



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



A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS DEL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, por conducto del Jefe del Centro de Educación Continua, les dan la más cordial bienvenida a este Centro de Educación, esperando que participen activamente con sus ideas y experiencias -- considerando que los cursos están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo para que coordinen las opiniones de todos los interesados -- constituyendo verdaderos seminarios, y de esta manera enriqueciendo el contenido académico del curso.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen sus hoja de inscripción al inicio del curso. Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse a las oficinas del CEC, en la misma forma que los demás asistentes entregando el oficio respectivo.

Al finalizar el curso se otorgará una Constancia de asistencia por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en la constancia, deberán entregar copia del mismo o de su cédula profesional -- a más tardar el segundo día de clases, en las oficinas de este Centro con la señorita de inscripciones.

Finalmente, con objeto de mejorar los servicios que el Centro de Educación Continua ofrece, al final del curso se hará una evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes.



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

CURSO: DEL 8 AL 19 DE OCTUBRE DE 1979

<u>DIA</u>	<u>HORARIO</u>	<u>T E M A</u>	<u>P R O F E S O R</u>
8	17:00 a 19:00 h	Muelles de Pilotes y Bloques Precolados	Ing. José Vargas Zepeda
	19:00 a 21:00 h	Instalaciones y Servicios	Ing. Francisco Ríos Cano
9	17:00 a 19:00 h	Muelles de Pilotes y Bloques Precolados	Ing. José Vargas Zepeda
	19:00 a 21:00 h	Instalaciones y Servicios	Ing. Francisco Ríos Cano
10	17:00 a 19:00 h	Muros Milano	Ing. Roberto Vera Strathman
	19:00 a 21:00 h	Accesos Carreteros y Ferroviarios	Ing. Germán Faz Salmón
11	17:00 a 21:00 h	Diques Secos y Varaderos	Ing. Manuel Repetto Casanova
12	17:00 a 19:00 h	Dragado	Ing. José Mora Gómez
	19:00 a 21:00 h	Dragado	Ing. Ernesto Coloma Pastor
5	17:00 a 19:00 h	Edificios y Almacenes	Ing. Ricardo Palacios Molinet
	19:00 a 21:00 h	Faros y Balizas	Ing. Francisco Canabal Pauliad
6	17:00 a 19:00 h	Construcción de Modelos Hidráulicos	Ing. Francisco Tellez Granados
	19:00 a 21:00 h	Terminales Marítimas Petroleras	Ing. Benjamín Ledom Herrera
7	17:00 a 21:00 h	Instalaciones Alejadas de la Costa	Ing. Alfonso Barnetche González

DIA	HORARIO	TEMA	PROFESOR
18	17:00 a 21:00 h	Muelles Petroleros	Ing. Arturo Ruiloba de León
19	17:00 a 21:00 h	Obras Exteriores	Ing. Mauricio Osorio Morales

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO CONSTRUCCION MARITIMA
Y PORTUARIA 1979.

1. ING. ALFONSO BARNETCHE GONZALEZ
Director General
Proyectos Marinos
Plaza Comermex
Blvd. M.A. Camacho No. 1
México 10, D.F.
Tel. 395.00.88
2. ING. ERNESTO COLOMA PASTOR
Jefe del Depto. de Planeación de Obras
Dirección General de Dragado
Subsecretaría de Puertos y Marina Mercante
S. C. T.
Av. B. California 255-7°
México, D.F.
Tel. 564.54.22
3. ING. GERMAN FAZ SALMON
Subjefe de Estructuras
Depto. de Diseños
Dir. Gral. de Obras Marítimas
S. C. T.
Insurgentes Sur 465-7°
México, D.F.
Tel. 564.51.01
4. ING. BENJAMIN LEDOM HERRERA
Jefe del Depto. de Admón. de Proyectos
Obras Marítimas
PEMEX
Marina NaL. 329 Edif. 1810-10°
México, D.F.
Tel. 531.63.63
5. ING. MAURICIO OSORIO MORALES
Dirección General de Obras Marítimas
S. C. T.
Insurgentes Sur 465-3°
México, D.F.
Tel. 584.60.06

6. ING. RICARDO PALACIOS MOLINET
Subjefe de Avance de Obras y Revisión de
Estimaciones
Subdirección General de Construcción
Depto. de Obras
Dirección General de Obras Marítimas
S. C. T.
Insurgentes Sur 465-6º
México II, D. F.
Tel. 564.61.95
7. MANUEL REPETTO CASANOVA
Residencia Obras del Puerto
Veracruz, Ver.
Tel. 2.42.62
8. ING. FRANCISCO RIOS CANO
Jefe de la Oficina de Ejecución y Planeación de Obras
Subdirección de Construcción
Dirección General de Obras Marítimas
S. C. T.
Insurgentes Sur 465-6º
México II, D. F.
Tel. 564.61.95
9. ING. ARTURO RUILOBA DE LEON
Residente Obras Marítimas
PEMEX
Pajaritos, Ver.
10. ING. JOSE FRANCISCO TELLEZ GRANADOS
Subjefe del Depto. de Estudios y Laboratorios
S. C. T.
Lerdo de T. jada No. 6
Col. Marina Nacional
México, D. F.
Tel. 569.28.37
11. ING. JOSE VARGAS ZEPEDA
Asesor Técnico de las Especificaciones de
Contratos
Dirección General de Obras Marítimas
S. C. T.
Insurgentes Sur 465-6º
México, D. F.
Tel. 564.53.71

12. ING. ROBERTO VERA STRATHMAN
Jefe del Depto. de Obras
Dirección General de Obras Marítimas
S. C.T.
Insurgentes Sur 465-7º
México 11, D.F.
Tel. 564.61.95

13. ING. FRANCISCO CANABAL PAULLADA
Director General
Señalamiento Marítimo
Subsecretaría de Puertos y Marina Mercante
Av. Eugenia No. 197-4º
México 12, D.F.
Tel. 579.30.58

14. ING. JOSE MORA GOMEZ
Subdirector
Benjamín Mora I.C.
Londres 71
Col. Juárez
México 6, D.F.
Tel. 533.02.74



EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

CURSO: CONSTRUCCION MARÍTIMA Y PORTUARIA

FECHAS: Del 8 al 19 de Octubre de 1979.

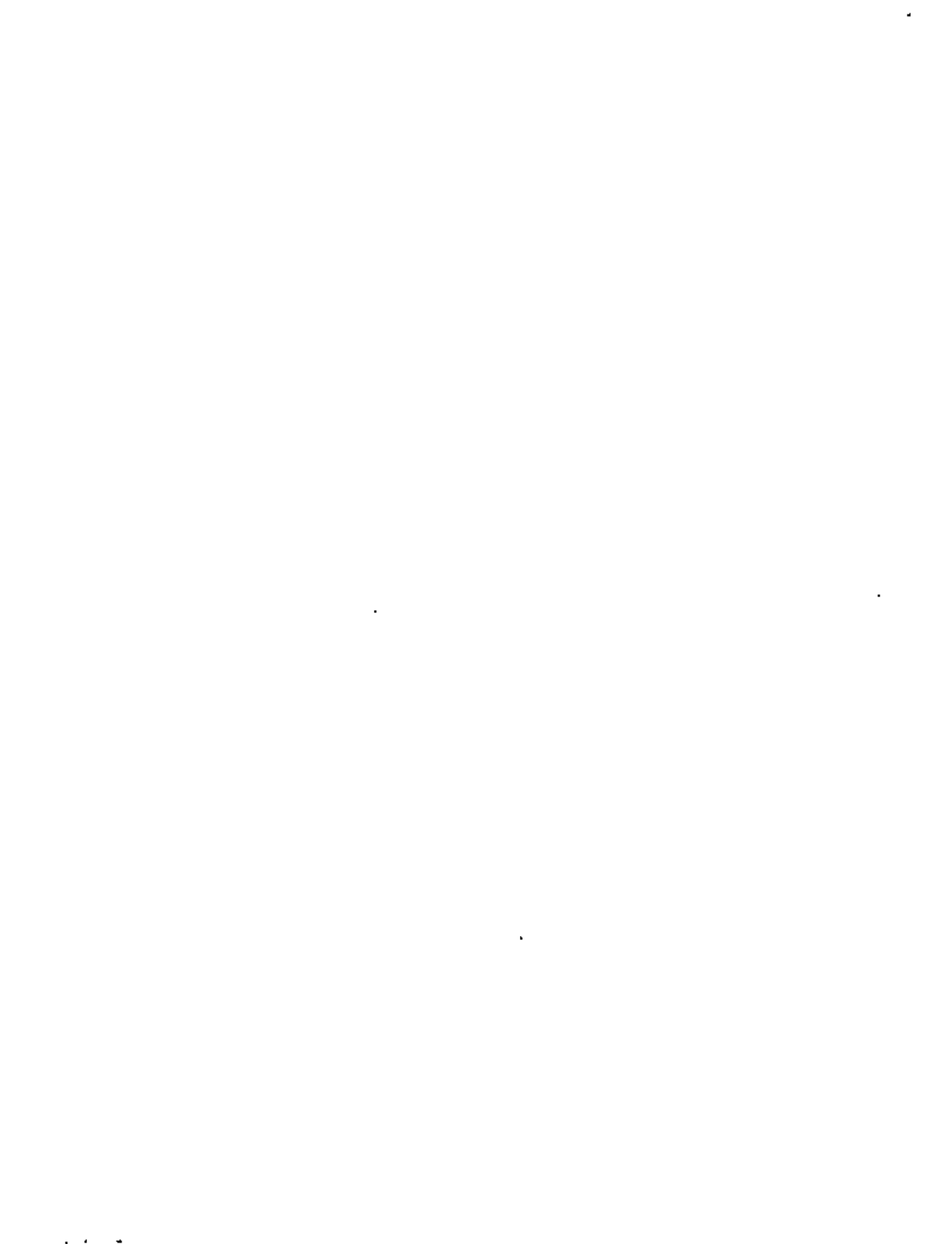
	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANT. DEL INTERES (AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION, COMUNICACION CON LOS ASISTENTES)	PUNTAJUALIDAD
Muelles de Pilotes y Bloques Precolados. (Vargas)				
Instalaciones y S ^{er} vicios (Ríos)				
Muros Milano (Vera)				
Accesos Carreteros y Ferroviarios. (Faz)				
Dragado (Coloma)				
Diques Secos y Varaderos. (Repetto)				
Edificios y Almacenes (Palacios)				
Faros y Balizas (Canabal)				
Const. de Modelos Hidráulicos. (Tellez).				
Terminales Marítimas Petroleros. (Ledom)				
ESCALA DE EVALUACION DEL 1 AL 10				



EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

-2-

DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANT. DEL INTERES (AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION, COMUNICACION CON LOS ASISTENTES)	PUNTUALIDAD
Instalaciones Alejadas de la Costa (Barnetche)			
Muelles Petroleros. (Ruiloba)			
Obras Exteriores. (Osorio).			
Dragado (Mora)			



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



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

MUELLES DE PILOTES PRECOLADOS

ING. JOSE VARGAS ZEPEDA

OCTUBRE, 1979.

MUELLES DE PILOTES PRECOLADOS.
POR JOSE VARGAS ZEPEDA

Los Muelles que se construyen empleando infraestructura de pilotes de concreto precolados, se pueden considerar obras de tipo permanente.

Cuando se requiera construir un Muelle en una cierta zona cercana al Puerto en tierra, podrá construirse la infraestructura con pilotes colados en sitio o hincando pilotes precolados y a continuación se realizará la construcción de la superestructura y dragado, a fin de dejar ligado el nuevo Muelle al Puerto.

Cuando dentro de una zona de agua en un Puerto, se ha requerido la construcción de un Muelle, lo más común ha sido construir la infraestructura empleando pilotes precolados de concreto armado, Pilas y Muros de retención que sostengan el relleno posterior del Muelle.

En estas notas solamente trataremos lo relativo a la construcción de Muelles de dos tipos: de pilotes precolados de concreto y muros, de retención formados por bloques precolados de concreto.

MUELLES DE PILOTES DE CONCRETO PRECOLADO.

Los pilotes de concreto se fabrican en áreas previamente acondicionadas para el caso, que resultan ser mesas para colado.

El tipo de construcción, tamaño, disposición, cantidad y localización de las mesas de colado, variará según los requerimientos y condiciones del proyecto que se tenga que llevar a cabo.

Las mesas de colado de pilotes estarán dispuestas en tal forma que al realizarse el colado de los pilotes pueda efectuarse de manera que estos no sufran deformación y que cuando se requiera manejarlos ya sea para llevarse al lugar de hincado o de almacenaje previo para posterior transportación, no sufran deterioros.

Por lo general para el colado de pilotes se emplean moldes metálicos de madera o combinación de estos materiales.

Cuando se requieran cantidades considerables de pilotes y no se disponga en la localidad de suficientes áreas para instalar las mesas de colado necesarias, los pilotes podrán construirse unos sobre otros en los niveles que se requiera, teniendo en cuenta que las losas de las mesas de colado deberán fabricarse en tal forma que resistan el peso de las capas de pilotes que se construyan sobre ellas, y el equipo con el que se manejen éstos.

CONTROL DE CALIDAD.

La fabricación del concreto deberá cumplir con las especificaciones según las determine el proyecto.

Deberá emplearse cemento tipo II el cual presenta mayor resistencia al ataque de las sales del agua de mar. Cuando no se disponga del cemento tipo II, se empleará cemento tipo I, pero se le deberá adicionar puzzolana, según las pruebas correspondientes de laboratorio, o en otro caso se empleará un aditivo inclusor de aire.

El proporcionamiento del concreto debe ser tal que se obtenga en la fabricación de éste para los pilotes una resistencia a la compresión comprendida entre los 200 kg/cm² y 250 kg/cm² a los 28 días de edad, por lo general.

Cuando se inicia la fabricación de un pilote no debe suspenderse el colado del concreto hasta la terminación completa del pilote. El concreto se compactará adecuadamente con vibrador.

Se tendrá cuidado que no interfiera el anclaje que se deje en el pilote para poder manejarlo, con el acero de refuerzo. Los pilotes generalmente serán operados suspendiéndose por dos o tres puntos, instalándose anclajes de suspensión.

Los pilotes podrán constuirse en zonas cercanas a la obra o a distancias considerables, según el caso.

Deberán extremarse las precauciones en la estiba de los pilotes en los vehículos que los transporten.

Al llegar al lugar de hínca, se debe inspeccionar rígurosamente cada pilote, a fin de no emplear pilotes que hubieren sufrido algún daño- que los inhabilite.

En algunos casos en que se acepten agrietamientos de poca importun-
cia en los pilotes, éstos deberán ser convenientemente resanados, --
por ejemplo: empleando aditivos a base de resinas, que se fabrican-
expofeso.

PRUEBAS DE HINCADO.

En la construcción de un Muelle con pilotes de concreto precolado de
be tenerse en cuenta, efectuar previamente pruebas de hincado de pi-
lotes en la zona, antes de determinar finalmente la longitud de los-
pilotes, aún cuando el proyecto contemple las longitudes iniciales -
de estos.

Los pilotes de prueba se clavarán en tal situación que cubran la zo-
na de trabajo.

Los pilotes de prueba se hincarán en la localización correspondiente
del proyecto, en tal forma, que si el hincado resulta satisfactorio-
ya queden formado parte de éste.

El número de pilotes hincados de prueba, dependerá:

- a).- De las condiciones estratigráficas del Área de trabajo. Donde -
varíen poco las condiciones físicas de los estratos, serán re--
queridas menos pruebas.
- b).- De las condiciones marinas en general, para operar el equipo de
hincado en las pruebas.

Por lo común se acepta un pilote de prueba por cada 100 pilotes del proyecto.

Cuando se proceda al hincado de un pilote de prueba, deberá efectuarse siguiendo el mismo tipo de operaciones que se tenga planeado para el hincado de los pilotes del proyecto. Cuando se termine de hincar el pilote se procederá a cargarlo con la carga estática de proyecto. Se aplicarán las fórmulas dinámicas para determinar la carga que pueda resistir el pilote, pero lo anterior se realizará únicamente con el objeto de establecer comparación entre éstas y la prueba estática. Durante el hincado de pilotes de prueba en estratos francamente arcillosos, cuando llegue la punta del pilote a una posición cercana al nivel de desplante de proyecto, será conveniente suspender la operación de hincado a fin de que el fenómeno de recuperación del terreno se efectúe y poder llevar a cabo la prueba estática de carga en el pilote de prueba.

Durante el hincado de pilotes de prueba en estratos francamente arenosos (granulares), se tendrá cuidado, si están hincados con chiflón, de suspender el chifloneo antes de que el pilote llegue a su nivel de desplante, y se continúa el hincado con el martillo hasta llegar a su nivel de proyecto. Posteriormente se efectuará la prueba de carga estática.

TIPO DE EQUIPO.

Cuando se trata de construir Muelles perimetrales o en espigón cimentados en pilotes de concreto precolados, podrá emplearse equipo flotante o de tierra para el hincado.

El procedimiento a elegir deberá ser el que mejor se adapte a las condiciones del proyecto y el lugar de la obra, teniendo en cuenta la mayor economía.

Cuando se trate de construir un Muelle tipo espigón pero muy ancho, se puede considerar que el empleo de una piloteadora flotante puede resultar lo más económico.

Las condiciones del lugar y del proyecto serán definitivas en la opción del tipo de equipo por emplear.

PILOTES SOLDADOS.

Por lo general, cuando el proyecto requiere el empleo de pilotes de gran longitud, los pilotes pueden construirse en dos tramos, se hincan el primer tramo, soldando a este el segundo tramo y se termina el hincado.

El método común para soldar un tramo de pilote precolado con otro, consisten soldar dos placas de acero que se anclan en las secciones rectas extremas de cada tramo. Las placas se sueldan antes de colar el tramo de pilote al acero de refuerzo de aquél, cuidando estrictamente que las placas queden finalmente perpendiculares a la sección longitudinal de los tramos por soldar.

Para lograr una buena soldadura entre ambas placas se bisela todo el perímetro de ellas a 45° donde se depositarán los cordones de soldadura que se requieran para unir las placas.

Se debe tener cuidado al soldar los dos cuerpos de un pilote, que los ejes longitudinales de ambos queden sensiblemente colineales, para evitar reflexiones peligrosas durante las operaciones de hincado. Cuando se trate del hincado de pilotes inclinados la segunda parte del pilote debe soldarse colineal con la primera parte, aún cuando esta no coincida con la inclinación de proyecto, a fin de evitar daños al pilote durante la terminación del hincado.

A continuación se transcriben los datos de algunos martillos, de los más usados.

TABLA 14-13, DATOS SOBRE MARTINETES PARA EL HINCADO DE PILOTES.

MARTINETE	Tamaño del martinete	Peso lb.		Carreras por min.	Long. de la carrera pulg.	Energía. Teórica ft-lb por golpe.
		Uni- dad. com- pleta.	Ariete			
Vulcan simple acción.	4	1,400	550	80	21	825
	2	6,700	3,000	70	29	7,260
	1	9,600	5,000	60	36	15,000
	0	16,250	7,500	50	39	24,375
	OR	18,050	9,300	50	39	30,225
McKerna-Terry simple acción	S3	9,030	3,000	65	36	9,000
	S5	12,460	5,000	60	39	16,250
	S8	18,300	8,000	55	39	26,000
	S10	22,380	10,000	55	39	32,500
	S14	31,700	14,000	60	33	37,500
Vulcan, diferencial.....	18C	4,139	1,800	150	10 1/2	3,600
	30C	7,250	3,000	133	12 1/2	7,260
	50C	12,140	5,000	120	15 1/2	15,100
	140C	27,980	14,000	103	15 1/2	36,000
Mc Kiernan-Terry doble acción	200C	39,050	20,000	98	15 1/2	50,200
	5	1,500	200	300	7	1,000
	7	5,000	800	225	9 1/2	4,150
	9B3	7,000	1,600	145	17	8,750
	10B3	10,850	3,000	105	19	13,100
Unión, doble acción	11B3	14,000	5,000	95	19	19,150
	1 1/2A	9,200	1,500	125	18	8,280
	1A	10,500	1,600	120	18	10,020
	1	10,000	1,850	130	21	13,100
	CA	17,000	5,000	90	21	22,050
	00	21,000	6,500	85	36	54,900

Los martillos tipo vibrador se han usado últimamente con bastante éxito para hincar pilotes en algunos estratos de tipo arcilloso. Se obtienen mayores rendimientos en el tiempo de hincado, comparados con los martillos tradicionales, ya sean los de simple ó de doble-acción. El Martillo vibrador marca "Foster" se fabrica en los Estados Unidos de América.

CIFLONEO EN ESTRATOS GRANULARES.

En terrenos en los que la estratigrafía indica capas de materiales granulares predominantemente, resulta una ayuda muy eficaz para el hincado de pilotes, el empleo de chiflón. Actualmente se incluye en la construcción de los pilotes de concreto la tubería necesaria y accesorios requeridos para el funcionamiento del chiflón, dentro del pilote, al colarse éste.

Las ventajas de emplear chiflón para auxiliarse en el hincado de pilotes de concreto precolado para la construcción de la subestructura de un Muelle, son muy significativas cuando se trata de estratos granulares, tales como arenas finas, medianas, gruesas, gravillas ó mezcla de estos materiales.

En algunas ocasiones la mezcla de estos materiales forman estratos muy duros como fue el caso del piloteo del Muelle Fiscal de Manzanillo, Col., donde se empleó chifloneo en el hincado de los pilotes. Es muy importante por medio de pruebas determinar a que distancia del nivel de desplante de proyecto y la punta del pilote debe suspenderse el chifloneo, a fin de que, el último tramo del pilote sea hincado por medio del martillo para hacerlo llegar a su nivel de desplante.

Debe tenerse en cuenta, cuando se emplee chifloneo en el hincado de pilotes, que se deben tomar las mayores precauciones a fin de que no se presente ninguna interrupción del chifloneo durante la opera-

ción, y que si llegase a suceder, se presentarían serias dificultades para continuar el hincado del pilote con el chifloneo.

MARTILLO DE PILOTES EN ESTRATOS ARCILLOSOS.

En estratos arcillosos blandos, se han hincado pilotes para Muelles, - por ejemplo el Muelle para Carga General de la Ardilla y el Muelle de Granos en Guaymas, Son.

Por tratarse de arcillas muy blandas los pilotes se hundían en ocasiones algunos metros por efecto de su propio peso, antes de ser martillados.

En la Dársena de Pajaritos, Ver., se encontraron estratos muy parecidos a los de Guaymas, Son., En la Dársena de Pajaritos se han construido Muelles Petroleros y para exportar productos petroquímicos, todos se han construido con pilotes de concreto. En la margen izquierda del Río Coatzacoalcos, Ver., se han reestructurado los antiguos Muelles, como el Muelles para contenedores que está por terminarse. En la margen izquierda del Río Pánuco en Tampico, Tamps., se han construido Muelles marginales sobre pilotes de concreto y se ha iniciado la reestructuración general de los antiguos Muelles con pilotes de concreto.

Un caso típico donde se han hincado pilotes de concreto soldados, fue en el Muelle para el Dique Flotante en Tampico, Tamps., los tramos de pilotes fueron de 24 y 22 metros, teniendo una longitud total los pilotes ya hincados de 46 mts.

En la margen izquierda del Río Soto la Marina, se ha construido un Muelle Pesquero con pilotes de concreto soldado.

SUPERESTRUCTURA.

Sobre la infraestructura del Muelle de pilotes precolados se apoya la Superestructura de concreto armado que contiene todos los servicios para las operaciones de atraque, estadía y operaciones de carga y des--

carga de las embarcaciones, de acuerdo con el tipo de éstas, la clase de carga y los requerimientos del caso.

En la Superestructura se instalarán las defensas, tuberías, bitas, vías, pavimentos, servicios, almacenes, transportadores y grúas de diferentes clases, según el tipo de muelle de que se trate.

La cubierta del Muelle podrá estructurarse de concreto armado ya sea por medio de losas nervuradas, losas planas, o también por trabes y arcos de concreto armado.

La cimbra para la construcción de la superestructura se apoya en los pilotes, por medio de aditamentos especiales colocados en tal forma que no produzcan daños a los pilotes y que garanticen las seguridades necesarias en todos los procesos constructivos de la superestructura.

En algunos casos pueden emplearse algunos elementos de concreto precolado, que contribuyan a la economía de la construcción de la superestructura.



MUELLES DE BLOQUES DE CONCRETO PRECO-

LADO.

Estos Muelles están estructurados con un muro de contención formado por bloques de concreto precolado. Estos se colocarán en tal forma que el prisma de contención formado, en su cara anterior constituya el paramento de atraque del Muelle para las embarcaciones, rellenando con piedra la zona posterior del prisma, para construir sobre el relleno, una vez terminado, las instalaciones complementarias para el funcionamiento específico del Muelle.

Este tipo de Muelles puede construirse en zonas en tierra, cercanas al Puerto, que posteriormente se dragarán para que forme parte del Puerto.

En una zona de agua en un Puerto se requiere construir un Muelle de este tipo. Este es el caso que se va a tratar en esta información.

Para la realización de este tipo de obras, en lo referente a la colocación de los bloques, se han seguido principalmente dos procesos constructivos:

- 1.- Colocación de los bloques con grúa rodante, apoyando el sistema sobre el bloque de la corona de la obra, conforme avanza ésta.
(ver croquis de Acapulco, Gro.).
- 2.- Colocación de los bloques con grúa rodante que se traslada sobre viaducto provisional (obra falsa) paralelo al paramento del Muelle. (ver croquis de Mazatlán, Sin.).

El proceso constructivo No. 1, se empleó en las obras de Veracruz, Ver., Salina Cruz, Oax., y en Acapulco, Gro.

El proceso constructivo No. 2 se empleó en la construcción del Muelle de Altura en Mazatlán, Sin.

SECUENCIA CONSTRUCTIVA.

En ambos sistemas para colocar los bloques, la secuencia constructiva del Muelle es la siguiente:

- a).- Dragado de la zona de desplante del muro, incluyendo la excavación de la cepa de cimentación. La excavación podrá efectuarse en operaciones continuas o intermitentes.
- b).- Colocación de la piedra y nivelación de la cama de desplante del muro. Este trabajo podrá también efectuarse en operaciones cont
- nuas o intermitentes.
- c).- Construcción, almacenaje y transporte de bloques.
- d).- Construcción del machón de bloques para apoyar las secciones inclinadas de los bloques para formar el muro.
- e).- Colocación de bloques.
- f).- Remate del coronamiento, defensas y bitas.
- g).- Relleno posterior.
- h).- Construcción de pavimentos, vías, bodegas y servicios complementarios del Muelle.

DRAGADO DE LA ZONA DE DESPLANTE.

Según las condiciones del lugar de la obra, el dragado se podrá efectuar con draga de succión, de canjilones, o de almeja.

En Mazatlán se empleó draga de succión para retirar el material de espesores considerables en la zona. Posteriormente se afinó el dragado de la cepa con draga de almeja, montada en chalán.

En Veracruz, Ver., y Salina Cruz, Oax., según las memorias de obra, se emplearon dragas de succión y de canjilones, para efectuar el trabajo de dragado de la cepa de cimentación.

En Acapulco, Gro., se localizó en tal forma la línea de Muelle, que -

no hubo necesidad de dragado en la zona, solamente emparejar para - -
construir la cama de desplante.

COLOCACION DE LA PIEDRA Y NIVELACION DE LA CAMA DE DESPLANTE.

Generalmente la piedra que se emplea en este trabajo se extrae de algún banco, clasificándola en tal forma que se utilice piedra de peso comprendido entre uno y veinte kgs., la piedra por lo general se lleva hasta el lugar donde deba depositarse, en chalanes, ya sean de fondo-compuerta, de cubiertas inclinadas o cubiertas plana..

Cuando se emplean chalanes de fondo compuerta, generalmente constan éstos de compartimientos, para controlar los volúmenes de la colocación de la piedra según se requiera, operando las compuertas del fondo.

Cuando se utilizan chalanes de cubiertas inclinadas, también se emplean compuertas en compartimientos, operando las compuertas laterales, como sea necesario, dejando caer la piedra en los lugares que se requieran. Cuando se emplean chalanes de cubierta plana, se utiliza un tractor de los de menor peso con cuchilla empujadora, para ir arrojando la piedra en las zonas previstas.

El control del fondeo de la piedra debe ser tal, que se arroje la piedra que se requiera en las secciones en el fondo marino, en tales condiciones, que las operaciones de nivelación de la cama se facilite a la cuadrilla de buzos que realice este trabajo.

Se han empleado diferentes tipos de escantillón para el afinado de la cama de cimentación. Es muy importante la buena ejecución de este trabajo, por el efecto que tiene en la formación de las hiladas de bloques.

CONSTRUCCION, ALMACENAJE Y TRANSPORTE DE BLOQUES.

Se requirieron mesas para la construcción de bloques, dispuestas en tal forma que el equipo para cargar los bloques pueda operarse con seguridad y eficiencia. En Mazatlán, Sin., se emplearon mesas individuales para el colado de cada bloque, dispuestas en tal forma, que con una grúa montada en orugas se efectuaban las operaciones tanto para almacenaje de los bloques, como la carga de éstos en plataformas para transportarlos a su lugar de colocación.

El concreto empleado para la construcción de los bloques será de tipo ciclópico, a fin de obtener economía. Generalmente se admite emplear el 30% de volumen de roca en relación con el volumen del concreto del bloque.

Para suspender los bloques, en las obras de Mazatlán, se dejaron tres orquillas de varilla corrugada en cada uno de ellos, ancladas y convenientemente dispuestas para enganchar la maniobra para la operación de éstos.

En el caso de Mazatlán, Sin., los bloques se transportaron sobre plataformas desde el patio de almacenamiento de bloques hasta el pie de la grúa que los colocaba, entrando las plataformas con los bloques al viaducto de operación del equipo de referencia.

CONSTRUCCION DEL MACHON PARA APOYO.

A fin de formar las hiladas de los bloques, de acuerdo con la inclinación de proyecto, se construyó un machón de bloques especialmente diseñados para el caso.

COLOCACION DE BLOQUES.

Todas las hiladas de bloques se colocan inclinadas como se indica en el croquis T-4.

Se tendrá especial cuidado para que la primera hilada inferior quede en la posición rigurosa de proyecto.

Esto se logra calzando convenientemente cada bloque de la primera hilada. Todo lo anterior se podrá verificar con un escantillón adecuado. Cada bloque de la hilada, deberá verificarse en su línea y nivel como corresponde.

A fin de facilitar la colocación de los bloques, cada uno va marcado con su nomenclatura, pintada con letras grandes, teniendo cuidado al ser transportados para su colocación, de revisar la nomenclatura a fin de repintarla cuando fuere necesario.

REMATE DEL CORONAMIENTO.

Una vez terminado un tramo, en una longitud conveniente, se procedió a colar en sitio el bloque del coronamiento provisto de una guarnición portectora en la esquina exterior superior. Durante el colado del bloque superior se dejaron en él las preparaciones para instalar las defensas y las bitas de amarre.

RELLENO POSTERIOR Y OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Al terminarse tramos del coronamiento en longitud conveniente, se procedió a efectuar el relleno posterior, dejando el ducto a todo lo largo del Muelle, para instalar en él los tubos para los servicios. El material empleado para el relleno fue producto de la explotación de un banco de piedra, utilizando roca de 50 kgs. hasta grava de 10-cm. En el talud del enrocamiento se construyó un filtro con materiales pétreos graduados, para retener el relleno posterior de arena. Una vez efectuados todos los rellenos, nivelados y compactados, se procedió a la instalación de vías de ferrocarril, bitas, defensas, pavimentos, drenes, ductos, bodegas, alumbrado de la zona portuaria, bardeado de ésta y construcción de casetas en los accesos.

B I B L I O G R A F I A.

CIMENTACIONES PROFUNDAS.
ROBERT D. CHELLIS.

PILOTES Y CIMENTACIONES SOBRE PILOTES.
ZAREN DAVIDIAN.

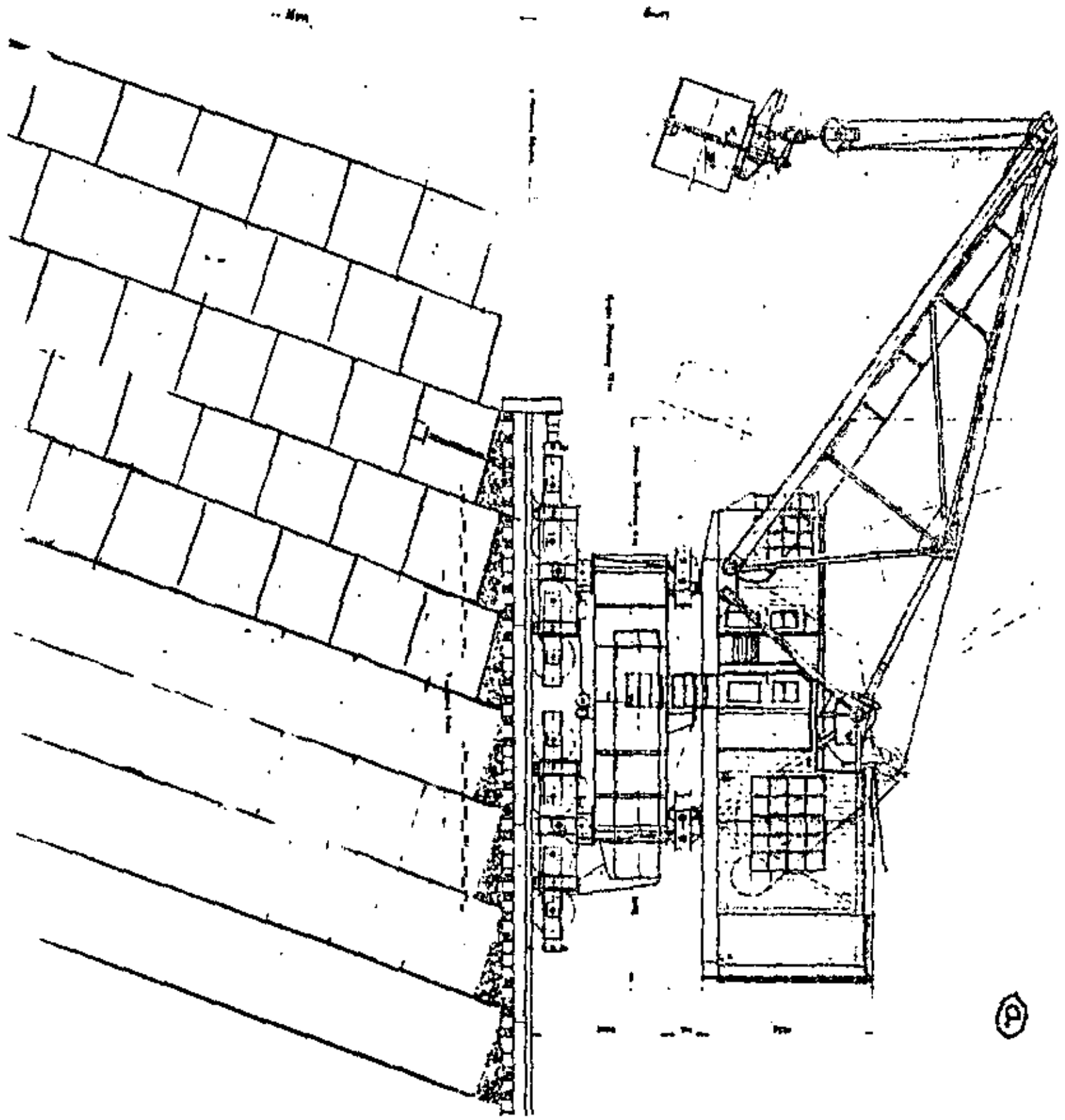
METODOS, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION.
R.L. PEURIFOY.

PILE DRIVING HANDBOOK.
ROBERT CHELLIS

PILING FOR FOUNDATIONS.
R.R. MINI KIN.

BOOK ENGINEERING.
BRYSSON CUNNINGHAM.

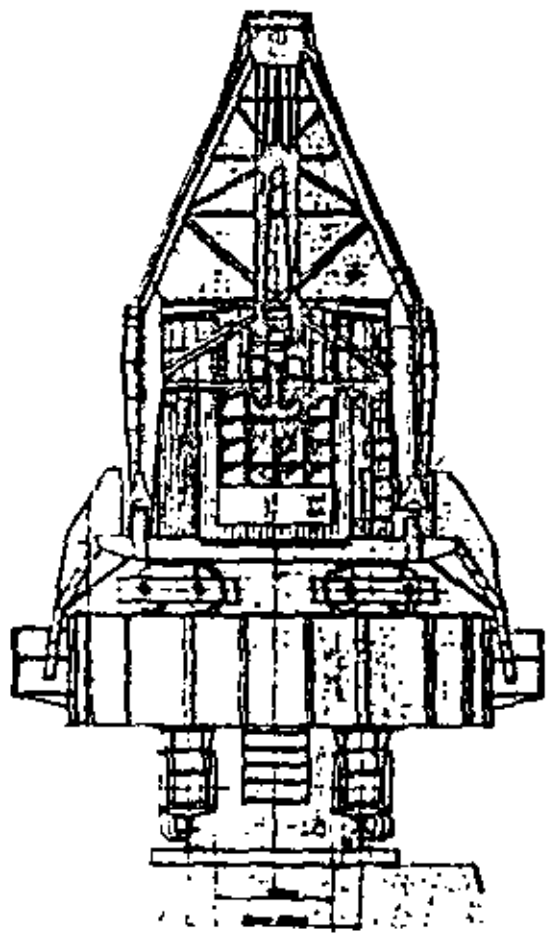
PALI E FONDOZINI. SU PALI.
ING. RENATO SANSONI.



(P)



(b)



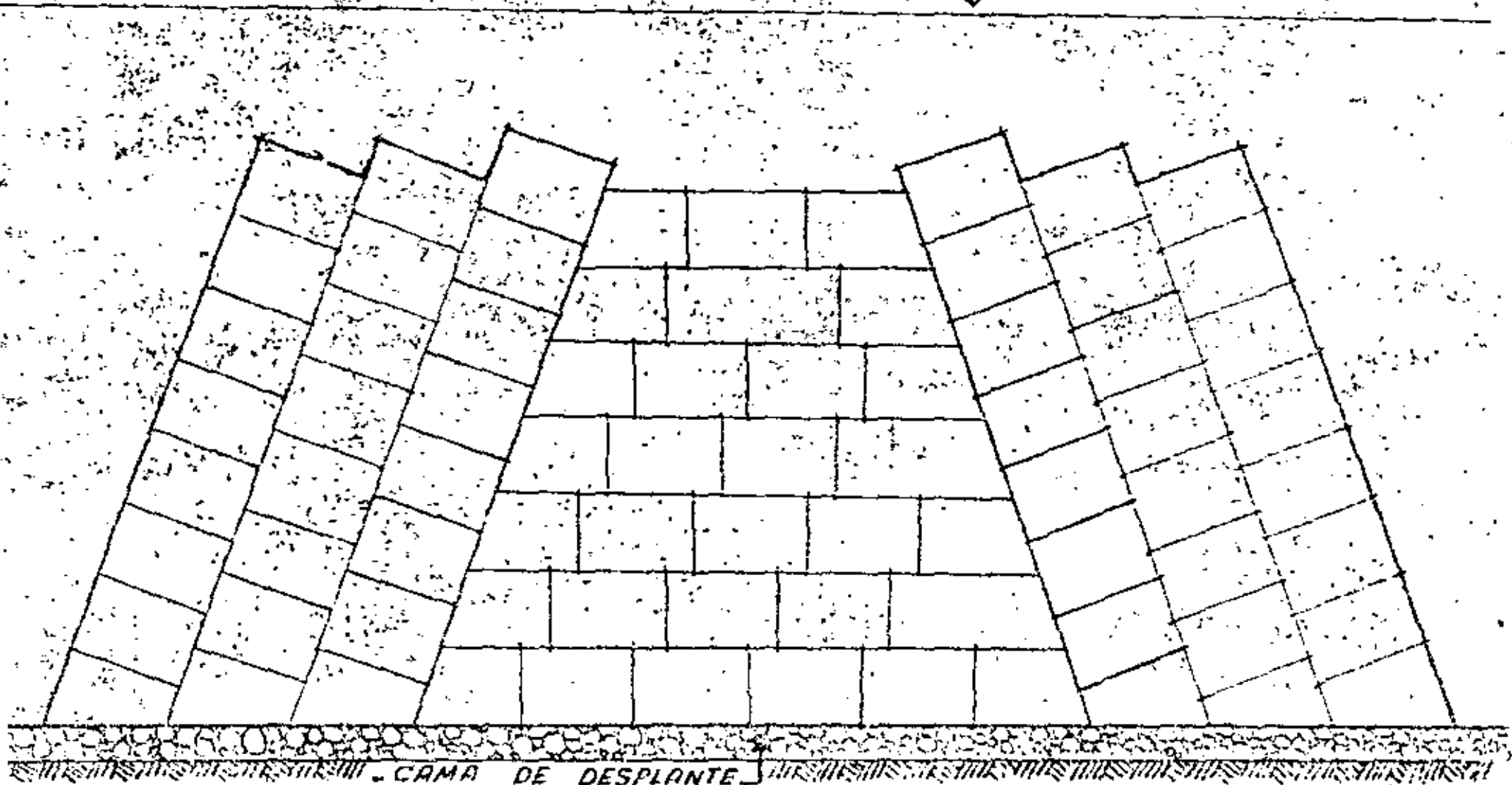
Auftrag Nr. 205 780/99 - Neapulco.

DEMAG	
Aktiengesellschaft · Duisburg	
Bestell-Nr. 221/5440	Gesamt-Disposition
	mit Motorstrom 356/2
	221/5440
	221



T-4

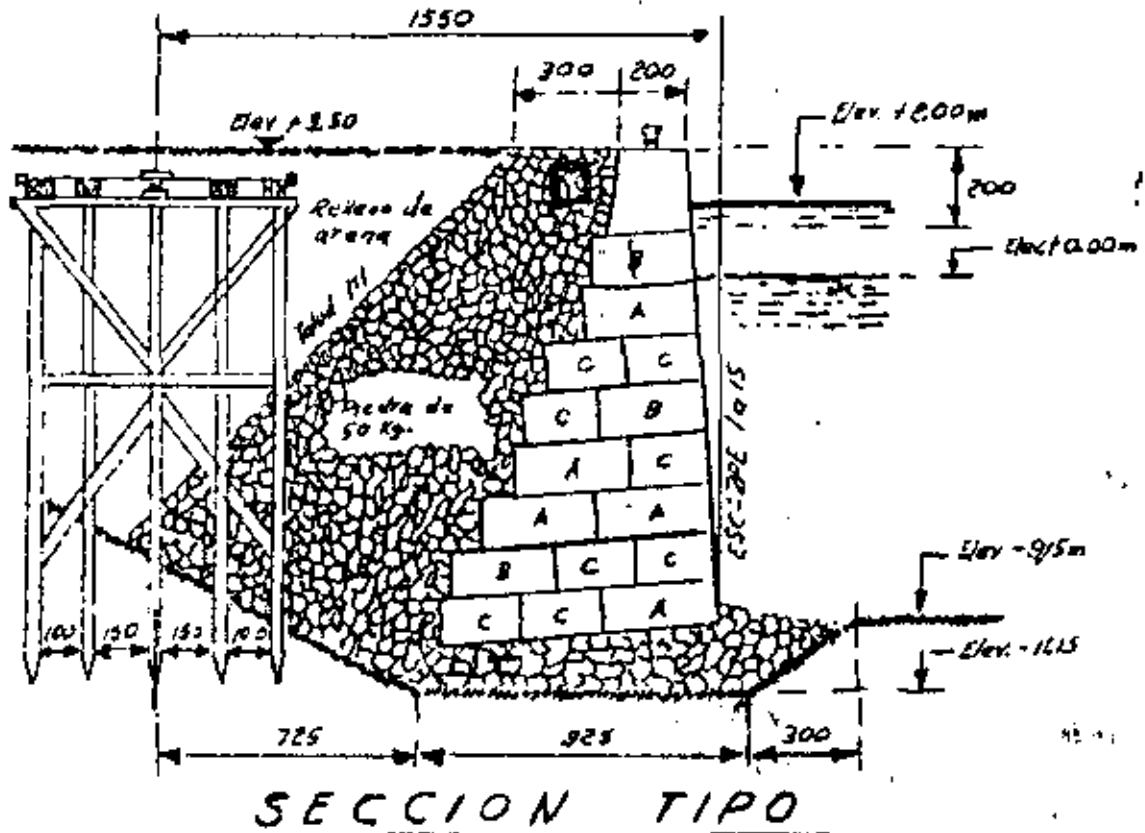
← piso terminado del muelle.



CORTE LONGITUDINAL EN EL -
ARRANQUE DE LA CONSTRUCCION.

MUELLE DE ALTURA.
MAZATLÁN, SIN.

T-5



DIMENSIONES DE BLOQUES			
Tipo	Ancho	Largo	Altura
A	200	330	135
B	200	300	136
C	200	225	130

**MUELLE DE ALTURA
MAZATLAN, S.N.**



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



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

INSTALACIONES Y SERVICIOS

ING. FRANCISCO RIOS CANO

OCTUBRE, 1979.

INSTALACIONES Y SERVICIOS.

Es difícil la denotación o significado de estas dos palabras por la imprecisión que existe en sus definiciones. En efecto, instalar es colocar o establecer en un lugar, en una construcción o en un edificio, los elementos y enseres que ahí se vayan a utilizar para cumplir con una función, como en una fábrica se coloca la maquinaria y los dispositivos que muevan a esa maquinaria, o como en un edificio se ponen tuberías para agua potable y para aguas negras, cables para luz y fuerza y para teléfonos, aparatos para elevadores, etc.

Por otro lado, servir es hacer algo en favor de una causa, de una persona o de un conjunto de personas.

Un servicio está formado por la organización, elementos materiales y personal destinados a cuidar intereses o a satisfacer necesidades de público o de alguna entidad oficial o privada, como por ejemplo en los puertos el servicio contra incendio, el de remolcadores, el de amarre de embarcaciones, etc.

Una parte del servicio está constituido por los materiales y útiles que se usen para poder suministrar una ayuda, y la otra, por el personal de trabajo y por el suministro mismo.

En el servicio no solamente entra el trabajo del hombre y el funcionamiento de las máquinas y accesorio, sino el suministro de la materia o sustancias necesarias en la operación.

Partiendo de estos principios, se puede decir que se hacen instalaciones para dar un servicio.

Es común oír decir: Instalaciones Portuarias al referirse a construcciones y obras varias en los puertos, que sirven para el funcionamiento de los mismos. Así por ejemplo, se dice instalaciones de atraque para referirse a muelles y a atracaderos en general, en sus diversos tipos, y se habla de instalaciones de abrigo para citar a rompeolas, escolleras o a espigones de protección.

Sin embargo siguen llamándose instalaciones, a las que como complemento de una obra portuaria principal deben establecerse en tal obra para lograr un mejor funcionamiento. Como ejemplo podemos citar las bitas y defensas en un muelle, como instalaciones de amarre y de defensa respectivamente.

De aquí que se clasifiquen aunque inapropiadamente a las instalaciones en dos grandes grupos.

- 1.- Las de gran magnitud (obras importantes)
- 2.- Las de pequeño tamaño que son las que se instalan en una obra de gran magnitud.

Para mí no deben denominarse instalaciones a las obras grandes, sino designarlas con su nombre propio. En vez de instalaciones de atraque se dirá "obras de atraque" y en lugar de instalaciones de abrigo habrá que decir simplemente -- "rompeolas o escolleras, u obras de abrigo".

Es tradicional en cambio, denominar instalaciones a algo que se coloca como complemento de una obra mayor para mejorar el funcionamiento de esta última, -- como sucede con el conjunto de elementos, accesorios y materiales en general que sirven para darnos luz y fuerza (instalación eléctrica); agua (instalación hídrica); facilidades para subir y bajar carga (elevadores); clima artificial (instalaciones de aire acondicionado); medios de sujeción de las embarcaciones (instalaciones de amarre); elementos para absorber los golpes que las embarcaciones-- producen en los muelles (instalaciones de defensas); facilidades para extraer -- agua sobrantes y desecharlas (instalaciones de achique); etc.etc.

Raramente podrá darse un servicio portuario sin contar con la instalación -- correspondiente.

Desde luego, los servicios elementales como los de persona a persona no requieren siempre de instalaciones o éstas son tan pequeñas que no se toman en cuenta.

Hay una relación inseparable entre Instalación y Servicio, que permite conocer fácilmente a los elementos humanos y materiales que intervienen en una y -- en otra.

Tratándose de un puerto, se deben hacer las siguientes instalaciones principales para dar el correspondiente servicio:

En las Obras de Abrigo.

INSTALACIONES	SERVICIOS.
Balizas de situación en rompeolas y escolleras.	Señalamiento Marítimo.
Postes, lámparas, cables, bancas, sonido y adornos en malecones.	De iluminación eléctrica en paseos.-
Pavimentos en la corona.	Malecones.

- 3 -

En el Canal de Entrada y de Navegación.

INSTALACIONES

SERVICIOS.

Oficinas, Casetas, Señales, Embarcaciones, Atracaderos, etc.

Prácticos para guiar a las embarcaciones al entrar, atracar y salir de un puerto.

Boyas diurnas y nocturnas, balizas en tierra para enfilación, señales sonoras, radar, etc.

Señalamiento Marítimo.

Redes y obstáculos.

Para cerrar la entrada de un puerto.

Duques de Alba. Remolcadores.

Protección a la navegación interior.

En la Dársena de Giaboga.

Boyas, balizas, otras señales. Remolcadores. Profundización.

Navegación interior. Señalamiento Marítimo.

En Muelles y Atracaderos.

Ductos, postes, cables, tomas, registros y varios.

Telefónico.

Ductos, postes, cables, subestaciones, arbotantes, lámparas, tableros, tomas, casetas, registros y varios.

Eléctrico de iluminación y fuerza.

Tuberías, accesorios y conexiones, registros, bombas, mangueras, tomas tanques móviles y estacionarios, varios.

Abastecimiento de agua, de gas y de combustibles para embarcaciones. Contra incendio.

Tuberías, muebles de baño, registros, varios.

Instalaciones sanitarias.

Elevadores, montacargas, otros mecanismos.

Transporte de carga y de personas a diversas alturas.

Bitas, cornamusas, picos, cables, cabos, argollas, muertos, anclas, varios.

amarre de embarcaciones.

Llantas, guirnaidas, piezas de hule, de madera, tornillería, cables, cadenas, anclajes, varios.

Defensas de ataque.

Duques de Alba	Atraque y amarre.
Grúas, plumas, palets, redes, charolas, montacargas, carrillos, carretillas, -- vehículos, equipo de carga, varios.	Carga y descarga de mercaderías.
Tuberías, bandas transportadoras, bombas, succionadores, varios.	Carga y descarga a granel.
Instalaciones para avituallamiento y abastecimiento y buques en general. Lavado de ropa.	Servicio de abastecimiento a embarcaciones.
Vías, cambios, sapos, durmientes, balasto, andenes, góndolas, carros tanque, carros varios, locomotoras, topes, varios.	Ferrocarril. Grúas especiales.
Cajas, botes, barredoras, succionadoras, lavadoras, equipo vario.	Limpia.
Grúas y equipo especial para mover contenedores.	Roll on Roll off para contenedores.
Luces de situación en la cabeza del muelle.	Señalamiento Marítimo.

En Almacenes Cubiertos.

Ductos para agua, regaderas con fusibles, extinguidores, tomas de agua, mangueras, varios.	Contra incendio.
Ductos, cables, lámparas, tableros, iluminación interior y exterior, varios.	Eléctrico.
Chapas, alarmas, ciferres, sirenas, varios.	-Seguridad.
Andenes y vías con todos sus accesorios.	Ferrocarril.
Equipo y maquinaria.	Carga, descarga, traslado y remonta.
Patio frontal entre bodega y banda de atraque.	Manejo de carga.
Accesos varios.	Operación del almacén.
Muebles de W.C., lavabos y regaderas con tuberías alimentadoras y excretoras.	Servicio sanitario.
Barredoras, transportadoras, colectadores, -- recogedores, fosas, clasificadores de basura, hornos, aprovechamientos, varios.	Limpieza. Eliminación de basuras en general.

Pacios de Almacenamiento al Descubierto.

Instalaciones para carga general que no se perjudica al aire libre.	Almacenamiento a la intemperie.
Vías de acceso con todos sus accesorios.	Ferrocarril.
Calzadas y calles de acceso.	Comunicación y transporte.
Piso sin pavimento, o con concreto asfáltico o hidráulico.	Colocación de carga al descubierto.
Equipo automotriz, mecánico y manual para movimiento de carga.	Almacenaje con remonta, al aire libre.
Postes, cables, lámparas, contactos, luces, tableros, registros, varios.	Eléctrico.
Tuberías, rejillas, registros, baños, excusados, varios.	Servicio de agua, desagües pluviales y de aguas negras. Servicio sanitario.
Alambrados, cercas, muros, casetas, varios.	De límites.
Casetas de vigilancia y de control en salidas y entradas.	Vigilancia.
Hidrantes, tuberías, llaves, mangueras, conexiones, accesorios, varios.	Contra incendio.
Instalaciones para patios de contenedores.	Almacenamiento de contenedores.
Accesos terrestres.	Ferrocarriles, transportes. Comunicaciones.
Piso sin pavimento y con pavimento.	-Contenedores.
Ductos subterráneos para electricidad, agua potable, aguas negras, aguas pluviales, vapor, gas, varios.	Contenedores.
Equipo especializado para movimiento de carga.	Colocación y acomodo de contenedores.
Iluminación.	Eléctrico.
Cercas, muros, alambrados, varios.	Límites.

Instalaciones y Servicios Generales.

INSTALACIONES

Instalaciones para manejo de cargas especiales peligrosas o altamente peligrosas, o que afecten la salud pública ambiental.

Instalaciones Petroleras en general.

Instalaciones en Terminales Marítimas, Fluviales o Lacustres, Terrestres y Aéreas, para el movimiento de pasajeros y de carga.

Oficinas dedicadas a la atención de Obras Portuarias, iluminación marítima, estado del tiempo, fenómenos marítimos, características y condiciones del puerto, navegación, emergencias, varios.

Oficinas y varios para todo lo relacionado con los trabajadores sindicalizados y libres en relación con las actividades portuarias. Instalaciones de Operación Portuaria, de Sindicatos de trabajadores o de uniones libres. Oficinas de representaciones del gobierno para asuntos de trabajo.

Instalaciones para guardacostas como muelles, oficinas, otros locales. Varios.

Oficinas diversas federales, estatales, municipales o particulares, para información relativa a Comunicaciones y Transportes.

Fuentes de abastecimiento de materiales y elementos varios de la industria de la construcción.

Instalaciones generales como oficinas, medios de comunicación, de transportes, de procesamiento de datos, planos y portulanos. Varios.

SERVICIOS.

Operación Portuaria auxiliada por otras autoridades federales o estatales.

Abastecimiento de combustibles y de derivados del petróleo.

Servicio de transportes.

Servicios de información federal, estatal, municipal, particular.

Servicios laborales portuarios.

Sector o base naval de la Marina de Guerra.

Servicio telefónico, telegráfico, de radio, radiotelegráfico, cablegráfico, de televisión, Caminos, vías férreas, vías aéreas, comunicación por agua, transportes dentro del puerto, transportes al exterior.

Comercio en el puerto. Comercio Nacional. Comercio exterior.

Para servicios de información portuaria en general.

A la hoja No.7.....

Instalaciones de avenamiento para evitar que las aguas negras e industriales se arrojen directamente a las aguas dentro del puerto. Plantas de tratamiento. Conducción de aguas-malas para descargarlas en lugares donde no perjudiquen al puerto y a sus habitantes.

Servicio sanitario.

Equipo marítimo y de tierra para combatir -- incendios en embarcaciones surtas dentro -- del puerto. Combate de incendios en obras e instalaciones del mismo puerto.

Servicio contra incendio.

Embarcaciones y equipo para extraer de las -- aguas profundas y de las superficiales del -- puerto, basuras y obstáculos. Eliminación de estas basuras y de sustancias nocivas. Eliminación de malos olores.

Servicio de recogida, transporte y tiradero de basura, con enterramiento, tratamiento y aprovechamiento de estas basuras.

Otras instalaciones para evitar la contaminación ambiental procedente del puerto y de sus servicios. Limpieza de playas cercanas y de aguas exteriores próximas al puerto.

Servicio de mejoramiento ambiental.

Oficinas de la Aduana Marítima y de trámites conexos.

Servicio Aduanal.

Instalaciones para pasajeros marítimos en la Capitanía de Puerto, en la Aduana Marítima y en Operación Portuaria.

Servicio a pasajeros que lleguen o salgan por vía marítima.

Faros, balizas luminosas y sin iluminación, boyas para servicio diurno y nocturno, luces de enfilación, radar, sirenas y señales varias.

Señalamiento Marítimo.

Instalaciones para mareógrafos, limnigráfos, señales, planos, estación pluviométrica, -- otros aparatos de meteorología y de investigación de oleajes, vientos, corrientes marinas, transportes litorales, de profundidades, materiales del fondo marino, fluvial o lacustres, sismógrafos, etc.

Servicio de información de la Residencia de las Obras del Puerto y de otras dependencias.

Instalaciones y oficinas relacionadas con la navegación y con las embarcaciones, con la construcción de embarcaciones, bajas y desguace de ellas, permisos para el tráfico marítimo; para construir en Zona Federal y en zona-marítimo terrestre, así como en terrenos ganados al mar.

Servicio de información en la Capitanía de Puerto.

Instalaciones de radiocomunicación y de televisión. Para helicópteros, de lanchas rápidas, de dragaminas, de abordaje, de remolque, de desembarco y otras.	Servicio de vigilancia en costas y aguas de jurisdicción nacional mexicana.
Oficinas, casetas de vigilancia, uniformes, -- armas, medios de comunicación y varios de la Capitanza de Puerto.	Servicio de policía marítima.
Instalaciones auxiliares complementarias en tierra o en agua para pasajeros.	Diversos servicios personales como los que realizan los maleteros, los cargadores y otros.
Dragas, pontonería, atracadero, talleres, equipo complementario, terminal de dragas.	Dragado.
Embarcaciones, atracaderos, casetas, teléfono, radiotelegrafía y varios.	Remolcadores.
Embarcaciones, equipo, atracadero, otros medios de rescate.	Salvamento de embarcaciones.
Policía Portuaria, guardacostas, Armada de -- México y Ejército.	Servicio de seguridad Militar Portuaria.
Arsenales, astilleros y varaderos tanto oficiales como particulares para toda clase de atención a las embarcaciones.	Servicio de reparaciones y de construcciones navales.
Plantación de árboles y de otras especies vegetales para detener el avance de dunas. Obras de retención de arenas acumuladas por efectos eólicos.	Protección contra invasión de arenas.
Centros de salud. Cruces Roja, Verde o Blanca. Hospitales, consultorios dentales y médicos -- con locales y oficinas correspondientes. Casas de recuperación. Asilos para ancianos. Asilos para niños. Albergues. Escuelas especiales de primeros auxilios. Otras instalaciones para -- preservar y para cuidar la salud del hombre y de algunos animales.	Servicios de sanidad dados a través de las dependencias de Salubridad -- Pública del Gobierno Federal, del -- Gobierno del Estado, del Municipio y de particulares.
Cocinas, restaurantes, comedores, merenderos, fondas y otros locales de alimentación.	Servicio de alimentación fuera de -- las embarcaciones.
Tiendas de comestibles, fruterías, vinate-- rías, carnicerías, panaderías, dulcerías y -- otras.	Servicio comercial de avituallamiento.

Cines, teatros y carpas. Centros de diversión diurnos y nocturnos. Circos. Juegos mecánicos y de salón. Salones de baile. Otros.	Servicio de esparcimiento y recreo.
Oficinas de Aseguradoras. Oficinas de Agencias Marítimas.	Servicio de Seguros Marítimos y de atención a las embarcaciones.
Oficinas y medios para inspeccionar y supervisar obras portuarias.	Residencia de las Obras del Puerto.
Instituciones de crédito.	Servicio Bancario.
Instalaciones escolares.	Servicio de educación y de cultura.
Instalaciones para el deporte.	Servicio deportivo.
Instalaciones bélicas de la Armada y del Ejército.	Defensa militar y naval.

Hemos visto en las líneas que anteceden, las principales INSTALACIONES y sus SERVICIOS correlativos, que existen o que deben establecerse en un puerto. Seguramente se notarán ausencias y omisiones, pero siendo nueva esta disciplina como enseñanza, o por lo menos si no nueva, poco comunicada y explicada, se justifica que sean escasos sus antecedentes tratados con especialidad en libros, como se trata de hacer en el texto de este cuaderno sencillo.

En cuanto libro se refiera a obras portuarias, se encontrarán seguramente citas de instalaciones y de servicios dentro de un puerto; pero nunca como un capítulo específico que describa paso a paso tales servicios e instalaciones.

Aun en este escrito, hace falta mucho detalle porque nos hemos concretado a definir simplemente a la Instalación y a su Servicio, sin mayores aclaraciones.

Sería muy importante para un mejor conocimiento portuario en México, escribir y publicar temas respecto a:

- 1.- Planeación portuaria para disminuir riesgos y para mejoramiento del medio ambiente. Operaciones de emergencia. reglamentos de seguridad.
- 2.- Descripción minuciosa de instalaciones portuarias y de sus servicios, así como de las obras y estructuras principales. Normas y especificaciones relativas.
- 3.- Manual de operaciones generales. Libros, revistas y publicaciones varias relativas al puerto. Guías y recomendaciones para embarcaciones y su personal durante su estancia en el puerto.
- 4.- Reglamentos de seguridad y de salubridad para trabajadores y empleados marítimos.
- 5.- Normas de seguridad y de sanidad industrial. Participación pública.
- 6.- Inspección.
- 7.- Supervisión.
- 8.- Legislación portuaria.

México, D.F., a 20 de septiembre de 1979.


ING. FRANCISCO RIOS CANO.

INSTALACIONES Y SERVICIOS.

BIBLIOGRAFIA.

For the Notice of Proposed Rulemaking For General Package of Waterfront Facilities.

Part 126 -- General Facility Requirements.

Marine Safety Manual (CG-495)

Chapter 81-Vessel Traffic Management.

Port Planning To Minimize Risk To Hazardous Material Vessel Movement.

U.S. Coast Guard Headquarters Washington, D.C.

Waterfront Facilities 33 AF4 126 Container and Roll on - Roll Off.
Facility Regulations. DRAFT.

Lng Waterfront Facility Security Requirements. DRAFT.

Federal register. Department of Defense. Department of the Army, Engineers Corps.

Federal register. Waterfront Facilities. Department of Transportation.
Coast Guard.

The Effect of Federal Standards, On U.S. Public Port Development. U.S. Department
of Commerce.

NOTA:- Todas estas publicaciones proceden del Departamento de Guardacostas, o del
Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, o del Departamen-
to de Comercio y Administración Marítima, en Washington, D.C.



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



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

EDIFICIOS Y ALMACENES

ING. RICARDO PALACIOS MOLINÉT

OCTUBRE, 1979.

CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA.

EDIFICIOS Y ALMACENES.

En relación a las obras marítimas y portuarias los edificios principales a considerar para un puerto pueden comprender uno o más de los siguientes: desde luego Bodegas de tránsito, almacenes, frigoríficos, edificios para la administración del puerto, edificios para la Aduana, Estación de Policía, edificio de los estibadores o trabajadores portuarios, estación de bomberos, subestación eléctrica, taller de reparaciones y garage. Como complemento las terminales de carga a granel podrán contar con elevadores de grano, silos, tanques de almacenamiento y bodegas especiales para azúcar, fertilizantes etc.

Alguna de las facilidades mencionadas podrán agruparse en un sólo edificio por ejemplo, la bodega de tránsito puede alojar cuartos para equipo de los estibadores y sanitarios, oficinas para el despacho de mercancía. La Bodega de tránsito es el local adecuado para estas facilidades, ya que es el lugar donde se requieren estos servicios. De igual manera la bodega de tránsito puede contener oficinas de administración y para las compañías navieras.

Por otro lado la tendencia en los grandes puertos ha sido colocar oficinas generales para la operación portuaria, para las compañías navieras, revisión aduanal y seguridad portuaria, todas ellas localizadas en un edificio central, donde uno podrá encontrar al Capitán del Puerto, al Administrador de la Aduana, al Jefe de la Policía Portuaria, al Gerente de los servicios Portuarios etc. -- Desde luego deberá existir una buena comunicación de este edificio con todos los del puerto, oficinas en las bodegas de tránsito y almacenes, vistas de inspección aduanal, estación de bomberos, etc.

BODEGAS DE TRANSITO Y ALMACENES. - Los Muelles de carga general estarán provistos con sus bodegas de tránsito, cuyo propósito es proveer un almacenaje para las mercancías descargadas de los barcos que deberán esperar para ser despachadas y distribuidas, ya sea a los almacenes y bodegas estacionarias o punto -

de destino por medio de trailers, o ferrocarril y para mercancías que llegan al puerto por tierra y que deben esperar para su exportación. Las bodegas de tránsito no deben ser usadas como almacenes para un largo tiempo de almacenaje, aún cuando en algunas ocasiones se construyen bodegas de varios pisos -- en las cuales los pisos superiores pueden ser usados como almacenes, todo -- ésto debido a que el espacio disponible a lo largo de las bandas de atraqueos generalmente limitado al que se requiere para la carga y descarga de un simple barco y porque la operación de la bodega de tránsito es completamente diferente de aquella de un almacén; la primera requiere una gran cantidad -- de pasillos para un rápido manejo de las mercancías mediante equipo móvil y las consideraciones económicas generalmente no justifica la construcción de almacenes en o a lo largo de los muelles, puesto que sus estructuras generalmente son más pesadas que las requeridas para las bodegas de tránsito y las condiciones del terreno en estos lugares, normalmente requieren cimentaciones a base de pilotes muy costosas.

Puesto que la bodega de tránsito es el punto de intercambio en una terminal marítima entre las mercancías movidas por agua y por tierra y su función es almacenar temporalmente las mismas mercancías durante un corto intervalo de tiempo entre la recepción y su despacho, se deduce que el diseño de las bodegas de tránsito han cambiado considerablemente en los últimos años -- para estar de acuerdo con los cambios revolucionarios en la transportación -- terrestre, en la cual los vehículos automotores han llegado a ser tan importantes como el ferrocarril, si no es que más, no únicamente para la transportación local sino también para transportaciones lejanas.

Con el gran incremento en la capacidad de carga de los barcos sin un -- crecimiento correspondiente en las longitudes de atraque y los nuevos equipos para el manejo de la carga en el puerto, como son los montacargas y grúas

móviles, evidentemente no se puede estandarizar un diseño para una bodega de tránsito, pues hay variaciones considerables de puerto a puerto y aún dentro del mismo puerto.

Los muelles en espigón con su ancho y longitud restringidas limitan en gran parte el área de la bodega de tránsito por banda de atraque, así como su ancho y puede ser que con este factor determinante se haga necesario construir bodegas de más de un sólo piso. Una práctica reciente en el área de Nueva York ha sido reemplazar varios muelles angostos y bodegas de tránsito de los mismos de dos pisos, por un muelle más ancho y una bodega de tránsito de un sólo piso. En contraste con estos muelles en espigón, los muelles marginales, si no están construídos en un área restringida, tendrán espacio en la parte posterior del muelle particularmente si la terminal ha sido diseñada de acuerdo con la práctica moderna, para construir una bodega de tránsito de un sólo piso del área requerida y con el equipo y maquinaria actual para el manejo de la carga, el ancho del muelle no será un factor importante. Las prácticas en el manejo de la carga, las cuales varían en diferentes partes del mundo, también tendrán su efecto en el diseño de las bodegas de tránsito.

Ciertas facilidades para el manejo de artículos de consumo como la fruta y particularmente el plátano y papel periódico, deberán considerarse en el caso que las cantidades importadas o exportadas en ciertas localidades ameriten bodegas y equipo especiales para el manejo exclusivo de los mismos. Las terminales especiales de carga a granel son también ejemplos de una especialización, sin embargo habrá que considerar ciertas bodegas para carga general donde varios productos son manejados.

La construcción actual de las bodegas de tránsito ha conducido a proveer una mayor área por banda de atraque para el almacenamiento de entrada y salida del puerto. Un área mínima de 90,000 pies cuadrados por banda de atraque, será considerada funcional para terminales donde podrá manejarse la

carga completa de un barco. Para terminales más pequeñas donde el barco sólo tomará o descargará cantidades parciales, desde luego deberá usarse proporcionalmente un área más pequeña.

La necesidad de los 90,000 pies cuadrados (8,340 m².) está basada en la carga y descarga de un barco típico de carga general con una capacidad de -- 6,250 toneladas de arqueo. La carga total a ser manejada por banda de atra-- que (descarga y carga), será de 12,500 toneladas que considerando 40 pies -- cúbicos por tonelada (1.132 m³.) ocupará un espacio de 500,000 pies cúbicos. Con el uso del moderno equipo para el manejo de la carga en las bodegas de tránsito, la altura de estiba puede considerarse conservadoramente de 15' o una altura neta de carga de 13.5' después de descontar el espesor de los -- palets. Esto requerirá un área de almacenaje de 37,000 pies cuadrados, si se considera toda la carga compacta, pero puesto que debe existir un espacio -- perdido entre las estibas, esta cantidad es aumentada en cerca de un 25%, lo que hace 45,000 pies cuadrados, sin embargo la bodega debe tener un amplio espacio de pasillos que conduzca hacia las puertas de ambos lados de la bode-- ga y se ha encontrado que aproximadamente un 50% del área del piso debe ser dejada para permitir el tránsito del equipo de carga, montacarga, grúas, etc., para operar eficientemente la misma, por consiguiente un área de 90,000 pies-- cuadrados de bodega de tránsito es requerida por banda de atraque.

La longitud de la bodega de tránsito generalmente está determinada por-- la longitud de la banda de atraque y no debe ser inferior a la longitud de ex-- tremo a extremo entre las escotillas anterior y posterior del barco, puesto que la eficiencia en el movimiento de la carga del mismo a la bodega o viceve-- sa, requiere cuando menos una puerta por cada escotilla, lo ideal será que quede una puerta frente a cada escotilla.

Basados en una longitud promedio para bodega de tránsito igual a 500 - pies por banda de atraque, el ancho requerido deberá ser de 180 pies para - obtener el área de 90,000 pies cuadrados. Por consiguiente un muelle en es- pigón con bandas de atraque en ambos lados requerirá una bodega de tránsito de un sólo piso con un ancho de 360 pies. Cuando no se tiene el espacio su- ficiente para este ancho de bodega la solución puede ser una bodega de 2 ó - más pisos.

Hay una gran divergencia de opinión respecto a las ventajas de las bo- degas de 1 ó 2 pisos, excepto en aquellos casos donde el segundo piso es usa- do para una terminal de pasajeros y oficinas de aduana para revisión del -- equipaje. Para este propósito la bodega de dos pisos se ve más ventajosa - debido a que:

1.- El aproche del piso superior es ideal para la colocación de las -- rampas y pláncas para facilitar el desembarque de los pasajeros.

2.- El movimiento vertical de pasajeros y equipaje generalmente no es - un problema.

3.- El piso inferior se deja completamente libre para funcionar como - si fuera una bodega de tránsito de un sólo piso. Sin embargo el uso de la - terminal como una combinación de carga y pasajeros no es una regla general.

La divergencia de opinión entre autoridades de varios países, únicamen- te recalca la necesidad de estudiar todos los problemas y factores locales - que pueden variar de puerto a puerto y aún dentro del mismo puerto antes de decidirse para seleccionar el mejor y más económico tipo de bodega a usar- se con respecto al capital inicial y los gastos subsecuentes de operación.

Una de las cosas en las cuales la mayoría de las autoridades coinciden en que no debe usarse una bodega de tránsito de más de dos pisos es debido -

a la dificultad en proveer el movimiento y fluidez vertical de la carga. Una bodega de dos pisos no presenta el mismo problema, debido a que cuando menos tres cuartas partes de la mercancía se maneja con equipo móvil operando en dirección horizontal.

La figura 1 ilustra varios métodos de operación, que pueden llevarse a cabo.

En (a), el piso superior es usado para la exportación y el piso inferior, tanto para la importación como para la exportación. La Operación puede ser reversible en el caso de que las importaciones excedan las exportaciones como en (b).

A este respecto la bodega de dos pisos tiene una ventaja sobre la de un piso en lo que se refiere a que una mayor proporción de carga de importación y exportación puede conservarse separada. Nótese en la figura 1 que la carga se mueve horizontalmente excepto para transportarla hacia o del piso superior, en la parte trasera de la bodega, lo cual se hace mediante elevadores, winches, canales, etc., en ocasiones se han usado rampas de acceso para el equipo móvil al piso superior, pero éstas y el espacio abierto que debe proveerse en el piso superior para su operación, dá por resultado una considerable reducción en el espacio disponible para el almacenaje de la carga, con ésto resulta que el área neta de almacenaje puede reducirse de un 50% a un mínimo de 35% del área total del piso.

En las bodegas de dos pisos es aconsejable tener grúas de muelle trabajando a lo largo de los mismos en tal forma que la carga pueda ser manejada directamente del piso superior a las escotillas del barco, el paramento del piso superior se construirá unos 15' hacia atrás del paramento del piso inferior para proveer una plataforma continua para el depósito y manejo de la mercancía.

La bodega de dos pisos es más cara por pié cuadrado que la bodega de un -

sólo piso, debido a:

1.- Generalmente se requieren cimentaciones más pesadas.

2.- La losa de entre piso necesitará ser de una construcción resistente para soportar las pesadas cargas vivas.

3.- Desde luego habrá que proveer elevadores, winches, ductos, etc. para mover la carga de y desde el piso superior.

Los gastos operacionales desde luego son menores para la bodega de un sólo piso. Uno de los factores que puede favorecer el costo para una bodega de dos pisos es la reducción en el área del piso. En general una bodega de tránsito debe ser del tipo de construcción de lo más ligera y barata posible sin incurrir en construcciones que exijan altos costos en su mantenimiento. La Bodega de un sólo piso es más adaptable a este tipo de construcción.

La bodega de un sólo piso facilita reducir a un mínimo el número de columnas. El uso de equipo móvil como grúas y montacargas para el manejo de la carga ha traído como consecuencia la necesidad de amplios espacios entre las columnas y aún la eliminación de las mismas en algunos casos. Que ésto último resulte necesario y o económico es una cuestión que habrá que analizar. Sin embargo el uso de concreto preesforzado, construcción de estructuras y armaduras de grandes claros o arcos, más cubiertas de techo de peso ligero, tales como concreto ligero y aluminio han permitido la construcción de bodegas de grandes claros. En general se aconseja que el espacio mínimo entre columnas interiores sea de 30'.

La altura libre de una bodega de tránsito no debe ser menor de 16' y preferible 20'. Si se van a usar grúas móviles dentro de la bodega, es aconsejable tener una altura libre de 24'.

Para agilizar el movimiento de la carga de la bodega de tránsito será necesario contar con una amplia área de maniobras entre el frente de agua y la-

bodega que generalmente se llama andén o explanada.

El andén o explanada es el primer lugar donde la carga es depositada al ser descargada del barco, los bultos deben ser tomados de las eslingas o plataformas en las que fueron izados desde las bodegas, después serán colocados en carretillas; montacargas o plataformas para ser transportados a las áreas de almacenamiento.

El uso de grúas móviles, montacargas, plataformas y tractores se hará más difícil si el andén o explanada no es lo suficientemente ancho. El ancho del andén o explanada dependerá sobre todo del equipo a usar en el manejo de la carga, grúas viajeras, el número de vías de ferrocarril y carriles para los camiones.

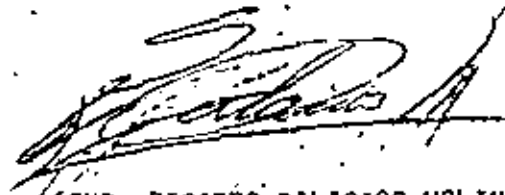
La figura 2 da los diferentes anchos de andén para estas distintas condiciones de operación.

Las puertas son una parte muy importante de la bodega de tránsito, se localiza a lo largo del frente y parte posterior de la bodega y deberán estar directamente opuestas una a la otra, además deberá haber una o dos puertas grandes en cada extremo o cabecera de la bodega. Las puertas a lo largo del frente y de la parte posterior pueden formar una abertura continua, exceptuando las columnas de dichas puertas, si son de elevación vertical o cortinas metálicas o bien pueden localizarse entre cada 2 ó 3 claros. Como una regla general las puertas deberán estar localizadas a no más de 60' una de la otra.

En la bodega tipo diseñada por la Dirección General de Obras Marítimas las puertas se colocan a 19 m. una de otra o sea después de 3 claros de 6.00 m.

Entre más angosto sea el andén la distancia entre las puertas deberá ser menor, así para el mínimo de andén de 20' las puertas deberán estar en cada claro, cuando más en uno sí y en otro no, lo cual asegurará que al menos una puerta esté disponible por cada escotilla del barco y permitirá el poco movimiento lateral de la carga que se requiera a lo largo del andén. Las puertas no deben ser menores que 12' de ancho y 16' de altura y la práctica actual es hacer estas aberturas aún mayores, por lo que una puerta de 18' x 20' es normal.

México, D.F., a 28 de septiembre de 1979.



ING. RICARDO PALACIOS MOLINET.

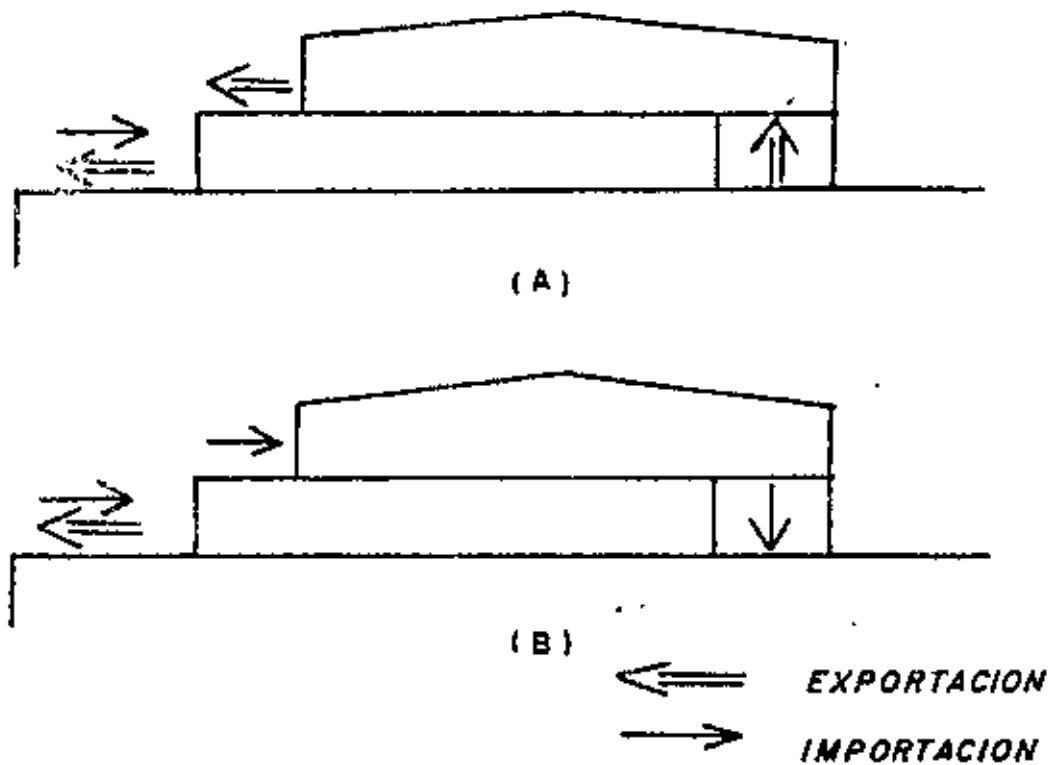


Fig-1 Métodos de operación Bodega de dos pisos.

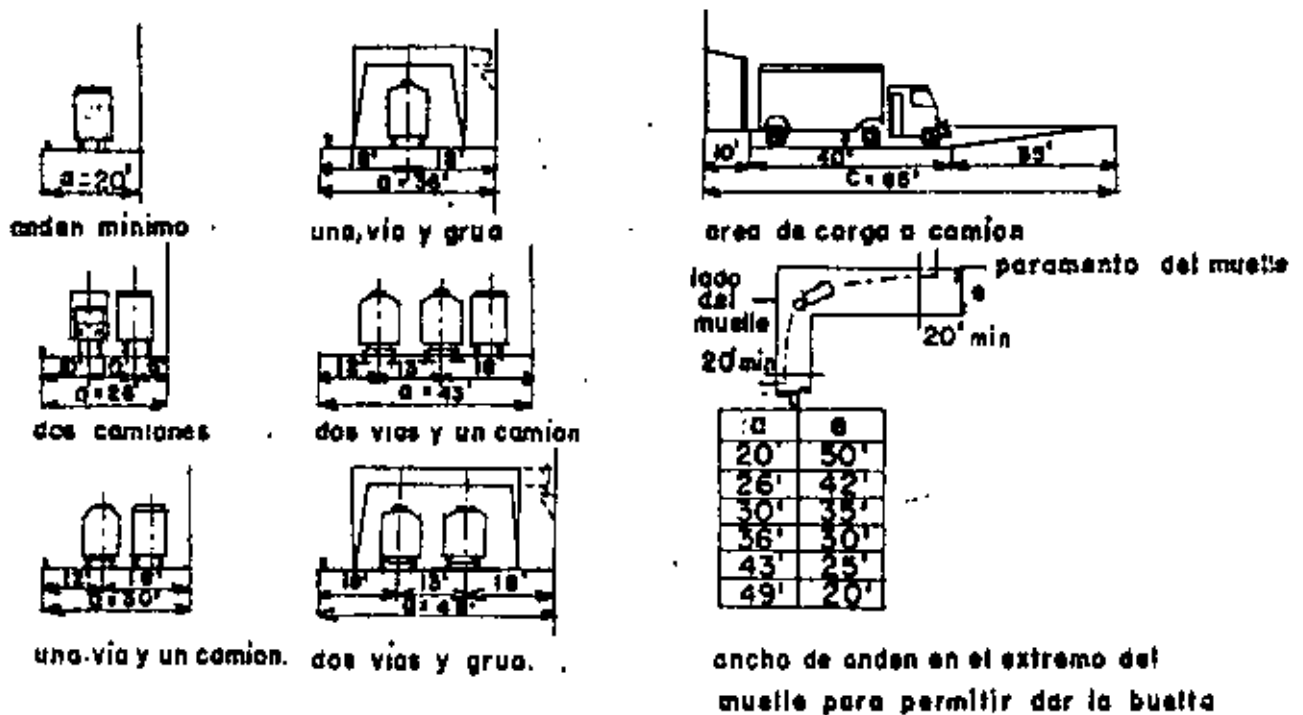


Fig-2 Diferentes anchos de andén para distintas condiciones de operaciones



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



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

CONSTRUCCION DE MODELOS HIDRAULICOS

ING. FRANCISCO TELLEZ GRANADOS

OCTUBRE, 1979.

CONSTRUCCION DE MODELO HIDRAULICOS
POR FRANCISCO TELLEZ GRANADOS.

1. INTRODUCCION

La investigación es una combinación de trabajos analíticos y experimentales; examinados los primeros a encontrar los modelos matemáticos en base a principios físicos fundamentales que expresen el comportamiento de los fenómenos, y los segundos a reproducir dichos fenómenos y verificar la validez, o en su caso encontrar las relaciones de las variables que intervengan -- sin que en la primera parte de la investigación haya sido posible ligarlas en forma explícita.

En el campo de la hidráulica, como en otras ciencias, la combinación analítica y experimental caminan siempre paralelas a causa de la complejidad del establecimiento teórico de las leyes de comportamiento del agua, por lo que, la experimentación se hace indispensable ya sea sobre el sistema natural llamado prototipo o sobre un sistema construido en semejanza a aquel -- llamado modelo físico, a través del cual, se puede extrapolar -- al prototipo con un alto grado de certidumbre y producir cualquier funcionamiento inadecuado que pueda afectar a elementos -- del sistema, originando en algunos casos cuantiosas pérdidas -- económicas, y humanas en otros.

2. ANALISIS DIMENSIONAL

Es una herramienta muy poderosa en la experimentación y -- trata de las relaciones matemáticas de las dimensiones de las -- magnitudes físicas, de manera tal que cualquier ecuación que exprese un fenómeno físico a través de la relación entre las magnitudes, esta ecuación será dimensionalmente homogénea.

El análisis dimensional, es un concepto de gran aplicación sobre todo cuando se necesita relacionar causas y efectos de diversos fenómenos por medio de los ocurridos en una estructura semejante, así también en situaciones físicas en las que las variables (magnitudes físicas) que intervienen en un fenómeno físico, son conocidas, pero no así las relaciones entre ellas.

Se dice que una ecuación entre magnitudes físicas es "dimensionalmente homogénea", si su forma no depende de las unidades que se eligen. Por ejemplo, la fórmula de Torricelli, $v^2 = 2gh$ es dimensionalmente homogénea, siendo válida tanto para el sistema métrico, para el sistema inglés o como para cualquier otro sistema de medidas.

Difícilmente una ecuación será dimensionalmente homogénea si no contiene todas las variables resultantes de una deducción analítica correcta de la misma, en el sentido que no se hayan despreciado en el razonamiento, términos que, si bien numéricamente resultaban muy pequeños, sin embargo contenían alguna dimensión esencial.

Aceptaremos sin demostrar el teorema de Buckingham que establece que la condición necesaria y suficiente para que una ecuación sea dimensionalmente homogénea es que pueda reducirse a una relación entre productos adimensionales. Se llaman productos adimensionales a una multiplicación entre las dimensiones de las magnitudes físicas que intervienen y cuyo resultado es abstracto.

Las principales magnitudes físicas, de las cuales dependen casi todos los fenómenos hidráulicos que se le presentan al ingeniero son: velocidad v ; longitud l ; fuerza f ; densidad ρ ; viscosidad dinámica μ y gravedad g . Llamemos Π al siguiente producto:

$$\Pi = v^{k_1} l^{k_2} f^{k_3} \rho^{k_4} \mu^{k_5} g^{k_6} \quad (1)$$

donde los exponentes k_i son constantes e inclusive pueden ser números.

Transformemos este producto entre magnitudes físicas en un producto adimensional tomando como sistema de dimensiones fundamentales; la longitud L , la masa M y el tiempo T .

$$\Pi = (LT^{-1})^{k_1} L^{k_2} (MLT^{-2})^{k_3} (ML^{-3})^{k_4} (ML^{-1}T^{-1})^{k_5} (LT^{-2})^{k_6} \quad (2)$$

Para que sea un producto adimensional se requiere que L , M y T estén elevadas a la potencia cero o sea

$$\text{Para } L: k_1 + k_2 + k_3 - 3k_4 - k_5 - k_6 = 0$$

$$\text{Para } M: k_3 + k_4 + k_5 = 0$$

$$\text{Para } T: k_1 + 2k_3 + k_5 + 2k_6 = 0$$

Puesto que se forman 3 ecuaciones con 6 incógnitas el problema está indeterminado. Para resolverlo pueden proporcionarse tres valores numéricos para tres incógnitas y determinar las otras tres en función de éstas.

Si se considera que $k_1 = k_2 = 1$ y $k_3 = 0$ la solución del siste-

na de ecuaciones conduce a que:

$$k_4 = 1, \quad k_5 = -1 \text{ y } k_6 = 0$$

llevando este resultado a la ec (1) se obtiene que

$$\Pi = \frac{v l \rho}{\mu}$$

A este producto adimensional se le denomina número de Reynolds y se representa como Re.

Procediendo en forma semejante para las ternas siguientes se obtienen los productos adimensionales indicados.

Terna seleccionada	Solución del sistema de ecs.	Nº adimensional
$k_1=2, k_2=-1 \text{ y } k_3=0$	$k_4=0, k_5=0 \text{ y } k_6=-1$	$F_r = \frac{v^2}{g l}$ (número de Froude)
$k_1=2, k_2=2 \text{ y } k_3=-1$	$k_4=1, k_5=0 \text{ y } k_6=0$	$E_u = \frac{v^2 l^2 \rho}{r}$ (número de Euler)

Puede también comprobarse que la cantidad de números adimensionales independientes que pueden formarse está dada por el número de magnitudes físicas seleccionadas menos tres, donde este último número representa las dimensiones fundamentales utilizadas. Para el caso seleccionado los tres únicos números adimensionales independientes que pueden obtenerse son los indicados.

Si se hubiera considerado un mayor número de magnitudes físicas, por ejemplo 8, representadas por las antes consideradas y adicionando el módulo de elasticidad E y el esfuerzo $\hat{\sigma}$, podrían establecerse otros dos números adimensionales independientes que son:

$$W_o = \frac{\rho v^2 l}{\sigma} \quad (\text{número de Weber})$$

$$C_a = \frac{\rho v^2}{E} \quad (\text{número de Cauchy})$$

Otros productos adimensionales que se llegasen a obtener, verdrían siendo combinaciones de estos últimos.

2.1 Significado físico de los números adimensionales

El número de Euler representa la relación entre una fuerza de inercia típica ($\rho v^2/l$) y una fuerza denominada acelerativa ($\frac{f}{l} = \frac{\Delta P}{l}$), la cual motiva el flujo como en el caso de orificios y vertederos. Euler observó la importancia de la relación de estas fuerzas y por eso este número adimensional lleva su nombre. Generalmente se denomina con más precisión número de Euler a la raíz cuadrada del número antes definido.

$$E_u = \frac{v}{\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}}$$

El número de Froude relaciona las fuerzas de inercia ($\rho v^2 l^2$) con las de la gravedad ($\gamma l^3 = \rho g l^3$). Se acostumbra utilizar como número de Froude a la raíz cuadrada del número antes definido.

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gl}}$$

Su nombre se debe a William Froude que experimentó con placas delgadas interpuestas a ondas de agua para estimar la resistencia de los barcos contra los efectos del oleaje.

En el flujo de un fluido a través de un conducto cerrado, la gravedad no afecta la trayectoria ni la presión del fluido, si éste se considera incompresible. La capilaridad no es de importancia práctica y las únicas fuerzas que figuran de manera predominante son las de inercia y las de fricción debida a la viscosidad del fluido. Osborne Reynolds consideró la relación de las fuerzas de inercia ($\rho v^2 l^2$) a las fuerzas de fricción ($\mu l v$) con el número que lleva su nombre.

En algunos casos de flujos la tensión superficial puede ser importante. La relación de las fuerzas de inercia ($\rho v^2/l$) a las de tensión superficial (σ/l^2) corresponde al número de Weber. Se acostumbra utilizar como número de Weber a la raíz cuadrada del número antes definido

$$W_e = \frac{v}{\sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}}$$

A la relación de las fuerzas de inercia (ρv^2) con las fuerzas elásticas representadas por el módulo de elasticidad (E) se denomina número de Cauchy. Si en este número, el módulo de elasticidad es puesto en función de la velocidad del sonido (C) asociada a cada estado del fluido ($E = C/\rho$), entonces se tiene -- que la relación $v^2 \rho/E$ se transforma en v/C , denominándose a esta relación (que también es un parámetro adimensional) número de Mach, el cual también relaciona fuerzas de inercia con fuerzas elásticas.

3. MODELOS FISICOS

La experimentación como antes se mencionó tiene por objeto verificar la validez de las soluciones analíticas de un problema dado, o si es preciso afectarlas de coeficientes de corrección, y en tal caso, fijar el valor de los mismos. Esto implica establecer un programa definido de observaciones de todas las variables que intervienen en el problema, en forma particular o de conjunto, empleándose para ello el ente real, ya sea natural o artificial, denominado prototipo, u otra entidad que represente a aquella y que generalmente es más pequeña, denominada modelo, resultando en mucho, más barata que aquel y más fácil de alterar en alguna o algunas de sus partes cuando no cumplan con el fin de-seado, lo que justifica ampliamente la utilización de los mode-los físicos.

La fidelidad de un fenómeno hidráulico en modelo con respecto al prototipo y la predicción del comportamiento de éste en base a observaciones ejecutadas en aquel, hace necesario el estableci-miento de ciertas relaciones que se deben conservar para un fenómeno dado. Estas relaciones constituyen las leyes que el Análisis Dimensional denomina leyes de similitud.

3.1 Leyes de similitud

a. Similitud geométrica.

Exige que entre modelo y prototipo la forma sea idéntica y sólo podrán diferir en tamaño. Con este tipo de similitud se persi-gue que exista semejanza en las trayectorias de flujo entre mode

lo y prototipo. Para lograr esta similitud se debe cumplir que la relación entre magnitudes lineales homólogas de ambos sistemas sea constante. Esta relación se denomina escala de líneas y se define como

$$L_R = \frac{\text{Magnitud en prototipo}}{\text{Magnitud homóloga en modelo}} = \frac{L_p}{L_m}$$

En ciertas ocasiones no es posible cumplir esta similitud en las tres dimensiones y se recurre a modelos distorsionados en los cuales se usan diferentes escalas de líneas.

b. Similitud cinemática

En esta similitud se trata de lograr que en las trayectorias de flujo, los tiempos empleados por las partículas en recorrer las mismas distancias sea constante. Para lograrlo se debe cumplir que la relación de velocidades en los puntos homólogos de ambos sistemas sea la misma.

$$v_R = \frac{\text{velocidad en prototipo}}{\text{velocidad homóloga en modelo}} = \frac{v_p}{v_m}$$

c. Similitud dinámica

Con esta similitud se trata de lograr que las fuerzas correspondientes en ambos sistemas estén en la misma relación. Estas fuerzas están constituidas por las fuerzas de fricción del fluido, las de inercia, las de gravedad y las de presión y tensión superficial. Estas fuerzas envuelven las propiedades de viscosidad, densidad, elasticidad y capilaridad.

En la mayoría de los casos es imposible satisfacer todos los requisitos que se requieren para todas las fuerzas que se presentan en un determinado fenómeno. Por esta razón se seleccionan las fuerzas más importantes que se presentan en el fenómeno en estudio y se hacen permanecer en una relación constante para modelo y prototipo en la forma siguiente

$$\frac{F_{1m}}{F_{2m}} = \frac{F_{1p}}{F_{2p}}$$

De esta expresión puede observarse que se cumplirá la similitud dinámica si se logra que un determinado número adimensional se mantenga constante para modelo y prototipo.

4. MODELOS HIDRAULICOS MARITIMOS

Los modelos marítimos son aquellos que permiten reproducir a escala los fenómenos marítimos. Este tipo de modelos físicos se puede dividir en los 4 grupos siguientes:

- a. Modelos de agitación de fondo fijo. Estos modelos físicos permiten estudiar los problemas de agitación en los vasos portuarios. Para lograrlo se simula el oleaje que llega al puerto pudiéndose obtener resultados cualitativos y cuantitativos. Este tipo de estudios se realiza en tres dimensiones y es necesario que no exista distorsión de escalas de líneas.
- b. Modelos de fondo móvil. La operación de estos modelos permite estudiar problemas de azolves, formación de playas y la solución más eficiente que se le debe de dar

a las bocanas de los puertos. Este tipo de estudios se realiza en tres dimensiones y generalmente se distorsionan las escalas de líneas. Además, se obtienen resultados cualitativos.

c. Modelos para comparar condiciones de estabilidad de estructuras diseñadas teóricamente. Se realizan en canales hidráulicos, empleándose batidores de paleta con filtro, para evitar el reflejo de la ola en el batidor. Se obtienen generalmente resultados cualitativos, y el estudio se hace en dos dimensiones.

d. Modelos especiales. Son los modelos que se realizan para un determinado estudio, por ejemplo para el estudio de la reflexión del oleaje.

4.1 Leyes de semejanza en modelos marítimos de fondo fijo

4.1.1 Para grandes profundidades

En los modelos marítimos de fondo fijo las condiciones de similitud que deben cumplirse son la de Froude y la de Airy.

La ecuación de Airy que rige el movimiento del mar está dada por

$$c = \sqrt{\frac{g l}{2\pi} \tanh \frac{2\pi H}{l}}$$

donde:

C celeridad de la onda
 l longitud de la onda
 H altura de la onda

Para grandes profundidades $H \rightarrow \infty$, por lo que la fórmula de Airy se modifica, quedando:

$$C = \sqrt{\frac{g^3 l}{2\pi}}$$

Aplicando esta ecuación a modelo y prototipo, y dividiendo miembro a miembro, se puede escribir que

$$C_R = \frac{C_p}{C_m} = \frac{\sqrt{\frac{g^3 l_p}{2\pi}}}{\sqrt{\frac{g^3 l_m}{2\pi}}} = \sqrt{\frac{l_p}{l_m}}$$

Sabiendo que $C = \frac{l}{T}$, donde T es el período de la onda, se puede escribir que

$$C_R = \frac{l_p}{l_m} = \frac{T_m}{T_p}$$

De la combinación de las dos expresiones anteriores y teniendo en cuenta que $\frac{l_p}{l_m} = L_{RH}$ se obtiene que

$$T_R = \sqrt{L_{RH}} \quad (4.1)$$

Por otra parte, la semejanza de Froude exige que

$$\frac{v_m}{\sqrt{g^3 l_m}} = \frac{v_p}{\sqrt{g^3 l_p}}$$

haciendo operaciones resulta que

$$\frac{v_p}{v_m} = \sqrt{\frac{l_p}{l_m}} = \sqrt{L_{RV}} = \frac{L_{RV}}{T_R}$$

Por lo que finalmente resulta que

$$T_R = \sqrt{L_{RV}} \quad (4.2)$$

De las expresiones (4.1) y (4.2) se observa que para que se cumplan simultáneamente las condiciones de similitud de Froude y Airy no debe existir distorsión de escalas.

4.1.2 Para profundidades pequeñas

En profundidades pequeñas, cuando la relación $\frac{H}{l} \rightarrow 0$, - - -

$\tan h \frac{2\pi H}{l} \rightarrow \frac{2\pi H}{l}$, por lo que la fórmula de Airy se modifi-

fica en la siguiente forma

$$c = \sqrt{gH}$$

Esta fórmula también se conoce con el nombre de fórmula de Lagrange y es aplicable cuando $H < 0.05L$

Procediendo en forma semejante que para grandes profundidades se obtiene que

$$C_R = \sqrt{L_{RV}} = \frac{L_{RH}}{T_R}$$

de donde

$$T_R = \frac{L_{RH}}{\sqrt{L_{RV}}} \quad (4.3)$$

De las expresiones (4.3) y (4.2) se observa que para que se cumplan simultáneamente las condiciones de Froude y Airy no es condición necesaria que no exista distorsión de escalas.

4.1.3 Para profundidades intermedias

La fórmula de Airy para profundidades intermedias no puede simplificarse como sucede para los casos anteriores. Aplicando esta expresión en su forma general a modelo y prototipo, y dividiendo miembro a miembro, se puede escribir que

$$C_R = \sqrt{\frac{l_p}{l_m}} \sqrt{\frac{\tan h 2\pi \frac{H_p}{l_p}}{\tan h 2\pi \frac{H_m}{l_m}}} = \sqrt{\frac{L_{RV}}{L_{RH}}} \sqrt{\frac{\tan h 2\pi \frac{H_m}{l_m} \frac{L_{RV}}{L_{RH}}}{\tan h 2\pi \frac{H_m}{l_m}}}$$

Si hacemos $e = \frac{L_{RV}}{L_{RH}}$ la expresión anterior queda finalmente

$$C_R = \sqrt{L_{RH}} \sqrt{\frac{\tan h 2\pi \frac{H_m}{l_m} \frac{1}{e}}{\tan h 2\pi \frac{H_m}{l_m}}} \quad (4.4)$$

Por otra parte, de la semejanza de Froude se tiene que

$$V_R = \sqrt{L_{RV}} = C_R \quad (4.5)$$

Combinando las ecs (4.4) y (4.5) se obtiene

$$\sqrt{\frac{1}{e}} = \sqrt{\frac{\tan h 2\pi \frac{H_m}{l_m} \frac{1}{e}}{\tan h 2\pi \frac{H_m}{l_m}}}$$

Esta igualdad es solo posible si $e = 1$, con lo que se concluye que para que se cumplan simultaneamente las condiciones de Froude y Airy, es necesario que no exista distorsión de escalas.

