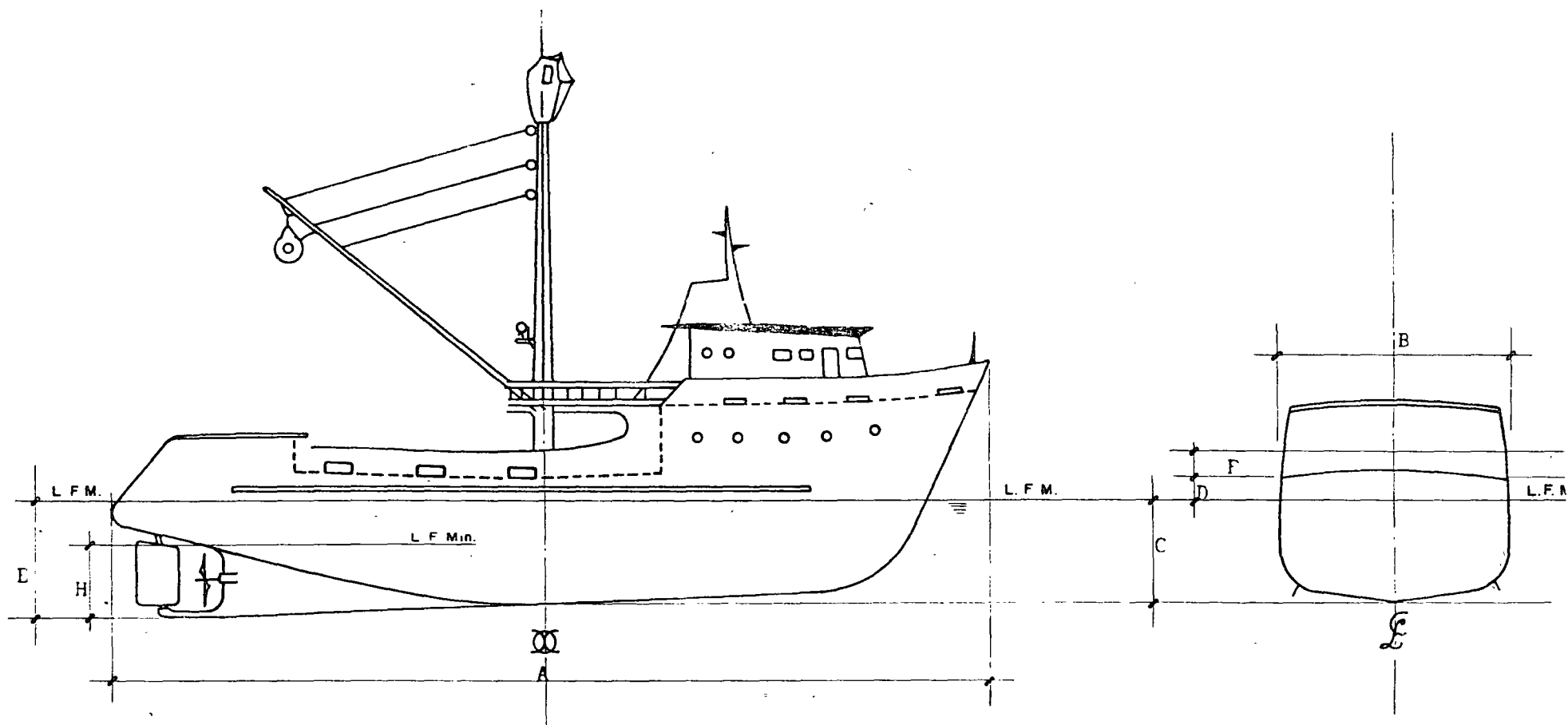
CARACTERISTICAS DE UN ATUNERO TIPICO



A.- Eslora total	_____	53.00m
B.- Manga	_____	12.00m
C.- Puntal	_____	5.90m
D.- Franco bordo	_____	0.40m
E.- Calado máximo en popa	_____	5.70m
F.- Altura de entrepuente	_____	2.20m
H.- Calado mínimo en popa	_____	3.70m

D ¹	Desplazamiento barco cargado	_____	1,600 ton.
D ²	Desplazamiento barco descargado	_____	800 Ton.
	L.F.Max.	Línea de flotación barco cargado	
	L.F.Min.	Línea de flotación barco descargado	