5. ESPECIFICACIONES

Como la construcción de los modelos depende de varios factores como son: el terreno donde se construyen, materiales existentes, tipo de estudio a efectuarse, grado de exactitud requerido, experiencia del experimentador, etc., las especificaciones que se dan a continuación son generales; si no para todos, sí para un gran número de modelos hidráulicos que se construyen.

5.1 Especificaciones de proyecto

Al proyectar un modelo hidráulico es necesario:

- a. Contar con todos los planos de proyecto del prototipo como son los levantamientos topográficos, batimétricos, aerofotográficos, sondeos geológicos, etc.
- b. De acuerdo al tipo de estudio a efectuarse, buscar una escala o escalas para construcción del modelo bajo la relación siguiente:

$$\text{ESCALA} = \frac{\text{MAGNITUD EN PROTOTIPO}}{\text{MAGNITUD HOMOLOGA EN MODELO}}$$

Esta escala se determinará en función del área disponible o en función del tipo de modelo a experimentarse.

- c. De acuerdo al tipo de estudio a efectuar, seleccionar la magnitud del prototipo a representar en el modelo.
- d. Elaborar un plano de construcción del modelo el cual contendrá:
 - Planta general
 - Corte (o cortes) longitudinal y transversal

- Sistema de alimentación
- Sistema de retorno
- Sistema de desagüe
- Sistema de control y medición del gasto a emplearse
- Mecanismo de generación (oleaje, corrientes, etc)
- Mecanismo de medición (limnómetro, ológrafo, etc)
- Cuadrícula o referencias para la construcción de la -- configuración.

5.2 Especificaciones de construcción

- 5.2.1 El modelo deberá ser una réplica lo más exacta posible a escala del prototipo.
- 5.2.2 Al construir el modelo se deberá tener cuidado de dar las mediciones correctas a escala, ya que una falla pequeña en ellas, implicaría errores graves en el prototipo.
- 5.2.3 Si se utiliza un modelo ya construido en el laboratorio para la construcción del nuevo modelo, aquel se limpiará perfectamente y se revisará si no existen cuarteaduras en losa y muros para poder usarlo; en caso contrario, si las cuarteaduras de la losa de desplante son muy grandes, se colocará una nueva losa con un espesor mínimo de 8.00 cm armada con mallazo No. 10 y con un concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$, impermeabilizándola totalmente una vez terminada de construir.

Si los muros presentan pequeñas cuarteaduras, se procederá a limpiarlos perfectamente para cubrirlos con 2 capas de impermeabilizante y 2 capas de pintura vinílica.

- 5.2.4 Una vez sellados los muros perimetrales y la losa de des-
plante se hará el relleno del modelo para dar la configura-
ción requerida, ya sea a base de capas de grava, tezon-
tla y arena, grava cementada y arena o solamente arena, -
dependiendo del volumen de relleno y del tipo de modelo a
ensayarse. El relleno se colocará en capas de 10 cm de -
espesor compactados con pizón de mano.
- 5.2.5 Sobre el relleno se trazará la configuración existente --
con ayuda de una cuadrícula (previamente trazada en el --
plano) hecha con hilos de plástico y con una separación -
máxima entre hilos de 1.00 m en ambos sentidos. Con base
a esta cuadrícula se colocarán a cada 0.50 m mas o menos
(dependiendo de la configuración a reproducir) las fijas
para dar la nivelación de la curva de nivel correspondien-
te, las cuales podrán ser estacas de madera, varilla, - -
alambón, clavos, etc. de longitudes variables de 0.10 a
0.20 m. Una vez colocadas las fijas en los puntos de in-
tersección de la curva de nivel y la cuadrícula, se nive-
larán con un nivel montado y una regla graduada y poste-
riormente se hará el colado de la losa de configuración -
(si es fondo fijo).
- 5.2.6 La losa de configuración se hará con un espesor promedio
de 4 cm, con concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ y armada con te-
la de gallinero cal. 22 de 13 mm ó similar, utilizando - -
granzón en lugar de grava para hacer la mezcla.
- 5.2.7 Dependiendo de la configuración a reproducir, ésta tam- -

bién podrá hacerse a base de varillas ranuradas en un extremo, para poder fijar un fleje de 1/2" mas o menos o varillas en las cuales se soldará en su parte superior tramos de alambón que servirán para seguir la cota de nivel correspondiente.

- 5.2.8 Si se va a reproducir la configuración de un fondo móvil, ésta se hará en base al material seleccionado de acuerdo a las escalas (para modelos marítimos se recomienda la baquelita por ser la que ha dado mejores resultados) y se colocará en el modelo con la ayuda de secciones transversales cortadas en madera o lámina o de fijas ancladas dejadas en el modelo sobresaliendo lo que será el espesor del fondo móvil (se considerará un espesor mínimo de 10 cm).
- 5.2.9 Una vez terminado el modelo, se colocarán los equipos de generación, medición y control del gasto o niveles a emplearse en el estudio para iniciar la calibración y ensayos del modelo.
- 5.2.10 Si por el tamaño del modelo no es posible construirlo en una de las instalaciones ya existentes del laboratorio, el nuevo modelo se construirá con los lineamientos siguientes:
- a. Se limpiará, nivelará y compactará perfectamente el sitio donde vaya a construirse el modelo.
 - b. Se instalará un sistema de drenes para desalojar el agua filtrada de lluvia o del propio modelo.

- c. Se construirá una losa de concreto de 10 cm de espesor armada con varillas de $3/8''$ de diámetro y a cada 20 cm en ambos sentidos empleando concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$.
- d. Se impermeabilizará totalmente la losa con cualquiera de los impermeabilizantes existentes en el mercado.
- e. Se construirán los muros perimetrales del modelo con tabique rojo recocido de 0.14 m de espesor y con concreto armado de 0.07 m de espesor y 1.60 m de altura.
- f. Si se utilizan muros de tabique, se construirá sobre la losa de desplante una dala de concreto armado de $0.20 \times 0.20 \text{ cm}$ con 4 varillas de diámetro $3/8''$ y estribos de diámetro $1/4''$ a cada 0.20 m.
- g. Se construirán castillos de refuerzo en todas las esquinas y a cada 2.50 m en los muros perimetrales, armados con 4 varillas de $3/8''$ de diámetro y estribos de $1/4''$ de diámetro a cada 0.20 m con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$.
- h. Se construirá una dala de cerramiento de $0.15 \times 0.20 \text{ m}$ armada con 4 varillas de $3/8''$ de diámetro y estribos de $1/4''$ de diámetro a cada 0.20 m con concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$.
- i. Se aplanarán las caras exteriores de los muros perimetrales con mortero cemento-arena 1:5 y acabado a regla.

j. A los muros interiores se les colocará:

- Impermeabilizante (2 capas)
- Cubierta de metal desplegado
- Aplanado pulido a base de mortero cemento-arena 1:5
- Pintura vinílica (2 capas)

κ. Terminada la losa de desplante y los muros, se proseguirá con la construcción del modelo como se indica en los subincisos 5.2.4 a 5.2.9.

6. ESCALAS

Debido al gran número de estudios que se han llevado a cabo sobre modelos hidráulicos marítimos, ya se ha obtenido una serie de escalas con que pueden construirse éstos, por lo que a continuación se recomiendan algunas escalas y distorsiones máximas permitidas en los modelos hidráulicos marítimos.

M O D E L O	ESCALA	DISTORSION
Estabilidad de rompeolas	25 - 75	1
Agitación, Resonancia	75 - 200	1
Transporte litoral	100 - 500	5
Bahías, estuarios, lagunas de más de 100 km	1000 - 15 000	10 - 100

7. EQUIPOS DE GENERACION Y MEDICION DE OLEAJE Y MAREA

En este capítulo se hace una breve descripción de los equipos de generación y medición de oleaje y marea.

7.1 Generador de oleaje

Este aparato tiene por finalidad reproducir un movimiento análogo al del oleaje del mar pero por medios mecánicos.

Consta de una paleta rígida denominada batidor hecha a base de lámina galvanizada y fierro ángulo (foto No. 1), articulada en

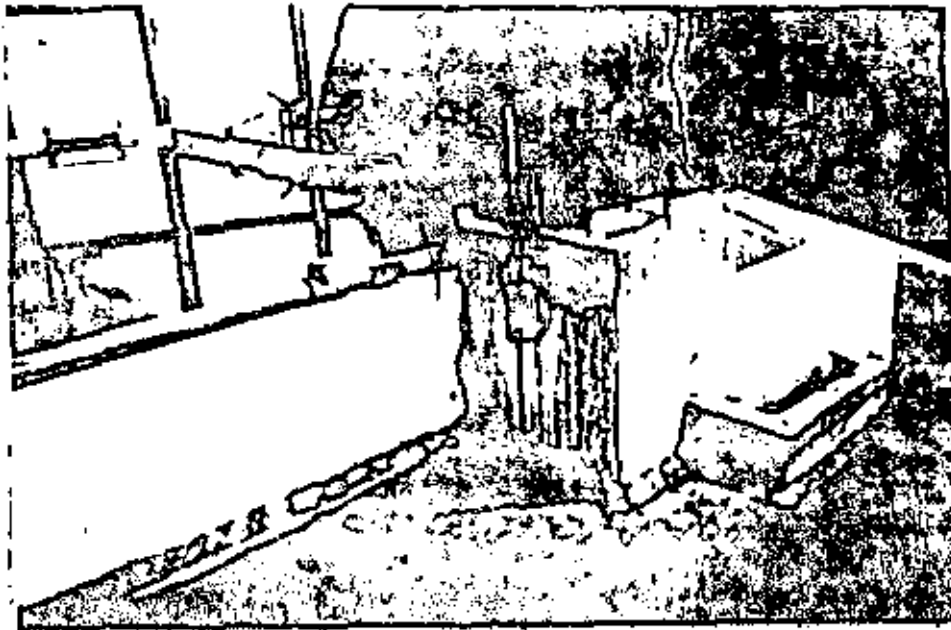


Foto No. 1 Generador del oleaje dentro del tanque del modelo. (Generador del modelo de El Mezquital, Tamps)

el fondo y unida a un sistema de motor eléctrico por medio de una biela, un excéntrico, catarinas, poleas, bandas y reductor de velocidades, los cuales permiten variar los parámetros del oleaje a su escala correspondiente en el modelo.

7.2 Productor de mareas

Este es un equipo que produce una onda u ondas de marea en el modelo, mediante el cambio de niveles de agua proporcionado por la apertura o cierre de una compuerta, en un espacio de tiempo equivalente al de la onda de marea (ver foto No. 2).

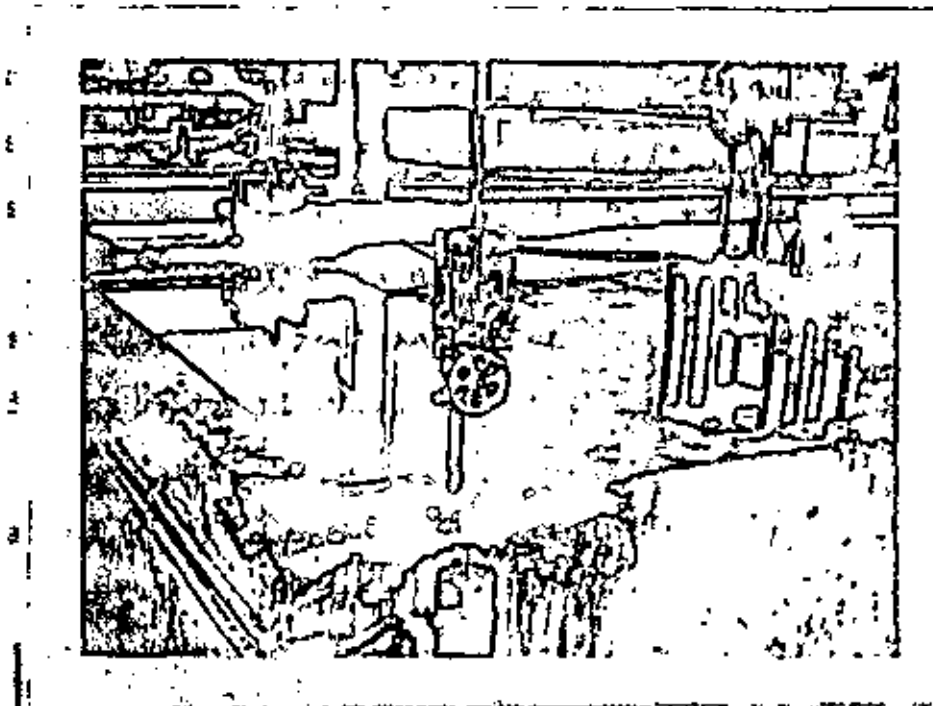


Foto No. 2 Vista del reproductor de mareas en el extremo derecho de la foto y de la compuerta en el extremo izquierdo. (Programador de marea instalado en el modelo del Río Pánuco, Tamps.)

El reproductor de mareas generalmente consta de:

- a. Un arrancador magnético reversible que es el que da el sentido del movimiento de la compuerta.
- b. Un flotador o transductor que indica el cambio de nivel del agua con respecto a un nivel ordenado por un programa.

- c. Un seguidor mecánico del programa que se desee introducir para el tipo de marea en el modelo.
- d. Un reductor para el motor de la compuerta.
- e. Un motor síncrono con su reductor.
- f. Un interruptor.
- g. Instalación eléctrica completa.

7.3 Galógrafo

Este es un aparato electrónico que sirve para medir la amplitud de la agitación existente en el modelo. Generalmente consta de un sensor compuesto por dos agujas o electrodos (ver foto No. 3) que al introducirlas en el agua cierran un circuito, cuya corriente eléctrica se modifica según la profundidad a que vayan quedando, es decir al variar el nivel de agua se producen variaciones de resistencia entre los electrodos lo que hace que se induzca una corriente que llega a un programador el cual filtra

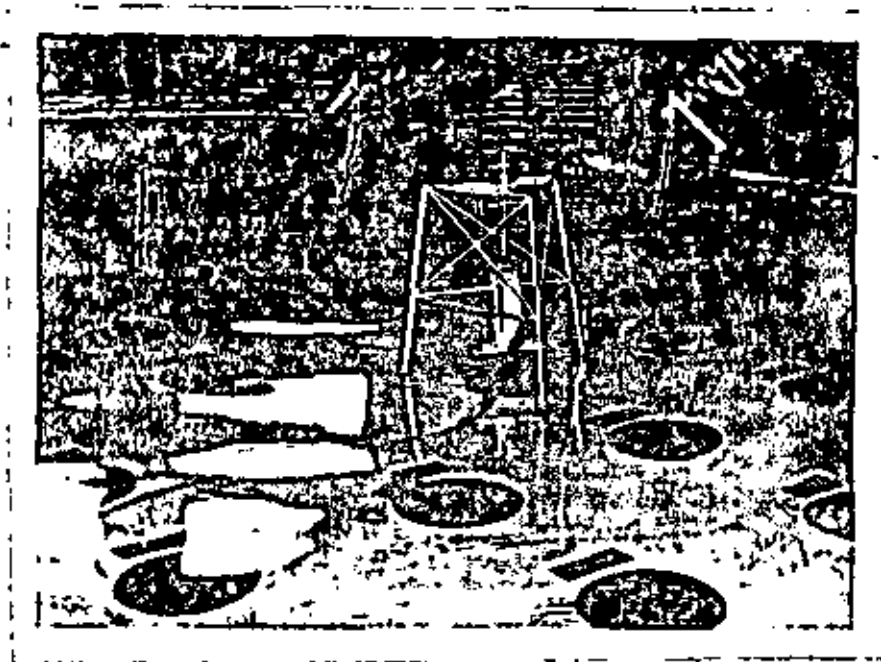


Foto No. 3 Transductor del ológrafo el cual puede cambiarse al punto donde se desea medir la agitación (Medición de la agitación en el modelo del Puerto de Veracruz, Ver.)

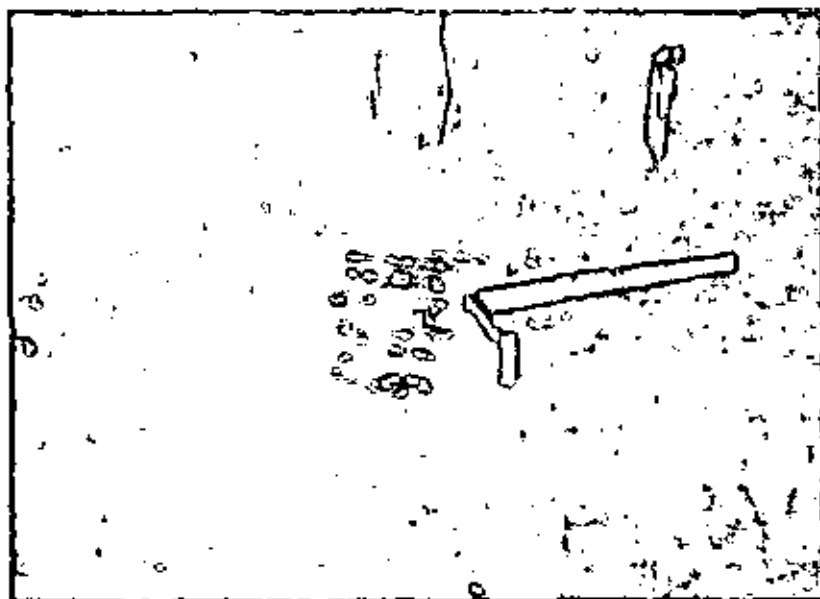


Foto No. 4 Vista del ológrafo y registrador en el extremo derecho de la foto. (Registro de la agitación en el modelo del Puerto de Veracruz, Ver.)

y manda la señal a un registrador que convierte la corriente eléctrica en movimiento mecánico, y a medio del cual se mueve un estilógrafo que va trazando el movimiento del oleaje sobre un rollo de papel que se mueve a una cierta velocidad (ver foto No. 4).

7.4 Limnímetros

Estos son instrumentos que sirven para medir o fijar los niveles de agua correspondientes que se vayan a utilizar en la operación de los modelos, y pueden ser mecánicos o electromecánicos.

Generalmente estos aparatos constan de dos escalas; una escala



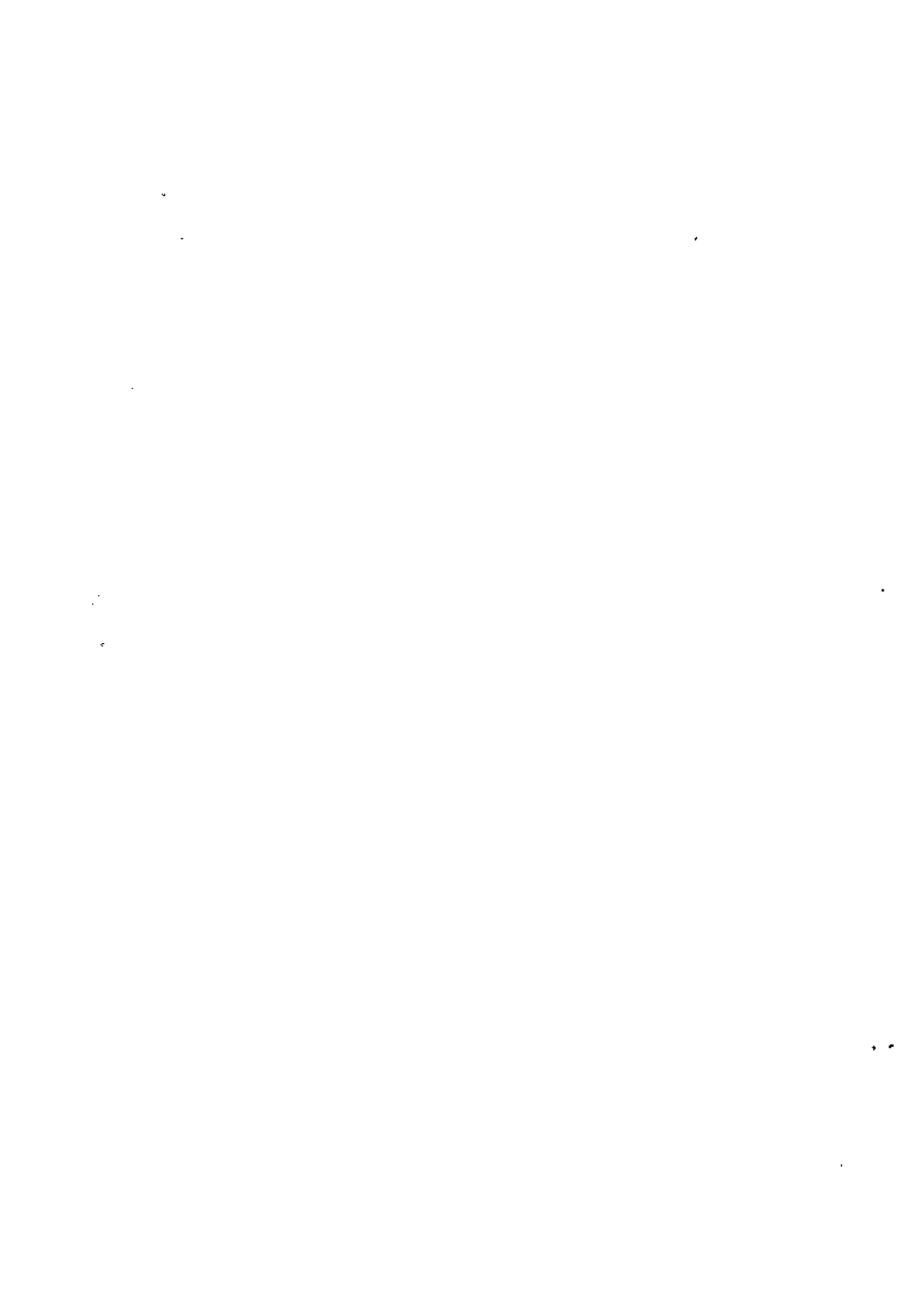
Foto No. 5 Vista de la operación del limnómetro electromecánico. (Medición de la altura de ola generada por el batidor en el modelo del Puerto de Veracruz, Ver.)

metálica graduada arreglada para moverse verticalmente entre soportes fijos por medio de un tornillo de accionamiento lento, y una escala con vernier que permite hacer lecturas hasta de un décimo de milímetro. En su extremo inferior se encuentra colocada una aguja que puede estar terminada en gancho o en punta -- que es la que indica la posición de la superficie del agua. El limnómetro mecánico sirve para controlar el nivel de agua -- con que operará el modelo y su instalación requiere de un depósito auxiliar conectado al modelo para poder medir en él la lectura del nivel correspondiente (ver foto No. 2 frente).

El limnómetro electromecánico sirve para medir la altura de la ola a la salida de los generadores de oleaje, colocando la punta del limnómetro en la cresta o valle de la ola (ver foto -- No. 5) hasta que la señal luminosa se prenda o apague respectivamente y por diferencia de lecturas de las escalas se obtendrá la altura correspondiente.

7.5 Micromolinete electrónico

Con este aparato se miden las corrientes dentro del modelo, -- Consta de una propela que gira con una velocidad proporcional a la velocidad del agua, la cual con la ayuda de unos electrodos genera unos pulsos de disparo, que amplificados accionan un contador que acumula las vueltas para un cierto intervalo de tiempo.





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

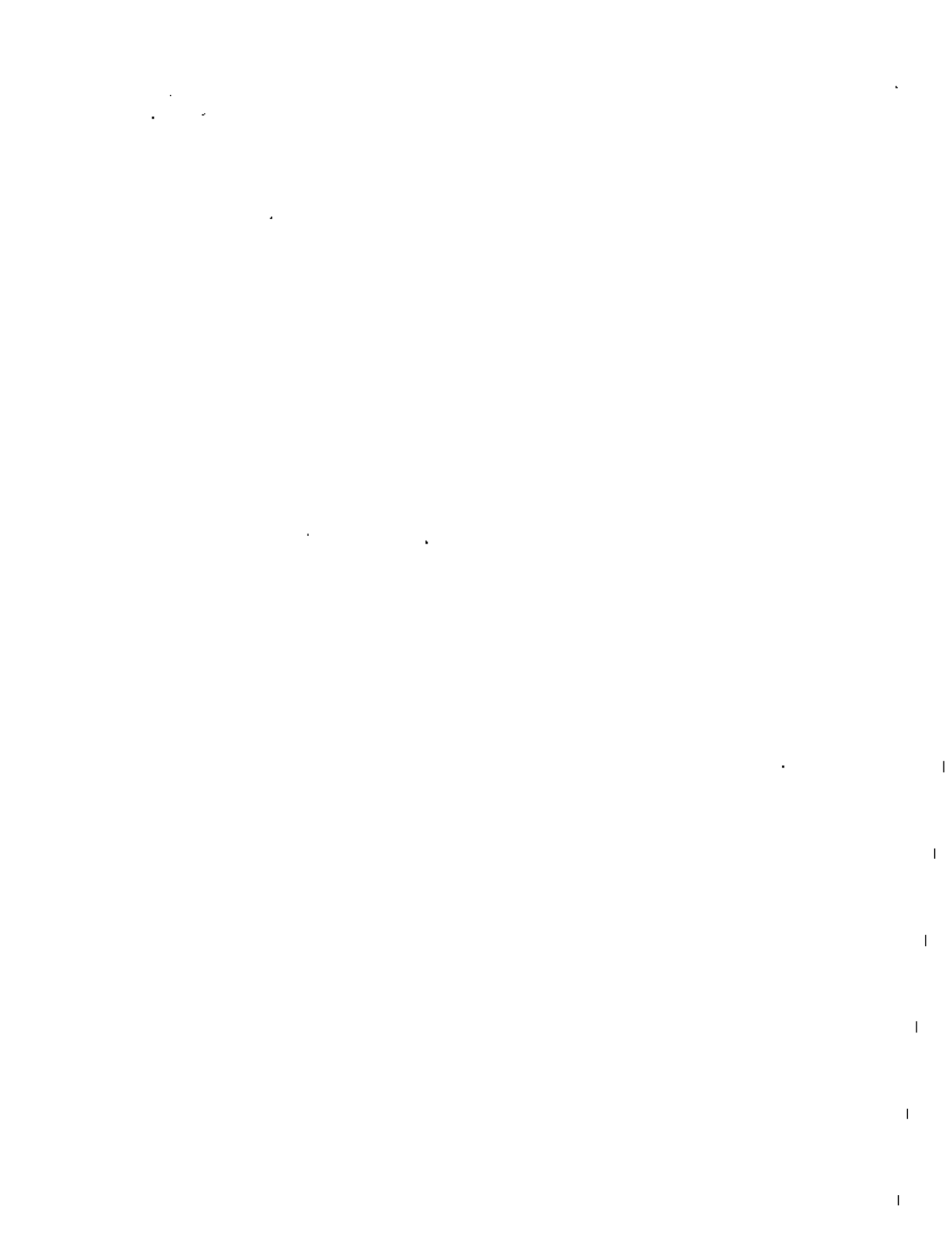


CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

CONSTRUCCION DE OBRAS EXTERIORES:
ROMPEOLAS, ESCOLLERAS Y ESPIGONES

ING. MAURICIO OSORIO MORALES

OCTUBRE, 1979.



CURSO SOBRE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN 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 obu
táculo 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 faa
cilidad las maniobras de carga y descarga de las embarcaciones, o paa
ra crear dársenas protegidas para el amarre de barcos pesqueros o -
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 de los puertos naturales
con el fin de protegerlos contra el oleaje, haciéndolos más seguros y
facilitando las maniobras de las embarcaciones.

Se da el caso en que los "bajos" y arrecifes funcionan como rompeolas
sumergidos, creando un área de aguas tranquilas como ocurre en las

costas de Quinana Roo.

DEFINICION DE ESCOLLERA.

Una escollera es estructuralmente semejante a un rompeolas que se extiende 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 com-

pleta.

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 reflejante, se llama clapotis)

Rompeolas construidos 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 el 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 c. rotación 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 co raza y es la que resiste directamente el ataque del oleaje. Cuando no se consigue piedra de los pesos necesarios, la corazu 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.

Estos 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, el deteriorarse y quedar más tendidos los taludes, aumenta -- su estabilidad.

Otro tipo de rompeolas. - Además de los tipos primeramente trata-- dos 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 o en 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 concreto -- o de acero. Los rompeolas de tablestacas se conciben como cajones de tablestacas unidos entre sí o como dos paredes de tablestacas si

viendo una a la otra de anclaje mediante tensores y diafragmas, re - llenándose con materiales pétreos y poniéndoles coronamiento 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 asfáltico. Teóricamente es una estructura estable y duradera, pero en la prác - tica es muy difícil de lograrlo, ya que cualquier falla en la coraza permite la fuga de arena, que constituye el corazón o núcleo, pro - duciéndose su destrucción rápida.

Rompeolas neumáticos - En aguas poco profundas si se coloca uná - tubería perforada del diámetro adecuado a la que se le suministra - aire, se logra interrumpir la propagación del oleaje o cuando menos disminuir su altura. Los rompeolas neumáticos al igual que los flo - tantes se utilizan como obras provisionales.

CLASIFICACION DE LOS ROMPEOLAS CON TALU - DES.

a) En cuanto a que la ola pase por encima del rompeolas. - Al romper la ola sobre el talud de un rompeolas, parte de la masa de agua se - desplaza hacia arriba por el talud. Dependiendo de la altura alcanza - da por la ola, se clasifican los rompeolas con talud como rebasables, o no. Un rompeolas se considera como no rebasable, cuando para --

cualquier condición del mar, las olas no pasan por encima del rompeolas. Cuando las olas pasan total o parcialmente al rompeolas se le llama franqueable o rebasable.

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 ligadas.

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.

$$\text{Iribarren} \quad P = \frac{KH^3 d}{(d-1)^3 (\text{cosa} - \text{sena})^3}$$

$$\text{Hudson.} \quad P = \frac{H^3 d}{K (d-1)^3 \text{ cota}}$$

$$\text{Beaudevin.} \quad P = \frac{KH^3 d}{(d-1)^3 \left(1 - \frac{0.15}{\text{cota} - 0.8} \right)}$$

P = peso en toneladas, del fragmento de roca o elemento artificial;

de concreto con lo 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 o elaboración, transporte 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, doxlos y otros.
3. - Equipo. - A fin de facilitar la explotación 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 longitud, separación y diámetro de los barrenos deberán ser tales, que las "tronadas" produzcan el mayor porcentaje de material utilizable especificado. Solamente 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 y graduaciones requeridos para la construcción de la obra.

La explotación de una pedrera comprende las operaciones siguientes: Desmonte, despalme, despate, barrenación, poblado de barrenos, -- tronada o voladura, amacice y apalanque, después de cada tronada y -- manejo del material derrumbado para su clasificación y acopio, lo que incluye el retiro del desperdicio.

Si la formación rocosa no está cubierta de vegetación y tierra no será necesario hacer el desmonte y despalme.

En el despate intervienen los trabajos necesarios para derrumbar la roca por medio de voladuras, hasta formar el frente o frentes de ata

que sensiblemente verticales.

Ya formado el frente o frentes se procede a la explotación propiamente dicha, siendo de capital importancia lo referente a barrenos en cuanto a localización, separación, diámetro, clase y cantidad de explosivos, así como los tiempos de disparo.

Cuando el frente de cantera es demasiado alto se divide esa altura por medio de balcones.

Después de cada tronada o tumba se hará el unafico y el apalancado o sea el retiro del material flojo y rejuelas por medio de barretas, pala mecánica, grúa y otras herramientas y máquinas para despejar el frente. También se deberá examinar el frente y los grandes ejemplares de roca para descubrir y eliminar a los explosivos sin estallar.

Se deberá contar con patios suficientes para maniobras, clasificación y carga de la piedra y áreas para depositar los materiales de rezaga.

Cuando el transporte de la piedra se haga por ferrocarril, las puntas de las vías deberán llegar a los frentes de ataque, debiéndose también contar con el patio de vías.

Solo se deberá cargar el material pétreo ya clasificado, que se requiera para seguir la secuencia de construcción de las diferentes capas que forman el enrocamiento. El material deberá cargarse preferentemente en charolas o en cajas metálicas, las que se transportarán en plataformas de camión o de ferrocarril. El material pétreo también se podrá transportar en vehículos de volteo o en chalán.

Para cargar y manejar el material pétreo en la pedrera, el equipo -- más usado está formado por traxcavador, pala mecánica, grúa y tractor. El traxcavator y la pala son los adecuados para cargar la piedra chica, el tractor se emplea para las operaciones de rezaga y la grúa, con estrobos o con "garra", se emplea para la carga de piedra de -- capa secundaria y de coraza.

La carga y envío de piedra se hace de acuerdo con las cantidades y tamaños que se vayan necesitando, para lo cual es necesaria una comunicación eficiente entre el lugar de colocación y el de carga.

Para evitar demoras tanto en el lugar de carga como en el de descarga, todos los vehículos deberán ser previamente autorizados por el Director de la obra.

Cuando no se dispone de charolas la piedra chica se carga a camiones de volteo y la piedra grande a camiones de plataforma.

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, por carretera, o la --

combinación de ellos. Cuando se utiliza el transporte por agua se emplean chalanes y remolcadores o empujadores. 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. He aquí que en algunos casos se ha transportado piedra por agua a más de 1,000 Kms. Para un rompeolas construido en Rotterdam se transportó por mar, piedra de Suecia. En términos gruesos se puede decir que por ferrocarril se transporta piedra a varios cientos de kilómetros y por carretera a cien kilómetros o menos. Por vía fluvial o vía de navegación interior el flete es menor que por vía marítima. A distancias mayores de las indicadas para cada medio de transporte, el costo de los elementos precolados resulta competitivo. Aunque el transporte por vía de navegación interior es lento, esto se subsana programando los convoyes para que todos los días llegue al lugar donde se construye el rompeolas, la cantidad de piedra programada. Cuando se utilicen ferrocarril o camiones para el transporte, la piedra se recibe pesada en báscula; si por chalán, el peso se calcula por diferencia de desplazamiento, pintando escalas en las cuatro esquinas del casco.

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 o montadas sobre chalán, aunque al contar con grúas sobre orugas de gran capacidad, las montadas sobre vías se utilizan poco.

Los chalanes llevan la piedra sobre su "cubierta" o dentro de sus compartimientos. Si la piedra va sobre "cubierta" su descarga y colocación se hace con grúa o con buldozer que va en la misma "cubierta" o en otro chalán.

Si la piedra se lleva en los compartimientos, la descarga y colocación en su sitio se hace abriendo las compuertas de fondo, aunque con estos chalanes no se puede colocar la piedra hasta alcanzar el nivel del agua.

7 - Construcción del núcleo - El núcleo se forma con piedra colocada directamente en el lugar por camiones de volteo, colocada por medio de charolas maniobradas por grúas o se coloca desde chalán empujándola con buldozer o desde el chalán con descarga por el fondo. Los taludes serán terminados colocando la piedra con grúa, utilizando "charolas", redes u otros medios.

Considerando que el costo de dragado por m³ es relativamente bajo en comparación con el costo de la piedra, en la construcción de rompeolas localizados en aguas de cierta profundidad y si existen en las cercanías materiales fácilmente dragables se pueden emplear éstos para formar parte del núcleo, trabajos que serán ejecutados por vía marítima. Pa

ra 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. Cuando en el diseño de rompeolas se utilizan modelos hidráulicos, éstos también pueden servir para programar las operaciones de construcción y tener un mínimo de riesgos durante la ejecución. Para proteger el núcleo contra el mal tiempo, principalmente, los fines de semana, se acostumbra no dejar el núcleo descubierto sino protegido con piedra, de los pesos apropiados obtenidos con ayuda del modelo y de los pronósticos del tiempo.

A fin de disponer de un ancho mayor para las maniobras, podrá permitirse que el núcleo se construya en dos etapas de acuerdo con la elevación de su corona y 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 o capas que inmediatamente protegen al núcleo, estarán formadas por fragmentos de roca de los pesos 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 ha-

cerse parte a volteo y parte con grúa, utilizando los aditamentos apropiados y autorizados como son estrobos, garras, almejas, redes, charolas y otros. Para la colocación de la piedra de capa secundaria no se permitirá el empleo de bulldozer. 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 menos 25%.

De la capa o capas de coraza depende la estabilidad del rompeolas; -- la coraza es la que resiste el impacto del oleaje, por lo que si los fragmentos de roca o piezas artificiales quedan mal colocados o no son de los pesos adecuados la ola comienza por desacomodar las piezas luego las desaloja de su sitio dejando desprotegida la roca de menor tamaño la que rápidamente es desalojada. De esta manera queda destruída la estructura del rompeolas.

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, tetrapodos, tribarras, doms, dolos y otros elementos de concreto -- hidráulico. Para la fabricación de éstos elementos, se deberán con-

tar 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 o plástico. En la fabricación de otros elementos, se usarán moldes metálicos o de plástico.

Tratándose de tetrápodos de 5 toneladas o más, se recomienda usar -- moldes metálicos, fabricados con lámina del espesor requerido. Cada juego de moldes consiste de seis piezas, necesitándose 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 o tapa, a fin de que las presiones queden uniformemente distribuidas.

Las piezas o 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 y otros elementos artificiales para formar la coraza de rompeolas y/o escolleras, se ajustarán en lo que corresponde a lo especificado para tetrápodos.

12. - Construcción de rompeolas de paramento vertical o 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 ejecución de los rompeolas de talud, con la diferencia que esta subestructura es sumergida, no pudiéndose llevar el equipo de construcción sobre la misma subestructura o enrocamiento. Este enrocamiento se coloca, si no todo, empleando chala-- nes 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 o superestructura, se hace con piezas precoladas, bloques de concreto simple o 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 Mar -- sa 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 flo-
tantes, en plataformas colgadas o en tierra.

Después de colocados los cajones, se rellenan con material relativa-
mente barato con grava, piedra triturada o arena. Se completa la obra
con un coronamiento de concreto, ya sea colado en el sitio o formado-
con piezas precoladas.



COUNTRY Authors and references	GENERAL FORMULAE	FIGURE	
		Applied numerical values	f(u) =
Spain:			
Castro (1)	$W = \frac{0.704}{(\cotg \alpha + 1)^2} \cdot \sqrt{\cotg \alpha - \frac{2}{ps}} \cdot \frac{H^3 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$ps = 2.65$	$\frac{0.704}{(\cotg \alpha + 1)^2 \cdot \sqrt{\cotg \alpha - 0.75}}$
Iribarren* (2) (3) (4)	$W = \frac{K}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^3 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$K = 0.023$ (for $d < 0.061$)	$\frac{0.023}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Iribarren** (5)	$W = \frac{K}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^3 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$K = 0.43$ $\mu = 2.38$	$\frac{0.43}{(2.38 \cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
United States:			
Mathews (unpublished report)	$W = \frac{0.0149}{(\cos \alpha - 0.75 \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^3 \cdot T \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$T = 2.5 H$	$\frac{0.03725}{(\cos \alpha - 0.75 \sin \alpha)^2}$
Epstein and Tyrrel (6)	$W = \frac{K}{(\mu - \text{tg } \alpha)^2} \cdot \frac{H^3 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$ with $K = K(\alpha, \mu, d/L)$	—	—
Hickson and Rodolf (7)	$W = \frac{0.0162}{\text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} \cdot \frac{H^3 \cdot \tau \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$T = 2.5 H$	$\frac{0.0405}{\text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)}$
Hudson (8) (9)	$W = \frac{1}{K_D \cdot \cotg \alpha} \cdot \frac{H^3 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$K_D = 3.2$ (for 0-1% damage) $K_D = 15.9$ (for 30-60% damage)	$\frac{1}{3.2 \cotg \alpha}$ $\frac{1}{15.9 \cotg \alpha}$
France:			
Lairas (10)	$W = \frac{K \cdot \left[\frac{2\pi H}{L} \right]^2}{\left(\cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{\sin \mu} \right)^2} \cdot \frac{H^3 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$K = 0.0152$ With: $Z = \frac{H}{2}$ and $\frac{H}{L} < 0.1$	$\frac{0.0152}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Beauvevin (11)	$W = K \cdot K_s \left(\frac{1}{\cotg \alpha - 0.8} - 0.15 \right) \cdot \frac{H^3 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	$K = 0.10$ $K_s = 2.5$	$0.25 \left(\frac{1}{\cotg \alpha - 0.8} - 0.15 \right)$

COUNTRY Authors and references	GENERAL FORMULA	FIGURE	
		Applied numerical values	f(a) =
Sweden:			
Hedar* (12)	$W = \frac{K}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^2}$	K = 0.015	$\frac{0.015}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Hedar** (13)	$W = \frac{K \cdot K_1^2}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^2}$ with: $K_1 = K_1(\alpha)$ (permeability core) and $\alpha > \sim 15^\circ$	K = 0.1113 · 10 ⁴ μ = 1.11 Permeable core: K ₁ (15°) = 7.44 K ₁ (20°) = 7.48 K ₁ (25°) = 6.36 K ₁ (30°) = 5.30 K ₁ (35°) = 4.20 K ₁ (40°) = 3.00* K ₁ (45°) = 1.40* *extrapolation	$\frac{0.1113 \cdot 10^4 \cdot K_1^2}{(1.11 \cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Norway:			
Svee (14)	$W = \frac{K}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{H^2 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^2}$	K = 0.12	$\frac{0.12}{\cos^2 \alpha}$
Soviet-Union:			
SM-92-60 (15)	$W = \frac{K}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}} \cdot \frac{H^2 \cdot L \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^2}$	K = 0.025 L = 20 H	$\frac{0.5}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$
Rytchevsky (16)	$W = \frac{K}{\cos^2 \alpha \cdot \sqrt{\cot^2 \alpha}} \cdot \frac{H^2 \cdot l \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^2}$	K = 0.015 l = 20 H	$\frac{0.7}{\cos^2 \alpha \cdot \sqrt{\cot^2 \alpha}}$
Metelcyna (17)	$W = \frac{K \cdot K_1}{\cos^2 (23^\circ + \alpha)} \cdot \frac{H^2 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^2}$	K = 0.025 K ₁ = 1.5	$\frac{0.0375}{\cos^2 (23^\circ + \alpha)}$
Goldschtein and Kabanenka (18)	$W = 0.3 \cdot K \cdot \lg^{1.33} \alpha \cdot \frac{H^2 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^2}$	K = 1.4 (for: H < 5 m)	$0.42 \lg^{1.33} \alpha$

* () refers to the list of references.

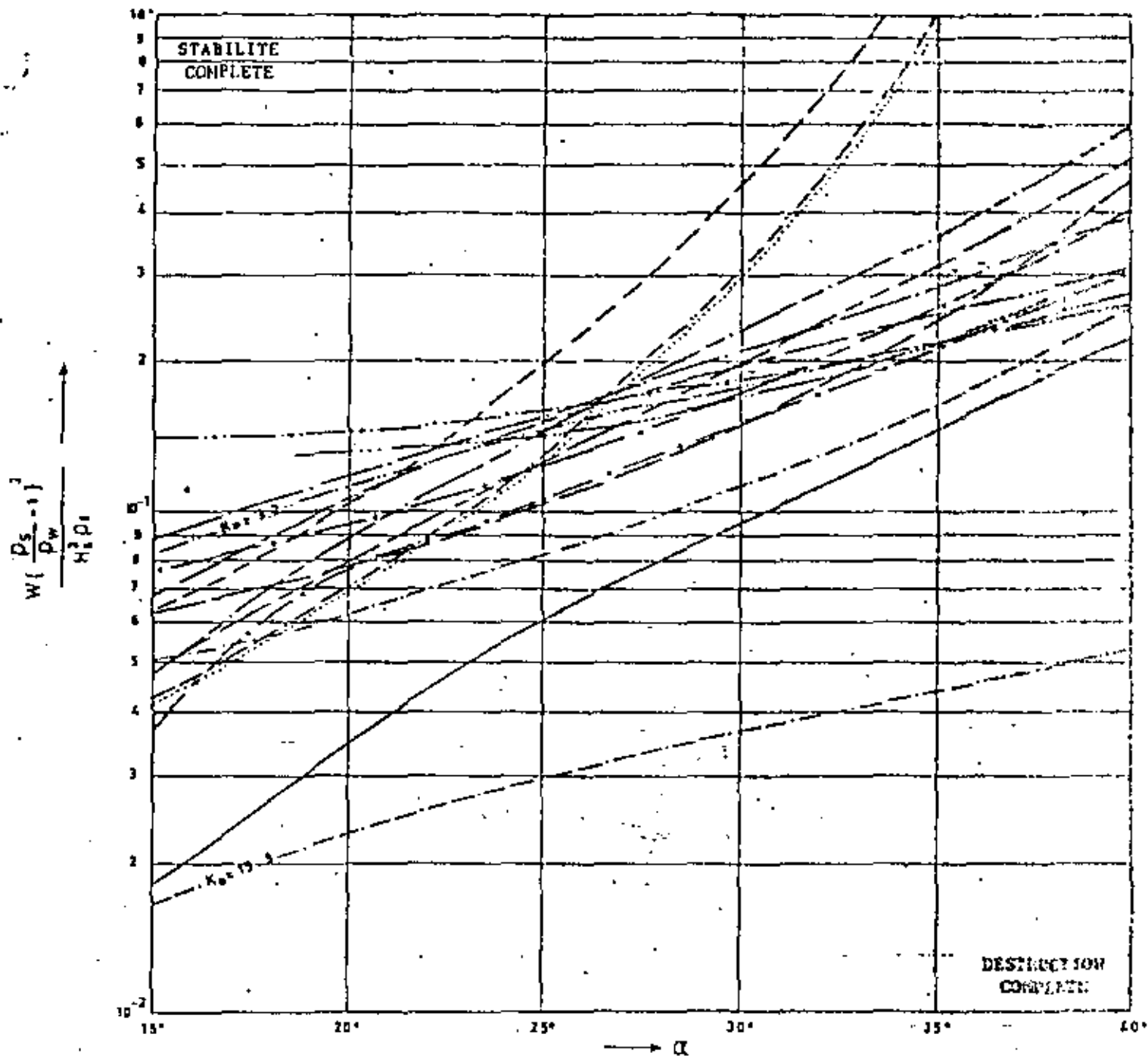
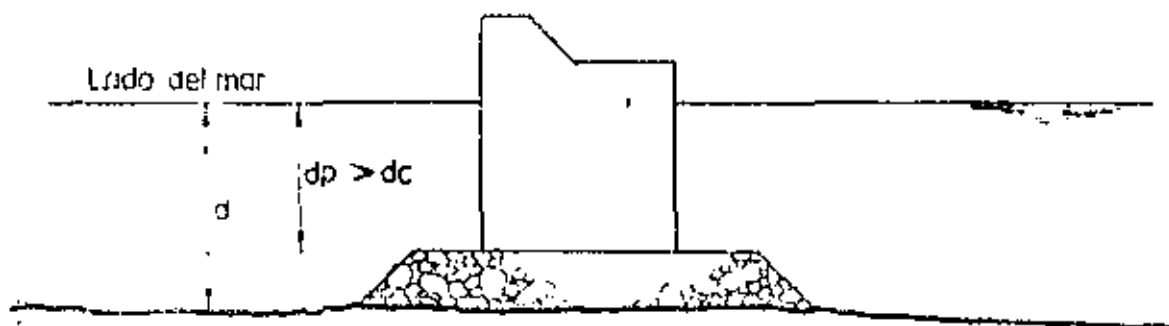


Fig. 2.
 Selection of various formulas used for the calculation of artificial and natural blocks of rubble mound breakwaters in relation to height H_b .

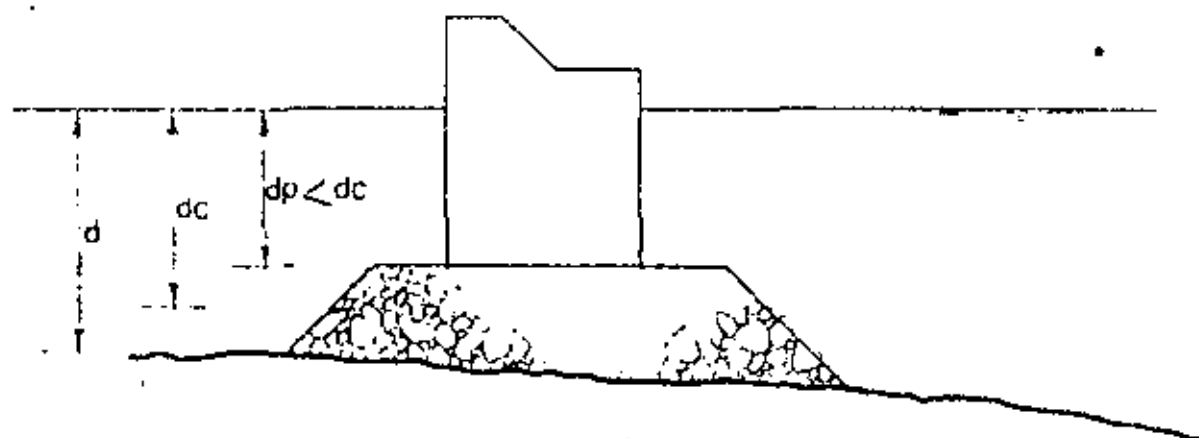
Legends:

- | | | | |
|-------|----------------|-----------|-----------------------|
| ————— | CASTRO | ————— | BEAUDEVIN |
| ————— | IRIBARREN* | | HEDAR* |
| ————— | IRIBARREN** | ————— | HEDAR** |
| ————— | MATHEWS | + + + + + | SVET |
| ————— | HICKSON/RODDLF | ————— | SN-82-80 |
| ————— | HUDSON* | ————— | RYBICHEVSKY |
| ————— | HUDSON** | + + + + + | METELICVNA |
| ————— | LARRAS | + + + + + | GOLDSCHTEIN/KONONENKO |

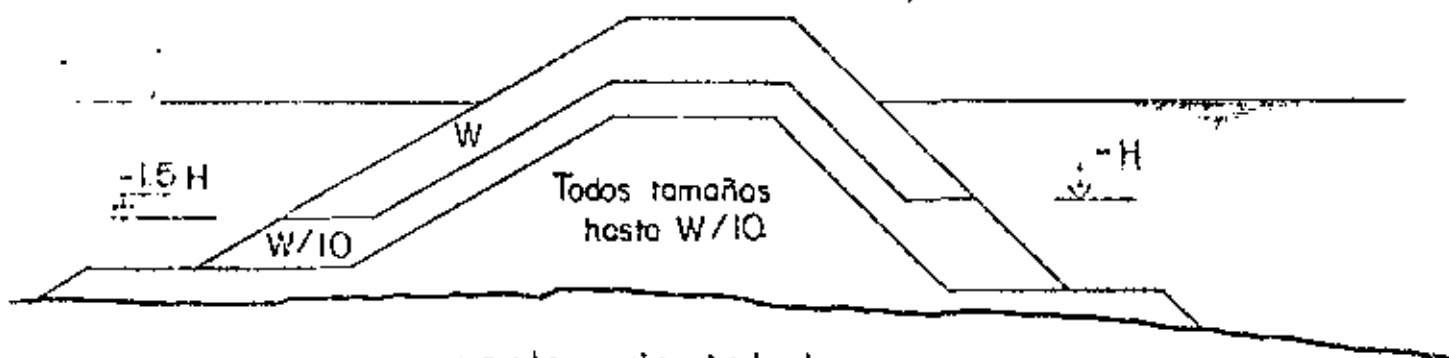
TIPOS DE ROMPEOLAS



rompeolas vertical



rompeolas mixto



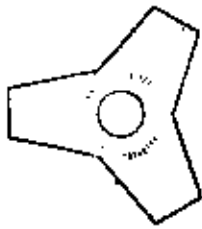
rompeolas de talud.

d = tirante de agua.

dc = mínimo tirante de agua (de acuerdo con el clapotis total.)

dp = profundidad al pie del muro.

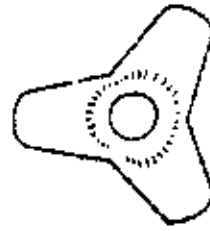
H = altura de ola



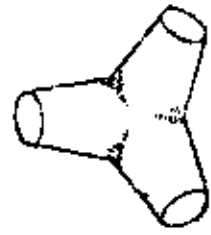
PLANTA



FONDO



PLANTA



FONDO



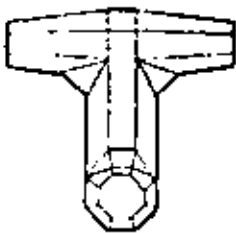
ELEVACION

CUADRIPODO

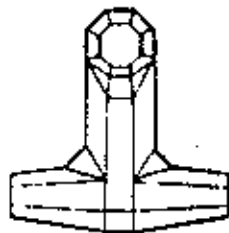


ELEVACION

TETRAPODO



PLANTA



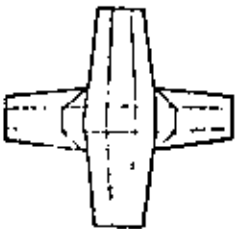
FONDO



PLANTA



FONDO



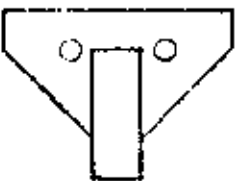
ELEVACION

DOLOS

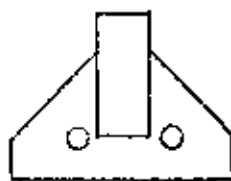


ELEVACION

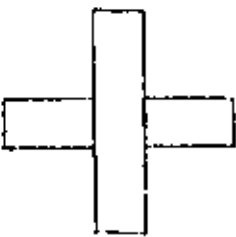
TRIBARRA



PLANTA



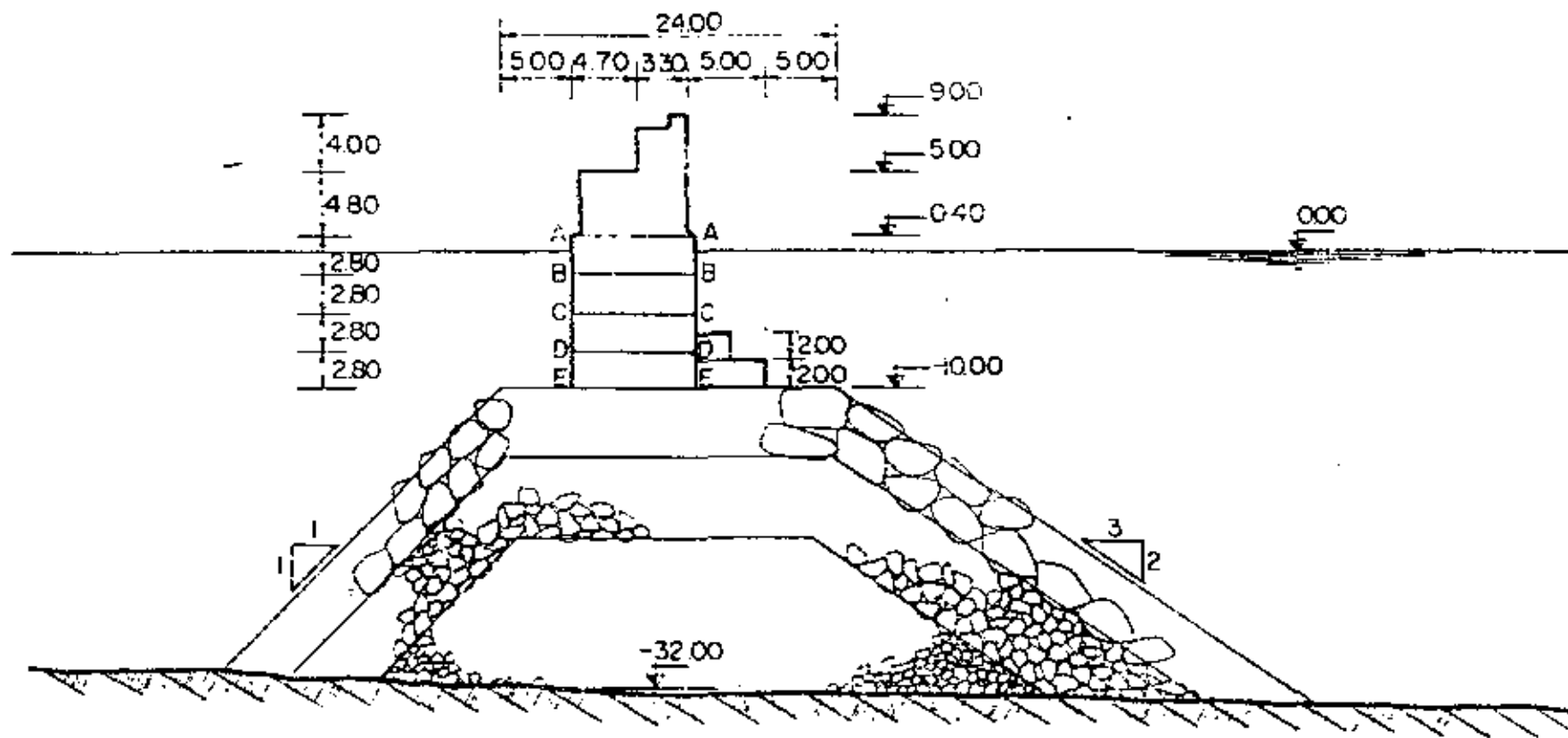
FONDO



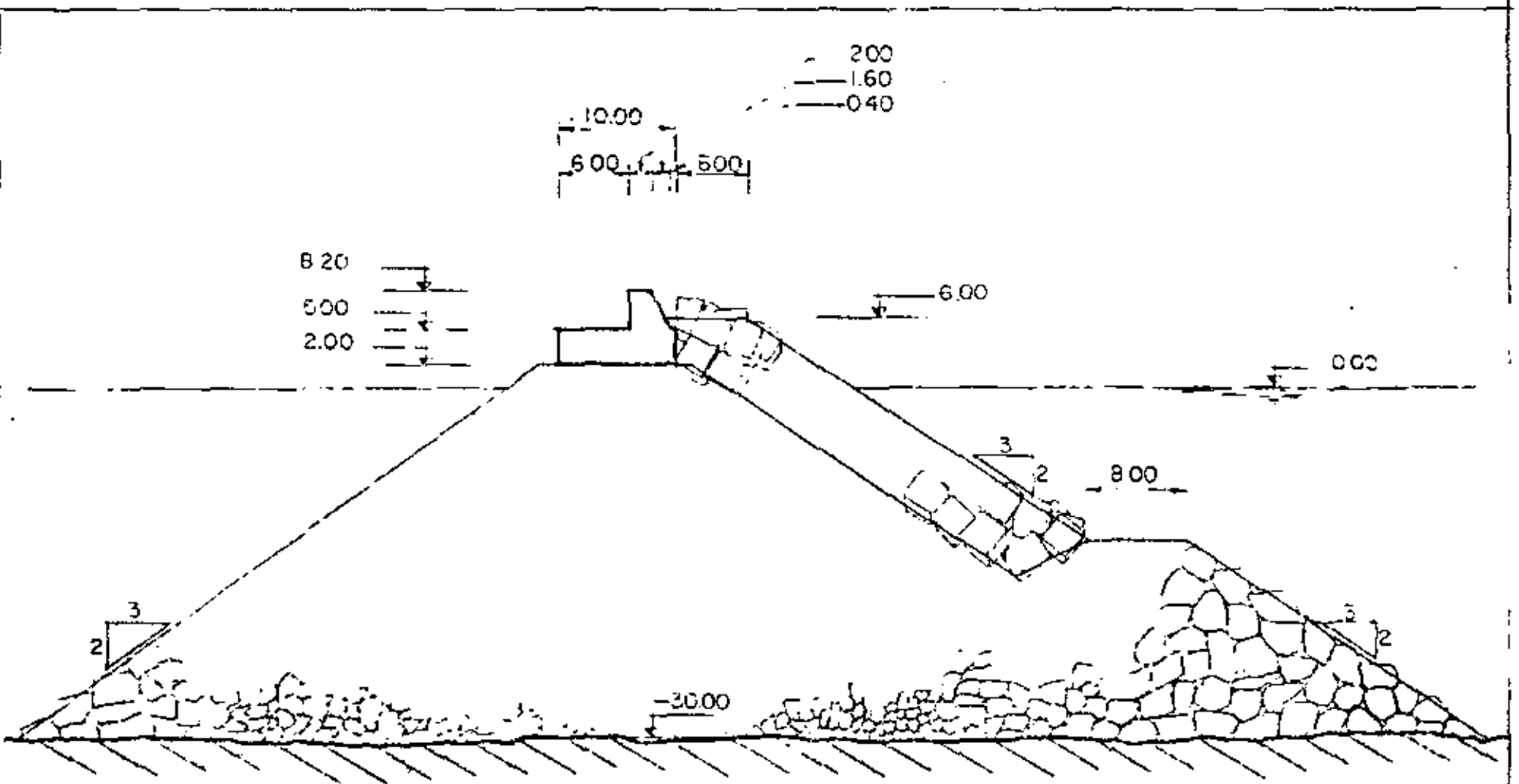
ELEVACION

DOM

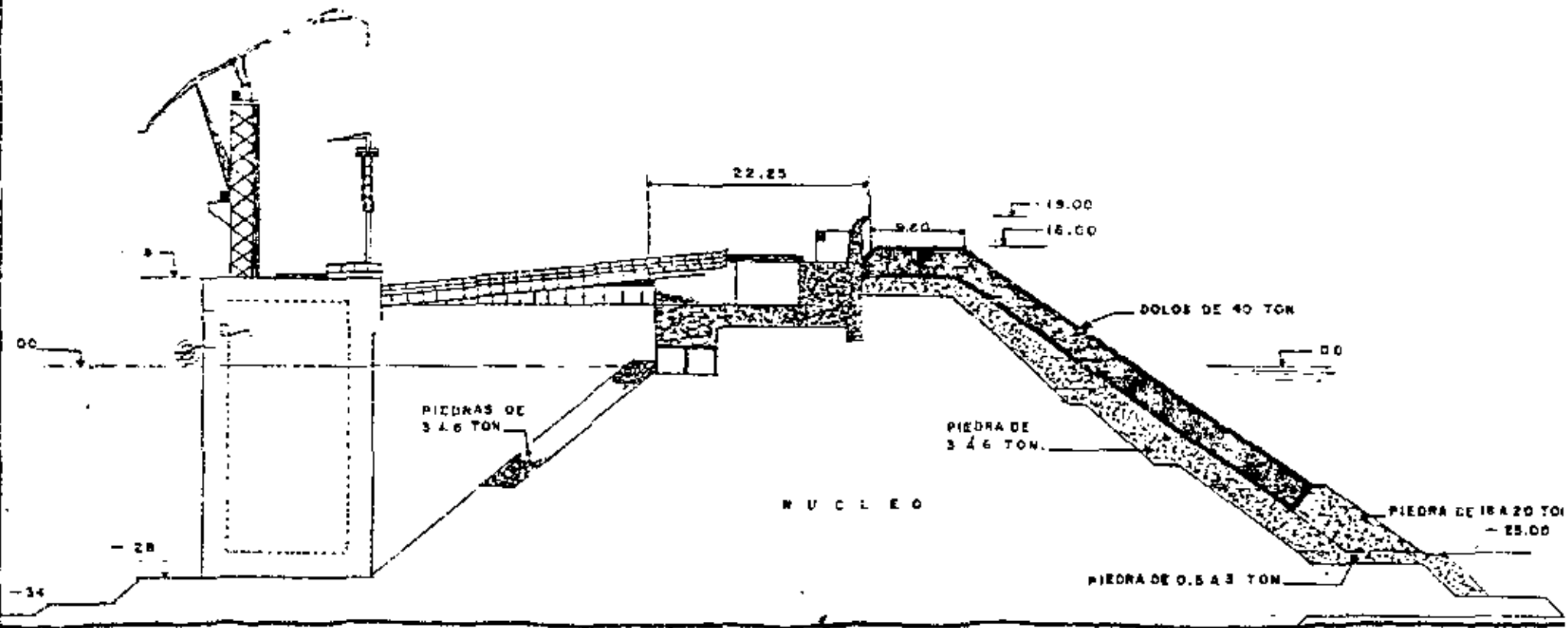
ELEMENTOS ARTIFICIALES DE CONCRETO



SECCION TIPICA DEL ROMPEOLAS DE PALERMO.



SECCION TIPICA DEL NUEVO ROMPEOLAS DE PALERMO.



ROMPEOLAS OESTE

NUEVO PUERTO DE SINES, PORTUGAL



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

OCTUBRE, 1979



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.

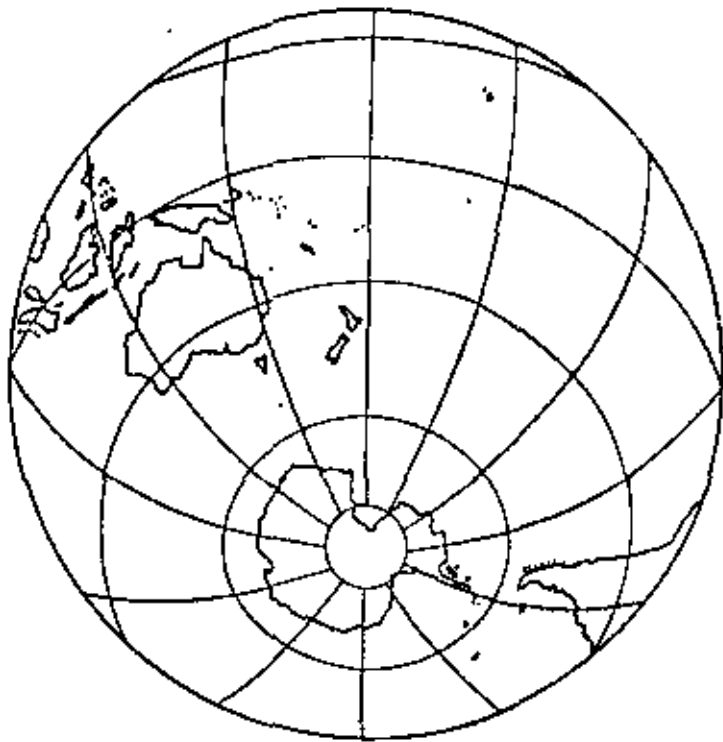
Si bien tenemos conocimiento de las enormes riquezas que guardan los océanos en cuanto a materias primas, alimentos y energía, actualmente obtenemos de los mares tan sólo el 1% de nuestra alimentación y el 2% de la explotación mundial de minerales. Con el creciente aumento de la población mundial y el 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.

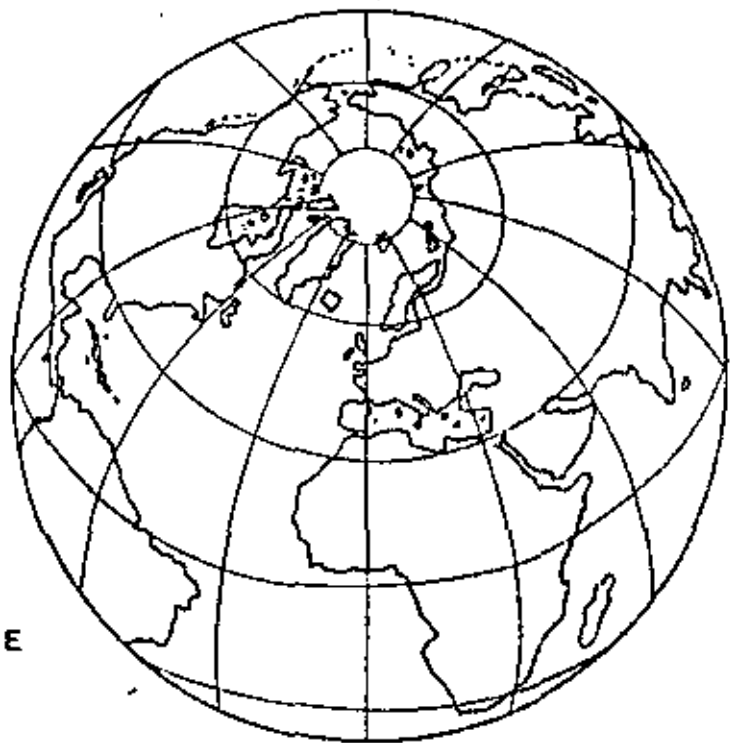
Los elementos más frecuentes, citados según su importancia, son los siguientes: cloro, sodio, magnesio, azufre, calcio, potasio, bromo, estroncio y carbono.

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

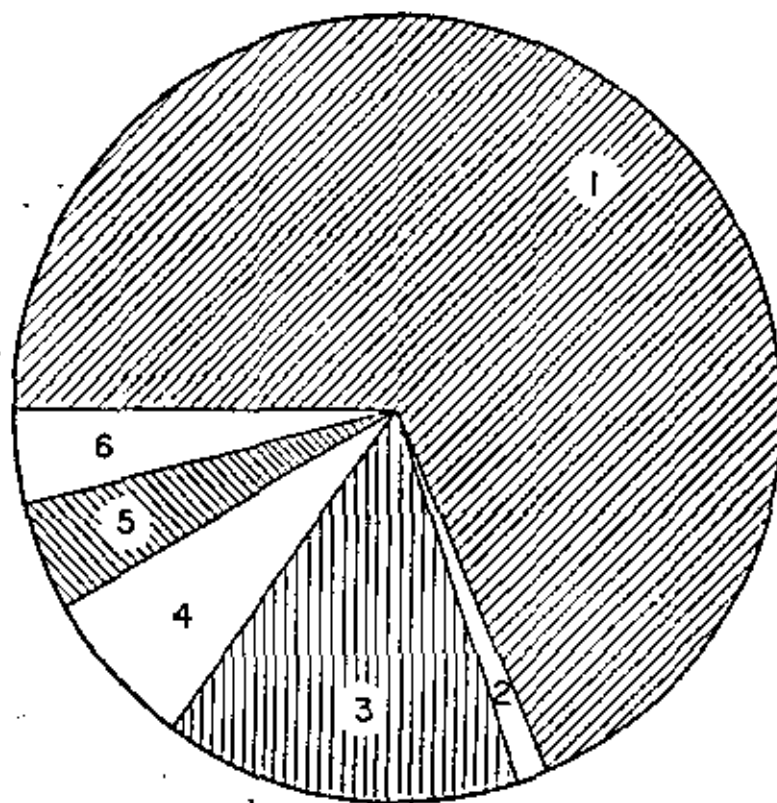
FIG. 1

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 Noroeste de Inglaterra;
- * Módulos de fosforita frente a California, Florida, Sudáfrica, África



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.

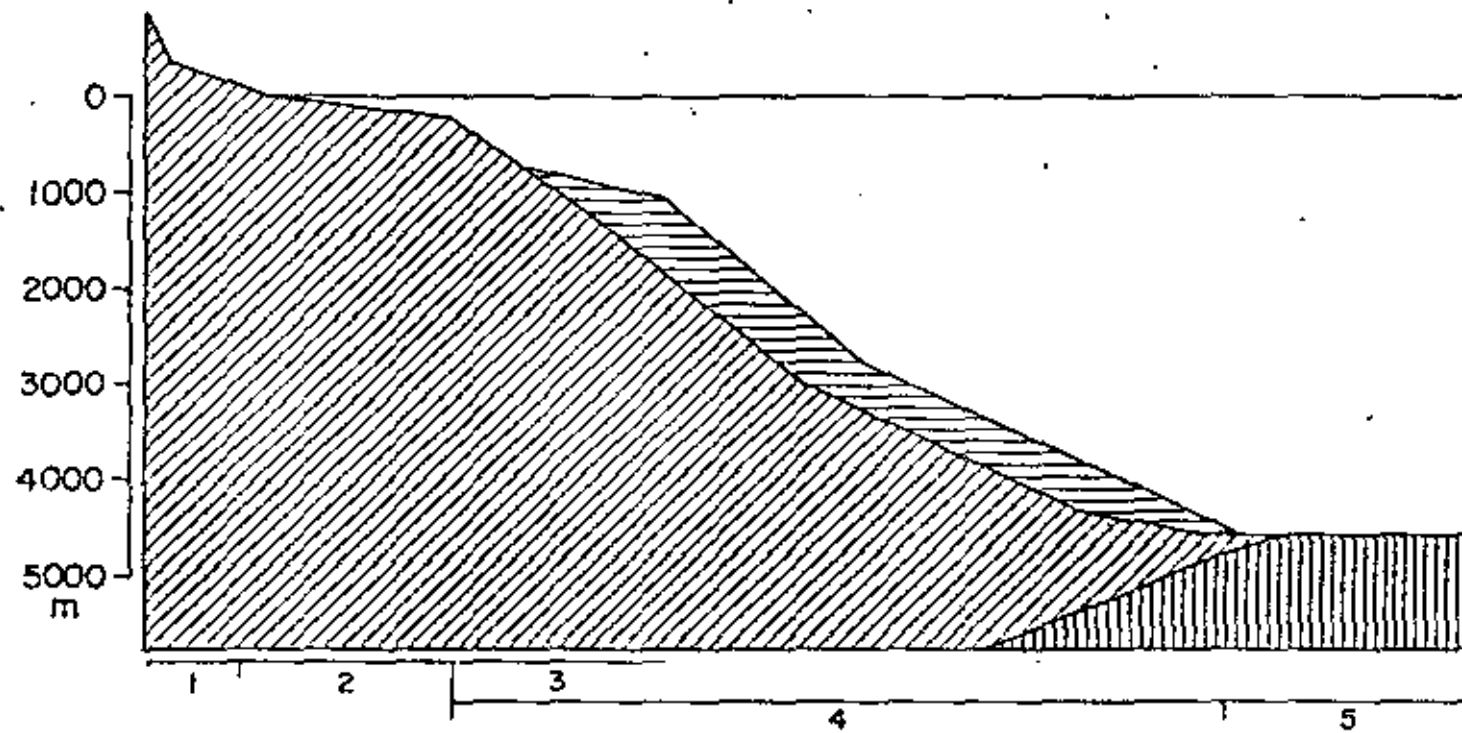
La mayoría de los yacimientos descubiertos hasta la fecha tienen su origen en el período terciario, en el cretácico, en el paleozoico primario, y en cámbrico, es decir, de 10 a 600 millones de años antes de nuestra era.

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 exploración 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 tridimensionales. 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.

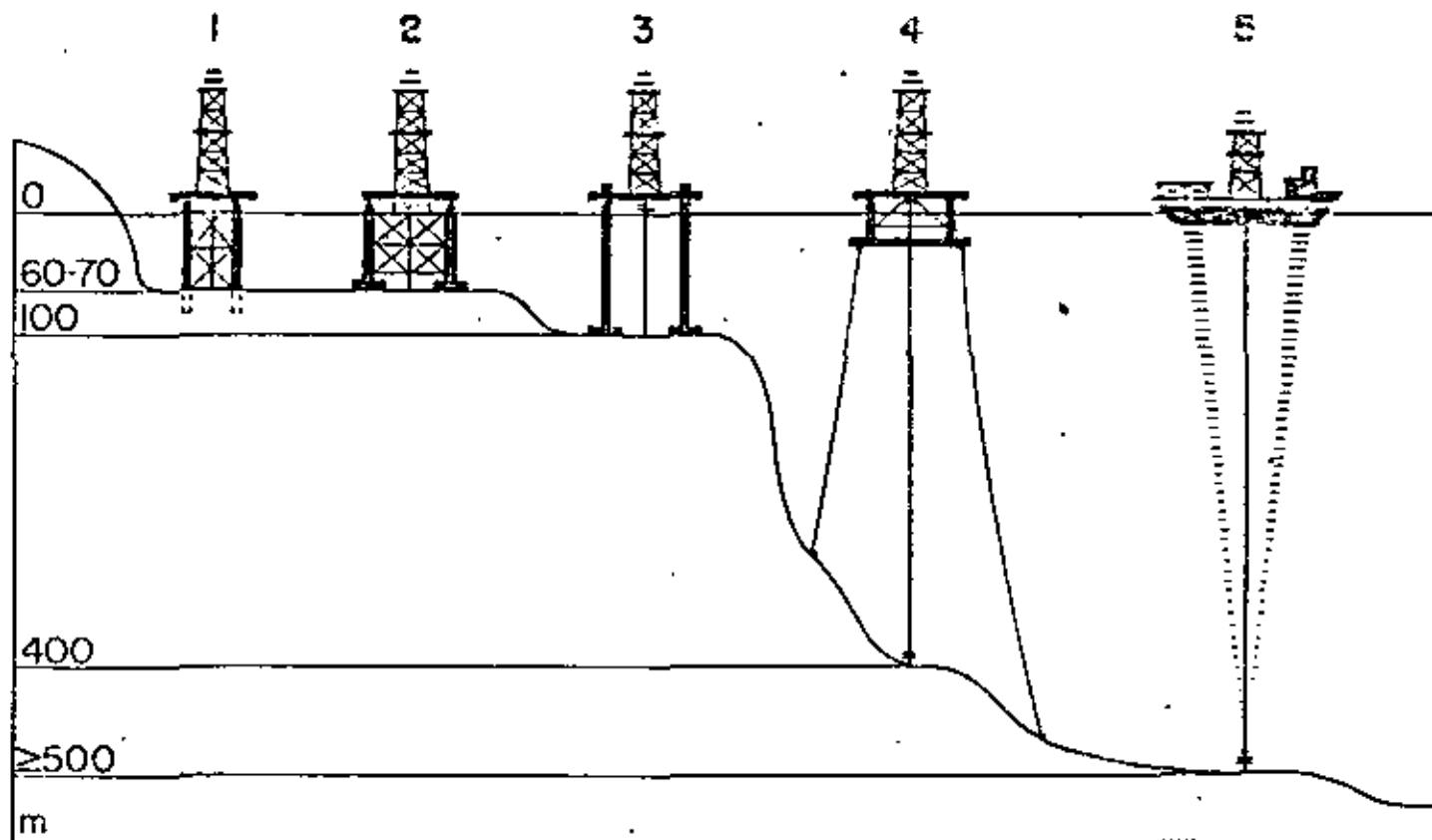
Y las instalaciones flotantes de perforación que son:

- * 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 Ríg 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

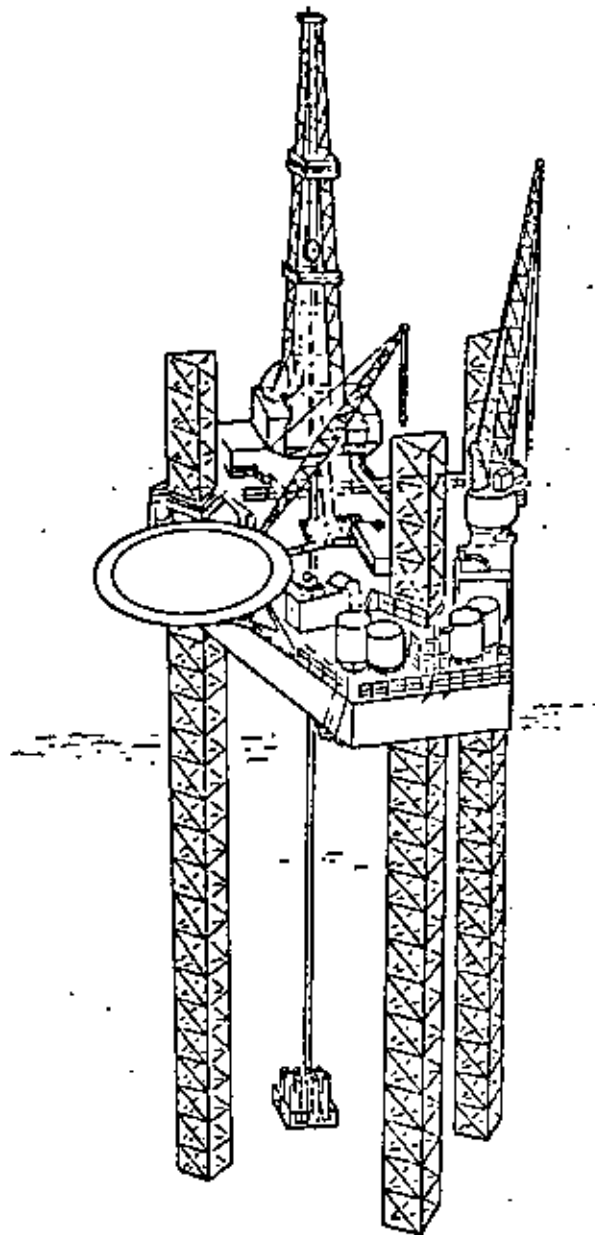
La unidad móvil auto-elevable es un tipo de instalación cuya utilización se encuentra muy extendida; las primeras fueron construidas en 1954. Entretanto, las construcciones originales se han modificado apreciablemente a fin de que puedan operar a profundidades mayores y bajo condiciones más difíciles 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 encontrará 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 climáticas 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.

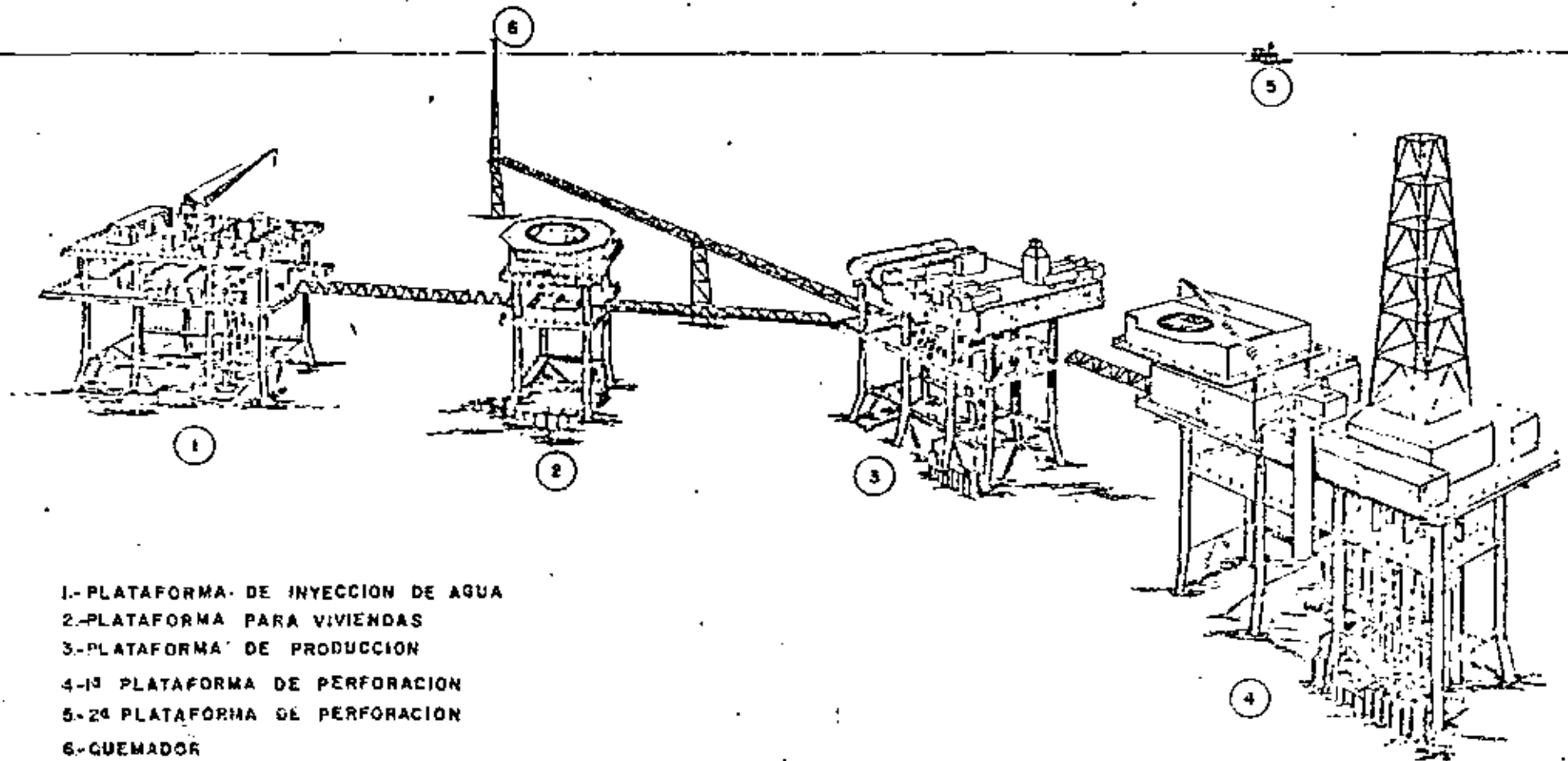
Una vez instalada la plataforma, las perforaciones son llevadas al manto

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- PLATAFORMA DE PERFORACION
- 5- 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.

Quando 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.

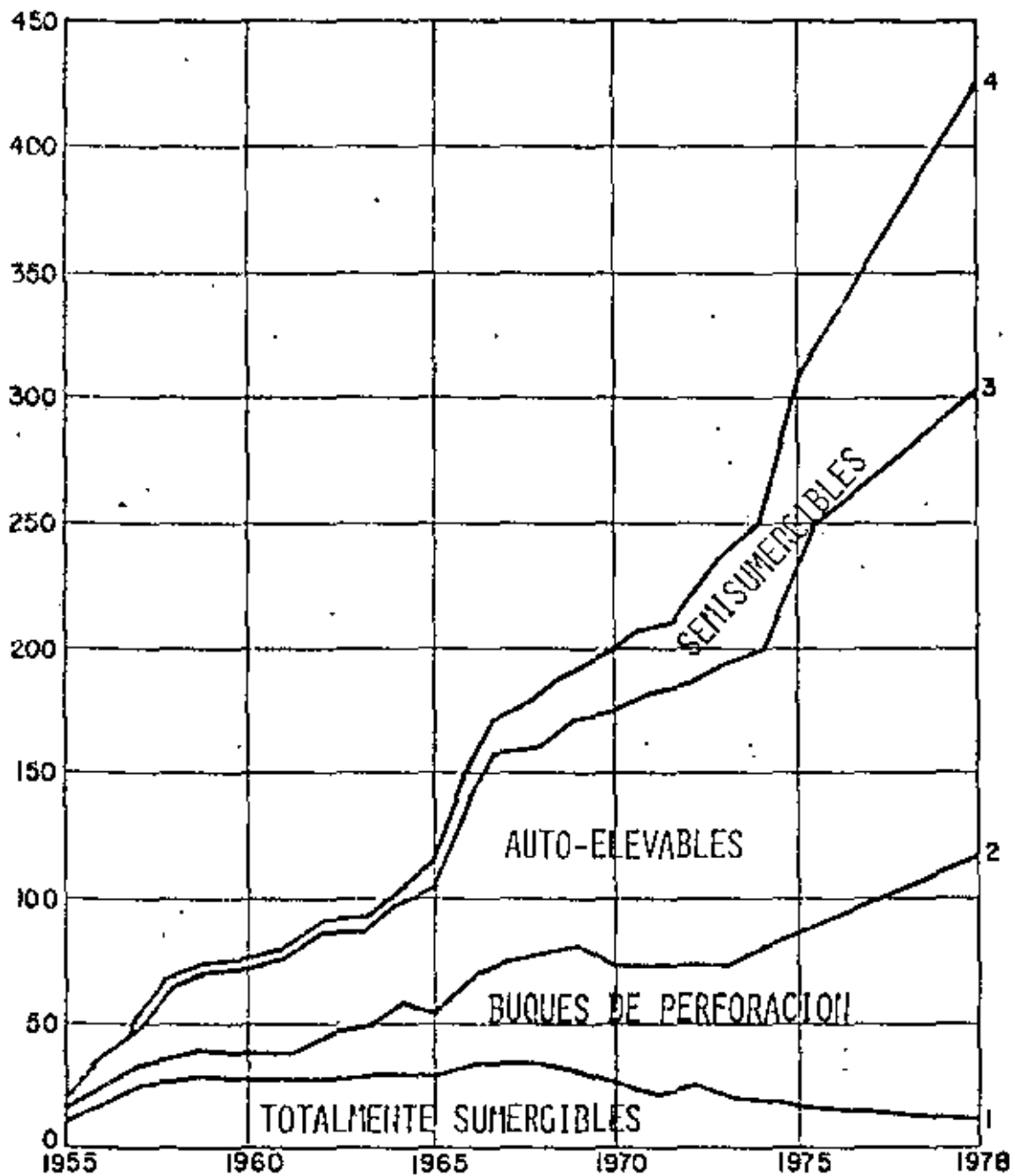
Primeramente, es necesario analizar los flujos de los pozos exploratorios de manera que se puedan preparar los datos necesarios para realizar los cálculos de balances de materia y energía. Una vez establecidos estos parámetros se procede en el siguiente orden:

- 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)

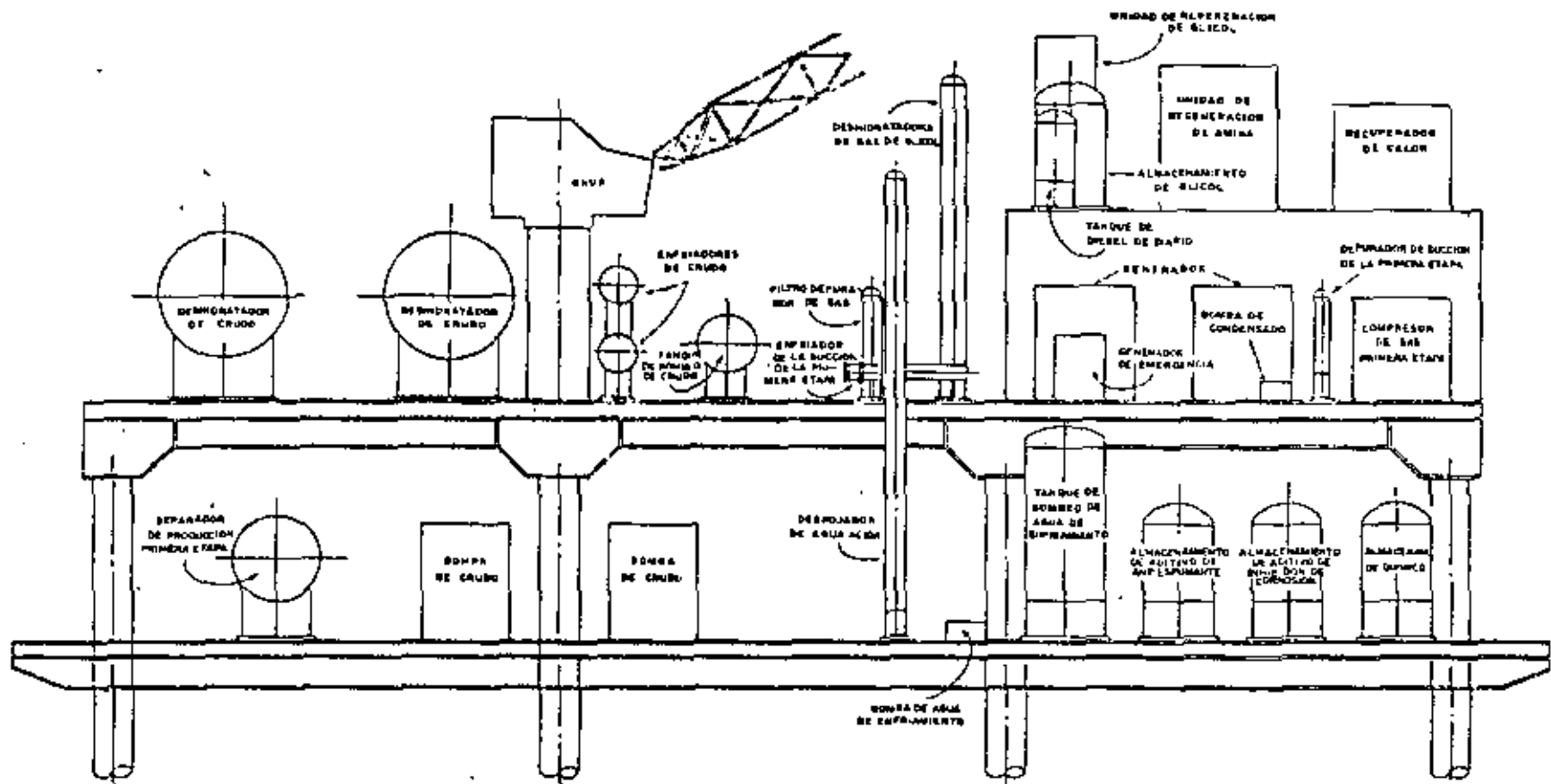
NUMERO DE INSTALACIONES MOVILES DE PERFORACION
MARINAS, EXISTENTES EN EL MUNDO
DESDE 1955 HASTA AGOSTO DE 1978.

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

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.

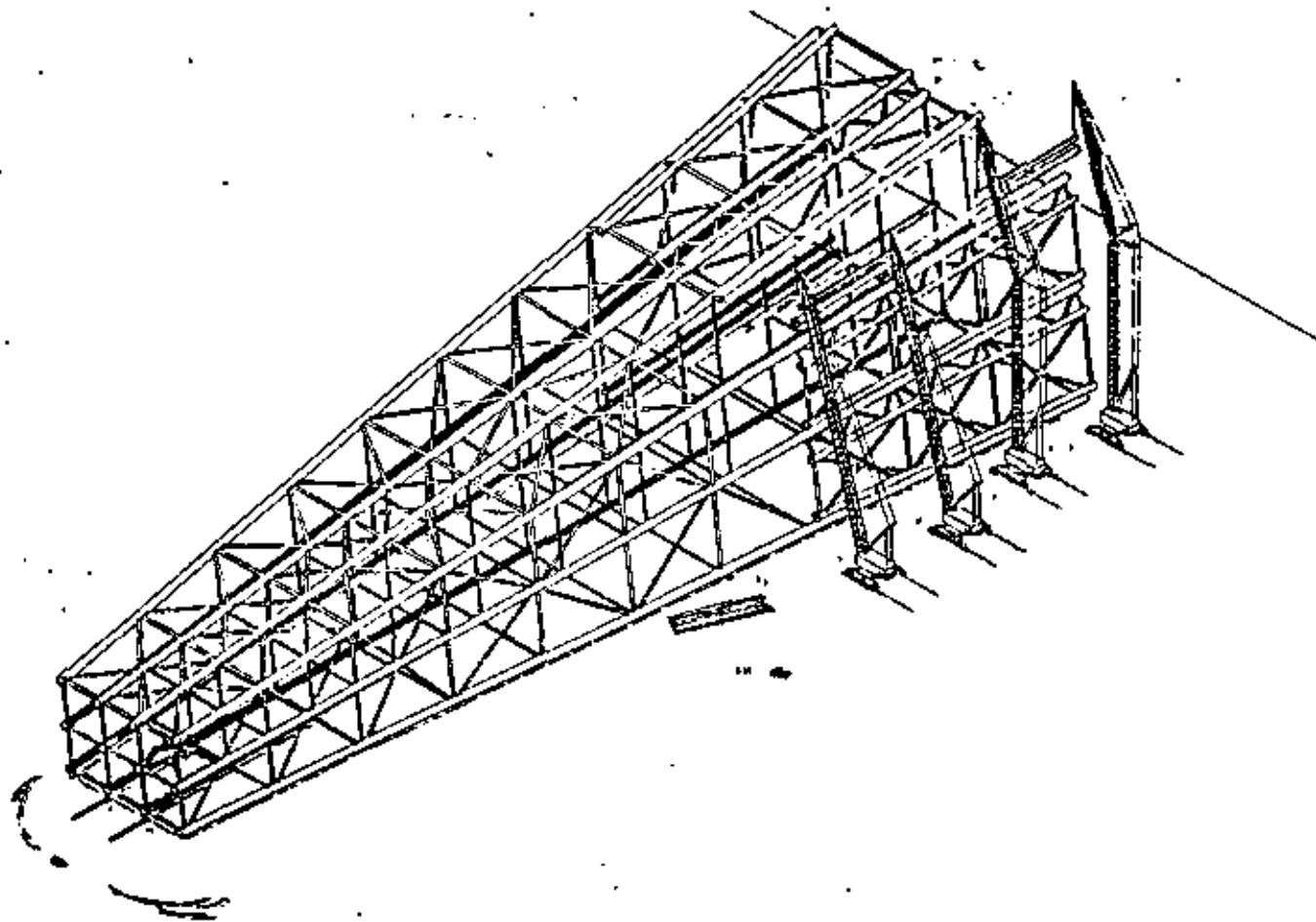
En los años 60 principió la producción de gas natural en la porción

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.

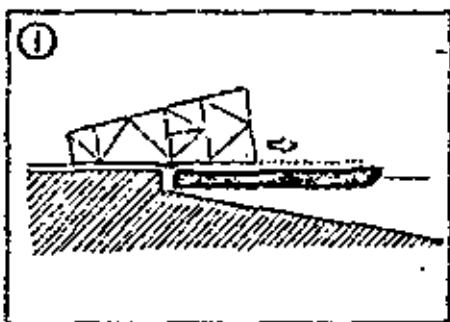
Como en su tiempo se hiciera en el Golfo de México, los pilotes de apoyo eran hincados en el suelo marino en el sitio mismo, para posteriormente ser unidos sobre el agua mediante piezas soldadas, montando con ayuda de grúas flotantes la superestructura encima de ellos. Sin embargo, la cimentación a base 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).

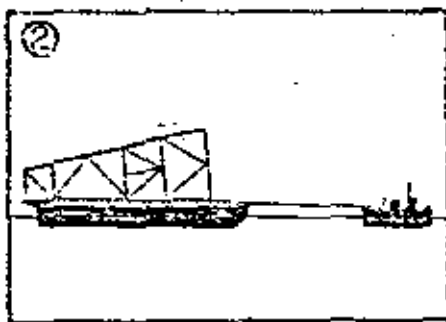
Al irse ampliando las actividades de perforación hacia el Norte,



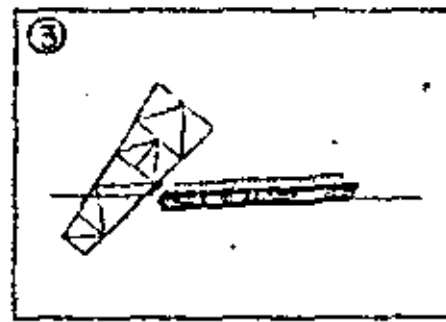
FABRICACION DE UNA SUBESTRUCTURA PARA
GRANDES TIRANTES DE AGUA



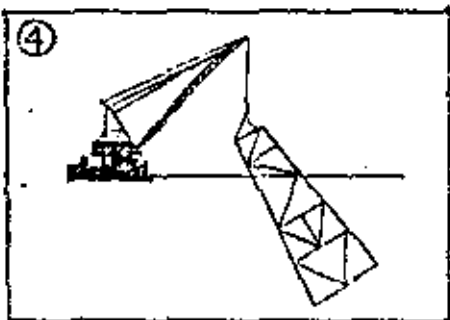
DESPLAZAMIENTO Y CARGA
DE LA SUBESTRUCTURA
EN LA BARCAZA



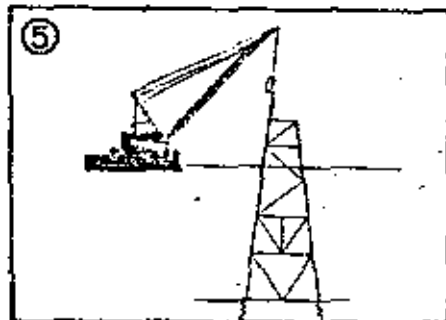
SUJECION Y TRANSPORTE
DE LA SUBESTRUCTURA
AL LUGAR DE LA
INSTALACION



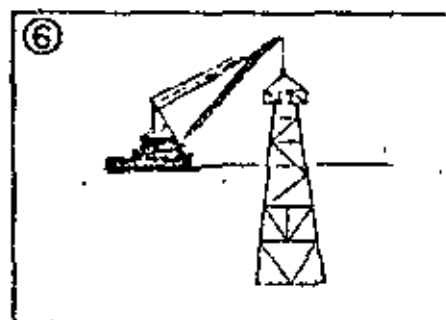
BOTADO DE LA
SUBESTRUCTURA



POSICIONAMIENTO Y
ORIENTACION DE LA
SUBESTRUCTURA



HINCADO DE PILOTES



INSTALACION DE
SUPERESTRUCTURA
Y PAQUETES

INSTALACION DE UNA PLATAFORMA DE ACERO

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.

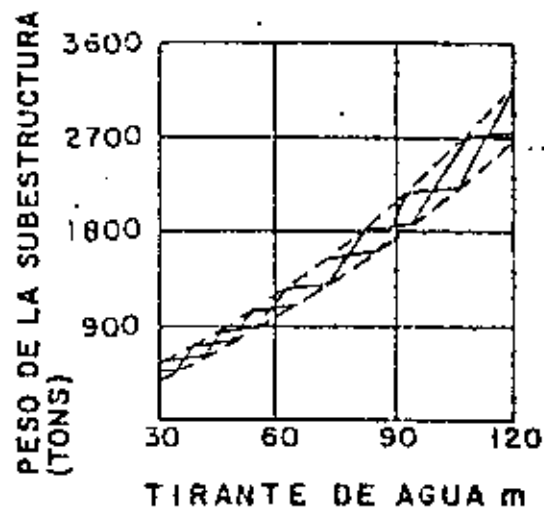
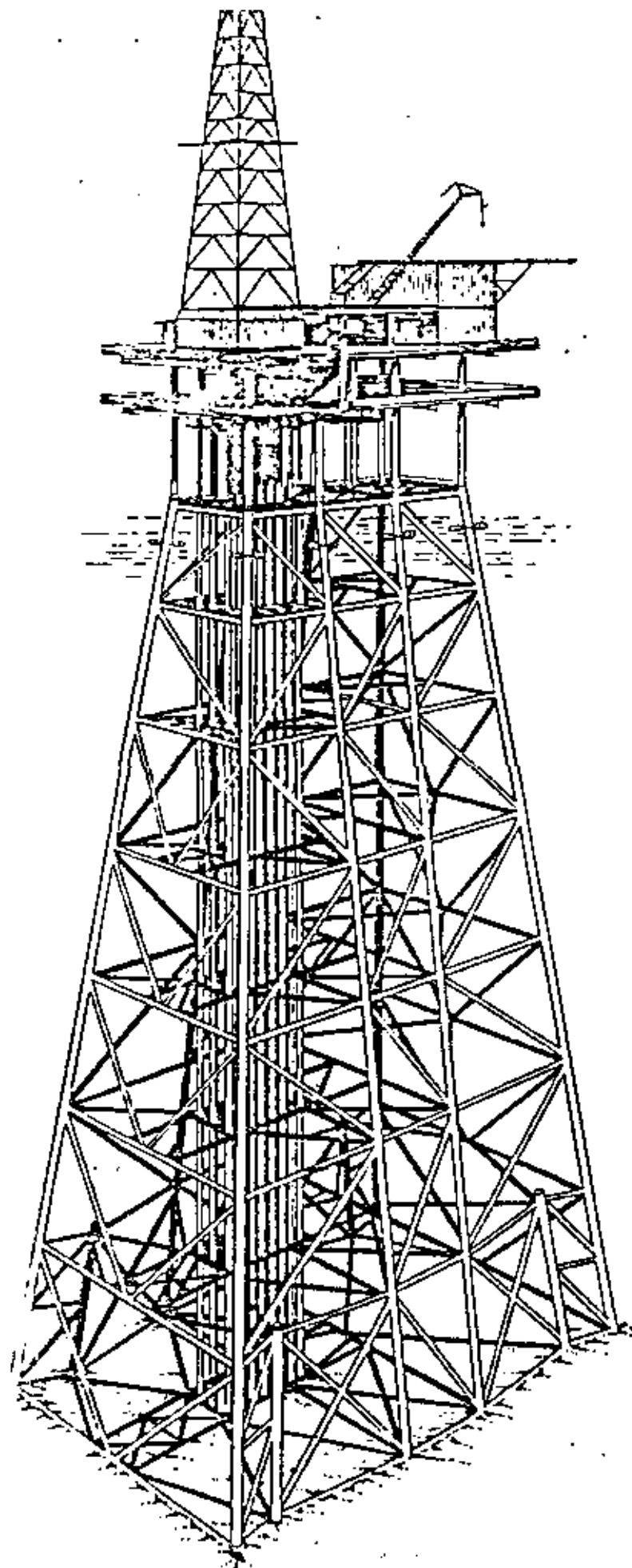
(Las figuras 11 y 12 muestran ejemplos de una plataforma de acero y una de gravedad de concreto respectivamente).

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.

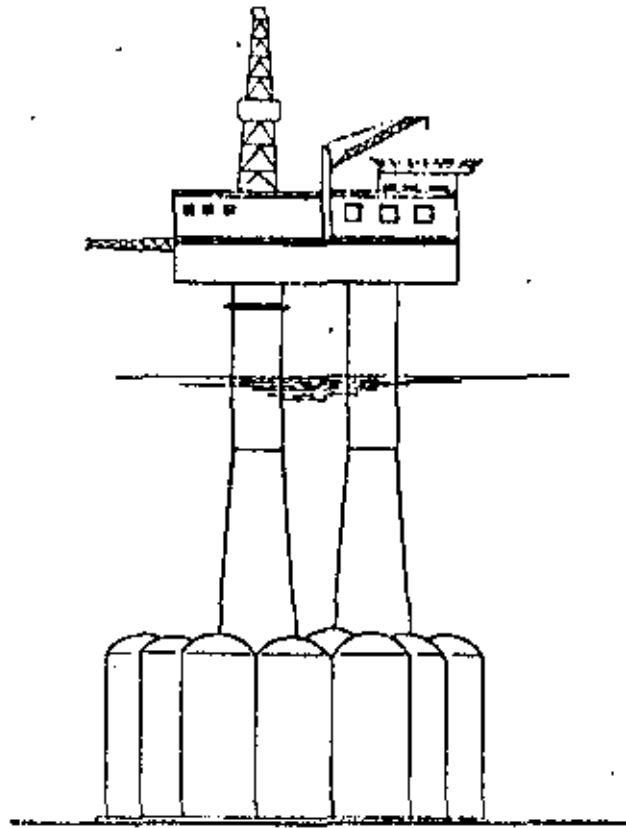
Las principales desventajas son que toma mayor tiempo de fabricación y que necesita un dique seco para iniciar la construcción.



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	266 KPH
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	35 a 50
TOTAL	2:7 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

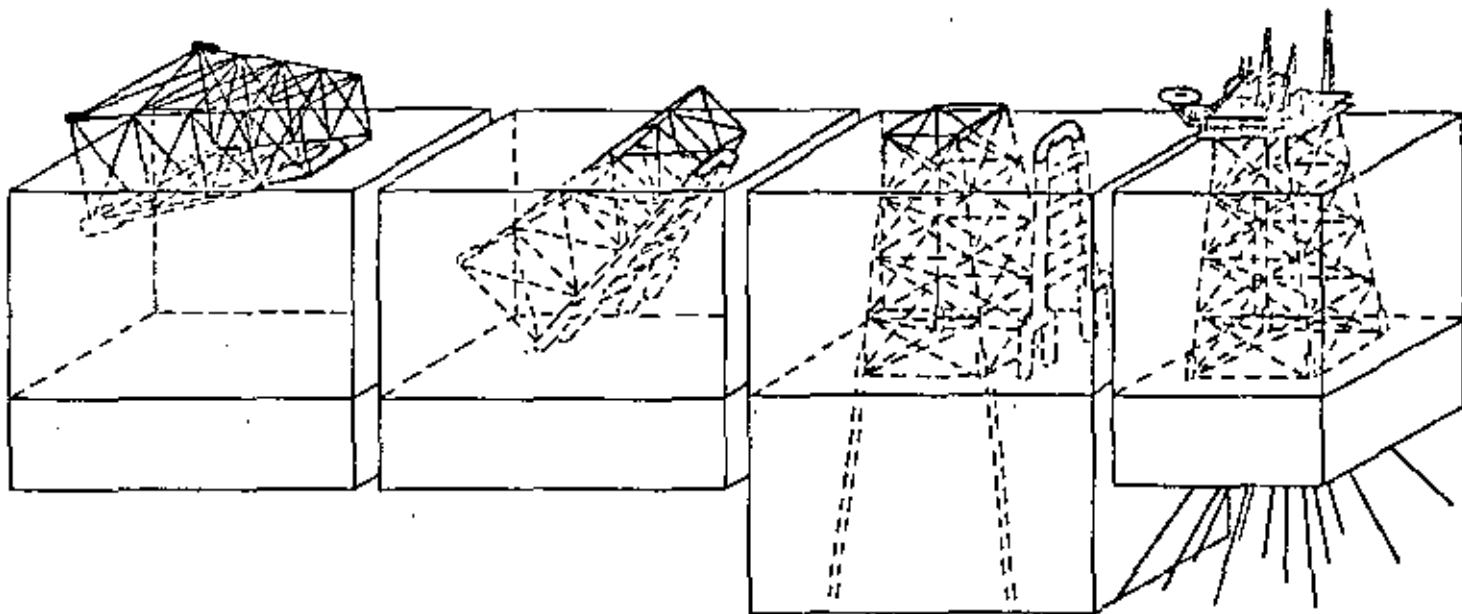
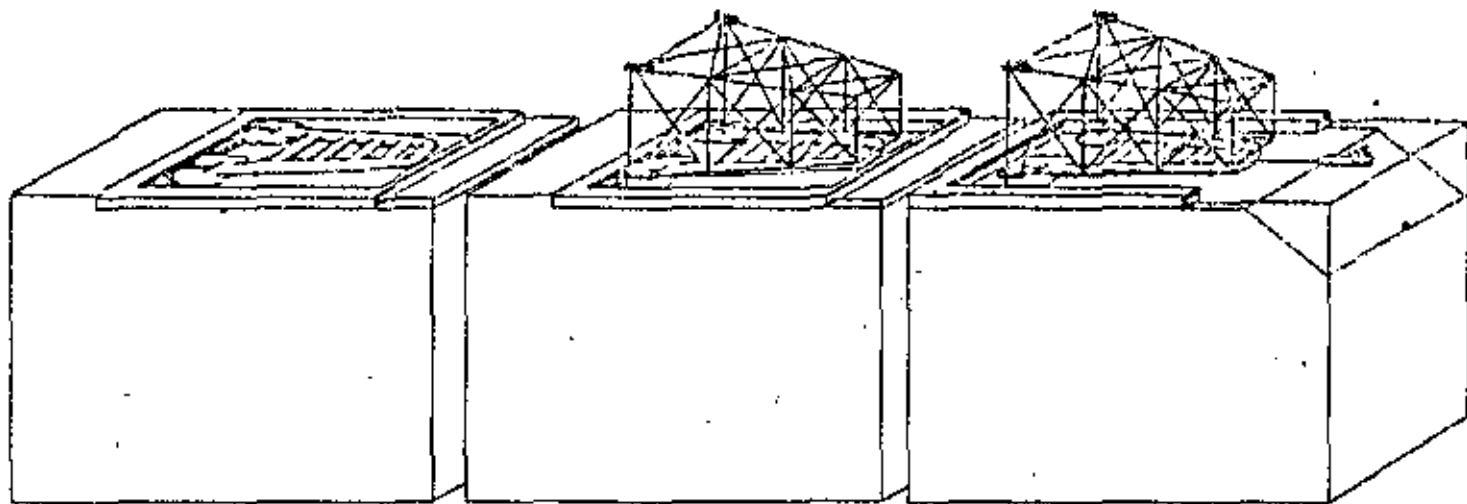
FIG. 12

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

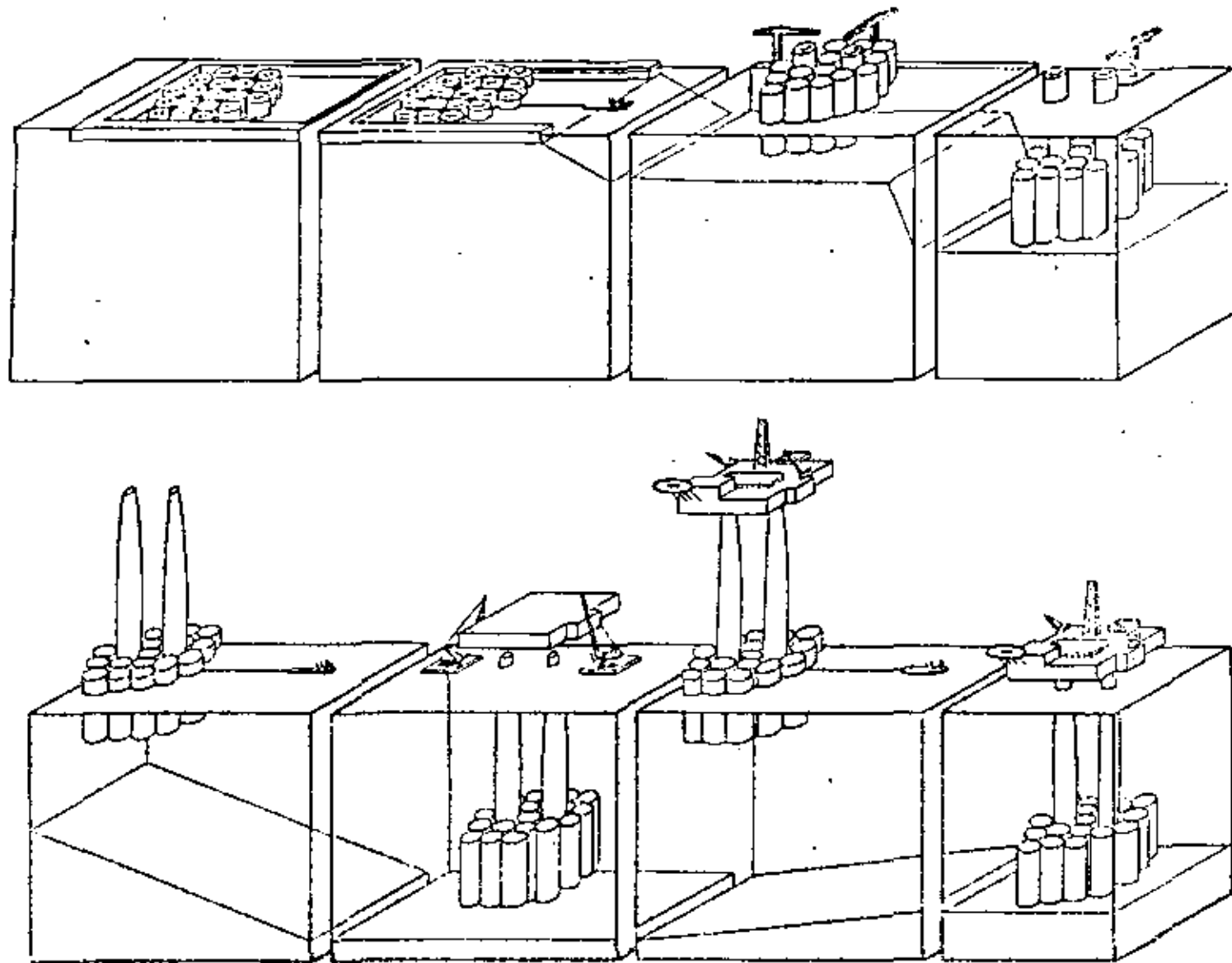
componen de entre 5 hasta 100 celdas cilíndricas o rectangulares (Esto se puede apreciar en la figura No. 14.).

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.

A) 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 deslustra 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.

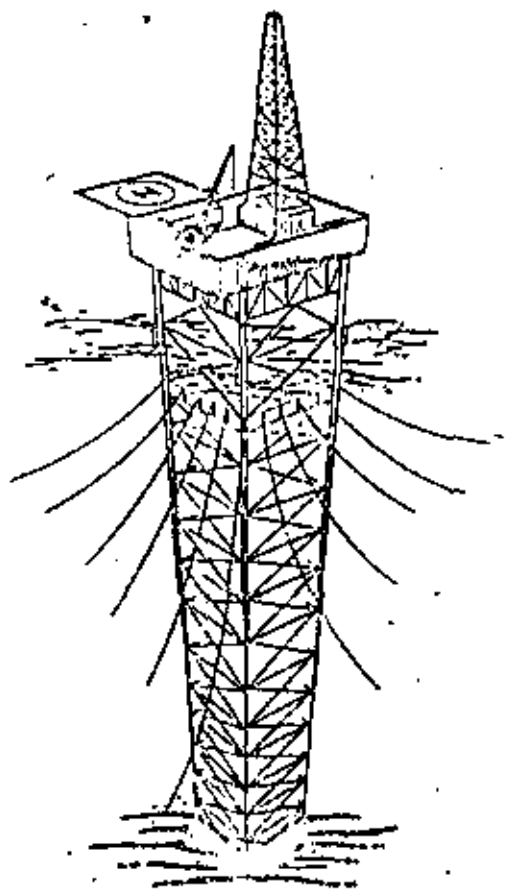
De esta manera es posible aprovechar óptimamente la capacidad

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.

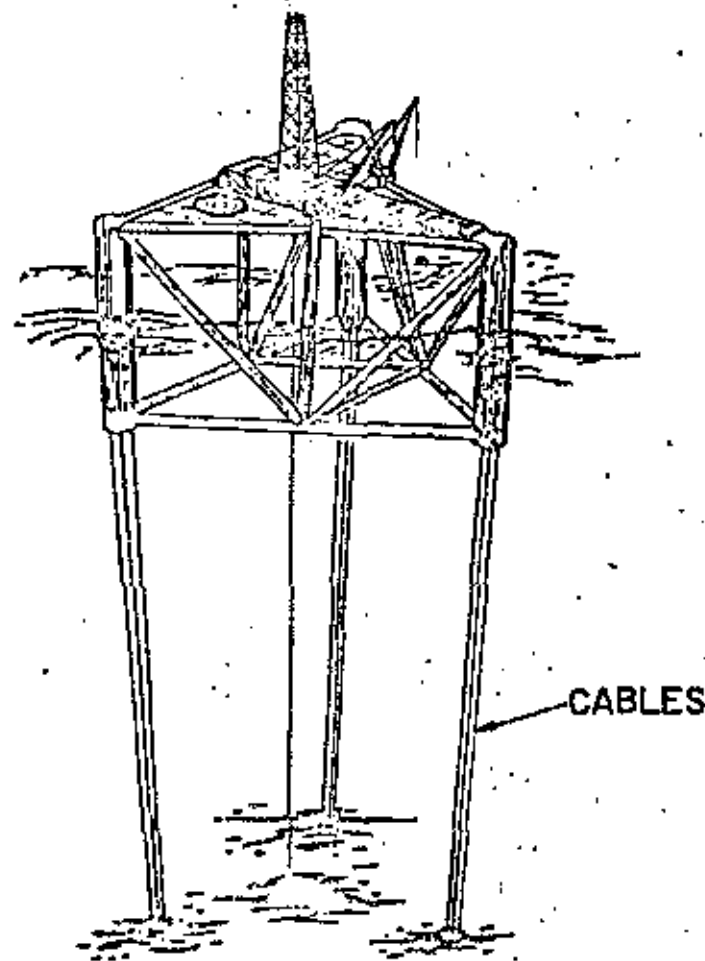
2. Desarrollo futuro

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 150,000 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**

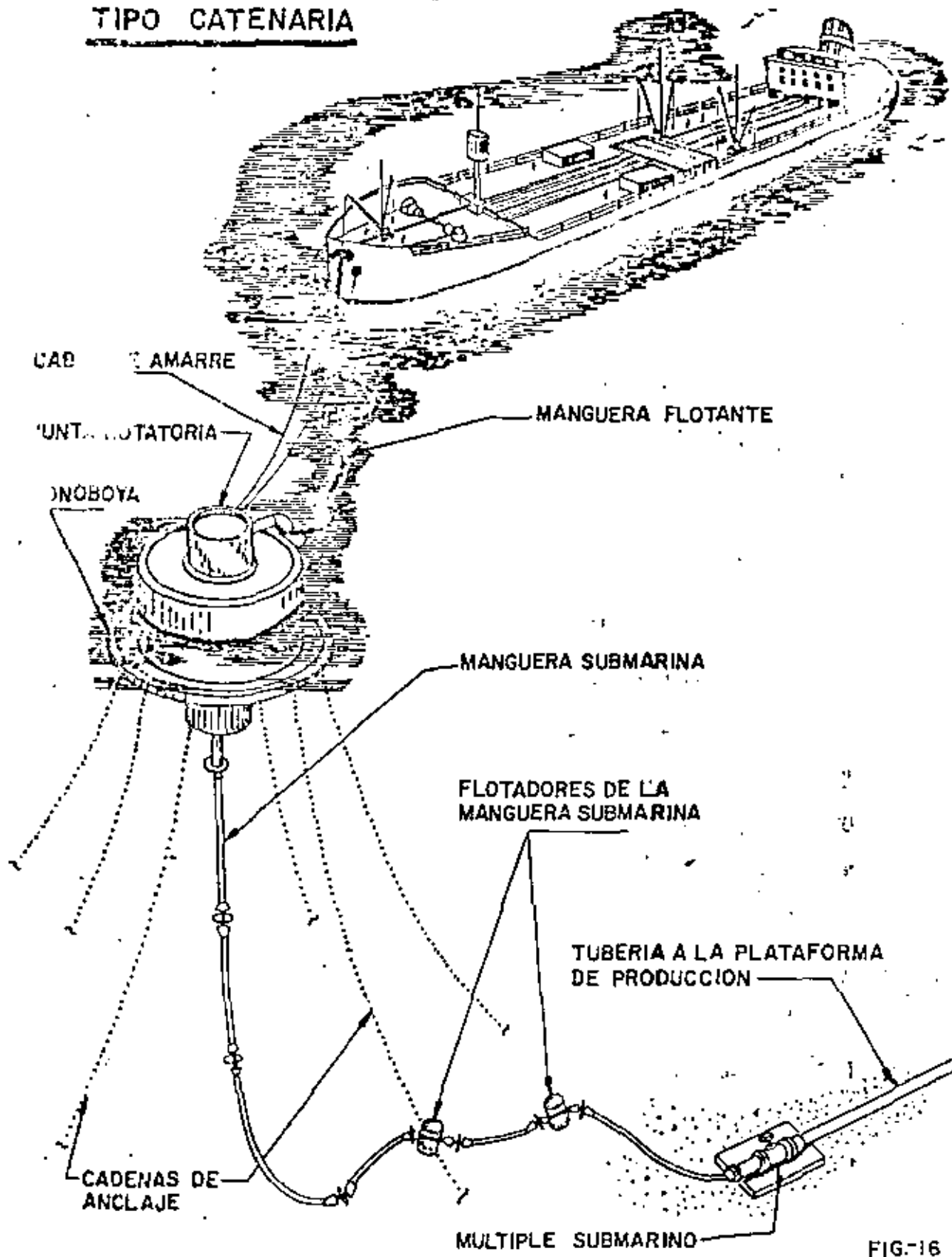


FIG-16

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

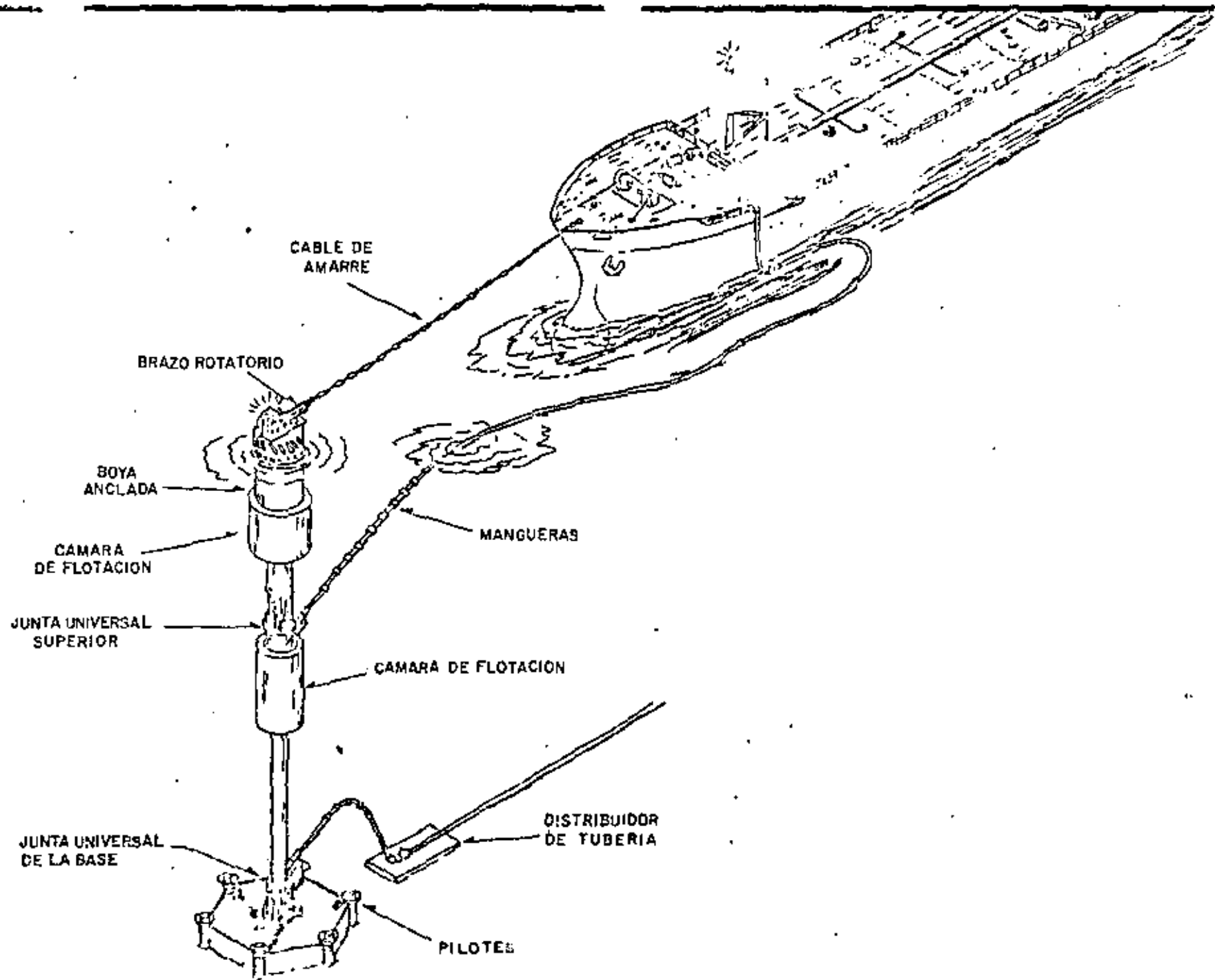


FIG-17

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.

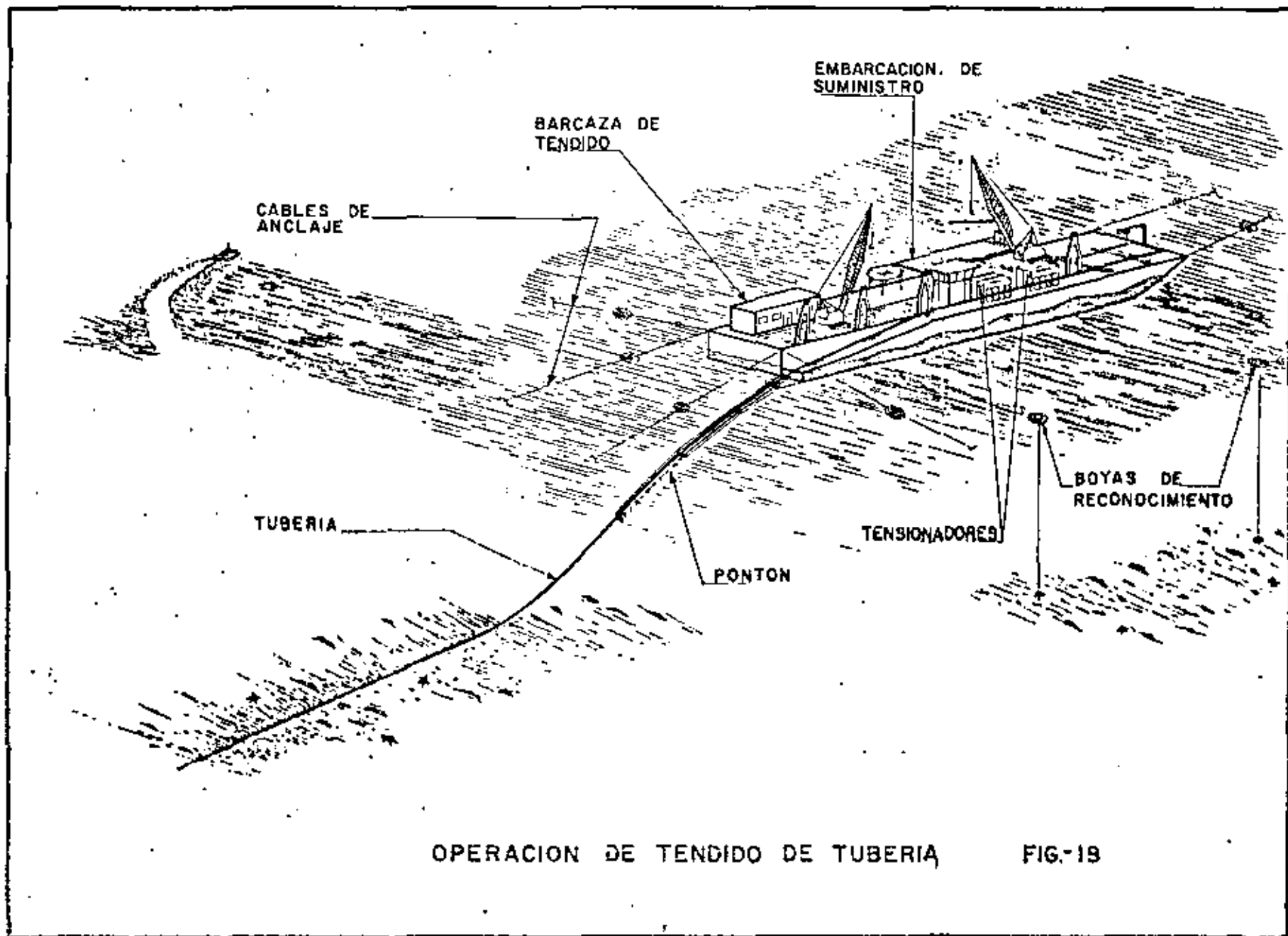
2.3. TECNICA DEL TENDIDO DE TUBERIA

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,



OPERACION DE TENDIDO DE TUBERIA

FIG-19

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

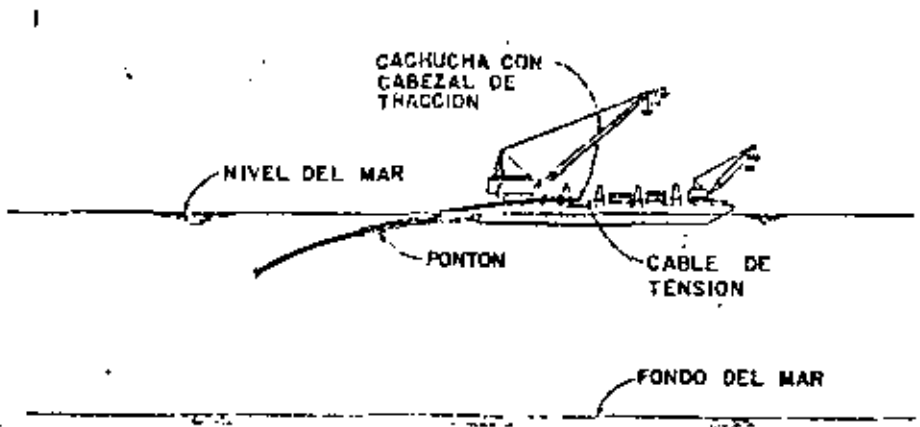
especial mostrado en la Fig. 19 .

Durante esta operación existe el grave peligro de que la tubería se golpee contra el espolón, resultando daños tanto en éste como en aquélla.

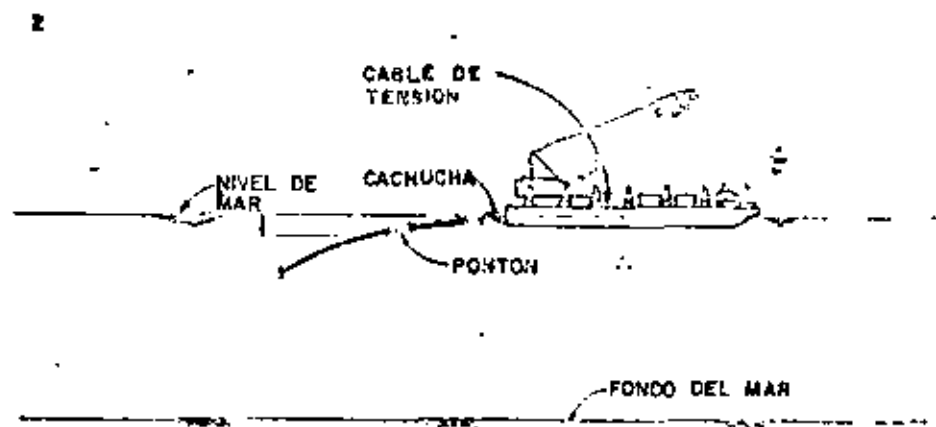
2.5. ENTERRADO DE LA TUBERÍA.

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:

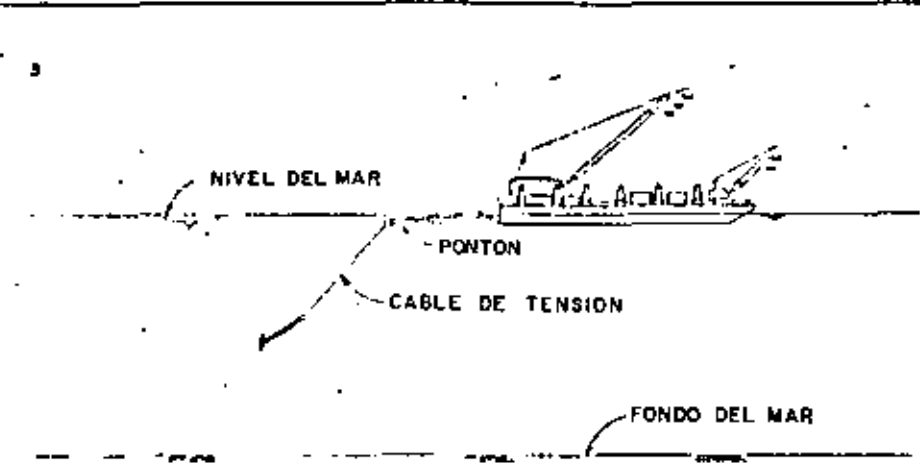
- * Es necesario evitar que la tubería sea dañada por anclas o utensilios de las redes de fondo de los pescadores.
- * Debe evitarse la erosión de la capa superior del suelo causada por mareas o corrientes, que pudieran deslavar el lecho de la tubería y por consiguiente producir una rotura.
- * Deben 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



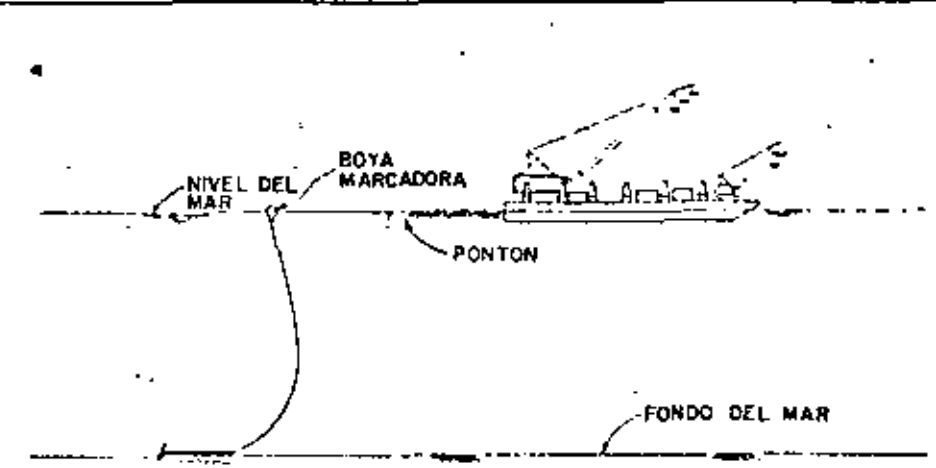
SE COLOCA EL CABEZAL AL EXTREMO DEL TUBO SE LE APLICA LA MISMA TENSION QUE AL TUBO



MANTENIENDO LA TENSION EN EL CABLE, LA BARCAZA AVANZA HACIA ADELANTE



LA BARCAZA SIGUE AVANZANDO HACIA ADELANTE



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

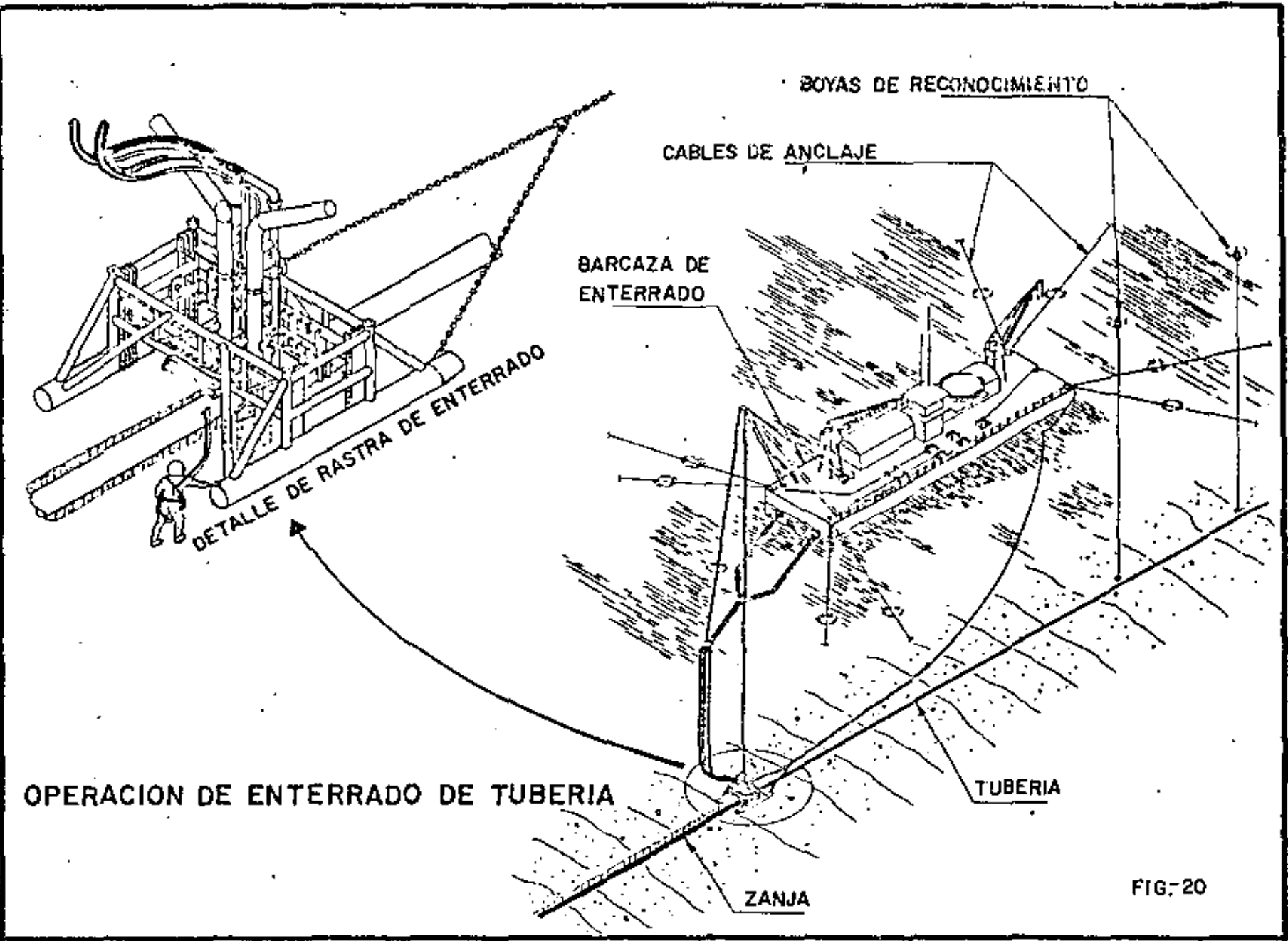
NOTA: PARA LA RECUPERACION DE LA TUBERIA AL CONTINUAR CON EL TENDIDO, SE HACE EL MISMO PROCEDIMIENTO EN FORMA INVERSA.

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 techo 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, barcazas 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



OPERACION DE ENTERRADO DE TUBERIA

FIG-20

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 rellenada, 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

50

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 EXPLOTACION.

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.

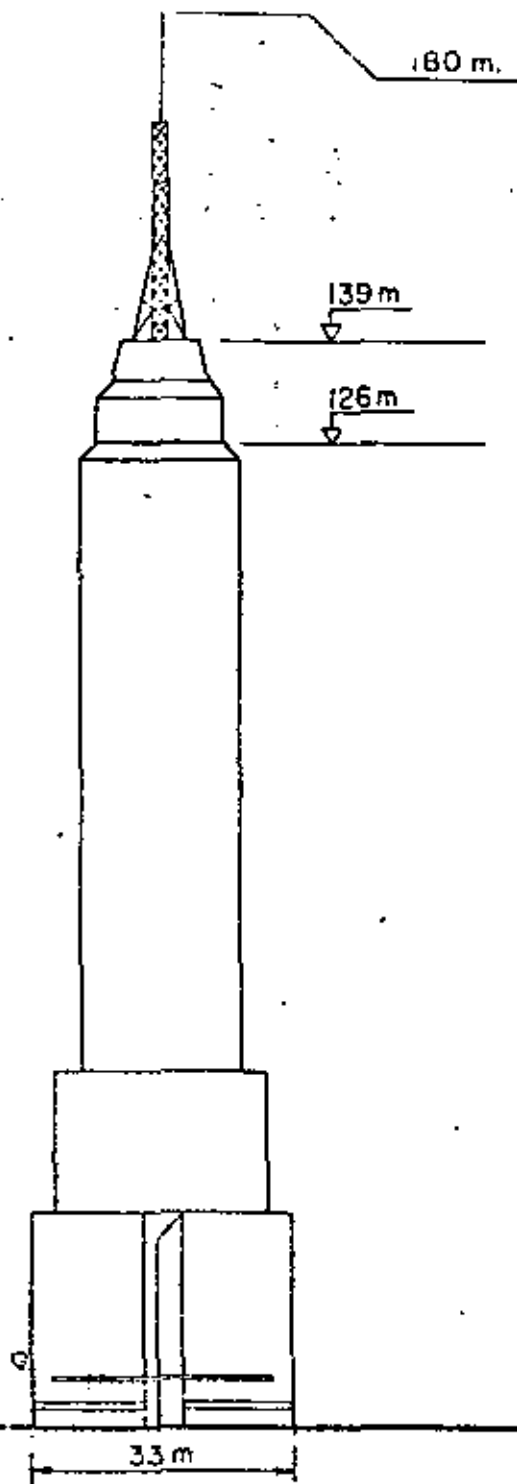
Tampoco el principio de las unidades semisumergibles pudo proporcionar una solución satisfactoria a este problema, ya que las unidades semisumergibles de peso medio actualmente en uso, son capaces de compensar el movimiento ascensional en sólo un 50% de la altura de la ola.

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.

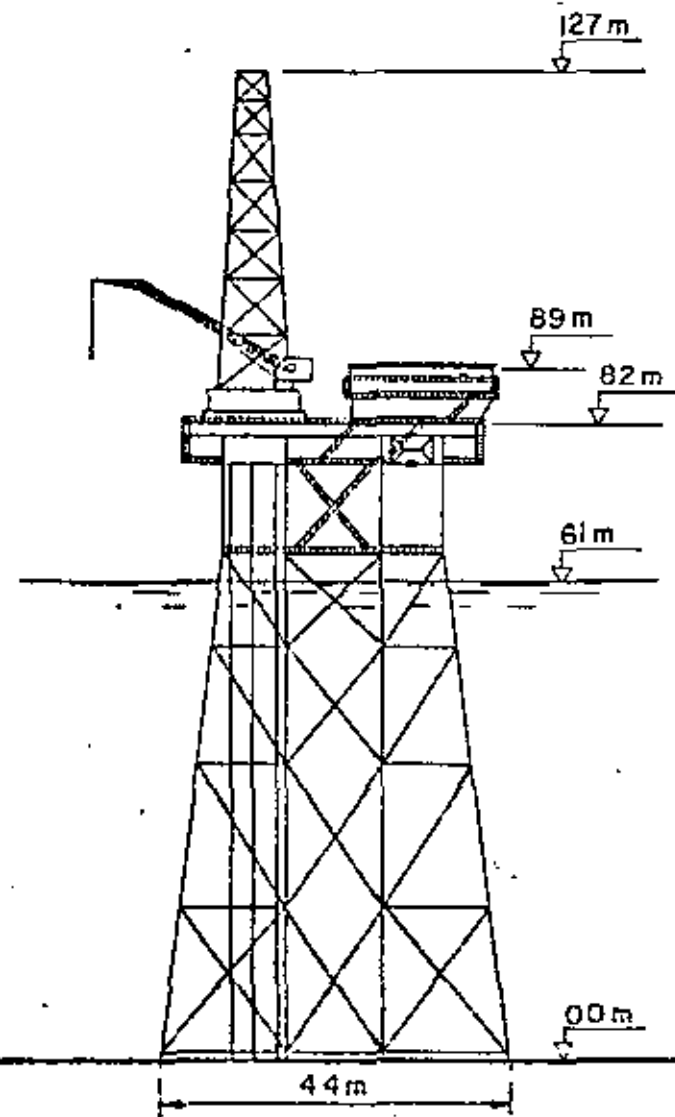
Sin embargo, también éstas pueden poner en peligro la instalación. En primer lugar son de mencionarse los huracanes de las zonas de ciclones tropicales y subtropicales, cuyos vientos, con velocidades de más de

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.

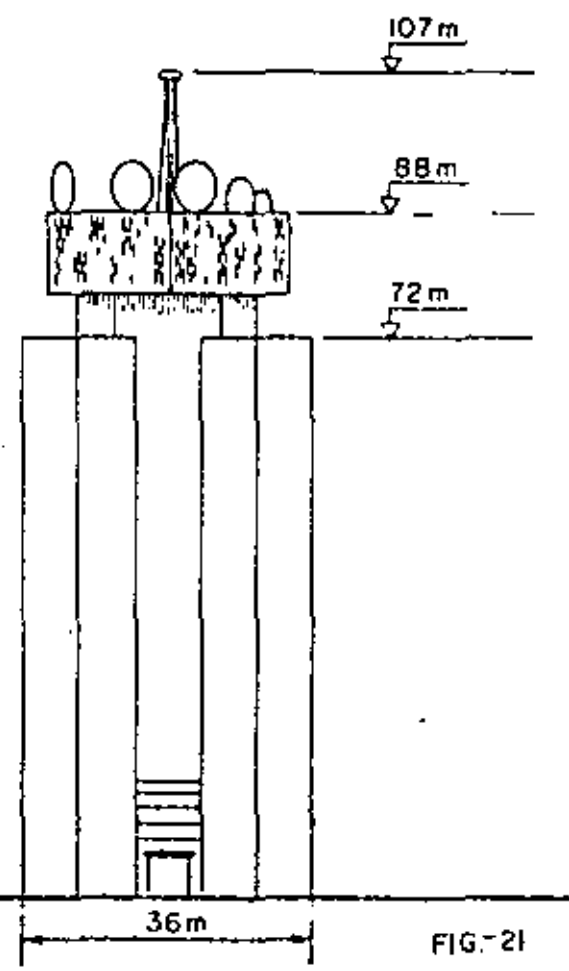
Las trombas y tornados, que en forma de mangas de agua, asolan frecuentemente las aguas cercanas a la costa, representan otro peligro potencial, si bien menos probable dada la poca extensión de la superficie que afectan. En las zonas polares y sub-polares, hay que añadir otros peligros como p.e., las 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.

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.

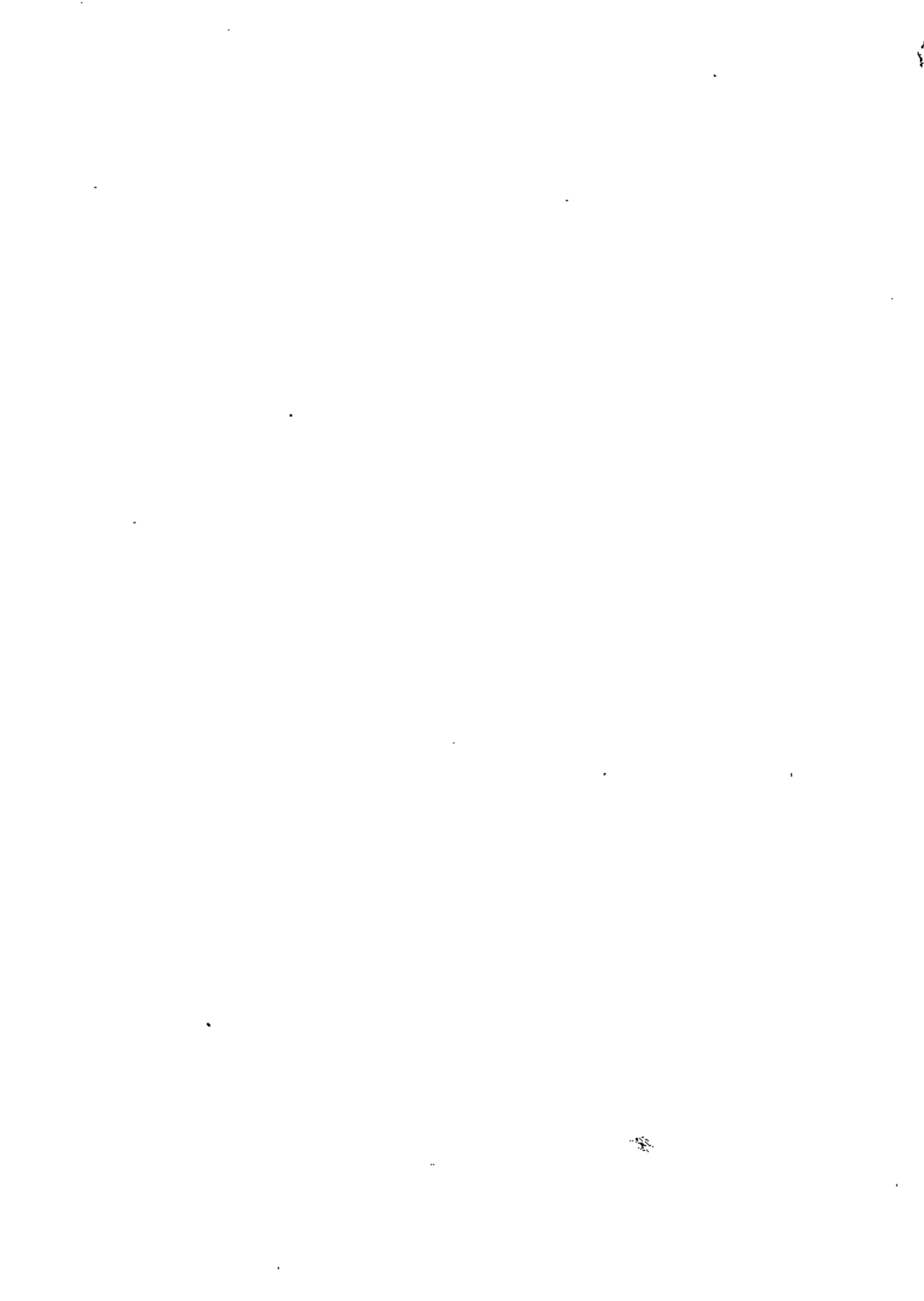
Mientras que para la mayor parte de las magnitudes mencionadas basta con una distribución de frecuencias o con la obtención de un período de recurrencia, en algunos casos es necesario efectuar análisis sumamente detallados. La obtención de diferencias diarias o estacionales puede ser de gran significación 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 de posgrado
facultad de ingeniería unam

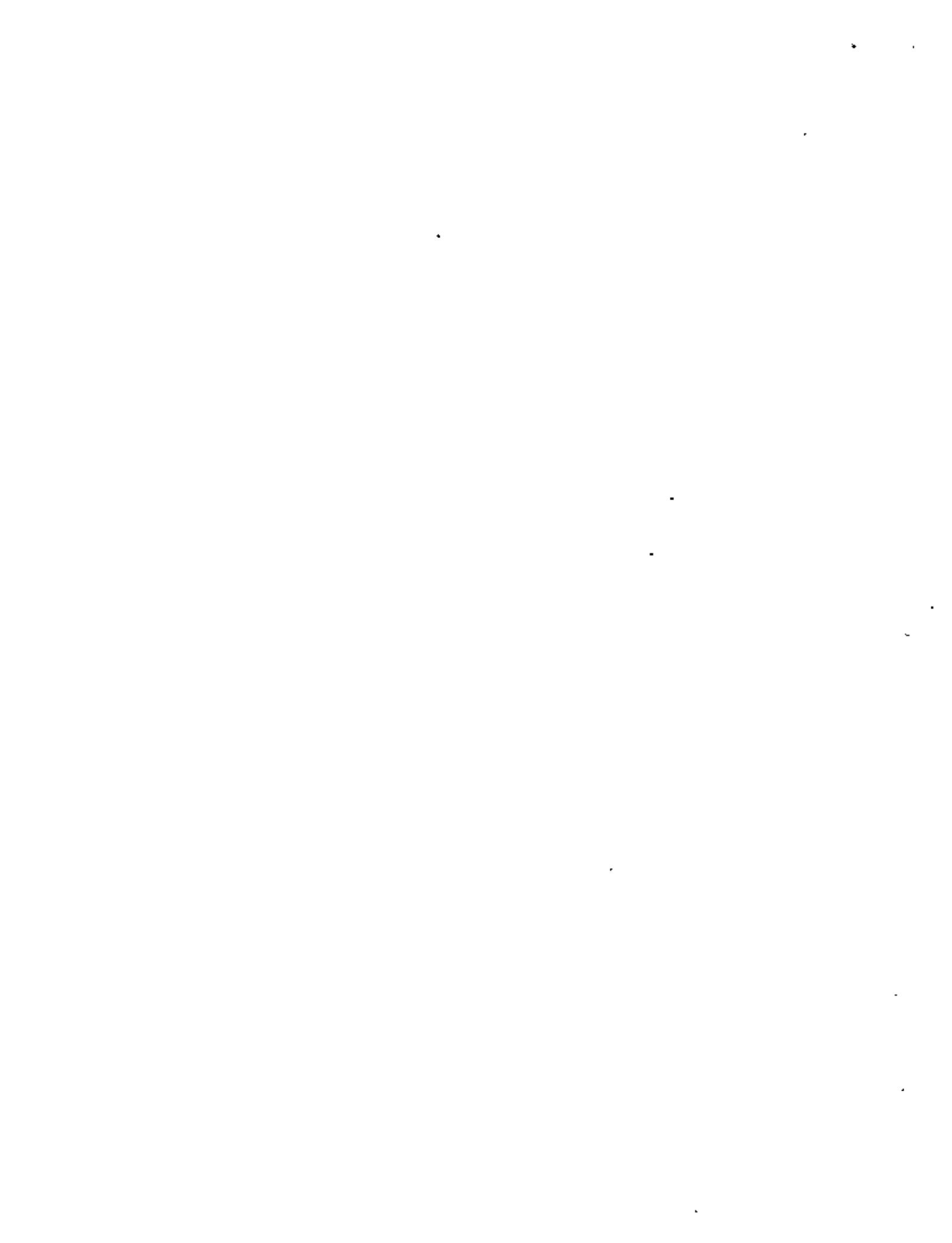


CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

PRINCIPIOS BÁSICOS DEL DRAGADO HIDRAULICO
DE CONSTRUCCION

ING. JOSE MORA COMEZ

OCTUBRE, 1979.



INDICE

CAPITULO I

Generalidades

CAPITULO II

Producción = flujo por porcentaje promedio de sólidos.

CAPITULO III

Porcentaje promedio de sólidos = porcentaje de pico de sólidos por eficiencia de la draga.

CAPITULO IV

El porcentaje de concentración de sólidos varia en razón de la velocidad de succión (V_s) y del tipo de sólidos.

CAPITULO V

La velocidad de succión (V_s) varia con la profundidad de dragado.

CAPITULO VI

La producción máxima varia en razón del area del tubo de succión.

CAPITULO VII

La longitud del tubo de descarga varia en razón de los HP de la bomba.

CAPITULO VIII

Selección del equipo de dragado.

CAPITULO IX

Conclusiones.

GENERALIDADES

Se entiende por dragado la extracción de materiales (arena, grava, roca, limo, arcillas turbo, etc.) del fondo de los ríos, puertos, lagunas, canales, con el fin de aumentar la profundidad y descargar el material extraído en zonas de depósito que pueden ser a fondo perdido o utilizarlo en relleno de áreas bajas, para asiento de desarrollos urbanos, industriales, comerciales, etc., o sanear terrenos pantanosos que originen condiciones insalubres en algunas localidades.

El desarrollo del equipo de dragado está íntimamente relacionado a las distintas etapas del desarrollo del hombre. (foto)

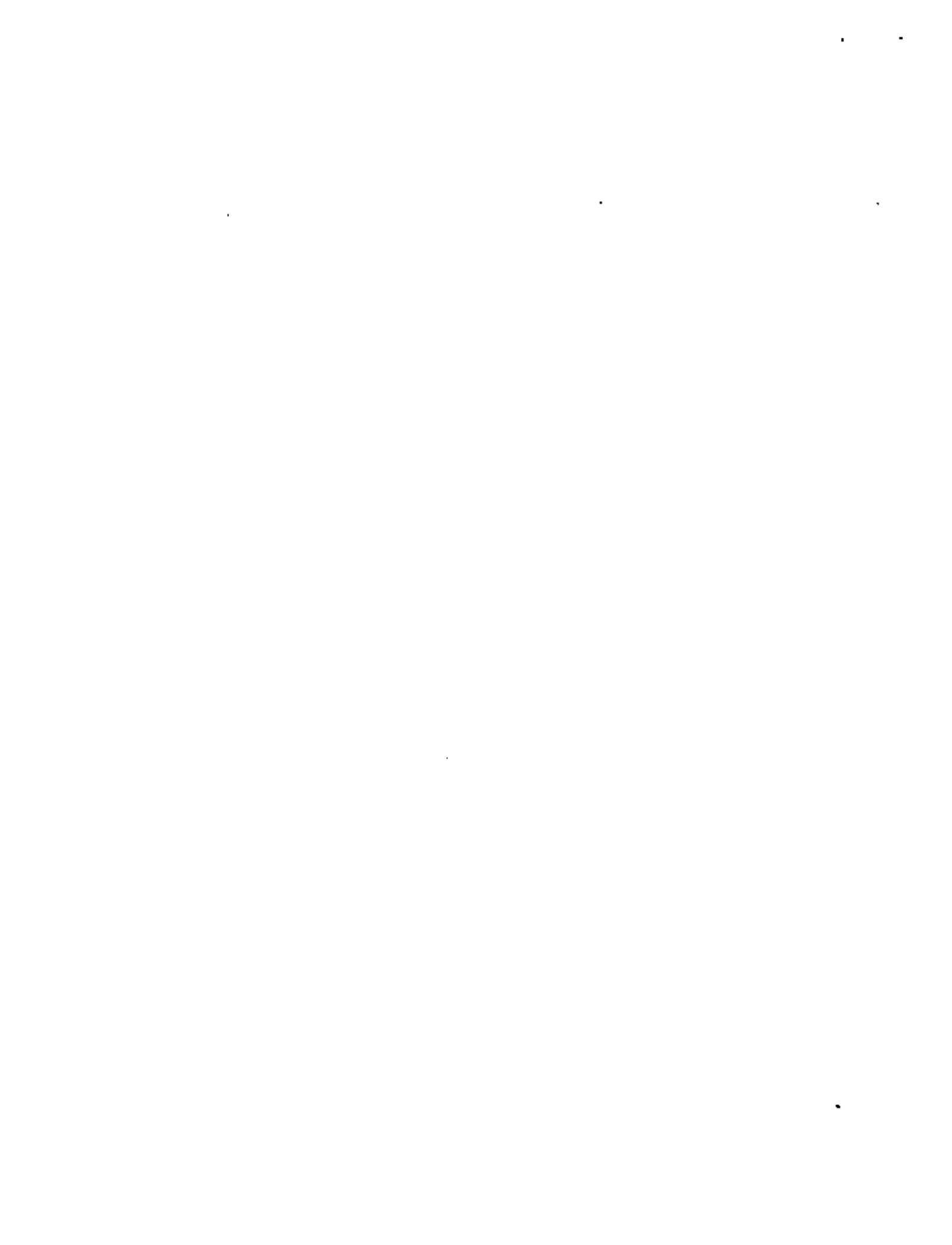
TIPOS DE DRAGAS.

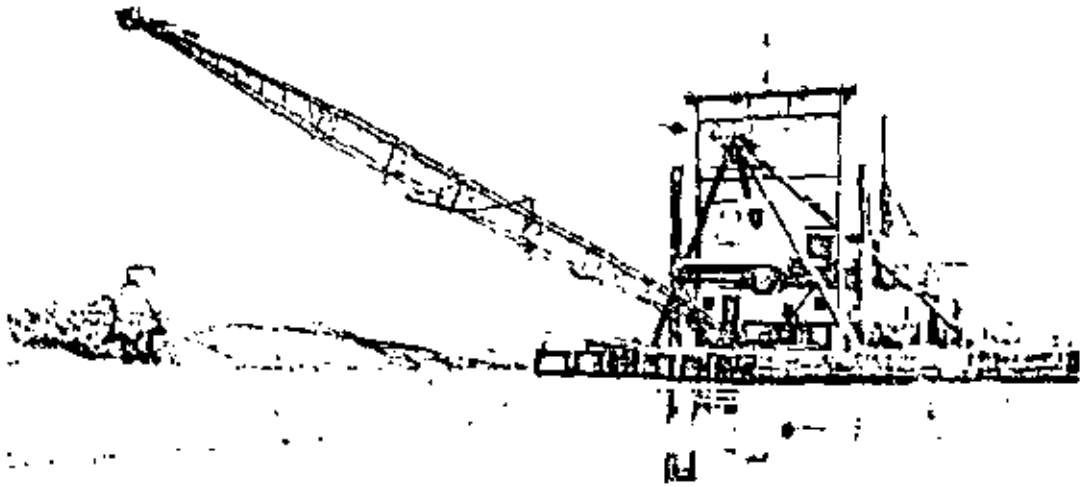
Una draga es una embarcación especialmente dispuesta y con los medios necesarios para profundizar puertos, canales de navegación y de riego, obtener materiales para construcción, etc.

Las dragas se clasifican en 3 grandes grupos:

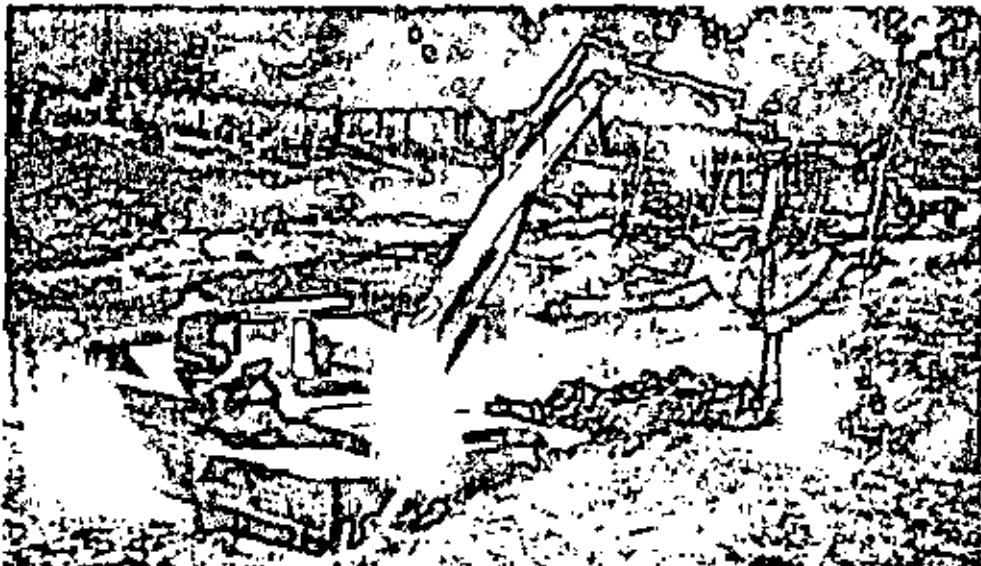
Mecánicas, neumáticas e hidráulicas.

Al primer grupo pertenecen las de cangilones, (foto) la de cucharón (almeja---gajos, arrastre) (foto). Todas estas podemos considerarlas como tipos básicos de las dragas mecánicas que fueron las primeras que se usaron y que en ciertos tipos de obras son insustituibles a pesar de que se alcance de descarga es muy limitado, por lo que se impone el uso de ganquiles o chalanes tolva y remolcadores para transportar el material a zonas de depósito.

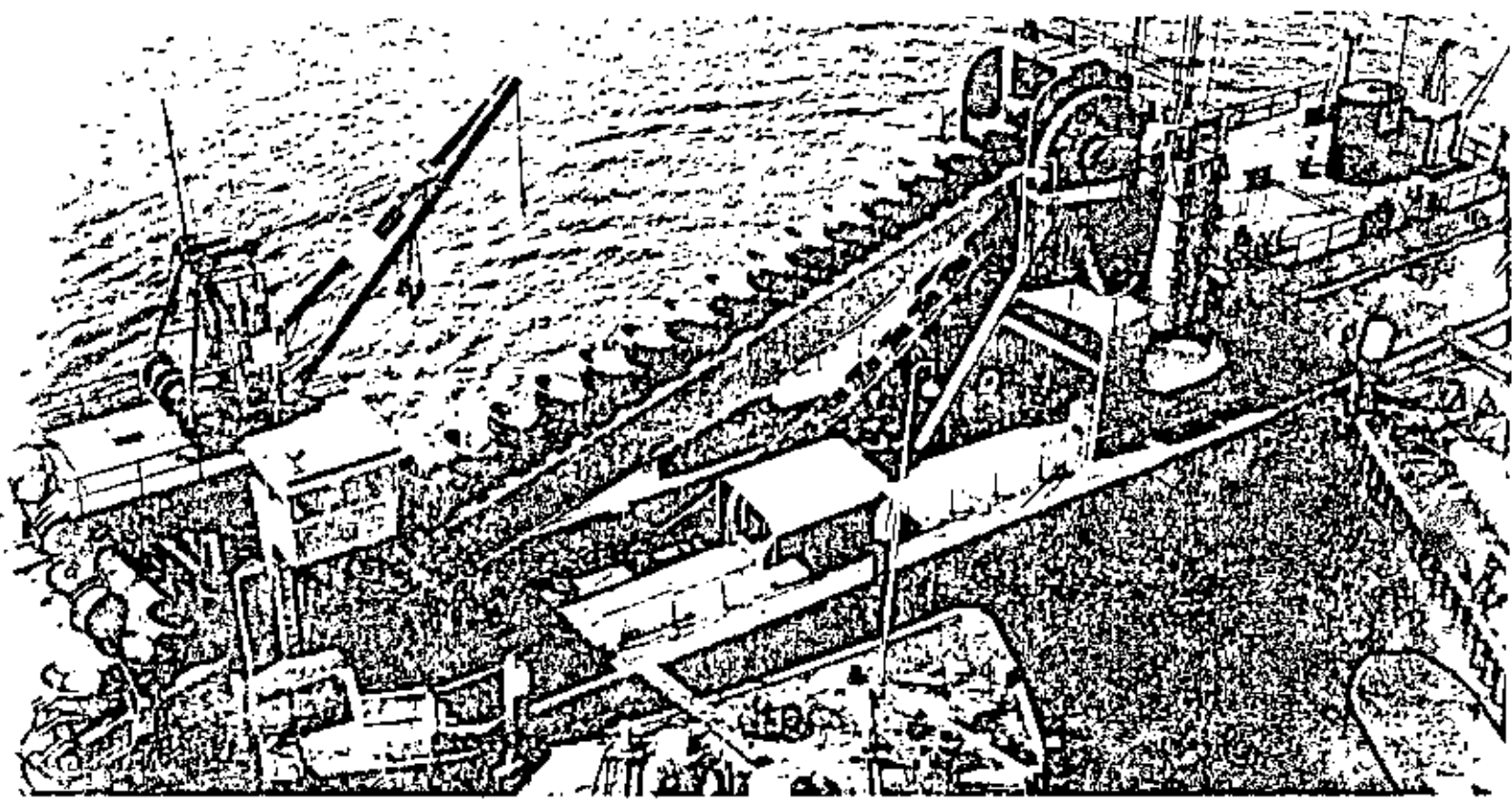




DRAGA MECÁNICA DE ALMEJA DE 5 yd³



DRAGA ANFIBIA DE 1 yd³



DRAGA DE CANGILONES

El segundo tipo de dragas, las neumáticas tienen un uso y muy limitado, principalmente se utilizan para dragar materiales finos no cohesivos, limas, arenas, fango, material contaminado). (foto)

Corresponden al tercer grupo las dragas hidráulicas que pueden ser estacionarias y de autopropulsión; estas dragas combinan la operación de extraer el material con el de su transporte al lugar de depósito, mezclándolo con agua en una proporción de 20% máximo de sólidos. Estas dragas resultan más versátiles, económicas y eficientes que las dragas mecánicas e hidráulicas de cucharón, ya que realizan las dos operaciones por medio de una unidad integral; en el caso de las dragas -hidráulicas de autopropulsión, al succionar el material lo depositan en las tolvas localizadas en el casco (foto) y una vez completa su carga salen a tirar el material a fondo perdido.

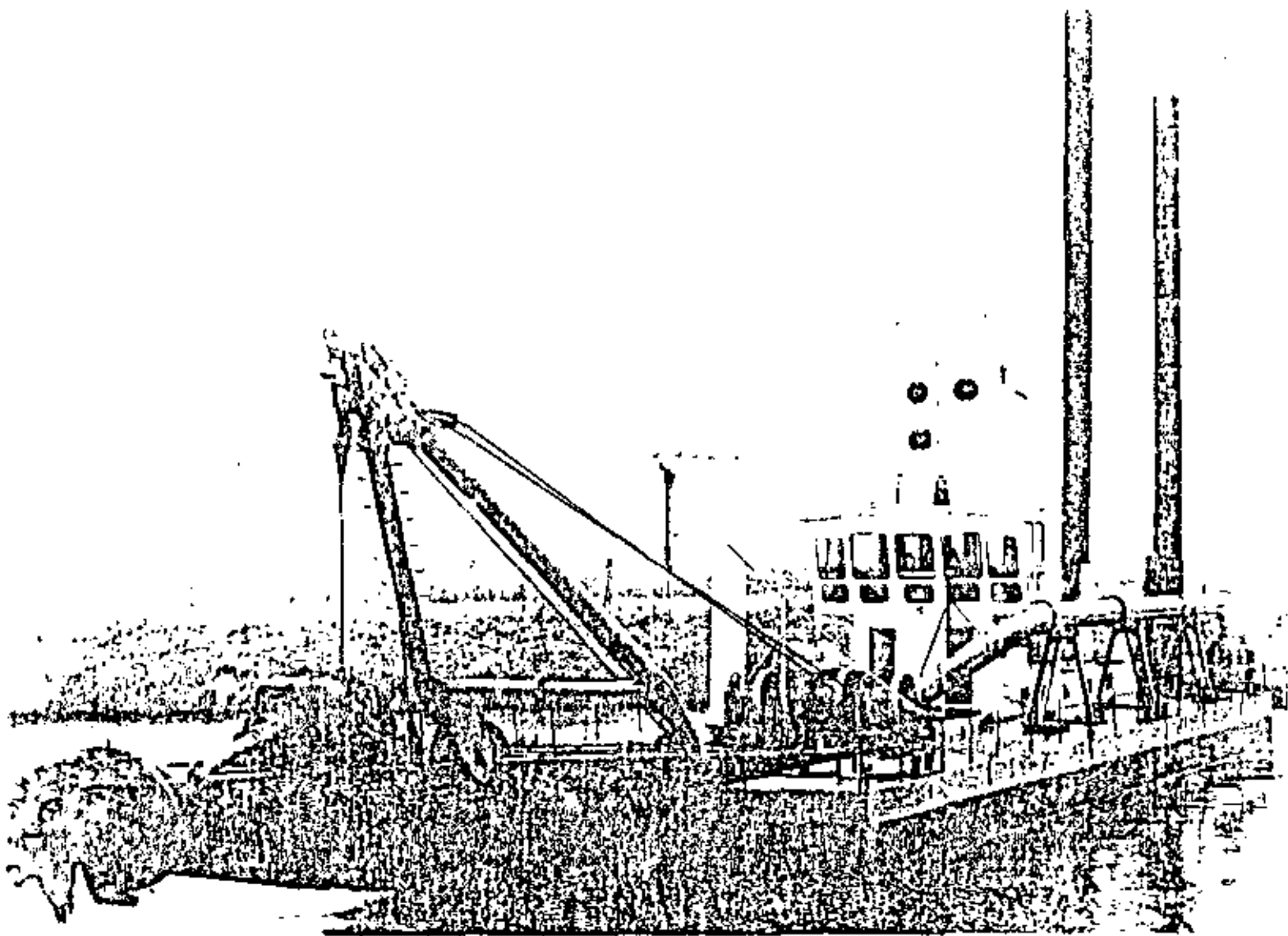
Las dragas autopropulsadas pueden ser de succión simple o con cortador, el tubo de succión puede estar localizado lateralmente, con escala de dragado a proa, -- centro o popa.

Las dragas hidráulicas estacionarias pueden ser de succión simple o de succión con cortador (foto).

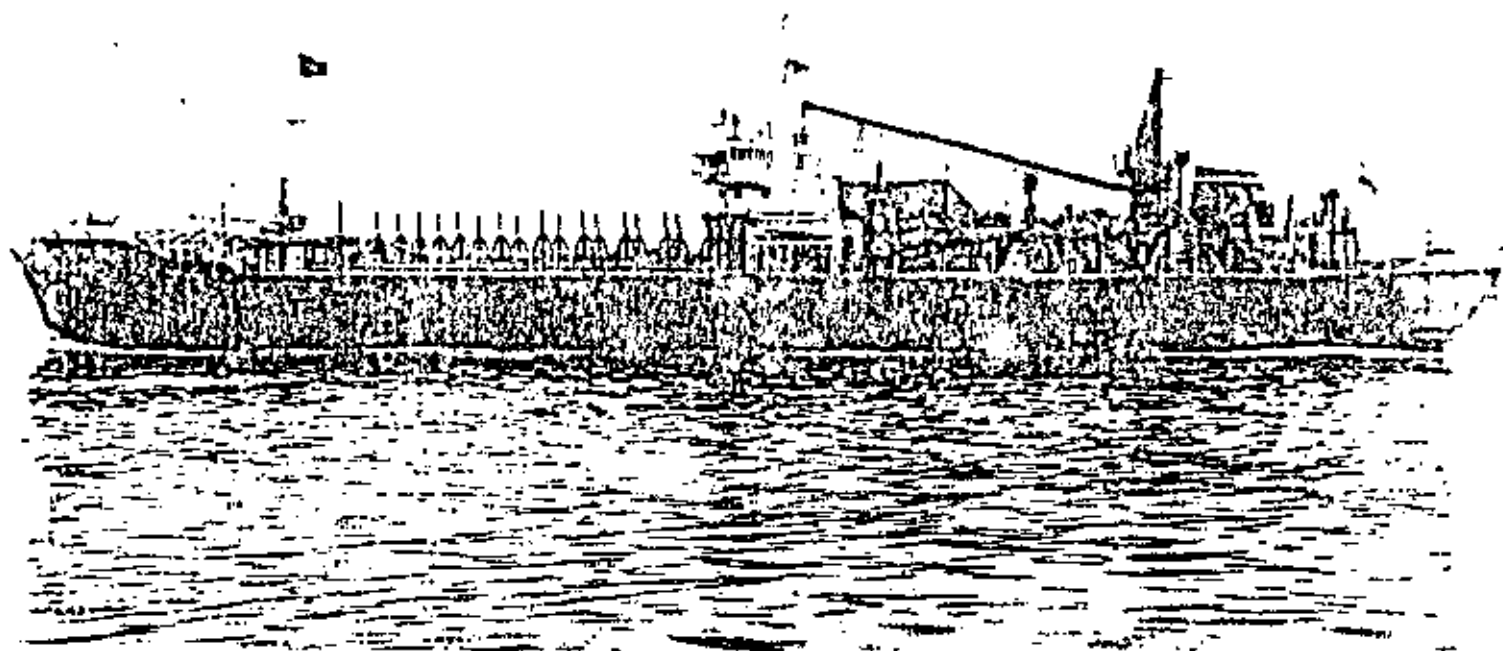
DRAGA HIDRAULICA DE SUCCION CON CORTADOR.

Este tipo de draga ha sido por mucho tiempo aceptada como la más versátil de -- las dragas por su uso en las más diversas aplicaciones del dragado. (foto).

Cuando se tiene suficiente agua no tiene competidor económico para la excava---ción y transporte de material. Sin la utilización de una draga la navegación en los ríos sería materialmente imposible debido al alto porcentaje de azolve que se registra en estos.



DRAGA HIDRAULICA CON CORTADOR



DRAGA HIDRAULICA DE TOLVA

La industria que depende de la transportación marítima se colapsaría, y el transporte económico no existiría; ejemplo nuestros puertos del Golfo de México como Tampico, Tuxpan, Coatzacoalcos, en el extranjero el puerto de Rotterdam, etc.

Hay dragas trabajando en todas las aguas del mundo (foto) profundizando canales; puertos, manteniendo el calado en ríos, canales de acceso, excavado para cimentaciones subacuáticas proporcionando material para construir diques, malecones, carreteras, dragado, minerales como oro, carbón, azufre, etc. (foto) se utilizan para la excavación de zanjas que alojarán tubería.

El campo del dragado es muy amplio, dragas pequeñas pueden operar en aguas de poco colado (90 cm) hasta aguas profundas.

Se pueden extraer hasta 30,000 m³/día y bombear la mezcla a 6 km. de distancia sin necesidad de estaciones de rebombeo.

Los tamaños de las dragas dependiendo del diámetro de descarga van desde 25 cm. a 137 cm.

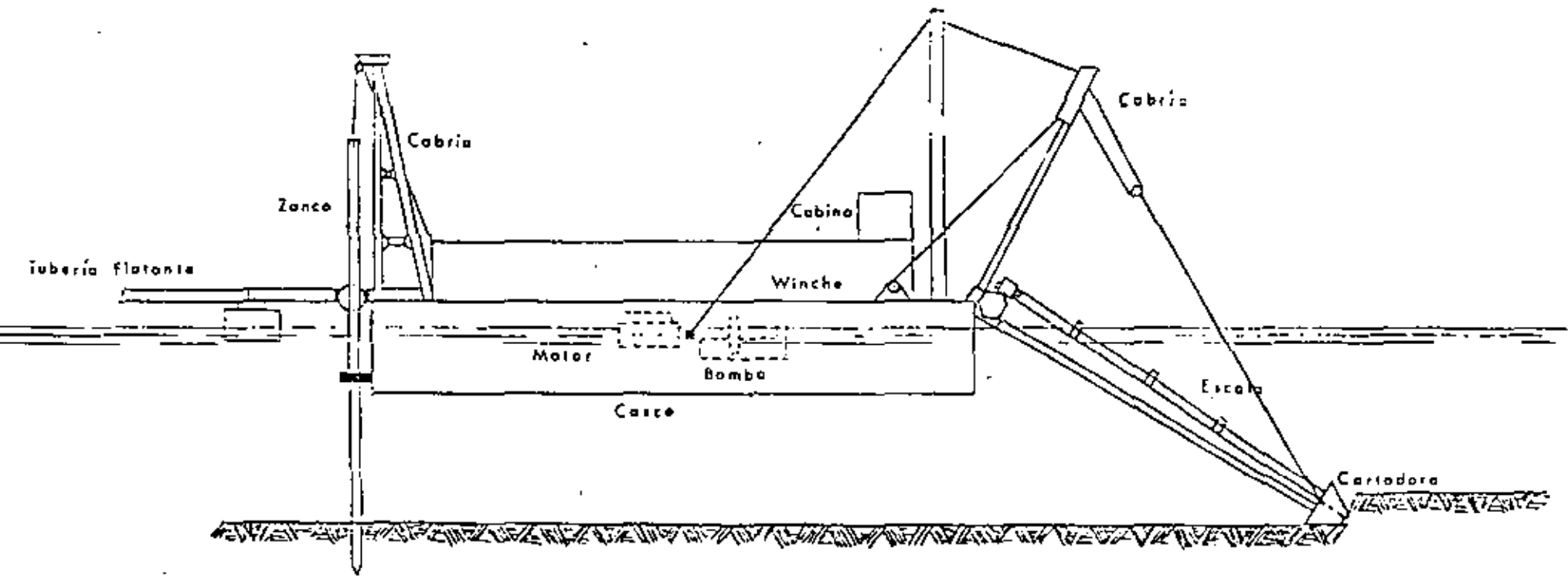
Los componentes principales de las dragas hidráulicas, estacionarias de succión con cortador son:

Escala, tubo de succión, estructura H, estructura A, casco, casa de máquinas, motor principal, motor auxiliar, bomba centrífuga, sistema de malacates, cabina de operación, zancos, cortadora, motores de la cortadora y equipo auxiliar como remolcador, cabina flotante, lancha, anclas, tubería, flotadores juntas de bola, cuello de ganso, válvula y equipo de apoyo terrestre como tractores dragas de arrastre, camiones, etc. (foto)

Durante la operación del dragado, el material bombeado es transportado a través de una tubería flotante y otra terrestre, hasta llegar al lugar de depósito, el cual puede servir para rellenos, bordos u otra obra de terracería o simplemente tirarlo sin ningún beneficio planeado.

Dependiendo del volumen a dragar, del tiempo para ejecutar la obra, tipo de material, distancia máxima de tiro, distancia mínima de tiro, profundidad de dragado y condiciones topohidrográficas se usará un determinado tamaño de draga y de acuerdo a las condiciones mencionadas anteriormente, se escogerá el tipo de cortadora, cuchillos, potencia requerida en la bomba, tamaño y tipo de impulsor.

Igualmente se determinará el procedimiento de construcción su administración y operación.



CAPITULO II

PRODUCCION = FLUJO X % PROMEDIO DE SÓLIDOS.

El primer fundamento básico del Dragado trata de la producción; la excavación y transportación de sólidos, lo que se refleja en la finalidad económica de la actividad.

La producción está dada en metros cúbicos de material extraído por hora y está en función del diámetro de la descarga, de la velocidad del flujo y la concentración de material en la mezcla.

El gasto en m³/seg. se calcula de la siguiente forma:

$$Q = V \cdot A \quad \dots \dots \dots 1$$

Q = gasto m³/seg.

V = velocidad del flujo en m/seg.

A = área de la tubería de descarga en m².

La expresión anterior puede ser expresada en m³/hr. multiplicándola por 3 600 y así tenemos:

$$Q = 3\,600 \times V \times A \quad \dots \dots \text{II}$$

donde 3 600 = factor de conversión de segundos a horas.

Si la concentración de sólidos es conocida la producción en m³/hr. de la mezcla puede ser calculada multiplicando la expresión II por el porcentaje promedio de sólidos (la forma de obtener el porcentaje promedio de sólidos será tratada en el capítulo III).

Así tenemos la siguiente expresión: Producción en m³/hr. =

$$= 3\,600 \times V \times A \times \% \text{ promedio de sólidos.}$$

El gasto sólido es función de diversas variables, a saber: velocidad del flujo, diámetro de la tubería de descarga y su longitud, espesor del corte, caballaje del motor, eficiencia de la bomba, tipo de material por dragar, altura a la que se deposita el material dragado y otros factores de menor importancia.

En este capítulo se tratarán algunas de estas variables como potencia, eficiencia, efectos de la velocidad en la eficiencia de la bomba y velocidad específica.

POTENCIA

La fuerza necesaria para forzar a la mezcla a salir por la descarga se llama potencia, que es medida en caballos vapor C.V en el sistema métrico decimal y HPW (Water horse power) en el sistema inglés.

Así tendremos la expresión siguiente:

$$C.V = \frac{\text{Seg. } Q \text{ (litros/seg.) } Ht \text{ (m)}}{75} \quad \dots \dots \text{III}$$

CV = caballos vapor

Q = gasto de la descarga en lts/seg.

HT = carga dinámica en la bomba en m.

SG = gravedad específica de la mezcla bombeada

La gravedad específica de la mezcla se obtiene de la siguiente forma:

$$SG_m = (SG_M - SG_w) \frac{P}{100} + SG_w$$

SG_M = gravedad específica del material

SG_w = gravedad específica agua

SG_m = gravedad específica mezcla

P = porcentaje de concentración de sólidos por volumen.

La potencia necesaria para forzar a la mezcla a salir fuera de la descarga, más el poder requerido para mover la bomba y vencer las pérdidas, es llamada Potencia al freno.

$$HP_b = \frac{HP}{E_f} \quad \text{(sistema inglés)}$$

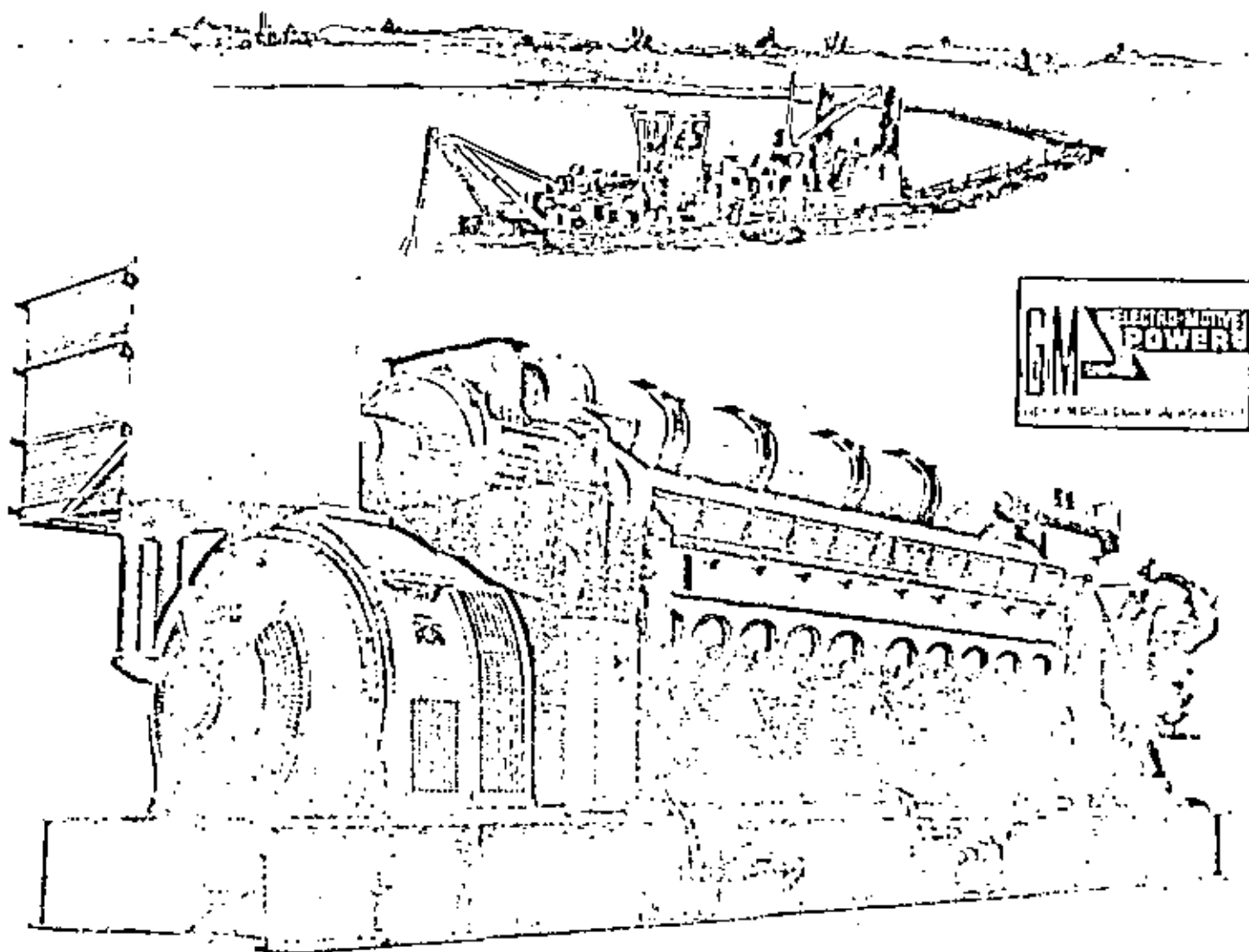
$$CV_b = \frac{CV}{E} \quad \text{(sistema métrico)}$$

CV_b - potencia al freno

CV - potencia

E - eficiencia de la bomba

La potencia al freno requerida en la bomba de la draga, es deter--



Motor para Bomba de Dragado

minada por la carga contra la que trabaja.

EFICIENCIA DE LA BOMBA

La eficiencia de la bomba no es sinónimo de la eficiencia de la draga, la eficiencia de la bomba es mover una unidad de material a la potencia más baja.

La eficiencia de la bomba es llamada eficiencia hidráulica y es afectada por las pérdidas hidráulicas, pérdidas por conexiones, pérdidas mecánicas y pérdidas por fugas.

Las pérdidas hidráulicas son aquellas debidas a remolinos, turbulencias, fricción de la mezcla fluida, pérdidas por choque; éstas pueden ser reducidas pero no eliminadas, esto se logra teniendo mayores radios en las curvas de la descarga, o cambios de sección en la descarga.

Las pérdidas por fugas son causadas en las juntas de la descarga de la bomba, debido a las áreas de alta y baja presión y a que no está la bomba debidamente alineada o que las juntas en la descarga no son muy buenas; al igual que las pérdidas hidráulicas, éstas pueden ser reducidas cuidando que la bomba esté bien alineada y que las juntas sean de buena calidad.

Las pérdidas mecánicas son aquellas producidas en las juntas, prensa estopas o por desgaste general en el interior de la bomba.

EFFECTOS DE LA VELOCIDAD EN LA EFICIENCIA DE LA BOMBA.

Como las pérdidas en la línea varían en función, al cuadrado de la velocidad, una alta velocidad en la tubería parecería ir en detrimento de la eficiencia de la draga, pero esto no es necesariamente cierto; una gran velo-

ciudad, por su alta capacidad de acarreo de material, puede, en ciertos límites, incrementar la eficiencia de la draga; a bajas velocidades (3 a 4 m/seg.) la fricción en la línea es relativamente baja (ver tabla No. 1) en tuberías de diámetros grandes, pero también es baja la capacidad de transporte de material. En contraste a altas velocidades (6.5 a 8 m/seg.) la fricción en las tuberías de gran diámetro no es tan grande en relación con la ventaja de la alta capacidad de transporte de material. Sin embargo velocidades mayores van en detrimento de la eficiencia aún en las dragas más grandes.

Por ejemplo, una velocidad de 3 m/seg. en una tubería de 45.7 cm. ϕ (18'), tendrá una pérdida por fricción de 3.5 pies (1.05 m.) por cada 100 pies de tubería.

Una tubería de 30' ϕ 6.90 m. a la misma velocidad tendrá solamente un pie (30 cm.) de pérdida por fricción por e/100 pies (33.3 m.) de tubería.

Con una velocidad de 20 pies/seg. (6.66 m/seg.) la tubería de 8" ϕ (20 cm.) tendrá una pérdida por fricción de 12 pies (3.60 m.) y la tubería de 30" ϕ (76 cm.) tendrá 3 pies (90 cm.). Así podemos ver que el diámetro de la descarga nos determina la máxima velocidad económica.

La velocidad óptima es aquella que transporta la máxima cantidad de material a la velocidad más baja. A baja velocidad en la succión y por lo tanto bajan las pérdidas por fricción, y nos dejará más carga para levantar material. (Más adelante se verá la forma más conveniente de obtener la velocidad óptima).

La velocidad en la descarga debe ser lo suficientemente alta para mover el material, normalmente una velocidad de 10 pies/seg. (3.3 m/seg. es la más baja para mover un material ligero, materiales más pesados requieren proporcionalmente velocidades más altas. Ver tabla No. 1).

Velocidad Específica, - Aunque no está directamente relacionada con el caballaje y eficiencia, la velocidad específica de la bomba es un factor que puede ser usado para la elección de la bomba; establece definitivamente la capacidad de operación de la bomba, la velocidad específica de una bomba es aquella velocidad en rpm, a la cual un impulsor geoméricamente similar al impulsor en cuestión, pero pequeño, desarrollaría una carga unitaria a una capacidad unitaria (en GPM contra una carga de un pie, está en función de la velocidad del impulsor, el gasto y la carga total.

$$N_s = N \frac{(Q)^{0.5}}{H^{0.75}}$$

Donde:

N_s = Velocidad específica RPM

N = Velocidad impulsor en RPM

Q = Gasto en GPM

H = Carga de la bomba en pies.

Para una carga y capacidad dadas en una bomba; tenemos que, con una baja velocidad específica, operará a una mayor capacidad de succión, que con una de alta velocidad específica; si la carga de succión es de 15 pies, es siempre necesario usar una baja velocidad o una bomba mayor, por otro

lado, si la carga de succión es baja, o existe una carga positiva en la succión, la velocidad debe incrementarse o usar una bomba menor.

Incrementar la velocidad tan alto como sea permitido por los valores de diseño, sin unas condiciones propicias de succión, causarían vibraciones, ruido y desgaste.

Para una bomba con un gasto $Q = 10\,000$ GPM

$N = 350$ rpm, $H = 100$ pies, y una succión de $20''$ la

$$N = (350) \frac{(10\,000)^{0.5}}{(100)^{0.75}} = 1.109 \text{ rpm}$$

La velocidad específica y la determinación de la ecuación pueden ser más fácilmente entendidas tomando la velocidad y la carga por separado. Como la velocidad específica es aquella velocidad a la cual un impulsor geoméricamente similar al impulsor en cuestión, produce un pie de carga contra un galón por minuto, la velocidad puede ser reducida a esa necesidad por la ecuación $N = N (1/H)^{0.5} = 350 (1/100)^{0.5} = 35$ rpm.

La capacidad Q para esta velocidad será $Q' = Q (n'/n) =$

$$= 10\,000 (35/350) = 1\,000 \text{ GPM.}$$

El diámetro del impulsor es reducido para dar un GPM en la descarga. Haciendo esto, la velocidad tendrá que ser incrementada para mantener un pie de carga, o multiplicando por $(Q/0.5)^{0.5}$ ó $(1\,000/0.5)^{0.5}$, la velocidad será $(31.6) (35) = 1\,106$ valor aproximado obtenido por la fórmula.

La bomba de dragado, debido a la necesidad de una alta carga en la succión, son siempre bombas de baja velocidad específica. El concepto de baja velocidad se refiere a que sea menor de $1\,000$ RPM y la velocidad de bombas grandes no mayores de 400 RPM.

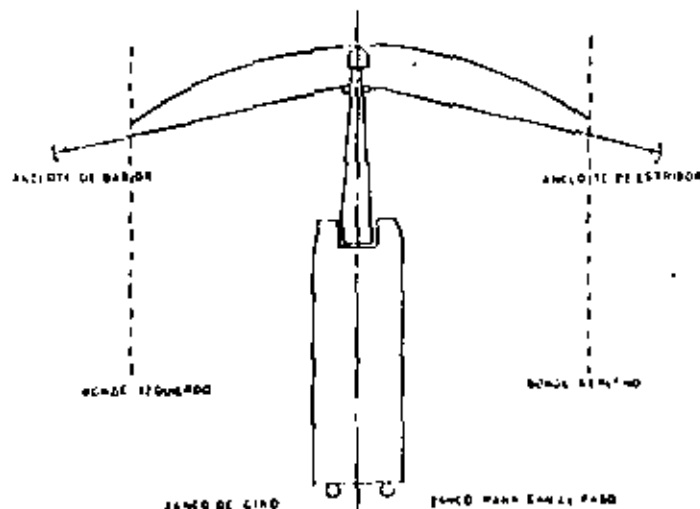
CAPITULO III

PORCENTAJE PROMEDIO DE SOLIDOS = PORCENTAJE DE PICO DE SOLIDOS X EFICIENCIA DE LA DRAGA.

SOLIDOS 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.



... elevación de los anclotes de babor y estribor al comenzar la draca se...

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 baja 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.

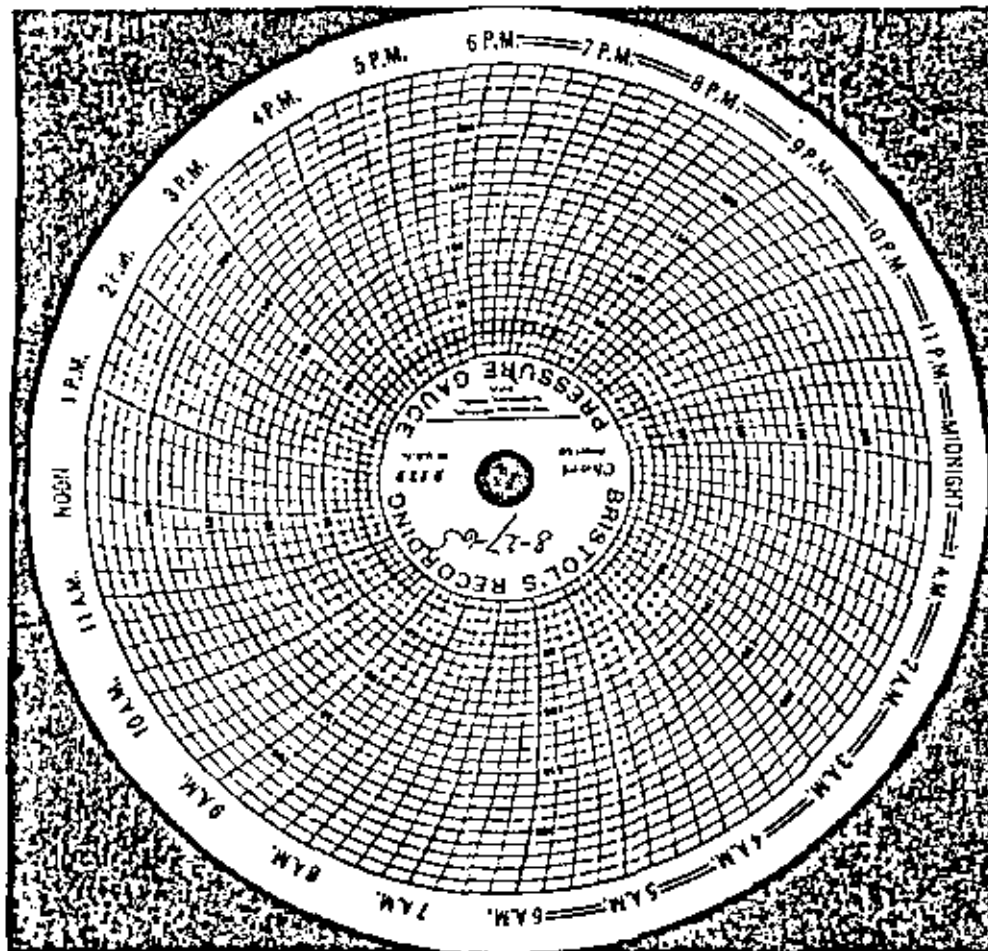
El indicador de vacío en la succión está calibrado en pulgadas de mercurio que va de cero a treinta, esto debido a que la presión atmosférica que es de 14.72 libras por pulgada² equivale a 30 pulgadas de mercurio ya que 1/2 libra de presión corresponde aproximadamente a una pulgada de vacío. En los sistemas 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 primer o, 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 queda 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 % 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 tendrá 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 conectadas 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 chequear 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 varía 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. Desgraciadamente

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 toponhidrográficas.