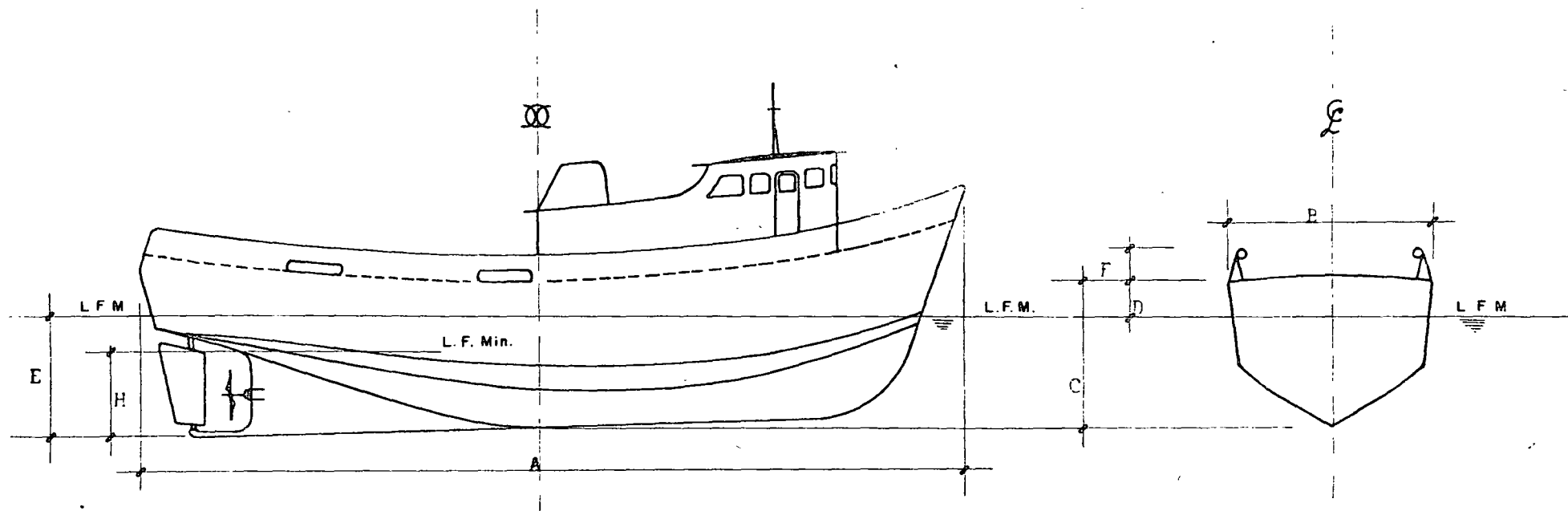
CARACTERÍSTICAS DE UN BARDILERO TÍPICO



A.- Eslora total	_____	26.25m.
B.- Manga	_____	7.50m.
C.- Puntal	_____	3.65m.
D.- Franco bordo	_____	0.30m.
E.- Calado máximo en popa	_____	3.75m.
F.- Borda	_____	0.75m.
H.- Calado mínimo en popa	_____	2.60m.

D¹ Desplazamiento barco cargado _____ 300 ton.
 D² Desplazamiento barco descargado 150 ton.
 L.F.Max. línea de flotación barco cargado
 L.F.Min. línea de flotación barco descargado

CARACTERISTICAS DE UN CAMARONERO TIPICO



A.- Eslora total _____ 22.00m.
 B.- Manga _____ 6.25m.
 C.- Puntal _____ 3.50m.
 D.- Franco bordo _____ 0.60m.
 E.- Calado máximo en popa _____ 3.30m.
 F.- Borda _____ 0.90m.
 H.- Calado mínimo en popa _____ 2.30m.

D¹ Desplazamiento barco cargado _____ 175 ton.
 D² Desplazamiento barco descargado _____ 110 ton.
 L.F.Max.Línea de flotación barco cargado
 L.F.Min.Línea de flotación barco descargado

ANEXO 2

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE UNA TONELADA METRICA.

PRODUCTO.	PIES CUBICOS	GALONES	BARRILES	LITROS	METROS CUBICOS
GASAVION	51.180	382.878	9.116	1449.275	1.449
GASOLMEX	49.275	368.676	8.778	1395.468	1.395
SUPERMEXOLINA	49.138	367.658	8.754	1391.588	1.392
GAS NAFTA.	45.275	338.702	8.064	1282.051	1.282
GASOLINA CRUDA	47.787	357.495	8.512	1353.180	1.353
PETROLEO DIAFANO E INCOLORO,- KEROSINA TRACTOMEX.	42.254	316.150	7.527	1196.633	1.197
DIESEL	40.535	303.289	7.221	1147.951	1.148
GAS OIL, SOLAR OIL.	39.238	293.539	6.989	1111.111	1.111
LUBRICANTES	38.729	289.776	6.889	1096.805	1.097
CRUDO LIGERO (0.930)	38.042	284.636	6.777	1077.349	1.077
CRUDO PESADO (0.960)	36.853	275.739	6.412	1043.677	1.044
COMBUSTOLEO (0.950)	37.241	278.642	6.634	1054.665	1.055

JPV/AJPS'mevl

**TABLAS Y DATOS DIVERSOS
FACTORES DE CONVERSION**

Multiplíquese	por	Para obtener
acres	0.4077	Hectáreas.
atm.	760	mm. de Hg.
atm.	33.899	pies de agua.
atm.	30	Pulg. de Hg.
atm.	10.33	m. de agua.
atm.	1.033	Kg/cm. ²
atm.	14.7	Lb/Pulg. ²
Btn.	777.97	Pies-Lb.
Btn.	0.252	Cal.
Btn.	107.5	Kgm.
Btu/min.	0.0235	C.V. o H.P.
Btu/min.	0.0176	Kw.
C.V. o H.P.	0.9863	hp.
C.V. o H.P.	0.804	Kw.
Cal.	3.968	Btu/Lb.
Cal.	3087.8	Pies Lb.
Cal.	426.6	Kgm.
Cal/Kg.	1.8	Btu/lb.
Cal/min.	0.0935	C.V. H.P.
Cal/min.	0.0697	Kw.
Cm.	0.3937	Pulg.
Cm. ²	0.155	Pulg. ²
Cm. ²	0.0010764	Pies. ²
Cm ³ /seg.	0.061	Pulg. ³
Cm ³ /seg.	0.0021186	Pies ³ /Min.
Cm ³ /seg.	0.032808	Pies ³ /Seg.
Cm ³ /seg.	0.0005	mm. ²
Dinas	0.00102	gramos.
Gal. americano	0.1337	pies. ³
Gal. americano	231.	Pulg. ³
Gal. americano	3.7854	l.
Gal. americano	0.0038	M. ³
Gal. de agua americano	8.33	l.
gpm. americanos	0.002228	pies ³ /seg.
gpm. americanos	0.06308	l/seg.
Gal. inglés	1.20094	Gal. americano.
Gal. inglés	277.3	Pulg. ³
Gal. inglés	4.546	l.
Gal. de agua inglés	10.04	lb.
°C + 17.8	1.8	°F.

Multiplíquese	por	Para obtener
°F — 32	0.5555	°C.
gr.	0.3527	Oz-Avoid.
gr.	0.0322	Oz Troy.
gr.	15.432	gramos.
gr.	981.	Dinas.
gr/cm. ³	0.03613	lb/Pulg. ³
gr/cm. ³	62.43	lb/pics. ³
gramos	0.0648	gr.
Hectáreas	981.	Acres.
hp.	1.011	CV.
hp."	76.	Kgm/seg.
hp."	550.	Pies-lb/seg
hp."	0.746	Kw.
hp-hr.	2544.6	Btu.
hp-hr.	641.24	Cal.
hp-hr.	273.745	Kgm.
Joules	0.7373	Pies-lb.
Kg.	2.205	lb avoid.
Kg/cm. ³	5.599	lb/pulg.
Kg/cm. ²	14.696	lb/pulg. ²
Kg/cm. ²	10.	m. de agua.
Kg/cm. ²	32.8	Pies de agua.
Kg/cm. ²	735.	mm. de Hg.
Kg/cm. ³	36.117	lb/pulg. ³
Kg/m.	0.672	lb/pic.
Kg/m. ²	0.2048	lb/pie. ²
Kg/m. ³	0.06243	lb/pie. ³
Kg.-Cal.	3.968	Btu.
Km.	0.6214	Millas.
Km. ²	0.3861	Millas. ²
Kw.	1.341	hp.
Kw.	14.34	Cal/min.
Kw.	56.92	Btu/min.
Kw.	856.9	Cal.
Kw.hr.	1.3410	hp.hr.
Kw.hr.	3415.	Btu.
lb.	16.	Oz.
lb.	0.4536	Kg.
lb. avoid.	453.59	gr.
lb/pulg.	0.1780	Kg/cm.
lb/pulg. ²	2.036	Pul. de Hg.
lb/pulg. ²	0.0703	Kg/cm. ²
lb/pulg. ²	51.7	mm. de Hg.
lb/pulg. ²	2.307	pies de agua.
lb/pulg. ²	0.703	m. de agua.
lb/pulg. ²	27.70	Pulg. de agua.
lb/pulg. ³	0.0277	Kg/cm. ³
lb/pulg. ³	26.68	gr/cm. ³
lb/pie	1.4881	Kg/m.
lb/pie ²	4.8826	Kg/m. ²
lb/pie ³	16.0226	Kg/m. ³