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 Departamento 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.

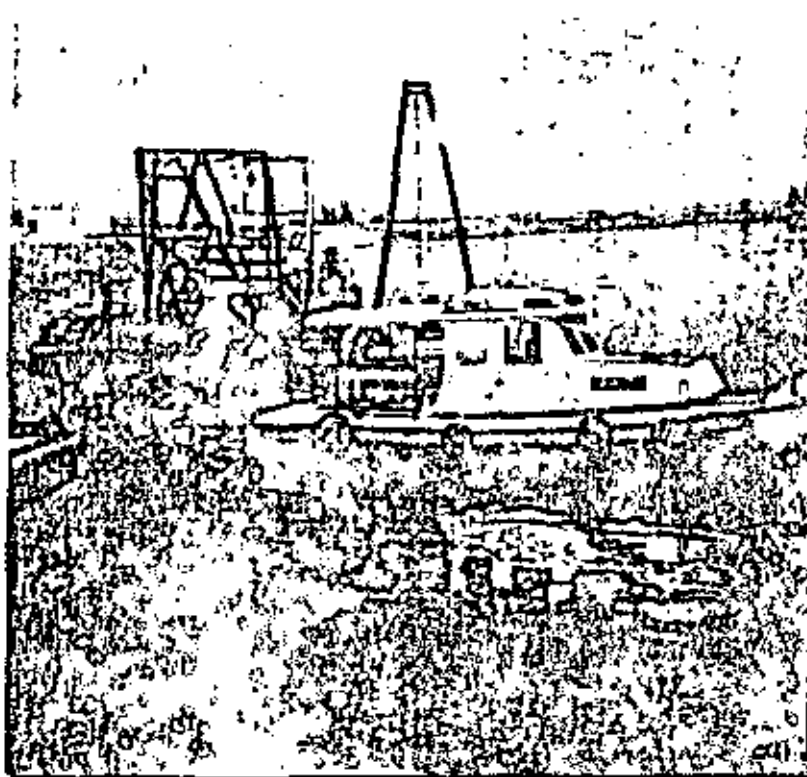
Es indispensable que el Ingeniero en Jefe vea que esté bien surtido de refacciones y que lleve records de todos los trabajos de mantenimiento; en trenar constantemente a sus ayudantes y estar preparado para trabajos de varias horas o días casi sin descansar para mantener a la draga trabajando. Tanto 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 suelos 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. Debe 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 eficiencia y estar orgullosa de su draga. La buena moral de la tripulación tendrá un buen efecto para el mejor funcionamiento del trabajo.

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 formarlos, 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 muchas 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 ocasionando 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 producción 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 desgraciadamente es difícil que todos los dragadores trabajen agresivamente, por lo que la presencia del capitán, siempre será determinante para incrementar 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 tubería flotante.
- Perder el eje del canal de dragado, por dar mal el paso o no asegurarse con las señales instaladas; tomando como consecuencia -

un sobre dragado que no se pagará o que deje huellas.

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 un 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

Las dragas en otras partes del mundo.

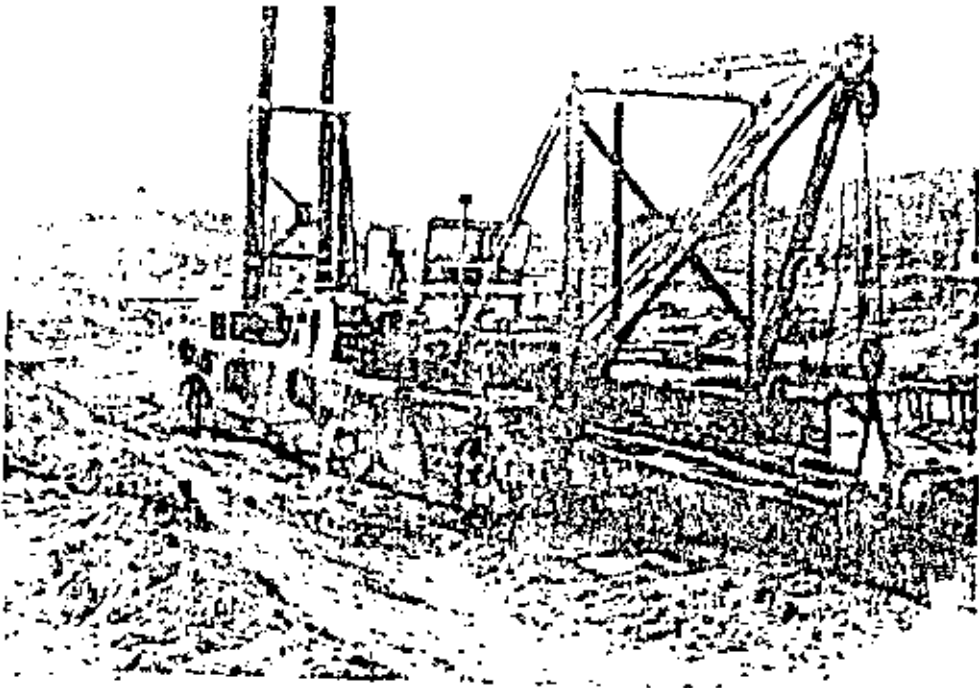
EJEMPLO 1

Draga Marca Dixie	Modelo CS-3-20
Potencia de la bomba	1700 HP
Potencia en el cortador	560 HP
∅ Succión	24"
∅ Descarga	20"

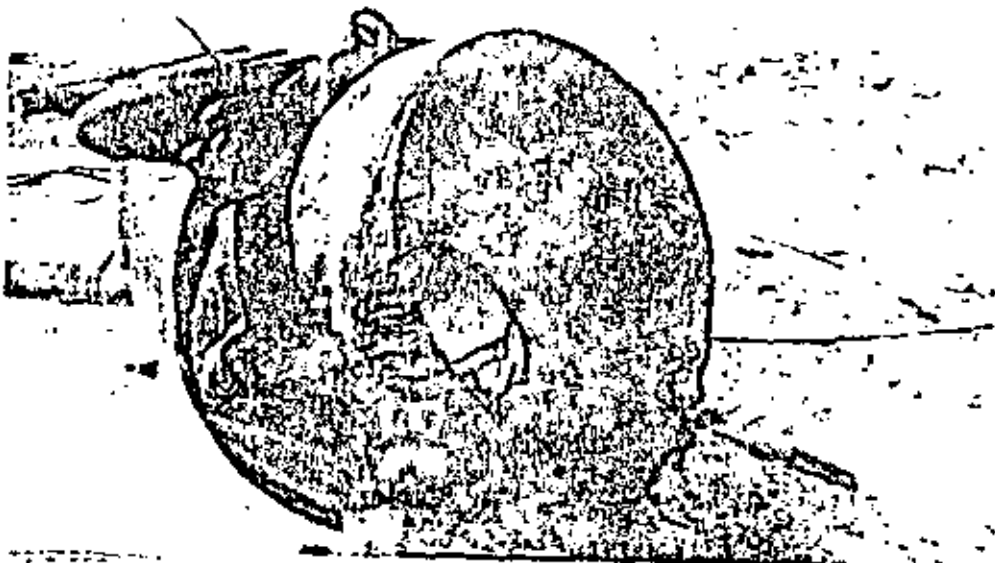
En esta draga se presentaron dos problemas mecánicos importantes:

- 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	C O N C E P T O	CAUSA FALLA	HORAS PERDIDAS
1	Alineamiento eje de la bomba de draga	Mala instalación	5:15
2	Máquina principal o calentamiento de los turbo-cargadores	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 turbo.	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	C O N C E P T O	CAUSA FALLA	HORAS PERDIDAS
13	Reposición de turocargado- res dos pistones	Falla instalación	200:50
14	Rotura araña clutch	Falla normal	262:00
15	Rotura balero winche traba jo	Falla instalación	21:10
16	Rotura balero winche traba jo	Falla instalación	18:40
17	Rotura balero de los zancos	Falla operación	34:29
	Bomba contra presión	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	<u>65:50</u>
			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 repre-
senta un costo de $716 \times 5 600 = \$ 4 009 600,00$

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.

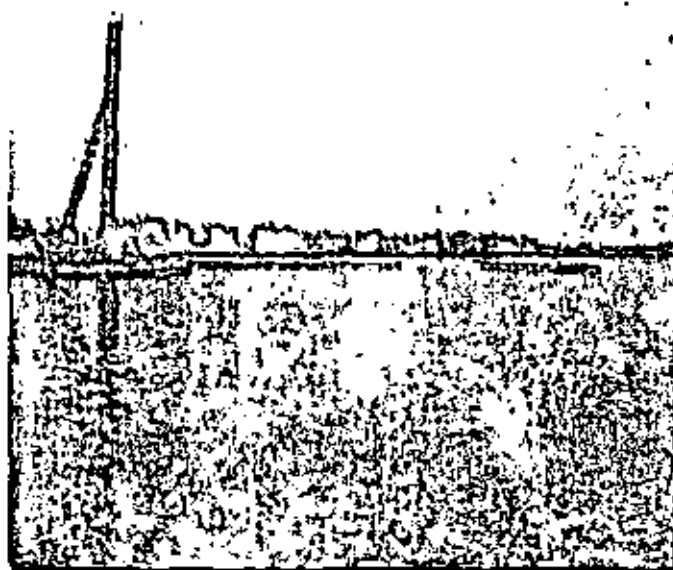
El sistema de unión consistía sólo en tornillos que iban colocados -

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.

Ellós 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 fué 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 preveer 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, Chis, 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 marea en la eficiencia de la draga.

Ejemplo:

Dragado en Puerto Peñasco, Son.

Generalidades:

Los trabajos de dragado se iniciaron el 18 de octubre de 1972, ha

biéndose 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 período solo se dragaron 60 000 m³. en lugar de - - - - - 400 500 m³. que se habían 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 DREDGE 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 puñón 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" ϕ), 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 huges 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 lit 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 vio 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 mano de obra, 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.

ESPEJOR 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 a 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 ésto 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 -4. 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	47%

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

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 productivo

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 dragado

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 arenosa".

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, 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. co- - rrientes 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 un 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 los últimos decadas ha dado como resultado una progresiva expansión de trabajos de dragado. El desarrollo de grandes sitios industriales, la ampliación de ést-

ros, 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:

1.- 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-

la reacción 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 considerablemente 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 cortadura 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 deposita 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 rellendo 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 zarcos de desagüe y colocar tubería, actualmente hay una serie de equipos que se pueden usar.

Si no se cuenta con diques bien contruídos 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-

ses 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 barroza 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

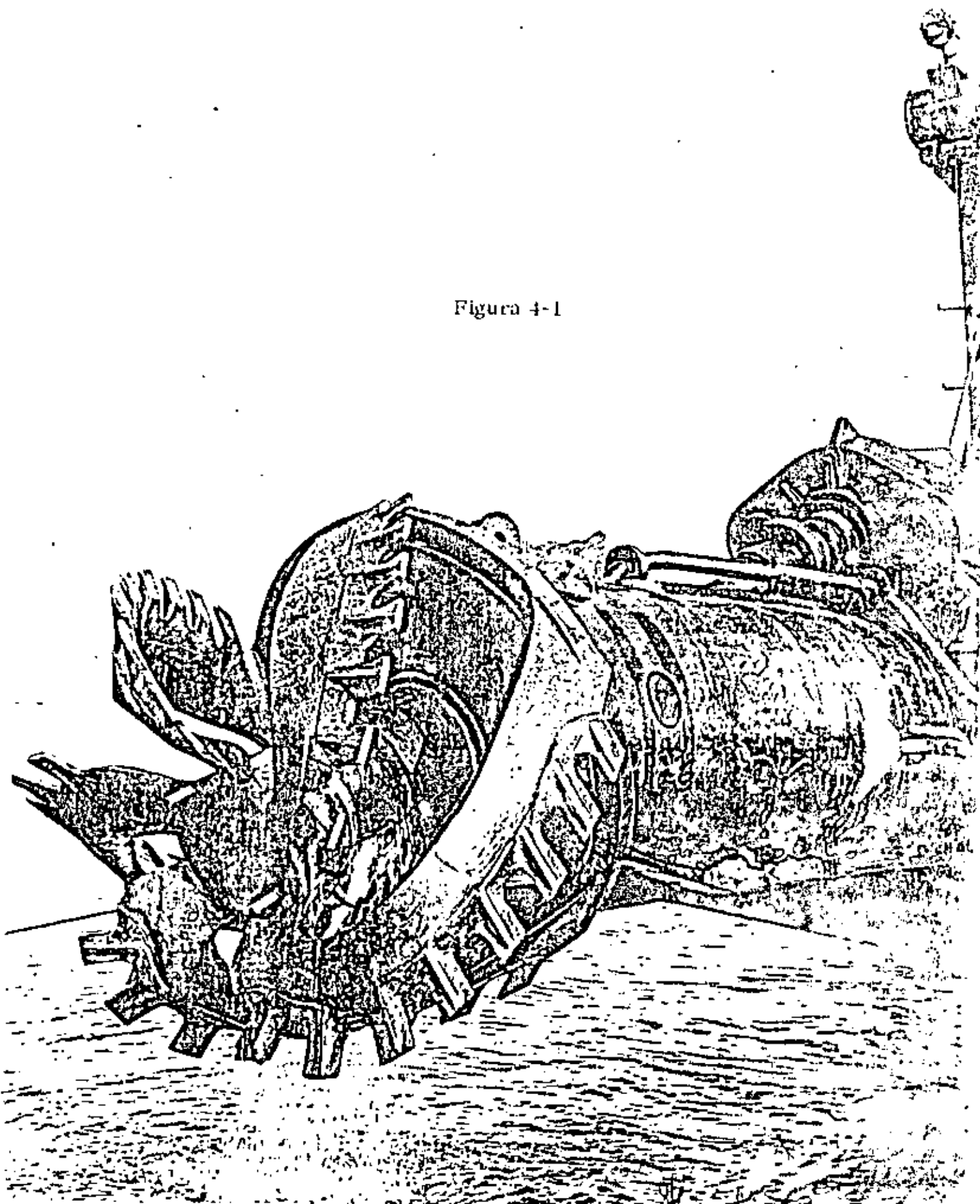
Sedimentación

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

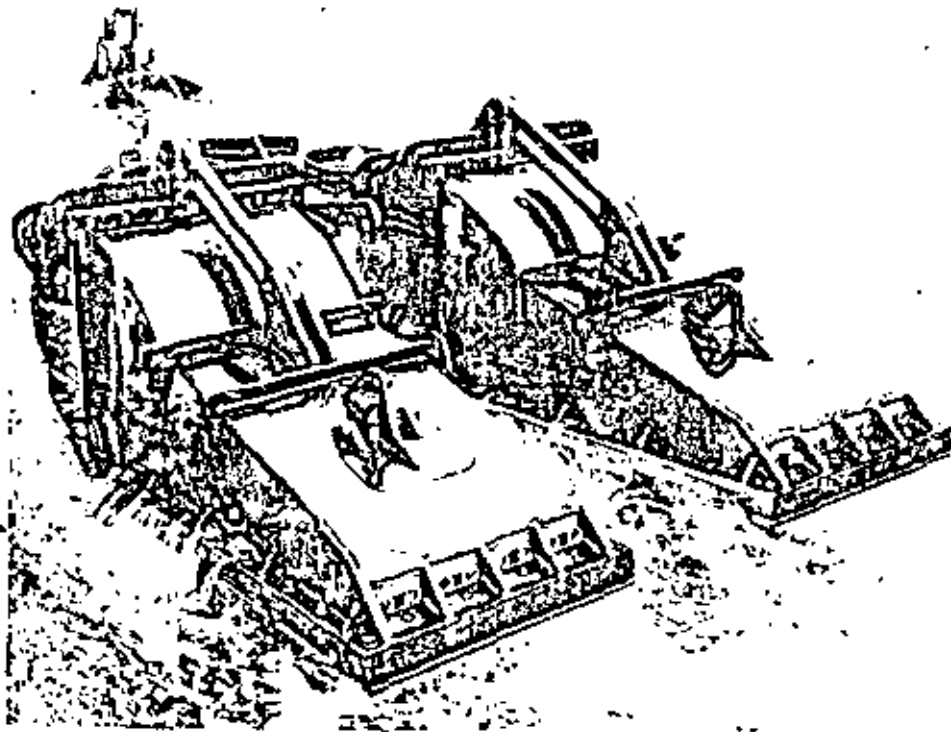
Es un suelo incoherente consistente en granos de 0.06 a 2 mm. Este suelo no es compresible.

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 friccionales, determinarían 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 --



Cortador de Sucesión

Figura 4-2

con los métodos standards 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 caída 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.

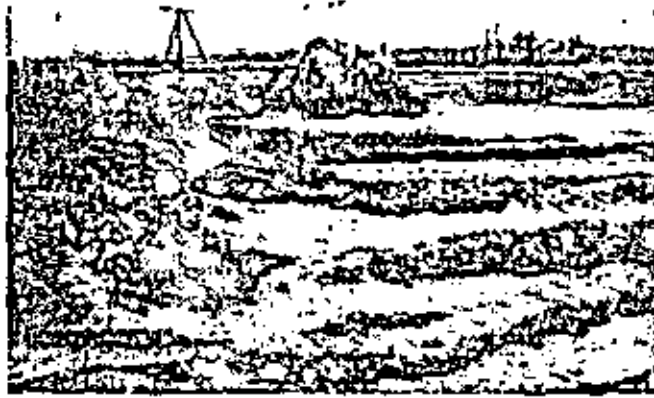
He partido del principio de que la arena es incoherente y homogénea pero en realidad se encuentra mezclada con otros tipos de suelo como por ejemplo suelos fijos, los que ejercen una gran influencia en la densidad y la relación agua-permeabilidad.

En el caso de suelos finos éstos ejercen una acción aglutinante en los granos de arena, lo que afecta el comportamiento de la misma.

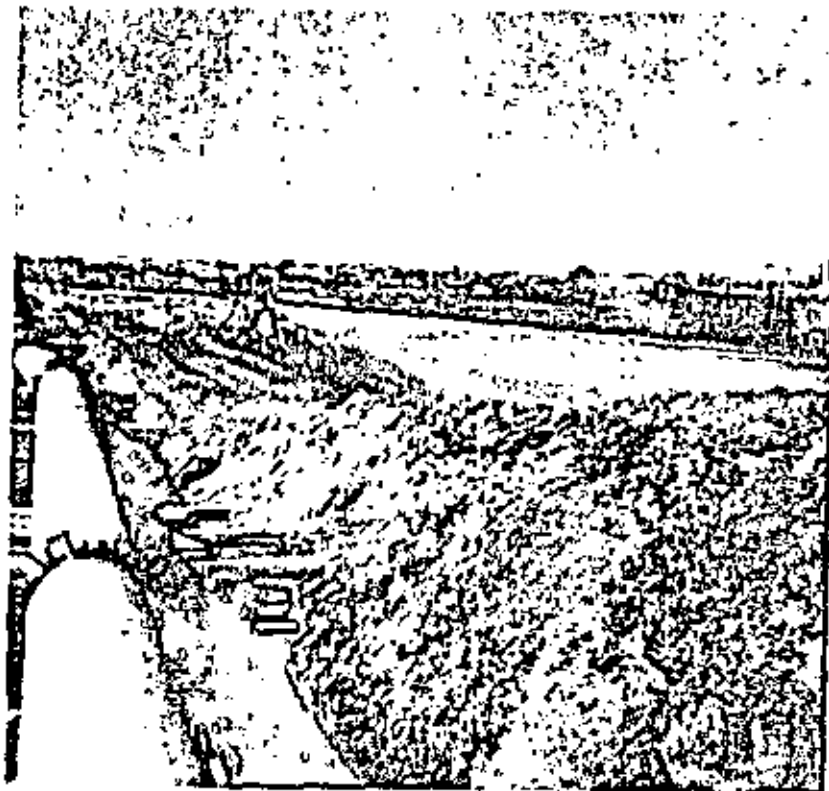
En suma, para una apropiada consideración de la dragabilidad de la arena se requiere la siguiente información:

- 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-



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, FANCO, 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

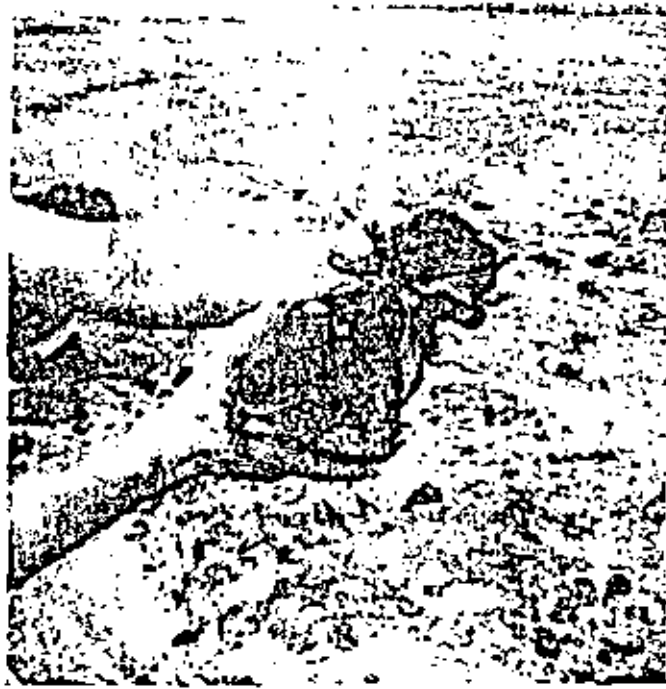
Es un suelo coherente con granos menores de 0.002 mm.

Gran plasticidad bolas secas no pueden ser pulverizadas

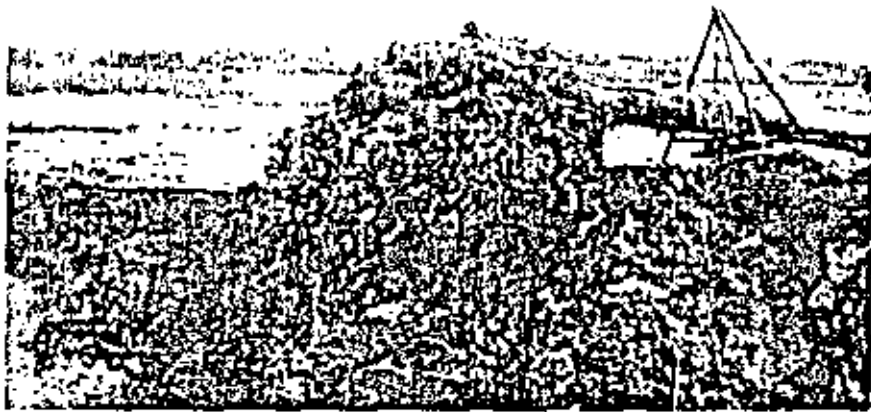
El suelo es compresible y adhesivo

La arcilla sólo puede ser manejada o movida ya sea cuchareando, ruzgando o cortando. La producción está correlacionada con la resistencia al deslizamiento que presente la arcilla.

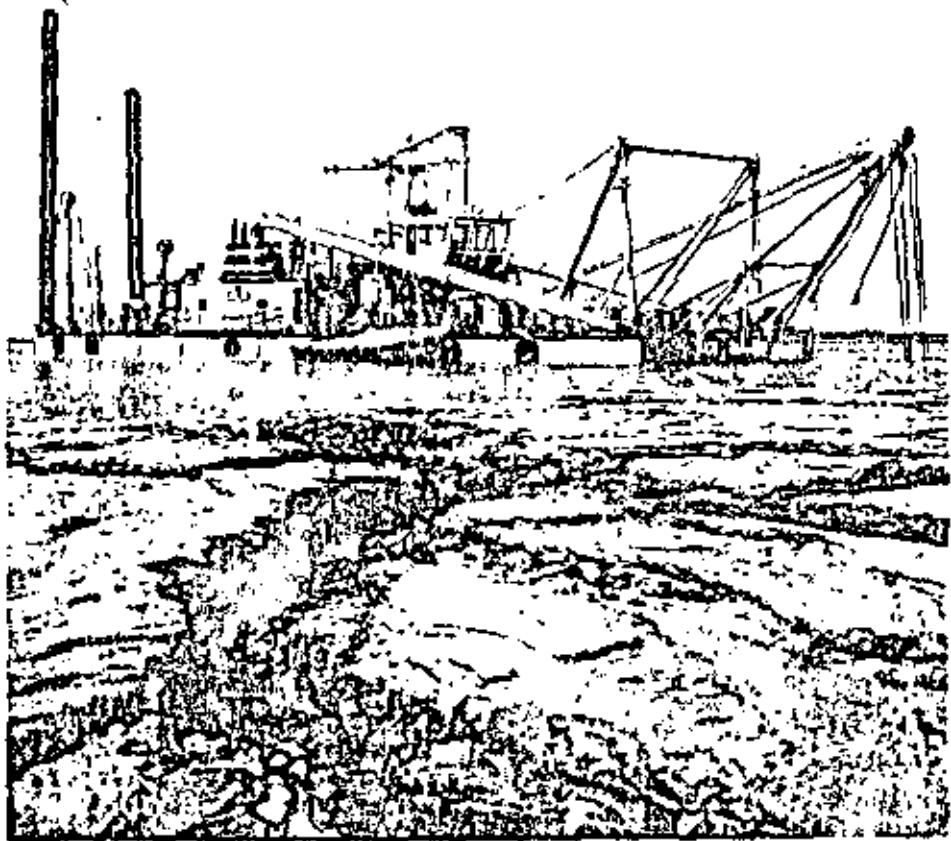
Para considerar a la arcilla con propiedad, es necesario conocer los rangos de consistencia, del cual uno puede determinar el estado de la arcilla.



Limo Figura 4-5



Descarga de la Draga Cancer (Limo)
Figura 4-6



Arcilla

Figura 4-7

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 un ras camiento 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 con tenido 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

Turba

Un suelo altamente comprensible consistente en desechos de plantas. Gran plasticidad.

Como la arcilla es el material sólo puede ser manejado ya sea enchareando 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 boleos.

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.

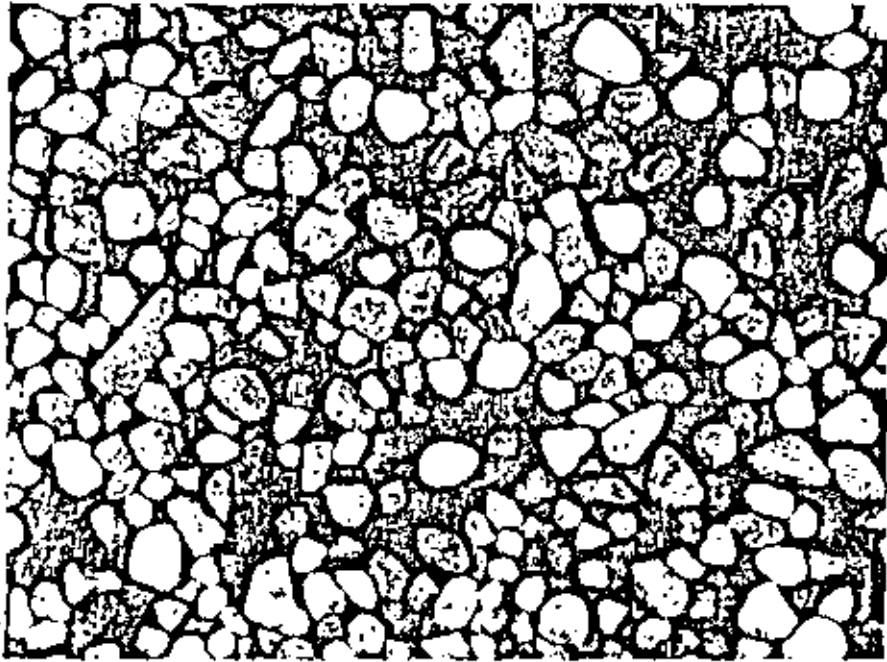
Las capas de grava y arena varían mucho de acuerdo al lugar en que se hizo el sondeo, por lo que es necesario determinar la mínima y máxima densidad en el laboratorio.

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 menosa)

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 riesgosa.

Para las pruebas dinámicas no existe un método uniforme, los resultados tienen que ser acompañados por una descripción de los aparatos utilizados.

% Concentración Varia a Razón Vs y tipo de sólido y características del cortador.

b) Cortador

b₁) Cuchillas

b₂) Potencia del cortador

b₃) Geometría del cortador

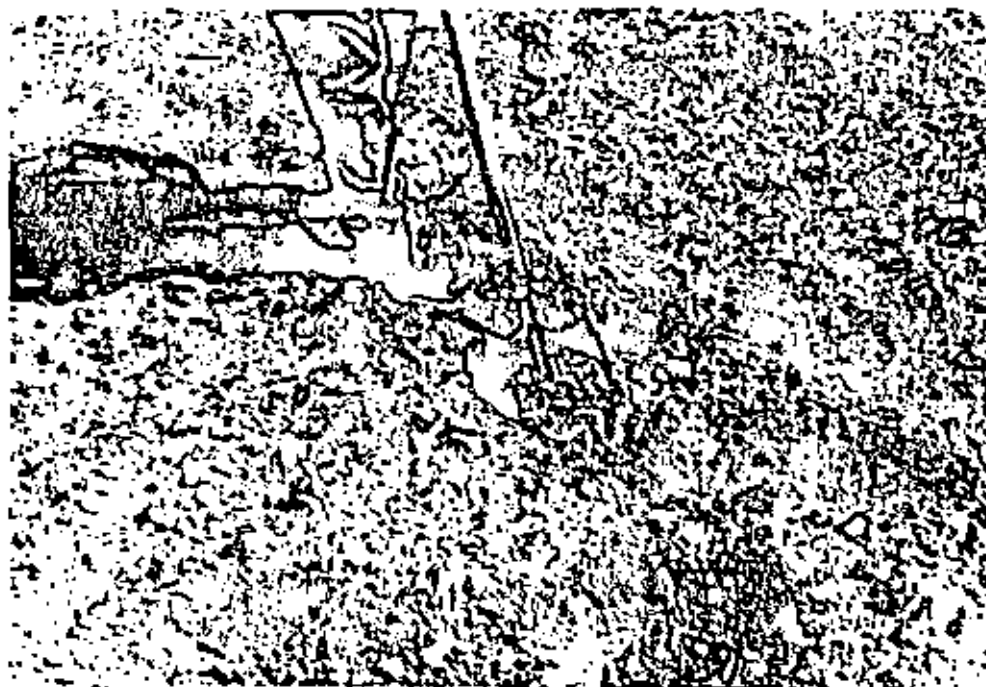
Hemos dicho que las características del material por dragar son determinantes para obtener una producción óptima; pero otro factor importante es el sistema de corte y succión de la draga.

El sistema de corte está formado por el cortador, los motores, la



Conchuela Cementada en Puerto Peñasco, Son.

Figura 4-9



Grava Dragada en Pajaritos, Ver. Figura 4-10



Grava en Lázaro Cárdenas, Mich. Figura 4-11

CLASIFICACION DE SUELOS (PIANO)

TIPO DE SUELO	TAMANO DE LAS PARTICULAS		IDENTIFICACION	ESFUERZOS Y CARACTERISTICAS INSTRUCTIVALES	
	DIAMETRO DEL TAMAÑO	NOMBRE			
ARCILLA	COHESIVO	Menor de 0.002 cm La distinción entre limo y arcilla no debe basarse en el tamaño de las partículas debido que las propiedades físicas más importantes de las arcillas y limas solo están relacionadas indirectamente con el tamaño de las partículas.	NO ES APLICABLE	La arcilla presenta una fuerte cohesión y plasticidad, sin dilatación, nuestras huellas se pegan a los dedos y se tiene una sensación suave y gruesa al tacto. Pedacitos secos no se vuelven talco, se agrietan durante el proceso de secado.	<p>Débil y suave Puede ser fácilmente comprimido entre los dedos. Menor de 0.17 kg/cm²</p> <p>Suave fácilmente moldeada con los dedos. 0.17-0.45 kg/cm²</p> <p>Parce Necesita una fuerte presión para ser moldeada por los dedos. 0.45-0.90 kg/cm²</p> <p>Rígida No puede ser moldeada por los dedos, no se marca con el pulgar. 0.9-1.36 kg/cm²</p> <p>Dura Muy difícil de ser marcada con la uña del pulgar. más de 1.36 kg/cm²</p> <p>La estructura puede ser fibrosa, compacta, homogénea, estratificada o interstratificada.</p>
		NO ES APLICABLE	NO ES APLICABLE	Generalmente se identifica por el color negro o café — siempre con un fuerte olor orgánico, presencia de fibras o desechos de madera.	Es de naturaleza esponjosa. El esfuerzo puede variar considerablemente en dirección vertical y horizontal.
TIERRA Y SUELOS ORGANICOS	ORGANICO				

CLASIFICACION DE SUELOS (PIANC)

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 80 - 20 mm. 3" - 3/4" Mediana 20 - 6 mm. 3/4" - 1/4" Fina 6 - 2 mm. 1/4" N° 7	Fácilmente identificable a la vista	Es posible encontrar camas 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 0.2-0.6 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 N° 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 dilatación. 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

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.

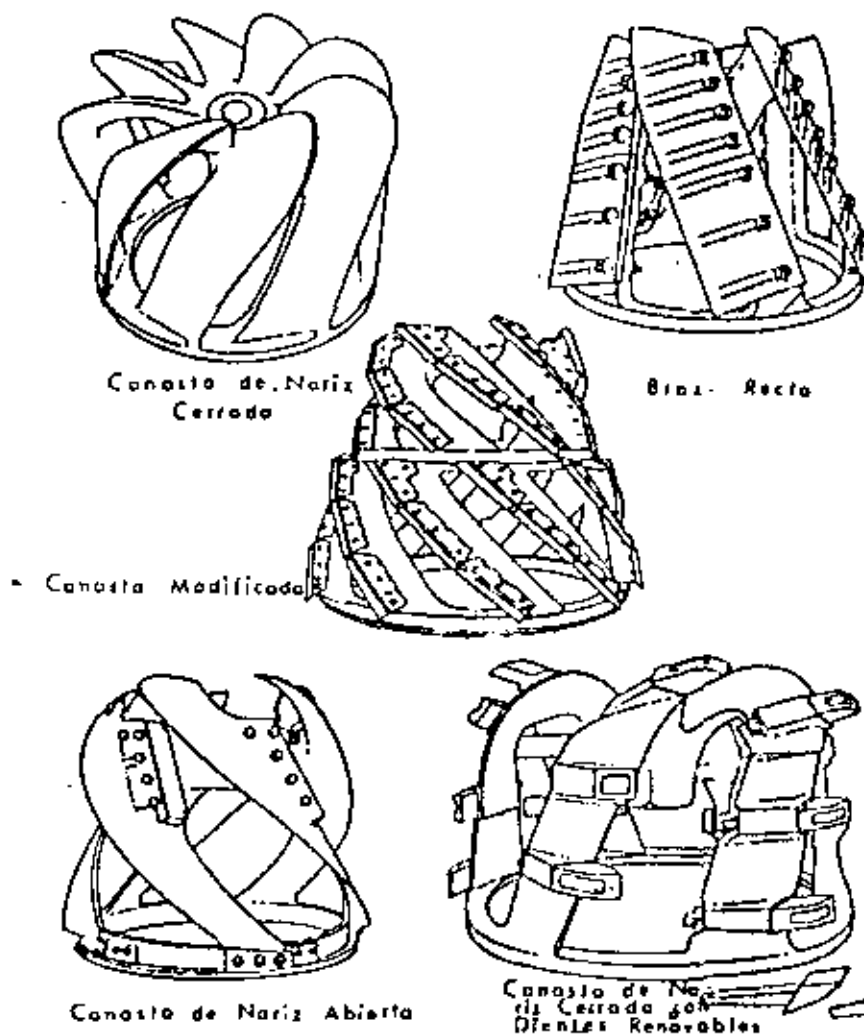
Hasta el momento en México no hay restricciones en lo referente a la contaminación del medio acuático ocasionada por la turbulencia originada por el cortador. Además no se han estudiado muy bien sus efectos en el medio acuático. Este es un tema muy interesante que se sale de los límites de esta tesis, pero mencionaremos que dragando en aguas no contaminadas por desechos industriales o basura, la turbulencia y la nube de material suelto no 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

corriente marina o del río estos alimentos hasta el banco de ostras.

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

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.

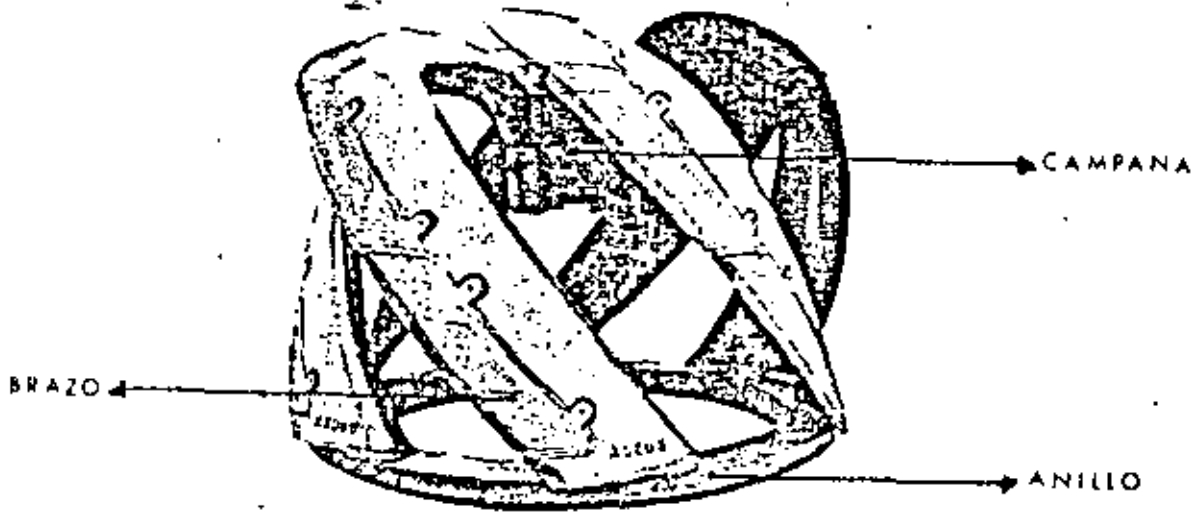
DISEÑO DEL CORTADOR

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.

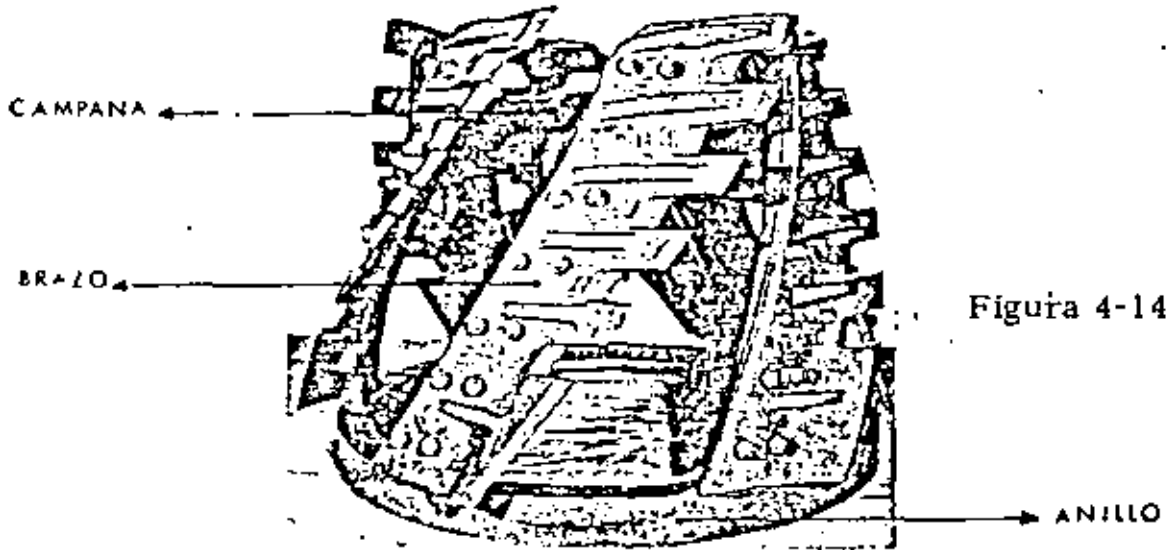
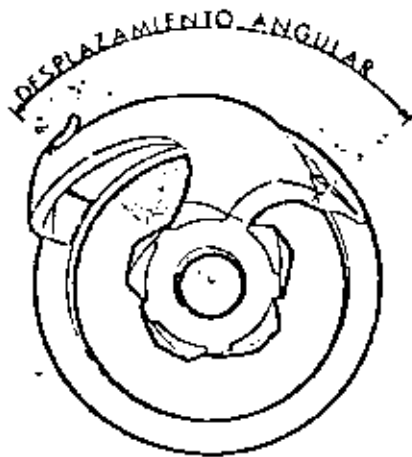
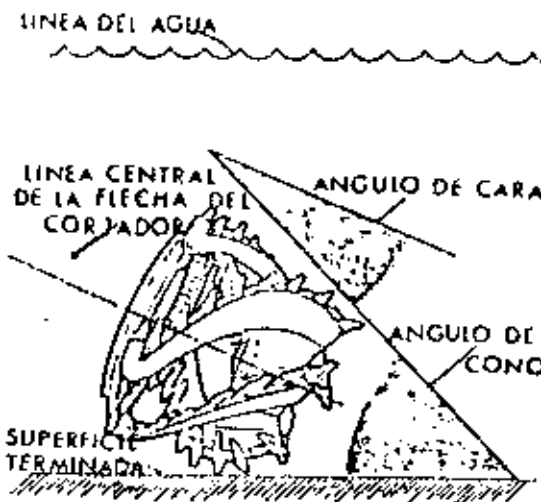


Figura 4-14

Cortador con Brazo Curvo



Figuras 4-15



Así para un cortador de 4 hojas de cuchillas, tiene un desplazamiento angular de 90.

Entre más brazos tenga el cortador, menos esfuerzo tendría 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.

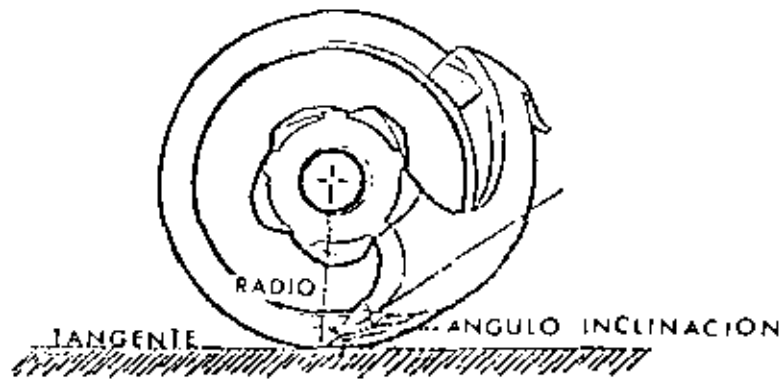


Figura 4-16

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
4. - Templabilidad de 5 pulgadas.

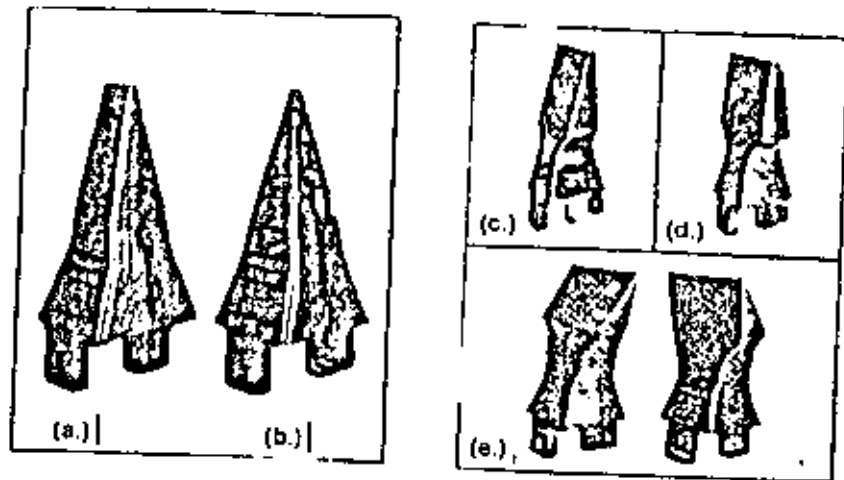


Fig. IV-17 Dientes reemplazables

- 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 6 Rockwell "c" 36
2. - Yield esfuerzo 125 000 psi
3. - V noel: (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

$$P = \frac{1}{75n} F_c V_s$$

P = horsepower (potencia en HP)

$U = N D_c N/60$ en m/Se S

S = Longitud del corte

N = Eficiencia

75 = Factor de conversión (1hp = 75 kg f/m)

F_c = Fuerza cortante en la circunferencia por unidad de.

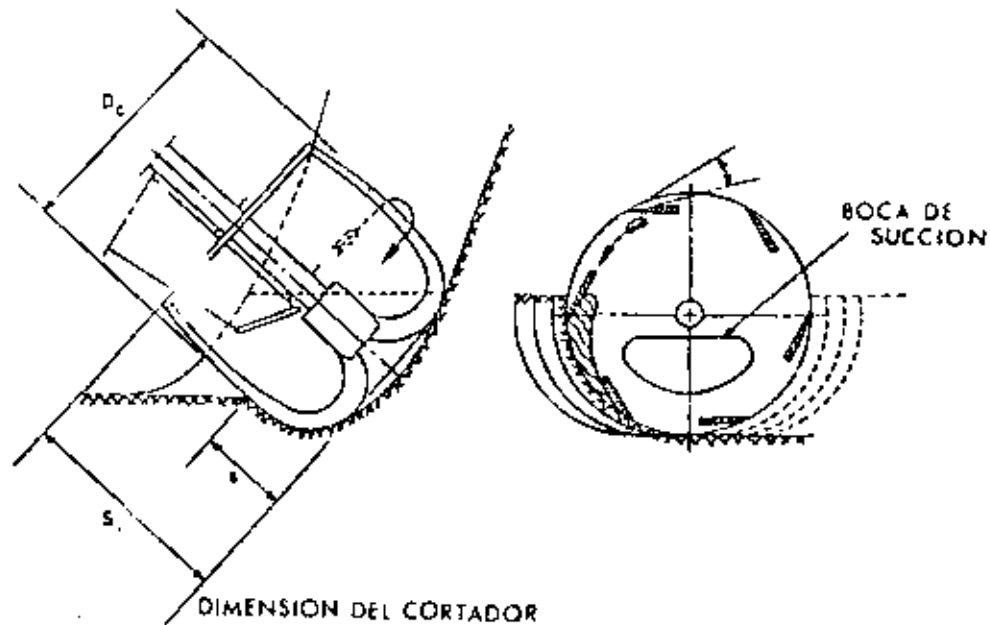


Figura 4-18

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.

$$\text{NPSH} + H_{\text{atm}} + \frac{P_s}{\rho g} + \frac{V_s^2}{2g} - h_v = \frac{P_a}{\rho g} + \frac{P_v}{\rho g} + \frac{V_v^2}{2g} - \frac{P_v}{\rho g}$$

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.

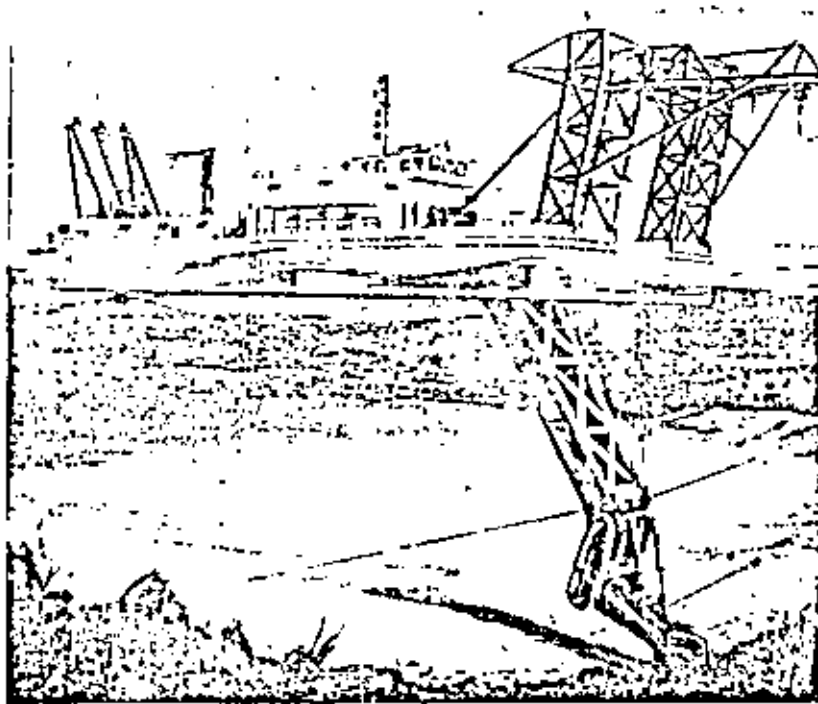
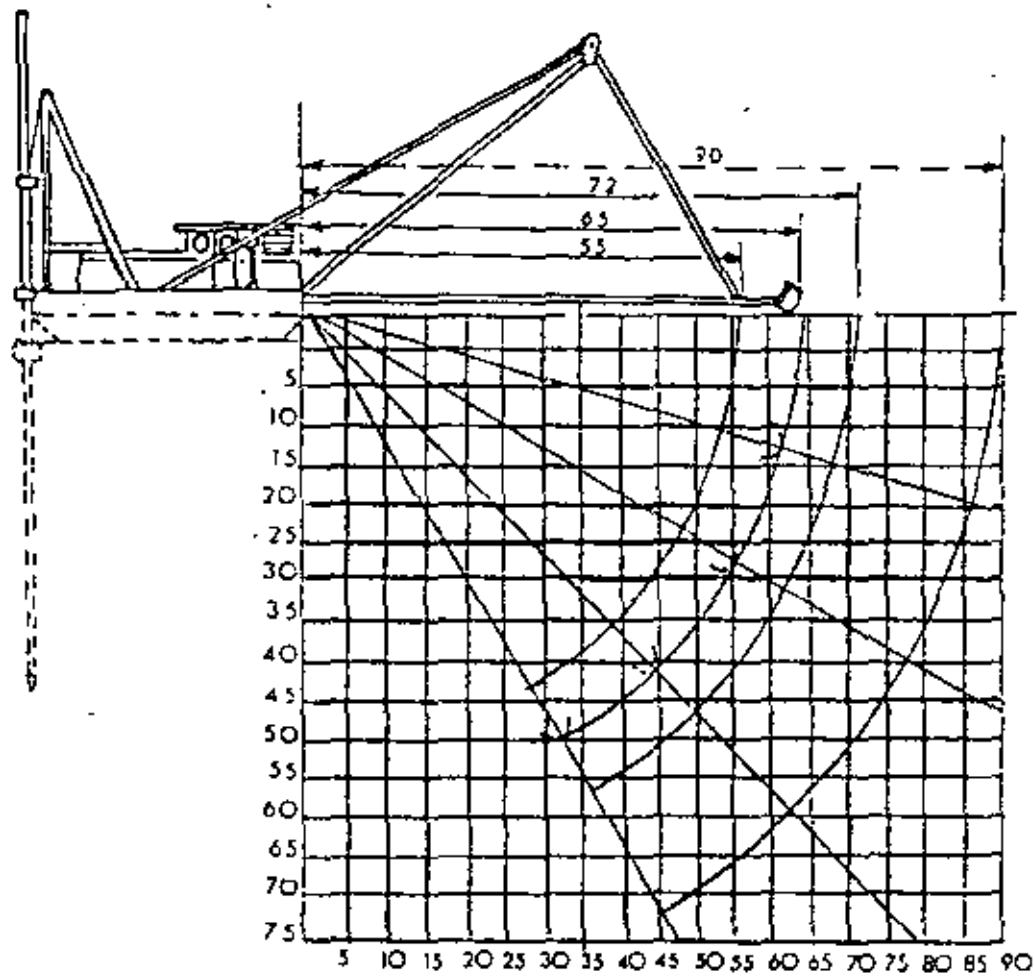


Figura 4-20

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

ANCHOS 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 TANCO	57'	65'	67'	74'	83'	12'	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"	173'5"
		26.46	30.15	31	136.67	49.82	55.41	57.7'
	30°	75'3"	85'10"	88'3"	195'0"	116'6"	156'5"	163'6"
		25.08	28.59	29.41	35.00	38.82	52.13	54.49
	45°	69'0	78'4"	80'7"	96'9"	107'0"	140'8"	147'5"
		23.00	26.18	26.84	32.23	35.67	46.87	49.20
	60°	60'10"	69'5"	70'9"	35'5"	44'9"	120'2"	127'3"
		20'25	23.13	23.56	28.41	32.56	40.05	42.41

ANCHO MINIMO DE TRABAJO

CAPITULO V

LA VELOCIDAD DE SUCCION (V_s) VARIA CON LA PROFUNDIDAD DE DRAGADO

La V_s 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 en el 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 dra--

gado debido a las altas velocidades del fluido.

El flujo de 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. 2 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

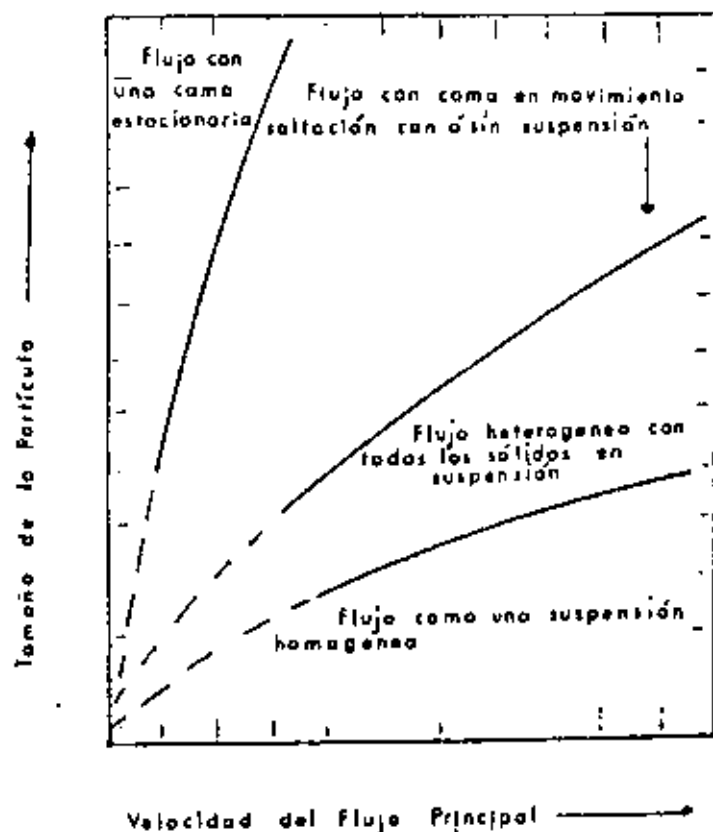


Figura 5-1

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-

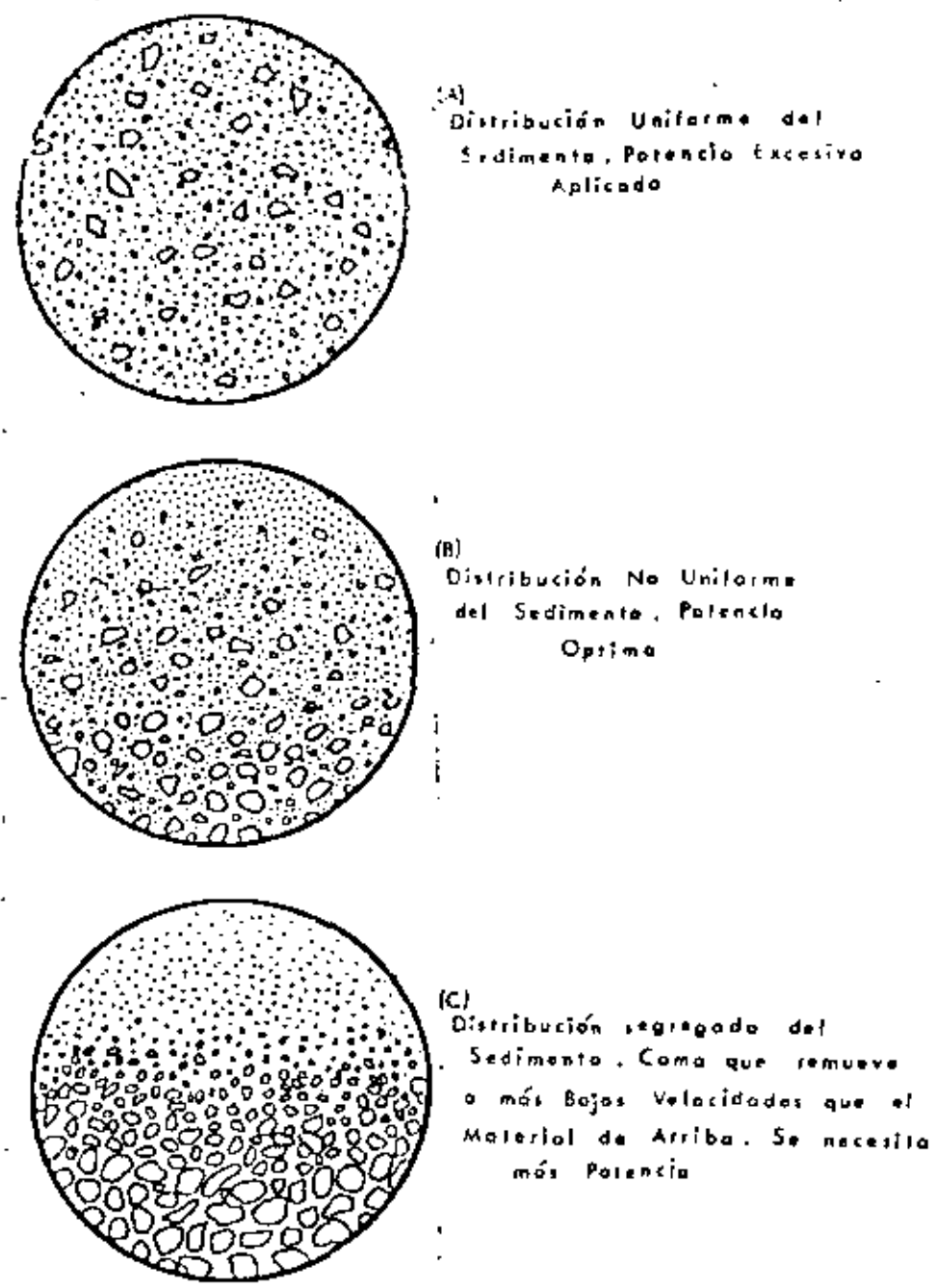


Figura 5-2

Distribución de sedimento en tubería, (a) flujo homogéneo, (b) flujo heterogéneo, (c) flujo con cama en movimiento.

tración de sedimento. Este intercambio es usualmente conocido como una mezcla turbulenta. Generalmente en el dragado existirá un gradiente de concentración vertical del sedimento en la tubería, pues hay un rango en el tamaño de las partículas que van desde las muy pequeñas a las muy grandes que se encontrarán en la mayoría de las operaciones.

El flujo homogéneo será observado con pequeñas partículas para las cuales la velocidad de caída es insignificante. La figura 5.2 muestra la distribución uniforme de sedimento en un flujo homogéneo son el bombeo de arcillas blandas, lodos de perforación y otras muy finas partículas.

Pérdidas de carga.

Las pérdidas de carga en una tubería son una de las más importantes consideraciones desde el punto de vista económico ya que la potencia requerida es proporcional a la carga. Puesto que las características del flujo en diferentes regímenes no son iguales es importante determinar el tipo de régimen de flujo de fluido bombeado para utilizar la ecuación de pérdida de carga para determinar dichas pérdidas. La relación entre las pérdidas de carga y la velocidad principal de la mezcla para diferentes concentraciones de sedimento son mostradas en la fig. 5.3.

Curvas típicas de pérdidas de carga y concentración de sedimento para un fluido dado, sedimento y tamaño del tubo.

El régimen de depósito está del lado izquierdo de la línea punteada fuerte a bajas velocidades del flujo y el régimen de no depósito está del lado derecho de la línea punteada, y se presenta a altas velocidades. Para agua --

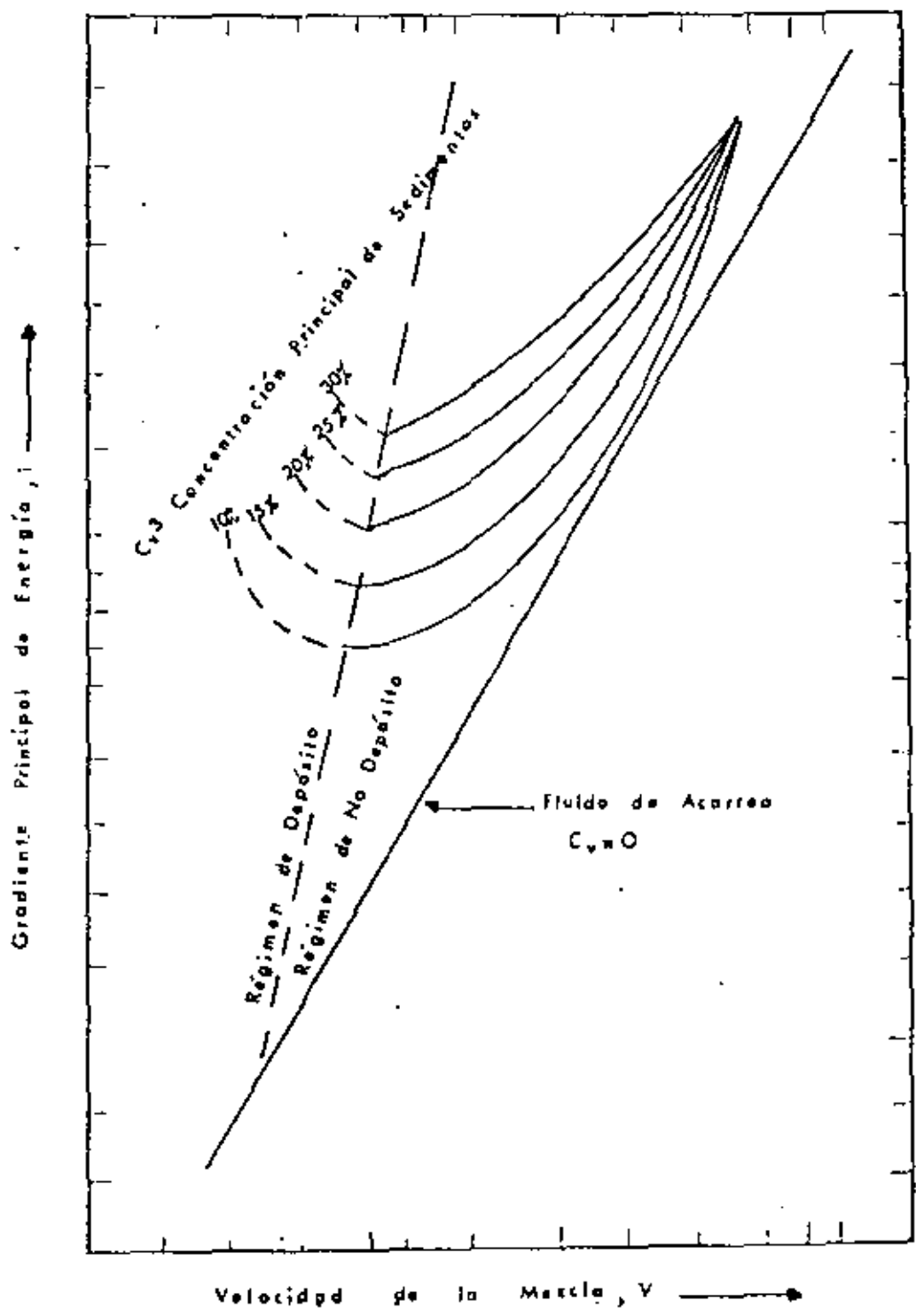


Figura 5-3

7008
132

en un flujo netamente turbulento la pérdida de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad. Es conveniente notar que hay una pérdida de carga mínima para cada concentración de mezcla ocurre a una determinada velocidad. Esta velocidad ha recibido varios nombres de acuerdo a cada investigador y son como velocidad límite de depósito, o velocidad económica, velocidad crítica.

La ecuación de energía entre 2 puntos a una distancia:

$$\left(\frac{P_1}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_1^2}{2g}\right) + Z_1 = \left(\frac{P_2}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_2^2}{2g}\right) + Z_2 + h_1$$

En donde C_v = coeficiente energía cinética

h_1 = pérdida de carga en ft (m)

γ = peso específico

P = presión

El coeficiente de energía cinética depende de la variación en la velocidad sobre la conexión del tubo. El coeficiente para un flujo laminar en un tubo circular.

En donde es conveniente tomar en cuenta el valor $C_v = 2$

Así tendremos que:

$$h = \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}\right) + Z_2 - Z_1$$

En un tubo horizontal para una descarga constante la ecuación se reduce a:

$$h = (P_2 - P_1)/$$

Pérdida de Carga por Fricción.

En un flujo turbulento la fricción es afectada muy poco por la viscosidad, pero la carga disponible decrecerá la carga de fricción como el porcentaje de material se incrementa. Una ecuación familiar para la pérdida de carga en tuberías que transportan agua es la de Darcy-Weisback.

$$H = (f) \frac{(L)}{(d)} \frac{(V^2)}{(2g)} \quad \dots \quad (1)$$

En donde:

H = pérdida de carga en pies de agua (m agua)

L = longitud del tubo en pies (m)

d = diámetro interior tubo en pies (m)

V = promedio de la velocidad del agua en pies/seg.

m/seg.

f = factor de fricción generalmente considerado por algunos autores que varía con la velocidad.

Está en función del número de Reynolds

g = aceleración de la gravedad en pies/seg²

Si la velocidad del flujo es tan baja que el material se comportará en forma de cama deslizante (duras, rizados) saltación, esta ecuación no es aplicable.

Es generalmente aceptado que el factor de fricción (f) sea independen

diente de la mezcla en los sistemas de dragado. Esto es que permanecerá igual para un flujo con mezcla de agua y material que el de para un flujo de agua clara.

Otra ecuación comunmente asociada con la fricción de agua clara es la de William y Hazen.

$$H = (0.2083) \frac{100^{1.85}}{C} \frac{Q^{1.85}}{d^{4.8655}} \dots\dots (2)$$

donde:

H = carga de fricción en pies de agua (m agua) por 100 pies de tubería.

d = diámetro de la tubería en pulgadas

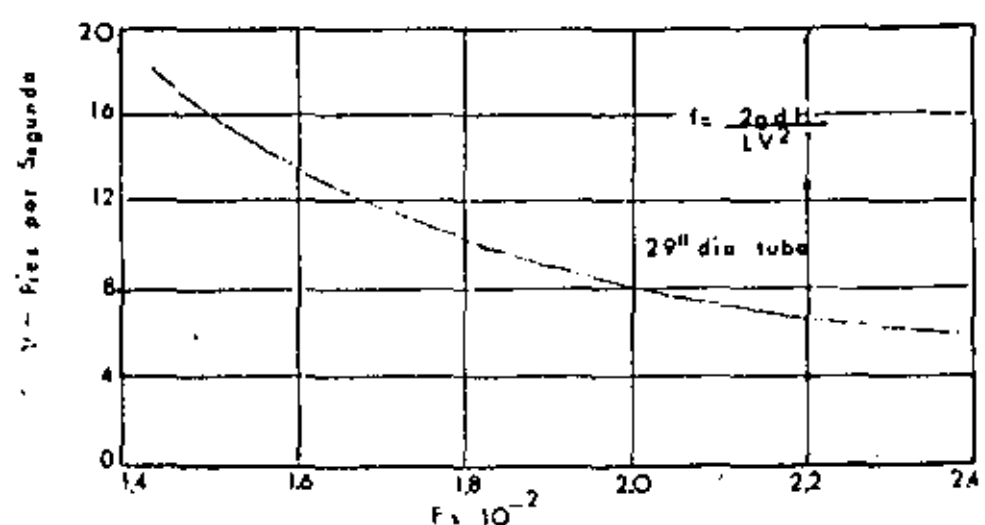
Q = gasto en GPM

C = constante que depende de la rugosidad de la tubería.

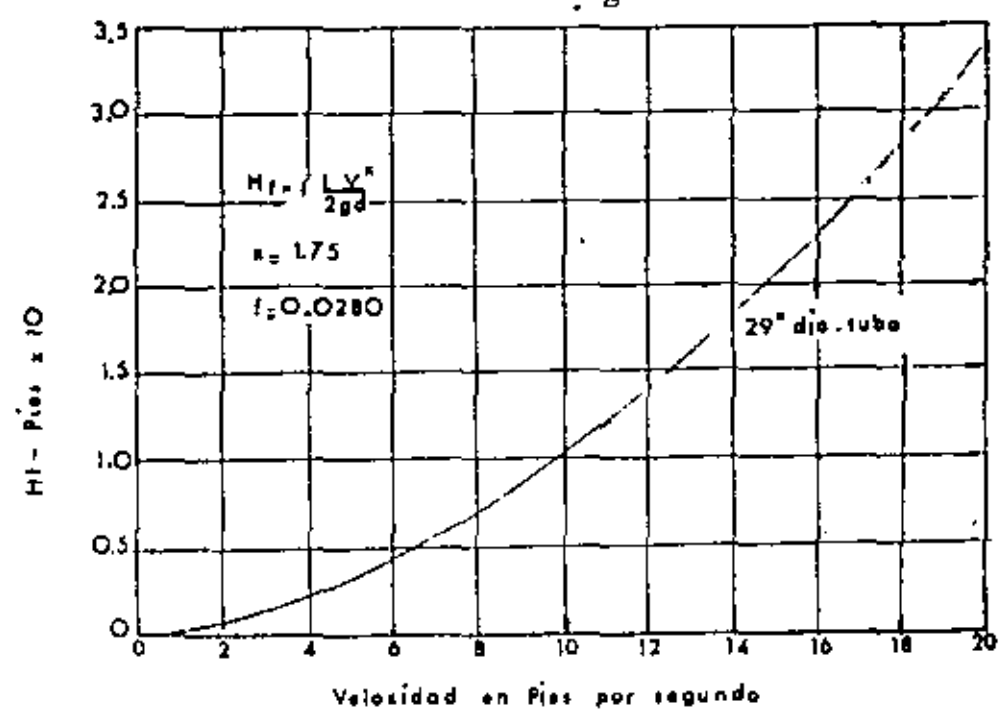
La ecuación (1) es más práctica. Muchos ingenieros e investigadores consideran que el exponente de 2 en la ecuación (1) es demasiado alto. Por lo que un valor de 1.75 ha sido propuesto. En donde el valor de 1.75 ha sido usado, se ha encontrado que el valor de fricción (f) se vuelve constante en un valor de 0.0280 aplicado a las mezclas de dragado. La ecuación (1) se convierte en:

$$H = (0.0280) \frac{(L)}{(d)} \frac{(V^{1.75})}{(2g)}$$

La figura 5.4 nos muestra valores de (f) obtenidos de aplicar la fórmula (1) en la cual el valor de fricción (f) es variable dependiendo de la velocidad.



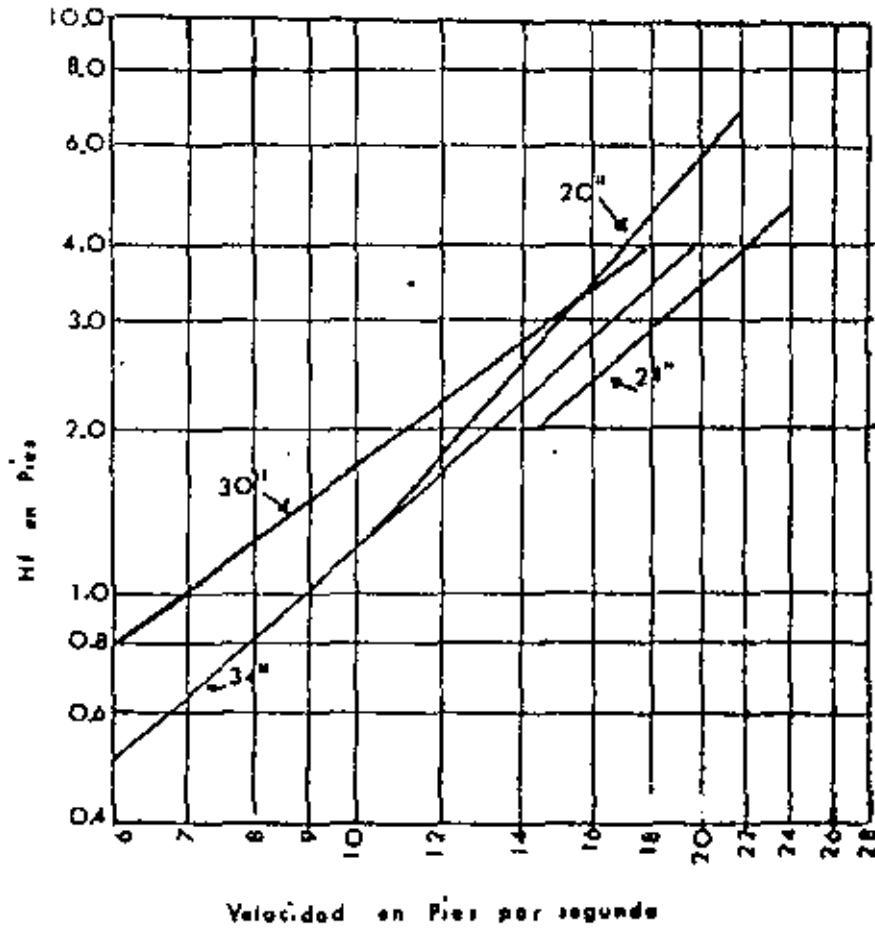
FACTOR DE FRICCIÓN COMO A UNA FUNCIÓN DE VELOCIDAD
 Figura 5-4



PERDIDA DE CARGA COMO A UNA FUNCIÓN DE VELOCIDAD

Figura 5-5

La figura 5.5 muestra pérdidas de carga relacionadas a la velocidad cuando usamos la ecuación (3)



PERDIDAS DE CARGA EN UNA TUBERIA DE DRAGADO

La figura 5.6 muestra las pérdidas de carga para distintos diámetros de tubería en función a la velocidad.

Hay otros valores de la ecuación (1) que han sido sugeridos. Uno de ellos es un exponente de velocidad de 1.830 y un exponente del diámetro de 1.170.

También se han calculado valores del factor de fricción de acuerdo al número de Reynolds y viscosidad y rugosidad del tubo.

Pero el adaptar estas ecuaciones a los sistemas de dragado no se ha hecho el suficiente trabajo en estudiar los efectos de material en las ecuaciones para agua clara y determinar o predecir los cambios efectuados, mucho más trabajo se tiene que hacer, a la fecha se han hecho estudios para determinar velocidades críticas pérdidas de fricción en tubos de 1^{1/2} y 2" de acarreado arena fina pero los resultados son todavía teóricos y de poca aplicación a sistemas reales de trabajo.

Es generalmente aceptado que el incremento en carga en un sistema de dragado es dependiente de las pérdidas de fricción más el porcentaje de material en la mezcla. Modificando la ecuación de Darcy-Weisback, para tomar esto en cuenta una aproximación más cercana del cálculo de pérdidas que puede ser obtenido.

Como el porcentaje de material en la mezcla es directamente afectado por la gravedad específica de la mezcla, multiplicando la ecuación modificada de Darcy-Weisback por la gravedad específica de la mezcla nos da:

$$H = (s_6) (f) \frac{(L)}{(d)} \frac{(V^{1.75})}{(2g)}$$

Donde:

s_6 = gravedad específica de la mezcla

f = (0.028)

Los otros han sido definidos

De acuerdo a la experiencia en campo se ha encontrado que una -- aproximación cercana de los efectos de la fricción en las mezclas agua-ma-- terial en líneas de dragado pueden ser obtenidas de la ecuación modificada de Darcy-Weisbaçk.

Pérdidas por Juntas

La ecuación de pérdida de carga mencionada anteriormente es apli cable a secciones rectas de tubería. Cuando hay curvas, codos, juntas, re-- ducciones u otro tipo de Irregularidades en la línea adicional de carga se pre-- sentará en la línea.

Hay dos variables que hay que considerar para encontrar las pérdi-- das debidas a curvaturas (fig. 162), el radio y el grado de curvatura. Una -- aproximación de las pérdidas por curvatura se puede obtener de la ecuación -- familiar.

$$H = K \frac{V^2}{2 \text{ seg}}$$

Para determinar la K se usa la siguiente fórmula:

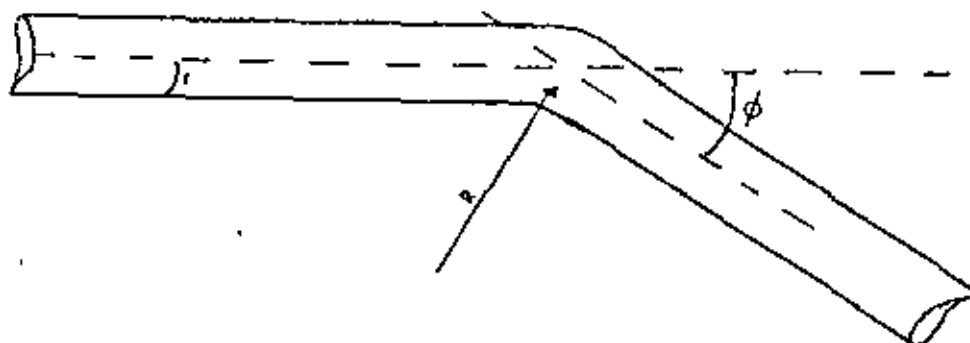
$$K = (0.131) + (1.847) \frac{r^{3.5}}{R} \quad \frac{\quad}{180}$$

Donde:

R = radio curvatura en pies

r = radio tuberías pies

ϕ = grado de la curvatura en grados decimales



Parámetros de una Curva del Tubo

F
i
g
u
r
a

5-7

Si se desea obtener directamente las pérdidas en pies de tubería - dejamos L_1 = longitud adicional a la longitud actual L_1 y (f) otra constante, tendremos:

$$L_1 = \frac{(D)}{(4)} \frac{(K)}{(f)} \quad \dots (4)$$

En donde el valor de la constante (f) para tubería de 6 a 10" de diámetro deberá ser de 0.006, para tuberías de 12" a 18" es 0.005 y para tuberías de 20" en adelante es 0.004.

Pérdidas por válvulas de chapaleta se incrementan proporcionalmente al tamaño de la tubería. Una buena aproximación de las pérdidas pueden ser obtenidas multiplicando el diámetro de la tubería en pies por 6.5 para obtener la longitud equivalente de tubería.

Las pérdidas por ball-joints pueden obtenerse mediante la fórmula:

$$H_b = \frac{c V^2}{2g} \quad \dots (5)$$

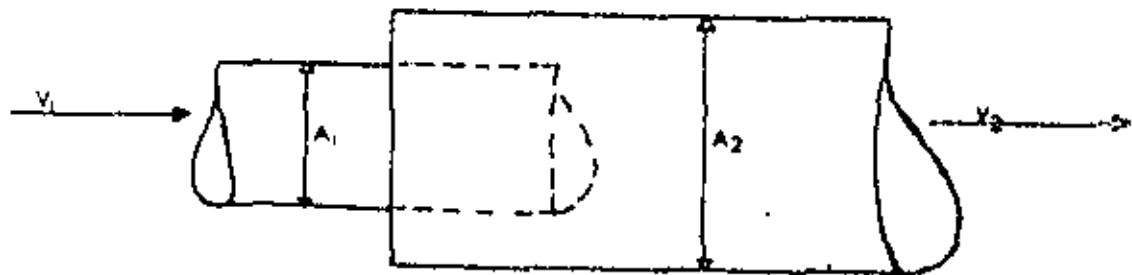
$$c = 0.10$$

Pérdidas de energía acompañando un decremento de velocidad son siempre mayores que aquellas acompañadas por un incremento de la velocidad. Por consiguiente las pérdidas de carga serán mayores cuando se presente una expansión súbita en el sistema hidráulico.

Uno de los más comunes y familiares cambios en el tamaño en un sistema de dragado son las juntas tipo carnero (tapered end) para conexiones en la línea de tierra. Aquí se presenta una contracción súbita o expansión, dependiendo de como esté conectada de la tubería.

La pérdida de carga por una expansión súbita puede ser hasta 10 veces mayor que en una contracción súbita, cuando la junta es río arriba (contracción súbita) fig. (163), la pérdida de carga será:

$$H_x = \frac{(V_2 - V_1)^2}{2g} C_1 \quad \dots (6)$$



EXPANSION SUBITA

Figura 5-8

Donde:

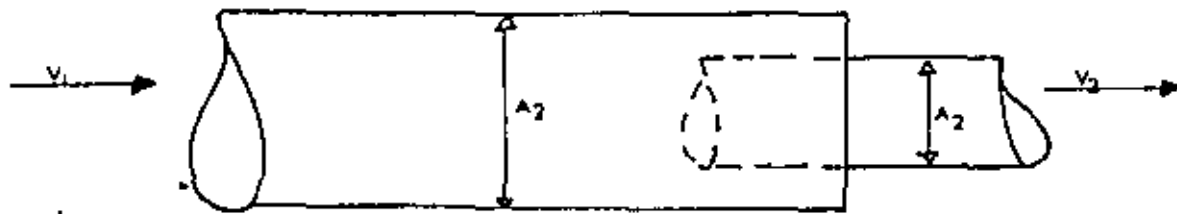
V_1 = Velocidad de entrada pies/seg.

V_2 = Velocidad de salida pies/seg.

g = aceleración de la gravedad pies/seg².

C = 0.4 a 0.3

Quando la junta es río abajo (contracción súbita), las pérdidas de carga en cada junta se calcularán usando la fórmula sustituyendo C_2 por $C_1 = 1$.



CONTRACCION SUBITA

Figura 5-9.

Como ejemplo de como las pérdidas se incrementan teniendo la conexión río abajo más que río arriba considerando una tubería de la playa de 20" de diámetro conectada a una de 18" de diámetro.

Estas dimensiones nos dan un incremento del área de - - - - -

$$1.23; \frac{10^2}{9^2} = 1.23$$

consecuentemente un decremento de la velocidad de 0.187. Asumiendo que la velocidad $V_1 = 20$ pies/seg, la velocidad V_2 de expansión será de $(20) \cdot (.813) = 16.26$ pies/seg.

Las pérdidas de la junta río abajo será:

$$H_x = \frac{(20 - 1626)^2}{64.4} = 0.22 \text{ pies}$$

Con 400 Juntas se tendrá 88.6 pies de pérdidas de carga.

Por otro lado con la conexión río arriba:

$$H_x = (0.22) (0.4) = 0.09$$

Con 400 Juntas se tendrá 35 pies de pérdida de carga.

Por consiguiente puede parecer que la línea de tierra debe estar conectada con juntas de reducción desde el punto de vista hidráulico.

Existe también un mal entendido, pues algunos piensan que cuando tramos de tubería de distintos diámetros son conectados, la conexión río arriba deberá ser la menor. Esto ocasionará que las condiciones de flujo sean malas.

Carga Dinámica total.

La carga dinámica total es la suma algebraica de todas las cargas individuales en el sistema de bombeo y es usualmente expresada en pies de agua (m de agua). Estas cargas empiezan en la succión y continúan a través de la descarga como siguen:

A.- Carga total de succión. - La carga total de succión es la carga necesaria para vencer la carga de entrada a la succión, carga estática de succión, la carga de velocidad de succión y la carga por fricción en la succión, y es la suma algebraica de estas 4 cargas, solamente la carga estática en la succión puede ser negativa, las otras 3 son siempre positivas.

1. - Carga de entrada a la succión. - Las pérdidas de carga en la entrada de la succión son generalmente bajas y comparadas con las otras - - pérdidas del sistema pueden ser despreciadas. Las pérdidas de carga por - entrada en la succión se calculan usando la siguiente fórmula:

$$H_e = K_e \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_e = pérdida carga por entrada en la succión en pies

V = velocidad succión pies/seg

g = aceleración de la gravedad en pies/seg²

K_e = coeficiente de entrada. Para una entrada de campana, la - - cual es la más recomendable $K_e = 0.04$

Entrada redondeada $K_e = 0.23$

Entrada tipo boca tiburón $K_e = 0.50$

Como puede verse de estos coeficientes la entrada de succión debe acercarse lo más posible a una tipo campana para tener menores pérdidas.

2.- Carga estática de succión. - Es la carga estática de succión - (H_{ss}) es la distancia vertical en pies (m) entre la superficie del agua y el centro de la bomba. Puede ser negativa o positiva dependiendo de la localización del centro de la bomba, ya sea arriba o abajo de la superficie del agua.

Para determinar la carga estática, la siguiente fórmula puede usar se:

$$H_{ss} = SG_1 B - SG_2 C$$

Donde:

H_{ss} = carga estática de succión en pies de agua

C = distancia entre la entrada de succión y la superficie del agua.

B = distancia entre el centro de la bomba y la entrada de la succión.

SG_2 = gravedad específica del agua sobre la que el agua está trabajando.

SG_1 = gravedad específica de la mezcla que está siendo bombeada.

Si la H_{ss} resulta negativa como sería en el caso en que el centro de la bomba esté por debajo de la superficie del agua debe ser sustraída de la suma de las otras cargas del sistema de succión para obtener el valor real de las cargas por succión.

Pero la densidad y la cantidad de material bombeado puede volverla positiva particularmente cuando el centro de la bomba está muy cerca de la superficie del agua.

Cuando la carga es positiva hay que sumarla a las otras cargas.

3.- Carga de velocidad en la succión. - La carga de velocidad en la succión (H_{sv}) es la carga equivalente a través del agua que tiene que caer para adquirir la velocidad que tiene en la succión; es por consiguiente la carga que debe desarrollarse para crear la velocidad en la succión.

En un tubo a través del cual una cantidad de fluido está corriendo

la velocidad es $V = Q/A$ en donde:

V = velocidad del flujo en pies/seg

Q = gasto en pies³/seg

A = área tubo por pies²

Así un cuerpo que cae tendrá la velocidad $V = 2g s$ de acuerdo a la ley de la gravedad, en donde:

V = velocidad pies/seg

g = aceleración de gravedad pies/seg²

s = distancia de caída en pies

Por consiguiente la carga de velocidad en la succión será:

$$H_{sv} = \frac{V^2}{2g}$$

Usualmente esta carga es baja, pues la velocidad en la succión es baja. Cuando el flujo es de mezcla la carga se calcula:

$$H_{sv} = \frac{SG (V)^2}{(2g)}$$

en donde SG = gravedad específica de la mezcla.

4.- Carga por fricción en la succión.- La carga para vencer la fricción es llamada carga por fricción (H_{sf}).

La carga por fricción en la succión puede ser obtenida mediante la ecuación modificada de Darcy-Weisback.

$$H_{sf} = (SG) (f) \frac{(L) (V)^{1.75}}{(d) (2g)}$$

Donde:

H_{sf} = carga por fricción en pies

L = longitud equivalente de tubo de succión en pies

d = diámetro interior del tubo en pies

V = velocidad de la mezcla bombeada pies/seg

g = gravedad específica pies/seg²

f = 0.028

Datos:

V_s = 15 pies

PD = 30'

PD = 60'

$$\% \text{ sólidos} = 20\% \quad SG_m = \frac{120}{62.4} = 1.92$$

$$SG = 120 \text{ lb/pies}^3 \quad SG_a = (1.92 - 1.03) \cdot 20 + 1.03$$

Pérdida de carga:

$$H_v = SG \frac{H_v}{2g} = 1.21 \times \frac{(15)^2}{64.4} = \frac{1.21 \times 225}{64.4} = 4.23$$

B. - Carga total en la descarga

La carga total en la descarga es la suma de las cargas estática, velocidad, fricción en el sistema de descarga.

1) Carga Estática en la Descarga. - La carga estática en la descarga (H_{ds}) es la obtenida usando un método similar al utilizado para determinar la carga estática de succión; esto es la distancia vertical en pies de --

agua entre el centro de la línea y el punto de descarga. La densidad del material que está siendo bombeado debe tomarse en cuenta para obtener un valor real de esta carga. La gravedad específica multiplicada por esta distancia nos dará la carga estática en la descarga.

2. - Carga de Velocidad en la Descarga. - La carga de velocidad en la descarga (H_{dv}) es la definida exactamente como la carga de velocidad en la succión.

En términos simples es la carga creada por la bomba (siendo la carga de salida menos la carga de entrada) y es proporcional al radio de los diámetros de la succión y descarga de la bomba; si la succión y la descarga son de igual diámetro, la carga de velocidad en la descarga será cero.

Puede ser obtenida de la siguiente forma:

$$H_{dv} = \frac{SG (V_d^2 - V_s^2)}{2g}$$

Donde:

H_{dv} = carga de velocidad en la descarga en pies de agua.

V_d = velocidad de la mezcla en la descarga pies/seg.

V_s = velocidad de la mezcla en la succión pies/seg.

g = aceleración de la gravedad pies/seg²

SG = gravedad específica de la mezcla.

3. - Carga por Fricción en la Descarga. - La carga por fricción en la descarga (H_{df}) es la carga requerida para vencer las pérdidas por fricción en la descarga.

Se obtiene por la ya conocida fórmula $H_{df} = F \frac{(L) (SG) (V)^{1.75}}{d (2g)}$

Para determinar la longitud equivalente en la línea de descarga se multiplica por (1.3) ó 1.5 para corregir las pérdidas adicionales por fricción causadas por ball joints y codos en la línea flotante.

La longitud de la línea de tierra se multiplica 1.1 para corregir las pérdidas por fricción ocasionadas por las juntas.

A continuación desarrollaremos un ejemplo del cálculo de la distancia máxima de tiro y la producción de una draga de 24" de diámetro de succión y de 20" de diámetro de descarga con 1 700 HP de potencia en la bomba.

Lugar de trabajo río Nautla

condiciones del trabajo

- | | |
|--------------------------------------|---|
| a) Distancia máxima del tiro | 1 300 m. |
| línea flotante | 300 m. |
| línea de tierra | 1 000 m. |
| b) Carga estática | 15' 5 m. |
| c) Profundidad de dragado | a) 30' (10 m) |
| | b) 60' (20 m) |
| d) Espesor del manto | 15 m. 45' |
| e) Tipo de material. | Arena gruesa, medianamente compactada mezclada con arcilla blanda y bolco |
| f) Concentración promedio de sólidos | 20% |
| g) Carga dinámica de la bomba | 225 pies |

h) Factor de material 1.3

Sol.

Cálculo del peso específico de la mezcla:

$$SG = (SG - SG_w) \% \text{ sólidos} + SG_w$$

$$SG = (2.6 - 1.03) \cdot 20 + 1.03$$

$$SG = 1.3$$

Cálculo de las cargas hidráulicas máximas disponibles conforme al caballaje y a la capacidad dinámica de la bomba.

$$BHP = \frac{GPM \times THD \times SG}{3960 \times Ef}$$

$$BHP = \text{caballo de potencia} = 1700$$

$$THD = \text{carga dinámica}$$

$$SG = \text{peso específico de la mezcla} = 1.3$$

$$3960 = \text{factor} = 3960$$

$$Ef = \text{eficiencia de la bomba } 60\%$$

$$THD = \frac{HP \times 3960 \times Ef}{GPM \times SG} = \frac{1700 \times 3960 \times 0.6}{1.3 \times GPM}$$

$$THD = \frac{3107076.92}{GPM}$$

Por lo tanto la TDH

Para 10 000 GPM = 3107076.92	10 000 = 310	pies de carga hidráulica
Para 12 000 GPM = 3107076.92	12 000 = 258	pies de carga hidráulica
Para 14 000 GPM = 3107076.92	14 000 = 221	pies de carga hidráulica
Para 16 000 GPM = 3107076.92	16 000 = 194	pies de carga hidráulica
Para 18 000 GPM = 3107076.92	18 000 = 172	pies de carga hidráulica

La máxima carga hidráulica que se puede disponer es la de la bomba = 225 pies.

GPM	DIAMETRO DESCARGA	VELOCIDAD DESCARGA	FACTOR FRICCION C/100 PIES	CARGA SUC-- CION	CARGA SUC-- CION	CARGA VEL. de CARGA	CARGA ESTA- TICA
10 000	20"	11.5	1.7	13.45	22.45	2.67	19.5
12 000	20"	13.8	2.44	15.20	24.28	3.81	19.5
14 000	20"	16.2	3.29	17.50	26.50	5.25	19.5
10 000	20"	18.5	4.26	19.89	28.50	6.85	19.5
18 000	20"	20.8	5.35	22.59	31.60	8.65	19.5

$$\text{xx Carga Succión} = H_{os} + H_{fs} = \frac{SG V^2}{2g} + PD (SG_m - SG_w) + \frac{F L (SG) (V)^{1.75}}{(d) (2g)}$$

$$1 = 30$$

$$2 = 60$$

$$\text{xxx Hud} = \frac{SG V^2}{2G}$$

$$\text{xxx Hsd} = SGD$$

CON PROFUNDIDAD DE 10 m.

GPM	CARGA DESP. BOMBA	MENOS	QUEDA CARGA	DIVIDO ÷	DIVIDO ÷	DESTINO EN PIES	DESTINO EN M.
10 000	225	35.62	189.40	135.30	1.7	7957.15	2652.0
12 000	225	38.60	186.40	133.15	2.44	5468.85	1822.0
14 000	221	42.25	178.75	127.7	3.29	3880.	1293.3
16 000	194	46.24	147.76	105.55	4.26	2477.46	825.8
18 000	172	50.73	121.27	86.80	5.35	1619.	539.67

GPM	CARGA DESP. BOMBA	MENOS CARGA Hs. Hd,	QUEDA PARA	DIVIDIENDO	DIVIDIENDO	MAX. DIST.	MAX. DIST. m
10 000	225	44.62	180.40	128.84	1.7	7578.82	2526.30
12 000	225	47.60	177.40	126.72	2.44	5193.44	1731.15
14 000	221	51.15	169.75	121.25	3.29	3685.41	1228.5
16 000	194	54.85	139.15	99.40	4.26	2333.10	777.70
18 000	172	59.80	117.30	80.20	5.35	1498.80	500

PRODUCCION REQUERIDA 380 m³/

$$\begin{aligned} \text{GPM} \times (\text{Factor conversión}) &= \text{M}^3 \times \text{concentración} = \text{M}^3 \text{ mat/x El draga} \\ &= \text{M}^3 / 14\ 000 \times 0.227\ 3178 \times 0.20 = 635.6 \times 0.60 = 381 \text{ m}^3/ \end{aligned}$$

Dragando a una profundidad de 30' (10 m) la máxima distancia de tiro serán 1 300 m. obteniendo la producción deseada.

Pero cuando dragamos a 60' (20 m) de profundidad la máxima distancia de tiro con un gasto de 1 400 GPM será de 1 230 m, que es menor que la distancia de proyecto por lo que tendremos que bajar la velocidad del flujo para alcanzar más distancia; por otro lado la concentración de sólidos baja pues la escala estará trabajando a mayor ángulo de inclinación y el material cortado o aflojado es menor bajando la concentración.

Concluimos que a mayor profundidad de dragado menor velocidad de flujo y menor concentración de sólidos en la mezcla por lo tanto baja nuestra producción.

$$Q = A V \text{ promedio sólidos} = \text{Producción}$$

A medida que la profundidad de dragado aumenta, la producción decrece de manera exponencial.

CAPITULO VI

LA PRODUCCION MAXIMA VARIA EN RAZON DEL AREA
DEL TUBO DE SUCCION (LINA CORTA)

Una bomba de dragado es un implemento que evacua lo que recibe. La única fuerza de que se dispone para empujar la mezcla a una bomba de dragado, es la Presión Barométrica. El diseño de la bomba barométrica es tal vez el aspecto más crítico de la draga, pues si la bomba de la draga funciona más rápido de lo que la línea de succión puede llevar de mezcla, se producirá cavitación.

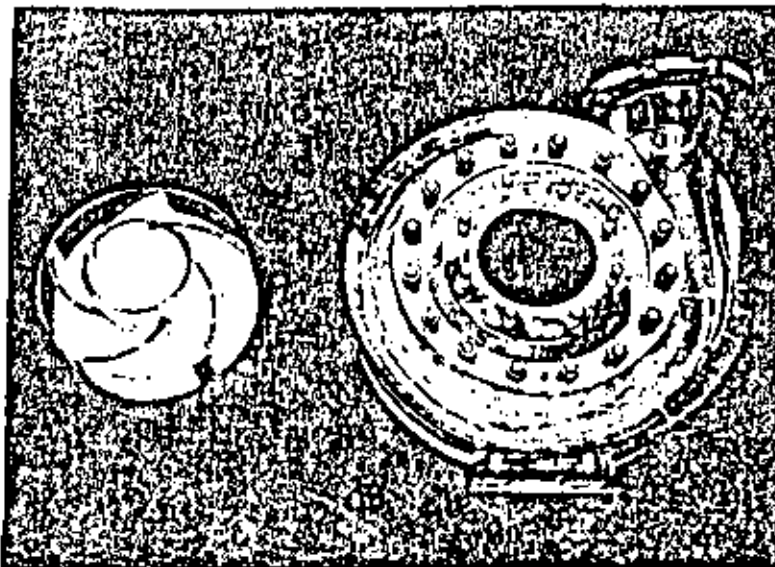


Figura 7-1
Impulsor y Car-
casa de
PLEXI GLASS

Un análisis de la ecuación hidráulica básica $h = V^2/2g$ demuestra que h varía en razón de V^2 y V varía en la razón de la raíz cuadrada de h .

Debido a que la única carga h de que disponemos para forzarla a -- través del tubo de succión es la presión barométrica de la mezcla (constante al nivel del mar; la velocidad máxima es una constante).