Multiplíquese	por	Para obtener
lb/pie ³	0.016	gr/cm. ³
l.	61.023	Pulg. ³
l.	0.03531	Pies. ³
l.	0.2642	Gal. americano.
l/seg.	15.85	Gal/min.
mm.	0.03937	Pulg.
m.	39.3696	Pulg.
m.	3.28083	Pies.
m.	1.0936	Yd.
m. ²	10.7636	pies. ²
m. ²	1.1959	Yd. ²
m. ³	35.3166	pies. ³
m. ³	1.3079	Yd. ³
m. ³	264.17	Gal.
Millas	1.6093	Km.
Millas	1760.	Yd.
Millas	1852.	m.
Millas ²	2.59	Km ²
Nudos	1.6093	Km./hora.
Nudos	1.	Milla/hora.
Oz. (troy)	31.10	gr.
Oz. (troy)	0.0685	lb.
Pies	0.3018	m.
Pies	30.48	cm.
Pies ²	929.03	cm ²
Pies ³	16.387	cm ³
Pies ³	7.4805	Gal. americano.
Pies ³	6.229	Gal. inglés.
Pies ³	28.317	l.
Pies ³	1728.	Pulg. ³
Pies — lb.	1.3563	Jonles
Pies — lb.	0.1383	Kgm.
Pie-lib.	0.0003	Cal.
Pie-lib.	70.0013	Btu.
Pies de agua	0.4335	lb/Pulg. ²
Pies de agua	0.88265	Pulg. de Hg.
Pies ³ de agua	62.425	lb.
Pies ³ de aire a 32°F y		
1 atm.	0.080728	lb.
Pies/seg.	30.48	cm/seg.
Pies ³ /seg.	418.83	gal/min.
Pies ³ /seg.	1699.3	gal/min.
Pulg.	2.54	cm.
Pulg. ²	6.1516	cm. ²
Pulg. ³	0.0164	l.
Pulg. ³ de agua	0.0361	lb.
Pulg. de agua	0.03613	lb/pulg. ²
Pulg. de agua	0.07355	Pulg. de Hg.
Pulg. de Hg.	0.49116	lb/Pulg. ²
Pulg. de Hg.	13.596	Pulg. de agua.
Pulg. de Hg.	1.13299	Pies de agua.

Multiplíquese	por	Para obtener
Radianes	57.30	Grados ángulos
Tm.	2205.	lb.
T. inglesa corta	2000.	lb.
T. inglesa corta	907.2	Kg.
T. inglesa larga	1240.	lb.
T. inglesa larga	1016.	Kg.
Yd.	0.9144	m
Yd. ²	0.8361	m ²
Yd. ³	0.7635	m ³

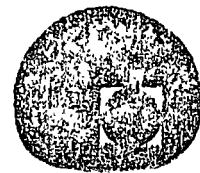
barril
petrolero

{ 0.159
1.59
15.9

m³
litros
galones US.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, UNAM



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS
MARITIMAS

OCEANOGRAFIA FISICA

ING. PABLO E. TORRES SALMERON

OCTUBRE, 1978.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

CURSO: PROYECTOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS.

TEMA: OCEANOGRAFIA FISICA.

EXPOSITOR: ING. PABLO E. TORRES SALMERON.

BIBLIOGRAFIA.

1. VIENTOS:

Brestschneider, C.L.: Generation of Waves by Wind: State of the Art, Natl. Eng. Sce. Co. Tech. Rept. SN 13406, 1965.

Brocks, C.: Measurementnes of Wind Profiles over the Sea and the Drag at -- the Sea Surface, Proc., Intern. Oceanog. Cong. Am. Assoc. Adv. Ace., 1959 p. 742.

Francis, J.R.D.: Wind Stress on a Water Surface, Quart. J. Roy. Meterol. Soc., 80: 438 (1954).

Francis, J.R.D.: Wind Action on a Water Surface, Proc. Inst. Civil Engrs. (London), 12:197 (1959)

"Handbook of Geophysics," chap. 5, Wind, MacMillan and Company, Inc. New York, 1961.

Montgomert, R.B.: Measurements of Vertical Gradient of Wind over Water, MIT Phys. Oceanog. Meteorol., 4(3):21 (1935)

Prandtl, L., and O.G. Tietjens: "Applied Hydro- and Aero-mechanics," -- McGraw-Hill Book Company, New York, 1934.

Shinners, W.: "Comparison of Measured and Estimated Winds at Sea," - - - Working Group on Technological Problems, Commision for Maritime Meteorology, World Meteorological Institute, 1963.

Valentine, H.R.: "Applied Hydrodynamics," Butterworth's Scientific Publi cations, London, 1959.

2. OLEAJE Y MAREAS.

10. Bretschneider, C.L.: Wave Variability and Wave Spectra for Wind-generated Gravity Waves, U.S. Army Corps Engrs. Beach Erosion Board Tech. - - Memo. 118, 1959.
11. Russell, R.C.H., and D.H. MacMillan: "Waves and Tides", Hutchinson's - - Scientific and Technical Publications, New York, 1952.
12. Darwin, G.: "The Tides and Kindred Phenomena in the Solar System," W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1972.
13. Marmer, H.A.: "Tidal Datum Planes," U.S. Coast Geodet. Sur. Spec. Publ. 135, 1951.
14. Eckart, C.: "Hydrodynamics of Oceans and Atmospheres," Pergamon Press, - New York, 1960.

3. OCEANOGRAFIA BASICA.

15. Dietrich, G.: "General Oceanography," Interscience Publishers, Inc., -- New York, 1963.
16. Hill, M.N. (ed.): "The Sea," Vol. I. Physical Oceanography., Vol. II, - Composition of Sea Water; Vol.III, The Earth Beneath the Sea; Interscience Publishers, Inc. New York, 1962-1963.
17. Weigel, R.L.: "Oceanographical Engineering," Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1964.

4. OCEANOGRAFIA FISICA.

18. Defant, A.: "Physical Oceanography," Pergamon Press, New York, 1961. (A large two-volume work with examples, theory, and thoroughness).
19. Neumann, G., and W.J. Pierson, Jr.: "Principles of Physical Oceanography," Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 1966. (Physical oceanography with a strong slant toward meteorology and waves. A big modern book with much information and mathematical material, both descriptive and pictorial)
20. Pickar, G. L.: "Descriptive Physical Oceanography," Pergamon Press, New York, 1963. (An excellent paperback book on the title subject).

5. OCEANOGRAFIA GEOLOGICA.

21. Bascom, W.: "Waves and Beaches," Anchor Books, Doubleday & Company, Inc. Garden City, New York, 1964.
22. Kuenen, Ph.H.: "Marine Geology," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1950.
23. Shepard, F.P.: "Submarine Geology," Harper & Row, Publishers, Incorporated, New York, 1963.

6. OCEANOGRAFIA METEOROLOGICA,

24. Petterssen, S.: "Introduction to Meteorology," McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.
25. Sverdrup, H.U.: "Oceanography for Meteorologists," Prentice-Hall, Inc., Engelwood Cliffs, N.J. 1943.

7. LEVANTAMIENTOS MARINOS.

7.1. Geofísica:

26. King., H.W., and E.F. Brater: "Handbook of Hydraulics," McGraw-Hill Book Company, New York, 1963.
27. Streeter, V.L.: "Handbook of Fluid Mechanics," McGraw-Hill Book Company, New York, 1961. Quite advanced and general in places.
28. Albers, V.M.: "Underwater Acoustics Handbook," Pennsylvania State University Press, 1962.
29. Horton, J.W.: "Fundamentals of Sonar," U.S. Naval Institute, -- Annapolis, Md., 1959.
30. Hunt, F.V.: Propagation of Sound in Fluids, in "American Institute of Physics Handbook," McGraw-Hill Book Company, New York, 1957.
31. Officer, C.B.: "Introduction to the Theory of Sound Transmission," McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.
32. Bullard, E.C., and R.G., Mason: The Magnetic Field over the Ocean in M.N. Hill (ed.) "The Sea," vol.III, p. 175, Interscience Publishers, Inc., New York, 1963.
33. Grant, F.S., and G.F. West: "Interpretation Theory in Applied Geophysics," McGraw-Hill Book Company, New York, 1965.
34. Heiland, C.A., "Geophysical Exploration," chap. 8, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1946.
35. Vestine, E.H., et al.: The Geomagnetic Field: Its Description and Analysis, Carnegie Inst. Wash. Publ. 580, 1947.
36. Compañía Mexicana Aerofoto, S.A.: Informe Técnico sobre los Estudios Oceanográficos de los Campos Chac y Kukulcan en el Golfo de México; Petróleos Mexicanos, Octubre de 1976.
37. Sieck, Herman C.; Gas Charged Sediment Cones Pose a Possible - - Hazard to Offshore Drilling; Bolt, Beranek & Newman, Inc.; Houston, TX, 1973.