Por lo que Flujo = Velocidad (constante) por Area del flujo y por lo tanto la producción varía a razón del área de succión.

$$h = 14.72 \text{ lb/m}$$

pero se aprovechan 5/6 de la presión atmosférica

$$h = 12.3 \text{ lb/pulg}^2 = 12.3 \times 2.31 = 28.3 \text{ pies de carga}$$

$$h = \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{h \cdot 2g} = 28.3 \times 64.4 = 42. \text{ pies/seg.}$$

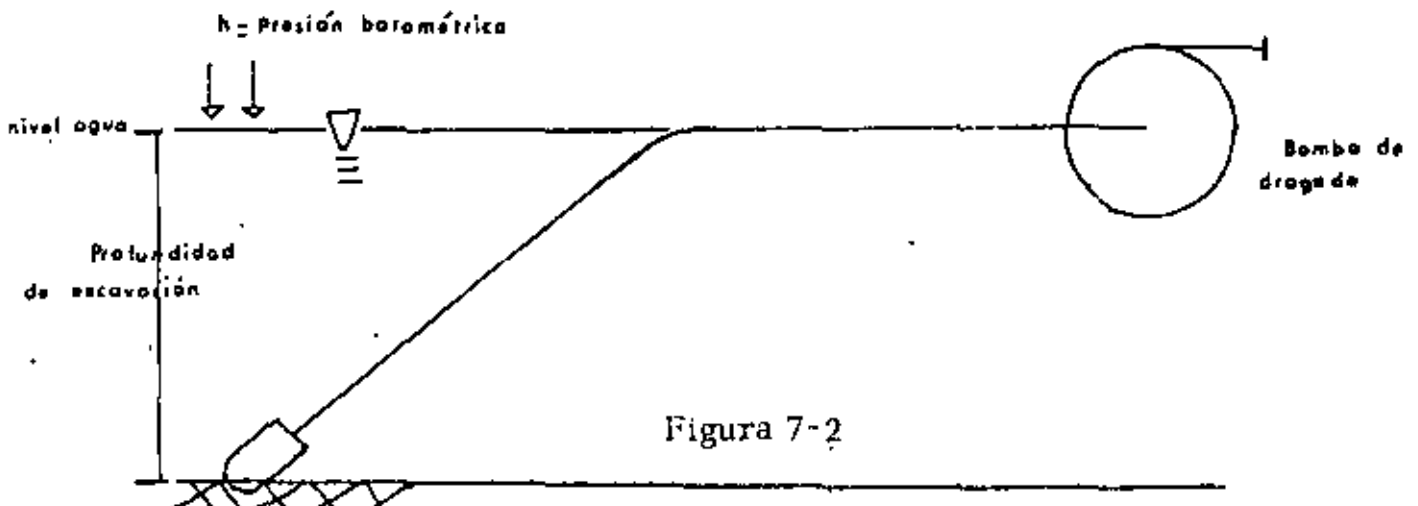


Figura 7-2

$$h = \frac{V^2}{2g} \quad \text{eliminando la constante } 2g$$

$h \quad V^2 \quad o \quad V$

Debido a que h es la presión barométrica y una constante y V es --
constante del flujo A .

La velocidad del flujo en la succión es dada por la bomba, pero --
nunca será mayor de la dada por la presión barométrica.

En la gráfica No. del Capítulo VI se puede ver claramente la
influencia del diámetro de la succión en el incremento de la producción.

CAPITULO VII

LA LONGITUD DEL TUBO DE DESCARGA VARIA EN RAZON DE
LOS HP DE LA BOMBA

Un análisis de la ecuación de potencia (HP muestra que ya que el --
gasto en GPM es una constante a una profundidad de excavación y velocidad da --
das, y que como la eficiencia de la bomba es constante a un gasto dado los --
HP varían según la carga H y que a su vez ésta varía con la longitud del tubo --
de descarga, por esto es que la potencia en HP determina no una producción --
máxima, sino que tan lejos puede bombearse.

Si se necesita bombear a una distancia mayor debe añadirse una --
bomba auxiliar (booster) o reducir el porcentaje de sólidos o disminuir el gas --
to:

$$HP = \frac{GPM \times SG \times H}{3960 \times Ef}$$

Eliminando todas las constantes e ignorando las pérdidas por suc --
ción que son relativamente pequeñas tenemos:

HP II Longitud de la línea

Volviendo al ejemplo desarrollado en el capítulo V, tenemos que con 16 000 GPM y con una concentración promedio de 20% de sólidos bombeamos a una distancia de 777.70 m. con una profundidad de excavación de 20 m (50).

Si tenemos una concentración del 10% tendremos una gravedad específica: $SG = (2.6 - 1.03) 0.10 + 1.03 = 1.19$

GPM	Desc.	Vel. des_carga	carga succión	carga vel. d	carga bomba
16 000	2 D"	18.5	17.71	17.85	194

Menos $H_s + H_v + H$	Carga H ₂ O	dividido MA 1.4	dividir Fac. Fricc.	distancia Máx. pies	dist. máx. metros
41.88	152.12	108.66	4.26	2 550.64	850

Vemos que con el mismo gasto en CPM nos dá una distancia de bombeo de 850 m.

A un gasto constante en GPM, para obtener mayor distancia de bombeo necesitamos aumentar nuestro caballaje en la bomba, para lograrlo es necesario instalar una o más bombas auxiliares o en serie (boosters).

La bomba auxiliar puede ser instalada:

Si se bombea a una distancia más allá del límite (fig. 2 punto de trabajo A). Se imponen medidas convenientes para evitar la sedimentación

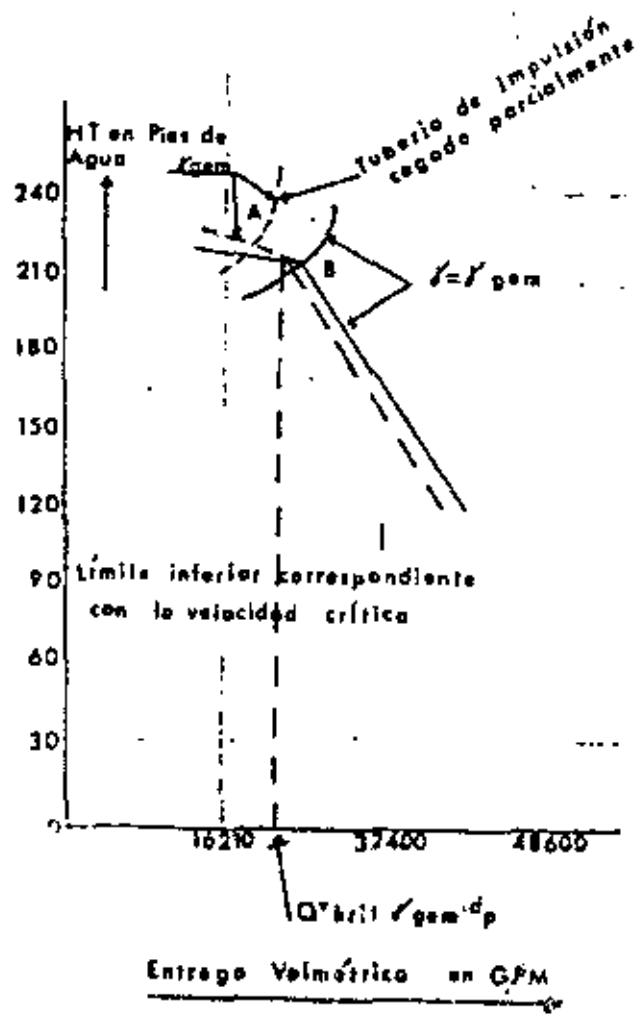


Figura 7-1

de los productos sólidos en la tubería. El trabajo bajo el nivel crítico inferior sobre todo si se trata de productos menos finos hasta gruesos, es muy peligroso pudiendo taparse la tubería. El único remedio para evitar este problema, es el de disminuir el peso específico de la mezcla entrando más agua de dilución hasta que la bomba trabaje por encima del nivel crítico (fig. 2 - punto B). Claro está que el peso específico reducido corresponde con una disminución de la producción.

Este método de disminuir el peso específico de la mezcla, con más agua de dilución, puede emplearse solamente con una longitud determinada de exceso, más allá de la distancia máxima (parte III de la fig. 3 de la producción): Esta solución se acepta generalmente aún con desgaño la menor producción o al contrario una de las medidas más convenientes es la de instalar un grupo de reimpulsión en la tubería.

Las consideraciones anteriores muestran que no siempre resulta menester un grupo de reimpulsión si debe trabajarse con una tubería muy larga. El plazo total del trabajo, la producción total por la tubería excesiva, la longitud de la tubería más allá del límite y la producción mayor con interven

ción del grupo de reimpulsión (comparada con la del sin el grupo) son factores importantes para la decisión si se debe instalar un grupo de reimpulsión.

Para esta decisión debe tenerse presente una comparación del costo relacionado con la producción, para las distancias cuyas curvas de resistencia tienen intersecciones con las características de la bomba, sin grupo auxiliar, así como las características de la instalación total de bombeo, es decir con el grupo auxiliar acoplado en serie. En esta comparación tienen un papel no sólo los gastos fijos y los del funcionamiento del equipo auxiliar de reimpulsión, sino también el mayor desgaste debido la producción incrementada en materias sólidas, conseguidas por unidad de tiempo con la misma distancia de impulsión, mediante la instalación de un grupo auxiliar.

Muchas veces la distancia de impulsión, más allá de la distancia máxima nominal de instalación, se ampliará tanto que la única posibilidad de conseguir una producción conveniente es la de instalar un grupo de reimpulsión (o algunos grupos):

GRUPOS DE REIMPULSION

Hay grupos de reimpulsión flotantes y terrestres. Los grupos flotantes pueden emplearse, según permita la situación en una tubería flotante así como en una terrestre. Es costumbre de instalar el grupo al final de la tubería flotante. El lugar del grupo en una tubería terrestre se determina según la necesidad que haya de atravesar canales, ríos, lagos, etc.

Muchas veces el grupo flotante es una draga estacionaria flotante transformada. Un grupo terrestre se compone las más de las veces de una

bomba con su motor de accionamiento, ambos montados sobre una cimentación tipo trineo, aunque grupos pequeños a veces son rodantes. Normalmente el grupo terrestre se protege de la intemperie con una caseta dotada de puertas y ventanas, etc. Algunas veces un grupo terrestre se emplea como flotante, después de situar la base de soporte (trineo) en un pontón de tamaño conveniente.

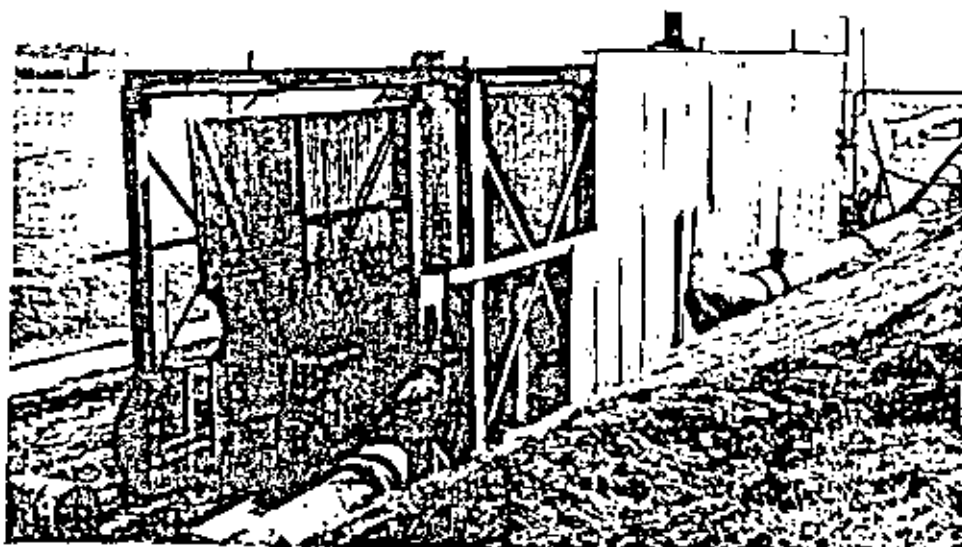


Figura 7-2
GRUPO
DE
REIMPULSION

TIPO PREFERIDO DEL GRUPO.

Supongamos una draga de succión, con un grupo de reimpulsión instalado en la tubería. Para establecer el tipo de grupo debe conocerse las características de la instalación de bombeo de la draga y cinco detalles importantes para conseguir la armonía del conjunto, es decir:

- 1) Las características de las bombas
- 2) Los acoplamientos a la tubería de succión y de impulsión
- 3) El paso de la bomba del grupo y el de la draga
- 4) El lugar del grupo en la tubería de impulsión
- 5) El gobierno del grupo de impulsión.

1, 2, 3) Una buena instalación de bombeo comprende algunas bombas equivalentes, tanto en su funcionamiento como en el paso, muchas veces una instalación se compone de bombas idénticas acopladas en serie. Si se debe instalar un grupo de reimpulsión su bomba casi siempre difiere de la bomba de la draga. Por ello será necesario adaptar el grupo a la bomba de la draga. Estas adaptaciones pueden imponer el uso de otro impulsor u otra bomba en el mismo grupo disponible.

4) Para que la última bomba no produzca una presión demasiado alta debe disponerse una distancia determinada entre la draga y el grupo final, limitándose la presión de entrada del grupo y así la presión de salida final.

De esta manera no es necesario emplear una bomba extraordinaria y otros equipos extraordinarios, como válvulas, tuberías flotantes y terrestres. Resulta que la resistencia o sea la distancia entre la draga y el grupo siempre debe tener un valor suficiente para realizar esta baja presión de entrada y la presión final conveniente.

Por otra parte debe evitarse que el grupo de reimpulsión se ponga a aspirar, teniendo muy baja la presión de entrada. Debe en lo posible evitarse golpes de agua con sus efectos perjudiciales al proceso de dragado.

5) Discontinuidades en la entrega de la mezcla al grupo de reimpulsión puede provocar vacíos. Este vacío da por resultado más aceleraciones en el transporte de la mezcla delante de la bomba del grupo, asimismo, con una mezcla considerablemente insuficiente se forman cavidades.

La mezcla transportada más allá de la bomba será frenada en la u

bería de descarga, luego de incrementarse la cantidad de mezcla aspirada, se producen delante del grupo de reimpulsión grandes aceleraciones de la mezcla; por consiguiente hay fuertes choques entre la masa transportada y en donde cojos, válvulas y en la misma bomba de reimpulsión.

Además de ello pueden producirse enormes golpes de agua en los encuentros del chorro acelerado, alcanzado y del chorro retrasado. Hasta en las maniobras de poner en marcha y de parar la instalación entera con agua se impone un proceso determinado de gobierno del grupo auxiliar para evitar golpes de agua.

Los efectos de los choques y golpes de agua pueden ocasionar la pérdida de una tubería de impulsión y una instalación de reimpulsión y además hay los perjuicios ocasionados por la mezcla derramada por las tuberías destrozadas.

Para evitar estas calamidades existen equipos convenientes con instrumentos de gobierno a bordo de la draga y en grupos de reimpulsión.

Sí deben instalarse algunos grupos de reimpulsión en una tubería, la cuestión en su colocación y gobierno es más complicada aún.

CARACTERÍSTICAS DE UNA INSTALACION DE BOMBEO DE UNA DRAGA CON UN GRUPO DE REIMPULSION.

Cuando un grupo de reimpulsión es colocado en el sistema de draga do nuevas curvas caracterfsticas son creadas.

Las nuevas curvas caracterfsticas para bombas en serie será la suma aritmética de la carga de cada bomba a gastos iguales. En la fig. 171 es

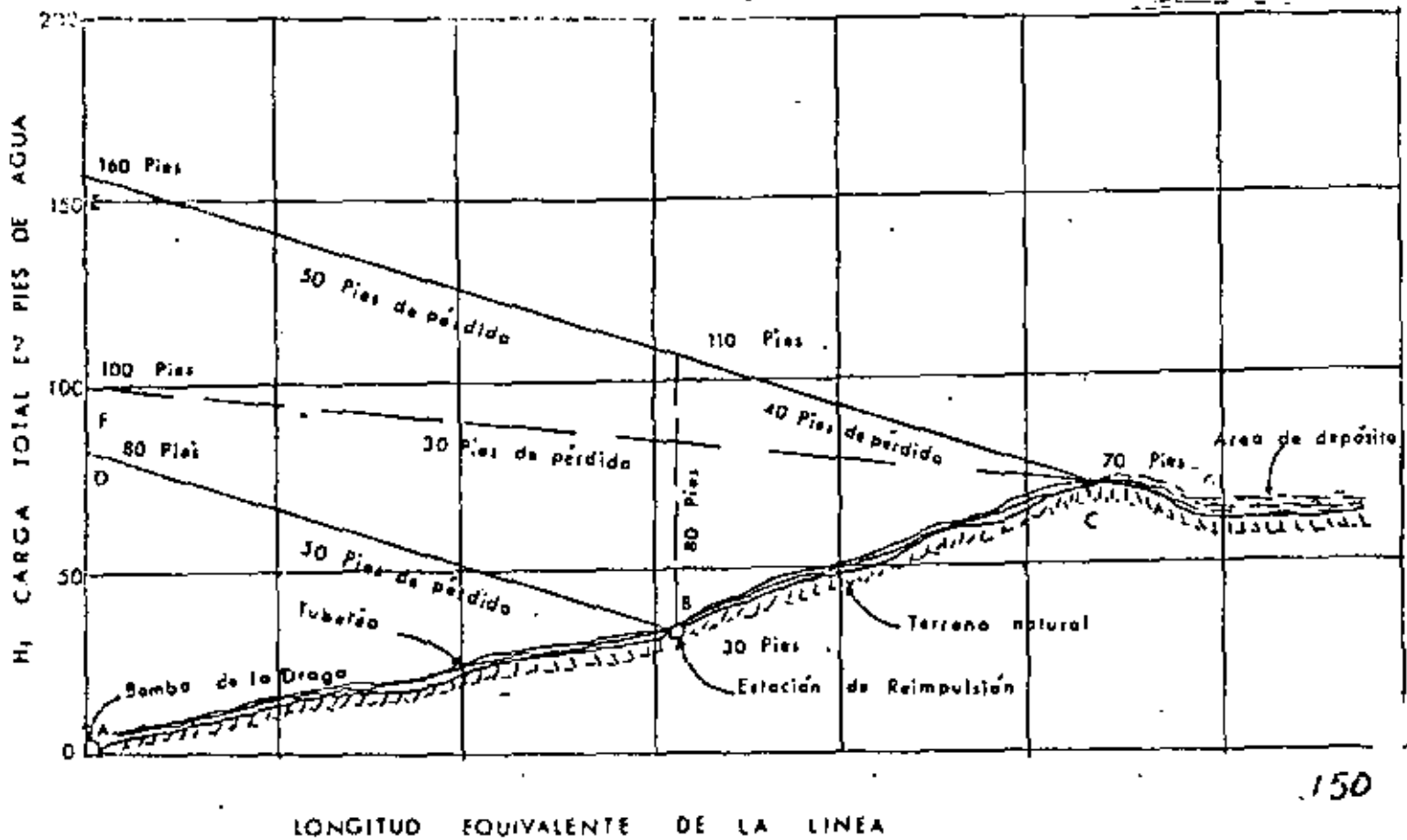
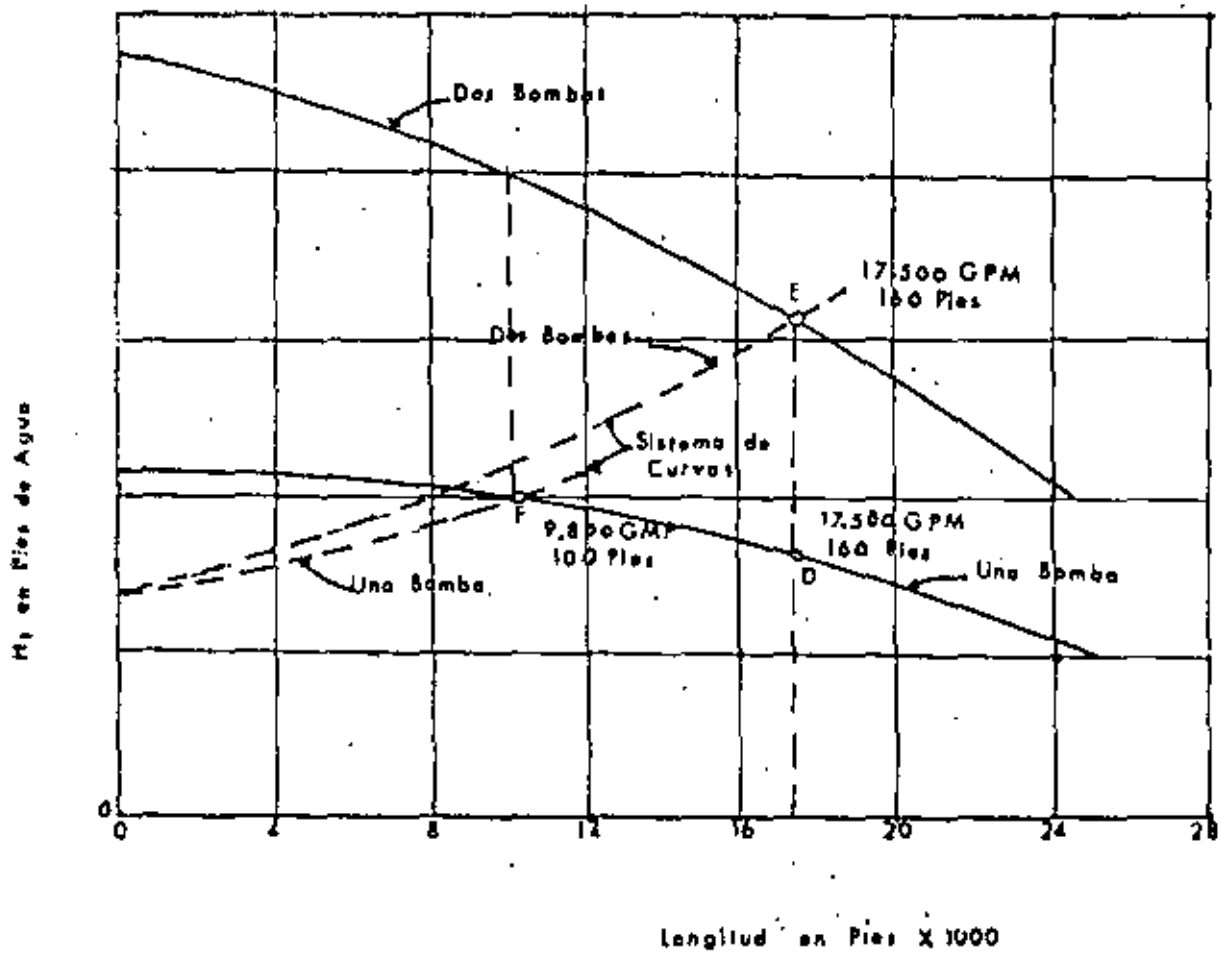
asumido que ambas bombas tienen características iguales.

Su combinación en serie es por lo tanto el doble que el de las características de una de ellas. Por ejemplo en el punto (D) en las curvas de una bomba la carga a 17 500 GPM es de 80 pies. Cuando ambas bombas están en serie, la carga a 17 500 GPM es de 160 pies, punto (E). Bombas con diferentes características pueden ser usadas también.

Sin el grupo de reimpulsión la bomba de la draga producirá 9 000 GPM a una carga de 100 pies (punto F), pero cuando se le añade un booster el gasto se incrementa a 17 500 GPM a 160 pies carga punto (E), con 2 bombas en línea, el gasto total de 17 500 GPM va a través de las dos bombas. Consecuentemente la carga en la bomba de la draga será de 80 pies (punto D), como la carga total es de 160 pies, la carga en el booster será también de 80 pies.

Otra forma de estudiar los efectos de la estación de reimpulsión es dibujando (trazando) el gradiente hidráulico del sistema. La variación de la presión a lo largo de la línea. La figura (172) nos muestra el gradiente hidráulico del ejemplo anterior. Como antes la carga requerida para depositar la mezcla en el área de trabajo es de 160 pies (punto E), esta carga comprende los 70 pies de carga estática de descarga y 90 pies de pérdidas en el sistema.

La bomba de la draga (punto A) produce como antes una carga diferencial de 80 - 30 pies de carga estática de descarga y 50 pies carga por pérdida. Suponiendo que la carga de succión en la draga de la bomba es de 15 -



pulgadas de Mercurio (17 pies), la carga de descarga de la bomba será de --
 $30 + 50 - 17 = 63$ pies. Con las cargas pérdidas de fricción de 50 pies -
 en la línea a el booster en el punto (B), una carga de succión de 13 pies será
 aplicada al booster.

La unidad de reimpulsión en el punto (B), debe producir una carga
 diferencial de 80 pies más 140 pies de carga estática y 40 pies de fricción, -
 con una carga positiva de 13 pies tendrá una presión en la descarga de - - -
 $40 + 40 + 13 = 93$ pies.

Colocando el booster cerca del área de depósito, la bomba de la - -
 draga requería producir más carga, debido a que se incrementan las pérdi- -
 das en la línea y la carga estática aumentaría.

Respectivamente la estación de reimpulsión tendría que producir -
 menos carga y de esa forma las demandas de cada bomba se nivelarían.

Con otras condiciones iguales, es usualmente preferible distribuir
 la carga en la forma más pareja posible entre las bombas, una causa es la de
 reducir la presión total en la línea.

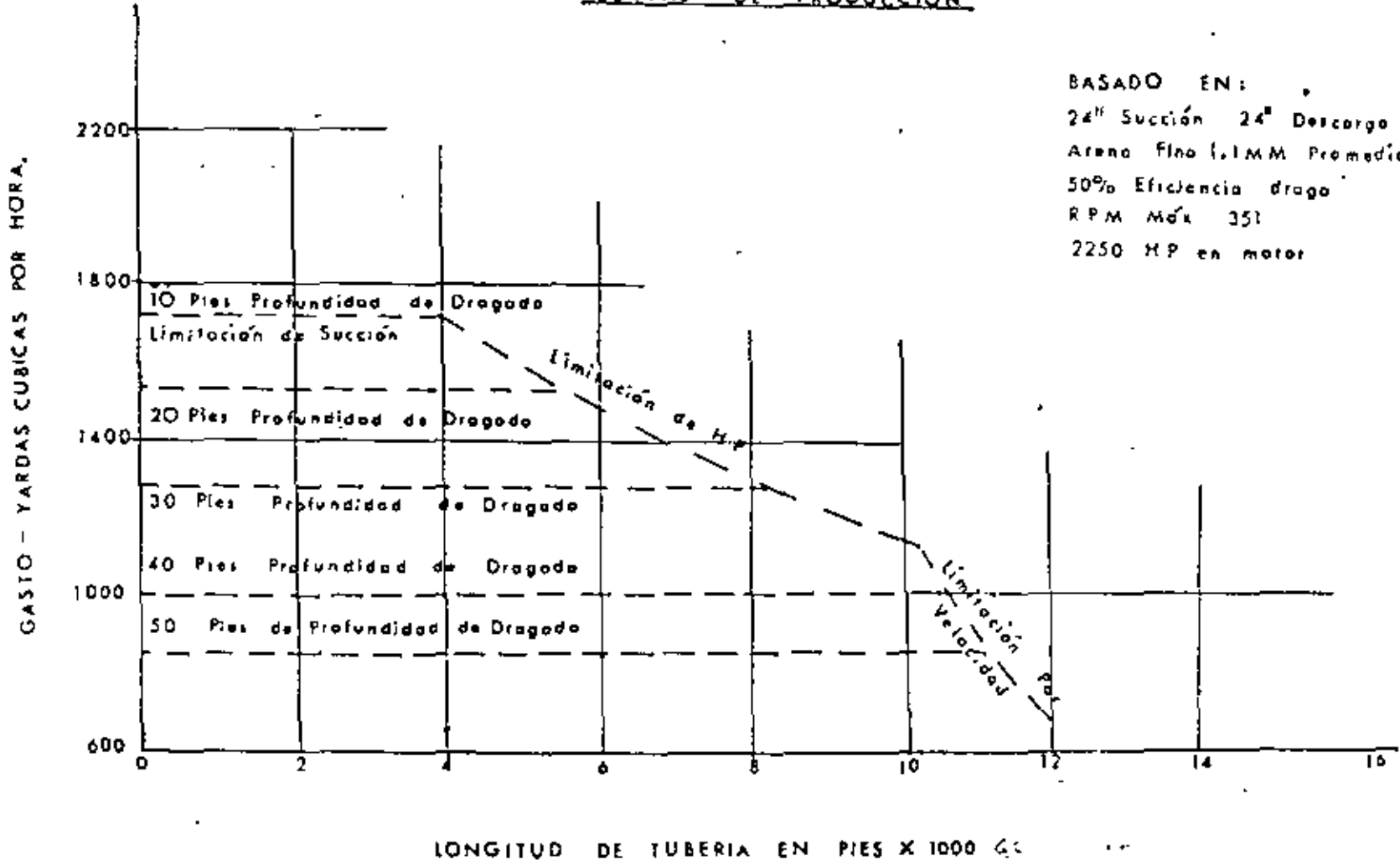
Cuando se usan bombas de distintas características la práctica más
 adecuada es la de distribuir la carga en forma proporcional de acuerdo a sus
 características.

Concluyendo, la producción estará limitada por:

- 1) Condiciones de succión (carga barométrica)
- 2) Potencia disponible en la bomba

- VII Producción de Limfoco
- 1- Condiciones de Succión
 - 2- HP disponibles en la bomba
 - 3- VS Velocidad de Succión

CURVAS DE PRODUCCION



BASADO EN:

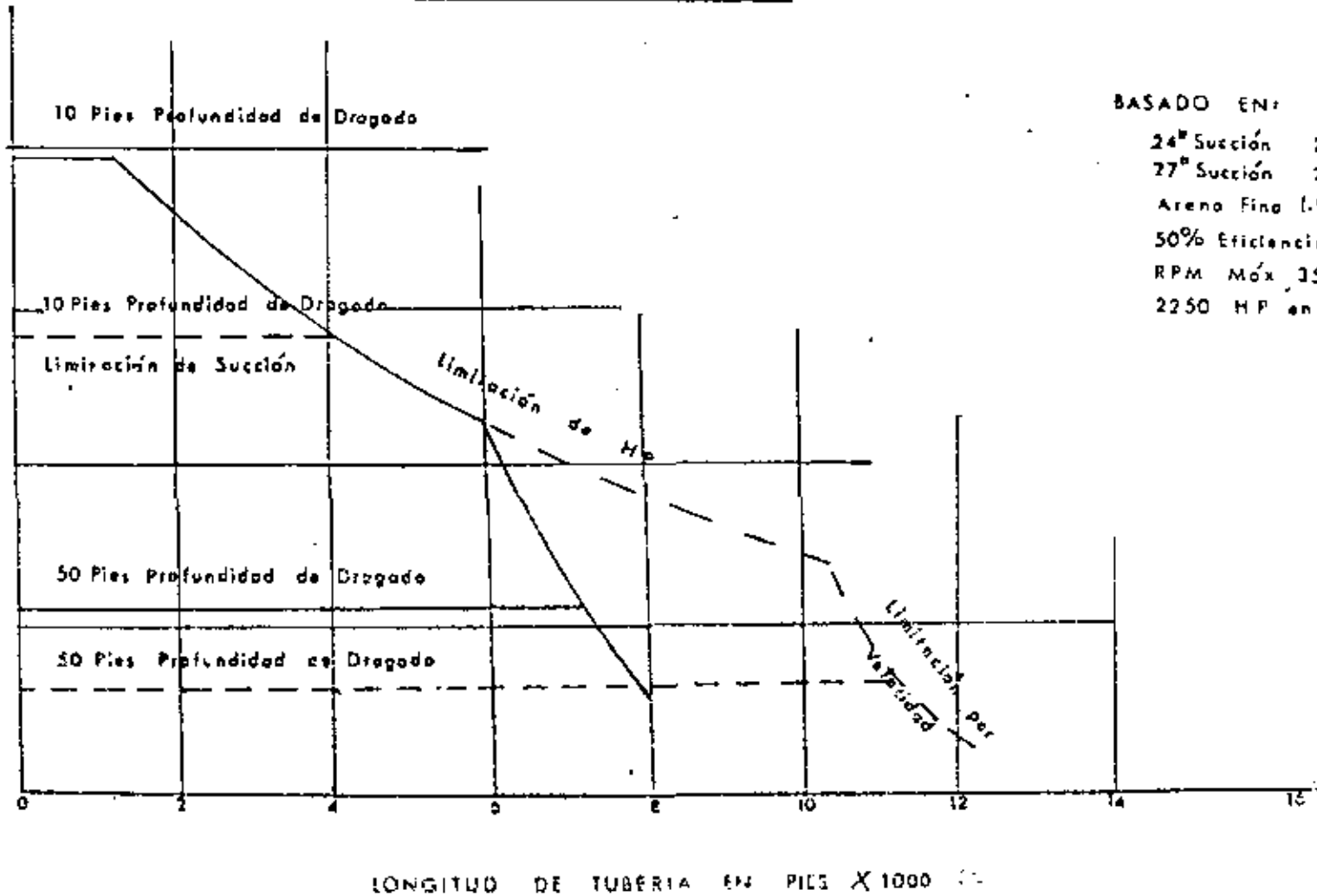
- 24" Succión 24" Descarga
- Arena Fina (1.1MM Promedio Diámetro)
- 50% Eficiencia draga
- RPM Máx 351
- 2250 HP en motor

Gráfica 7-A

PRODUCCION ES LIMITADA POR:

- (1) Condiciones de Succión
- (2) HP disponibles en la bomba
- (3) VS Velocidad de Succión

CURVAS DE PRODUCCION



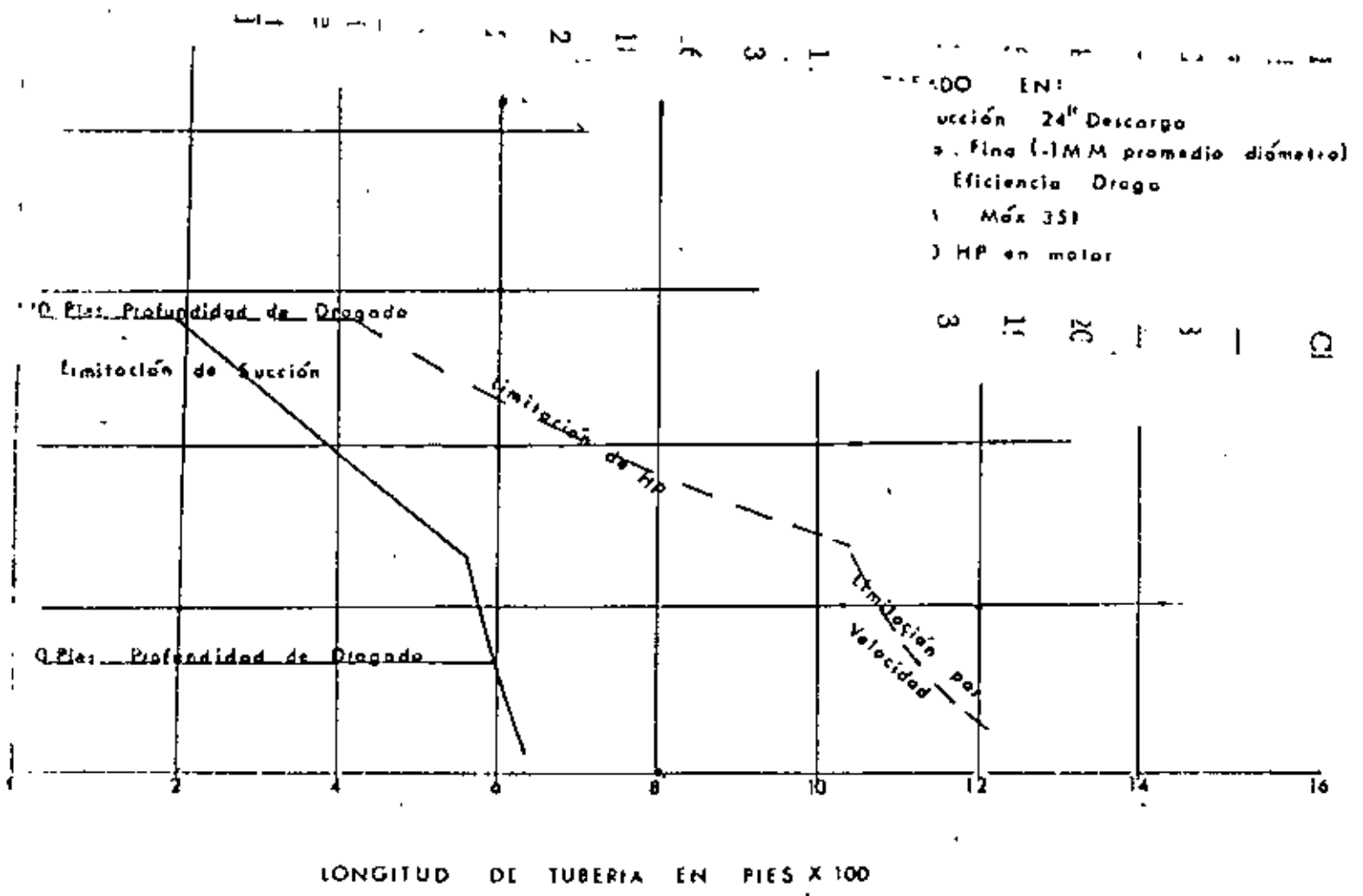
BASADO EN:
 24" Succión 24" Descarga
 27" Succión 24" Descarga
 Arena Fino (1MM Promedio Diámetro)
 50% Eficiencia Drega
 RPM Mox 351
 2250 HP en Motor

Gráfica 7-8

PRODUCCION ES LIMITADA POR:

- (1) Condiciones de Succión
- (2) HP disponibles en la bomba
- (3) Velocidad de Succión

CURVAS DE PRODUCCION

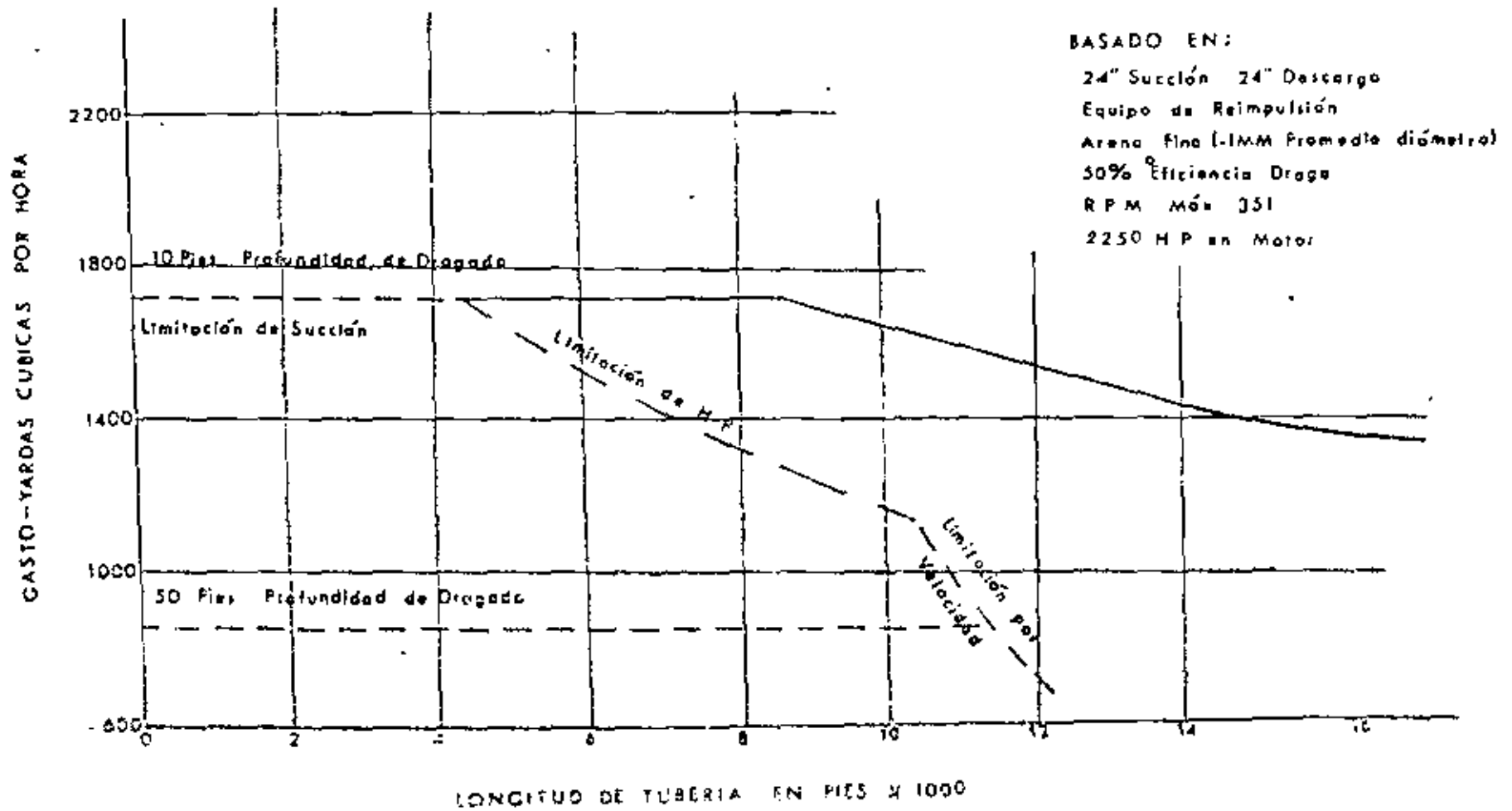


Gráfica 7-C

VII PRODUCCION ES LIMITADA POR:

- (1) Condiciones de Succión
- (2) HP disponibles en la bomba
- (3) V S Velocidad de Succión

CURVAS DE PRODUCCION

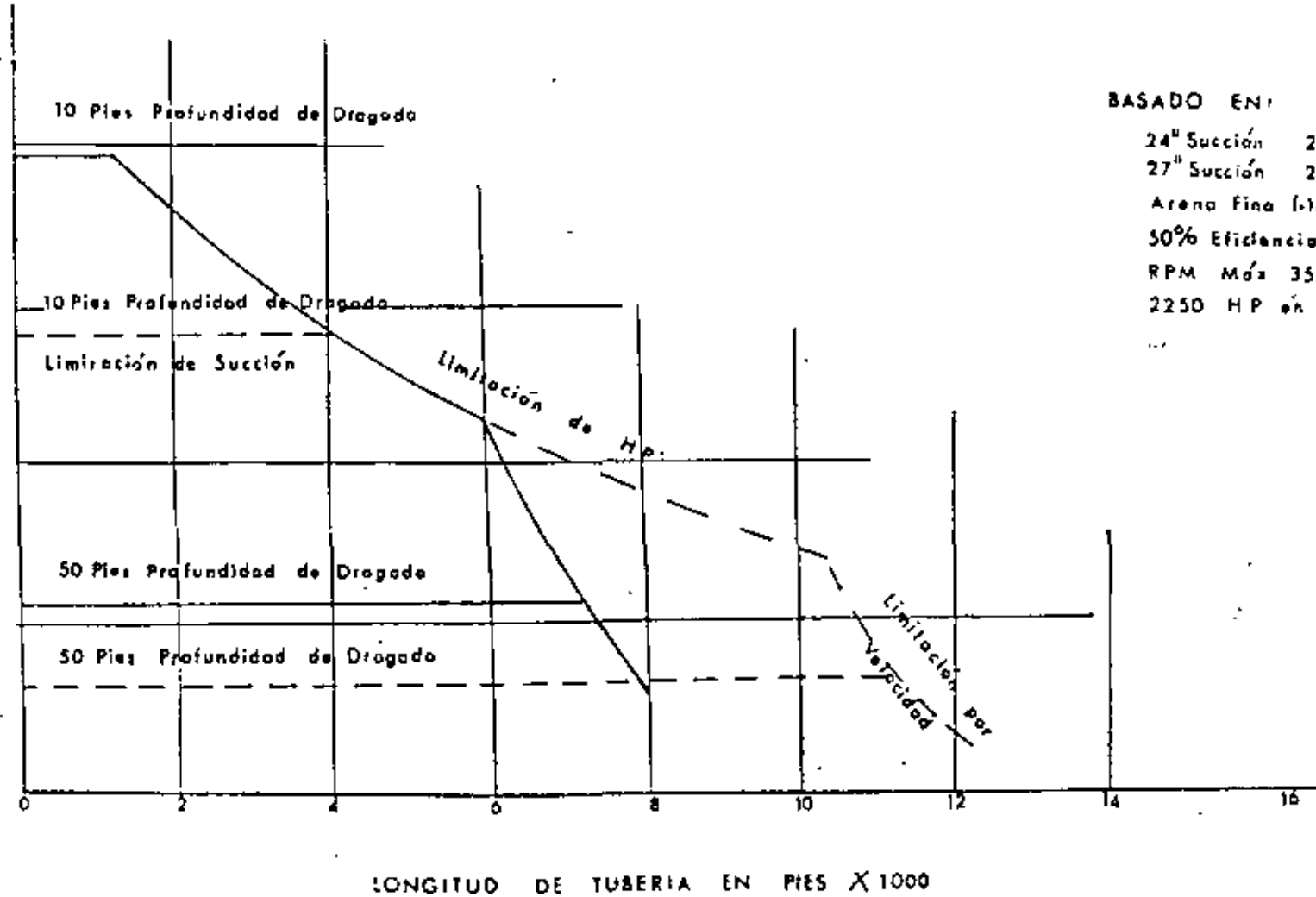


Gráfica 7-D

PRODUCCION ES LIMITADA POR:

- (1) Condiciones de Succión
- (2) HP disponibles en la bomba
- (3) V.S. Velocidad de Succión

CURVAS DE PRODUCCION



BASADO EN:

- 24" Succión 24" Descarga
- 27" Succión 24" Descarga
- Arena Fina (1.1MM Promedio Diám)
- 50% Eficiencia Droga
- RPM Máx 351
- 2250 HP en Motor

Gráfica 7-E

3) Velocidad de la mezcla en la succión.

A continuación presentaremos una gráfica típica de producción la cual muestra los efectos de limitación impuestos por las condiciones de succión (línea horizontal) los HP de la bomba (líneas inclinadas) y velocidad de transporte (curva punteada) Gráfica 7A.

Veamos los efectos de incrementar el diámetro de succión (Gráfica 7B), como se puede ver la producción se incrementa para una línea corta en proporción al área de la línea de succión (Principio No. 5) pero tenemos limitación de cabalaje para bombear lejos. Gráfica 7B.

Ahora usemos una línea de descarga de 20" \varnothing en lugar de 24". La producción máxima es la misma, pero desde que las pérdidas por fricción varía de acuerdo a d^5 (William y Hazen) no puede $d^5 =$ diámetro de descarga. Gráfica 7C.

Supongamos que añadimos una estación de rebombeo (Gráfica No. 7D). La máxima producción se mantiene igual, pero la distancia de bombeo es esencialmente el doble desde que los HP son el doble (6a. Ley de Dragado).

Consideramos que le añadimos una bomba en la escala para atacar las limitaciones de succión. No sólo a la profundidad de dragado a 3 m (10') la producción se incrementa, pero a la profundidad de dragado a 50' es más del doble. Si se necesita dragar a 33 m. (100') el gasto se cuadruplicaría dando una producción equivalente a 3 dragas con una inversión de 5% y sin tener 3 tripulaciones más para operar las dragas. Se pueden añadir estaciones de bombeo si se requiere. Gráfica (7E).

CAPITULO VIII

SELECCION DEL EQUIPO DE DRAGADO

58 a.

SELECCION DEL EQUIPO DE DRAGADO.

El metodo de selección de una draga hidraulica de succión con cortador lo veremos a través del desarrollo de un ejemplo.

1º Tipo de Trabajo

Dragado de construcción del Puerto de abastecimiento de plataformas marina.

2º Situación geográfica de la Obra.

En la Atalaya Campeche.

3º Volumen a dragar y tiempo requerido para terminar el trabajo.

Vol. = 4 millones m³

Tiempo = 10 meses

4º Condiciones del dragado.

a) Espesor del corte 10 m.

b) Profundidad de dragado-14 NMBMS

c) Fondo del corte - 4 m NMBMS

d) Longitud mínima de tiro 500 M

e) Longitud máxima de tiro 1500 M

f) Elevación sobre el nivel del agua de la zona de descarga + 4 m.

5º El material a dragarse en el proyecto constituya una mezcla de los siguientes materiales.

Limo 20%

Arena fina 70%

Conchella 10%

6) Condiciones que prevalecerán durante la operación normal de la draga.

Mar calmado
Olas hasta 1 m. de altura

7) Condiciones de la draga -?

tripulación con experiencia
sin experiencia

Solución.

$$\text{Rendimiento requerido por mes} = \frac{4'000,000}{10} = 400,000 \text{ m}^3/$$

$$\text{Rendimiento por día por mes} = \frac{400,000}{25} = 16,000 \text{ m}^3/$$

$$\text{Rendimiento por hr. efectiva} = \frac{16,000}{20} = 800 \text{ m}^3$$

$$\text{Rendimiento por hr. bombeo} = \frac{16,000}{16} = 1000 \text{ m}^3/$$

Consideramos una concentración promedio del % de pico del 12%

Se requiere un Q/hr = 8333 m³

Consideremos una velocidad de descarga para este tipo de material de 6 m/seg.

$$Q = V_c \times A$$

$$A = \frac{Q}{V_c} = \frac{8333 \text{ m}^3/\text{hr}}{6\text{m/hr} \times 3600} = .385 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{385 \times 4}{3.14}} = 70 \text{ cm. } 30''$$

1a. Alternativa

Utilizar una draga de alto rendimiento (36"Ø X 30"Ø)

2ª Alternativa.

Utilizar dos dragas de menor capacidad deseada y que nos den el rendimiento.

1º Determinar HP requerido en la bomba.

$$HP = \frac{Q \cdot H}{\eta \cdot 75}$$

$$HP = \frac{1.18 \times 2300 \times 100}{.60 \times 75}$$

$$Sg = (sm - Saw) \% SGW$$
$$= (2.3 - 1.03) .12 + 1.03$$
$$\underline{1.1824}$$

$$HP = 6043.37$$

La draga disponible tiene 8000 HP en la bomba ∴ es correcta.

2º Analizar las diferentes condiciones hidráulicas. Forma BMCH3

3º Selección del equipo auxiliar.
El equipo mínimo sera:

- Tubería de 30" Ø
- Juntas de bola
- swivel
- flotadores
- válvula "Y"
- Bote de trabajo
- Cabria

4º Plan y programa de trabajo.

- Tractores
- Retroexcavadora
- Camiones
- Cargadores
- Rol tripulaciones
- Supervisión
- Taller
- Almacén
- Formas de control
- dep. de topografía

VARIABLES

Gravedad específica de los sólidos	sto 01	2.4				
Gravedad específica del agua	sto 02	1.03				
Porcentaje de sólidos en la mezcla	sto 03	0.12	20	20	15	15
U.S. Galones por minuto	sto 04	36500	40000	36500		24000
% Tiempo efectivo del dragado	sto 05	0.60		.66		.60
Eficiencia de la bomba	sto 06	0.60				
Ø Interior descarga	sto 07	29				23
Ø Interior succión	sto 08	34				26
HP Continuos en la bomba dragadora	sto 09	8000				
Altitud sobre el nivel del mar	sto 10	1				
Longitud de la Succión (bomba o cortador)	sto 11	80				
Profundidad de dragado	sto 12	43				
Carga estática de la descarga	sto 13	12				
Factor de material (ver nota)	sto 14	0.95				
Número de ball joints	sto 15	25				
Número de codos (contar cuello de ganzo c/4)	sto 16	6				
Carga estática de la bomba	sto 17	1				

NIVELES

A	m ³ de sólido Producción neta	RCL 22	597	1091	1095	821	490
B	Y ³ de sólidos Producción neta	RCL 24	780				641
C	Velocidad de descarga	RCL 25	17.72	19.42			18.5
D	Velocidad de Succión	RCL 26	12.89	14.13			14.0
E	Carga dinámica total disponible	RCL 27	434	362			229
A'	Deducciones de TDHA	RCL 45	40	49			39
B'	Descarga máxima en Pies	RCL 34	13567.6	8217			4595
C'	Descarga máxima en metros	RCL 35	4136	2505			1401
D'	Pérdidas totales de succión	RCL 36	2.45	17.3			15.58
	Gravedad específica de la mezcla	RCL 20	1.19				1.24
	M ³ de sólidos producción bruta	RCL 21	945.67				818
	Yd ³ de sólidos producción bruta	RCL 23					1069
	V2/2g de succión	RCL 28	3.				2.5
	V2/2g de descarga	RCL 29					4.04
	Pérdidas de fricción por c/100	RCL 30	29				4.15
	Pérdidas de fricción por la succión	RCL 31					2.72
	Deducción de Altitud	RCL 32					
	Factor de profundidad	RCL 33	1.10				3.30

U T A : Factores de Materiales.

Para: lomo rino, fango, curba	Usar	0.93
Para: lodos, arena fina, arulla blanda	"	0.95
Para: arena mediana o fango y arulla mezclada	"	0.98
Para: arulla dura, arena (mediana, gruesa) o grava	"	1.05
Para: coral o conchusita	"	1.12
Para: grava gruesa	"	1.15

SG. Sigerida x sólidos

	2.3
	2.4
	2.50
	2.60
	2.70
	2.80

CONCLUSIONES

El dragado es una actividad mundial y así vemos que en todos los países existen actualmente más de 1 000 organizaciones propietarias de dragas, empleando más de 6 000 dragas y con poco más de 400 000 personas.

Durante los últimos 5 años ha habido inversiones por más de 10 billones de dólares en todo el mundo.

En nuestro país, desde 1893 que fue cuando se realizaron uno de los primeros dragados en México, esta actividad se ha ido incrementando cada día y a últimas fechas se han llevado grandes proyectos de dragado en la formación de nuevos puertos industriales como Lázaro Cárdenas, pesqueros como Puerto Peñasco y San Felipe, petroleros como en la Laguna de Pajaritos.

Se están ganando nuevas zonas al mar con productos procedentes del dragado, se están excavando nuevos canales para la navegación y para llevar agua para riego, se están dragando en lagunas litorales para mejorar la

pesca aumentando el calado en los distintos puertos para permitir la entrada de barcos de mayor tonelaje.

Como se puede ver el dragado es una actividad muy importante y que como se mencionó anteriormente la finalidad de una draga es la de producir, es decir obtener la máxima cantidad de m^3 de material por hora, bajar los costos, incrementar la eficiencia y por lo tanto bajar los tiempos muertos, además de evitar la contaminación de las aguas para no alternar la ecología marina como terrestre. Pero para lograrlo hay que estar organizado y preparado para ese fin.

Tanto la iniciativa privada como el sector público deben de perseguir el mismo fin que es el de producir a la máxima capacidad con el costo más bajo.

En el caso del sector público no importa que lo preste como un servicio, sino que este debe ser un servicio eficiente y a bajo costo.

Desgraciadamente nos encontramos que el personal para operar las dragas es poco preparado como lo mencionamos anteriormente; los superintendentes no están al día en las técnicas de dragado o muchas veces no conocen ni los principios elementales de esta especialidad, y las organizaciones no están preparadas para funcionar con eficiencia.

Como se ha comentado al principio de este trabajo, hay 3 esferas principales en el dragado:

- 1.- Operacional
- 2.- Administrativa

3.- Técnica

Se desarrolla la esfera técnica. Se trató esta última mencionando los principios básicos del dragado que se deben conocer para poder entender los problemas que se presenten al desarrollar esta actividad o al controlarla.

Las otras dos esferas deben de conocerse al igual que la primera.

De las otras dos esferas comenté brevemente la importancia de una operación eficiente y la incidencia de ésta en la producción.

Por último considero que es muy importante mencionar a grandes rasgos el criterio para cobrar por un trabajo de dragado.

Existen cuatro criterios para cobrar por un trabajo de dragado:

- 1.- Por renta horaria
- 2.- Por precio unitario
- 3.- Por administración
- 4.- A precio alzado

Primeramente voy a plantear el criterio utilizado para determinar la renta horaria de la draga.

- 1.- Cargas fijas.

$$a) \text{ Depreciación} = \frac{\text{Valor de adquisición}}{16\ 200 \text{ hrs. efec.}}$$

En donde las 16 200 horas efectivas de vida se considerará para trabajos en arenas medianas, arcillas, limos.

En caso de trabajar en suelos duros esta condición cambia completamente, por lo que hay que basarse a la experiencia, por ejemplo en el tra-

bajo de dragado en Puerto Peñasco, Son. la vida de la draga antes de hacerle un overhall completo fue de 14 000 hrs. efectivas.

b).- Por reparaciones mayores y mantenimiento se considera el 12% anual del valor del equipo trabajando 3 turnos en 9 meses al año con 300 hrs. efectivas en el mes, o sea un 50% de eficiencia, lo que nos da 2 700 hrs. anuales.

El 50% de eficiencia se tomó en base a la experiencia obtenida en 5 años de trabajar con dragas hidráulicas de succión de cortador con 20" descarga. Lo más indicado es determinar la eficiencia de la draga de acuerdo al tipo de trabajo.

Hay trabajos en que se tiene una eficiencia del 60% como otros del 40%.

c).- Por intereses, seguros y almacenaje, el porcentaje total varía entre 15 y 18%.

Línea de descarga.

2.- Tubería.- Se desgasta totalmente en 4 000 hrs. efectivas de dragado con un rendimiento de $250 \text{ m}^3/\text{hr.}$ si es arena con limo o arcilla.

3.- Flotadores.- Tienen una vida de 10 800 hr. efectivas de dragado.

4.- Conexiones de bola (balldons).- Tienen una duración de 12 000 hrs. efectivas si el material es arena fina con limo o arcilla.

Operación.

a) Consumo de: Diesel $0.18 \times \text{hp} \times 1 - 1 \times \text{Precio D}$

grasas, aceites, etc. 12% del valor del combustible miscela-
-neas, cables, cuchillos.

elementos de desgaste menor 20% del valor del combustible.

b) Mano de Obra*

	Cantidad
Capitán de la draga	1
Dragador	1
Maquinista	1
Ayudante de maquinista	1
Marineros	6
Peones	8
Cabo	1

*Para draga hidráulica.

6. - Equipo auxiliar.

Remolcador cisterna. Horas trabajadas efectivas 1 800 hrs.

consumos menos criterio y la draga

Operación

	Cantidad
Patrón del remolcador	1
Ayudante de operador	1

Lancha motor fuera de borda horas efectivas por año 1 800.

Enumeré el criterio general para determinar la renta horaria de la

draga, pero para definir el P.U. por m^3 , es necesario determinar el rendimiento de la draga, la forma de obtenerlo fue tratado en esta tesis.

Usualmente se trabaja en México por Precio Unitario y por Administración. El primer caso se usa cuando se cuenta con la información suficiente para determinar las horas efectivas de trabajo y la producción esperada. El segundo caso se utiliza cuando no se cuenta con un proyecto definido o en el caso de dragado de zanjas y aproches para cruzamiento subacuático de oleoductos y gasoductos.

El sistema de renta horaria se usa cuando se renta la draga a otra empresa para que ésta la utilice en un trabajo determinado y el control de la obra corre por cuenta de la empresa que renta.

Por último el cobro a precio alzado es el menos usual pero se ha usado sobre todo en el extranjero en cruces de ríos y tendidos de tubería subacuática.

Por último diré que existen dos corrientes en la industria del dragado en lo que respecta a su definición y son:

a).- La primera la define como una ciencia porque se puede llegar a tener un conocimiento exacto y razonado de los fenómenos que se presentan en el dragado.

b).- La segunda corriente lo define como un arte debido a que se conoce el método y las reglas generales para ejecutar el trabajo y que éste al ser distinto en cada proyecto se tiene que utilizar y crear un nuevo procedimiento de construcción basado éste en la experiencia y la técnica adquirida

con el tiempo en la ejecución de trabajos similares.

La primera definición no es válida porque solo en un laboratorio se pueden simular las distintas condiciones del trabajo y determinar el método para resolverlas, pero la realidad es otra porque como lo mencioné en el capítulo IV no existe un método confiable para determinar la dragabilidad del material y por otro lado las condiciones climatológicas no son controlables y que el dragado se sigue basando en la experiencia.

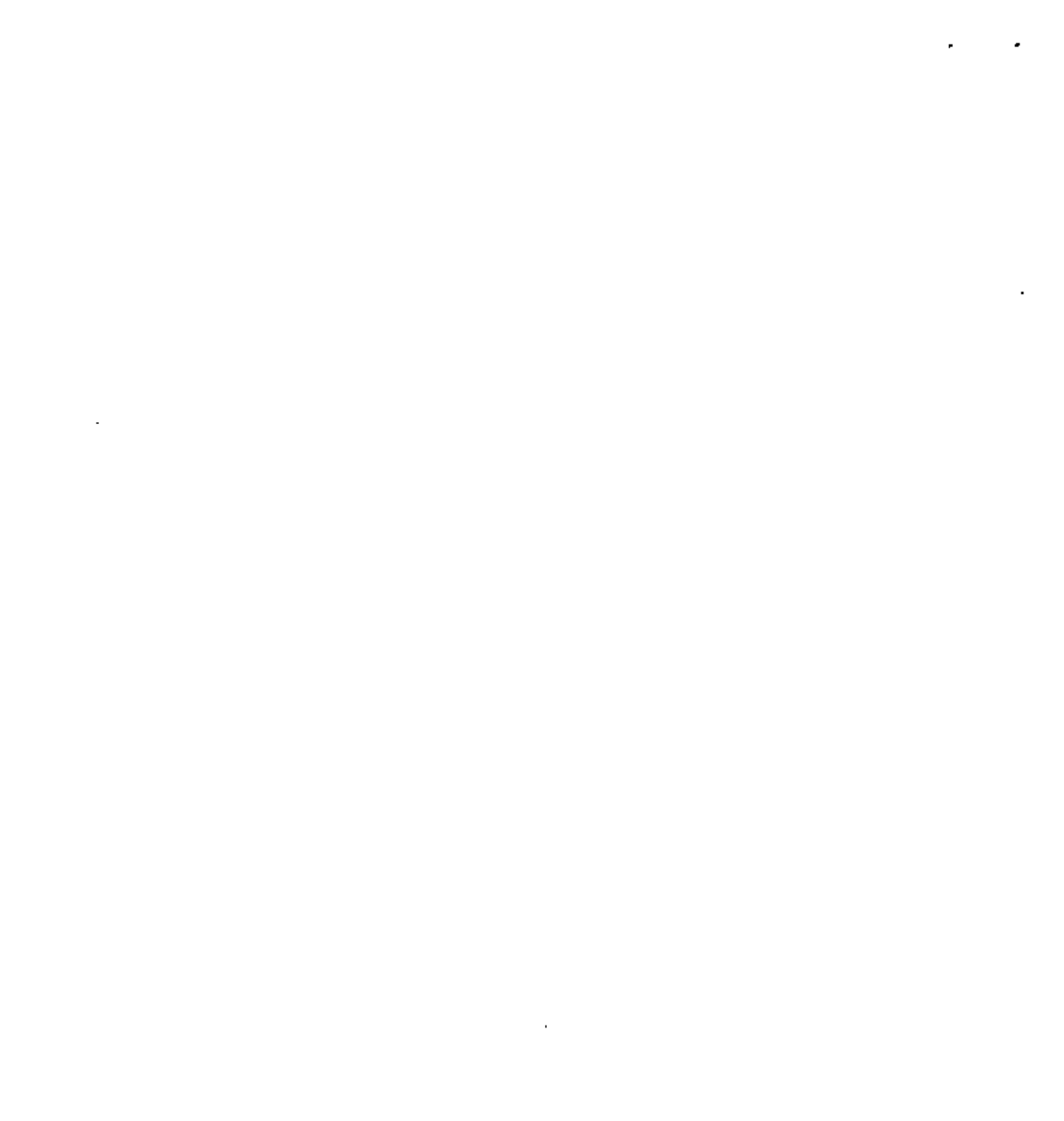
La segunda definición se acerca más a la realidad, pero aunque nos basemos principalmente en la experiencia no hay que olvidar que esta actividad se está tecnificando cada día más y que se están desarrollando costosas y valiosas investigaciones en las distintas áreas que forman el dragado y que son principalmente:

- estudios del comportamiento de la mezcla en la tubería.
- estudios de nuevos métodos para determinar la dragabilidad del suelo.
- estudios de bombas para dragado
- nuevos diseños de dragas
- estudios de la contaminación provocada por el material producto del dragado.

Esto nos muestra que un arte aprendido en el trabajo actualmente es una profesión que abarca a muchas disciplinas como la económica, hidráulica, automatización, mecánica de suelos, biología, etc. y hay que añadir que la administración, la una de sistemas y la política influyen en el trabajo

de la industria del dragado.

Actualmente en México nos encontramos que el dragado sigue siendo un arte y muchas veces ni eso por la falta de entendimiento de la actividad. Debemos de aprovechar la investigación que se está llevando en Holanda, E. U., Bélgica, y Alemania; principalmente para aplicar, tecnificar esta actividad. Nos queda un gran camino por andar, es la intención de esta tesis ayudar a dar el primer paso, entendiendo en que consiste el dragado.









centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

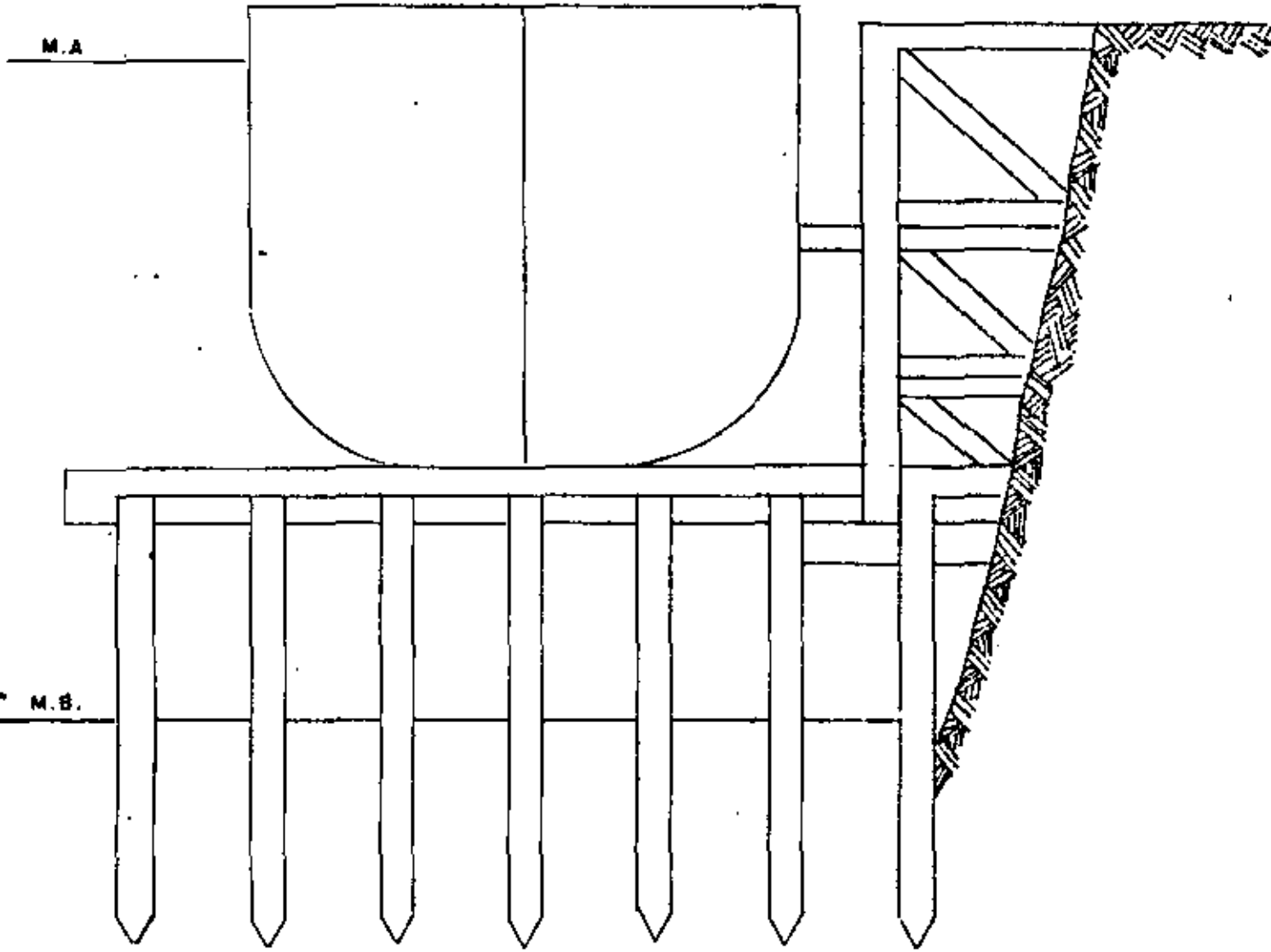
FIGURAS ANEXAS

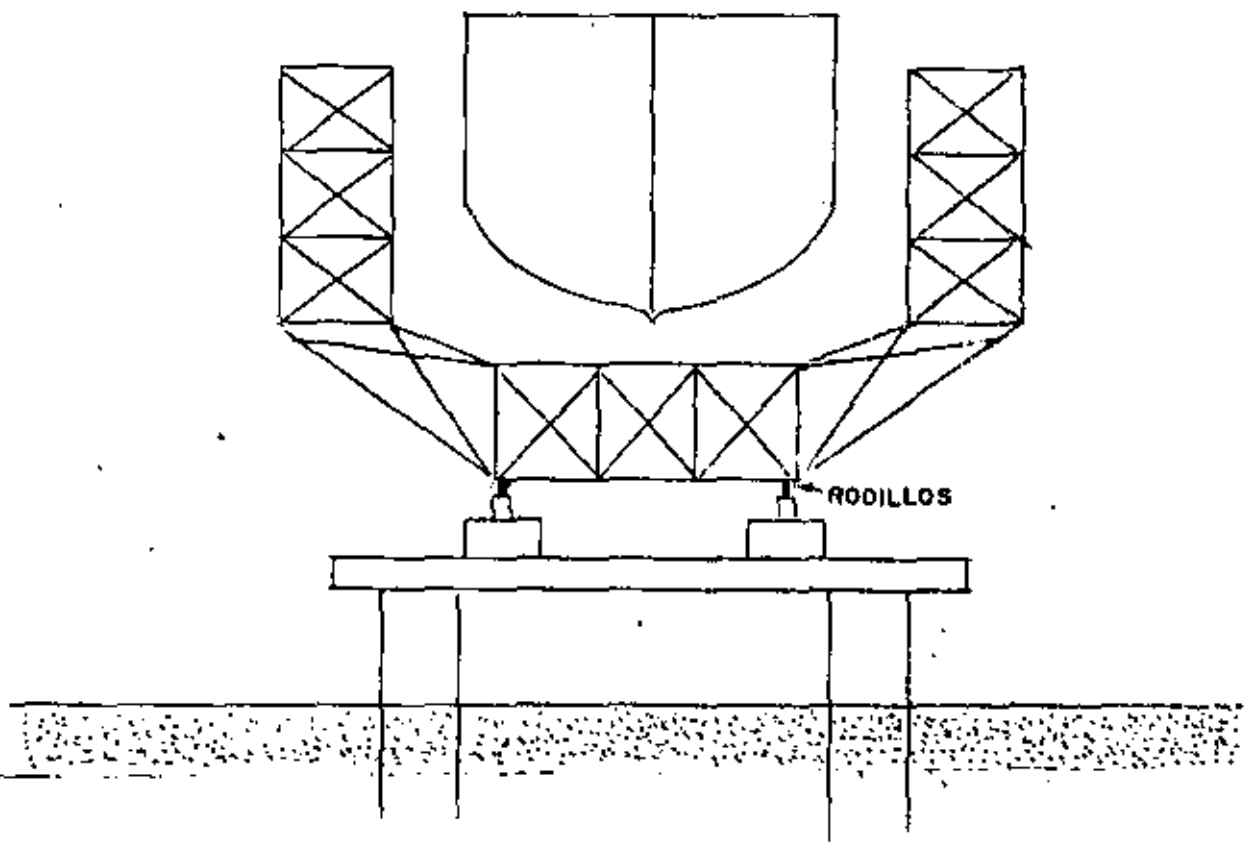
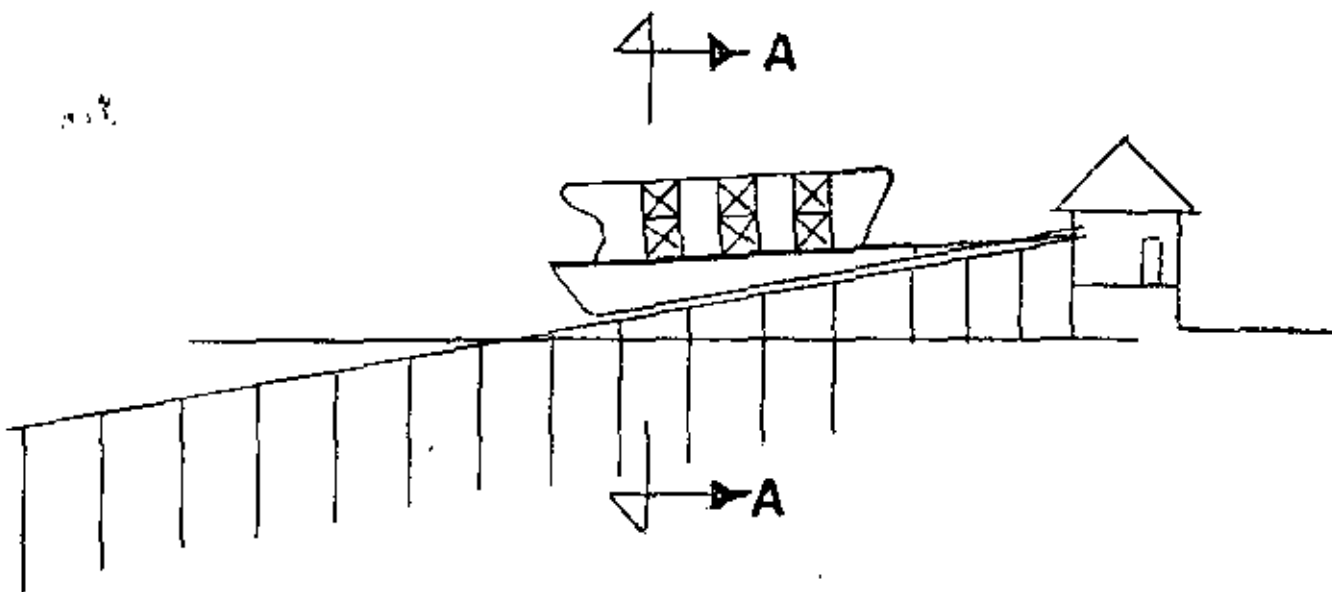
DIQUES, SECOS Y VARADEROS

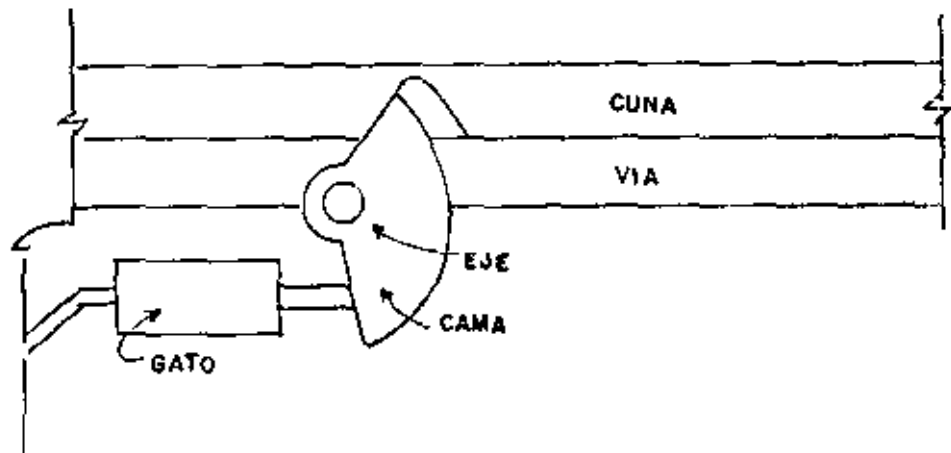
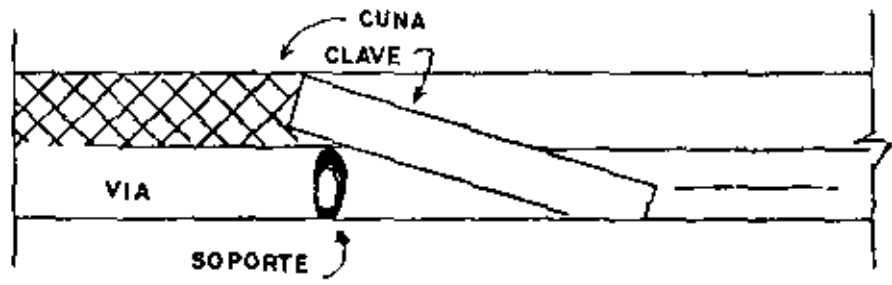
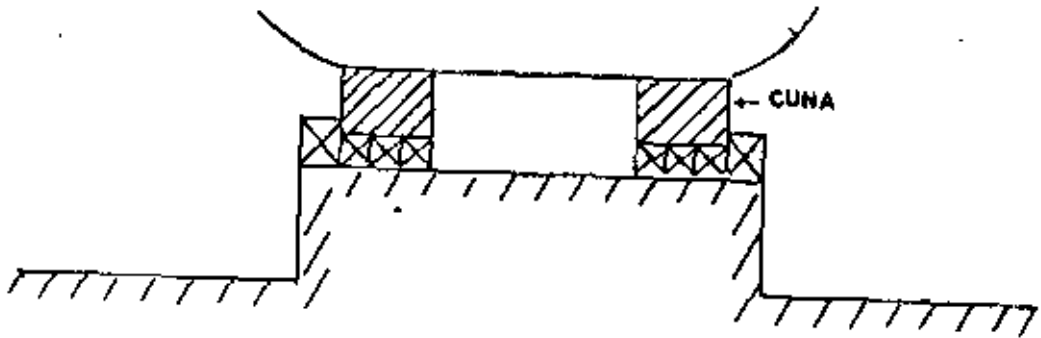
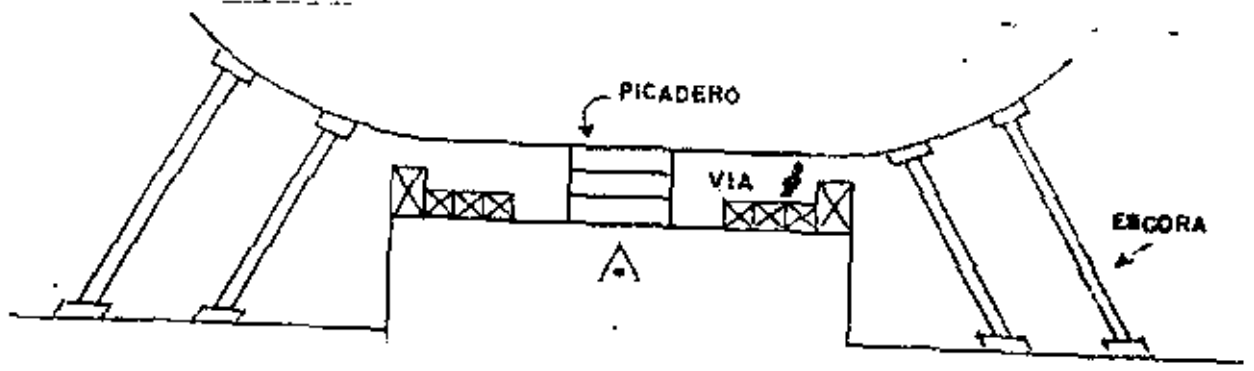
ING. MANUEL REPETTO CASANOVA

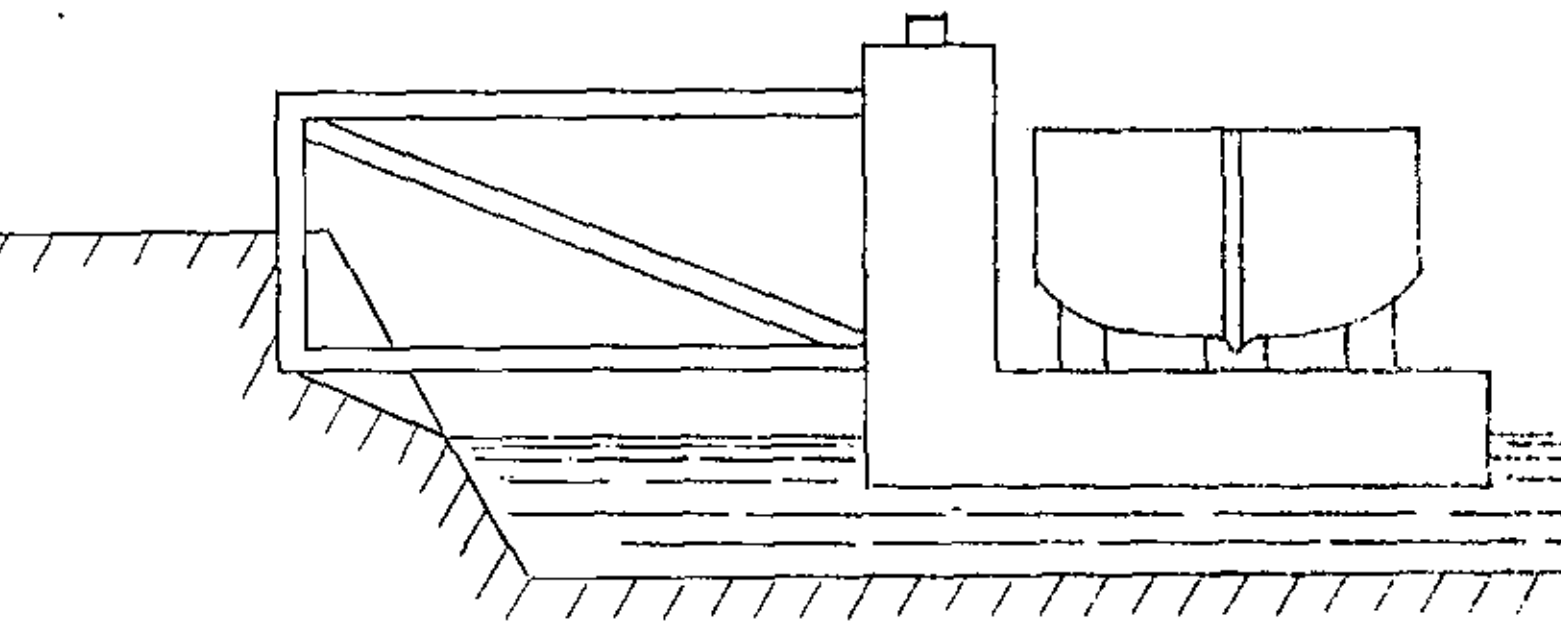
OCTUBRE 1979

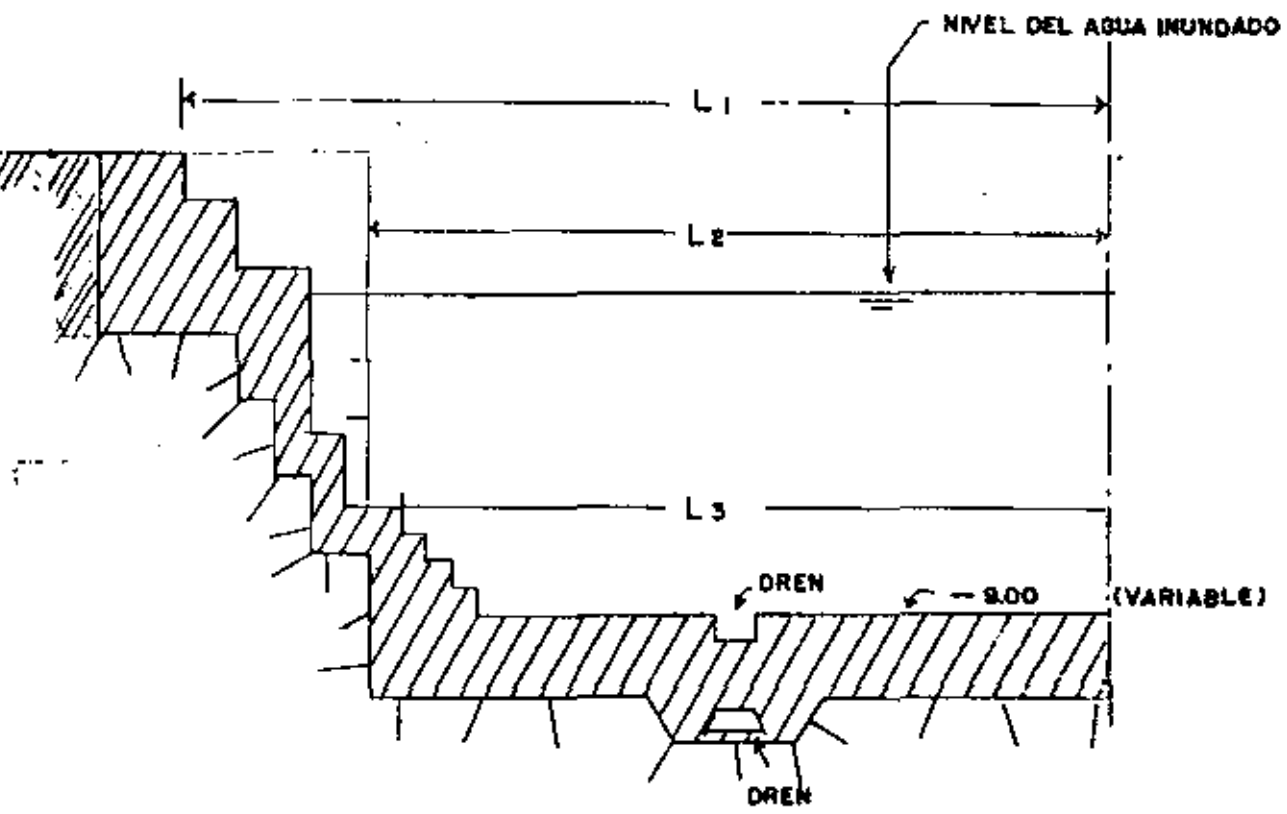


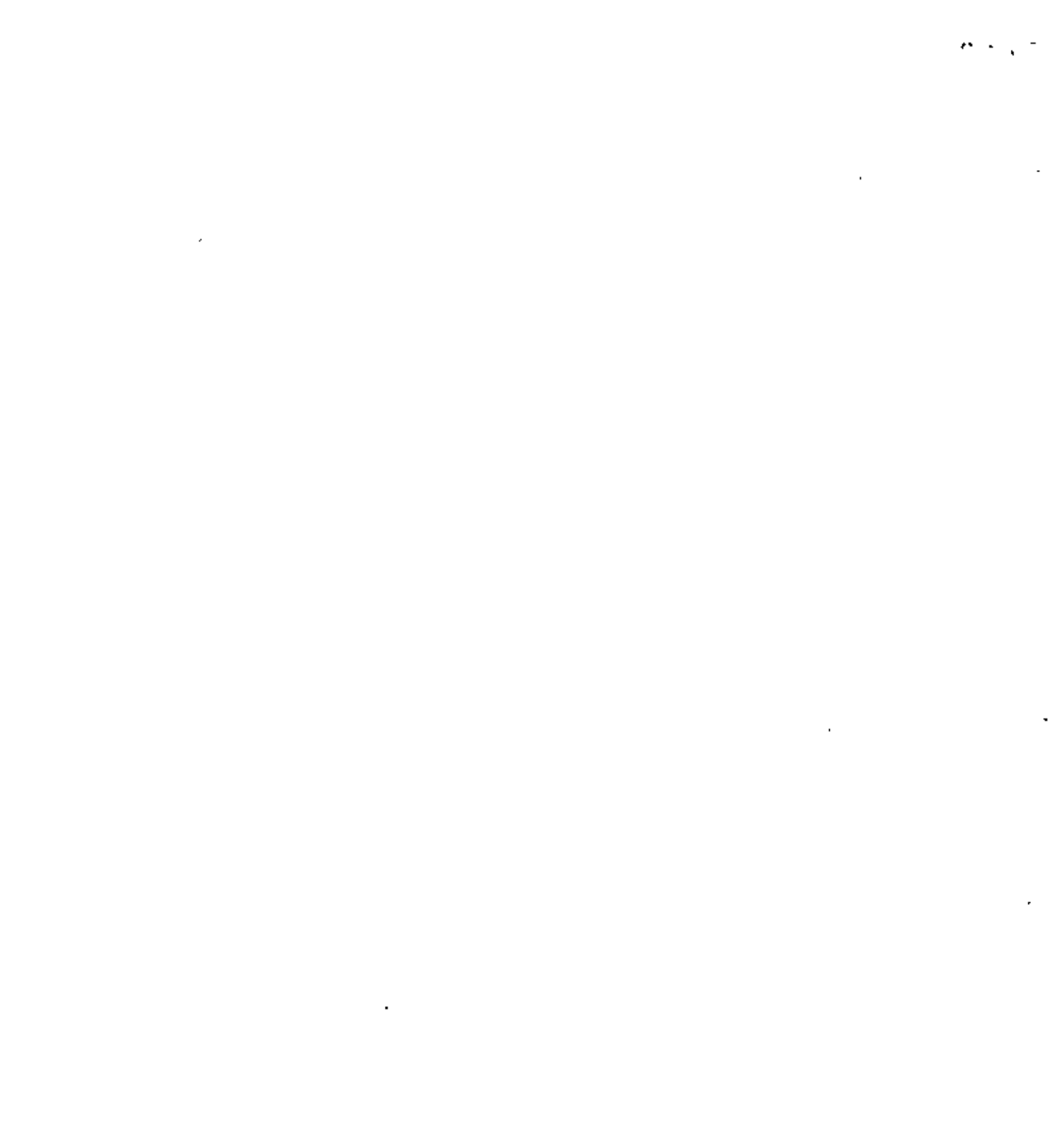














centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

MUELLES PETROLEROS

ING. ARTURO RUILOBA DE LEON

OCTUBRE, 1979.



Introducción.

El presente trabajo no pretende ser, sino una pequeña - contribución, para ser de éste curso; de "Construcción Marítima y Portuaria" Obtener todo el éxito que se pretende.

A todos nos consta como esa maravillosa Profesión, que se llama "Ingeniería Civil", ha ido creciendo a pasos agigantados hasta llegar a ser hoy en día, una de las más importantes - para el desenvolvimiento económico de nuestra Patria.

La Ingeniería Civil por lo extenso de sus Programas de Estudio y lo variado de Materias de Especialización, con que cuenta, hacen del Profesionista un Técnico con amplio futuro; -- que pueda participar hoy en día cualquier Empresa de índole, ya sea Oficial ó Privada.

Es mi deseo que los beneficios que se obtengan de éste Curso, redunden en favor de nuestros Profesionistas, ya que --- ello les dará mayor preparación técnica, que será aplicada de - muy diferentes maneras; según las diversas ocupaciones de ustedes; pero siempre en favor de una Meta en Común: "Nuestra Patria".

Porque el Curso que en materia de "Construcción Marítima y Portuaria" sirvan de ejemplo, para que la Juventud Estudia sa de México, se gufe, para alcanzar la Cima y seguir promovien do la aplicación de Técnica, presente y futuro de este Especia lidad.

El trabajo que están ustedes iniciando a Leer ó Escu-- char, está hecho a más del propósito, que se menciona al princí pio con el fin de dar a conocer los Procedimientos de Construc ción, y problemas que se presentaron; en la Construcción de 6 - de los Muelles, de la "Nueva Terminal Marítima", en la Laguna - de Pajaritos, Ver.

Posiblemente algunos problemas, no fueron atacados con procedimientos adecuados; producto quizá de la poca experiencia, que tenemos en esta clase de trabajos.

Se emplearon las Técnicas que a nuestro Juicio fueron las más-convenientes. Les ruego que las críticas que se hagan de este trabajo, - sean Benevolentes y se Enjuicien con Criterio, del que está expuesto a - contribuir dentro de lo Humilde de sus conocimientos, esforzándose al -- desarrollo, cada vez más grande de esta Especialidad.

Antecedentes Históricos.

1).- Un Poco de Historia:

Me voy a permitir hacer unos Comentarios Históricos del Petróleo, como todos ustedes están al tanto del rápido ascenso, que la "Industria Petrolera", ha tenido en el Mundo.

El Petróleo ha sido empleado en diversas formas desde hace varios Siglos. En la Biblia aparece con el nombre de: "Betún" - Asfalto. Los Babilonios y los Asirios lo emplearon, para el Alumbrado en sustitución, del Aceite Vegetal y como Cemento en sus Construcciones. Los Arabes y los Hebreos para usos medicinales.

Los Romanos para la destrucción de la Flota de los Sarracenos. Los Egipcios en sus prácticas de Embalsamientos y en las Pinturas de los Muros de sus Tumbas; que todavía se aprecian vestigios:-----

Los Chinos fueron los primeros en usar el Gas Natural, para obtener -- alumbrado; sirviéndose de Tubos de Bambú, para su Transporte. Y el "Betún - Asfalto" la utilidad que le daban era como Implemento de Guerra, haciéndolo en forma de Aceite Hirviendo.

En el Distrito de Bakú, Rusia en el Mar Caspio, los Manantiales de Petróleo y Gas combustible servían para mantener Fuego, el cual consideraban como Sagrado los seguidores de algunas Sectas.

En México, los Totonacas de la Región de Papantla, Ver., lo recogían de la superficie de del agua para utilizarlo como Medicina y como Incienso para sus Ritos.

Armando Arzuffi, físico matemático y químico Italiano (1755 - 1803), inventa en el año de 1784 una lámpara de Corriente de Aire, con Mecha Hueca y Redonda, que protegía un Tubo Cilíndrico de Vidrio reduciendo los inconvenientes del humo.

Con el descubrimiento de esta lámpara, se había introducido un nuevo uso al Petróleo, que pronto comenzó a generalizarse a fines del Siglo XVIII.

En los Estados Unidos, se estudió la forma de obtener el Petróleo Líquido que fuera apto para Ader en Lámparas para Alumbrado.

Samuel M. Kier construyó un Alambique y comenzó a Destilar el Primer Barril de Petróleo en 1850, convirtiéndose en el Pionero de la Refinería en América.

Cinco años más tarde, el Profesor Benjamin Sillimar Jr. Químico Norteamericano, concluyó sus estudios sobre la Refinación del Petróleo basada en la Destilación Fraccionada que es el Método empleado aún en nuestros días.

El Primer Pozo que se perforó en América, con la exclusiva finalidad de obtener Petróleo, se debe al Coronel Edwin L. Drake con una Producción de 20 Barriles Diarios a una profundidad de 22.40 Mts. Esto sucedió el Sábado 22 de Agosto de 1859. Con este acontecimiento nació una Nueva Industria, " La Petrolera "

Karls Benz Ingeniero Mecánico pionero de la Industria Automotriz y precursor del moderno automóvil, comenzó a diseñar y armar el motor de 2-velocidades en 1877. En 1886 construyó el primer automóvil impulsado con motor de gasolina.

El invento del Sr. Benz trajo como consecuencia el uso de Petróleo como carburante en los Motores de Combustión Interna, generalizándose en el siglo XIX el uso de la gasolina, pues tiempo atrás no tenía ningún valor comercial.

Cuan lejanos nos parecen esos días en virtud de la evolución que la Técnica y la Ciencia han experimentado al servicio de esa maravillosa actividad industrial.

México no ha permanecido al margen de todos estos acontecimientos.

A partir del año de 1901, en el que se encontró la primera producción comercial. Durante el período de 1915 a 1924, fué considerado entre los países productores más importantes del mundo, gracias a las grandes producciones del Petróleo en el Distrito Ebanero - Pánuco al Sureste de Tampico y a la vieja faja de oro, a la que se le atribuyeran reservas fabulosas.

La exploración petrolera en México, se inicia en 1900, haciéndose organizadamente a partir de 1942. Ante el compromiso prioritario de contar oportunamente con las reservas necesarias, que permitieran satisfacer la demanda siempre creciente de Petróleo y sus Derivados.

A partir del año de 1971 Petróleos Mexicanos tuvo que cambiar su política en cuanto los sistemas de planeación y operación empleados con anterioridad, buscando la máxima eficacia de los recursos disponibles.

La política de la exploración petrolera se estableció básicamente con dos tendencias fundamentales.

a).- Orientar la atención exploratoria hacia la búsqueda de ---

yacimientos en nuevas áreas con posibilidades petrolíferas localizadas en la mayor parte del territorio Nacional, exploración que con anterioridad se había concentrado, casi en su totalidad a lo largo de la Planicie Costera del Golfo.

b).- Cambiar la imágen de que la Exploración se mide en función de los trabajos de campo, que si bien representan la información básica, ésta no tiene un significado aprovechable, si no es debidamente manejada, depurada e interpretada por los especialistas mejor calificados y de máxima experiencia, labor que se desarrolla en los laboratorios y en el gabinete.

Así en pocos años de acelerada actividad se han descubierto nuevas provincias petroleras y varios yacimientos que momentáneamente hicieron posible que México recuperara su Autosuficiencia en materia de Petróleo; sin embargo la creciente demanda de hidrocarburos exige que la exploración no vuelva a quedarse rezagada, sino que al contrario su actividad se acelere a un ritmo que esté acorde con las demandas previsibles para la próxima década.

La exploración petrolera ha roto con sus atávicas áreas de exploración abarcando un amplio panorama económico - petrolero que comprende casi la mayor parte del Territorio Nacional, en cuya superficie de -- aproximadamente, de 2'000,000 de Km.2., corresponden 782,100 Km2, a -- cuencas sedimentarias de origen marino localizadas en el Continente, y 378,900 Km2. a las plataformas Marinas del Golfo de México y del Océano-Pacífico.

Del total de actividad exploratoria que ha tenido lugar desde

1970 a 1976, el 70% se efectuó en la Planicie Costera del Golfo; 10% en las Plataformas Marinas del Golfo de México y de la Baja California en el Pacífico; el 20% restante corresponde a trabajos de reconocimiento en otras regiones de la República Mexicana, en las que se ha obtenido información preliminar en una superficie aproximadamente de 500,000 Km.2.

Del total de reservas descubiertas en los últimos 35 años corresponde el 72% a la Zona Sur, el 16% al Norte y Noroeste y el 12% al Distrito de Poza Rica.

Resultados.

Llanura Costera lo más trascendental que haya descubierto Petróleos Mexicanos en 38 años de su existencia en la Provincia Cretácica de Chiapas - Tabasco, donde están ubicados los ya famosos Campos de Sitio Grande, Cactus, Samaria y Cunduacán, de acuerdo con los últimos estudios geofísicos y geológicos puede extenderse hacia el Norte hasta la Plataforma Marina de Campeche; y hacia el Oeste y Noroeste en gran parte de los estados de Tabasco y Veracruz.

En el Estado de Veracruz en las inmediaciones del Puerto del mismo nombre, en el área de Cotaxtla se han descubierto en rocas semejantes y de la misma edad a las de Reforma - Chiapas, cuya magnitud en reservas aún se ignora. Esta Provincia promete extenderse hacia el Sur y Norte y su valor económico lo decidirán los pozos exploratorios que habrán de perforarse en un futuro próximo.

Norte y Noreste de México. Aunque no tan espectaculares como los anteriores, los descubrimientos de los Campos en Tamaulipas y Coa-

huila, representan prometedoras esperanzas de desarrollo en áreas nuevas, por el tipo de rocas que las forman, cambiará en un futuro inmediato el problema de la oferta de energéticos en el Norte del País.

Plataforma Marina del Golfo de México. Lo sobresaliente y extraordinario desde el punto de vista económico - petrolero, ha sido el pozo CHAC # 1, cuya localización se dio a 80 Km. al Norte de la Laguna de Términos, después de una intensa y minuciosa exploración sísmológica a lo largo y ancho de la Plataforma Marina de Campeche.