38. Antoine, John & Trabant, Peter, Decca Survey Systems, Inc., Bryant, William, TX A & M. University; Roemer, Lamar, Kerr Mc. Gee Corp; Geologic Features Associated with Shallow Gas; Unpublished.
39. Centeno, R. y Torres, Pablo E., Compañía Mexicana Aerofoto, -- S.A.: Efectúan Estudios Marinos de Alta Resolución Acústica; - Petróleo Internacional, Vol. 34, No. 11, Noviembre de 1976.
40. Aguilar, José A., Compañía Mexicana Aerofoto, S.A.: Detectan - Bolsones Someros de Gas Mediante Estudios Geofísicos; Petróleo Internacional, Vol. 35, No. 11, Noviembre de 1977.
41. Acoustical Oceanography, Clarence S. Clay & Herman Medwin., - Wiley-Interscience.

7.2. Geotécnicos.

42. Fletcher, G.F.A.: Standard Penetration Test: Its Uses and Abuses, J. Soil Mech. Foundation Div. Am. Soc. Civil Engrs., July 1965, paper 4395.
43. Hough, B.K.: "Basic Soils Engineering," The Ronald Press, New York, 1957.
44. Hvorslev, M.J.: "Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Engineering Purposes," Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 1949.
45. Perkins, R.L.: Floating Rig Takes Core Samples in Deep, Swift Water, Eng. News-Rec., Sept. 12, 1967.
46. Terzaghi, K., and R.B. Peck: "Soil Mechanics in Engineering -- Practice," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1948.
47. Meyerhof, G.G.: Penetration Tests and Bearing Capacity of -- Cohesionless Soils, J. Soil Mech. Found. Div. Am. Soc. Civil - Engrs., 82(SM1):1, 1956.
48. McClelland, B.: Engineering Properties of Soils on the Continental Shelf of the Gulf of Mexico, Proc. Eighth Conf. Soil Mechanics Foundation Eng., Austin, Tex., 1956.
49. McClelland, B., and J.A. Focht, Jr.: Soil Mechanics as Applied to Mobile Drilling Structures, Tenth Ann. Petrol. Mech. Eng. - Conf. ASME, New Orleans, La. September, 1955, paper 55-PET-23.
50. Terzaghi, K.: "Theoretical Soil Mechanics," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1943.
51. Laboratorios LIAC, S.A.; Informe de Mecánica de Suelos del Pozo Chac; Petróleos Mexicanos, Junio de 1976.
52. Schenk, Jr., Hilbert; Introduction to Ocean Engineering; McGraw-Hill Book Company, New York, 1975.
53. Young, Alan G., Kraft, Jr., Leland M. & Focht, Jr., John A.; -- McClelland Engineers, Inc., Geotechnical Considerations in ---- Foundation Design of Offshore Gravity Structures; Proceedings - of the Offshore Technology Conference, Paper OTC2371, Houston, 1975.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
OBRAS MARITIMAS (DEL 11 AL 22 DE SEPTIEMBRE DE 1978)

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

1. ING. ANDRES ACEVEDO TREJO
Zapotla No. 76
Iztacalco
México 8, D. F.
Tel: 5-79-57-21
S.C.T.SUBSECRETARIA DE PUERTOS
Y MARINA MERCANTE
San Juan
México, D. F.
2. ING. JOSE R. RAYALÁ MARTINEZ
Retorno 31 No. 25
Col. Avante
México 21, D. F.
Tel: 5-59-88-71
DEPARTAMENTO DE PESCA
Alvaro Obregón No. 269
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-11-14-14
3. CARLOS BALLESTEROS SALAZAR
Melesio Morales No. 23-1
Col. Ex-Hip. de Peralvillo
México 2, D. F.
Tel: 5-97-11-17
DEPARTAMENTO DE PESCA
Alvaro Obregón No. 269
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-11-35-61
4. MAURICIO CASAS SAAVEDRA
Habana No. 295
Tepeyac Insurgentes
México 14, D. F.
Tel: 5-77-70-49
FERTILIZANTES MEXICANOS, S.A.
Morena 804
Col. Narvarte
México 12, D. F.
Tel: 5-36-90-20
5. ING. ERNESTO COLOMA PASTOR
Saratoga 618
Col. Portales
México 13, D. F.
Tel: 6-72-32-96
S.C.T. DIRECCION GENERAL DE
DRAGADO
Baja California 255 Edificio
"A"
Col. Condesa
México 11, D. F.
Tel: 5-64-54-22
6. MAYOLO CRUZ SANTIAGO
Atotonilco No. 28-18
Col. Maza
México 2, D. F.
S.C.T. DIRECCION GENERAL DE
DRAGADO
Baja California No. 255
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-74-58-82
7. ING. RAYMUNDO DELGADO ROBLES
Amores 1006-202
Col. del Valle
México 12, D. F.
Tel: 5-59-56-43
ROCA FOSFORICA MEXICANA, S.A. DE
C.V.
Durango No. 90-80. Piso
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-11-43-39

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS
MARITIMAS (DEL 11 AL 22 DE SEPTIEMBRE DE 1978)

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8. ING. ALBERTO GONZALEZ DIAZ
Gabino Barreda No. 48-3
Col. San Rafael
México 4, D. F.
Tel: 5-66-34-19 | DEPARTAMENTO DE PESCA
Alvaro Obregón No. 269-5o.Piso
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-11-14-14 |
| 9. HUGO GUTIERREZ BRAVO
Edificio 41 Int. "B" Depto. 402
Col. U. Lindavista
México 14, D. F.
Tel: 5-87-29-87 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUERTOS
Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur 465
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-64-76-68 |
| 10. VICENTE GUILLEN BARRIOS
Niños Héroes No. 121
Cd. Constitución
Tel: 2-07-59 | DEPARTAMENTO DE PESCA
Alvaro Obregón No. 269
Col. Roma
México 7, D. F. |
| 11. ING. JOSE J. A. HERNANDEZ DIAZ
Insurgentes Sur No. 465
Col. Roma Sur
México 11, D. F.
Tel: 5-64-51-01 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUERTOS
Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur No. 465
Col. Roma Sur
México 11, D. F.
Tel: 5-64-51-01 |
| 12. CARLOS HERNANDEZ MATA
Av. Cuauhtémoc No. 130-303
Col. Doctores
México 7, D. F.
Tel: 5-64-54-32 | S.C.T. DIRECCION GENERAL DE
DRAGADO
Baja California No. 255-A-7o.P.
Col. Condesa
México 11, D. F.
Tel: 5-64-54-22 |
| 13. ING. HECTOR HERNANDEZ RUY
Heriberto Frías No. 1044-2
Col. del Valle
México 12, D. F.
Tel: 5-59-02-36 | FONDO NACIONAL PARA LOS DESARRO
LLOS PORTUARIOS
Martín Mendalde No. 1348
Col. del Valle
México 12, D. F.
Tel: 5-59-85-55 |
| 14. GUILLERMO HERRERA CRUZ
Prolg. Av. Niño Perdido 1144-102
Col. Vértiz-Narvarte
México 13, D. F. | DEPARTAMENTO DE PESCA
Alvaro Obregón No. 269
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-11-35-61 |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS
MARÍTIMAS (DEL 11 AL 22 DE SEPTIEMBRE 1978)

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15. ING. JAVIER HUERTA ESPINOZA
E. Rebsamen No. 321
Col. Narvarte
México 12, D. F.
Tel: 5-23-76-05 | COCONAL, S. A.
Periférico Sur No. 6501
Tepepan
México 23, D. F.
Tel: 6-76-55-55 |
| 16. SAMUEL HUERTA PARRA
Andador 28
División del Norte No. 21
V. Coapa
México 22, D. F.
Tel: 5-94-09-60 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUER-
TOS Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur No. 465
México, D. F. |
| 17. ING. LUIS RAUL LOPEZ PEÑA
Tajín 24-6
Col. Narvarte
México 12, D. F.
Tel: 5-38-99-18 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUER-
TOS Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur No. 465
Col. Roma Sur
México 11, D. F.
Tel: 5-64-51-01 |
| 18. ING. JUAN MARTINEZ CAMPOSANO
Av. Del Taller No. 344
Col. J. Balbuena
México 9, D. F.
Tel: 5-71-43-89 | DEPARTAMENTO DE PESCA
Tecnología Pesquera
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-11-14-14 |
| 19. CARLOS ANGEL Q. MORTERA GUTIERREZ
Av. Unión No. 281
Tepeyac Insurgentes
México 14, D. F.
Tel: 5-77-62-35 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUER-
TOS Y MARINA MERCANTE
San Juan Ixhuaxtepec
Edo. de México
Tel: 5-69-28-36 |
| 20. ING. CLEOFAS OSORIO ESPARZA
Albino García No. 18
Col. Vista Alegre
México 8, D. F.
Tel: 5-19-14-04 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUER-
TOS Y MARINA MERCANTE
Ave. Insurgentes Sur No. 465
Col. Roma Sur
México 7, D. F.
Tel: 5-84-68-92 |
| 21. ING. RAMON PEREZ AGUILERA
Veracruz 28-7
Col. Condesa
México 11, D. F.
Tel: 5-64-76-68 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUER-
TOS Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur No. 465
Col. Condesa
México 11, D. F. |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS
MARITIMAS (DEL 11 AL 22 DE SEPTIEMBRE DE 1978)