Este pozo se perforó con barcaza a una profundidad de 3,567 - Mts. se encontró en Rocas Calcáreas del mismo tipo a las localizadas en Sitio Grande, Aceite Comercial en una prueba de formación; Este descubrimiento abre nuevos horizontes de producción en gran parte de la Plataforma de Campeche, hasta latitudes aún desconocidas, habiéndose detectado hasta el momento un número considerable de nuevas localidades para perforar pozos exploratorios de los cuales se encuentran actualmente en perforación los de Bakab y Kukulcán.

En la Plataforma Marina de Coatzacoalcos se tienen posibilidades de encontrar nuevas reservas de Hidrocarburos en estructuras relacionadas con Domos Salinos, en forma semejante a las de la Cuenca Salina del Istmo en la parte terrestre.

Baja California. Los Estados de Baja California a través de su larga Historia, han sido explorados con fines casi exclusivamente mineros. En el año de 1944, interesados en descubrir en esta porción de nuestro Territorio reservas de Hidrocarburos, inició en aquel año varios trabajos de exploración que culminaron con 8 pozos de exploratorios que por estar distantes unos de otros no fué posible obtener un dictámen definitivo sobre las posibilidades petroleras de la región.

Ante la creciente demanda de energéticos se decidió intentar nuevamente su exploración, usando nuevas técnicas y sistemas, se lanzó a explorar en tierra y mar todas aquellas áreas que el conocimiento geológico señalaban con cierta posibilidad de éxito.

Desde Guerrero Negro, Bahía de Vizcaíno, Bahía Magdalena hasta las vecindades de La Paz, se exploró con Geología, Gravimetría y Sismología y del resultado del conocimiento obtenido se perforaron 4 pozos ejemplo arónios de los cuales el pozo Cantina #1, se encuentra actualmente en pruebas de producción con buenas posibilidades de resultar productor de Gas.

Con los datos derivados de estas exploraciones se obtendrá el apoyo necesario para la interpretación que conduzca a valorar con mayor certeza las posibilidades petroleras de las Cuencas terrestres y marinas de Sebastian Vizcaíno y Purisima - Irag.

Para finalizar, es necesario dar el crédito que les corresponde a los técnicos y trabajadores de Petroleos Mexicanos, ya que debido a su esmero y dedicación hicieron posible que México pudiera contar con las reservas de hidrocarburos necesarias para continuar con su desarrollo industrial.

En la Industria Petrolera la Exploración, la producción, la refinación y el transporte son operaciones tan estrechamente vinculadas entre sí, en tal forma que el desarrollo de cada una de ellas está íntimamente ligada a las demás.

A todos nos consta como en los últimos años, se poseen una red de oleoductos, gaseoductos y otras líneas de conducción de productos que permiten el transporte en su mayor parte del crudo obtenido en los campos petroleros en explotación a las Refinerías de Minatitlán, Poza Rica,

Cd. Madero y Reynosa en la Zona del Golfo; en el Zona Centro de la República se encuentran localizadas las Refinerías de Azcapozalco, Tula, - Hgo., Salamanca, Gto. Cabe mencionar que actualmente se construyen las Refinerías de Cadereyta, N. L. y de Salina Cruz, Oax. desde las cuales se abastecen de productos petroleros, combustibles básicos para la industria Petroquímica a varios lugares del Sur, Centro y Norte de la República Mexicana.

Bajo ciertas condiciones los transportes de petróleo crudo y sus derivados se podrán hacer por Ferrocarril, Carretera, Oleoducto y Buque Tanque.

La concentración de la totalidad de los campos productores de petróleo, gas natural a lo largo de la Costa Oriental de México, -- así como dispersión en vastas áreas del país de los centros de consumo plantean ciertos problemas de transporte y distribución, agravados además por la topografía de nuestro país y por lo acelerado del incremento en el consumo; factores estos últimos que dá mayor énfasis al transporte, obligando a la Industria Petrolera a desarrollar una constante actividad de planeación que le permite ajustarse a las nuevas condiciones a través de la ampliación oportuna de sus actividades y la adición de nuevas instalaciones tales como: Refinerías, Petroquímica Básica, - Transportes, Plantas de Almacenamiento y Distribución Terrestres y Marinas, la Ecología y la Asistencia Social.

Siendo el problema de la transportación factor decisivo en el desenvolvimiento económico de cualquier industria y la gran variedad de productos existentes a lugares muy alejados tales como la Zona del Pacífico, la Exportación al Este de los Estados Unidos del Norte y a otros Países del mundo, así como el transporte entre lugares costeros es a todas luces más costeable si se utiliza el medio marítimo, --

razón por la cual las Obras Marítimas y Portuarias juegan un papel de -- carácter básico en la Industria Petrolera Mundial.

La transportación Pluvial de grandes volúmenes de productos pe-
troleros entre instalaciones localizadas en las márgenes de los ríos, ó
entre éstas y las instaladas en la Costa, hace que en forma semejante -
las Obras Marítimas y Portuarias, las pluviales sean de gran importan--
cia en la Industria Petrolera.

Recientemente se ha iniciado la perforación de pozos petrole-
ros en el mar, por lo cual un nuevo aspecto de las Obras Marítimas va -
adquiriendo especial importancia. Debido al éxito de estas perforacio--
nes la construcción de Plataformas en el mar, líneas de conducción sub-
marinas; se ha llevado a cabo en forma sorprendente.

FLOTA PETROLERA DE MEXICO

Actualmente la Flota petrolera está constituida por 29 Buques
Tanque, 28 Remolcadores, 44 Lanchas y 117 Chalanes. La flota de buques-
tanques representa 635,601 T.P.M. y la flota menor de 50,732 T.P.M. con
un valor total de \$380'000,000.00.

La flota mayor en operación coloca a Petroleos Mexicanos en -
Segundo lugar dentro de los sectores estatales latinoamericanos en la -
Marina Mercante después de Brasil.

Por vía marítima se transporte anualmente el 50% de todos los productos que se manejan, el otro 50% se maneja por Oleoductos, Carros-Tanques y Auto Tanques, llegándose a transportar en 1975 99'000,000 de barriles, llegándose casi al límite de capacidad de transporte de la flota propiedad de Pemex que es aproximadamente de 4.5 millones de barriles al año por buque.

En virtud de lo anterior fué imprescindible recurrir al alquiler de buques por tiempo determinado o por viaje para cumplir con el transporte marítimo requerido por la demanda nacional de hidrocarburos.

También el aumento de las Importaciones exigió el arrendar barcos de bandera extranjera.

El total de barriles de petróleo crudo y derivados, transportado por vía marítima, con la flota combinada propiedad de Pemex y rentada para el presente año será de 220,000.000 de barriles.

Petróleos Mexicanos siempre a pugnado por ser autosuficiente en el transporte marítimo, para evitar así la dependencia del Exterior en esta importante actividad. Con el incremento de la flota; el volumen transportado por buques de Pemex será mayor al de los buques rentados y en la medida que se adquieran nuevas embarcaciones y operen a plena capacidad el oleoducto Cd. Cárdenas, Tab., - Poza Rica, Ver. Se eliminarán las naves rentadas.

Actualmente operan Buques Tanques cuyo peso muerto varía entre 10,000 y 50,000 Toneladas de Peso Muerto. Con base en las necesidades futuras de transporte marítimo y el resultado de estudios técnicos, se ha considerado que las embarcaciones que Pemex adquiera deben de

estar entre los límites de 40,000 a 60,000 Tons. de Peso Muerto. Los - -
tres últimos buques tanques comprados por esta Institución tienen, dos -
de ellos 54,500 Tons. de Peso Muerto y uno de 43,700 Tons. de Peso Muer-
to.

En consecuencia, a continuación los diferentes tipos de productos
que maneja la Flota de Petróleos Mexicanos.

REFINADOS

Gasolina Nova, Gasolina Extra, Mexolina, Gasolina Catalítica,
Nafta: Primaria Reformada y Catalítica, Hexano, Gasolina Alto Octanaje
Tractores, Quilano, Diesel Especial, Diesel No. 1, Diesel 2 - D, Gasó-
leo de Motor.

BÁSICOS PARA LUBRICANTES

Neutro 60 I.V., Neutro Ligero 80 I.V., Neutro Ligero 95 I.V.-
Neutro Ligero 105 I.V., Neutro Pesado 80 I.V., Neutro Pesado 95 I.V.

Respos: Crudo del Istmo, Crudo Naranjos, Crudo Pánuco, Crudo-
Diversos, Combustóleo Ligero, Combustóleo Vapores, Combustóleo Pesado,-
Combustóleo Intermedio 15, Residuo Virgen Diluido, Residuo Primario, --
Asfalto Base, Pánuco Diluido, Asfalto Rebajado FR-3.

Petroquímicos: Etileno, Amoníaco Anhidro; Propano, Butano, Butileno, Tolueno Xileno 5 Grados, Benceno, Ortóxileno, Meta: - Paraxileno, Tetraero, Dodecibenceno, Etilbenceno, Metiletilcetona, Alcohol, Isopropílico.

TERMINALES MARITIMAS

Por las razones antes expuestas, anteriormente, tanto la Flota Petrolera como las Terminales Marítimas, se han venido modernizando y ampliando en tal forma que bajo las condiciones programadas en cuanto al aumento que tendrán en sus capacidades de almacenamiento, bombeo y arribo; se puede asegurar que se cumplirá con las demandas pronosticadas.

TERMINAL MARITIMA DE PAJARITOS, VER.

Uno de los más importantes aciertos en materia de instalaciones portuarias, fué la construcción de la " Terminal de Pajaritos ", - pues ha desplazado hacia este lugar el tráfico que antes se hacía en su totalidad a través del Río Coatzacoalcos hasta Minatitlán, Ver.; Actualmente se hace en Pajaritos el 98% de este tráfico y el de Minatitlán y Nanchital, Ver., se a reducido al mínimo, eliminando el peligro del paso de Buques Tanques por el puente de Coatzacoalcos; que ya fué causa de muy costosos accidentes y bloqueos en las comunicaciones del Sureste del país.

LOCALIZACION

La Terminal Marítima de Pajaritos, se encuentra localizada entre Latitud 18°09' 30" Norte y Longitud 94°24' 30" Oeste.

En la parte inferior del Estado de Veracruz, el área se localiza en la Zona Tropical de la Zona del Golfo de México.

DATOS DEL LUGAR Y CLIMATOLOGICO

a).- Elevación.

4.5 Mts. sobre el Nivel del Mar.

b).- Zona Sísmica.

Zona No. 3.

c).- Condiciones del Viento.

Predominante: del Norte.

Velocidad: 200 Km/Hr. Máxima.

d).- Precipitación Pluvial.

762 m.m./hora máximo.

e).- Temperatura Ambiente.

Promedio: 27.5°C.

Mínimo: 10° C.

Máximo: 44° C.

Bulbo Húmedo: 28°C.

Humedad Relativa: 90% Máximo.

f).- Presión Barométrica.

760 mil.Hg.

La imperiosa necesidad de contar en la Zona Sur con una Terminal adecuada para las embarcaciones de esta Institución y de acuerdo a lo antes expuesto y localizada además en un sitio próximo a los Centros Petroleros e Industriales de esta Región en que florece la Industria Petroquímica. Se elaboraron varios estudios decidiéndose localizar dicha Terminal en la Margen Sur de la Laguna de Pajaritos; para lo cual se dragó un Canal de Acceso que comunica el Río Coatzacoalcos con dicha Laguna en una longitud de 2.200 Mts. y una Plantilla del Canal de 100 Mts. con taludes de 1 a 5 Mts. con una profundidad de menos 14 Mts. N.M.M.B. (Sicigias). De este punto a la Bocana (Escolleras), se tuvo la necesidad de dragar a menos 14 Mts. N.M.M.B (Sicigias), con una longitud de 2000 Mts.

Esto quiere decir en conclusión que la Terminal se encuentra a escasos 4.200 Mts. de la desembocadura del Río Coatzacoalcos (Bocana).

El abrigo natural del Vaso Lacustre, el área tan considerable de agua de más de 2'000,000 de Mts.2. su proximidad al mar y a las Industrias tales, como: El Complejo Petroquímico Pajaritos, Complejo Petroquímico Cangrejera, Refinería Gral. Lázaro Cárdenas en Minatitlán, Complejo Petroquímico Cosoleacaque, Ver., y demás Campos productores.

Para tal fin Pemex a efectuado inversiones muy considerables por concepto de Dragado de toda la Zona donde se localizan los Muelles construidos, y en fase de construcción y futuros; así como el área de maniobras al Norte de los mismos.

Si se considera que esta Terminal se proyecta al futuro para una longitud de atraque de 2,132 Mts. se llega a la conclusión de que las propiedades de Pemex son insuficientes a menos que se construyan Darsenas mediante dragados para aumentar la longitud utilizable, caso del Muelle No. 7 futuro que se encuentra localizado en la Margen Norte de Dicha Laguna, lo cual es altamente costoso.

Por las razones expuestas se decidió disponer los Muelles de la Terminal en Espigón normales a la Margen Sur de la Laguna, con lo cual en una longitud de 800 Mts. se cubre las necesidades de los 4 muelles, con una longitud de atraque de 1,672 Mts.

Independientemente del ahorro indiscutible del terreno a localizar los Muelles como antes se há dicho, se tiene las siguientes ventajas por mencionar algunas:

1).- Al concentrar las instalaciones en una zona reducida pero dentro de la zona de seguridad existe un mayor control de las operaciones en beneficio de un mejor servicio.

2).- Con una inversión ligeramente superior a la requerida, para la construcción de un Muelle "Tipo T", para el atraque de una sola embarcación en un Muelle en Espigón es posible el atraque de dos embarcaciones simultáneamente.

3).- La orientación de los Muelles en dirección Norte - Sur, -- que es la de los Vientos dominantes, permite que la embarcación atracada presente la menor superficie al viento, lo cual tiene ventajas de importancia al efectuarse las maniobras de atraque y desatraque con mayor facilidad, transmitiendo menores esfuerzos a la estructura del Muelle.

DESCRIPCION

Los Muelles de esta Terminal se pueden clasificar como -- Muelles de Operación, requerimiento para cubrir necesidades en un lapso no menor de 20 años son las siguientes:

MUELLE No. "1".- PETROQUIMICO.

Tipo de Instalación	Espigón.
Número de Embarcación que atracan . . .	Dos.
Tonelaje máximo de Diseño	20,000 T.P.M.
Longitud de Muelle	266.32 Mts.
Eslora máxima actual	170 Mts.
Tipo de subestructura	Pilotes de Concreto.
Tipo de Superestructura	Concreto Reforzado.
Inició Construcción	2 de Enero de 1970.
Inició Operación	Agosto de 1972.
Producto que Opera	Etileno y Crudo.
Sistema de Operación	Manguera de 6" Ø para Etileno y Garzas para el crudo.
Sentido de Flujo	De tierra a Barco.
Servicios Auxiliares	Agua, Deslastre, Corriente eléctrica, alumbrado y teléfono.
Sistema Contra Incendio	Torres con Monitores y Hidratantes.
Luces de Situación.	1.- Roja Extremo Norte. 1.- Verde Extremo Sur.

Sistema de Defensa	Hule tipo fijo.
Sistema de Amarre	Ganchos de Escape.
Calado Oficial	11 Mts (36').
Horario de Entrada y Salida	Diurno y Nocturno.
Observaciones	Calados referidos a la marea baja media.

Angulo de acercamiento al Muelle. Es el ángulo de incidencia se forma entre el alineamiento del Paramento del Muelle, con el longitudinal de simetría de la embarcación, misma que no exederá de 10°.

MUELLE-NO. 2

Tipo de Instalación	Espigón.
Número de Embarcaciones que atracan	Dos.
Cargamento máximo de Diseño	40,000 T.P.M.
Longitud de Muelle	319.50 Mts.
Profundidad máxima actual	206 Mts.
Tipo de Subestructura	Pilotes de Concreto.
Tipo de Superestructura	Concreto Reforzado.
Productos que opera	Combustóleo y Destilado.
Sistema de Operación	Manguera de 8"ø.
Dirección de Flujo	De tierra a barco.
Servicios Auxiliares	Agua, Deslastre, Corriente Eléctrica, Alumbrado y Telefono.
Sistema Contra Incendio	Torres con Monitores e Hidratantes.
Señales de Situación.	1.- Roja Extremo Norte. 1.- Verde Extremo Sur.

D E S C R I P C I O N

Los Muelles de esta Terminal se pueden clasificar como Muelles de Operación, requerimiento para cubrir necesidades en un lapso no menor de 20 años son las siguientes:

MUELLE No. "1".- PETROQUIMICO.

Tipo de Instalación	Espigón.
Número de Embarcación que atracan	Dos.
Tonelaje máximo de Diseño	20,000 T.P.M.
Longitud de Muelle	266.32 Mts.
Eslora máxima actual	170 Mts.
Tipo de subestructura	Pilotes de Concreto.
Tipo de Superestructura	Concreto Reforzado.
Inició Construcción	2 de Enero de 1970.
Inició Operación	Agosto de 1972.
Producto que Opera	Etileno y Crudo.
Sistema de Operación	Manguera de 6" Ø para Etileno y Garzas para el crudo.
Sentido de Flujo	De tierra a Barco.
Servicios Auxiliares	Agua, Deslastre, Corriente eléctrica, alumbrado y teléfono.
Sistema Contra Incendio	Torres con Monitores e hidrantes.
Luces de Situación.	1.- Roja Extremo Norte, 1.- Verde Extremo Sur.

Sistema de Defensa	Hule tipo fijo.
Sistema de Amarre	Ganchos de Escape.
Calado Oficial	11 Mts (36').
Horario de Entrada y Salida	Diurno y Nocturno.
Observaciones	Calados referidos a la marea baja media.

Angulo de acercamiento al Muelle. Es el ángulo de incidencia se forma entre el alineamiento del Paramento del Muelle, con el longitudinal de simetría de la embarcación, misma que no excederá de 10°.

MUELLE No. 2

Tipo de Instalación	Espigón.
Número de Embarcaciones que atracan	Dos.
Cargamento máximo de Diseño	40,000 T.P.M.
Longitud de Muelle	319.50 Mts.
Profundidad máxima actual	206 Mts.
Tipo de Subestructura	Pilotes de Concreto.
Tipo de Superestructura	Concreto Reforzado.
Productos que opera	Combustible y Destilado.
Sistema de Operación	Manguera de 8"φ.
Método de Flujo	De tierra a barco.
Servicios Auxiliares	Agua, Deslastre, Corriente Eléctrica, Alumbrado y Teléfono.
Sistema Contra Incendio	Torres con Monitores e Hidratantes.
Señales de Situación.	1.- Roja Extremo Norte. 1.- Verde Extremo Sur.

Sistemas de Defensas.....	Hule tipo Fijo.
Sistema de Amarre.....	Ganchos de Escape.
Calado Oficial.....	- 14 Mts. (45').
Horario de Entrada y Salida.....	Diurno y Nocturno.
Observaciones.....	Calados referidos a la marea Baja Media.

MUELLE No. 3.

Tipo de Instalación.....	Espigón.
Número de Embarcaciones que atracan.....	Dos.
Tonelaje Máximo de Diseño.....	50,000 T.P.M.
Longitud del Muelle.....	349.55 Mts.
Eslora máxima actual.....	230 Mts.
Tipo de Subestructura.....	Pilotes de Concreto.
Tipo de Superestructura.....	Concreto Reforzado.
Productos que opera.....	Crudos, combustóleo y Destilados.
Sistema de Operación.....	Garzas de 12" Ø .
Sentido de Flujo.....	De tierra a barco.
Servicios Auxiliares.....	Agua, Deslastre, Corrien te eléctrica, Alumbrado y teléfono.
Sistema Contra Incendio.....	Torres con Monitores e - Hidratantes.
Luces de Situación.....	1.- Roja Extremo Norte. 1.- Verde Extremo Sur.
Sistema de Defensas.....	Hule tipo Fijo.
Sistema de Amarre.....	Ganchos de Escape.

Calado Oficial..... -14 Mts. (45').
 Horario de Entrada y Salida. Diurno y Nocturno.
 Observaciones..... Calados referidos a la
 Marea Baja Media.

MUELLE No. 4.

Tipo de Instalación..... Espigón.
 Número de Embarcaciones que atracan..... Dos.
 Tonelaje máximo de Diseño..... 50,000 T. P. M.
 Longitud del Muelle..... 349.55 Mts..
 Eslora máxima Actual..... 230 Mts.
 Tipo de Subestructura..... Pilotes de Concreto.
 Tipo de Superestructura..... Concreto Reforzado.
 Productos que opera..... Crudos, Combustóleo
 y Destilados.
 Sistema de Operación..... Garzas de 12" Ø .
 Sentido de Flujo..... De tierra a barco.
 Servicios Auxiliares..... Agua, Deslastre, Corrien
 te eléctrica, Alumbrado y
 Teléfono.
 Sistema Contra Incendio..... Torres con Monitores e Hi
 dratantes.
 Luces de Situación..... 1.- Roja Extremo Norte.
 1.- Verde Extremo Sur.
 Sistema de Defensas..... Hule tipo Fijo.
 Sistema de Amarre..... Ganchos de Escape.

Calado Oficial.....-14 Mts. (45').
 Horario de Entrada y Salida.....Diurno y Nocturno.
 Observaciones.....Calados referidos a la
 Marea Baja Media.

MUELLE No. 5.

Tipo de Instalación..... Marginal.
 Número de Embarcaciones que atracan..... Uno.
 Tonelaje Máximo de Diseño..... 50,000 T.P.M.
 Longitud de Muelle..... 230,00 Mts.
 Eslora máxima Actual..... 207 Mts.
 Tipo de Subestructura..... Pilotes de Concreto.
 Tipo de Superestructura..... Concreto Reforzado.
 Productos que Opera..... Petroquímicos Envasados
 crudos, combustóleo y -
 Destilados.
 Sistema de Operación..... Mangueras de 8" Ø. conte-
 nedores de 40 Tons. Carga
 con Grúa Viajera.
 Sentido de Flujo..... De Tierra a Barco.
 Servicios Auxiliares..... Agua, Deslastro, Corriente
 Eléctrica, Alumbrado, Té-
 léfono. Bodega y Patio de
 Maniobras para Estaciona-
 miento de Contenedores.

Sistema contra incendio.....	Torres con Monitores e Hidratantes.
Luces de Situación.....	1.- Roja Extremo Norte. 1.- Verde Extremo Sur.
Sistema de Defensas.....	Hule tipo Fijo.
Sistema de Alarme.....	Bitas Dobles.
Calado oficial.....	14 Mts. (45').
Horario de Entrada y Salida.....	Diurno y Nocturno.
Observaciones.....	Actualmente en Estudio y Proyecto.

ESTUDIOS PRELIMINARES

Estudio del Suelo. Para determinar el Perfil Geológico y profundidad de desplante de los Pilotes, se hicieron tres Sondeos que nos dieron las siguientes características.

1.- Sondeo No. 1696 a una profundidad de - 11.20 y a una distancia de la traza teórica agua tierra de 10.00 Mts. encontrándose los siguientes materiales: Limo arenoso blando hasta una profundidad de 13.00 - Mts. Arena fina ligeramente arcilloso, medianamente compactada a una profundidad de - 18.00 Mts. Arcilla muy rígida a una profundidad de - 20.00 - Mts. Arena arcillosa muy densa a una profundidad de - 21.00 Mts. Arcilla rígida a una profundidad de 22.50 Mts.

Siendo éste el nivel de desplante de pilotes ó sea a una profundidad de 22.50 Mts. Después de esta elevación hasta la profundidad de - 35.00 - Mts. se encontró arena arcillosa muy densa.

2.- Sondeo No. 1698 a una profundidad de - 24.20 y a una distancia de la traza teórica agua tierra de 123.00 Mts. encontrándose los si-

siguientes materiales: Lím. arenoso blando hasta una profundidad de - - -
 -17.00 Mts. Arena arcillosa medianamente compactada a una profundidad de
 -23.50 Mts.

Siendo éste el nivel de desplante de pilotes ó sea a una profun-
 didad de 23.50 Mts. después de esta elaboración hasta la profundidad de-
 35.00 Mts. se encontró arena arcillosa muy densa.

3. Sondeo No. 1699 a una profundidad de - 27.10 y a una dis-
 tancia de la traza teórica agua tierra de 236.00 Mts. encontrándose los-
 siguientes materiales: Azolve hasta una profundidad de - 12.00 Mts. Are-
 na arcillosa medianamente compactada hasta una profundidad de - 14.50 Mts.
 Arcilla medianamente compactada hasta una profundidad de - 29.00 Mts.

Siendo éste el nivel de desplante de pilotes ó sea a una pro-
 fundidad de - 29.00 Mts. Después de esta elevación hasta la profundidad
 de - 35.00 Mts. se encuentra arena arcillosa muy densa.

LABORATORIO.

Para determinar la variación Estratigráfica y las propiedades
 físicas de los materiales que forman las capas encontradas en los Sondeos
 se realizaron pruebas de: Humedad Natural, Densidad, Límites de Consisten-
 cia, Contracción Lineal y Granulometría a las Muestras extraídas en cada-
 tere ó en profundidades no mayores de 1.50 Mts.

De las muestras inalteradas obtenidas en los materiales cohesi-
 vos, se laboraron especímenes para realizar pruebas de compresión tria-
 xial, Axial y consolidación unidimensional.

Desde las bases de diseño y de acuerdo con los resultados obteni-
 dos del estudio de la Geotecnia, se determinó que el tipo de subestruc-

tura mas viable para los Muelles es a base de pilotes, por lo que se procedió a obtener la capacidad de trabajo para los mismos.

Para definir el tipo de pilote a usar, se hizo un estudio económico de diversos tipos como son: De Concreto Reforzado, Concreto Preforzado, Tubularos y Sección H, resultando más económicos los precolados de concreto reforzado en situ.

PROYECTO DEFINITIVO DEL MUELLE No. 4.

Es de este Muelle del cual quiero darles a ustedes los procedimientos de construcción que se emplearon.

Después de una serie de anteproyectos basados en las necesidades de diseño y tendientes todos a ser funcionales en grado máximo; se llegó a definir el proyecto definitivo que a continuación se describe.

MUELLE PETROLERO No. 4. para el atraque de Buques Cisternas desde 20,000 hasta 55,000 T.P.M.

Como los anteriores Muelles No. 1, 2 y 3 este Muelle se construyó en Espigón para el atraque, de una embarcación por banda. Su eje longitudinal está sobre la Coordenada E- 1080.71 y una longitud de 349.55 Mts. que es de la Coordenada S- 4965.78 hasta la Sur 4615.73 alineamiento del extremo de los Muelles 1, 2 y 3.

SISTEMA DE COORDENADAS.

El sistema de coordenadas que se utilizó como referencia para la localización, trazo y construcción del Muelle es el oficial de la Se

cretaría de Comunicaciones y Transportes, que es el mismo que se ha venido utilizando en la construcción del resto de las Instalaciones Portuarias de la Terminal.

NIVEL DE REFERENCIA.

Tanto para las profundidades como para las Cotas del Muelle se utilizó el plano de referencia coincidente con el cero correspondiente al nivel de marea baja media (sicigias), definido como el promedio de las Bajamares más bajas diarias. Se tomó como amplitud de Marea la diferencia entre la Pleamar máxima y la Bajamar mínima registrada.

Pleamar máxima registrada. . . 0.813 M.

Bajamar mínima registrada. . . 0.722 M.

Amplitud en valor absoluto . . 1.585 M.

Dichos valores están referidos al nivel medio del mar, estando éste en el caso del Puerto Pajaritos, a 0.27 M. arriba de la Bajamar Media.

NIVEL DE OPERACION.

El nivel de operación será aquel donde se lleven a cabo las maniobras en el Muelle, consistentes en el movimiento de personal y vehículos a una altura tal que permita que el barco en condiciones extremas (A plena Carga y Vacío) sea operado sin ninguna dificultad y con todas las normas de Seguridad.

Dicha Cota será de 3.30 Mts. con respecto al nivel de referencia antes mencionado.

TIPOS DE BUQUES QUE ATRACARAN

A continuación mencionamos las características principales de los bucos que harán uso del Muelle.

a).- Tipo de Embarcación: Buques Tanques.

Tonelaje de Peso Muerto: 20,400 Tons.

Eslora Total: 196.00 Mts.

Eslora entre Perpendiculares: 187.00 Mts.

Manga: 27.60 Mts.

Puntal: 16.60 Mts.

Calado de Verano: 10.50 Mts.

Calado Medio en Rosca: 6.20 Mts.

Area Máxima Longitudinal de Deriva debido al Viento: - - -
: 2,406.00 M2.

Area Máxima Transversal de Deriva debida al Viento: - - -
552.00 M2.

b).- Tipo de Embarcación: Buque Tanque.

Tonelaje de Peso Muerto: 55.000 Tons.

Eslora Total: 207.40 Mts.

Eslora entre Perpendiculares: 198,00 Mts.

Manga: 32.25 Mts.

Puntal: 16.75 Mts.

Calado de Verano 12.65 Mts.

Calado Medio en Rosca: 4.00 Mts.

Area Máxima Longitudinal de Deriva debida al Viento: - - -
3650 M2.

Area Máxima Transversal de Deriva debida al Viento: - - -
1200 M2.

PROFUNDIDAD DE DRAGADO

La Cota de Proyecto considerada para el Dragado es la de 14.00 Mts. referida al nivel de Marea Baja Media igual a la existente en los Muelles 2 y 3 y Darsena de Maniobra, debido a que en este Muelle operarán Buques Tanques hasta de 55,000 T.P.M.

DIFERENTES PARTES QUE CONSTITUYEN

EL MUELLE No. 4

a).- Plataforma Central de Operación: En este Muelle las dimensiones en Planta de esta Plataforma son de 35.00 Mts. en sentido longitudinal y de 30.00 Mts. en sentido Transversal.

En esta área se instalarán las tomas de productos constituidos por 12 Garzas con un diámetro de 12" y un gasto de 15,000 barriles/hora para operar productos negros y destilados con una presión de 90 a 110 lbs/pulg.2 y 4 Garzas con un diámetro de 4" para dar combustible a barcos.

Por consiguiente se tienen 8 Garzas Marinas por cada banda de atraque. La Plataforma Central se encuentra a 172.50 Mts. del eje del bordo sur.

b).- Plataformas Laterales de Atraque y Amarre de 20.00 Mts. por los paramentos de atraque y 32.00 Mts. en el sentido transversal. Son los elementos en que se apoyarán las embarcaciones en sus maniobras de Atraque y Desatraque, y se afirmarán partes de sus amarras. Se localizan una al Norte y otra al Sur de la Plataforma de Operación a una distancia de 33.50 Mts. de ésta.

c). - Duques de Alba de Amarre.

Para cumplir con todos los puntos de Amarre necesarios, para las embarcaciones que operen en el Muelle en forma segura.

Este Muelle requiere de 6 Duques de Alba de Amarre localizándose 3 al Norte y 3 al Sur de la Plataforma de Operaciones.

Las dimensiones de los Duques de Alba del Norte (4, 5 y 6) son en su paramento de atraque de 13.00 Mts. y en sentido transversal de 13.00 Mts.

Las dimensiones de los Duques de Alba del Sur (1, 2 y 3) son en su paramento de atraque de 8.00 Mts. y en sentido transversal de 17.40 Mts.

d). - Viaducto para Peatones, Vehículos y Tuberías.

Tiene una longitud sobre el agua de 172.50 Mts. para permitir la comunicación rápida entre tierra y la plataforma central de operación pasando por los Duques de Alba del Sur (1, 2 y 3) mediante una calzada de 3.00 Mts. con banquetas laterales de 0.75 Mts. Así mismo está dotado de una soportera lateral a ambos lados de la calzada para el alojamiento de la tubería de operación y servicio del muelle.

e). - Viaducto para Peatones: Para que todos los elementos que constituyen el muelle queden debidamente comunicados, se construyó una pasarela que une la Plataforma Central de Operación con la Plataforma de Atraque y los Duques de Alba del Norte (4, 5 y 6) con un andador de 1.50 Mts. de ancho y con barandal de concreto y en una longitud de 140.50 Mts. pasando por la Plataforma de Atraque y los Duques de Alba antes mencionados.

Velocidades de Atraque.

cular al paramento de atraque del muelle cuando aquel se aproxime a ésta.

En la tabla siguiente, se mencionan los valores promedio:

Velocidad (m/s)	Ángulo de incidencia (grados)
10,000	0.20
20,000	0.15
40,000	0.10
55,000	0.10

ANGULO DE ACERCAMIENTO AL MUELLE

Es el ángulo de incidencia que se forma entre el alineamiento del paramento del muelle, con el eje longitudinal de simetría de la embarcación mismo que no excederá de 10°

CALCULO DE LA MASA DE LA EMBARCACION

Para este concepto deberá intervenir el desplazamiento del mayor barco a plena carga que vaya a atracar en el muelle; se considera que la embarcación hace contacto con uno de sus costados en un punto situado a un cuarto de la eslora ya sea a partir de Proa que de Popa sumándole a este desplazamiento un peso extra que forma un cilindro de agua de mar, con una longitud igual a la eslora del barco y un diámetro equivalente al calado de la embarcación a plena carga. Debiendo-

absorber la mitad de la energía, la estructura del muelle, las defensas, el colchón formado por el agua, etc. y la otra mitad el barco.

FUERZAS DE VIENTO SOBRE EL MUELLE

Se consideró una velocidad de viento de 150 Km.P.H. incidiendo sobre la máxima área longitudinal de deriva debida al viento de un barco de 55,000 T.P.M. que lo aconcha al muelle. Para el cálculo de los puntos de amarre, se tomarán la fuerza de tensión producida en éstos, al incidir un viento de 150 Km. P.H. sobre el costado del barco, tratando de -- abrirlo del muelle.

CARGAS VIVAS HORIZONTALES

Son aquéllas producidas por el atraque de las embarcaciones - por el viento incidiendo sobre el barco tratando de separarlo al muelle ó aconcharlo al mismo y por las fuerzas del sismo. La Terminal Marítima de Pajaritos se localiza en la Carta Sísmica de la República Mexicana, dentro de la Zona No. 3.

CARGAS VIVAS VERTICALES

Este muelle de operación deberá soportar una carga uniforme de 1500 Kgs/M². ó el paso de un camión H-15, a excepción hecha de las pasarelas para peatones que se calcularon para 400 Kg/M². de la soporteria para las tuberías se calculó considerando que está totalmente --

ocupado (dentro de especificaciones) por tubería de 0.50 Mts. (20") de ϕ cargada con agua.

SISTEMA DE AMARRE

Con el propósito de proporcionar la mayor seguridad y facilidades de operación a los buques tanques en este muelle se instalaron Ganchos de Escape en vez de Bitas, en la posición y número que a continuación se indica.

EN LOS DUQUES DE ALBA DEL SUR

DUQUE DE ALBA No. 1.- Dos ganchos dobles con un desvío de 33° y una carga total de 390 Tons. a cada lado.

DUQUE DE ALBA 2 y 3.- Dos ganchos sencillos a cada lado a 90° con una carga total de 180 Tons.

PLATAFORMA DE ATRAQUE LADO SUR

Cuatro ganchos sencillos en cada esquina con un desvío de 12° con una carga total de 100 Tons.

PLATAFORMA DE OPERACION

Cuatro ganchos sencillos en cada esquina a 90° con una carga total de 100 Tons.

PLATAFORMA DE ATRAQUE DEL NORTE

Cuatro ganchos sencillos en cada esquina con un desviaje de 12° con una carga total de 100 Tons.

DUQUES DE ALBA DEL NORTE

DUQUES DE ALBA Nos. 4 y 5.- Dos ganchos sencillos a cada lado a 90° con una carga total de 180 Tons.

DUQUE DE ALBA No. 6.- Gancho cuádruple al centro a 90° con una carga total de 650 Tons.

SISTEMA DE DEFENSAS

Se pueden clasificar en dos grandes tipos:

- 1).- De atraque.
- 2).- De Borneo.

Las de atraque de tipo fijo fueron colocados horizontal y verticalmente en número suficiente para absorber la energía de impacto de los buques tanques en la siguiente forma.

En los Duques de Alba del Sur 1-2 y 3 se colocaron 2 defensas por paramento de atraque en sentido vertical.

Plataforma de operación se colocaron cuatro defensas por paramento de atraque en sentido vertical.

Plataforma de atraque del Norte y del Sur. Se colocaron tres defensas por paramento de atraque en sentido horizontal.

DUQUES DE ALBA DEL NORTE

DUQUES DE ALBA Nos. 4 y 5. Se colocaron tres defensas por paramento de atraque en sentido vertical.

DUQUE DE ALBA No. 6. Este duque de alba es el más extremo del norte en el cual se localizaron las defensas de borneo, que como su nombre lo indica servirán para ayudar al barco en su diaboga. Son de tipo circular giratorio con amortiguadores y eje retractil, instalándose 2; una en cada esquina con su eje de giro vertical. El plano de contacto de la defensa por lo tanto horizontal. Así mismo este duque de alba se le colocaron tres defensas fijas por cada paramento de atraque en sentido vertical.

SERVICIOS AUXILIARES DEL MUELLE

ILUMINACION: Por ser el muelle área peligrosa el alumbrado deberá ser profuso, a prueba de explosión y vapor en la zona de operación y puntos de amarre.

AGUA PARA SERVICIO DE LAS EMBARCACIONES: Su toma se localizó en la área de garzas.

VAPOR PARA EL SERVICIO DE LAS EMBARCACIONES: Su toma está localizada en la zona de garzas.

TELÉFONO: Está localizado uno en cada Caseta de Control (Zona de Garzas).

SISTEMA CONTRA INCENDIO: Se instalaron Hidratantes y Monitores para agua en el número y posición que las Normas de Seguridad lo indican en la siguiente forma: En la Plataforma de Operación en cada esquina se colocó una Torre con Monitor con una altura mínima de 5 Mts.

En la plataforma de atraque lado norte y lado sur se colocó una torre con monitor al centro de cada área. En los restantes elementos que son: Tres duques de alba de lado sur (1,2 y 3) así como los duques de alba del norte(4, 5 y 6) se colocaron hidratantes de contra incendio una pieza en cada uno de ellos.

LUCES DE SITUACION

En cada extremo del muelle se dejaron instaladas luces de situación que limitan la instalación. En el extremo norte duque de alba No. 6 en el paramento Este, irá una luz de color Verde y en el paramento Oeste, una luz de color Roja.

El tipo de lámpara es transistorizado con combinador automático 4 focos y válvulas solar con un alcance de 5 millas en condiciones de visibilidad normal utilizando para su alimentación corriente alterna.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION QUE SE EMPLEARON EN EL MUELLE No. 4.

ORGANIZACION

La construcción del Muelle No. 4 se inició en Enero de 1977, y a la fecha se lleva terminado 100% de dicha instalación, con su urbaniza-

ción: correspondiente y sus servicios auxiliares.

Los inicia Petroleos Mexicanos a través de la Gerencia de Proyectos y Construcción.

La Superintendencia de Construcción de Obras Marítimas Zona Sur fué la encargada de este trabajo y funciona de la siguiente manera según se puede apreciar en el cuadro de organización mostrado en la figura No.-

Cada uno de los Departamentos mostrados en la gráfica tienen una función específica y una relación de labores por ejecutar, entre ellas existe una estrecha relación.

La anterior forma de trabajar a dado magníficos resultados por la constante relación de la cabeza con cada sección no obstante el número grande de ellas.

La Superintendencia vigila constantemente el trabajo de cada departamento, se les trata de una manera cordial pero siempre exigiendo el máximo rendimiento. Se hacen Juntas periódicamente para que todos los Jefes de Sección estén enterados de las necesidades inmediata del trabajo.

PROGRAMA DE CONSTRUCCION.

Se elaboró un programa de construcción en el cual se basó en las necesidades que se tienen para la terminación de la obra; según con el Presupuesto que se cuenta, fecha de entrega de los materiales propios de la construcción.

El programa se aprecia en la figura No. y como se puede observar a la fecha se lleva un avance de como ustedes pueden apreciar --

el estudio de este Programa se ajustó al máximo debido a las necesidades internas de Petroleos Mexicanos dado que cada vez es más apremiante que este tipo de instalaciones entren en servicio ya que la Flota Petrolera que cruzan los Mares de nuestro Territorio así como la Importación de Productos Elaborados necesitan de Puertos Funcionales.

EQUIPO EMPLEADO

Es el Equipo empleado en la construcción del Muelle No. 4 en la Terminal Marítima de Pajaritos, Ver.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	EMPLEO
Máquina de Soldar combustión Interna 300 Amps.	5	Soldado de varillas para pilote obra falsa y trabajos diversos.
Máquinas de Soldar Eléctricas.	2	Soldado de varillas para pilote obra falsa y trabajos diversos.
Dosificadoras Marca STETTER. Cap. 20 M3. P.H.	2	Colados de pilotes, colado de caballetes, duques de alba precolados.
Vibradores de Cricote.	4	Colado de concreto general.
Bombas de concreto Mca. Deuz D. Cap. 20 M3. P.H.	2	Colado de pilotes, precolados y colados en general.
Grúa Hidráulica P y H Capacidad 35 Tons.	1	Transporte y Estiba de pilotes y elementos precolados.
Grúa. Cap. 50 Tons.	1	Manejo de pilotes de estiba a chalan transportados.

DESCRIPCION	CANTIDAD	EMPLEO
Chalana con cap. de 30 Tons.	3	Transporte de pilotos, maniobras y transporte de estiba.
Chalana con Cap. de 100 Tons.	1	Para Equipo de Piloteo.
Martinete doble acción DELMAG Mod. 30, Cap. 7500 Kg/MT.	1	Para Hincado de Pilotes.
Torre de Piloteo de 27 Mts. de altura con accesorios.	1	Para Hincado de Pilotes.
Grúa. Cap. 30 Tons.	1	Para Hincado de Pilotes.
Winches Ramolas con Cap. de 5 Tons.	5	Para alineamiento del Chalana de Hincado de Pilotes.
Anclas con peso de	5	Para alineamiento del Chalana de Hincado de Pilotes.
Remolcador con Cap. de	1	Transporte de Pilotes y Movimiento de Chalana Pilotador.
Lancha con Motor fuera de Borda de 15 H.P.	2	Transporte Personal y Trabajos Diversos.
Camiones de Resilas Cap. 7 Toneladas.	2	Transporte de Materiales y trabajos diversos.
Camiones de Volteo. Cap. 6 M3.	2	Para Rellenos y Trabajos Diversos.
Tractor de Cargador frontal Cap. 1 1/2 M3.	1	Para Rellenos Limpieza de áreas y Trabajos Diversos.
Gato Hidraulico con Cap.		Para Postensado de Traves.
Herramienta menor.	Lote	Trabajos diversos.
Máquinas de soldar de Combustión Int. Cap. 380 Amps.	5	Prefabricación de tuberías

DESCRIPCION	CANTIDAD	EMPL E O
Tractor Remolque con Plataforma con Cap. 30 Tons.	1	Transporte de Tuberías y Materiales de Construcción.
Camión Winche con Cap. 5 Tons.	2	Transporte, Montaje y Trabajos diversos de Tuberías.
Equipo para limpieza con chorro de arena con accesorios.	2	Limpieza de Tuberías y Estructuras Metálicas.
Compresor con Cap. de	2	Limpieza de Tuberías y Estructuras Metálicas.
Ollas para pintura con sus accesorios.	4	Pintura de Tuberías y Estructuras.

REVISION Y ESTUDIO DE PROYECTO

Una vez recibidos en esta Superintendencia todos los Planos que consta el Proyecto, fueron revisados y estudiados para su mejor comprensión por todos y cada uno de los diferentes Jefes de Sección, así como por el Personal Técnico de la Compañía Contratista. Se hizo una Junta de Trabajo para determinar las necesidades de cada uno de los Departamentos que intervinieron en la construcción del Muelle No. 4.

Una vez terminada esta fase se procedió al estudio y revisión de las requisiciones de materiales tanto Nacionales como Extranjeros formulándose listas de materiales para Compras Locales y fueron aprobadas para su adquisición.

OBRAS PROVISIONALES

En los terrenos contínuos al Muelle No. 4 se hizo una planeación para localizar las obras provisionales que eran necesarias tales como:

- Bodegas para almacenar cemento.
- Areas de Precolados de Pilotes y Curado de los Mismos.
- Area de Almacenamiento y Estiba de los Pilotes Prefabricados.
- Area de Colado de Trabes Postensadas y Almacenamiento.
- Area de Soldadura y Armado y Enderesado Fierro de Refuerzo para Pilotes y demás elementos.
- Localización de Dosificadoras en los lugares más convenientes.
- Cuarto de Herramientas.
- Bodegas para Materiales diversos.
- Oficinas: Administración, Tomadura de Tiempo, Control de Obra.
- Sanitarios.
- Corriente Eléctrica.
- Agua Potable.
- Comedor.
- Teléfonos.
- Area de Almacenamiento de Materiales Diversos. (Véase Fig. No.

Una vez hecha la planeación se procedió a la limpieza y nivelación de dichos terrenos, utilizando para ésto un Tractor D-4, un Cargador Frontal de Yarda y Media, dos camiones de volteo de 6 M3.

Una vez terminados esos trabajos se procedió a la construcción de Obras Provisionales y las áreas para precolados de pilotes, trabes, al macenamiento, etc.

COLADO DE PILOTES

Para la construcción del Muelle No. 4 se necesitaron construir 449 pilotes de concreto con una sección de 45 x 45 cm. en las siguientes longitudes: 141 piezas de 26.50 Mts.; 162 piezas de 28.50 Mts.; y 146 piezas de 30.00 Mts.

Para hacer estos Precolados se necesitó contar con una Mesa de las dimensiones siguientes: 35.00 Mts. de largo por 20.00 Mts. de ancho.

Sobre el terreno natural, perfectamente compactado se coló una Plantilla de Concreto. Una vez que se encontraba perfectamente nivelada se coloca una membrana de polietileno, para evitar que se pegara una vez fraguado el pilote con la cama.

Se procedió a la colocación de los Armados para que posteriormente se instalen los costados de Cimbra de madera de triplay Marino - previamente prefabricados los tableros de esta cimbra. Antes de iniciar el colado se revisó su alineamiento y su sección, autorizándose el colado de estos elementos. Así mismo se tenía el cuidado de que la cimbra -- de los costados fuera con suficiente grasa para facilitar una vez fraguado su descimbrado.

Una vez que se ordenaba el colado de una cama de pilotes, los cuales contaban de 10 elementos, separados uno de otro 45 cms., este espacio es dejado para ser el Troquelado de la cimbra de los pilotes; se -

procedió a descimbrar después de 12 horas de colado, para posteriormente por medio de vapor por un tiempo de 6 horas se curaban hasta alcanzar una resistencia de 60% mientras se efectuaba este curado con vapor, se preparaba otra segunda cama de pilotes volviéndose a repetir el mismo procedimiento.

Terminado el curado de vapor de la primera cama se previó el problema que se presentaría al izarlos, para evitar fisuras o fracturas de los mismos. Se le adaptaron a los pilotes antes de colar unos ganchos de varilla colocados en los puntos que marca un viga continua de tres apoyos y volado en los extremos.

Lo anterior dió magníficos resultados tanto en su transporte terrestre, Marítimo y maniobras de izado para su hincado, ya que se movieron satisfactoriamente cerca de 500 pilotes, cuyos despegues fueron hechos sin tener problema de consecuencia.

También se les dió un número y fecha de colado marcado en la cabeza de cada uno de los pilotes, para poder localizar fácilmente en caso de alguna falla en la calidad del concreto, ya que el laboratorio de Pruebas nos entrega semanalmente el reporte de calidad de dicho concreto.

Para el colado de pilotes la Superintendencia de Construcción estableció los siguientes lineamientos.

OBSERVACIONES QUE SE DEBEN TOMAR ANTES DE COLAR CADA PILOTE

- 1.- El Refuerzo debe ser el indicado al igual que el número y Separación de Estribos.
- 2.- La Cimbra debe estar perfectamente alineada y nivelada, las dimensiones que marca el plano con su respectivo chalan.

- 3.- El Pilote antes de su colado deberá tener colocados los Ganchos de izaje en los puntos indicados.
- 4.- Durante el colado de cada pilote se tomaron muestras para -- comprobar su resistencia debiendo ser estas tres por cada Pi-
lote.
- 5.- El Concreto tendrá una Resistencia mínima a la Compresión a los 28 días de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$. se usará como cimentante -- una mezcla de cemento PORTLAND Tipo II y Pusolana en propor-
ción de 1:5 en peso ó cemento PORTLAND Tipo V siendo este --
último el que se usó en la construcción de estos pilotes.
- 6.- Debiéndose obtener un Concreto Denso con tamaño máximo de --
agregado grueso de 4 cm. (1,1/2") y revestimiento de 5:7 --
cm.
- 7.- El acero de Refuerzo es de $f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

TRANSPORTE DE PILOTES

Para poder abastecer de Pilotes a la máquina encargada del hin-
cado se utilizaron dos grúas, una de las cuales era la encargada de despe-
gar de la Mesa de Colados los pilotes en los tres puntos de izaje transpor-
tando a lugar de estiba. La otra grúa era la encargada de izar y transpor-
tar del lugar de estiba al chaflán hecho especialmente para el transporte-
marítimo de los pilotes.

TRAZO TOPOGRAFICO

Una vez que fué resuelto el colado de pilotes y el transporte de los mismos a los lugares de la hínca, expondré en forma breve el sistema de Coordenadas usado en la Terminal Marítima de Pajaritos, Ver.

Las Coordenadas utilizadas son las Oficiales de la Dirección -- General de Obras Marítimas que dependen de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, teniendo su origen en la Mojonera que se encuentra localizada en el extremo Norte de la Escollera lado Oeste en Coatzacoalcos, Ver. (Bocana de dicho río).

Partiendo de la Mojonera No. con Coordenadas $y = -4736.18$ - $x = + 1859.93$; se trazó una línea auxiliar base paralela a la margen sur de la laguna de Pajaritos, colocando en los puntos de inflexión, Mojoneras dándoles valores correspondientes, localizando la línea centro del muelle en construcción (No. 4). Procediéndose a colar una plancha de concreto de 60 cm. de ancho por 40 Mts. de largo para marcar en dicho elemento las Coordenadas de los bancos de pilotes del muelle en construcción. - Este tipo de Mojonera se hizo en las abcisas como en las ordenadas (x - y)

Una vez terminada esta fase se verificó exhaustivamente los puntos de coordenadas de los bancos de pilotes de cada uno de los elementos que constituyen el Muelle No. 4. Para localizar los pilotes inclinados -- dentro de la Laguna de Pajaritos, se colocaban dos tránsitos, uno en el eje de las "X" y otro en el eje de las "Y" en la intersección de las visuales de ambos aparatos es el punto buscado para la hínca del pilote.

Cuando no era posible que la normal al eje auxiliar base fuera visible, entonces se trazaba un triángulo cualquiera con dos distancias conocidas por lo que se calculaba los dos ángulos de los extremos y se procedía en la forma anterior antes descrita.

HINCADO DE PILOTES

El proyecto del Muelle No. 4 consta de los elementos descritos con anterioridad, van sobre una serie de Bancos de Pilotes que se indican en las Tablas correspondientes a la intersección del eje de cada pilote con el plano de la elevación de recorte, que a su vez corresponde a la parte inferior de los cabezales de cada estructura.

La inclinación de los pilotes se indica en los dibujos correspondientes siendo en todos los casos 4:1 (4 Vertical, 1 Horizontal).

EL EQUIPO CON QUE SE CONTABA ERA EL SIGUIENTE:

- 1.- Chalan de 300 Tons. de capacidad.
- 1.- Grúa de 45 Tons. de capacidad.
- 1.- Martinete DeImag D-30 Diesel.
- 1.- Torre Guía de 27 Mts. de alto.
- 5.- Winches manuales.
- 5.- Boyarines.
- 5.- Ancias.
- 375 Mts. de Cable de Acero de 1" Ø.
- 1.- Lote de Herramientas Menor.
- 2.- Chalanes Cabria de 100 Tons. c/uno.

- f.- Chalan de 30 tons. adaptado para el acarreo marino de pilotes.
- g.- Remolcador Marino de 175 H.P.
- h.- Lancha con Motor Fuera de Borda para el acarreo de personal.

EL PROCEDIMIENTO QUE SE UTILIZO FUE EL SIGUIENTE

Se coloca el chalan piloteador en posición, mediante las anclas que son colocadas en la siguiente forma: tres anclas en la Proa, una ancla a Estribor, una al Centro y otra a Babor. En Popa 2 anclas, una a Babor y otra a Estribor; todas estas anclas eran unidas mediante cables de acero a los winches de maniobra manuales e indicando mediante boyarines las posiciones de las anclas en el agua. Llegando el chalan con pilotes se colocan en la Proa del chalan piloteador se procedía a estrobar el pilote para ser izado y colocarse en la guía piloteadora, teniéndose cuidado de que la sufridera del martillo quedara centrada, una vez hecho esto se retira el chalan de acarreo y sin que el pilote roce el fondo marino se empieza a ser el movimiento con los winches manuales hasta que el pilote este en su sitio, verificandose la inclinación en la torre piloteadora mediante un encantillón, se vuelve a comprobar su posición mediante los dos transitos que están en tierra, que haciendo cualquier indicación para el ajuste mediante radios portátiles, terminada esta fase se baja el pilote al fondo marino se cierra la abrazadera guía en la parte baja de la --

torre y se chocó la sufridera de la cabeza del pilote, ésto se hizo para evitar daños a los elementos de hincado.

Se dispara el martillo para iniciar la hinca del elemento llevándose un reporte de comportamiento, previamente se marcaron con pintura a cada metro de la punta hacia la cabeza su número correspondiente; véase Fig. Suspendiéndose el hincado hasta el rebote, ésto se hacía hasta alcanzar que en diez golpes penetrara el pilote 5 cms.

Terminado el hincado se retira hacia atrás el chalan piloteador para que entre el chalan proveedor é iniciar nuevamente el proceso de hincado como antes se expuso; excepto la posición de las anclas, ésto se hará cuando se cambie la localización del chalan piloteador atacando otro banco de pilotes.

RECORTE DE PILOTES

Durante el hincado de los pilotes en la secuencia indicada, se procedió al recorte de los mismos cuidando que dicho recorte no quede - - abajo del nivel indicado en el dibujo correspondiente, las longitudes de las varillas sobrantes de los pilotes no se recortarán a no ser que excedan de 2 Mts. y estorben la operación que se haga cerca del pilote, en este caso se cortarán dejando libre un mínimo de 1.20 Mts. de longitud que se alojarán posteriormente en la superestructura.

Se procedió a contraventear las cabezas de los pilotes entre sí con objeto de evitar desplazamientos de consideración entre ellos, durante el recorte y la colocación de la obra falsa.

El procedimiento de recorte se efectuó manualmente, las herramientas utilizadas fueron: Marro de 12 libras y cuña, descarnando el pilote hasta el nivel de recorte, para que posteriormente con equipo oxiacetileno cortando el sobrante.

OBRA FALSA Y CIMBRA DE CONTACTO INFERIOR

Una vez terminado el recorte de un elemento del muelle (tales como Caballetes, Duques de Alba, Plataforma de Atraque y Operación). Para ilustrar mejor esta fase de construcción, tomaremos como ejemplo: La Plataforma de Operación, ya que este elemento presentó el problema mayor de Obra falsa y de Cimbrado cuyas dimensiones son 30 x 35 Mts. como ustedes pueden apreciar es el elemento de mayores dimensiones. El procedimiento de construcción que se llevó a efecto se hizo de la siguiente manera.

1.- Se colocaron 4 abrazaderas una en cada cara del pilote con una dimensión de: 20.3 x 20.3 cms. (8" x 8"), sujetar estas por unos pernos con placa en un extremo y en el otro con tuercas el diámetro de éstos pernos son de 38.1 mm. (1.1/2"), troquelando a su máximo para que trabajen a fricción, colocándose en cada uno de los pilotes.

2.- Se procedía a colocar tubos de diámetro de 30.48 cms. (12") arriba de las abrazaderas antes descritas en el sentido longitudinal colocando un tubo en cada extremo por cada banco de pilotes, estos tubos actuaban como vigas de soportes. Para evitar un peso adicional debido a la fluctuación de mareas y se introdujera agua en las tuberías, se colocarán tapas en los extremos de dichas tuberías.

Para evitar posibles fallas de deslizamiento de las abrazaderas se colocaron estribos de la cabeza del pilote sujetando éstos tubos que actuaban con vigas ó sea se estaba haciendo un sistema colgante combinado con el sistema de abrazaderas, todos estos elementos eran verificados por la supervisión por cada uno de sus departamentos, tales como Topografía, Nivel, Cimbrado y Obra Civil. Una vez verificado ésto, se procedía a colocar los cargadores de madera de 10 x 30.5 cms. (4" x 12"), con una longitud de 4.25 Mts. en sentido transversal a una separación entre ellos de 6.90 Mts. para sujetar estos elementos a la tubería, se colocaron troqueles con alambrión de 1/4" para conservar su verticalidad, colocados éstos cargadores se vuelve a verificar su nivel, que se hará mediante cuñas, así como el troquelado de cada uno de los elementos, para finalizar con la colocación de la buela de 2.54 x 15.24 cms. (1" x 6"), con una longitud de 14.27 Mts. (14"), volviéndose verificar niveles, troqueles, etc.

ARMADO DE ACERO DE REFUERZO Y COLADO DE CONCRETO

Una vez hecha la Obra falsa y colocada la Cimbra de fondo de la Plataforma de Operación como ejemplo, se procedía al armado de dicho elemento las varillas eran cortadas y habilitadas en el patio localizado en tierra y transportadas de este lugar por medio de chalanes ó balsas construidas a expreso sobre tambores vacíos; una vez terminada ésta fase de armado de esta plataforma, vuelve a verificarse por la supervisión la separación entre varillas, diámetros, amarres, recubrimiento del fondo, colocación de drenes para agua pluvial, disparos de varillas para los muros interiores, anclajes, pasos de ductos eléctricos, etc. Concluida esta verificación se procede a colocar la cimbra de concreto lateral (costados).

cuidando de contraventear esta cimbra con la obra falsa.

Especialmente las ménsulas donde irán los apoyos para el puente de tuberías y viaductos.

Como ustedes pueden apreciar la losa que se va a colar es de una dimensión de: 30 x 35 Mts. con un espesor de 1.20 Mts. dándonos por consiguiente un volúmen de concreto de 1260 Mts. con un peso de 3024 Tons.

Es difícil por el tipo de peso a manejar y el volúmen, se procedió a colarlo por etapas en la siguiente forma: Se colocó el concreto en capas horizontales de 40 a 50 cms. la primera capa colocada sobre la cimbra se dejó endurecer, para ayudarnos a soportar el gran peso que significaba toda la estructura, sacando pruebas de laboratorio para detectar la Resistencia del Concreto a los 3 y 7 días, la segunda capa por especificación se requirió una compactación más enérgica que las subsiguientes, asegurándose en esta forma un contacto adecuado en la junta.

Como se puede observar estos colados se hicieron en tres etapas de 40 cms. cada uno. En la colocación del concreto se puso especial énfasis en evitar una segregación objetable. Para evitar la segregación, el concreto se depositó tan cerca como fué posible de su posición final y evitar que fluyera lateralmente una distancia máxima de un metro. Este colado se efectuó a travez de bombeo desde la dosificadora de Concreto al lugar de colocación, Para que el concreto fuera bombeado con facilidad, se llevó a efecto un estricto control de la mezcla ya que debía ser plástico cohesivo de resistencia mediana. Se estableció un revenimiento óptimo el cual se mantuvo a través de toda la obra, no manteniéndose revenimientos inferiores a 5 cms. ni mayores de 15 cms.

Para que una mezcla pueda bombearse satisfactoriamente a distancias largas se requiere algo más de arena y agua, para tomar en cuenta la pérdida de revenimiento como resultado de la compresión a que está sujeta la mezcla.

El tamaño máximo del agregado grueso estaba limitado por el diámetro de la tubería, la cantidad del agregado en la mezcla, la resistencia deseada y el espaciamiento del acero de refuerzo. Como regla general esta Superintendencia no permitió el empleo de agregado gruesos mayores de 38 mm. (1.1/2").

Antes de iniciar el bombeo de concreto se lubricó la tubería mediante el bombeo de un mortero de consistencia semejante a la de concreto empleado, pero sin agregado grueso. Por lo general 0.5 de M3. de mortero era suficiente para la lubricación de esta tubería que es de un diámetro de 10 cms. (4"), de aluminio para su fácil manejo, haciendo la colocación final mediante una trompa de elefante.

En esta misma forma se colaron los demás elementos de que consta este muelle.

La obra falsa y la cimbra de fondo, los laterales ó costados se retiraron cuando los cilindros de concreto que obtuvo el Laboratorio durante el proceso de colado demostraron que éstos ya habían adquirido el 70% mínimo permitido por esta Superintendencia de su resistencia.

ARMADO, CIMBRADO Y COLADO DE MUROS INTERIORES DE PLATAFORMA

Como se explicó anteriormente se dejaron ahogadas las varillas verticales de los muros interiores, dados, columnas, etc., arriba-

del nivel superior de la losa principal, procediéndose a colocar las varillas horizontales de los elementos antes descritos, verificando la supervisión la correcta colocación, número, diámetro, así como su alineamiento.- Obtenido este Visto Bueno, se procede al cimbrado de los Muros Interiores Dados, Columnas, Etc., este Cimbrado se hará con tableros de triplay marino ya que el concreto será aparente; teniendo especial cuidado en la colocación de anclajes en los dados de los ganchos de escape de las torres -- contra incendio, etc., volviéndose nuevamente a checar por la supervisión alineamiento de cimbra, nivel de enrase, troquelados, poniendo especial cuidado en los anclajes, una vez terminada esta certificación, se da la autorización para el colado de concreto, siguiendo el mismo procedimiento de construcción, anteriormente descrito.

En caso de que el proyecto nos marque muros de ladrillo recodido se construirán éstos rematándolos con una cadena de concreto armado superior, que deberá llevar anclajes necesarios para ligarlos con la losa de piso terminada. En esta etapa se colocará también los tubos que servirán para el agua contra incendio, ductos para la instalación eléctrica. O bien se dejarán los huecos necesarios para colocarlos, se hacen los disparos para los hidratantes.

Protegiendo los tubos de acero al carbón mediante una protección mecánica, que consiste en lo siguiente: Limpieza a base de raquetón y cepillo, pintura primario a base de alquitrán de hulla, una capa de esmalte a base de alquitrán de hulla, se colocó en embebido una maya de vidrioflex, que es una maya de fibra de vidrio y como acabado un fieltro de Vidromat.

MATERIAL DE RELLENO PARA LA PLATAFORMA DE OPERACION

Una vez alcanzada la Resistencia del concreto al 70%; se procedió a descimbrar muros, dados, columnas, etc., para dar paso al relleno de material de grava cementada y con un peso volumétrico de 1.6 Tons/M3. compactándose al 90% proctor standar colocándose en capas de 20 cms. teniendo el cuidado de escarificar la capa inmediata inferior en una profundidad de 3 a 5 cms. antes de colocar la siguiente capa, haciéndose su recorte al nivel indicado en el proyecto, para que posteriormente dar los cambios de pendientes para el bombeo de la losa del piso terminado.

En este punto se procederá a colocar los ganchos de escape, hidratantes, el montaje de torres contra incendio, defensas, cable para tierra, registros eléctricos, tanques metálicos de recepción de las purgas de garzas, soportes para tuberías y herraje en general.

ARMADO Y COLADO DE LA LOSA DE PISO TERMINADO.

Se inicia esta fase, una vez revisado los niveles del relleno para proceder al armado de la losa del piso terminado haciéndolo de la siguiente forma: Se habilita fierro en tierra y se transporta por medio de personal a través de los viaductos que para hacer esta fase ya estarán -- construídos, posteriormente explicaremos este punto.

Al terminar el armado vuelve una vez más a verificarse los diámetros, las separaciones de recubrimiento, etc.; procediéndose a la colocación de reglas para dar el bombeo indicado en los planos; verificándose

por medio topográfico sus niveles y proceder de inmediato al colado de la losa, utilizando el sistema de bombeo el concreto de acuerdo con lo descrito anteriormente, sacando pruebas de calidad de los concretos y dándole terminación de escobillado para evitar el derrape del personal que opera. Al terminar este punto se prepara la cimbra para las guarniciones en todo su perimetro teniendo cuidado en verificar su armado, colado, decimbrado y su acabado, dejando tubos ahogados de asbestos, cemento para las salidas de agua pluvial.

Este es el procedimiento de construcción general para todos y cada uno de los elementos que constituyen el Muelle No. 4. Expondré a continuación el procedimiento de construcción de los viaductos, tanto para vehículos, peatones y tuberías.

FABRICACIÓN DE TRABES POSTENSADAS PARA VIADUCTO DE TUBERIAS Y VEHICULOS.

Como se explicó con anterioridad se preparó una mesa para hacer precolados, esta nos servirá para la fabricación de estas Trabes, que en su caso son 22 Trabes con sección 1.30 Mts. de peralte 0.50 Mts. de patín y 0.20 Mts. de alma, variando sus longitudes desde 13.50 a 8.00 Mts. de acuerdo a sus claros en el Viaducto de Vehículos.

En el Viaducto de Tuberías fueron 108 Trabes con la siguiente sección 0.70 Mts. de peralte 0.30 Mts. de patín 0.15 Mts. de alma variando sus longitudes desde 13.50 a 8.00 Mts. Procediéndose a la fabricación de estos elementos en las siguientes formas. Se hicieron dos formas de Címbra una para el Viaducto de Vehículos y dos para el Viaducto de Tuberías dándoles a ambas la Sección Tipo I. Esta Címbra se hizo de Triplay -

Marino, haciendo Tableros y para darle terminado se forró en su parte interior ó sea la cara que presenta al colado con lámina galvanizada para dar un acabado mejor y nos diera mayor veces de usos.

Se procede al armado de dichas Trabes verificando sus separaciones y diámetro, previendo varillas a la distancia de 1/4 unos cartabones- dejando barbas de varillas en un corte de 45 donde posteriormente se cimbrarán y colocarán los Diafragmas. Todas las aristas expuestas tendrán su Chaflán, en este punto se dejan colocados los Ductos de P.V.C. flexible, donde irán alojados los alambres del preesfuerzo, estos ductos serán de un diámetro de 7.62 cms. (3"). La cantidad de ductos se colocaron de acuerdo con el preesfuerzo máximo en el momento de aplicación dividido entre la fatiga de rotura, siguiendo la catenaria que se indica en el plano Colocándose en los casos que se requiera una placa en el patín superior, donde irán colocadas las columnas del marco que soportará el segundo lecho de tubería, esta placa irá con sus correspondientes anclajes, una vez verificado todo esto, se procede a cimbrar, con los tableros previamente-prefabricados, haciéndose su troquelado y su embrizado, dejando unos barrenos en el patín superior, donde se alojarán unos Ductos de P.V.C. flexible de 1.91 cms. de diámetro (3/4"), con una equidistancia de 1.00 Mts. Esta preparación nos sirva para colocar unas escuadrás de varillas- para soportar la cimbra del viaducto de vehículos y andadores; se verifican separaciones sus chaflanes, nivel, placas para columnas, etc.; dándose se la orden de colado.

La resistencia a la compresión fué de $F'c = 350 \text{ Kg}/\text{cms.}^2$, llevando control de Laboratorio. Una vez alcanzando esta Resistencia se procede a la aplicación del Preesfuerzo en la siguiente forma: Se corta el

Acero de Preesfuerzo a la longitud requerida dejando aproximadamente 0.50 Mts. a ambos extremos de la Trabe.

Las características del Acero de Preesfuerzo fueron de una Fatiga a la ruptura de $F_r = 12.500 \text{ Kg/cm}^2$, debiendo no exceder los siguientes valores:

Esfuerzo Temporal máximo al tensar. 0.85 F_r .

Esfuerzo máximo al anclar. 0.75 F_r .

Esfuerzo máximo en operación después de descontar las pérdidas. 0.60 F_r .

El diámetro de los hilos fué 6.4 mm. (1/4") y una $A_c = 0.32 \text{ Cm}^2$.

Procediéndose a la introducción de dichos alambres a los Ductos previamente colocados antes del colado dándonos mediante un pequeño cálculo la cantidad de alambres necesarios para absolver el Preesfuerzo máximo en el momento de aplicación, dándonos por resultado que en algunas Trabes nos dieron 36 hilos, haciendo Torone de 12 hilos cada uno, ó sea que nos dió por resultado 3 Torones, otras nos dieron 24 hilos en 2 Torones y algunas de 12 hilos con un solo Toron, dependiendo como antes se explicó de la Tabla de Preesfuerzos que viene indicada en los Planos correspondientes (Ver Planos.

Una vez introducidos los alambres se procede a la limpieza de los mismos en las cabezas, colocándose los tejos en ambos extremos de las Trabes estando listos para la aplicación del Preesfuerzo mediante un Gato Hidráulico con accesorios para el tensado.

Alcanzada la tensión por hilo, que variará según otro pequeño cálculo, que será de dividir el Preesfuerzo Máximo en el momento de la aplicación entre el número de hilos, siendo nuestro caso el de 36 hilos a 3.229 Tens. por hilo menos un 15% por pérdida.

En el otro caso de 24 hilos será de 2.255 Tons. por hilo menos el 15%. Este mismo cálculo se aplicará a otras Trabes. Al estar aplicando con el Gato la tensión se introducen las cuñas dentadas de forma cónica;-- para terminar así después de dar tensión a todos y cada uno de los hilos-- que componen las Trabes. A este método se le llama "FREYSSINET"

Una vez terminada la tensión se procede al llenado de cemento - mortero del hueco existente entre la armadura del postensado y la pared - del conducto que le sirve de alojamiento; ésto tiene por objeto proteger- la armadura contra la corrosión; establecer una adherencia entre la arma- dura y el concreto para mejorar la resistencia a la rotura cuando se tra- ta de una pieza a flexión.

La inyección se verificó con las condiciones siguientes:

a).- El Mortero debe llenar completamente el Ducto sin bolsas - de aire ni de agua segregada.

b).- El Mortero no debe contener componente alguno, capas de -- atacar al acero.

c).- El Mortero después de fraguado debe presentar una Resistencia por lo menos igual a $f'c = 200 \text{ Kg/cm.}^2$.

d).- La composición del Mortero deberá ser de una parte de ce- mento y otra parte de arena limpia a proporción de 1.5 y con agua de 17 a 19 litros para ser una mezcla pastosa (Pintura Espesa).

COLOCACION Y MONTAJE DE TRABES POSTENSADAS

Al concluir las fases anteriormente descritas se procede a la - verificación de los Apoyos en Caballetes, Duques de Alba, Plataforma de -

Atrazaje y Plataforma de Operación, colocándose placas de neopleno de dureza shore No. 50 sobre ésta se coloca una lámina No. 14, después otra placa de neopleno; éstos serán los apoyos móviles, en cuanto a los apoyos Fijos se colocará única y exclusivamente una placa de neopleno, de acuerdo con las indicaciones, localización y nivel contenido en los planos de referencia. Procediéndose primeramente las Trabes que forman el Viaducto de Vehículos haciéndose en la forma siguiente: Mediante una Grúa Hidráulica con una capacidad de 35 Tons. con Llantas de Hule se transporta hasta la orilla de la Laguna o Embarcadero, para que a su vez en este punto sea tomada por el Chalan Piloteador, mediante un guarnido y en dos puntos de iza se hacer el transporte marítimo de las Trabes Postensadas, colocándolas en su sitio correspondiente. Colocando las Trabes sobre los Apoyos Móviles ó Fijos previamente colocados. Para el Puente de Tuberías se procede en igual forma, con la variante de que en par de Trabes lleva Precolados y colocados los Diafragmas; ó sea que se precoló todo el Marco, haciendo esta colocación con un Igualador en cuatro puntos de iza. En igual forma fueron Precoladas las Trabes para Peatones, haciendo igual su colocación, la separación entre las cabezas de las Trabes fué colocado Celotex como junta de expansión a la separación indicada en el Proyecto.

ARMADO Y COLADO DE DIAFRAGMAS Y LOSAS DE PISO TERMINADO
EN VIADUCTO DE VEHICULOS

Como se recordará en la fabricación de las Trabes Postensadas se dejaron preparaciones para recibir el Armado de los Diafragmas, así como unos Ductos de P.V.C. de 3/4"Ø en el Patín Superior, para ahí ser

colocadas las Escuadras que soportan unos Cargadores de Madera de 4 x 4" longitudinalmente para posteriormente colocar unos Cargadores Transversales, para finalmente colocarse la Duela de Fondo. Verificando ésto Topográficamente de Trazo y Nivel, procediéndose a la colocación del Acero de Refuerzo que se habilitó en tierra transportándolo al lugar de colocación y vuelve otra vez a verificarse por la Supervisión la Separación del Armado del Acero de Refuerzo, Diámetros, colocación de Drenes para Agua Pluvial, Anclajes para Postes de Alumbrado, Disparos de Ductos Eléctricos, -- Colocación de Cable para Tierras, Verificación de Recubrimiento, Ventanas para el paso de Ductos Eléctricos en los Driafragmas, Placas para soportar las Escuadras de Ductos Eléctricos, así como la preparación para el Colado de los Barandales, etc. Terminada ésta Supervisión se dió la orden de colado con los lineamientos que se explicaron anteriormente, para la colocación y bombeo de concreto.

Dándose la orden de decimbrado hasta obtener cuando menos en 70% de Resistencia a la Compresión que en este caso será de un $F'c=250$ kg/cm.2. Al terminar esta fase de precede al Armado, Cimbrado y Colado de los Barandales, siguiendo los lineamientos que se describieron con anterioridad con todas sus fases de verificaciones, dando por concluida la construcción de los Viaductos para Vehículos.

COLOCACION DE DEFENSAS DE BORNEO Y DEFENSAS FIJAS VERTICALES Y HORIZONTALES

Como ya hablamos con anterioridad del Número de Defensas por Paramento de Atraque en cada uno de los Elementos que constituyen este Muelle así como ustedes recordarán también que al estar haciendo los Co-

lados de los Muros Perimetrales se dejaron ahogadas los correspondientes Anclajes para que en este punto se proceda a la colocación de las Defensas de Atraque y de Borneo.

Los tipos de Defensas de Atraque corresponden a las fabricadas por Bridgestone Tire Co. L.T.D. fueron colocadas de acuerdo con la Tabla contenidas en los Planos de Proyecto. (Ver Plano).

Las Defensas de Borneo son fabricadas por la Shibata Industrial Co. L.T.D. en la cantidad y dimensiones que se describieron con anterioridad. (Ver Plano).

SOLDADURA Y MONTAJE DE LINEAS DE SERVS. Y PRODUCTOS.

Antes de iniciar esta fase de construcción se hace una Selección y Prueba de Personal que va a intervenir en la Soldadura, de acuerdo con las Especificaciones y Códigos Vigentes, ya que todas las líneas irán verificadas en sus Juntas por Pruebas Indestructibles (Rayos X), -- para una correcta aplicación de la Soldadura. Una vez aprobado el Personal (Soldadores); se procede con un grupo a la Prefabricación de los -- Cabezales de Llegada donde se localizan las Garzas Marinas. Otro grupo -- está destinado al Montaje, Alineación, y Punteo con Soldadura de Tuberías Rectas, una vez que se tiene alineada, se procede al soldado de la Junta para que posteriormente se tome una Prueba Radiográfica de dicha Junta, para verificar las posibles fallas, ó la aceptación de la Junta. Como ustedes pueden observar este tipo de labor se hace en conjunto hasta llegar al Armado de todo el Sistema, (Ver Plano). Verificándose que todas las líneas de tuberías en su alineación, nivel y sopórtes el tipo y cantidad que indica el Proyecto. Este tipo de Herraje fué previamente-

ordenado para su fabricación.

Una vez obtenido el Visto Bueno de la Supervisión, se dará la orden para el llenado de agua y proceder a la Prueba Hidrostática de cada una de dichas líneas, hasta alcanzar la presión que nos indique el Proyecto, manteniéndola durante 24 horas mediante un registro que está Sancionado por un Representante de la Secretaría de Industria y Comercio, así como por los Técnicos de Petróleos Mexicanos, concluida esta Prueba se desfogará y se lava para extraer posibles elementos extraños.

LAS LINEAS CON QUE CONTARA ESTE MUELLE SERAN LAS SIGUIENTES

Crudo 24" Ø	2 Líneas.
Diesel 12" Ø.	2 Líneas.
Gasolinas 12" Ø	2 Líneas.
Kerosina 12" Ø.	2 Líneas.
Combustóleo 20" Ø	2 Líneas.
Lastre 20" Ø	2 Líneas.
Agua Tratada 6" Ø	2 Líneas.
Agua Dulce 6" Ø	2 Líneas.
Vapor 8" Ø	2 Líneas.
Aire 3" Ø.	2 Líneas.
Combustibles a Barcos 6" Ø.	2 Líneas.
Agua Contra Incendio 12" Ø.	2 Líneas.

MONTAJE DE GARZAS MARINAS

Al tener concluido los cabezales de llegadas, se procede a la colocación de las Garzas Marinas en la siguiente forma: Se limpia la base de concreto, así como las cuerdas de las anclas, que se dejaron previamente se colocan Placas de Nivel, dando el Grout correspondiente ó sea la elevación del nivel de la base de concreto, al nivel inferior de la placa del pedestal de la garza, se este pedestal y ese espacio que se dejó, se inyecta con un Mortero rico en cemento y semi seco, se instalan las tuercas sobre los tornillos de anclaje y se verificá nuevamente, que la cara de la brida del cople elevado debe estar horizontal. Para proceder a la colocación de los brazos sobre este cople, de acuerdo al Instructivo de la Casa Fabricante seleccionando el Método más conveniente según el Equipo disponible. Una vez instalado el Pantógrafo, se instalan los Contrapesos Principales y Secundarios, usando las dimensiones del Centro de Gravedad mostrado en el dibujo de ensamble.

Los ajustes finales de los Contrapesos y Cables se harán al final colocándose las válvulas rompedora de varfos y otros accesorios. Consecuentemente a la terminación de esta fase, se instaló el Equipo Eléctrico e Hidráulico con lo que será movido dichos Pantógrafos, poniendo especial cuidado al instalarse el Sistema Hidráulico, limpiando cada componente tanto de Tuberías como de Mangueras, suficiente Aceite Hidráulico para llenar el Sistema y así estar listos para la aceptación final. Los Materiales y Equipos Eléctricos serán a Prueba de Explosión todo el Banco de Garzas Marinas irán a Tierra de acuerdo con los Códigos predominantes y las Especificaciones (Véanse Planos y Especificaciones de Fabricante).

COLOCACION Y MONTAJE DE TORRES CONTRA INCENDIO E HIDRATANTES

Con anterioridad se hizo mención a la cantidad posición de Torres Contra Incendio e Hidratantes. Las Torres Contra Incendio fueron -- prefabricadas en este punto son colocadas en sus bases procediendo a anclarias, nivelarias y haciendo su conexión al sistema de contra incendio, colocando el Monitor, así como sus Válvulas correspondientes en todas y cada una de las Torres Contra Incendio e Hidratantes, para hacer su prueba final de acuerdo con las Normas de Seguridad vigente.

INSTALACION DE FUERZA Y ALUMBRADO

Para llevar a cabo la instalación Eléctrica de los Muelles Petroleros es indispensable hacer una clasificación del Tipo de Local ó -- lugar como lo especifica el Capítulo V del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas; el Artículo No. 30 de este Capítulo nos hace una Clasificación de locales Peligrosos y que resumiendo son los siguientes:

Lugares en los cuales existan continua o periódicamente y que se manejen, traten ó empleen Concentraciones Peligrosas de Gases ó Vapores Inflamables, Líquidos Volátiles Inflamables ó Gases Inflamables; y -- que éstas sustancias puedan existir debido a operaciones de Reparación ó Mantenimiento, ó debido a Pérdidas, así como a Escapes que pueda haber debido a Rupturas Accidentales.

También se hace una Clasificación de Grupos Atmosféricos y son los siguientes:

Grupos A, B, C, D, E, F y G. los cuáles resumiéndolos son:

Atmósferas que contienen Acetileno, Hidrógeno, Vapores de Eter-Etílico, Etileno, Ciclopropano, Gasolina, Exano, Nafta, Butano, Propano ó Gas Natural; Atmósfera que contienen Polvo Metálico incluyendo Aluminio, Magnesio y otros Metales así mismo Peligrosos.

Con esta breve descripción la Plataforma de Operación así como el Muelle en General (Aunque en menor proporción se clasifica como un lugar peligroso quedando dentro de los Grupos B, C, D, Clases I División -- 1, 2; ya que es en la Plataforma de Operación donde se llevan a cabo las mayores Concentraciones de Gases y Vapores Explosivos debido a la continua operación de Carga y Descarga de los Buques Tanques con los Diversos Productos que opera Petróleos Mexicanos.

INSTALACION DE CANALIZACIONES Y EQUIPO

La instalación de Canalizaciones y de Equipo Eléctrico en locales Peligrosos en este caso los Muelles Petroleros deben ser a prueba de explosión y que se entienda encerrado en una Caja que sea capaz de resistir sin dañarse ni transmitir al exterior flamas ó chispas y cualquier -- Explosión de Gas o Vapor que pudiera ocurrir en su interior. Las Canalizaciones se hacen por medio de Tubo Conduit Metálico de Pared Gruesa con -- uniones roscadas y las cuales cuando es necesario que vayan acopladas a -- cajas o accesorios de conexiones deben proveerse de los medios adecuados para evitar la entrada de los Gases ó Vapores Explosivos.

a las Tomas de los Buques Tanques. Actualmente la distribución de Alumbra-
do de un Muelle se lleva a cabo por medio de Reflectores de Vapor de Mer-
curio de 400 Watts. a 220 Volts. y colocados por medio de Postes a una Al-
tura de 10 Mts. sobre el Nivel Piso Terminado; todos los Reflectores que
se montan a lo largo del Muelle se orientan de tal forma que su Haz Lumi-
noso sea de Norte a Sur con objeto de evitar el Deslumbramiento a los - -
Prácticos que Operan el Atraque de los Buques Tanques.

Todo Muelle debe contar en cada Extremo con Luces de Situación
que limiten las Bandas de Atraque del Muelle, colocándose una Luz Rojo en
la Banda izquierda y una Luz Verde en la Banda Derecha; el Tipo de Lámpa-
ra que se monta es Transistorizada con un Cambiador Automático de 4 Focos
y Fococelda Solar, el calcance de la Lámpara es de 5 Millas en condiciones
de Visibilidad Normal y su Alimentación es a través de una Banco de Bate-
rías que proporcionan 12 Volts. en Corriente Directa a la vez este Banco
es alimentado a través de un Cargador con objeto de que no haya disminu-
ción en la Carga de la Batería.

LOS SISTEMAS DE COMUNICACION

Con los que cuenta todo Muelle Petrolero es a base de Telefonos
Instalados en los Cuartos de Control que se localizan en la Plataforma de
Operación; estos Teléfonos son del Servicio de Microondas que Opera Pe-
tróleos Mexicanos en todas sus Instalaciones, el Servicio que proporcio-
nan estas Unidades es de vital importancia ya que establece la Comunica-
ción entre el Personal encargado de operar la Conexión y Apertura de Vál-
vulas para el Paso de Producto a los Larcos con el Personal encargado de

operar las Estaciones de Bombeo. Así como entre los Capitanes del Buque y el Departamento de Operaciones Marinas.

LOS MUELLES CUENTAN ADEMAS CON SERVICIOS AUXILIARES COMO SON:

El Cable de Tierra para Conexión a Bordo del Buque para Descargarlo de la Corriente Estática, así como Tomas de Corriente Eléctrica para Alumbrado exclusivamente de las Embarcaciones, en caso de Emergencia - estas Tomas deben tener una capacidad de 48 kilowatts. a 440 Volts.

Anteriormente los Tableros de Alumbrado, Tableros de Fuerza y - en sí todo el Equipo que acompaña el Centro de Control, se instalaban en - la Planta Inferior del Cuarto de Control quedando localizados por este -- motivo en la Plataforma de Operación, con el tiempo se observó que eran - inoperantes para un buen manejo por parte del Personal encargado ya que - originaba molestias a la hora de su Mantenimiento por encontrarse en un - Area Peligrosa, ésto motivó que todo el Centro de Control del Sistema de - Fuerza y Alumbrado se vaya a instalar en el Muelle No. 4 fuera de éste, - llevando únicamente al Interior del Muelle las Canalizaciones Eléctricas - de Fuerza y Alumbrado; así como el Sistema de la Red de Tierra.

Esta modificación trae consigo un ahorro considerable en la adquisición de Materiales ya que el Centro de Control no deberá ser a Prueba de Explosión, sino del Tipo " NEMA 1.

PINTURA Y ACABADO EN TUBERIAS ESTRUCTURAS
DE ACERO Y OBRA CIVIL.

En vista de las condiciones de exposición de las Instalaciones Marítimas, sabiéndose que se trabajará en un ambiente húmedo y salino, -- con Gases derivados del Azufre, se buscó el mejor sistema para la aplicación de los Recubrimientos que a continuación voy a exponer.

TUBERIAS Y ESTRUCTURAS METALICAS.- Se inicia haciendo una limpieza con Chorro de Arena a Metal Blanco, usándose como Primario un Inorgánico de Zinc Tipo Autocurante ó sea que se obtiene una Insolubilización por sí mismo sin requerir de ninguna Solución que se aplique posteriormente, las características de este Primario es sumamente Duro y Resistente a la Abración, con excelente Resistencia a la mayoría de los Solventes a -- los Ambientes Húmedos, Salinos y Marinos.

Las Pruebas Químicas se realizarán después de las 24 Horas de -- Secado y dándose un Espesor de Recubrimiento con una Mano de Pintura de -- 2.5 - 3 Milésimas y después del tiempo correspondiente de Recuperación -- este Recubrimiento no debe mostrar Ablandamiento, Ampollamiento, Agrietamiento, ó pérdida de adhesión.

Aplicando posteriormente a un Acabado Vinílico de Altos Sólidos cuya Especificación se refiere a un Recubrimiento a base de Resinas Vinílicas Plastificante, Pigmentos Colorantes Inertes y Solventes; formando -- una Película Mate, Dura, de Alta Resistencia Mecánica y con una excelente Resistencia a las condiciones de Exposición antes citadas. Las Pruebas -- Químicas se efectuarán después de 48 horas de su aplicación y el Recubrimiento de 3 Mils, por Mano y el Número de Manos será de Dos; para que el-

Recubrimiento sea efectivo no debiendo mostrar después de su Recuperación; Ablandamiento, Ampollamiento, Agrietamiento, ó Pérdida de Adhesión.

OBRA CIVIL, PARAMENTOS DE MUELLE, BARANDALES
DE CONCRETO, GUARNICIONES, ETC.

Se inicia con la preparación de las Superficies de Concreto en Paredes, Parapetos, Barandales a base de limpieza con ácido Muriático Comercial y Lavado con Agua Dulce hasta dejarla limpia dicha superficie, -- concluyendo esta operación se aplica el Primario Vinil epoxico Modificado, esta Especificación se refiere a un Primario a base de Pigmentos -- Inhibidores de Plomo, Oxido de Hierro, Inertes y un Vehículo Vinílico con modificación Epoxi - Fenolico. Sus características es de una excepcional -- Adherencia, una gran Compactibilidad con diversos Recubrimientos. Excelente capacidad para detener la Corrosión bajo la Película, Resistente al -- Ambiente Húmedo y Salino con Gases Derivados del Azufre. Las Pruebas Químicas se efectuarán después de 72 Horas y el Recubrimiento será de un Espesor de 1 Mls. por Mano, aplicándose Dos Nanos de este Primario.

El Acabado se dará con el Vinílico Altos Sólidos que anteriormente fué descrito.

La Tabla de Colores Convencionales para Pintar las Instalaciones Portuarias de Petroleos Mexicanos son:

Garzas. Color Blanco con Franja de 20 cms. de Ancho en el Brazo Secundario distintivo del Producto que Maneja.

Estructura de Operación de Garzas.	Color Naranja.
Casetas de Control	Color Blanco.
Elementos de Amarre	
Ganchos, Bitas, Cornamusas	Color Naranja.
Parapetos y Barandales	Color Naranja.
Guarniciones	Color Blanco.
Enrejado Irving.	Color Negro.
Paramento del Muelle	En Cuadros Alternados de 2 x 2 Mts Color Blanco y Color Baranja.
Torres y Líneas Contra Incendio.	Color Rojo.
Postes de Alumbrado	Color Verde Claro desde el Nivel. de Piso hasta 2 Mts. de Altura Resto color Blanco.
Defensas.	Color Negro.
Escaleras.	Color Negro.
Tuberías	Color Blanco con Franjas de 20 -- cms. de Ancho a cada 10 Mts. Dis- tintivos del Producto que Manejan.

COLORES DISTINTIVOS DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS.

Gasolina Super.	Color Amarillo.
Gasolina Nova.	Color Crema.
Diesel.	Color Café.
Lastre.	Color Gris Oscuro.

Agua Potable. Color Azul Oscuro.
Kerosina: Color Verde Claro.
Aire. Color Amarillo Claro.
Vapor Sin color van Aisladas.
Combustóleo Sin color van Aisladas.

•

•

•



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



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

DIQUES SECOS Y VARADEROS

ING. MANUEL REPETTO CASANOVA

OCTUBRE, 1979.

DIQUES SECOS Y VARADEROS:

Las instalaciones donde se reparan o se construyen barcos en los puertos, reciben el nombre de Astilleros cuando se trata de construcciones Civiles y si se trata de Militares se les llama Arsenales.

En estas instalaciones cuando están bien equipadas, tiene especial importancia la estructura que aleja o sostiene al barco ya sea durante su reparación o durante su construcción y los elementos requeridos para sacar el casco del agua - en caso de reparaciones o bajar el casco al agua en caso de construcción.

Se cuenta con una gran variedad de instalaciones para el caso, pero se pueden resumir en la siguiente forma:

- 1).- Varaderos y plataformas de marea.
- 2).- Gradas.
- 3).- Diques flotantes.
- 4).- Elevadores.
- 5).- Diques secos.

1.- Los varaderos y plataformas de marea son los más antiguos y más simples - medios para reparar cascos de embarcaciones, pero desde luego tienen sus limitaciones.

Se pueden emplear en los puertos con gran amplitud de marea y con barcos pequeños. El procedimiento que se sigue es el siguiente: a marea alta se acerca el barco lo más posible a la playa en un lugar bien protegido del oleaje y se amarra a tierra y al descender la marea la quilla toca el fondo y el barco encara hacia uno de los lados. Se trabaja en el casco en el lado que queda en seco y luego que se ha terminado ese lado con ayuda de las mareas se pone a flote nuevamente y se vuelve a repetir la operación con el otro lado. Esto dando lugar a veces sus riesgos y sólo se utiliza en puertos no equipados y cuando se

quedo otra alternativa.

En el Puerto de Salina Cruz, Oax. empleaban este procedimiento hasta el año de 1960 los barcos pesqueros, pues aunque existía ya el Dique Seco más grande que hasta la fecha hay en la República se comprende que no resultaba --- costoso para una embarcación de pequeño tonelaje hacer el gasto que representa la operación y utilización del Dique Seco. En ocasiones se pensaban de acuerdo diversos armadores para subir a Dique 6 u 8 embarcaciones y les --- resultara menos oneroso.

La plataforma de marea constituye una modificación y una mejora al rudimentario procedimiento descrito antes. Consiste en una plataforma sobre pilotes con el piso un poco arriba de la marea baja. Se coloca el barco sobre dicha plataforma aprovechando la marea alta, se amarra debidamente y al venir la marea baja descubre el casco lo cual se aprovecha para repararlo. Se comprende que al subir de nuevo la marea el trabajo se suspende y se vuelve a reanudar hasta que se tiene de nuevo la baja marea. Se utiliza también en embarcaciones pequeñas.

Estas plataformas se establecen en aguas tranquilas pues de haber oleaje --- dañaría el barco.

El piso de las plataformas está formado por vigas apoyadas en los pilotes y solamente hay un piso para maniobras en la parte exterior.

3.- Las gradas o planos inclinados son estructuras que generalmente se utilizan para la construcción de barcos aunque también se utilizan para la reparación de barcos de tonelaje medio.

Hay Astilleros en el mundo en donde se utilizan gradas de construcción para barcos de gran tonelaje.

La grada está formada por un viaducto con pendiente hacia el mar y penetra en él hasta una profundidad mayor que el calado del barco más grande para el que fue diseñada. La longitud de dicho viaducto es de 3 a 4 veces la eslora

del mayor barce que hará uso de ella. De dicha longitud por lo general las $\frac{2}{3}$ partes se encuentran dentro del agua y se llama antegrada y la otra $\frac{1}{3}$ parte que sale a tierra se llama grada.

Las pendientes que se utilizan son desde 1:13 a 1:25. La pendiente no es uniforme, se hace en forma de curva vertical con un radio muy grande e bien se hacen con pendientes diferentes la grada y la antegrada, más pronunciada la pendiente de esta última. Esto se hace para facilitar la botadura.

Las gradas de construcción como antes se menciona se utilizan hasta para barcos de gran tonelaje, pues en la botadura interviene la fuerza de gravedad ayudando; en cambio para gradas de reparación el tamaño se limita a barcos de no más de 5,000 Ton. pues la subida hay que hacerla por medios mecánicos y requiere mucha energía. Además en las gradas de construcción sólo se construye el casco y una vez que pueda fletar se le ponen el resto de los elementos, como son máquinas, compartimientos, castillos, etc. En los barcos que suben a reparación hay que subir el peso total del barco y en ocasiones hasta con algo de carga, de acuerdo a las circunstancias.

En las gradas de reparación generalmente se colocan de 2 a 4 vías de acero apoyadas en largueros los cuales se apoyan en travesaños y estos a su vez se apoyan en los pilotes o pilas de cimentación que constituyen los elementos de la subestructura.

Sobre las vías corre una estructura llamada cuna, formada de largueros y travesaños y dotada de unas piezas llamadas picaderos que son los que reciben la quilla del barco. Estas cunas pueden ser de construcción bastante sencilla acorde con el tamaño de la embarcación. Para varar un barco se mueve la cuna hasta el extremo inferior de la antegrada y se coloca el barco encima, calzándole convenientemente, después por medio de cables de acero y de winches colocados en el extremo superior de la grada, se hala la cuna -

conteniendo el barco, hasta quedar el casco en seco. Se fija la cuna por medio de dispositivos que evitan que el barco se deslice en caso que un cable se rompa. La potencia requerida para subir el barco está en función directa del peso del mismo, del peso de la cuna, de la efectividad del mecanismo de deslizamiento y de la pendiente de la grada.

Estas cunas se pueden hacer en tal forma que el barco quede horizontal al ser varado o bien inclinado con la misma pendiente de la grada. En el primer caso la altura de la cuna es variable siendo menos en la parte que cae a tierra, todo en función de la pendiente.

Las gradas pueden ser longitudinales o transversales. Las longitudinales se usan cuando se cuenta con espacios de agua suficientemente amplios y que la anegada no constituya problemas para la navegación dado que en ocasiones tienen que internarse mucho en el mar. Este inconveniente limita en muchas ocasiones el empleo de las gradas longitudinales y hay que recurrir a las gradas transversales que se construyen paralelas a la playa o a la margen del río.

Siendo así disminuye su longitud, sin embargo como la potencia para la tracción es proporcional a la pendiente se requiere mayor capacidad en los winches para lograr la misma velocidad de maniobra de varado a igualdad de peso a manejar con relación a las gradas longitudinales.

Las gradas de construcción difieren de las de reparación en que en las primeras la cuna no está formada por una estructura permanente, independiente de la embarcación, está formada por 2 piezas longitudinales unidas firmemente al casco siguiendo la forma de este. Estas piezas son de madera dura, descansan sobre las vías y estas a su vez sobre los muertos. Para la botadura de un barco se utilizan lubricantes como sebo, grasas, jabón, etc. entre la

cuna y la vía y se hace deslizar la embarcación.

Por lo general las gradas de reparación no requieren de accesorios especiales. Se emplean andamios y en ocasiones guindolas colgadas de la borda. Para mover piezas pesadas se emplean los elementos de izaje del barco. Las gradas de construcción sí deben de contar con grúas potentes y sobre todo muy altas pues hay que mover piezas que deben pasar sobre la cubierta de los barcos, a eso agréguese la altura de la grada. Hay embarcaciones con puntales del orden de 30 m., de manera que se pueden requerir grúas hasta de 40 m. de altura.

Los "Talleres" forman un renglón muy importante para complementar tanto las gradas de construcción como las de reparación. Este se hace extensivo a los Diques Flotantes, los elevadores y los Diques Secos.

3.- Elevadores.- Antes se utilizaba este procedimiento que consiste en plataformas unidas a tierra por columnas. Estas plataformas se sumergen, reciben el barco y luego son izadas con todo y barco empleando fuerza mecánica con sistema hidráulico o bien otro sistema. Cuando la plataforma la constituyen elementos estancos que pueden ser llenados de agua o vaciados a voluntad se les llama Diques Semi-Flotantes.

En Salina Cruz se construyó hace unos 6 años una estructura que cae dentro de la clasificación de elevadores. Se llama sincroelevador y consiste en una plataforma metálica que se hunde, entra el barco y luego es izada la plataforma con el barco en ella.

La plataforma está sostenida de columnas que se encuentran a los costados y el ascenso y descenso de ella es controlado por winches operados por motores eléctricos debidamente sincronizados para que el movimiento de

ascenso y descenso sea parejo; eso es precisamente lo que da nombre al sistema. Se construyó para barcos de mediano tonelaje y se planeaba construir uno para barcos pesqueros que constituyen el mayor número de embarcaciones que operan en esa zona.

4.- Diques Flotantes.— Al mencionar los mecanismos elevadores se habló de los Diques semi-flotantes. Cuando la plataforma no está unida a la playa sino que es independiente se tiene lo que se llama un Dique Flotante.

Los Diques Flotantes están formados por compartimientos estancos tanto en lo que forma el sistema de piso como los muros laterales. Generalmente son metálicos en la actualidad. Deben ser suficientemente resistentes para que el poder de flotación de los muros y del fondo soporten el peso de un barco como carga concentrada en las líneas de picaderos, además su peso propio y el peso del equipo de bombeo.

El modo de operar es el siguiente:

Se inunda y se hunde el Dique con la línea de picaderos debidamente acondicionada al barco que va a hacer uso de él, una vez que entra el barco se comienza a bombear el agua tanto de las paredes como de los pontones del fondo y va emergiendo hasta que el barco y el piso del Dique quedan en seco.

Se requieren fosas profundas para el hundimiento de estos diques, considérese el tirante del barco más grande que pueda alojar, mas el grueso del pontón del fondo, mas la altura de picaderos, mas un margen entre picaderos y el fondo del barco cuando entra.

Supóngase un barco que cale 7.00 m. y el dique tenga 4.00 m. de espesor

en los pontones del fondo, se tendrá: $7.00 + 4.00 + 1.30 + 1.00 = 13.30$ m. Estas profundidades en ocasiones constituyen una limitación grande al uso de los Diques Flotantes.

Como puntos a su favor tienen su costo relativamente bajo con relación a los Diques Secos, bajo costo de instalación, rapidez de construcción y pueden ser equipados con ellos Puertos de pocos recursos, ya que se construyen en Puertos con astilleros especializados y luego se transportan a los sitios donde se requieran, remolcándolos.

En el Puerto de Veracruz se cuenta con un Dique Flotante adquirida en España. Es el más grande de la República. Cuenta con una capacidad de levante de 13,000 Tons. Su eslora es de 175.00 m., su manga es de 32.00 m. En él se pueden reparar los barcos más grandes que tenga la flota mexicana en la actualidad. La fosa donde se hunde tiene 15.00 m. de profundidad. Es autecarenante pues su fondo está formado por 7 pontones que pueden ser removidos individualmente para sus reparaciones y tienen una longitud tal que caben en la manga del Dique.