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22. ING. GUILLERMO PEREZ NUÑEZ
Tolstoi No. 22
Col. Anzures
México, D. F. | BUFETE INDUSTRIAL CONSTRUCCIONES,
S. A. DE C. V.
Tolstoi No. 22
Col. Anzures
México, D. F.
Tel: 5-33-18-20 |
| 23. ING. MELCHOR RETA CHAVEZ
Av. Central 25
Los Arcos
Morelia, Mich.
Tel: 2-61-58 | CONTRATISTA DEL GOBIERNO FEDERAL |
| 24. ING. MANUEL RETA PETTERSON
Tolstoi No. 22
Col. Anzures
México, D. F. | BUFETE INDUSTRIAL CONSTRUCCIONES,
S. A. DE C. V.
Col. Anzures
México, D. F.
Tel: 5-33-18-20 |
| 25. ING. DAVID RODRIGUEZ MUÑOZ
P. Elías Calles No. 660
"I" 304
Iztacalco
México 8, D. F.
Tel: 5-79-59-88 | INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A
Minería No. 145
Col. Escandón
México 18, D. F. |
| 26. ING. GUILLERMO RUIZ VALENZUELA
Colina de Capistrano No. 44
Fracc. Bulevares
Naucalpan, México
Tel: 5-62-58-85 | S.C.T. DIRECCION GENERAL DE
DRAGADO
Baja California No. 255-7o. Piso
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-64-73-06 |
| 27. JESUS SALOMON SANCHEZ LOPEZ
Coahuila 130-1
Col. Roma
México 7, D. F. | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUERTOS
Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur No. 465-8o. Piso
Col. Condesa
México 11, D. F.
Tel: 5-64-76-68 |
| 28. ING. JAIME SANCHEZ TELLEZ
Calle 5 No. 122
I. Zaragoza
México 9, D. F.
Tel: 7-62-17-99 | S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUERTOS
Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur No. 465
Col. Condesa
México 11, D. F.
Tel: 5-64-76-68 |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS
MARITIMAS (DEL 11 AL 22 DE SEPTIEMBRE DE 1978)

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

29. HUGO TINOCO GONZALEZ
Coahuila No. 148-D
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel: 5-64-01-30
30. CRESCENCIANO URIOSTEGUI CARDOSO
R. Cantos Edif. Guantanamera Depto.
003 Villa Panamericana
México 22, D. F.
31. ING. JOSE LUIS VELAZQUEZ VERA
Pte. 108 No. 119
Col. Defensores de la Rep.
México 15, D. F.
Tel: 5-87-24-19
32. ING. RAMIRO VALERO ARAMBULA
Campos Eliseos 415-802
Col. Polanco
México 5, D. F.
Tel: 5-40-01-64
33. ING. ERNESTO ZAMUDIO GONZALEZ
Isla Angel de la Guarda No. 45
Col. Prado Vallejo
Tlanepantla, Edo. de México
Tel: 5-67-82-68
- S.C.T. SUBSECRETARIA DE PUERTOS
Y MARINA MERCANTE
Insurgentes Sur No. 465-80.Piso
Col. Roma Sur
México 11, D. F.
Tel: 5-84-66-92
- COCONAL, S. A.
Periférico Sur 6501
Tepepan
México 23, D. F.
Tel: 6-76-55-55 Ext. 124
- CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y S.C.
Baja California 274-3er.Piso
Col. Condesa
México 11, D. F.
Tel: 5-74-58-62
- S.C.T. DIRECCION GENERAL DE
DRAGADO
Baja California No. 255-70.Piso
Col. Condesa
México 11, D. F.
Tel: 5-74-59-53