Su rigidez se la proporcionan las paredes que son continuas.

En términos generales las características de un Dique Flotante pueden considerarse como sigue:

La longitud será 0.9 de la eslora del mayor barco para el que sea diseñado.

El ancho de la plataforma igual a la manga del barco mas una distancia de 2.50 m.

El grueso de las paredes laterales será 0.45 del calado del barco.

La altura mínima del pontón del fondo 0.6 del calado del barco.

#####

La altura mínima de los muros laterales será el calado del barco, mas - la altura de picaderos, mas un borde libre.

5.- Diques Secos: - Un dique seco es un vaso excavado cercano a las -- dársenas, con una entrada que se puede cerrar con una compuerta y que - cuenta con medios para extraerle el agua, vaciándole totalmente.

Los diques secos por lo general se construyen en las zonas más abriga-- das de las dársenas aunque se procura que exista fácil acceso a ellos.

Operan de la manera siguiente: estando abierta la entrada, el nivel del agua en el interior y en el exterior de él es el mismo, se introduce el barco, se cierra la entrada y se extrae el agua del interior por bombeo, a medida que disminuye el nivel del agua se va asegurando el barco ape-- yándolo en una o mas líneas de picaderos y con tornapuntas, una vez que se ha extraído toda el agua se procede a las reparaciones del casco, -- trabajando totalmente en seco.

Es la mejor forma para hacer reparaciones a los barcos aunque tiene el inconveniente que su coste inicial es mucho mayor que el de los diques- fletantes.

En este tipo de estructuras se han construido a la fecha las embarcaci-- nes de mayor tamaño que hay en el mundo.

Antes se construían con sus muros laterales escalenados hacia el inte-- rior del cárcame, ahora la tendencia en los nuevos diques es hacer las- paredes interiores verticales.

Hay diques secos para reparación de barcos y diques secos para construc-- ción. La diferencia principal estriba en la profundidad del mismo, requi-- riéndose mayor profundidad en los de reparación, ya que el barco cala -- más, pues ya cuenta con todas sus instalaciones y además es posible

que entre cargado en algunas ocasiones, dependiendo de las circunstancias.

En la República Mexicana existen a la fecha 2 diques secos dignos de tomarse en cuenta, el mayor está en el Puerto de Salina Cruz, Oax. y está operando desde principios de siglo. El vaso tiene 180 m. de largo, 30 m. de ancho, 10.50 m. de altura de agua.

El otro dique seco importante se encuentra en San Juan de Ulúa, Ver. y tiene las dimensiones siguientes: largo 150.00 m, ancho: 23.50 m. y altura de agua: 9.00 m.

Ambos son para reparaciones de buques.

En estas fechas está en proyecto la construcción de un Dique Seco en San Juan de Ulúa, de 269 m. de longitud, 36 m. de ancho y una profundidad de 6.00 m. medidos a partir de la marea baja. Al concluirse — éste será el dique seco más grande de México. Se trata de un dique seco de construcción y se podrán construir en él barcos hasta de — 80,000 Ton. Con él se colocaría el país si no a la altura de los países más adelantados en la industria naval, sí al menos significaría un paso gigante hacia adelante en la construcción naval.

Se habló que los diques modernos tienen una sección transversal con paredes verticales en casi toda su altura, eso se debe a que la forma de las embarcaciones de transporte modernas tienen una sección transversal casi rectangular.

El ancho considerable que tienen los diques secos modernos y la forma rectangular, reducen la contribución de las paredes laterales y el terreno que las rodea en el equilibrio de la subpresión hidráulica sobre la estructura.

###

Este factor agregado al amplio uso de estructuras de concreto relativamente ligeras y ataguías de retención, limita la aplicación de soluciones de gravedad donde el peso muerto total de la estructura equilibre la subpresión.

Al no considerar la ayuda de los muros laterales para equilibrar la subpresión, las losas del fondo necesitarían un espesor considerable para equilibrar la subpresión hidráulica por su propio peso, a menos que se encuentren soluciones para aliviarla, ya sea por drenaje o anclaje al suelo subyacente.

Las soluciones de gravedad para diques grandes por lo menos, requieren volúmenes considerables de concreto y profundidades de desecación que encarecen y retrasan la obra.

Los diques de fondo drenado son la mejor solución para suelos con una permeabilidad de hasta 10^{-3} cm/seg.

El grado de permeabilidad permite el desagüe del foso del dique para vaciarlo totalmente.

Para valores de permeabilidad en exceso del límite citado 10^{-3} cm/seg. como regla, la pérdida de presión hidráulica remanente hace que no sea factible la solución del fondo drenado. No obstante, este límite no debe tomarse rígidamente, ya que circunstancias especiales, pueden justificar excepciones.

Se notará que la correlación entre el coeficiente de permeabilidad y la factibilidad de la solución antes mencionada, supone un suelo razonablemente homogéneo y no toma en cuenta la posibilidad de limitar la corriente del agua que llega, con cortinas de retención o inyección del

####

suele, ya sea en bases generalizadas o simplemente en áreas de permeabilidad excepcional.

El anclaje sistemático del fondo de los diques secos en terrenos con comportamiento de suelo granular se considera que comenzó a mediados de los cincuenta. En algunos casos se han empleado anclajes con cables pretensados e postensados, mientras que en otros se han usado pilotes de concreto colados en el lugar.

Los diques secos se componen de los elementos siguientes: a).- El cárcamo propiamente dicho. b).- La compuerta o elemento de cierre. c).- El equipo de bombeo. d).- Mecanismo de llenado. e).- Servicios de energía, aire comprimido, soldadura, vapor, etc. f).- Elementos auxiliares.

Dique Seco en Monfalcone, Trieste.- Se trata de un dique de "construcción". En él se pueden construir barcos de gran tonelaje, hasta de 350,000 T.P.M.

Sus dimensiones son las siguientes: largo 355 m., ancho 56 m., y profundidad 8,50 m., medidos desde el nivel medio del mar. Se encuentra en el mar Adriático en una zona muy tranquila, es decir no hay oleaje. La cota del nivel del piso a la altura de la compuerta es de 2,80 m.

Está dotado de 2 grúas puente de 300 Ton. de capacidad cada una con las patas separadas 85 m. y tienen una altura libre de gancho de 50 m., contados a partir del hongo del riel. Uno de dichos rieles queda precisamente encima de uno de los muros laterales que forman el vaso del dique, de manera que los muros laterales tienen una sección diferente uno de otro, dado la mayor carga que tiene que soportar, el que tiene el riel para la grúa tiene que estar más reforzado que el otro.

Para la construcción del dique se construyó una pantalla impermeable - que protegiera la zona de las excavaciones. Esta pantalla se hizo apoyándose en terrenos constituidos por las viejas instalaciones del astillero, mientras que una cuarta parte aproximadamente se construyó apoyándose en un terraplén hecho especialmente con este fin, dentro del mar.

La pantalla se hizo perimetral, aproximadamente a 30 m. de separación del trazo donde irían los muros del vaso. Se hicieron también 3 pantallas intermedias a modo de dividir la zona en 4 secciones de trabajo - no muy extensas, disminuir el bombeo por filtraciones y poder trabajar casi en seco.

La pantalla construída fué de tipo continuo y se hizo llegar hasta - - profundidades donde se lograra que las filtraciones fueran mínimas. El terreno interior a la pantalla se dejó con su talud natural, con el -- fin de contrarrestar los empujes combinados del terreno y del agua que actuarían desde el exterior de la pantalla.

Una vez hecho esto se iniciaron las excavaciones por secciones, como si se tratara de una obra en tierra.

La losa de piso del dique se apoyó y ancló al terreno para resistir la subpresión y al mismo tiempo resistir las cargas del barco.

El procedimiento de apoyo y anclaje fué diferente según las condiciones geológicas del terreno en cada zona específica. Así en la zona de la losa que no apoya directamente sobre la roca, los anclajes fueron hechos con aceros especiales redondos, cementados en la roca subyacente mediante inyecciones de mezclas de cemento.

El procedimiento fué el siguiente: Se hicieron agujeros de 2.00 m. x 0.80 m. con ayuda de bentonita para asegurar la estabilidad de las paredes, la excavación se continuó con esta sección hasta penetrar 60 cm. en la roca. El perfil de ésta variaba desde la cota -12.50 m. a -22.50 m. considerando el nivel de piso terminado del fondo del dique con cota -8.50 m. A partir de esos 60 cm. excavados en la roca se taladraba ésta alrededor de 7.50 m., el taladro era de 135 mm. de diámetro.

Después se introducían 3 aceros redondos Dywidag de 26 mm. de diámetro cada uno formando paquete que llegaban hasta el fondo del taladro, se introducía una camisa metálica de 130 mm. de diámetro que se hacía llegar a 2.00 m. aproximadamente debajo del perfil de la roca. Luego envolviendo a los anteriores se colocaba otra camisa de tubo metálico de 180 mm. de diámetro interior que se hacía llegar hasta 60 cm. debajo del perfil de la roca.

Se procedía a colar la sección de 2.00 m. x 0.80 m., respetando los tubos, el colado se hacía hasta el nivel de la cara inferior de la losa de piso la cual tiene 1.40 m. de espesor. Después se colaba la losa de piso del dique, luego con bomba y agua a presión de 7 kg/cm². se lavaban las tuberías que servían de camisas y se procedía a cementar los 6.00 m. inferiores de las varillas encajadas en la roca, para esto se empleaba un aditivo expansor. Una vez que este colado había adquirido suficiente resistencia mecánica o sea a los 10 o 15 días, se procedía a tensar los aceros, anclarlos en su extremo superior y después a colar en el interior de los tubos; por último se procedía al tapenamiento con concreto hasta el nivel de piso terminado.

En cada sección de 2.00 m. x 0.80 m. iban 2 paquetes de redondos de acero Dywidag.

####

Estos elementos así descritos constituyen tanto elementos de anclaje, - como de soporte, en un caso soportan la subpresión por medio de los ac-res y en el otro soportan como columnas el peso de la losa y la carga - que transmite el barco por medio de los picaderas.

Donde la roca afloraba, la losa de piso del dique se anclaba directamente a ella.

Se construyeron elementos portantes ICOS sin anclaje para la cimentación de los gigantescos puentes-grúas.

Los muros tanto laterales como del hemicycle se fueron levantando una - vez construídos los elementos portantes ICOS en donde estos quedaban --- abajo. Por lo demás la construcción de ellos se llevó a cabo como una -- obra en tierra y en seco.

Las pantallas intermedias se iban demoliendo a medida que el trabajo --- avanzaba del hemicycle hacia la compuerta. Donde no estorbaban se dejaron. El último tramo de pantalla que se demolió fué el cercano a la compuerta flotante que sirve de cierre a la entrada del Dique.

Los muros laterales tienen en su parte superior unas galerías de servi- cie que alejan tuberías de vapor, agua dulce, aire comprimido, energía, etc. Estas galerías no se inundan al inundarse el dique y tienen vista - al interior del mismo y acceso al fonde por medio de escaleras rematadas en el muro. Detrás de estas galerías se encuentran las estaciones de soldadura con fácil acceso de cables al interior del dique.

Cerca de la compuerta se encuentra la estación principal de bombeo, que es uno de los elementos más importantes de los Diques Secos, es vital. - Se instalaron en esta estación 2 bombas grandes de 5,000 m³/hora cada - una, 2 medianas de 2,000 m³/hora cada una y 2 de drenaje de 400 m³/hora cada una.

###

Cerca de la estación principal de bombas existe otra estación de bombas secundaria, cuenta con 2 bombas medianas de 2,000 m³/hora cada una y una pequeña bomba de achique.

La salida al mar es única y mediante una tubería en forma de alféñ a modo que el agua del exterior no penetre a las estaciones de bombas a pesar de que la boca de salida de esta tubería queda sumergida.

La compuerta flotante es de acero, consiste en esencia en compartimientos estancos que se pueden vaciar o llenar según el caso con su sistema propio de bombas. Se apoyan en los garganes. En su parte superior cuenta con una estructuración y un piso de rejilla que permite el paso de un lado a otro del dique cuando está colocada.

En las fotografías que se muestran pueden apreciarse algunas secuencias de la construcción.

Los 2 aspectos más importantes que requieren especial cuidado son la construcción del ataguía a base de pantalla impermeable y el anclaje y sostén de la losa del fondo.

El dique seco de Monfalcone en Trieste constituye un ejemplo de dique con losa de piso anclada.

Ahora se hará una breve descripción de un dique con losa de piso drenada.

El Dique Seco No. 10 en Marsella es un dique para reparaciones de buques de gran tonelaje, sus dimensiones son las siguientes: longitud 465 m., ancho 85 m. En él se puedan acomodar en excelentes condiciones barcos de 350,000 T.P.M. a 500,000 T.P.M. que son los representantes de la nueva generación de tanques para el transporte de petróleo, además es

factible acomodar naves de 700,000 a 800,000 T. P. M.

Principios de Construcción:

Debido a que el sitio elegido para la construcción del Dique Seco # 10 se encuentra fuera de la bahía, el primer requisito que fue necesario-cumplir fue la construcción de rompeolas para proteger el área que se le ganó al mar.

Para la construcción en seco del dique se requirió la construcción de una pantalla hermética alrededor del mismo, permitiendo el drenaje del agua contenida entre esta pantalla y la costa natural.

Esta operación consistió en los siguientes pasos:

- 1) Erección del espigón de protección y del banco de desperdicio localizado en el Sureste, al mismo tiempo que la demolición del espigón — existente en Saumaty.
- 2) Construcción de la ataguía y de la pantalla hermética (el material de la ataguía fué traído tan pronto como se comenzó la construcción — del rompeolas dándole una adecuada protección).
- 3) El drenaje del área confinada para la construcción del Dique.
- 4) Excavación de las trincheras iniciadas a la entrada y continuadas — hacia la extremidad del Dique.
- 5) La construcción de las instalaciones propiamente hablando.

Trabajos en línea:

Muros de baber y estribor.

Muelle de reparaciones.

Pise del dique.

Trabajos especiales:

Estación de bombas.

Estación de llenado.

Compuerta del dique.

Sitio para alojar compuerta.

6) Dragados finales para:

Profundizar la dársena hasta la cota - 13.00 M.

Ajuste de la atagüa.

7) Preparación de los picaderos en el piso del dique.

8) Rellenado con agua al área confinada de las instalaciones del dique.

9) Desmantelamiento de las atagüas; recuperación de los materiales -- dragados para usarles como relleno en las áreas de almacenamiento - abierta.

10) Instalaciones en áreas abiertas:

cuerpos de soportes para winches y tornos, ruedas de peñas, etc.

Porta grúas.

11) Áreas abiertas de almacenaje.

12) Superestructuras:

Edificios.

Plantas de elevación.

Redes.

Servicios varios.

En los croquis que se muestran pueden observarse las características - principales del proyecto ejecutado.

En las fotografías pueden apreciarse diversos aspectos de la construcción que ilustran más que cualquier explicación que pretenda darse en - los alcances del presente trabajo.

H. Veracruz, Ver. Octubre de 1979.

Manuel Repetto
Ing. Manuel Repetto Casanova.





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



CONSTRUCCION MARITIMA Y PORTUARIA

TERMINALES MARITIMAS Y PETROLERAS

ING. BENJAMIN LEDON H.

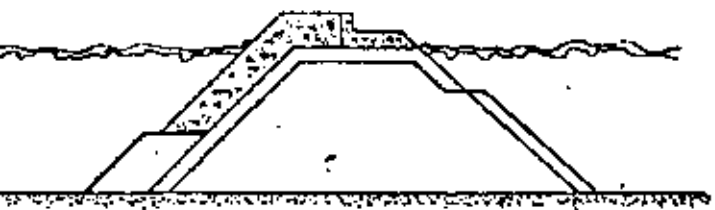
OCTUBRE, 1979

Fue en años recientes cuando el hombre, motivado por la creciente necesidad de contar con las reservas adecuadas de hidrocarburos, que representan la fuente de energía más utilizada en la actualidad y en vista que la mayor parte de los yacimientos gigantes fueron localizados en lugares alejados de la costa, en donde no existían puertos naturales, vió la necesidad de crear fondeaderos artificiales o terminales marítimas petroleras, para anclar los grandes buque-tanques que manejan el crudo y sus derivados.

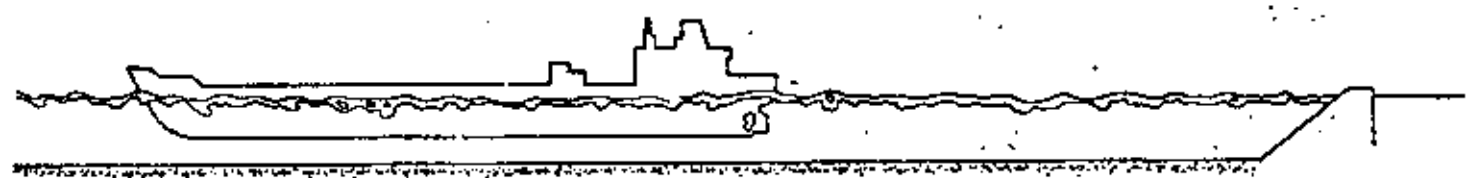
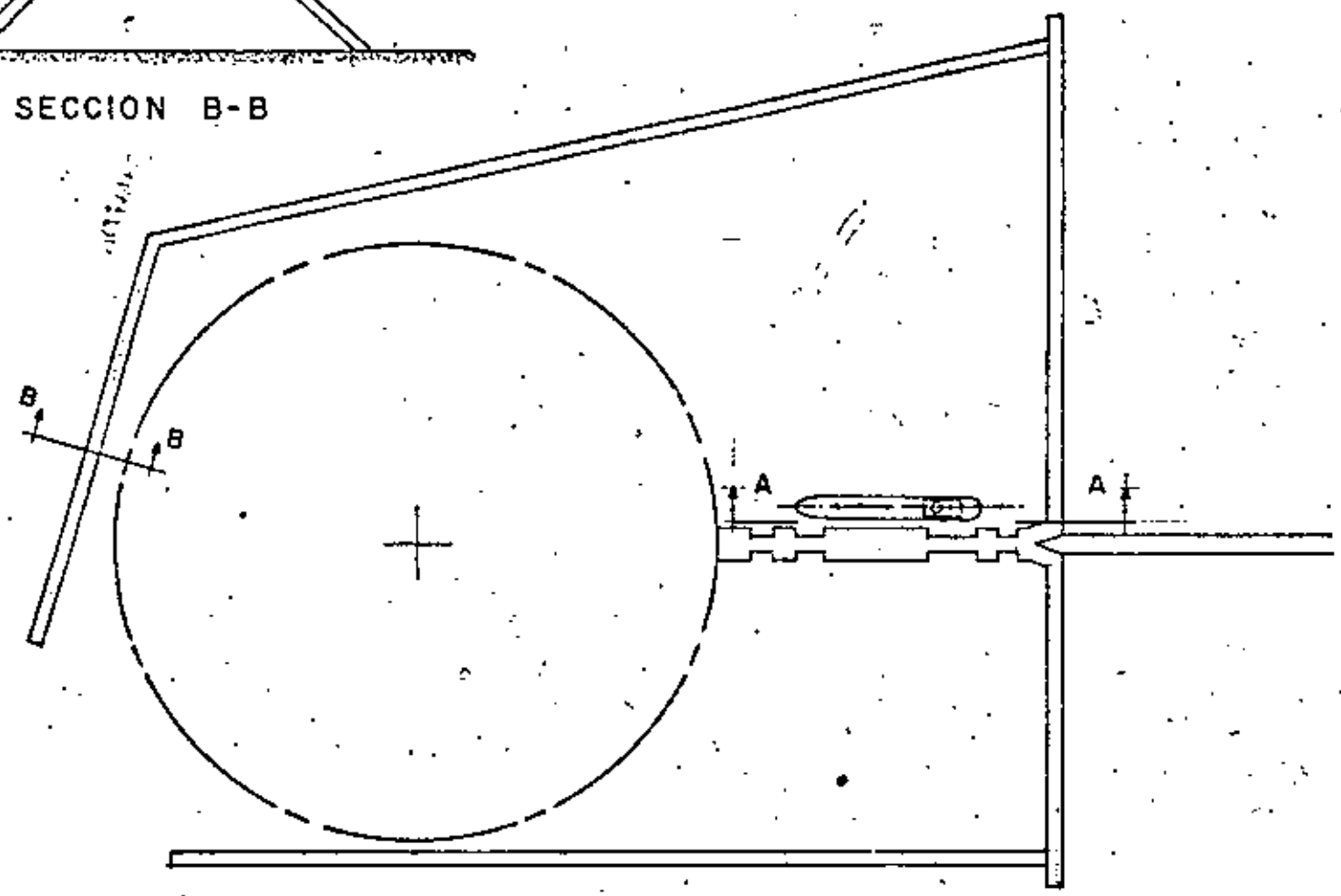
Con el aumento del tonelaje de los buque-tanques y el elevado precio de la construcción de puertos artificiales, se abrió el camino para la utilización de atracaderos marinos, siendo el sistema de anclaje por un punto (single point mooring) o Boya Universal, el que superó a todos por la seguridad de su funcionamiento y por su economía.

En 1956 el cierre del Canal de Suez propició una revolución en el transporte transoceánico de crudo, habiendo sido necesario establecer nuevos itinerarios más largos, que junto con la demanda creciente en el mercado del transporte, hicieron aumentar las tarifas de los fletes, estimulando a los armadores a aumentar los buques petroleros en número y tonelaje.

Con la proliferación de los grandes petroleros, con mayor viabilidad económica que los pequeños buque-tanques, los puertos tradicionales quedaron obsoletos, haciendo más crítica la situación con el aumento del consumo del petróleo en los centros de densa población, mientras que éste, se localizaba en lugares cada vez más lejanos.



SECCION B-B



SECCION A-A

Fig. 1

Ante estos hechos se hizo imperativo encontrar nuevas técnicas para el transporte del petróleo, habiéndose experimentado sobre los diferentes tipos de terminales marítimas petroleras que conocemos actualmente.

II.- DIFERENTES TIPOS DE TERMINALES.-

Entre los tipos más conocidos de terminales Marítimas pueden -- considerarse los tipos que se mencionan a continuación:

1.- El Puerto Artificial (Fig.1).

Es la terminal más conocida y consta en forma normal de un sistema de escolleras y/o rompeolas que le proporcionan protección contra los fenómenos marinos y de uno o varios muelles en espigón. Estando normalmente localizado en aguas poco profundas, requiere de grandes erogaciones por concepto de dragado. Tiene la ventaja de proporcionar lugar seguro a las embarcaciones y operar aún -- cuando prevalescan condiciones físicas desfavorables.

2.- El Muelle Isla (Fig.2)

Con el fin de evitar las altas erogaciones que implica -- la construcción de un puerto se creó este tipo de terminal que es básicamente un muelle en espigón implantado -- en alta mar, cuyo único contacto físico con tierra son -- las tuberías submarinas que lo alimentan. Construido comúnmente a bases de duques de Alba de atraque (dolphins) y de una estructura superior de prefabricados de concreto e instalado en aguas profundas, puede recibir dos -- grandes tanqueros en forma simultánea.

Esta instalación requiere de profundos estudios oceanográficos y metereológicos, con objeto de seleccionar la orientación óptima de acuerdo a las fuerzas de los vientos, oleaje y corrientes marinas y aunque su costo inicial es elevado su alta eficiencia de operación puede amortizar este costo con rapidez.

3.- Sistema de Anclaje por medio de Boyas Múltiples (Fig.3)

Este sistema conocido también como amarradero convencional, evidentemente se ideó como una solución para obtener una operación más o menos continua y precisamente por la carencia de instalaciones portuarias.

Consiste fundamentalmente en varias boyas de atraque fijas al fondo del mar por medio de cadenas y anclas o pilotes. Estas boyas reciben los cabos de amarre del barco y lo mantienen en una posición más o menos fija. La carga al buque se efectúa por medio de mangueras de hule que a su vez se conectan con las líneas submarinas de alimentación.

Este sistema es definitivamente el más económico de los tratados en este estudio, pero adolece del inconveniente de ser bastante vulnerable a las condiciones físicas del lugar y únicamente opera cuando prevalece el buen tiempo.

4.- Sistema de torre de anclaje (Fig. 4)

Consiste este sistema en una estructura de acero fija al fondo del mar por medio de uno o varios pilotes. Sobre esta estructura se adapta una plataforma giratoria de donde parten los cabos de amarre y los brazos marinos (garzas) ó mangueras al buque tanque.

MUELLE ISLA

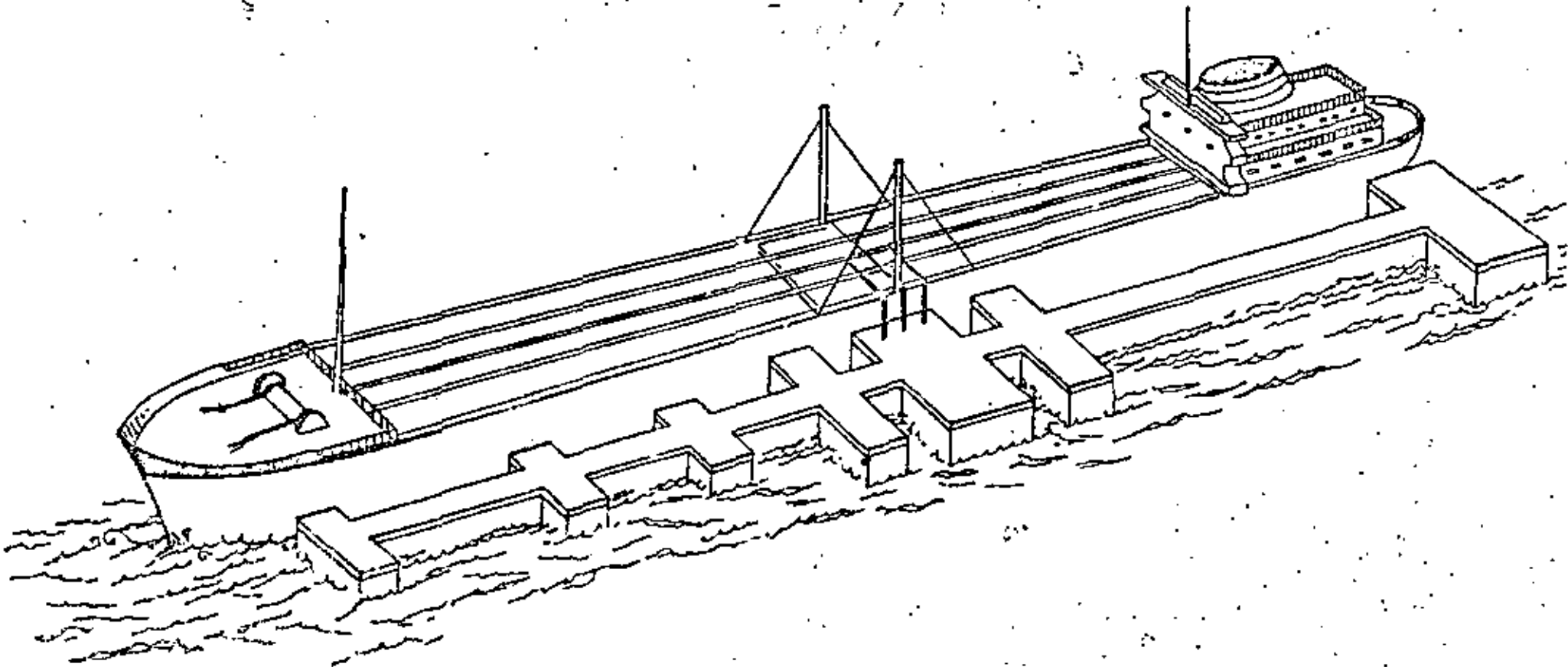


Fig. 2

SISTEMA DE ANCLAJE POR BOYAS MULTIPLES

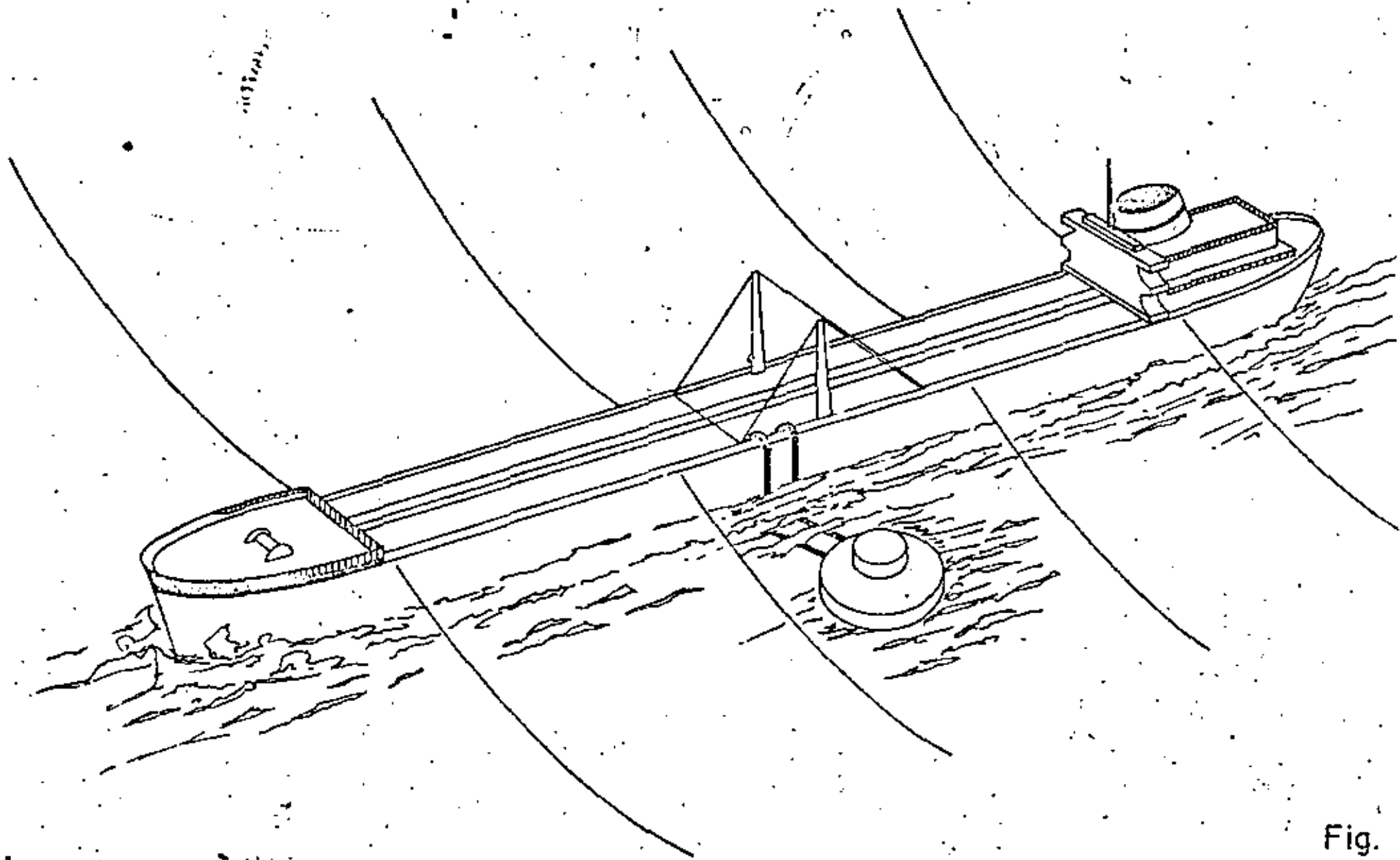


Fig.

A diferencia de las otras terminales, en que la carga al barco se hace a través de los costados del mismo, en esta terminal se efectúa a través de proa.

Las ventajas que ofrece esta terminal son las de su escaso mantenimiento y la de una cubierta amplia para la instalación de mayor número de equipos auxiliares, que inclusive puede disponer de un helipuerto.

El costo inicial, aunque elevado puede amortizarse rápidamente por la eficiencia del sistema.

5.- Sistema de anclaje por un solo punto. (S.P.M.) (Fig.5)

Dentro de este sistema existen varios tipos de instalaciones, siendo la característica distintiva del grupo permitir que el barco gire libremente y tome la posición de menor resistencia a la acción combinada del viento, la corriente marina y el oleaje.

El sistema de anclaje por un punto (SFM) se utiliza ampliamente, debido a su bajo costo de operación, a la seguridad de su funcionamiento y a la flexibilidad de su utilización.

Los tipos más conocidos del grupo son:

- a). El tipo SALM (Amarre por medio de una sola ancla) en el cual la Boya flotante está conectada y fija al fondo del mar por medio de una columna ascendente (riser) que descansa sobre una base que sirve de anclaje.

Las ventajas que nos presenta este tipo de terminal, son las de no tener más que en tramos muy cortos, mangueras -

SISTEMA DE ANCLAJE POR TORRE

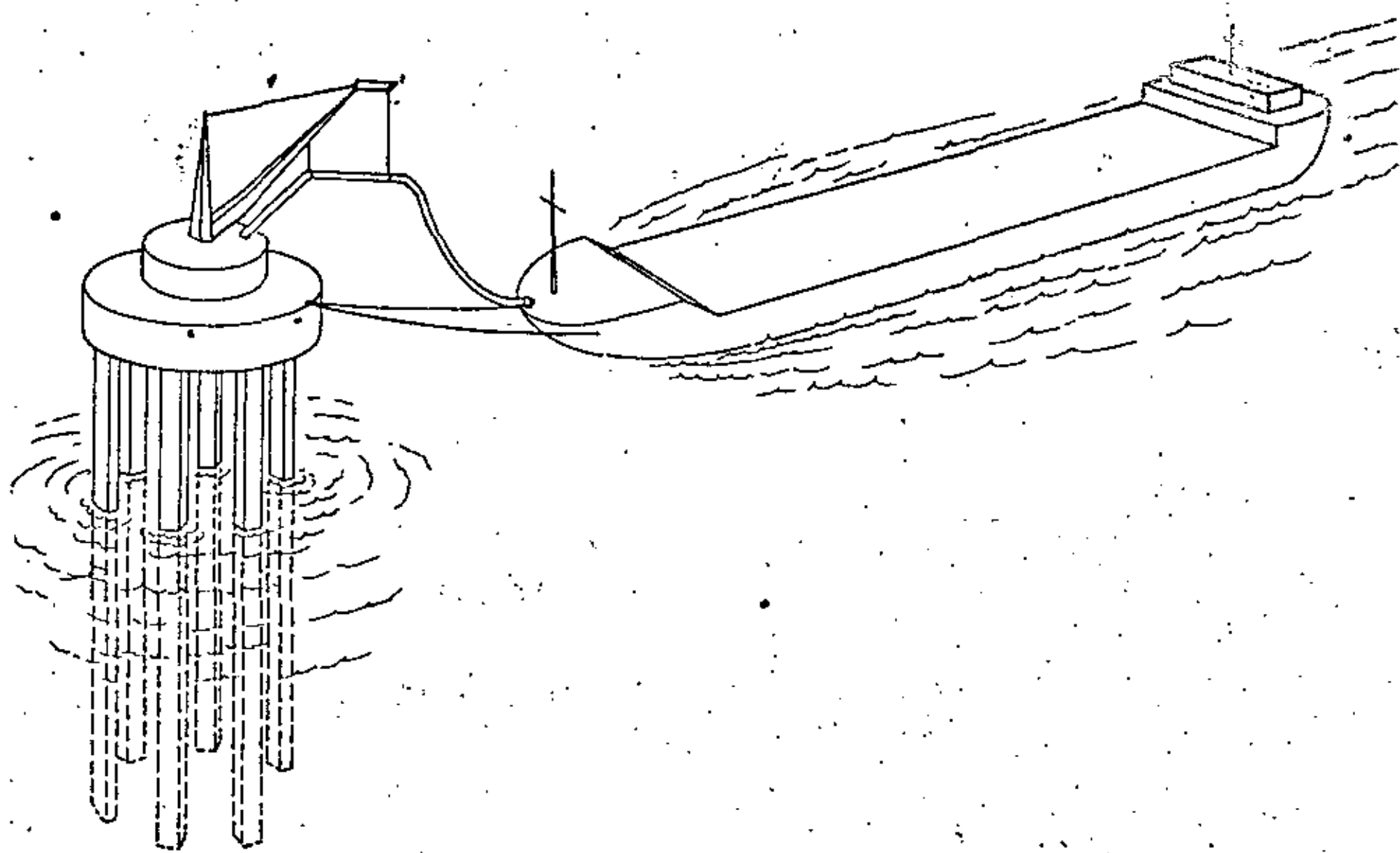


Fig. 4

flotantes que son las que se dañan con mayor frecuencia y de resistir más a las condiciones climatológicas. Una de sus desventajas es tener el múltiple distribuidor de productos (swivel) bajo el agua.

- b). El tipo CALM (Amarre por medio de cadenas catenarias). Este tipo es el más utilizado a la fecha y consiste básicamente en una boya circular de diámetro que varía entre 10 m. y 17 m., fija al fondo del mar por medio de anclas o pilotes conectados a la Boya a través de un número determinado de cadenas. Sobre la boya hay una estructura giratoria ó tornamesa montada sobre baleros, que le permiten girar 360 grados. Sobre la tornamesa descansan tres brazos giratorios, que son el de tubería, el de amarre y el de compensación. El brazo de tubería se conecta con las mangueras flotantes que van al múltiple de carga del barco.

En el centro del cuerpo de la boya se encuentra localizado el múltiple distribuidor de productos ó "swivel", parte esencial para la transferencia del fluido entre las partes fijas y giratorias de la boya. Cuenta además la boya con equipo de ayuda para la navegación y equipo auxiliar para su mantenimiento y operación.

Habitualmente la conexión en el fondo del mar entre el oleoducto y la boya se lleva a cabo por medio de un múltiple submarino fijo en el fondo del mar y una ó varias mangueras submarinas a las cuales se les adapta un determinado número de flotadores, con el fin de proporcionarles una curva de características especiales para evitar en lo

posible esfuerzos que puedan dañarlas.

El buque tanque se amarra al brazo de atraque de la boya por medio de cabos flotantes de amarre, efectuándose la transferencia de producto por medio de una ó varias mangueras flotantes.

Aunque este tipo de instalaciones se puede considerar semi-provisional en base a su corta vida útil, comparado por ejemplo con un muelle, se les ha encontrado una serie de ventajas por las que se les ha preferido.

1.- Ventajas operacionales:

- a) Posibilidad que el barco se alinee a la resultante de la acción del viento, corriente y oleaje.
- b) Corto tiempo entre el principio de amarre y el principio de bombeo.
- c) Bombeo posible con vientos hasta de 40 nudos y olas hasta de 14 pies de altura.
- d) Fácil atraque y desatraque.
- e) Menor número de equipo de asistencia para atraque y desatraque que en otros tipos de terminales marítimas.
- f) No necesita de ningún equipo de asistencia al abandonar el fondeadero.
- g) Versatilidad para cargar o descargar varios productos en forma simultánea.

2.- Ventajas económicas:

- a) Este sistema es de los más económicos en cuanto a inversión inicial y es el más económico de acuerdo a costos operativos finales.

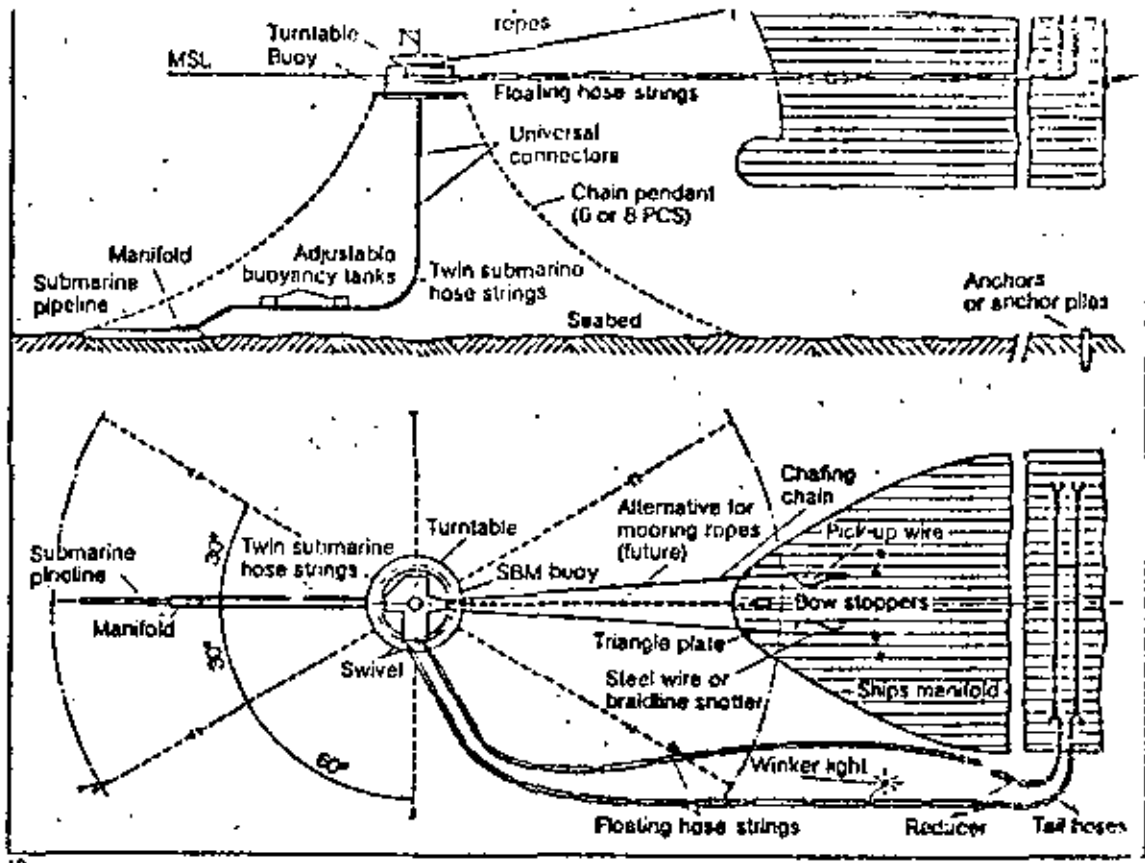
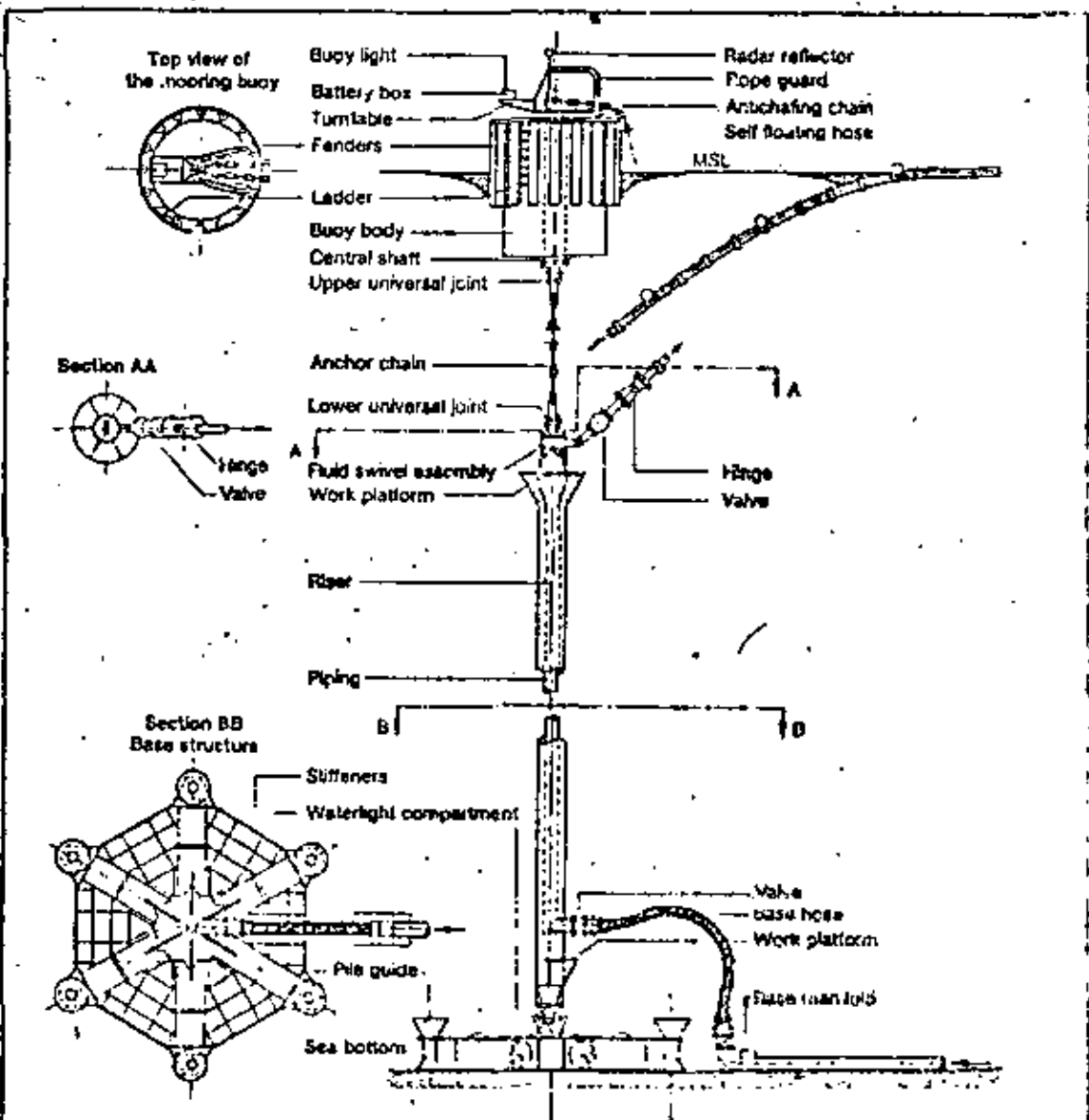


Fig. 10
Perfil del sistema SBM.

TIPO CALM

FIGURA 5
SISTEMAS SPM

TIPO SALM



- b) La instalación de un sistema de este tipo, toma menor tiempo que cualquier otra terminal, por lo que se amortizará su costo más rápidamente y se recuperará en menor tiempo la inversión inicial.

Se aclara que este tipo de instalaciones cuenta también con varias desventajas entre las cuales encontramos las siguientes:

- 1.- Limitación operativa con mal tiempo.
- 2.- Alto costo de mantenimiento.
- 3.- Tipo semi-provisional de las instalaciones.

III.- SELECCION DEL TIPO DE TERMINAL.

Una vez justificada la necesidad de contar con una terminal marítima, deberá localizarse ésta, lo más cercano a los centros de producción y almacenamiento de productos, con objeto de que el transporte sea lo más económico posible.

Los criterios para decidir acerca del tipo de terminal Marítima más adecuada deberán basarse en los siguientes puntos:

- 1.- Condiciones físicas del lugar de instalación.
- 2.- Seguridad en la operación.
- 3.- Método y tiempo de ejecución de la obra.
- 4.- Costos de construcción y mantenimiento.
- 5.- Amplitud de las dársenas de operación.
- 6.- Regímenes de bombeo requerido.

Como dato adicional podemos mencionar que en el caso de Petróleos Mexicanos, debido a la dinámica de su desarrollo dentro de los renglones de producción y distribución de productos, el tiempo de

construcción de una terminal así como la seguridad de operación, son determinantes para la selección del tipo que debe utilizarse. Por tal razón en la actualidad cuenta nuestra Institución con 5 Boyas (SPM) para carga y descarga instaladas, dos más en construcción y una más en proyecto, por considerar que este tipo de sistemas amortizan más rápidamente su inversión inicial.

IV.- LOCALIZACION DE LA TERMINAL Y DESARROLLO DEL PROYECTO.

Seleccionado el tipo de terminal, se procede a buscar la localización más adecuada teniendo en mente un lugar cercano a la costa con suficiente profundidad para el fondeo seguro de los buques-tanque esperados, y lo más importante, un lugar protegido contra las condiciones ambientales.

Si en este caso en particular consideramos que se ha seleccionado una terminal Marítima tipo S.P.M. o Boya para carga y descarga, deberán efectuarse los siguientes estudios:

- 1.- Estudios topohidrográficos y geotécnicos del sitio de instalación.
- 2.- Deberán recabarse datos tanto oceanográficos como meteorológicos del lugar y de las zonas circundantes de influencia.

Lo anterior es con el fin de llevar a cabo los estudios y análisis necesarios, para la obtención de la robustez y tipo de anclaje del sistema.

- 3.- Simultáneamente a los trabajos relativos al proyecto de la Boya, deberán ejecutarse los estudios correspondientes a la selección de las tuberías submarinas, obteniendo los

diámetros de las mismas en función del régimen de bombeo requerido y del tipo de producto a manejar. El resto de las especificaciones de la tubería tales como espesor de pared y grado de dureza, se obtendrán en función de la profundidad del lugar, el método de instalación de la tubería y en general de las condiciones físicas del lugar.

V.- TENDIDO DE LINEAS SUBMARINAS E INSTALACION DEL MULTIPLE.

Ejecutados los estudios batimétricos del lugar, se selecciona el trazo de las líneas y obtenido éste, se está en disposición de iniciar el tendido de las tuberías submarinas, que puede ejecutarse por los siguientes métodos:

- 1.- Sistema de Barcaza de tendido.
- 2.- Sistema de flotación.
- 3.- Sistema de tirón.
- 4.- Combinaciones de dos o más de los sistemas anteriores.

Una vez tendida la línea submarina y probada hidrostáticamente, se procede a instalar el múltiple submarino, cuya función es conectar las tuberías submarinas por un extremo y por el otro, las mangueras submarinas que a su vez conectan con la parte inferior de la Boya. Este múltiple submarino debe fijarse al fondo del mar por medio de pilotes o muertos de anclaje.

VI.- INSTALACION DE LA BOYA Y COMPONENTES.

Después de instaladas las líneas y el múltiple submarino, fabricada la Boya y adquiridos los componentes de la misma, se procede a su instalación, misma que debe llevarse a cabo durante la época en que prevalezcan los tiempos buenos, con objeto de ejecutar estos trabajos dentro de las normas de seguridad más estrictas.

La instalación de la Boya se realiza de acuerdo con la siguiente secuencia constructiva:

- 1.- Localización de puntos de anclaje.
- 2.- Fondeo del sistema de anclaje.
- 3.- Pruebas de tensión en líneas colineales de cadenas.
- 4.- Instalación y centrado de Boya.
- 5.- Conexión de mangueras submarinas y flotantes.
- 6.- Conexión de cabo(s) de amarre.
- 7.- Prueba hidrostática del sistema completo.

Terminados estos trabajos, el sistema de anclaje por un punto - (SPM) o Boya para carga y descarga, se encuentra listo para llevar a cabo su primera operación.



DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: CONSTRUCCION MARITIMA
Y PORTUARIA, DEL 8 AL 19 DE OCTUBRE DE 1979.

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

1. PABLO ALVARADO FANCHULLI
Pinzón 881
Col. Reforma
Veracruz, Ver.
 2. J. RAMIRO F. ALVAREZ ECHANOVE
Tehuantepec 182
Col. Roma
México 7, D. F.
Tel. 564-39-61
 3. GUILLEMO JESUS BARRAGAN DULAGON
San Antonio Abad 308
Col. Asturias
México 8, D. F.
Tel. 538-42-10
 4. JOSE ARMANDO BRAVO MARTINEZ
Av. Tiro de Pichón 186
Col. Lomas de Besares
México 10, D. F.
Tel. 570-3630
 5. ABRAHAM COLIN CANO
Acoxta 52 Edif. B-1
Huipulco
México 22, D. F.
 6. IGNACIO ELIZALDE VEGA
- DIR. GRAL DE OPERACION PORTUARIA
Eugenia 197
Col. Narvarte
México 12, D. F.
Tel. 590-43-74
- S.C.T.
Baja California 255 Edif. A-8° piso
Col. Hipódromo Condesa
México 11, D. F.
Tel. 564-45-47
- DIRAC, S.A. DE C.V.
Ma. de la Luz. B. No. 28
México 12, D. F.
Tel. 534-26-50
- ESTUDIOS Y PROYECTOS, S.A.
Miguel Alemán 81
Col. Escandón
México 18, D. F.
Tel. 277-35-99
- ESTUDIOS Y PROYECTOS, S.A.
Viad. Miguel Alemán 81
Col. Escandón
México 18, D. F.
Tel. 277-35-99

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: CONTRUCCION MARITIMA
Y PORTUARIA, DEL 8 AL 19 DE OCTUBRE DE 1979.

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
7. JAVIER FLORES MARTINEZ Norte 24-A No. 18 Col. Industrial México 14, D. F. Tel. 537-43-51	DIR. GRAL. DE FLOTA DPTO DE PESCA Alvaro Obregón 269 Col. Roma México 7, D. F. Tel. 525-49-60
8. JOEL FUENTES CALDERON Marina Nacional 329 Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel. 531-63-63	PEMEX Marina Nacional 329 Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel. 531-63-63
9. J. ROBERTO CALICIA ROSALES Juventino Rosas 104-1 Col. Ex-Hipódromo de Peralvillo México 2, D. F. Tel. 597-66-31	DIR. GRAL. DE OBRAS MARITIMAS Insurgentes sur 465 Col. Roma México 7, D. F. Tel. 564-57-28
10. JUAN DE DIOS GARCIA GUERRERO Matagalpa 958 Col. Lindavista México 14, D. F. Tel. 754-24-94	DIR. GRAL. DE OBRAS MARITIMAS Insurgentes sur 465 Col. Hipódromo Tel. 564-57-28
11. EDUARDO F. GONZALEZ CORIA Priv. Agustín Gutiérrez 18 Col. Gral. Anaya México 13, D. F. Tel. 524-62-81	PEMEX Marina Nacional 329 Col. Anáhuac Tel. 531-67-67
12. LORENZO GONZALEZ MEZA Montealbán 19 Col. Narvarte México 12, D. F. Tel. 519-29-51	E.S.I.A. I.P.N. U. Zacatenco Lindavista México 14, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: CONSTRUCCION MARITIMA
Y PORTUARIA, DEL 8 AL 19 DE OCTUBRE DE 1979.

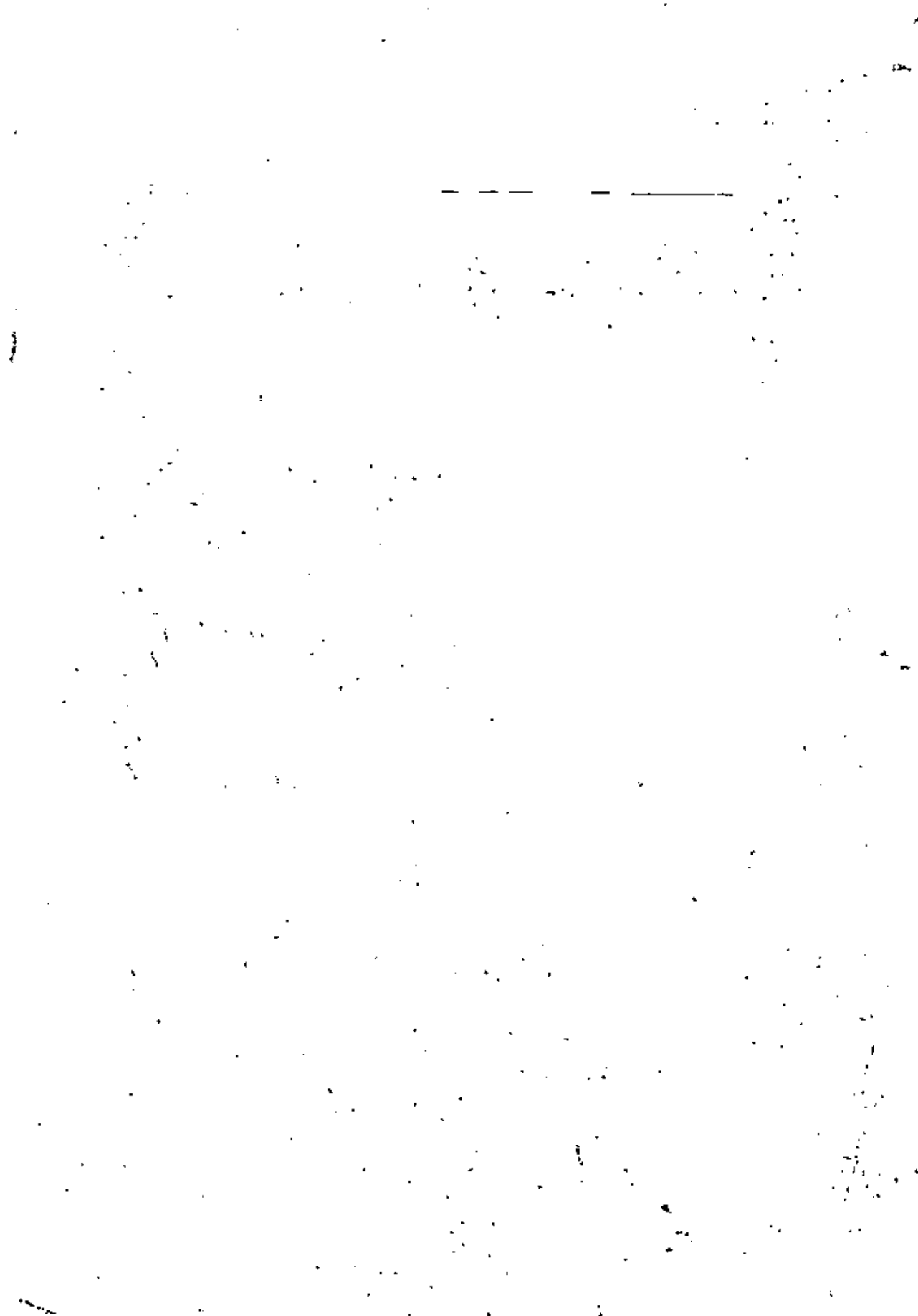
<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
13. JOSE DE LA PAZ HERNANDEZ GOMEZ Edif. 21 A-303 U. Lindavista Vallejo México 14, D. F. Tel. 587-34-20	DIR. GRAL. DE OBRAS MARITIMAS Insurgentes Sur 465 Col. Hipódromo Tel. 564-57-28
14. JAVIER GUTIERREZ PEREZ Norte 92 No. 4517 Col. Nva. Tenochtitlan México 14, D. F.	DIR. GRAL. DE DRAGADO Av. Baja California 255-7° piso Tel. 564-54-22
15. GUILLERMO JIMENEZ BALTAZAR Cultivos 261 Col. Valle del Sur México 13, D. F.	INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO Av. de los 100 mts. No. 152 Col. Lindavista México 14, D. F. Tel. 567-66-00 ext. 2647
16. SIXTO JUAREZ RIVERA Amacuzac 838- D-101 Col. San Andrés Tetepilco México 13, D. F. Tel. 564-57-28	SUB-SRIA. DE PUERTOS Y MARINA MERCANTE Insurgentes Sur 465 Col. Ex-Hipódromo Condesa Tel. 564-57-28
17. OSCAR F. LUGO ESPINOSA Camino viejo a Atizapán 24 Tlalnepantla, Edo. de Méx.	S.C.T. Insurgentes Sur 465 Col. Ex-Hipódromo Condesa México 11, D. F. Tel. 564-57-28
18. ALFONSO MARTINEZ PUENTE Pablo A. de la Garza 37 Col. Hizachal México 10, D. F. Tel. 589-06-33	CONSTRUCTORA ALLU, S.A. Ensenada 48 Col. Hipódromo Condesa

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: CONSTRUCCION MARITIMA
Y PORTUARIA, DEL 8 AL 19 DE OCTUBRE DE 1979.

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
19. SOOME NOCHIBUENA REYES Reforma 579 Comulcalco, Tab.	PEMEX Marina Nacional México, D. F.
20. HENRICO PADRON CASTAÑO Xola 1367-5 Col. Narvarte México 12, D. F. Tel. 538-35-39	PEMEX Marina Nacional Tel. 250-43-18
21. JOSE JORGE PAREDES NOVELO Ixtlaccihuatl 49-A-2A Col. Hipódromo Condesa México 11, D. F. Tel. 574-18-57	CIA. BENJAMIN MORA GONZALEZ, Londres 71
22. EDUARDO PEREZ AVILA Ruiseñores 165 Fracc. del Parque Coacalco, Edo. de Méx.	DIR. GRAL. DE OPERACION PORTUARIA Eugenia 197-3° piso Col. Narvarte México 12, D. F. Tel. 590-43-74
23. JOSE FRANCISCO PONCE C.	
24. MELCHOR RITA Av. Central B. 25 Col. Los Arcos Morelia, Mich.	

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: CONSTRUCCION MARITIMA Y
PORTUARIA, DEL 8 AL 19 DE OCTUBRE DE 1979.

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
25. RODOLFO ROSAS MOYA Dr. Vértiz 783-4 Col. Narvarte México 12, D. F. Tel. 519-33-27	OPERACION PORTUARIA Eugenia 197 Col. Narvarte México 12, D. F. Tel. 590-43-74
26. JOSE RUEDA OLVERA Trípoli 507 dpto. 16 Col. Portales México 13, D. F. Tel. 539-79-78	DIR. GRAL. DE DRAGADO Baja California 255 Edif. A-7º piso Col. Condesa México 11, D. F. Tel. 574-81-20
27. JORGE SALCEDO NARANJO La Hortensia 36 Los Reyes, Tlalnepantla Edo. de México	DIR. GRAL. DE DRAGADO Baja California 255-A-7º piso Col. Condesa México 11, D. F. Tel. 574-54-41
28. OCTAVIO SUAREZ ORTEGA	INGENIERIA Y PUERTOS, S.A
29. ALFREDO TREJOS DE LA PEÑA Cerro de las Torres 356 Col. Campestre Churubusco México 21, D. F. Tel. 544-57-91	
30. ENRIQUE ZAMUDIO VERA Juán de Dios Arias 165-3 Col. Asturias México 8, D. F. Tel. 530-75-60	IPSA Minerfa 145 Entrada 5 Planta Baja Col. Escandón México 18, D. F. Tel. 516-04-60 ext. 182



AYUDAS A LA NAVEGACION

MARITIMA

ING. FRANCISCO CANABAL PAULLADA

1979

SEÑALAMIENTO MARITIMO

INTRODUCCION

El Señalamiento Marítimo es un factor determinante en la navegación marítima, fluvial o lacustre. Son las ayudas a la navegación para poder efectuar la salida de la nave, su trayecto y arribo al punto de destino con todo éxito; proporciona al navegante los medios para conducir su nave por lugares libres de peligro en las entradas y salidas a puertos y también los elementos necesarios para que pueda determinar en cualquier momento su situación geográfica. Estas ayudas a la navegación marítima pueden ser del tipo de señales ópticas, luminosas, acústicas, radioeléctricas, etc. auxiliadas por cartas náuticas, portulanos y otros medios.

Para que una ayuda a la navegación se lleve a feliz término, deben intervenir tres partes fundamentales: el marino, las autoridades de Señalamiento Marítimo y los propietarios de las embarcaciones.

El MARINO, necesita de los medios para llevar su buque a donde quiera llevarlo con un riesgo mínimo de colisión o en callamiento en su camino.

Para las AUTORIDADES DE SEÑALAMIENTO MARITIMO, significa que requieren de luces, marcadores, radioayudas que permitan

que tanto la navegación trasatlántica, costera y que los puertos puedan ser usados eficientemente y con seguridad sobre una base de toda clase de tiempo y las veinticuatro horas del día.

Para el PROPIETARIO DE EMBARCACIONES, esto le asegura que podrá emplear sus embarcaciones con utilidad o la seguridad que requiere, ya que de otra manera sería demasiado arriesgado sus inversiones.

Entre ambos existen una interrelación estrecha y diferencias fundamentales como: el marino que con sus conocimientos debe manejar los equipos mínimos que deben ser exigidos en sus barcos pero al mismo tiempo requiere de la información adecuada, precisa y constante, de los peligros conocidos como rocas y bajos o bancos de arena y por supuesto los movimientos de otras naves. Las autoridades de Señalamiento Marítimo, tiene obligación de proporcionar las luces, marcadores de día, radioayudas a la navegación para hacer que sus aguas sean seguras y de ello derivar el cobro mediante cuotas por las erogaciones efectuadas. El dueño de la embarcación pagará el costo de proporcionar a sus naves los últimos adelantos de la tecnología que puede recobrar mediante tarifas más favorables de seguros.

ANTECEDENTES HISTORICOS:

Desde la antigüedad se ha hecho uso de las señales para guiar a los navegantes. Las primeras referencias empleadas

fueron los accidentes geográficos más notables de las costas: rocas, montes, cabos, etc. Más tarde nacieron las primeras señales marítimas al construirse montículos de piedra en lugares notables para su fácil identificación, desde cierta distancia de la costa.

Cuando los navegantes se aventuraron en viajes nocturnos tuvieron necesidad de señales luminosas, las cuales originalmente consistían en hogueras cuya luz los auxiliaba durante la noche y durante el día identificaban el punto señalado por el humo que la hoguera producía.

Remontándonos a la pre-historia, los griegos erigieron en la Isla de Rodas en el Mar Egeo, una estatua que representaba al Dios Apolo y que por sus dimensiones servía a la vez de monumento y de guía a las embarcaciones. A los pocos años de su construcción fue derribada por un terremoto.

Hasta el año 285 A.C., el faraón egipcio Ptolomeo II Filadelfo, mandó a su arquitecto Sócrates Gnido construir una atalaya que permitiera ver las embarcaciones enemigas a 100 millas de la costa. Esta atalaya se edificó sobre la isla de Pharos (hoy península) en Alejandría, estaba compuesta de dos grandes estructuras de mármol blanco, superpuestas y piedras de cantera entrelazadas por medio de grafito fundido para formar una sola pieza. La primera estructura tenía una altura de 128 m. y la segunda de 38 m. posteriormente esta atalaya se convirtió en la primera señal luminosa al encenderse una hoguera en su cúspide.

Más tarde se conoció esta obra como el Faro de Alejandría y fué considerada por su belleza una de las siete maravillas del mundo, habiendo dado origen al nombre de "Faros" con que se conocen actualmente las señales marítimas. En 1325 D.C. fué destruido por un sismo.

En el siglo II de la Era Cristiana el General Romano Quinto Servilio Cetián mandó a edificar en Chipriona, España, un faro imitación del de Alejandría.

Cayo Servio Lupo ordenó la construcción de la torre de Hércules en la Coruña, para marcar el extremo occidental de la dominación romana. Su construcción fué una torre cuadrada de 9 m. de base por 40 m. de altura. (sus restos se conservan encerrados en una construcción moderna).

Uno de los faros más notables que existió hasta el siglo XVII fue el llamado "Turres Ardens" (Torre Ardiente) de Bolonia, construido por orden del Emperador Calígula. Era una construcción octagonal con perímetro de 70 m. e igual altura, sobre un promontorio elevado 30 m. sobre el nivel del agua.

La importancia que se dió a los faros en el Imperio Romano decayó con la invasión de los Bárbaros del Norte y muchos fueron abandonados, destruidos o convertidos en castillos y fortalezas.

Ya en la Edad Media, el sistema luminoso de los faros que consistía todavía en una hoguera prendida en su parte supe---

rior, (Fig. 1) se hacía identificable por el color de la llama mediante el uso de combustibles diversos: leña verde, leña seca, carbón, resinas de aceites vegetales, etc.

En el siglo XVIII se usaron velas colocadas en un fanal de vidrio y lámparas de aceite instalados en un reflector de metal pulido. En el puerto militar de Corruán, Francia, llegaron a usarse hasta 90 lámparas de este tipo.

En 1783 el Ingeniero Francés Toulere reemplazó los reflectores esféricos por los parabólicos y adaptó varias lámparas en una armazón que giraba por medio de un sistema de relojería, iniciando los faros giratorios destellantes. A este sistema se le llamó "Fotofere".

El Renacimiento trajo consigo el incremento en el comercio marítimo y surgió la importancia de los faros.

En 1821 el Ingeniero Francés Juan Fresnel, inventó los lentes que llevan su nombre y que consisten en círculos concéntricos de vidrio que aumentan la luminosidad.

En 1823 se dió un paso adelante, al inventarse la lámpara cárcel que consta de varias mechas circulares y concéntricas.

Más tarde el Ingeniero Fresnel inventó los aparatos ópticos llamados dióptricos y catadióptricos (Fig. 2, y 3) los cuales utilizan una combinación de refracción y reflexión en un

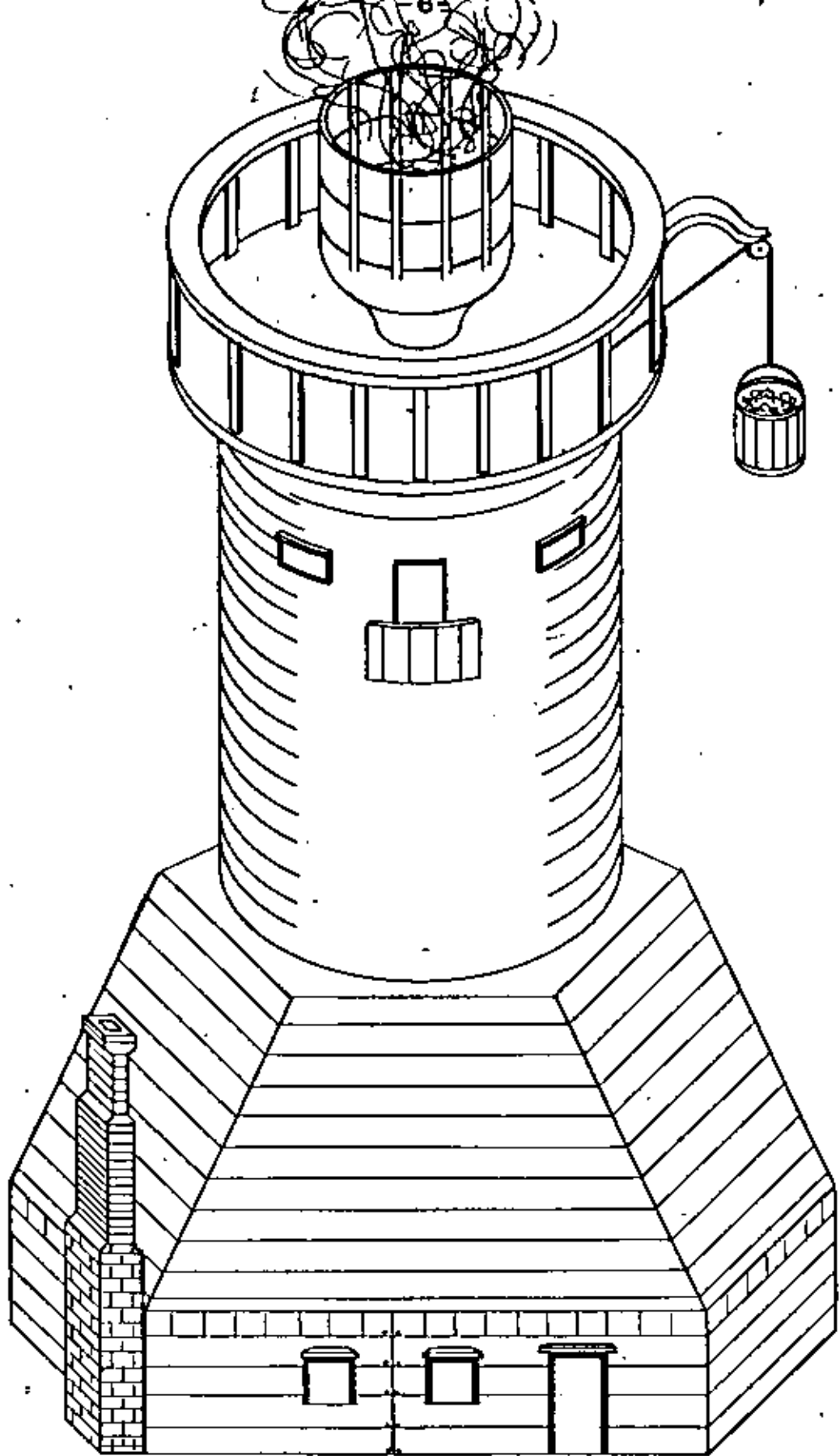


FIG. 1

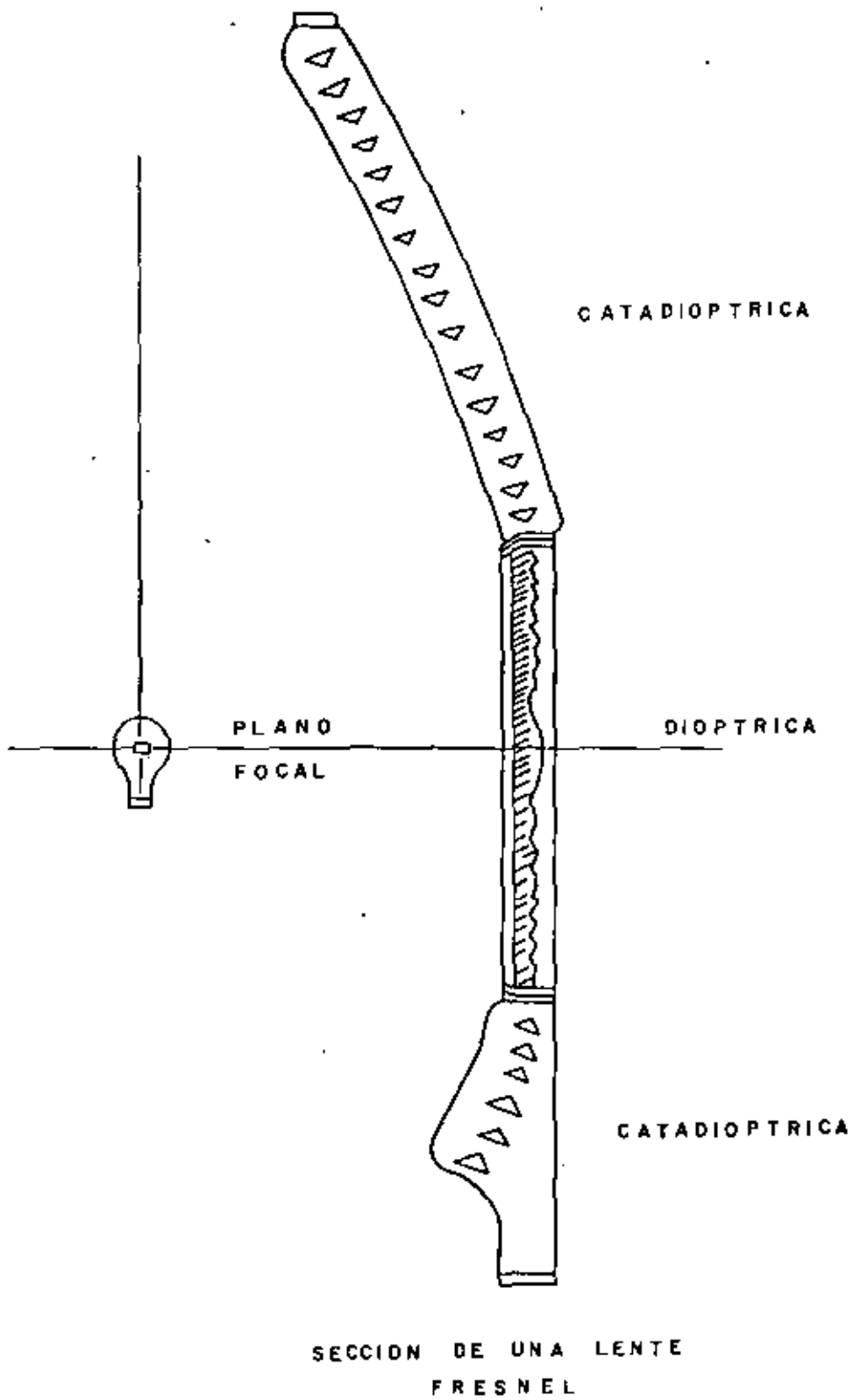
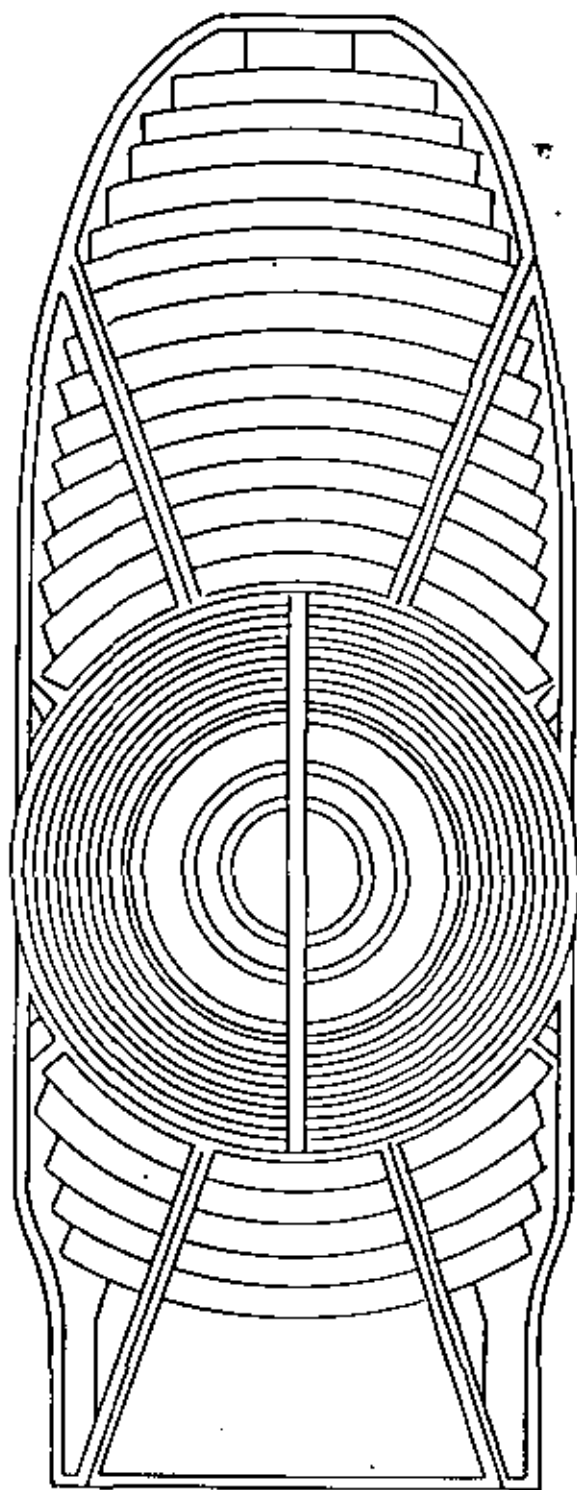


FIG. 2



CLASICA OPTICA DE LENTES
FRESNEL

tambor de lentes de anillos que refractan la luz del foco dirigiéndolo hacia afuera sin que se pierda por difusión.

En 1860 se empezó a usar el arco eléctrico con muy buenos resultados.

En 1890 aparecieron faros giratorios con lámparas flotantes en cubas de mercurio.

El primer faro (fotofere) que operó en el México Colonial y uno de los primeros de América, fue proyectado por el astrónomo Mendoza de los Ríos, construido en Londres e instalado en una torre de mampostería sobre el baluarte noroeste del Castillo de San Juan de Ulúa en Veracruz. Se inauguró el 30 de Mayo de 1804. Tenía un aparato de iluminación compuesto de tres verticales con siete lámparas en cada plano, provistos de reflector parabolico de 54 cm. de diámetro y alimentados por mechas de petróleo. (Fig. 4)

En 1866 fue instalado en Xicalango, Ciudad del Carmen, Camp., el primer faro catadióptrico.

Los sistemas han venido evolucionando, tanto en la emisión de la luz como en las ópticas, teniendo actualmente luces producidas por gas butano, acetileno, por lámparas eléctricas de filamento de tungsteno, lámparas de cuarzo y filamento de tungsteno con gas halógeno, etc.

El acelerado desarrollo de la electrónica ha traído

consigo un gran incremento en el señalamiento marítimo al incluir la importante rama de las señales radioeléctricas.

1 a . - P A R T E

SEÑALAMIENTO ACTUAL

El señalamiento marítimo utilizado en la actualidad se considera dividido en tres tipos:

- 1.- Señales visibles.
- 2.- Señales acústicas.
- 3.- Señales radioeléctricas.

Como auxiliares: Las cartas náuticas, portulanos, -- cuadernos de faros, cartas de Loran A, C, Omega y avisos expeditos de cambios de señales y accidentes marinos.

SEÑALES VISIBLES

Las señales visibles son las que como su nombre lo indica pueden ser vistas desde cualquier embarcación que se encuentre a una distancia determinada. Consisten esencialmente en faros, balizas y boyas.

FAROS

Los faros son construcciones especiales, generalmente

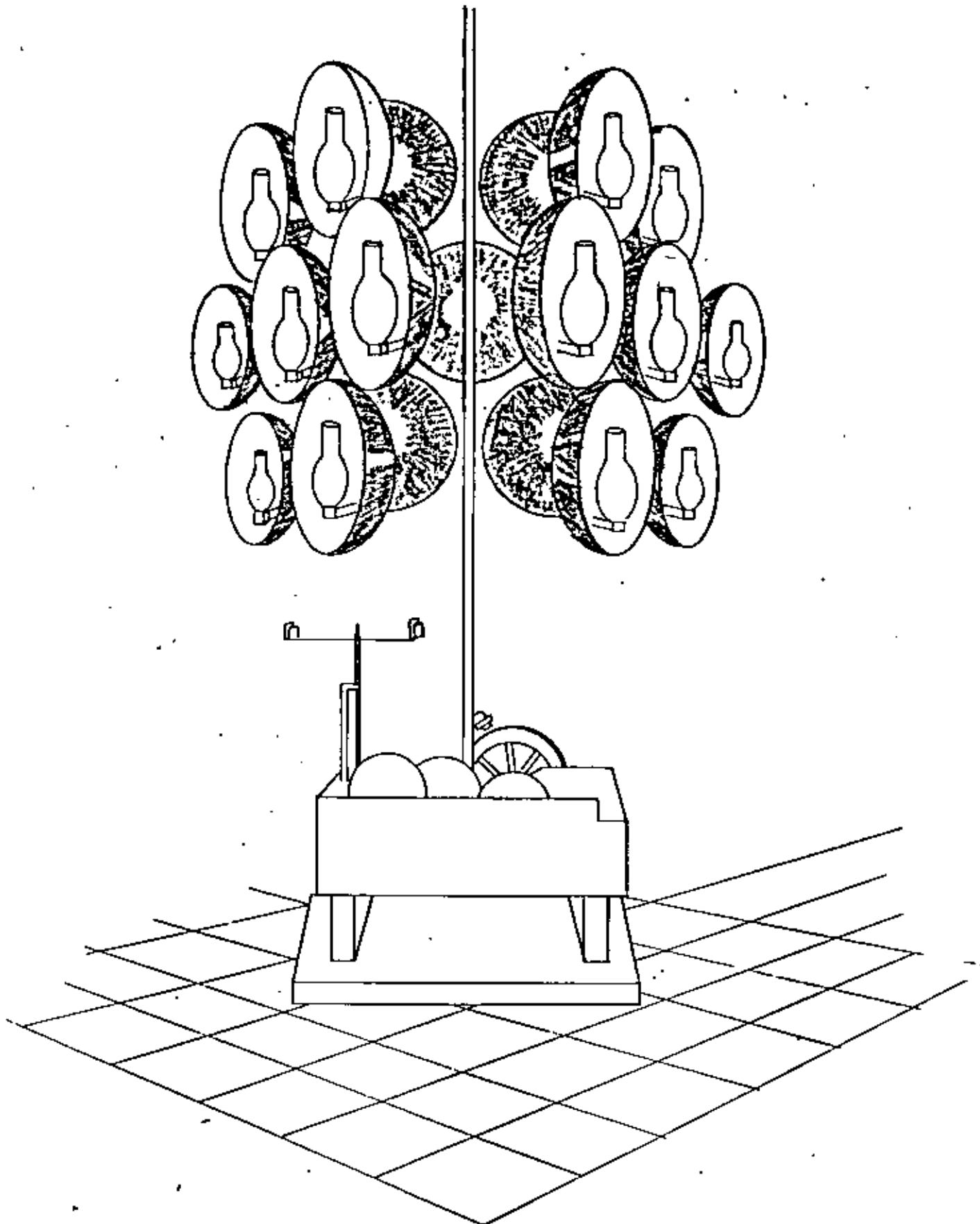


FIG. 4

de forma troncocónica o cilíndrica, con un dispositivo en su parte superior para hacerlos visibles en períodos de oscuridad. - Son de diferente magnitud de acuerdo con la importancia del lugar que señalan y se clasifican en:

- 1.- De recalada.
- 2.- Intermedios.
- 3.- De situación.
- 4.- Buques faros.

Los faros de recalada se instalan en los lugares más convenientes de los puertos de gran importancia con numeroso tráfico marítimo, sirviendo para facilitar la recalada de los buques a esos puertos.

Los faros intermedios operan en puntos adecuados de modo que sirvan como complemento a los anteriores, es decir, para que el navegante pueda servirse de ellos cuando no tiene a la vista un faro de recalada. Generalmente tienen menos alcance. - También se colocan en aquellos puertos en los que el tráfico marítimo es de menor importancia.

Los faros de situación se emplean para señalar accidentes notables de la costa, como penínsulas, cabos, islas, etc.

Los buques faros son embarcaciones que contienen una de las estructuras y se fondean en aguas poco profundas para señalar áreas peligrosas. También se usan como señales móviles -

trasladándolas a los lugares en los que en determinadas épocas - se intensifica el tráfico marítimo.

En cuanto a su operación pueden considerarse 3 clases de faros:

Los que requieren de una o más personas, (guardafaros), para su funcionamiento, los automáticos que no requieren personal y los que se operan a control remoto. En la actualidad la mayoría de los faros son automáticos, consistiendo su automatización en dispositivos, como válvulas solares y celdas foto - eléctricas que encienden y apagan las luces por influencia de la obscuridad o la luz del medio ambiente.

Los faros que se operan a control remoto establecidos en lugares de difícil acceso contienen dispositivos de radio, que pueden manejarse por medio de aparatos electrónicos instalados en tierra firme. En el faro existen sensores que envían señales diferentes para cada función, pudiéndose así controlar el encendido y apagado del faro, el funcionamiento de plantas motogeneradoras, la producción de señales acústicas y las fallas que pudieran presentarse en cualquiera de los sistemas.

BALIZAS. - Las Balizas son estructuras menores que las de los faros y se usan para auxilio de la navegación en distancias relativamente cortas. Su forma más común puede ser piramidal, rectangular o cilíndrica.

Estas señales operan siempre automáticamente, cuando son luminosas o acústicas.

En términos generales pueden considerarse dos tipos de Balizas:

- 1.- Balizas de Situación.
- 2.- Balizas de Enfilación.

Las Balizas de Situación, se colocan generalmente en puntos de las obras marítimas de los Puertos que deban hacerse - notar al navegante para facilitarle el movimiento seguro de su - embarcación. Así las encontramos en los extremos de los rompeo- las y escolleras para señalar las entradas a los ante-puertos, - en los extremos de los muelles, en los duques de alba, etc.

Las Balizas de Enfilación se emplean para indicar - las líneas de rumbo que deben seguir los barcos para librarse de - todos los peligros cuando entren o salgan de un puerto, dársena, - río o agua interiores.

Las Balizas de Enfilación generalmente se colocan en tierra, casi siempre por parejas, siendo una anterior y una pos- terior, esta última de mayor altura sobre el nivel del agua, en forma tal que la línea que las une al prolongarse sobre el agua determine la línea de rumbo que deben seguir los barcos.

BOYAS.- Las boyas son flotadores sujetos por medio de una cadena o cable a un cuerpo que se afirma en el fondo, de

tal manera que no sea afectado por las corrientes de agua ni por los movimientos ocasionados por el oleaje y la boya pueda permanecer en un área extremadamente limitada.

Las boyas se utilizan para señalar obstáculos naturales o artificiales que no pueden ser vistos a través del agua, - por ejemplo: los extremos de los arrecifes, de bancos de coral, - bajos fondos, embarcaciones hundidas.

Tanto los faros como las balizas y las boyas, tienen características propias de tiempo y de encendido y apagado, de acuerdo con las necesidades de la navegación en relación con las condiciones geográficas o meteorológicas de los lugares en donde se colocan, y así podemos encontrar balizas y boyas ciegas, es decir, sin luz; balizas o boyas luminosas para servicios nocturnos.

SEÑALES ACUSTICAS

Son en principio iguales a las anteriores, pero contienen un dispositivo que produce un sonido fácilmente identificable al ser accionado por el oleaje, por el viento, eléctricamente, o por cualquier mecanismo apropiado. Su empleo se hace necesario cuando se anula la efectividad de las señales visibles por ejemplo en las regiones en donde los fenómenos meteorológicos, esencialmente la niebla, impiden o reducen considerablemente la visibilidad.

Los principales dispositivos acústicos son: campanas, silbatos, sirenas, emisores eléctricos de sonido y explosivos. - Estos últimos son pocos usados, empleándose para casos de emergencia, cuando se requiere señalar obstáculos peligrosos de reciente aparición y en tanto no se construya la señal adecuada.

SEÑALES RADIO-ELECTRICAS

Las señales radio-eléctricas funcionan con base en - las propiedades de las ondas electromagnéticas (dirección, velocidad, frecuencia) de aparatos receptores o transmisores instalados en los buques para proporcionar al navegante elementos suficientes para determinar su situación geográfica.

Los principales sistemas de este tipo son los siguientes:

- 1.- Radio-Faros. (Direccionales y Omnidireccionales)
- 2.- Estaciones Radio-Goniométricas.
- 3.- Loran A.
- 4.- Loran C.
- 5.- Radar. (A bordo y terrestre)
- 6.- Omega.
- 7.- Cables de dirección
- 8.- Decca.

Y auxiliares como marcadores de radar - con responde--

dor para radar en tierra o en barco y la Radiocomunicación marina.

Los radio-faros consisten en estaciones transmisoras en tierra y receptoras a bordo de las embarcaciones. Las transmisoras emiten constantemente una señal fija y pueden ser omnidireccionales transmitiendo en todas direcciones y direccionales transmitiendo en una sola dirección.

En los primeros la señal puede ser recibida desde cualquier punto que se encuentre dentro del alcance del transmisor. La señal emitida por las direccionales solamente puede recibirse desde una sola dirección, por lo que estos aparatos se emplean principalmente para las entradas a puertos o bahías en donde existen canales estrechos.

Al recibir el navegante en un radiogoniómetro la señal de un radio-faro omnidireccional y posteriormente el de otro radiofaro y conociendo la situación geográfica exacta de ambos radiofaros, al determinar la dirección de la cual está recibiendo esas señales, por simple intersección obtiene la situación geográfica de su buque con gran precisión.

Las estaciones Radio-Goniométricas, emplean un sistema parecido al de los Radio-Faros y se instalan en tierra formando pares enlazadas entre sí. El navegante pide situación a una estación radiogoniométrica, esta estación le pide al navegante transmita en una frecuencia una clave y se lo comunica a la si--

guiente estación radiogoniométrica; entre las dos determinan las direcciones desde las cuales reciben las señales y en el cruce se obtiene la situación geográfica del buque proporcionándole dicho dato por radio al navegante.

El Sistema Loran A consiste en un gran número de estaciones transmisoras repartidas en el globo terráqueo, formado pares o tercias de estaciones, una de ellas opera como estación "maestra", a una frecuencia determinada y la otra y otras llamadas "esclavas", transmiten la misma frecuencia de la "maestra" pero con un tiempo de retardo determinado (frecuencia de pulsación) es decir, que primero se produce y transmite la señal en la estación "maestra" y después en las "esclavas"; pero como todas las señales se propagan a la misma velocidad, en varios puntos del océano, que estén más distantes de la "maestra" que de las "esclavas", ambas señales serán recibidas al mismo tiempo. Tomando varios puntos de igual recepción se forman líneas que se trazan en cartas náuticas dándoles a cada una su clave de identificación. Estas líneas resultan ser hipérbolas, por lo que este tipo de sistemas se denominan "Sistemas hiperbólicos de navegación". El navegante cuenta con un receptor de Loran que tiene varios canales y sintoniza uno de ellos de acuerdo con el sistema que vaya a utilizar, obteniendo indicación de la línea en que se encuentra su buque al sintonizar otro canal (otro par de estaciones), obtiene una segunda línea de posición y al identificar ambas líneas en su carta náutica de Loran, el punto en que estas líneas se crucen se

rá la situación de la nave con una precisión de 4 a 5 millas náuticas. Este sistema también es utilizado en navegación aérea. El Loran "C" es un sistema similar pero más moderno que trabaja a frecuencias muy bajas enviando las ondas al cielo para que sean reflejadas, siendo estas ondas reflejadas las que capta el receptor. Lo importante de este sistema es su mayor precisión, aunque su alcance es limitado. También se utiliza en la navegación aérea.

El sistema "OMEGA", también llamado LORAN OMEGA tiene la característica fundamental del Loran pero para cubrir todo el globo terráqueo sólo requiere de 8 estaciones, que trabajan coordinadas y sincronizadas entre sí, computando directamente la situación.

Los equipos de "Radar" son instalados en tierra para que a solicitud de los navegantes se les informe su situación o bien se instalan a bordo de los buques, para que en las proximidades de las costas pueda obtenerse la configuración de la costa, al recibirse los ecos desde objetos que reflejan las ondas que este transmite, los cuales indican la dirección en que se encuentra el objeto reflejante y la distancia de éste al buque.

Los cables de dirección utilizados en algunos puertos son utilizados por barcos que tienen ese equipo y que en canales los van guiando con señales especiales.

El DECCA son sistemas parecidos al Loran con alcances cortos entre 400 y 200 millas náuticas utilizándose dos tipos : - el de dos direcciones o LAMBDA y el HIPERBOLICO llamado también - DECCA HI-FIX.

Los sistemas de "Radio-Comunicación Marítima" son muy valiosos auxiliares que permiten a los navegantes comunicarse con Estaciones Costaneras que deben de tener Radiofaro Omnidireccional, estación Radiogoniométrica, Radar, Sistema de Comunicación - abierta en frecuencias de auxilio, proporcionar: situación, avisos a los marinos, servicio médico por radio, aviso meteorológicos, datos de entrada a puertos y todos aquellos servicios de ayuda a la navegación para que arriben o zarpen los buques con la mayor seguridad.

FUENTES DE ENERGIA PARA SEÑALES LUMINOSAS

Actualmente los aparatos de iluminación usados en las señales marítimas emplean dos sistemas de encendido, de acuerdo con la fuente de energía para producir la luz:

- 1.- Sistemas de gas.
- 2.- Sistemas de energía eléctrica.

Los gases empleados en el primer sistema son principalmente butano, propano y acetileno.

El butano y propano son gases derivados del petróleo

que mediante una mezcla exotérmica producen una llama en un capuchón con gran luminosidad, pero con el inconveniente en nuestro país de que contienen gran cantidad de azufre que perjudica los quemadores y produce humo, reduciendo la luminosidad. En otros países se utiliza este gas purificado especialmente.

El acetileno es un hidrocarburo endotérmico que produce gran luminosidad, pudiendo usarse en el llamado sistema "Dalén" (con capuchón) o a llama libre. Una mezcla de 8% de acetileno y 92% de oxígeno produce más alto poder luminoso. Este gas tiene el inconveniente de que necesita transportarse en depósitos de acero embutido llamados acumuladores, los cuales llevan en su interior una capa porosa que contiene acetona para darle estabilidad, de manera que para cuatro kilogramos de acetileno se necesita un depósito de 40 a 50 kilogramos. Esto eleva su costo y requiere de precauciones especiales para su manejo.

Los sistemas que encienden por medio de energía eléctrica pueden ser alimentados principalmente de tres fuentes:

- 1.- Líneas eléctricas comerciales.
- 2.- Plantas motogeneradoras.
- 3.- Baterías de acumuladores.

Económicamente resulta más conveniente la primera de las fuentes siempre que la distancia de las líneas eléctricas a la señal no sea excesiva.

Las plantas motogeneradoras requieren de un mantenimiento efectivo y suministro de combustible, dependiendo el costo de operación del lugar donde se localice la señal por cuanto a su distancia a un centro de aprovisionamiento.

Las baterías de acumuladores se utilizan en las señales colocadas en lugares de difícil acceso que encienden y apagan automáticamente y para reducir costos, lo más conveniente es utilizar baterías recargables por medio de cargadores de viento, de oleaje o solares. En la actualidad el desarrollo de la energía solar ha permitido electrificar múltiples señales con magníficos resultados.

CARACTERISTICAS DE LAS SEÑALES LUMINOSAS

Una de las principales características de una señal luminosa es su alcance luminoso o sea la distancia entre la fuente de luz y el punto más lejano desde el cual puede ser observada la luz por un ojo humano normal. Este alcance está en función de la potencia efectiva, de la transmisibilidad de la luz, de la luminosidad de la fuente de la luz y de su altura sobre el nivel del agua.

Una característica de todo tipo de señales es el alcance geográfico o sea la distancia desde la cual puede ser observada la señal durante el día y esta se encuentra en función de la altura del límite superior de la señal sobre el nivel del agua, variando de acuerdo con la altura del observador sobre el

mismo nivel.

Las señales luminosas se caracterizan también por la forma en que funcionan los destelladores que cuando no se mantienen constantemente encendidas las encienden y apagan en diferentes formas.

La Asociación Internacional de Señalamiento Marítimo ha adoptado una nomenclatura estándar para las características luminosas de las señales empleadas como ayudas a la navegación.

- 1.- Luz destellantes.- La que enciende y apaga, llamándose destello al período de iluminación y eclipse al de apagado, con un determinado período de funcionamiento que se repite constantemente. En una luz destellante, el destello no debe exceder de $1/3$ del eclipse y el período debe ser entre 2 y 20 segundos.
- 2.- Luz de grupo de destellos.- Los destellos son de menor duración que los eclipses con un límite de 4 y un período máximo de 30 segundos.
- 3.- Luces con grupos compuestos de destellos.- La duración del destello no debe exceder de 3 segundos y el eclipse no mayor de 1 segundo. Período máximo de 30 segundos.
- 4.- Luz de igual intervalo.- El destello y el eclipse --

- son iguales. El período entre 2 y 30 segundos.
- 5.- Luz ocultante.- El destello debe ser por lo menos tres veces mayor que el eclipse y el período entre 2 y 30 segundos.
- 6.- Luces con grupo de ocultaciones.- El eclipse primario no debe exceder al destello primario o $1/4$ del destello secundario.
- 7.- Luz destellante rápida.- Sin haber proporción destello - eclipse, el período no debe ser mayor de 1 segundo.
- 8.- Luz destellante rápida con interrupciones.- Es una secuencia rápida de la anterior interrumpida por eclipses largos. Por lo menos 8 destellos entre interrupciones. Cada interrupción debe ser mayor, igual o menor que la duración de las secuencias de destellos rápidos.
- 9.- Luz de código Morse.- Debe usarse una sola letra del código Morse en cada señal. La letra a está reservada para las boyas que señalan la parte media de los canales. El período no debe ser mayor de 30 segundos.

IMPORTANCIA DE LA MARCACION DEL CANAL

Una de las características esenciales de un puerto moderno, es la marcación clara y sistemática de los canales, por los que se efectúa la entrada desde mar abierto. El canal puede ser largo o corto, ancho o comparativamente estrecho, y la necesidad de balizamiento es evidente, puesto que en ausencia de tales guías, los buques podrían varar en los bajos y bancos sumergidos que rodean a la línea de Costa en todos los países marítimos. Muy pocos puertos están dotados por la naturaleza con amplio frente de aguas libres y en la mayoría de los casos tienen que observarse precauciones y restricciones de complejidad variable, a la entrada de un Puerto. Esto es particularmente cierto en aquellos Puertos situados en Costas profundas y sistemas estuarios o sobre las riberas de ríos navegables. Las fluctuaciones de profundidad, combinadas en muchos casos con la variación de corrientes, constituyen una fuente de preocupación continua, para el piloto, quien generalmente tiene que confiar en la ayuda de un Práctico de Puerto, para llegar a su destino. Todavía hay circunstancias bajo las cuales esta asistencia puede no ser suficiente; y aparte de esto, siempre es descable que en las proximidades de los puertos se tomen medidas de la máxima seguridad y conveniencia para el acceso. De aquí que se le conceda la máxima importancia a la delimitación efectiva y adecuada de los canales de navegación.

En un país marítimo debiera esperarse que materia de

tal interés, vital a la comunidad, se tratara amplia y sistemáticamente. La práctica en la uniformidad y tratamiento de Señales Marítimas parece constituir un deseo obvio y general, pero debe confesarse que todavía a fines del siglo XIX la demarcación de los canales de aproximación se consideraba materia de importancia local en una gran extensión y generalmente quedaba en manos de Autoridades de Distrito con pequeña, si la había, supervisión Nacional. La conclusión inevitable fue una diversidad de prácticas que servían para confundir al navegante más que para ayudarlo.

Cada puerto adoptaba un sistema de su propiedad, sin referencia al interés mayor del país, y reglas y leyes en conflicto se encontraban frecuentemente en operación.

BOYAJE UNIVERSAL

Anteriormente a 1882 ningún intento se hizo para uniformar los sistemas de balizamiento adaptados en los diversos países marítimos por las Autoridades de puerto. En ese año se verificó una conferencia en Trinity House, "para investigar las propuestas para el establecimiento de un sistema uniforme de balizamiento" llegándose a un sistema más o menos elástico respecto a colores, formas y tamaños de boyas que fue adaptado por la India, Dominios y Colonias.

La primera conferencia internacional de boyaje se --

realizó en 1889 en Washington en la que estuvieron representados la mayor parte de los países marítimos y autoridades. Se recomendó la adopción de un sistema internacional "lateral" de boyaje basado primordialmente en el color. Rusia no concurrió, sino que continuó usando el sistema previamente adoptado. En 1912 se realizó la segunda conferencia sin que se lograra alcanzar universal acuerdo. La dificultad que todavía continúa era que las costas de varios países notablemente los del mar Báltico, son inapropiadas para el sistema lateral de boyaje. Este sistema sirve admirablemente para canales bien definidos, en donde el balizamiento marcado indica los límites laterales establecidos por la disposición de boyas en ambos lados. Frecuentemente es inapropiado en intersecciones y bifurcaciones de canales y bocas de esteros donde prevalecen corrientes y marcas. Con frecuencia las proximidades son interceptadas por innumerables islas, rocas, bancos y otras obstrucciones que hacen al sistema lateral impracticable.

Dichos países prefirieron el sistema de boyaje "cardinal" o de "compás" para indicar los peligros existentes en aguas costeras confinadas. En este sistema la marcación verdadera de la señal que marca el peligro se indica sobre las Cartas al punto cardinal más próximo del compás.

En 1922 con los auspicios de Trinity House se reunió otra conferencia internacional en la cual se acordó el primer sistema definido y universal para marcar barcos hundidos, así

como para definir los términos estribor y babor.

En 1930 una conferencia realizada en Lisboa, bajo los auspicios de la Liga de Naciones, se alcanzó un acuerdo concerniente a las Ayudas a la Navegación y con ciertas modificaciones fueron aprobadas y confirmadas las recomendaciones de la conferencia anterior.

En 1936 en Ginebra, se verificó otra conferencia de carácter internacional en la cual se aprobaron los términos de la anterior, con ciertas recomendaciones ulteriores. La adhesión a la propuesta se dirigía a la Secretaría General de la Liga de Naciones, para su ratificación internacional.

Se han celebrado múltiples reuniones llegándose a acuerdos sobre el sistema "A" o Cardinal, y apenas en 1979 se están llegando a acuerdos sobre el sistema Lateral o "B"

A continuación se indica un sumario de ambos:

1.- GENERALIDADES

1.1.- OBJETIVO

Este sistema se aplica a todas las señales fijas y flotantes (que no sean faros, luces de sectores, señales y luces de situación, buques faro o boyas de navegación de altura) y sirve para indicar lo siguiente:

- 1.1.1.-Los límites laterales de canales de navegación.
- 1.1.2.-Peligros naturales y otras obstrucciones como naufragios.
- 1.1.3.-Otras áreas o aspectos de importancia para el marino.
- 1.1.4.-Peligros nuevos.

1.2.- TIPOS DE SEÑALES

El sistema proporciona seis tipos de señales que pueden usarse combinadas:

- 1.2.1.-Señales laterales usadas - junto con una dirección convencional de boyaje, generalmente en canales bien definidos. Indican los lados Br. y Er. del rumbo que debe seguirse.
- 1.2.2.-Señales cardinales usadas - junto con el compás náutico para indicar al marino donde puede encontrar aguas navegables.
- 1.2.3.-Señales de peligro aislado. Indican peligros aislados de tamaño limitado que tie-
- 1.2.4.-Señales de aguas seguras. - Indican que hay aguas navegables a su alrededor. Ejem. Señales de medio canal.
- 1.2.5.-Señales de Bifurcación/Unión. Indican que un canal se divide, o canales que se juntan en esa posición.
- 1.2.6.-Señales especiales. De primera intención no ayudan a la navegación; pero indican

nen aguas navegables a su
alrededor.

un área o aspecto al que se
refieren documentos náuti-
cos.

1.3.- METODO PARA CARACTERIZAR LAS SEÑALES.

El significado de las señales depende de uno o más de los siguientes aspectos:

1.3.1.- Por la noche, color y ritmo de la luz. 1.3.2.- De día, color, forma y marca de tope.

2.- SEÑALES LATERALES.

2.1.- Definición de dirección convencional de boyaje.

La dirección convencional de boyaje puede definirse, cuando se requiera de una o dos maneras:

2.1.1.- La dirección general tomada por el marino cuando se aproxima al puerto, río estuario u otro acceso, viniendo de la mar, o del reloj alrededor de las masas de tierra. En todos los casos, la dirección convencional debe indicarse en los documentos náuticos - -

2.1.2.- En otras áreas, debe ser determinados apropiados.

minada en detalle por la autoridad apropiada, en consulta con países vecinos. En principio debe seguirse una dirección en sentido de las manecillas -

2.2.- Descripción de Señales Laterales

2.2.1.- Banda de Babor

Color: Verde(a)
Forma (Boyas): Caja o Percha.

Marca de tope -
(si hay): Una caja --
verde.

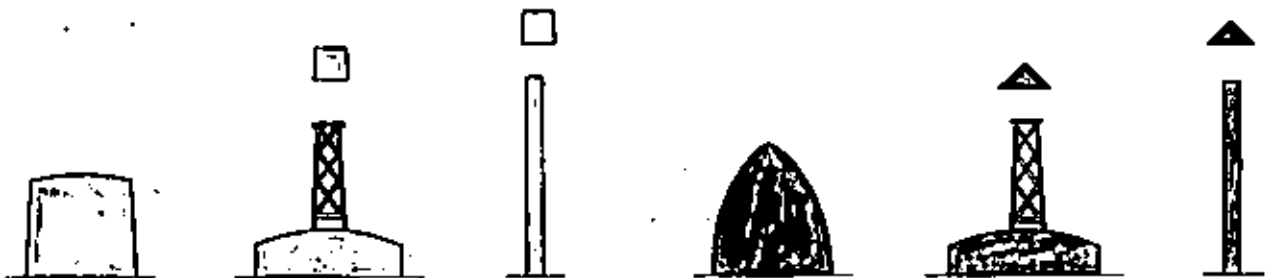
Luz (si hay):
Color: Verde
Ritmo: Cualquiera

2.2.2.-Banda de Estribor

Color: Rojo
Forma (Boyas): Cono o Percha.

Marca de tope -
(si hay): Un cono ro-
jo, punta -
hacia arri-
ba.

Luz (si hay):
Color: Rojo
Ritmo: Cualquiera



2.2.3.-Aquellas señales de Br. o Er. cuya identificación no sea confiable por su forma de caja o cónica, deben llevar, siempre que sea posible, las marcas de tope apropiadas.

2.2.4.-Numeración o marcas con letras: Si las señales a los lados de un canal es tán numeradas o marcadas con letras, deberán seguir la dirección conven cional de boyaje.

3.- SEÑALES CARDINALES

3.1.- Definición de Cuadrantes y Señales Cardinales.

3.1.1.- Los cuatro cuadrantes (Norte, Este, Sur y Oeste) están limitados por las marcaciones verdaderas NW-NE, NE-SE, SE-SW, SW-NW, tomadas desde el punto de interés.

3.1.2.- Una señal cardinal se nombra después del cuadrante en que está colocada.

3.1.3.- El nombre de una señal cardinal indica que ésta debe pasarse al lado nominado de la señal.

3.2.- Uso de las Señales Cardinales.

Una señal cardinal puede ser usada, por ejemplo:

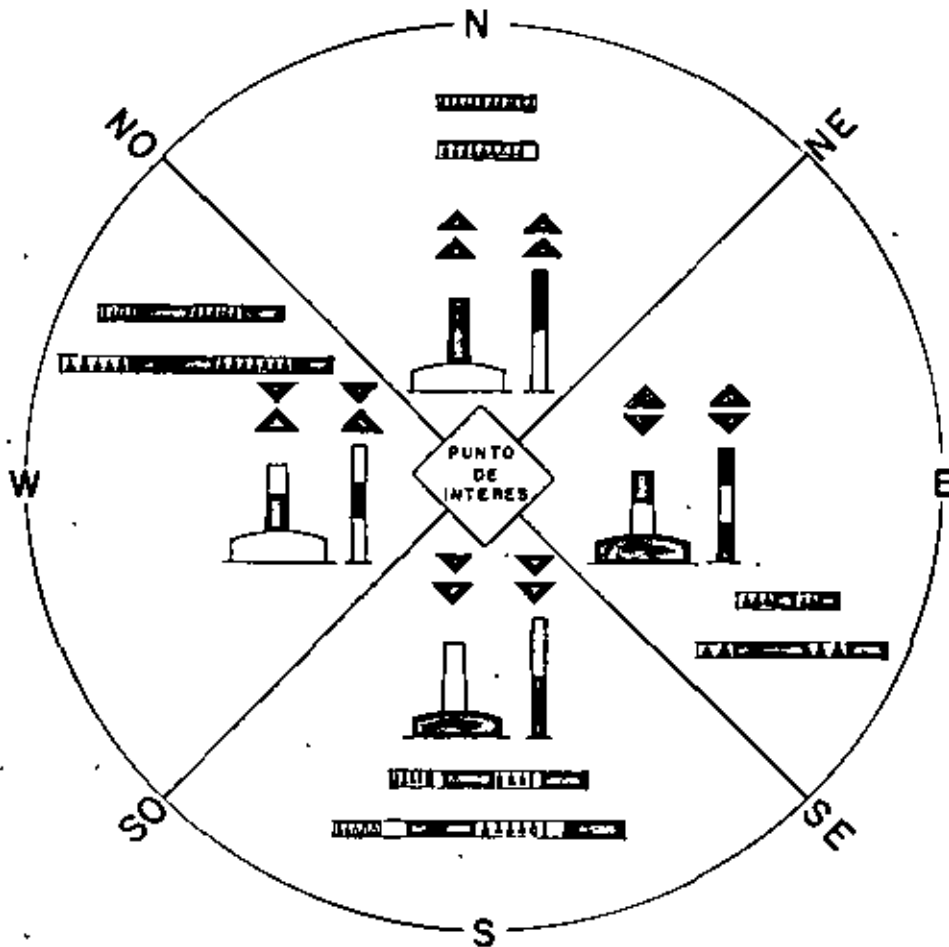
3.2.1.- Para indicar que las aguas más profundas en esa área, están en el lado nominado de la señal.

3.2.2.- Para indicar el lado seguro por el cual librar un peligro.

3.2.3.- Para atraer la atención sobre cierto aspecto en un canal, como un monticulo, una unión, una bifurcación, o el extremo de un bajo.

(a) Donde una autoridad considera que por razones excepcionales no es satisfactorio el color verde, pueda usarse el negro.

3.3.- Descripción de Señales Cardinales.



3.3.1.-Señal Cardinal Norte.

Marca de tope(b): 2 conos ne-
gros, uno
sobre otro
con las pun-
tas hacia
arriba.

3.3.2.-Señal Cardinal Este.

Marca de tope: 2 conos ne-
gros, uno -
sobre otro
base con ba-
se.

Color:	Negro sobre amarillo.	Color:	Negro con una simple banda ancha horizontal amarilla.
Forma:	Pilar o percha.	Forma:	Pilar o percha.
Luz (si hay):		Luz (si hay):	
Color:	Blanco	Color:	Blanco
Ritmo:	Destellante - muy rápida - (c) o destellante rápida (d)	Ritmo:	Destellante - muy rápida - (c) (3) cada 5 segundos o destellante - rápida (d) (3) cada 10 segundos.

3.3.3.-Señal Cardinal Sur.

Marca de tope(b): 2 conos negros, uno sobre otro, puntas hacia abajo.

Color: Amarillo - sobre negro.

3.3.4.-Señal Cardinal Oeste.

Marca de tope: 2 conos negros, uno sobre otro, punta con punta.

Color: Amarillo con simple banda ancha horizontal.

			zontal negra.
Forma:	Pilar o percha.	Forma:	Pilar o percha.
Luz (si hay):		Luz (si hay):	
Color:	Blanco	Color:	Blanco
Ritmo:	Destellante - muy rápida (c) (6)+ destello largo (e) cada 10 segundos o destellante rápida (d) rápida (d) (6)+ destello largo cada 15 segundos.	Ritmo:	Destellante - muy rápida (c) (9) cada 10 segundos o -- destellante - rápida (d) (9) cada 15 segundos.

(b) La marca de tope de doble cono, es la parte más importante durante el día en cada señal cardinal, por lo que debe usarse siempre que sea posible y ser tan grande como se pueda, con una separación muy clara entre los conos.

(c) Por ejemplo: una luz destellando a razón de 120 ó 100 destellos por minuto.

(d) Por ejemplo: una luz destellando a razón de 50 ó 60 destellos por minuto.

(e) Destello largo es una luz de una duración no menor de 2 segundos.

4.- SEÑALES DE PELIGRO AISLADO.

4.1.- Definición de Señales de Peligro Aislado.

Una señal de peligro aislado es la que se coloca en o sobre un peligro aislado, el cual tiene aguas navegables alrededor.

4.2.-Descripción de Señales de Peligro Aislado.

Marca de tope (f): 2 esferas, una sobre otra.

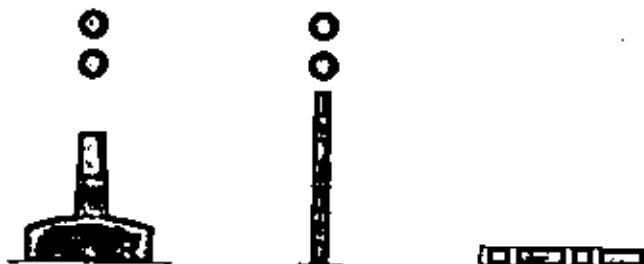
Color: Negro con una o más bandas anchas horizontales rojas.

Forma: Pilar o Percha.

Luz (si hay):

Color: Blanco

Ritmo: Grupo de destellos (2).



5.- SEÑALES DE AGUAS SEGURAS.

5.1.- Definición de Señales de Aguas Seguras.

Las señales de aguas seguras sirven para indicar que hay aguas navegables a su alrededor. Incluyen las señales de centro de derrota y de medio canal. También pueden usarse como alternativa por una señal lateral o cardinal para indicar el veril o Talud.

5.2-Descripción de Señales de -- Aguas Seguras.

Color: Rojo y Blanco en band--
das vertical
es.

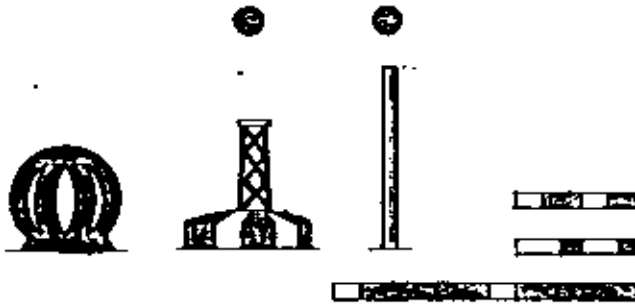
Forma: Esférica, -
pílar o perg
cha con marg
ca de tope
esférica.

Marca de tope -
(si tiene): Simple esfer
ra roja.

Luz (si hay):

Color: Blanco.

Ritmo: Morse "A" o
un destello
largo cada



10 segundos.

6.- SEÑALES DE BIFURCACION Y UNION.

6.1.- Definición de Señales de Bifurcación y Unión.

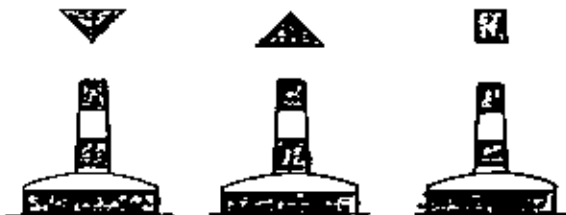
Las señales de bifurcación y unión son las que sirven para indicar - el punto donde dos canales se separan o se unen, cuando ambos son navegables. Si hay un canal preferente éste se identificará en los documentos náuticos apropiados.

6.2.-Descripción de Señales de - Bifurcación y Unión.

Color: Rojo y blanco en bandas horizontales.

Forma: Cualquiera, que no - se confunda con otras señales laterales.

Bifurcación: Marca de tope -
(si la hay)



(i) Canales de igual im-
portancia: Un cono -
negro con la punta -
hacia abajo.

(ii) Canal principal a la
izquierda: Un cono -
negro con la punta -
hacia arriba.

(iii) Canal principal a -
la derecha: Una ca-
ja negra.

UNION: Marca de tope (si -
la hay)

Un cono negro con -
la punta hacia aba-
jo.

Luz (si hay):

Color: Blanco.

Ritmo: Grupo de des-
tellos (4)

(f) La marca de tope de doble esfera es el aspecto más importante du-
rante el día en cada señal de peligro aislado y debe usarse siem-
pre que sea posible, tan grande como se puede con una separación
clara entre las esferas.

(g) Si alguna administración requiere el uso de luz roja para Señales de Peligro Aislado, debe excluir el uso del grupo de destellos (2) rojos de sus señales manuales de Estribor.

7.- SEÑALES ESPECIALES.

7.1.- Definición de Señales Especiales.

Son señales no usadas de primera intención para ayuda a la navegación, que indican un área o aspecto especial al cual se refieren los

documentos náuticos apropiados, por ejemplo:

7.1.1.-Señales de Sistemas de Obtención de Datos Oceanográficos.

7.1.2.-Señales de Separación de Tráfico cuando el uso de las señales convencionales puede causar confusión.

7.1.3.-Señales de Areas de Vertimientos.

7.1.4.-Señales de Zonas de Ejercicios Militares.

7.1.5.-Señales de Cables o Tuberías.

7.1.6.-Señales de Zonas de Recreo.

7.2.- Descripción de Señales Especiales.

Color: Amarillo.

Forma: Opcional, que no se confunda con otras señales.

Marca de

tope (si

hay): Una "X" amarilla.

Luz (si hay):

Color: Amarillo

Ritmo: Cualquiera, diferente de los indicados en

en las seccio--
nes 3, 4, 5 y 6.

7.3.- Señales Especiales Adicionales.

Una Administración responsable puede establecer señales especiales diferentes a las descritas en los párrafos 7.1 y 7.2 en circunstancias excepcionales. Estas señales adicionales no deben confundirse con otras señales marítimas y serán registradas en documentos náuticos apropiados, y reportadas a la Asociación Internacional de Autoridades de Faros, a la mayor brevedad.

8.- PELIGROS NUEVOS.

8.1- Definición de Peligros Nuevos.

El término "Peligro Nuevo" se usa para describir los obstáculos descubiertos recientemente, que aún no estén indicados en documentos náuticos. "Peligro Nuevo", incluye las obstrucciones que ocurren naturalmente, como bancos de arena o rocas; y también los originados por el hombre, como naufragios.

8.2.- Señalamiento de Peligros Nuevos.

8.2.1.- Los peligros nuevos deben ser señalados de acuerdo con estas reglas. Si la Autoridad apropiada considera que el peligro es grave, debe duplicarse por lo menos una de las se

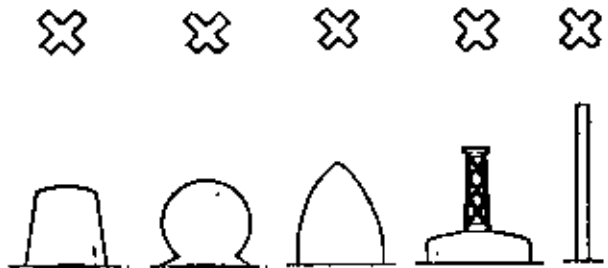
8.2.4.- Una señal duplicada -- puede llevar un emisor codificado "W" que muestre una longitud de señal de una milla náutica en la pantalla

ñales tan pronto como sea po-
sible.

8.2.2.-Cualquier señal, con luz que
se use para este propósito, -
tendrá una característica -
apropiada, destellante muy -
rápida o destellante rápida.

del radar.

8.2.5.-La señal duplicada pue-
de retirarse cuando la
Autoridad apropiada con-
sidere que la informa-
ción concerniente al pe-
ligro nuevo, ha sido su-
ficientemente promulga-
da.



TIPO BOYA

ESTRIBOR

BABOR

AGUAS SEGURAS

ESPECIALES

CARDINAL N
AGUA SEGURA NW - NE

CARDINAL E
- AGUA SEGURA NE- SE



. TIPO BOYA

CARDINAL S
AGUA SEGURA SE- SW

CARDINAL W
AGUA SEGURA SW - NW

BIFURCACION

1. 1000

2. 1000

3. 1000

4. 1000

5. 1000

6. 1000

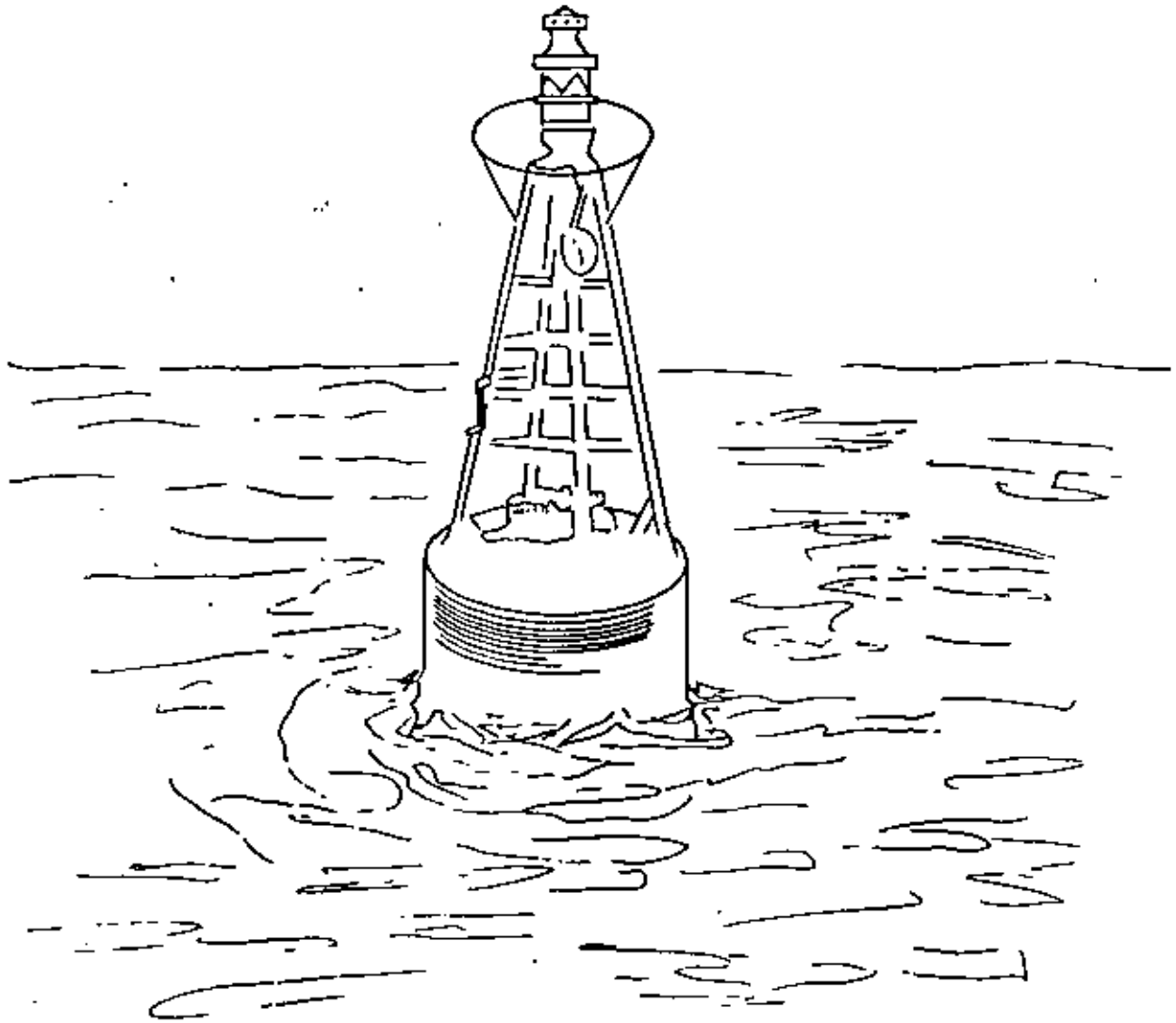


FIG. 5

BALIZAS DE ENFILACION

Habiéndose definido a qué se refieren estas balizas, queda por aclarar que deben ser formadas por un juego de 2 balizas la posterior más alta que la anterior con un porcentaje de potencia mayor y ritmo de destellos diferentes.

Estas luces no se colocan a distancia ni alturas arbitrarias; pues deben cumplirse los siguientes requisitos:

- a).- La luz posterior debe ser suficientemente alta, con relación a la anterior para evitar que los focos aparezcan confundidos como si fuera uno solo.
- b).- El largo del canal navegable que se determina da la relación de la distancia mínima entre las luces a manera de garantizar una sensibilidad suficiente para mantener al navegante entre los límites del canal; y una distancia máxima de las luces para evitar que esa sensibilidad sea tan grande que provoque confusiones al navegante y recele en usarlas por temor a los extremos del canal.

Las fórmulas que determinan estas características son las siguientes:

$$1) .- \quad H - h = \frac{D}{650}$$

$$2) .- \quad R = \frac{KD (H - h)}{W}$$

En donde:

H = Elevación de la luz posterior sobre el nivel medio del agua.

h = Elevación de luz anterior sobre el nivel del agua.

D = Distancia comprendida entre la luz anterior y el límite del alcance útil.

R = Distancia comprendida entre las luces anterior y posterior.

W = Anchura del canal.

K = Coeficiente de sensibilidad (éstos valores varían entre 0.6 y 4.5 habiéndose adoptado para nuestras costas el valor de 3.0).

TECNICA DEL BALIZAMIENTO MARITIMO VISUAL

SEÑALAMIENTO AL ACERCARSE A LAS COSTAS

La señalización de tierra, está hecha por los faros (P) llamados "Faros de Recalada" instalados sobre los puntos avanzados de las costas (cabos, islas).

Fig. No. 6.

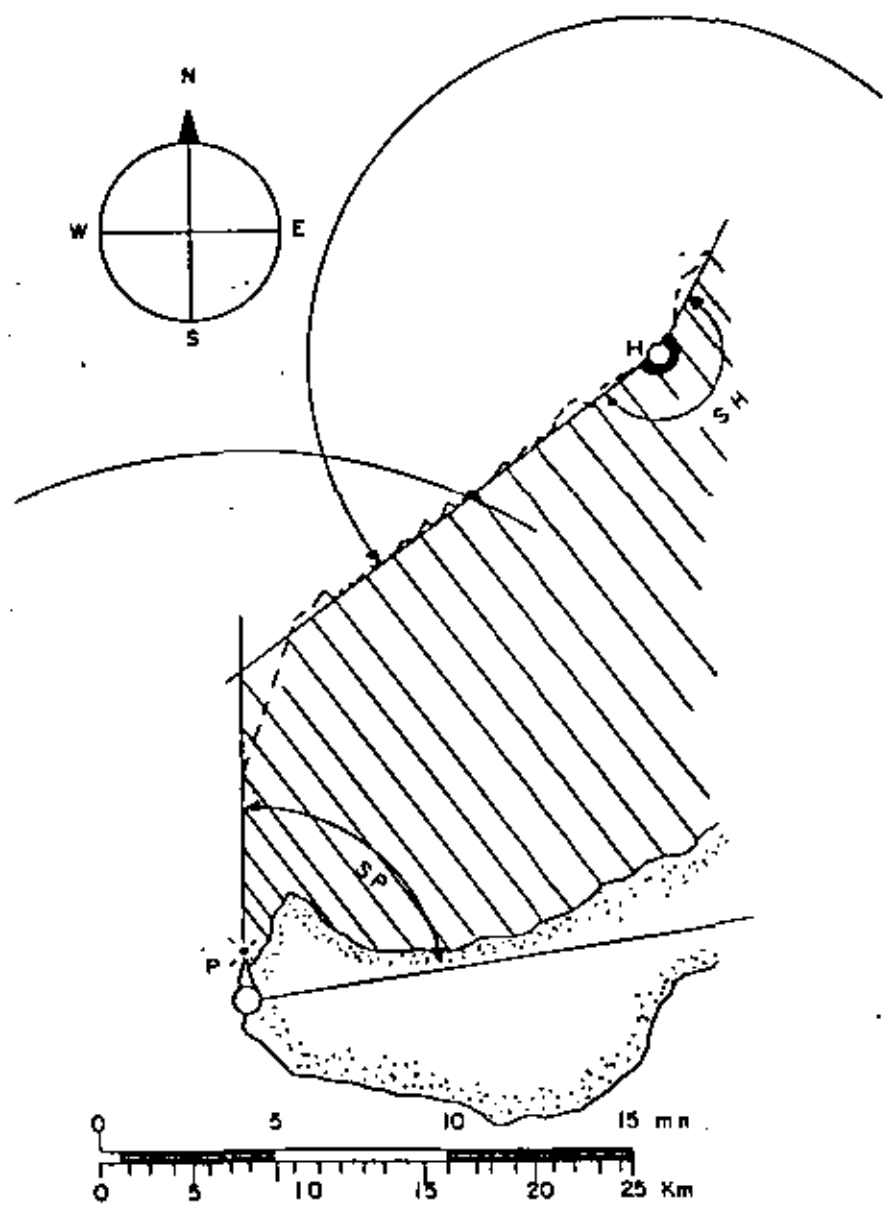


FIG. 6

El alcance luminoso debe ser el mayor posible, y se logra con luces giratorias instaladas sobre torres altas, para conseguir un alcance geográfico suficiente.

La "característica" del faro será elegida para que no haya ninguna confusión con faros vecinos visibles en la misma zona.

La luz es siempre blanca hacia el mar.

Si existen algunos bajos próximos al faro giratorio, se aconseja señalarlos por un sector coloreado (SP) cubriendo la zona peligrosa. Este sector coloreado puede ser producido por una luz auxiliar, soportada por la misma torre que la luz principal.

La señalación será eventualmente completada por la instalación sobre arrecifes rodeando los bajos, de luces de horizonte (H) de destellos de alcance mediano, debidamente instalados con sector coloreado (SH) en la zona peligrosa.

SEÑALAMIENTO PARA LA NAVEGACION COSTERA

En la navegación "costera", los barcos que vienen de alta mar, se han guiado por los "Faros de Recalada", en las proximidades de la costa, encuentran un sistema de "balizamiento costero" constituido por faros intermedios o de situación (H) de destellos u ocultaciones de alcance mediano.

Estos faros de destellos están instalados para señalar las entradas en los puertos de mediana importancia (cabotaje, de abrigo, pesca, etc.).

Las luces de preferencia son blancas, si es preciso, pueden llevar sectores coloreados en las zonas peligrosas para los barcos (bajos, arrecifes, escolleras, etc.).

Si la distancia entre dos puertos es importante - - (ejemplo H2 y H4), (fig. No. 7) la instalación de un "Faro-costero" intermedio será prevista (H3) sobre un punto notable de la costa, con el fin de poder asegurar a lo largo de ésta, una continuidad en el balizamiento.

Las características de las luces costeras serán elegidas para que no ocurra confusión. Generalmente su alcance luminoso será limitado a unas 10 millas náuticas.

SEÑALAMIENTO DE UN CANAL COSTERO CON ESTUARIO

DANDO ACCESO A UN PUERTO

El dibujo (Fig. No. 8) ilustra el arribo a un puerto situado en un estuario, con entrada por un canal costero con partes dragadas.

La zona de "bajos" está indicada por las partes rayadas.

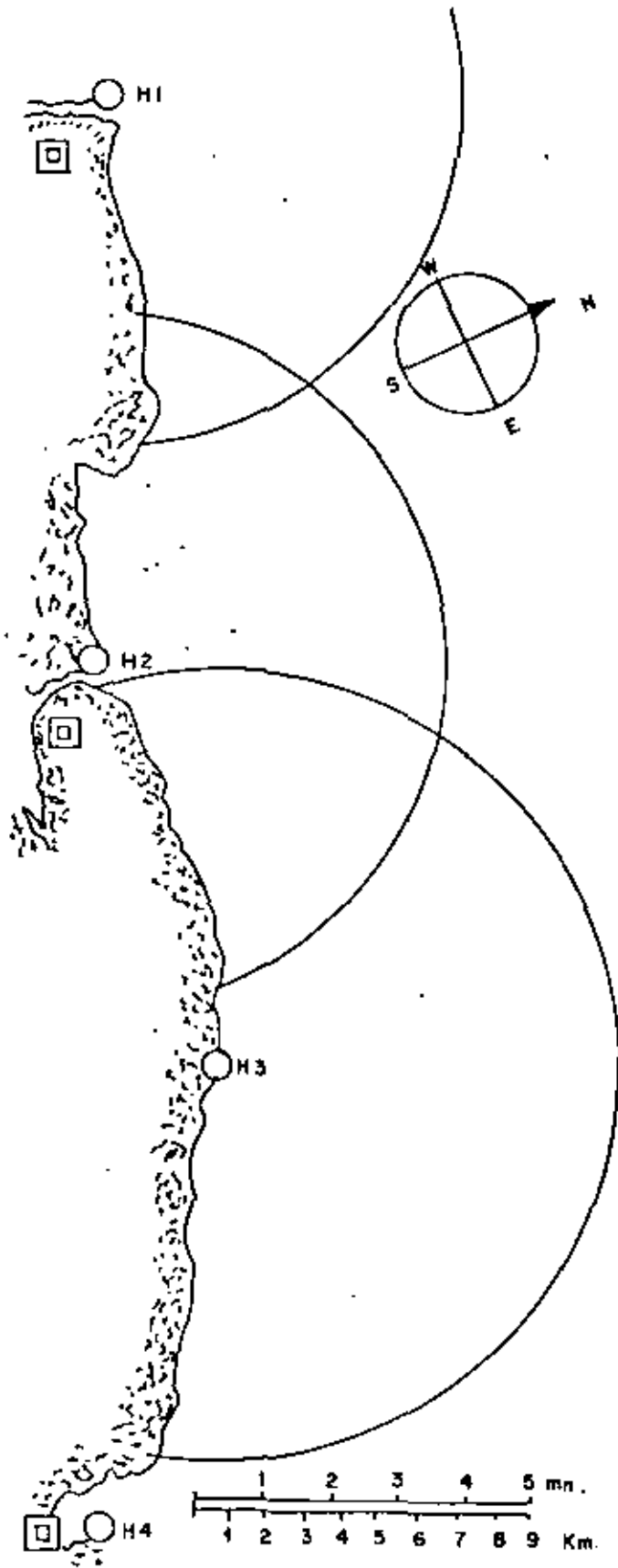


FIG. 7

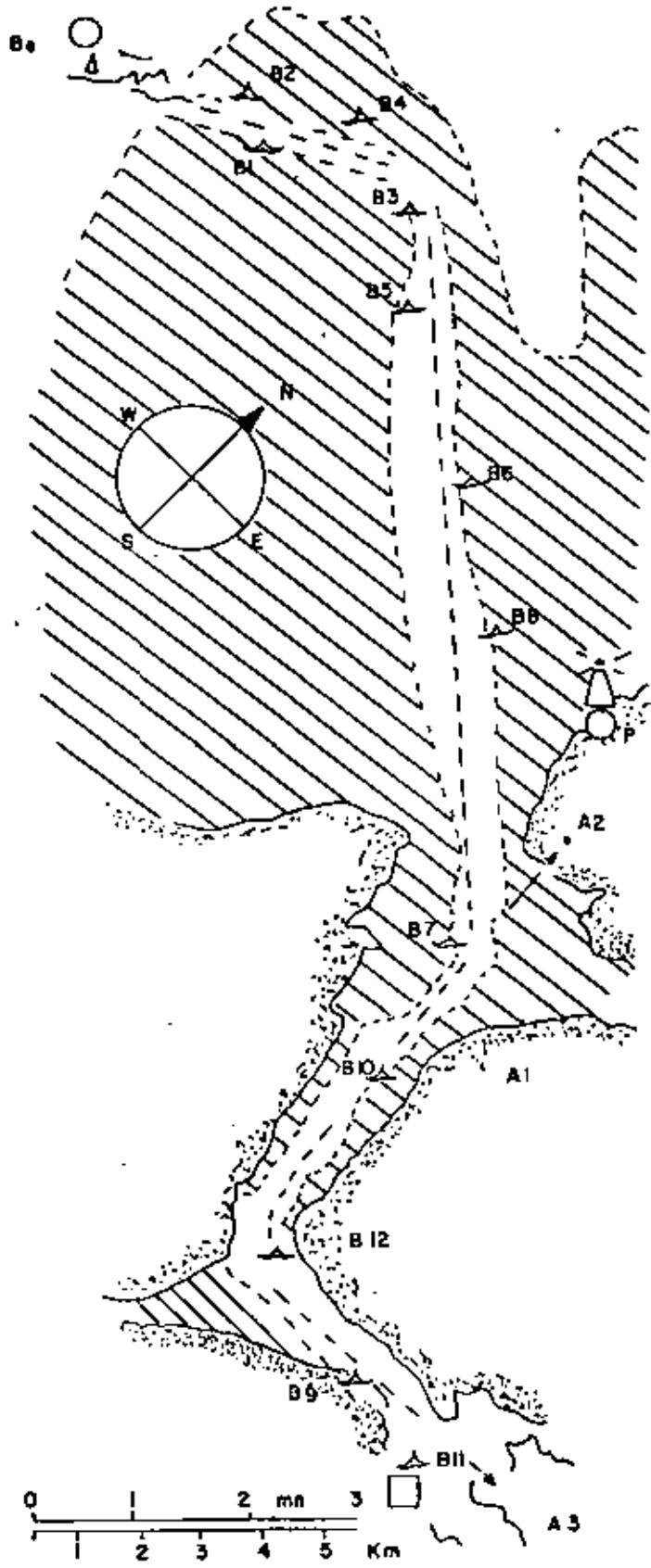


FIG. B

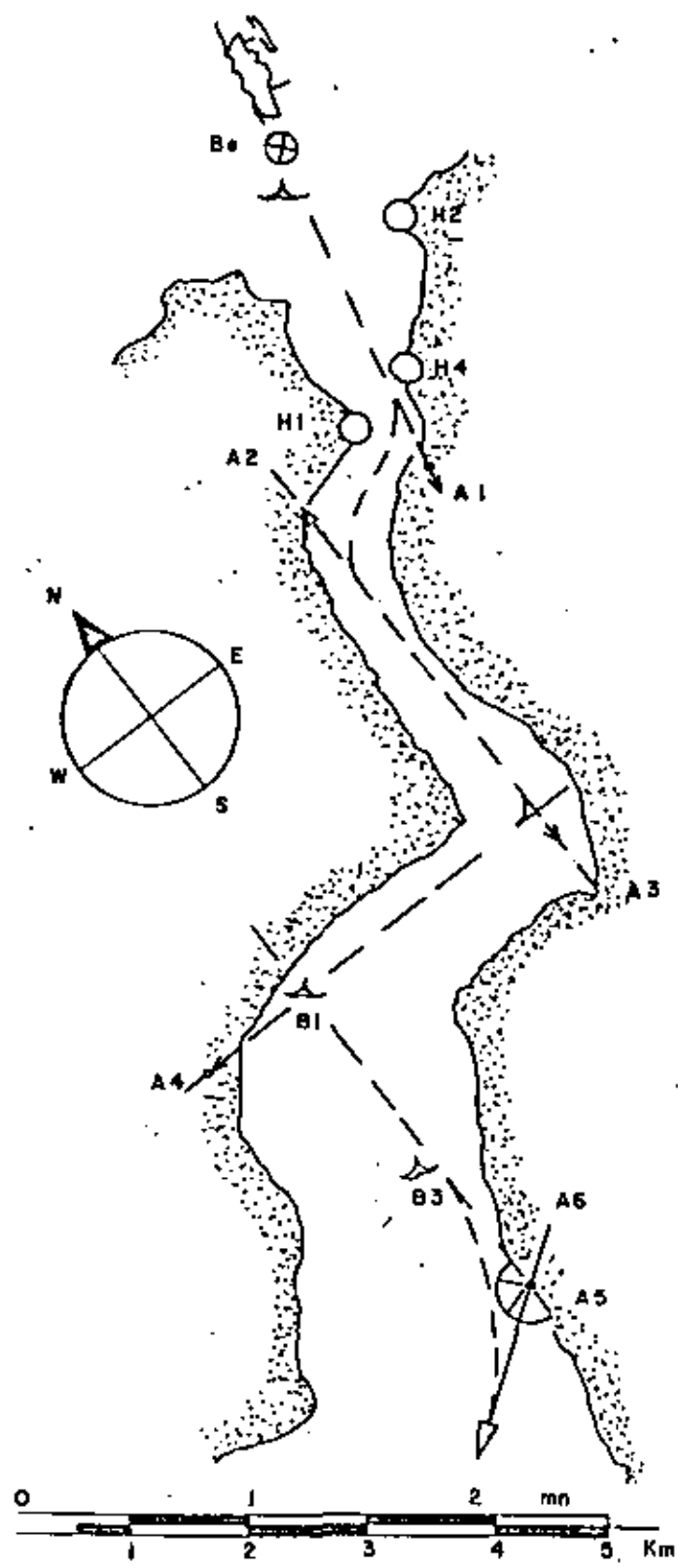


FIG. 9

Los barcos viniendo de alta mar se guían por el faro de recalada, (giratorio).

La señalación de acceso está constituida por una boya de entrada Be, marcando el principio del canal a seguir.

Hay una serie de boyas luminosas Be.....B12 fondeadas en ambos márgenes del canal y en los cambios de dirección B3, B7 y B12.

Luces de enfilación A1 y A2.

Una luz de muelle en la entrada misma del puerto.

El alcance luminoso de las luces, será limitado al mínimo suficiente, en las condiciones normales de visibilidad, para asegurar una buena continuidad del balizamiento.

Las características de las boyas y su colocación serán escogidas conforme a las reglas establecidas.

La instalación de las "luces de enfilación" puede ser reservada a una segunda etapa del balizamiento cuando el tráfico haya tomado suficiente importancia.

SEÑALAMIENTO DE UN CANAL DE ENTRADA DE UN PUERTO.

El dibujo (Fig. No. 9), ilustra un caso de balizamiento de un canal estrecho y sinuoso, de acceso a un puerto.

La señalación lleva entonces, según los casos:

Boya de entrada B_e .

Boya luminosa B_1, B_3 , etc.

Luces de tierra de destellos H_1, H_2 , etc.

Luces de enfilación A_1, A_2, A_3 , etc.

Los barcos navegan según las luces del balizamiento, para entrar en la Bahía interior adonde está situado el puerto.

Las características luminosas y la colocación de -- las luces serán de acuerdo a las reglas de balizamiento vigen-- tes.

El alcance luminoso de las luces, será limitado al mínimo suficiente, en las condiciones normales de visibilidad, para asegurar una buena continuidad del señalamiento.

Se notará en este ejemplo de canal estrecho y sinuoso la presencia de una enfilación sobre A_2, A_3 que los barcos -- pueden utilizar sea por proa, sea por popa.

SEÑALAMIENTO DE UN CANAL DE ACCESO A UN PUERTO

MEDIANTE. "LUCES DIRECCIONALES"

En las secciones anteriores se han mostrado ejem-- plos de enfilaciones construídas por luces standard dispuestas por pares, para entrada de puertos que comunican con el mar mediante canales de gran longitud.

En ciertos casos la configuración del terreno no se presta a la utilización de luces de enfilación estándar y en pares, por causas diversas:

Falta de espacio suficiente entre las luces.

Zonas de instalación de la luz posterior, de acceso difícil o pantanoso.

Existe en esas mismas zonas, vegetación boscosa, expuesta continuamente a incendios y que exige, para asegurar una visibilidad permanente de la luz anterior, la poda sistemática de dicha vegetación, principalmente en las regiones tropicales con árboles de crecimiento rápido y de gran altura.

Existen igualmente, viviendas, barrios urbanos, etc. donde los edificios y el alumbrado pueden impedir la visibilidad de la luz posterior.

A causa del relieve del terreno, la instalación de dicha luz resulta difícil o imposible (terreno acantilado, por ejemplo).

En tales casos la "luz direccional" que permite balizar una enfilación con una sola luz y que no presenta ningún ángulo de confusión, constituye la única solución utilizable.

Dicha solución es además en todos los casos la más económica, dado que esta constituida por una sola estación (de lo que resulta economía del equipo de una luz y sobre todo de su

soporte así como del montaje de dicho equipo y de su manejo y mantenimiento.

N O T A : A veces es conveniente construir detrás de la luz una especie de "pantalla negra" de dimensiones suficientes, sobre todo si se encuentra en proximidades de un espacio muy iluminado durante la noche.

DELIMITACION DE LA ENFILACION ESTABLECIDA. Esta definida por la amplitud del sector BLANCO axial, es limitada lateralmente y sin ningún ángulo de confusión, por dos sectores coloreados conforme a las reglas habituales, verde a Er, rojo a Br.

El dibujo (Fig. No. 10), muestra el acceso a un puerto situado en el extremo de un canal costero de gran longitud con secciones dragadas en donde se ha utilizado la luz direccional.

La señalación de estos accesos comprende:

Una estación F, que sirve de guía desde la entrada; la amplitud del sector Blanco es determinada en relación con los peligros D1 y D2 que deberán evitarse; (arrecifes, escollos, bajas, etc.)

Una estación F2, enlazada con la anterior para guiar al navío hasta el mismo puerto.

Una boya B. fondeada convenientemente en el cruce -

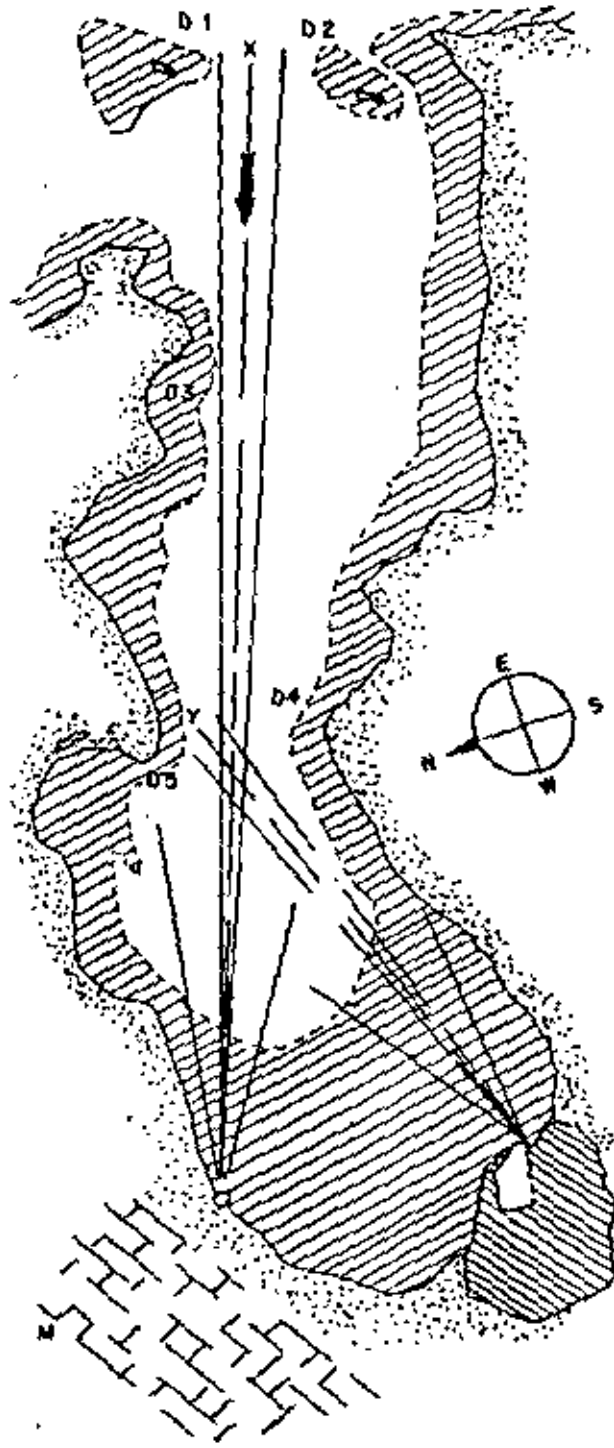


FIG. 10

de las dos enfilaciones establecidas.

ENTRADA A UN PUERTO DE GRAN TRAFICO

Los puertos de gran tráfico (pasajeros y flete) disponen siempre de un Servicio de prácticos.

Los barcos viniendo de alta mar se guían por el Faro de recalada (P) para luego dirigirse sobre la luz de más afuera marcando la entrada en la zona de acceso (Fig. No. 11)

Esta luz adelantada puede ser un barco-faro (LV) fondeado en alta mar, constituyendo una luz indicadora y dotado si es preciso, de una señal sonora acústica de neblina, de un radiofaro omnidireccional.

Según la importancia del puerto, este barco-faro podrá ser de propulsión propia y disponer de una tripulación permanente o ser automático y sin vigilancia.

La solución más sencilla sería emplear una boya de entrada de puerto, de gran altura focal e importante autonomía.

El barco esperará a proximidad de (LV) la llegada del práctico o si recibiera instrucciones por radio, fondearía en la zona de espera (M) delimitada: a, b, c, d.

Las zonas prohibidas, peligrosas por haber arrecifes serán objeto de una señalación especial (Z1).

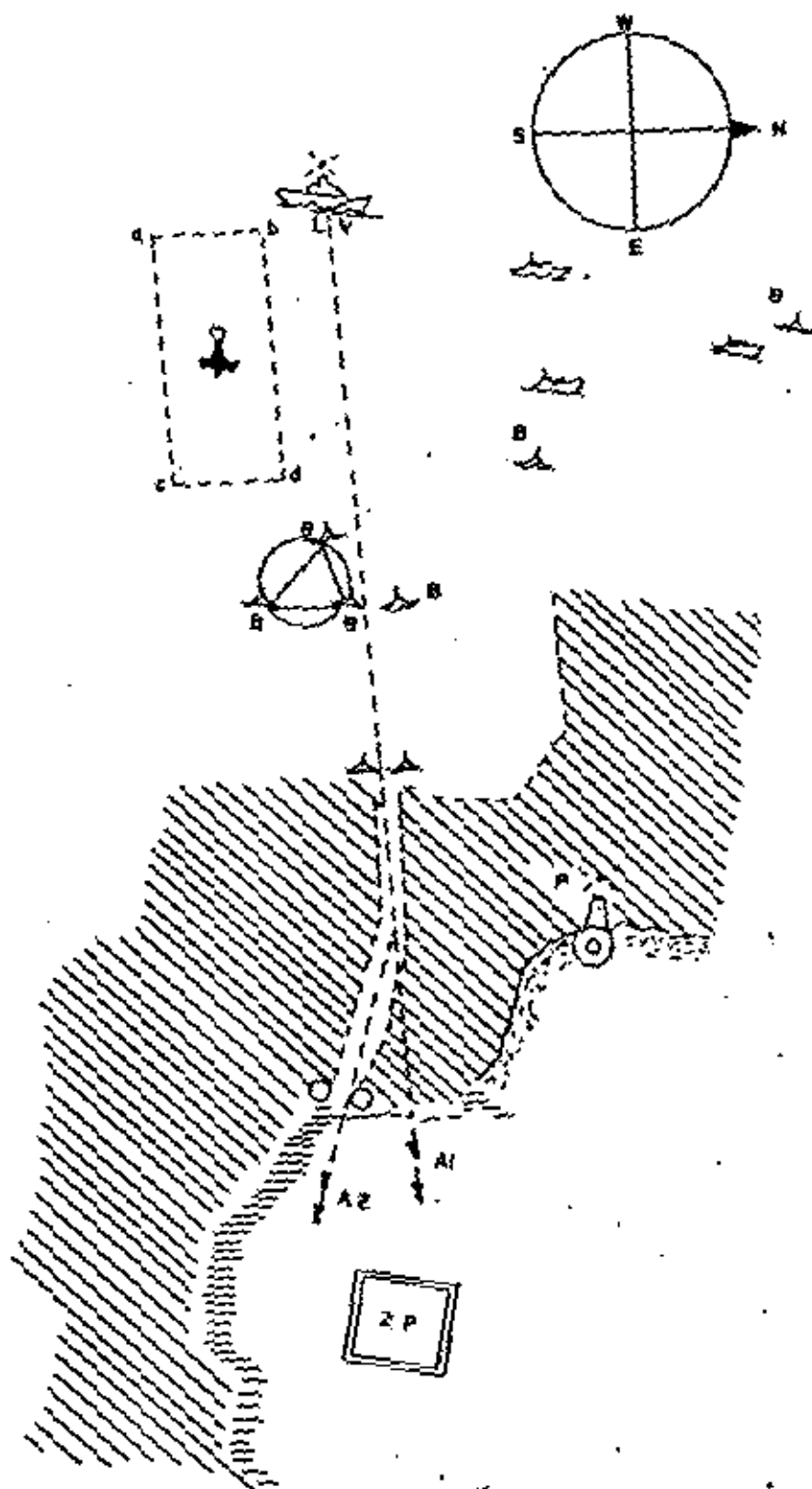


FIG. 11

A partir del punto (LV) y bajo control del práctico, el barco se guiará por la luz del puerto, hasta que entre en la "zona portuaria" propiamente dicha (2P).

INTERIOR DE UN GRAN PUERTO

Dirigido por el práctico, el barco ha seguido su navegación hacia las luces avanzadas del puerto (enfilaciones A1 y A2) hasta pasar entre las luces de horizonte de las cabezas de los muelles de ante-puerto. (Fig. No. 12)

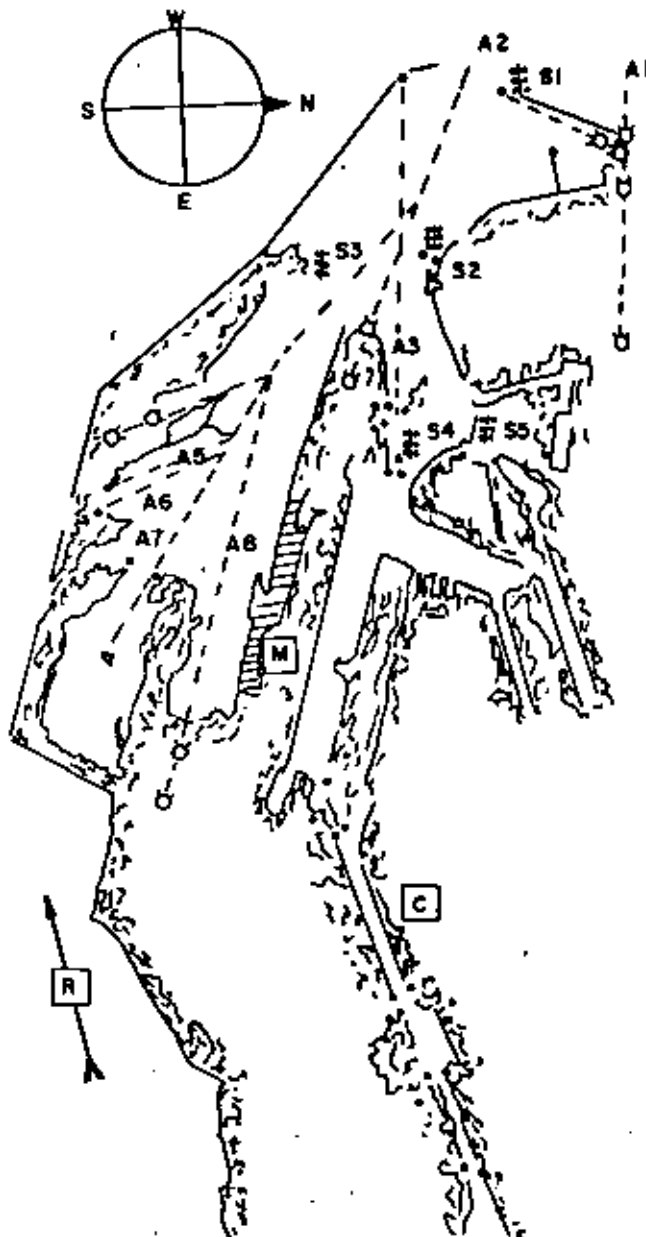
Luego, de acuerdo con las instrucciones recibidas, el barco se dirigirá a su punto de atraque guiándose por las luces correspondientes (A4, A5...)

Los barcos de pasajeros atracarán al muelle en la zona marítima (M) guiados si es preciso por (A6).

El canal (C) está balizado en las orillas por luces de horizonte instaladas en los puntos notables del canal (esclusas, etc.)

Del ante-puerto hacia el canal, la señalación está asegurada por una enfilación (A3) hacia las luces de horizonte en la entrada de la esclusa. Se notará en dicha entrada la presencia de una luz (ocasional) encendida únicamente en caso de muy mala visibilidad.

Una serie de "señales de tráfico" (S1 a S5) puestas -



C	CANAL
R	RIO
M	ESTACION MARITIMO
A	ENFILACION
O	LUCAS
◆	HORIZONTE
Q	OCACIONAL
#	ENFILACION TRAFICO

FIG. 12

en los lugares convenientes de la zona portuaria, permite dar a los barcos informes de orden general por medio de luces y paneles.

ELEMENTOS DE BASE.

Luces en tierra. (Ver artículos anteriores).

Señales de tráfico. Requieren un estudio especial.

LUCES DE ENFILACION

Generalidades: Una enfilación luminosa se destina para balizar un eje o un canal de navegación. Por lo regular se compone de dos luces visibles separadamente, una colocada en la parte anterior (luz delantera) otra colocada en la parte posterior (luz trasera).

Para que el buque se encuentre en el eje balizado, se deben tener en cuenta diversas condiciones de situación y altura de ambas luces.

Luz delantera o anterior. Se debe colocar lo más cerca posible de la orilla, si el borde está alejado o es de difícil acceso, entonces se puede instalar en una plataforma sobre pilotes.

Su altura H será suficiente para:

Asegurar el alcance geográfico en un punto lo más alejado posible.

Colocar la luz encima de los obstáculos existentes en el canal a balizar.

En los puertos, esteros, canales estrechos, donde otro buque navegando en la enfilación o fondeando, puede ocultar la luz delantera se elegirá la altura H de manera que dicha luz no quede oculta por el obstáculo).

Altura de la luz posterior o trasera. Para que ambas luces se vean separadas, la luz posterior se colocará más alta que la luz anterior; el navegante tiene que ver la luz posterior encima de la anterior, cuando se halle dentro de la enfilación.

CASO PARTICULAR PARA RIOS TROPICALES.

Los ríos tropicales pueden presentar diferencia de nivel muy importantes entre el período de las aguas bajas y el período de crecidas.

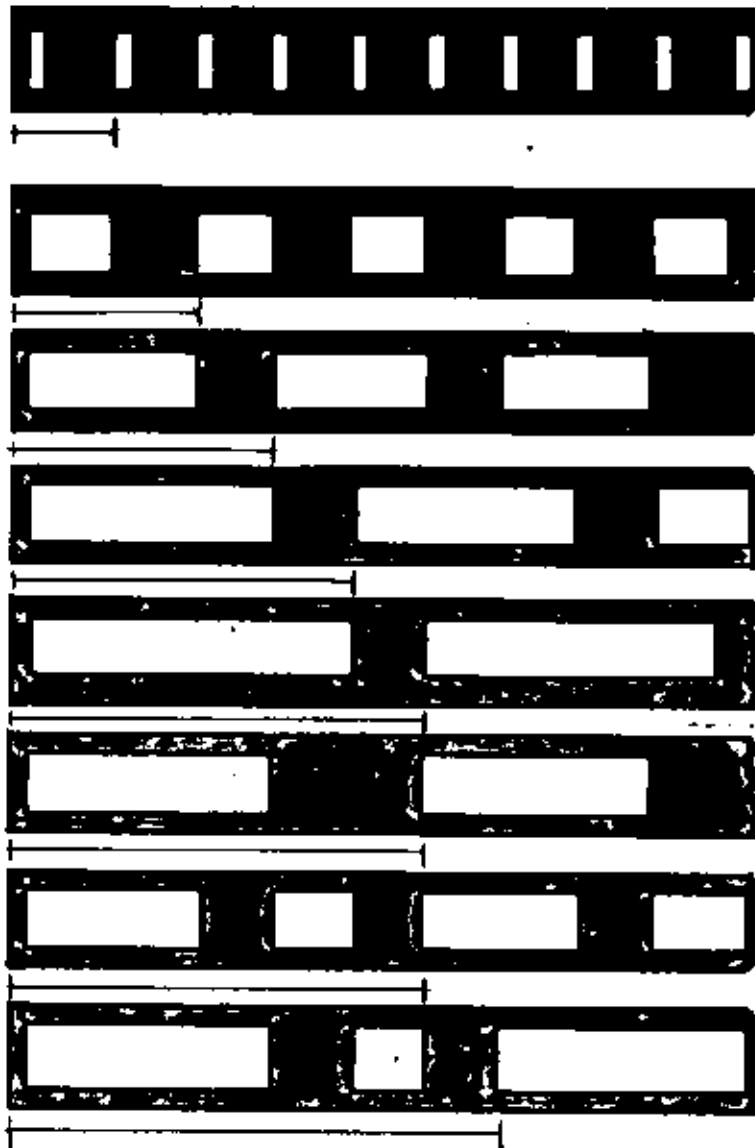
En este caso, la determinación de las alturas para el punto más cercano de la enfilación debe efectuarse para el nivel en aguas bajas.

CARACTERISTICAS LUMINOSAS.

Se recuerda que el empleo de "luces fijas" ha sido prohibida por la conferencia de Lisboa en 1929.

Se escogerán con un período de luz bastante largo para permitir una identificación fácil.

LUCES DE ENFILACION
VISIBILIDAD SIMULTANEA DE LAS LUCES



DESIGNACION	L	O	P	I/P
DESTELLOS RAPIDOS	0.3	0.7	1	3/10
	0.4	0.6	1	3/10
	0.5	0.5	1	3/10
ISOFASE	1	1	2	1/2
OCULTACIONES SENCILLAS	2	1	3	2/3
	3	1	4	3/4
	4	1	4	4/5
	3	2	5	6/10
GRUPO DE DOS OCULTACIONES	2+1	2+1	5	3/5
	3+1	1+1	6	2/3

COMBINACIONES RECOMENDADAS: POSTERIOR
 ANTERIOR

2 d' opres
 2 e 8 a 3 e 8 No II 122.00

CARACTERISTICAS COMPLEMENTARIAS



POSTERIOR

ANTERIOR

FIG. 13

Lo más frecuente es, seleccionar las características de las dos luces de la enfilación para que sean visibles simultáneamente.

CARACTERISTICAS COMPLEMENTARIAS.

Ciertos servicios recomiendan características complementarias, donde una luz es visible en el intervalo de los destellos de la otra (Figura No. 13)

En el ejemplo la figura No. 13, una de las luces se apaga cuando la otra se enciende; las dos son de características "ISOFASICA" con período de un segundo.

Este sistema precisa una sincronización perfecta de ambas, por tal motivo, se emplea en principio, para luces de enfilación alimentadas por la misma línea eléctrica, un destellador común, el cual manda los dos discos de emisión complementarios de las luces.

ELECCION DE LOS TIPOS DE FANALES.

Un canal de navegación es siempre relativamente estrecho en comparación a su longitud por lo que el ángulo horizontal a iluminar es generalmente reducido, lo que lleva en principio a emplear fanales de óptica lenticular, los cuales permiten conseguir una intensidad de luz y un alcance elevado con dimensiones de óptica lenticular, garantizando en las enfilaciones, la precisión máxima.

Se podrán elegir fanales de óptica de horizonte como luz anterior, si estas luces son de orilla o de borde, o bien si el anhel del canal es bastante grande.

CONCLUSION: El orden de preferencia de los tipos de luces de enfilación a emplear, es el siguiente:

- I).- Luces anteriores y posteriores lenticulares - garantizando una visibilidad y alcances máximos.
- II).- Luz anterior de horizonte, y luz posterior -- lenticular garantizando una visibilidad media na, pero permitiendo el empleo de la luz anterior (de horizonte) como luz de orilla.
- III).- Luz anterior y posterior de horizonte garanti zando una visibilidad más reducida, pero sufi ciente en canales de gran anchura.

COLORACION DE LUCES. Generalmente, las luces de enfilación son BLANCAS para permitir un alcance máximo de óptica y consumo de corriente mínima.

Si las enfilaciones forman parte de un conjunto de balizamiento llevando también luces en tierra (de orilla o de re ferencia) y boyas, la realización de las luces de enfilación -- BLANCAS, permiten diferenciarlas mejor de las luces en tierra o en boyas, coloreadas según la situación (babor o estri bor) en re

lación con el eje de navegación.

LUCES DOBLES DE ENFILACION. (Fig. No. 14)

En ciertos casos es posible emplear un mismo sitio para una luz (anterior o posterior) común a dos enfilaciones.

Si los alcances necesarios y los ángulos a iluminar pueden obtenerse mediante una óptica de horizonte, la luz común se realizará con un solo fanal cuya amplitud horizontal depende del ángulo a cubrir.

Por el contrario, si fuera preciso utilizar ópticas lenticulares, se podrá prever en el soporte común, linternas sobrepuestas (particularmente en el caso de alimentación eléctrica).

VISIBILIDAD DE DIA:

Se recomienda prever en los soportes de luces, miras de día con el fin de facilitar la navegación de día.

La forma y color de las miras depende de las reglas vigentes para el balizamiento. Su dimensión será siempre lo mayor posible para ser bien visible (en principio 2.5 m. como altura mínima).

La utilización durante el día, de las enfilaciones luminosas lleva intensidades muy superiores a las empleadas para la noche.

Por tal motivo, la utilización de las luces de enfilación

ción de día, está limitada para aplicaciones muy particulares - (entradas de puertos....etc.) y requiere un estudio especial.

SEÑALAMIENTO PORTUARIO

PUERTO DE MUCHO TRAFICO

La modernización de la infraestructura de los puertos, hace necesaria la también modernización de los sistemas de ayuda a la navegación.

El señalamiento luminoso es muy necesario. Controla en una forma racional el tránsito y aumenta la seguridad.

Las señales han sido objeto de un acuerdo de unificación internacional en Lisboa en el año de 1930. No obstante, - algunos puertos pueden ser dotados de dispositivos particulares de señalamiento, dependiendo de las condiciones locales imperantes.

MATERIAL DE SEÑALES DIURNAS.

Puertos de mucho tráfico. Pueden estar constituidas por:

VOLUMENES. (Troncocónicas, esféricas, etc.) debiendo ser siempre visibles desde un amplio ángulo de observación.

Las dimensiones usuales deben ser iguales entre sí, por lo general 1 m. de alto, de ancho y diámetro (a veces 0.60 m. para instalaciones de menor importancia).

LUCES DE ENFILACION GENERALIDADES

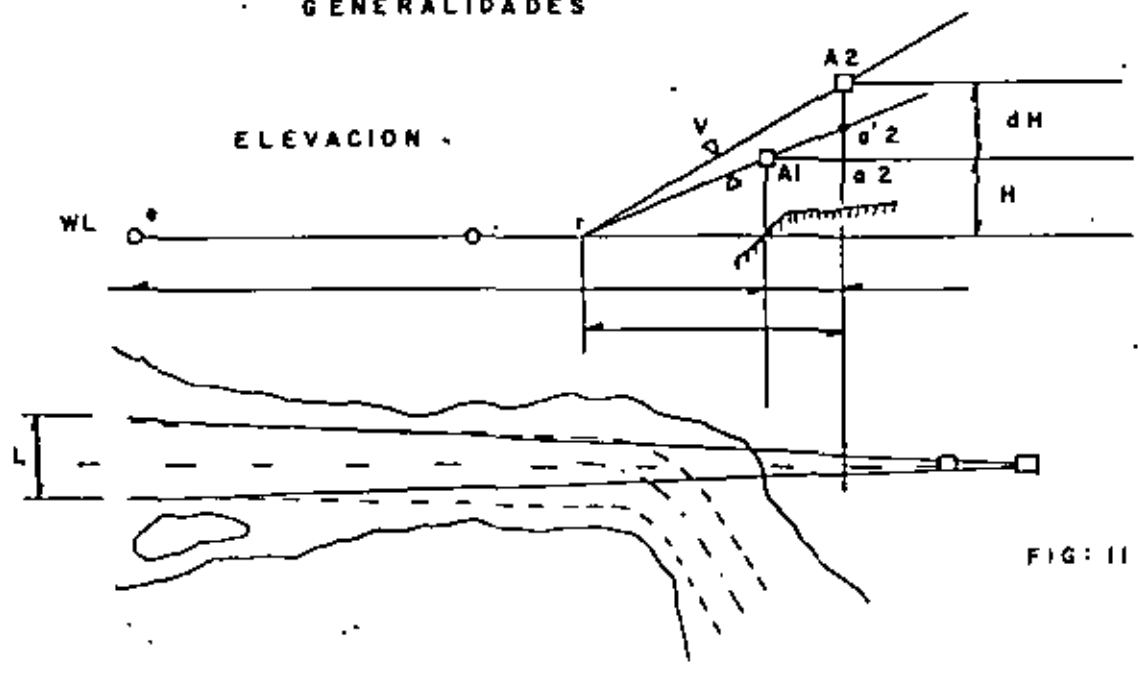


FIG: II A

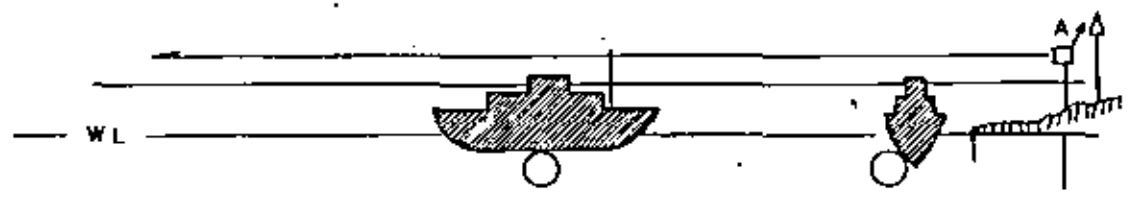


FIG: II B

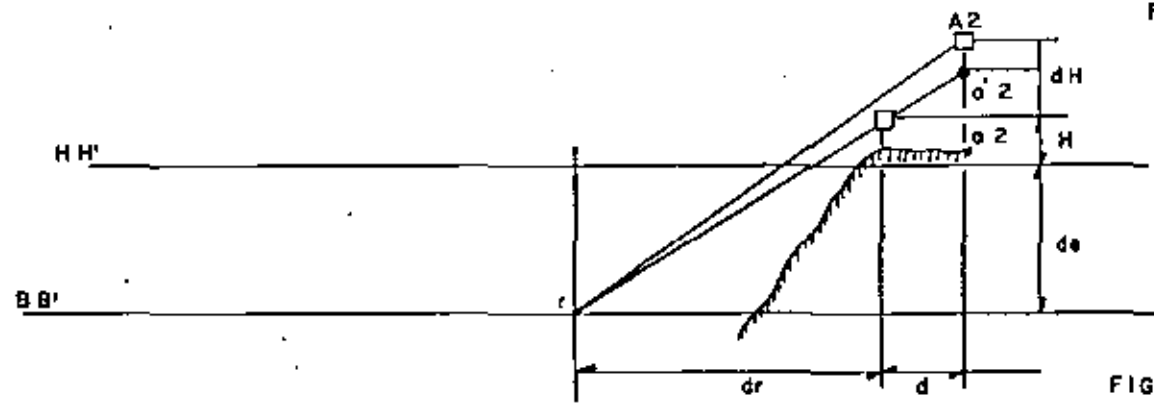


FIG: II

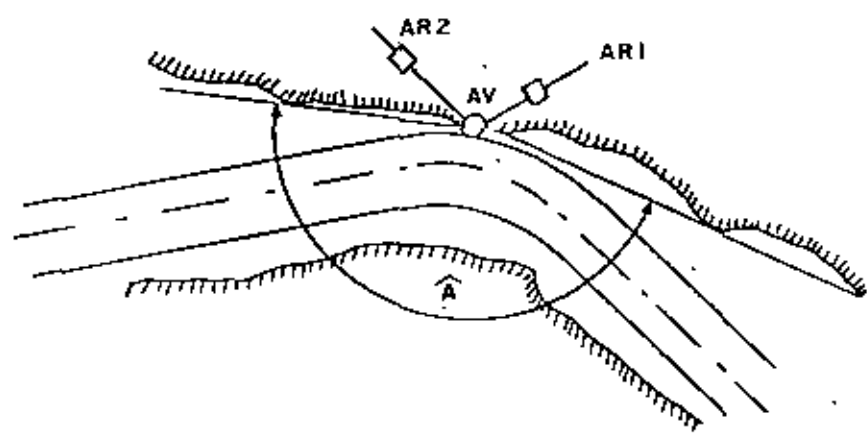


FIG. 14

SUPERFICIES. El ángulo en el que dichas señales pueden observarse es más bien pequeño. Las señales pueden ser instaladas sobre el soporte de la luz definitivamente. Un dispositivo permite su colocación o no, y las dimensiones de dichas superficies (alturas y anchuras) serán igualmente de 1 m. (ó 0.60 m. en menor importancia.)

PUERTOS DE POCO TRAFICO. Las señales pueden estar hechas simplemente por super-estructuras coloreadas.

MATERIAL DE SEÑALAMIENTO NOCTURNO. El señalamiento nocturno está constituido por grupos de luces blancas, rojas y verdes, utilizadas como sigue:

Con la ayuda de fanales que puedan izarse y arraigarse.

Con fanales de instalación fija.

Las citadas luces consisten, generalmente en fanales eléctricos de horizontes, cuyas lámparas deben poseer una potencia apropiada a las coloraciones, teniendo en cuenta la absorción.

MATERIAL DE SEÑALAMIENTO LUMINOSO, DIURNO Y NOCTURNO.

Para los puertos de cierta importancia, se procura emplear señales luminosas para el día y para la noche. Esta disposición conviene al señalamiento a corta distancia en sectores de observación de amplitud reducida. Lo anterior es común en las esclusas, dársenas, etc.

Durante el día, la importancia del fondo es muy de tomarse en cuenta, ya que el alcance es definido en realidad por el mínimo de iluminación perceptible, partiendo del cual el observador podrá decir con certeza si la luz está encendida o no.

Por tal razón, se proveen pantallas (color negro mate de preferencia) estudiadas para distintos diámetros y relacionadas con la brillantes del fondo..

COMPOSICIONES USUALES DE LAS LUCES DIURNAS Y NOCTURNAS.

Agrupación de varias luces para el día, quedando solamente una de servicio para la noche.

Luz única, de día, más, luz auxiliar para la noche.

Luz única de día utilizada en la noche con voltaje reducido a 1/8 del diurno (aprovéchase para pequeñas instalaciones).

Para ciertos casos especiales se pueden utilizar :

Proyectores (solos o equipados y combinados con las pantallas de color apropiadas) para luces de alcance limitado.

Luces con tubos luminiscentes y fluorescentes que presentan las señales descadas con las coloraciones requeridas.

TORRES DE FAROS. La altura de las torres de faros depende de la potencia de la luz, del alcance geográfico deseado y de la altura del emplazamiento elegido para su erección. Sus características se eligen de acuerdo con la altura del plano focal, del peso

del aparato, de la naturaleza del terreno, de las condiciones climatólogicas, así como de las posibilidades y acceso y mantenimiento.

Tratándose de luces automáticas y constituidas por un aparato de un solo bloque, las torres metálicas de acero o fundición son las generalmente empleadas.

Las torres de faros son de modelos muy variables. Su construcción puede ser de mampostería, de concreto, de fundición o de acero.

Las torres de mampostería o concreto presentan importantes ventajas de duración, pero requieren buenos cimientos en un terreno resistente. Requieren por otra parte, para su construcción, preparar el campamento de construcción disponiendo este de un camino adecuado para transporte de materiales (piedra, cemento, arena, agua, etc.) el cual facilitará el acceso.

Las torres construidas por estructuras de fundición, resultan casi tan duraderas como las anteriores; su montaje es tan sencillo como el de cualquier conjunto metálico; por lo tanto los medios de transporte son costosos.

Las torres formadas por estructuras de chapa de acero ordinario o especial, de fácil corrosión, requieren operaciones periódicas pero sencillas de mantenimiento.

Las torres metálicas, y de modo particular, si son de cierta altura se componen de:

Un tubo central, con o sin puntales metálicas de esqueleto o de tubos de acero o fundición.

Más sencillamente, de una construcción de esqueleto o de tubos de acero o de fundición sin tubo central. Esta disposición, se efectúa cuando no se emplea la escalera de acceso. Por lo que no se necesita protegerla.

En los terrenos poco consistentes (arena, fango, etc.) la torre metálica instalada con tornillos sobre pilotes es más económica. Incluso si el terreno es resistente, pero su emplazamiento resulta alejado de todo centro de abastecimiento, las torres de fundición o de acero resultan a menudo, menos costosas merced a su rapidez de montaje.

En las luces o faros automáticos (sin personal) se provee a veces un depósito para almacenar el iluminante.

Los faros con personal llevan, si la torre es suficientemente alta en su parte superior, una cámara de servicio emplazada debajo de la linterna.

La vivienda de los fareros puede ser construída por una casa erigida al lado de la torre. Así mismo, dicha vivienda puede situarse en la torre o generalmente, en su planta baja.

Esta solución resulta particularmente sencilla, tratándose de torres de mampostería.

Si la consistencia del terreno o la superficie disponi

ble no permiten las anteriores soluciones, la vivienda queda - -
situada en la torre de esqueletos o tubos, con escalera central -
protegida.

TABLA DE ALCANCES GEOGRAFICOS

ALTURA DE LA - LUZ SOBRE EL - NIVEL DEL MAR.	ALCANCE GEOGRAFICO EN MILLAS NAUTICAS.				
	ALTURA DEL OBSERVADOR SOBRE EL NIVEL DEL MAR.				
	CERO	5 m.	8 m.	11 m.	15 m.
3 m.	3.6	8.3	9.5	10.5	11.7
5 m.	4.7	9.3	10.5	11.6	12.7
7 m.	5.5	10.2	11.4	12.4	13.6
10 m.	6.6	11.2	12.5	13.5	14.6
15 m.	8.1	12.7	13.9	15.0	16.1
20 m.	9.3	14.0	15.2	16.2	17.4
30 m.	11.4	16.0	17.3	18.3	19.4
40 m.	13.2	17.8	19.0	20.1	21.2
50 m.	14.7	19.4	20.6	21.6	22.8
60 m.	16.1	20.8	22.0	23.0	24.2
70 m.	17.4	22.1	23.3	24.3	25.5
80 m.	18.6	23.3	24.5	25.5	26.7
90 m.	19.7	24.4	25.6	26.6	27.8
100 m.	20.8	25.5	26.7	27.7	28.9

Los detalles que arriba se detallan, han sido calculados
de acuerdo con esta fórmula:

$$x = 2.08 (\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})$$

En donde:

x = Alcance geográfico en millas náuticas.

h₀ = Altura del observador S.N.M. en metros.

h₁ = Altura de la luz S.N.M. en metros.

PLATAFORMAS PETROLERAS

El equipo de iluminación que se requiere en una platata

forma de perforación consiste en dos lámparas sincronizadas de luz blanca intermitente (intervalos de luz de Morse U), en los extremos opuestos de la plataforma, y luces rojas fijas de mediana intensidad en los otros extremos. Parte del equipo es también una señal sonora de dos millas operada por medio de una batería central que recibe una carga desde un cargador de baterías automático a través del centro de electricidad de la plataforma de perforación. De este modo se obtiene un período para operación de reserva más largo.

Algunas plataformas generalmente tienen un amplio gabinete que contiene baterías primarias y en la parte superior de éste está montada la señal sonora; la que a su vez, tiene sobre ella la instalación de luz que es muy similar a la que se describió en el párrafo anterior.

Las boyas de un solo anclaje están equipadas con luces intermitentes operadas por baterías, las cuales deben ser a prueba de incendio. Las mangueras no estacionarias a las que los buques se conectan para cargas o descargas de petróleo, están equipadas con luces indicadoras pequeñas, que operan durante algunas semanas por medio de la batería seca que tienen montada en el interior.

SEÑALES ACUSTICAS.

Por ser insuficientes las señales luminosas en ciertas regiones debido a los fenómenos atmosféricos (niebla), se ne

cesitan medios que sustituyan las señales marítimas de visual directa. Las campanas, sirenas, silbatos y explosivos son sistemas acústicos dispuestos para marcar obstáculos que representan peligro a los barcos. Su alcance es muy variable de acuerdo con el tipo de aparato que se use y la dirección del viento.

CAMPANAS: Pueden ser accionadas eléctrica o mecánicamente por medio de válvulas que funcionan a presión, con sistema de relojería o bien adaptadas a boyas flotantes que tocan sincrónicamente con el movimiento de las olas. La distancia audible de éstas puede variar de 2 a 5 millas dependiendo de las condiciones atmosféricas.

SILBATOS Y SIRENAS: Se colocan en faros y balizas utilizando escapes de gases o vapores, o bien aire comprimido por el efecto de las olas.

EMISORES DE SONIDO ELECTRICOS: Son aparatos que producen sonido por la vibración de un disco metálico a frecuencias de hasta 360 Hz. Estos aparatos tienen gran alcance pero el consumo de energía eléctrica es muy grande, ya que se tiene que hacer vibrar un disco de acero de 50 cms. de diámetro y espesores entre 15 y 20 cms. Además que se requiere de equipos especiales que triplican la frecuencia de la línea, (50 ó 60 Hz.), eléctrica, que utilizando las dos alternancias de un ciclo se obtienen 300 y 360 Hz. para 50 y 60 Hz. de la línea eléctrica.

EXPLOSIVOS: Son poco usados y se destinan como medios de emer-

gencia para señalar obstáculos peligrosos de reciente aparición y que se han notificado a los navegantes. Los más usuales son los coheteros aéreos, luces de bengala y detonaciones en general que accionados mecánicamente pueden producir señales a intervalos regulares.

SEÑALES ELECTRICAS O DE RADIONAVEGACION.

Las señales eléctricas o de radionavegación utilizan la propagación, suma vectorial, reflexión y dirección de las ondas electromagnéticas que transmitidas por un sistema o sistemas y recibidas por otro sistema o sistemas, permiten al navegante conocer su posición, bien sea en alta mar, en las cercanías a las costas y en las entradas a los puertos.

Los principales sistemas que se utilizan en la actualidad son los siguientes:

- 1).- RADIOFAROS: Los radiofaros, se dividen en dos fundamentales: el direccional y el omnidireccional. El uso del radiofaro direccional, es fundamental para la entrada a puertos o bahías donde existen canales estrechos. El omnidireccional se utiliza para situaciones cercanas a las costas (de 200 a 300 millas).
- 2).- ESTACIONES RADIOGONIOMETRICAS: Se instalan en tierra formando pares enlazadas entre sí para que cuando un buque solicita su situación (cercana a la cos-

ta), se determina por el origen de su transmisión - con los radiogoniómetros con un simple trazo de las dos direcciones de ambas estaciones.

3).- SISTEMA LORAN: Se encuentran varias estaciones instaladas en diferentes partes del globo terráqueo, - que transmiten a una frecuencia determinada, cuyas ondas emitidas se suman vectorialmente, (este sistema también se le llama HIPERBOLICO), el buque tiene un receptor de Loran cuya lectura y cartas náuticas son la señalización de las líneas del Loran dan una referencia en un canal, al sintonizar otro canal se identificándolo en la carta náutica se tiene una intersección que es la posición en alta mar pero también es utilizado en las cercanías de la costa.

4).- RADAR: El sistema de radar es de gran auxilio a la navegación, bien sea por medio de equipos instalados en tierra para que a solicitud de los navegantes se les de posición o bien instalados en los buques que automáticamente saben su posición, estos últimos son de poco alcance y se utilizan en las proximidades de las costas y en los puertos.

Un sistema que se ha utilizado en el puerto de New York, es el de Radar Televisión, consiste de un radar de puerto y un transmisor de televisión, los barcos que salen o entran del puerto tienen un re-

ceptor de T.V., sintonizado al canal indicado, de esta manera saben su posición.

- 5).- SISTEMA OMEGA. Es un sistema similar al Loran que consta de hasta la fecha de 8 transmisores colocados en diferentes puntos del globo terráqueo que transmiten a diferentes frecuencias, (entre 10 y 14 Khz.), a la ionósfera un receptor automático en el buque o avión recibe 2 ó 3 estaciones, se obtiene línea de identificación, velocidad de la nave y una interrelación entre el sistema y el operador y el operador y el sistema.
- 6).- SISTEMA DE RADIOCOMUNICACION MARITIMA. Este sistema o equipo que consta de un transreceptor de banda marina es un equipo auxiliar para comunicación con estaciones costaneras, estaciones radiogoniométricas. También se utiliza el receptor transmisor de onda larga, para radiofaros direccionales y señales de auxilio.

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS

R A D I O F A R O S

Los radiofaros, son estaciones transmisoras que operan en la banda de baja o media frecuencia, generalmente entre 285 a 315 KHZ. con un lóbulo de radiación omnidireccional o direccional según -

su fin. Su potencia varía desde pocos watts hasta 1,500 watts.

El propósito de los radiofaros es facilitar a los navegantes la determinación de su situación geográfica. En sí, es una estación de radio-navegación cuyas emisiones permiten a una estación móvil, (barcos, aviones, etc.), determinar su dirección y distancia con relación a ésta.

El equipo de que consta una estación de radiofaro es el siguiente:

1).- Un transmisor, el cual es seleccionado sobre la base de la potencia de salida, de la cual depende el alcance deseado. Como ya se dijo, la potencia de estos equipos va desde unos 5 hasta 1,500 watts. Generalmente se utilizan dos transmisores para que en caso de falla de uno de ellos, entre inmediatamente el otro en operación, asegurando así una operación constante. En los transmisores o separadamente se puede incluir un llaveador automático de señales, (señal de código).

Los tipos de emisión de las estaciones de radiofaros son el A1 ó A2.

2).- Antena.- Esta puede ser de varios tipos dependiendo principalmente de:

- a).- El lugar que se disponga para su instalación.
- b).- La potencia del transmisor.

c).- El arranque deseado.

Las antenas más comunes en este tipo de instalación -
son:

Antenas verticales, antena tipo "T", antena tipo to--
rre y antena direccional, (tipo cuadro).

3).- Un sistema de sintonización de antena instalada junto
a ella.

Para que los navegantes puedan hacer uso de los radió
compases). Cuando se trata de radiofaros direccionales es indife
rente usar radiogoniómetro o un receptor de onda larga, (entre -
200 a 400 KHZ.).

Los radiogoniómetros son receptores que aprovechan la
propiedad de las señales de radio en un gran círculo. Esto permí
te al navegante poder determinar al dirección desde la cual, las
señales de radio son transmitidas, y, si son tomadas dos estacio
nes de radiofaros de posición conocida, el navegante podrá obte--
ner su situación. Para determinar la dirección es necesaria la -
ayuda de las antenas de cuadro que consiste de dos cuadros en pla
nos verticales a 90° y giratoria con respecto al eje vertical. El
diagrama direccional de recepción nulas muy marcadas en el plano
horizontal y en dirección perpendicular al plano del cuadro.

ESTACIONES RADIOGONIOMETRICAS. De una manera análoga
a los radiogoniómetros instalados en los barcos o aviones se pue
de localizar un transmisor por dos o más estaciones radiogoniomé-

tricas situadas en tierra en lugares adecuados.

A la radiogoniometría se le define como: Radiolocalización en la que únicamente se determina la dirección de una estación radiogoniométrica: a una estación de radiolocalización destinada a determinar la dirección de estaciones transmisoras por medio de las emisiones de estas. La banda reservada a la radiogoniometría es de 405 a 415 KHZ.

Las direcciones o rumbos tomados por medio de radiogoniómetros con el objeto de determinar la posición de una embarcación no son absolutamente precisos y se deben efectuar ciertas correcciones conocidas como desvíos de estos, que cambian para los diferentes rumbos.

Como se dijo al hablar de radiogoniómetros, estos consisten en un receptor de frecuencias bajas, auxiliado por la antena de cuadro o direccional. La antena de cuadro está colocada en un plano vertical y es giratoria con respecto al eje vertical. El diagrama direccional de un cuadro se caracteriza por tener direcciones nulas, muy marcadas en el plano horizontal y en dirección perpendicular al plano del cuadro.

L O R A N

El loran es un sistema de radionavegación, que permite al navegante de un barco, o de un avión, determinar su posición con la precisión del orden del uno por ciento.

Si nombre viene de las iniciales de las palabras inglesas "Long Range Navigation", pertenece a los sistemas conocidos como "Sistemas Hiperbólicos de Navegación"; el cual consiste en medir el tiempo relativo de llegada de dos o más señales de radio de la misma frecuencia, que sincronizadamente son enviadas desde puntos conocidos.

El Loran opera en las frecuencias de 1,700 a 2,000 - KHZ. y emplea pulsos de alta potencia de aproximadamente 50 seg. de duración.

El principio como opera el loran se muestra en la fi gura 14, cuatro estaciones que transmiten pulsos están localizadas en puntos sobre las costas que pueden variar en distancia - hasta de 1,500 millas náuticas. Dos de estas estaciones están co locadas en el mismo punto por razón de economía, (a-1 y A-2), en la figura y se conoce con el nombre de "ESTACION DOBLE MAESTRA". Esta estación emite pulsos en todas direcciones a una frecuencia altamente precisa. Se transmiten dos series de pulsos. Una serie transmitida por la estación A-1 opera a 25 pulsos por segundo, (p.p.s.). La otra serie corresponde a la estación A-2 trans mitiendo pulsos por segundo ligeramente mayor que la A-1, digamos 25,0627 p.p.s., la diferencia en los pulsos por segundo permite dar dos series de pulsos para poder ser distinguidos cuando llegan al receptor del loran del buque o avión.

Considerando primero el pulso radiado por la esta--- ción A-1, este pulso viaja a su "estación esclava" B-1, donde es

recibido, después de un determinado retardo, B-1 envía un pulso idéntico, el cual está regulado a la misma frecuencia del pulso recibido desde la estación A-1, de aquí que las dos estaciones A-1 y B-1, envían pulsos idénticos a la misma razón, (en este caso 25 p.p.s.) pero los pulsos de la estación B-1, son emitidos después de aquellos de A-1, por el tiempo $T_{A-1,B-1}$ (el tiempo de viaje de A-1 a B-1), más el retardo dentro de la estación B-1, las dos series de pulsos de A-1 y B-1, llegan al receptor de loran del barco o avión. Los pulsos de B-1 llegan después de un retardo adicional T_1 . Aquellos de A-1 después de un retardo adicional T_0 .

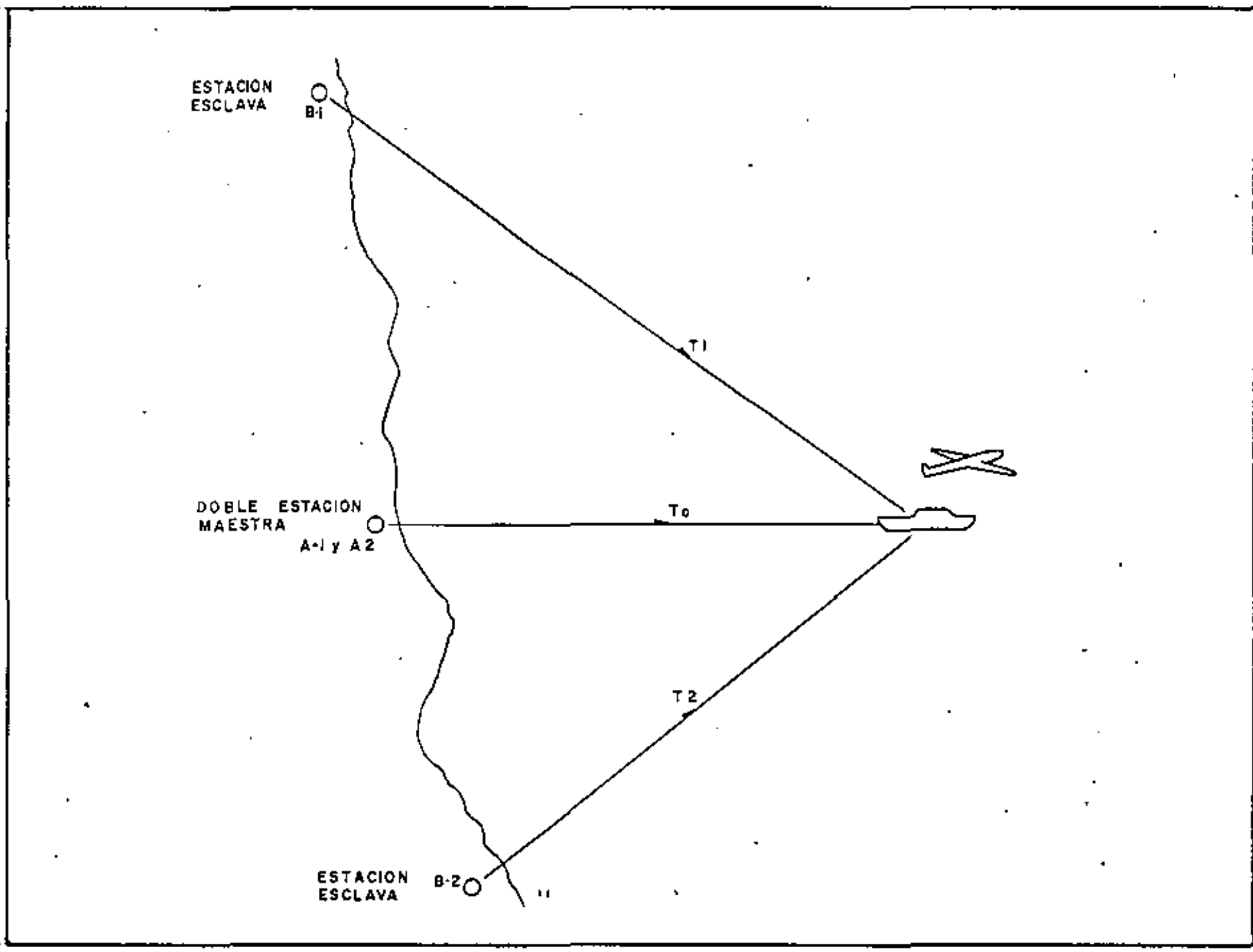
R A D A R

Una de las más útiles ayudas a la navegación, es el radar, tanto a bordo de los buques como en instalaciones costeras. La operación del radar está basada en el hecho de radiar una emergencia, la cual es reflejada por objetos cercanos o distantes, con lo que resulta que una pequeña parte de la energía radiada vuelve al punto de origen y es detectada. El tiempo requerido para que la energía regrese, permite determinar la dirección del objeto.

El radar consiste de un transmisor que genera pulsos de radiofrecuencias; estos pulsos de R.F. son enviados desde el transmisor a una antena transmisora direccional por medio de una línea de transmisión adecuada, cable coaxial o una guía de onda.

La recepción de la energía de R.F. reflejada, (llamado eco), de los objetos, (llamados blancos), toma lugar en el intervalo de tiempo entre los pulsos transmitidos. Un receptor sintonizado a la misma frecuencia del transmisor asociado, es empleado en la recepción de estas señales reflejadas. Es común en la práctica emplear la misma antena para la transmisión y recepción, aunque se pueden usar antenas separadas. Con una antena común es necesario emplear un sistema de conmutación rápido para desconectar la antena del receptor durante los períodos de transmisión y desconectar al transmisor en el período de recepción. Los ecos recibidos después de haber sido lo suficientemente amplificados, se mandan al indicador que usualmente es un tubo de rayos catódicos que mide los intervalos de tiempo entre la transmisión y la recepción del eco. El tiempo da el doble de la distancia al objeto, es decir, la distancia recorrida por el eco del objeto al receptor. Los indicadores de tubos de rayos catódicos usados al principio consistían en un medidor de tiempo que a una escala adecuada se conocía la distancia, apareciendo en él, el pulso y el eco sobre una escala horizontal, la dirección se determina por la posición de la antena señalada en el indicador por motor seguidor. En la actualidad es de mayor uso el indicador de pantalla llamada P.P.I., (plan position indicator) que proporciona el mismo tiempo, la distancia y dirección e indica el barrido de la antena.

Los equipos de radar operan en las bandas de UHF, -



(frecuencia ultra alta) y SHF. (alta frecuencia). Una de las razones para el uso de estas frecuencias es que para antenas direccionales de mucha precisión, es posible construir las de proporciones razonables, otra razón es que en las altas frecuencias la capacidad efectiva de reflexión aumenta, puesto que la longitud de onda es pequeña comparada con el tamaño del objeto.

SISTEMA OMEGA

El sistema Omega, utiliza frecuencias bajas de transmisión entre 10 y 14 KHZ. El alcance de la señal dada por el sistema Omega, es mayor que el que da el LORAN. El sistema Omega, se utiliza tanto en el mar como en la tierra lo que lo hace compatible para la navegación marítima y la aérea. Utiliza la reflexión entre la ionósfera y la tierra, la señal transmitida llega a 8000 millas y permite obtener posiciones con una precisión de una o dos millas náuticas bajo cualquier condición atmosférica de día y de noche.

El sistema consiste en ocho estaciones, localizadas en: NORUEGA (A), LIBERIA (B), HAWAI (C), DAKOTA NORTE (D), LA REUNION (E), ARGENTINA (F), AUSTRALIA (G) Y JAPON (H). (La Reunión en la Isla de Madagascar.) La de Australia, en 1976, pasó a TRINIDAD TOBAGO.

Para tomar posición es más que suficiente tomar tres estaciones, y como máximo cinco. Todos los transmisores están -

sincronizados con respecto al tiempo, utilizando relojes atómicos para la máxima precisión.

El receptor OMEGA, opera automáticamente de diferentes maneras: sincronización, identificación ruta, ajuste y emisión. Como cada estación transmite en tres frecuencias de 10.2, 11.3/3 y 13.6 KHZ., más una cuarta frecuencia que no utiliza para fines de posición.

SINCRONIZACION

Cualquier frecuencia dada se transmite primero por una estación, luego otra y luego la tercera con intervalos de 10 segundos en los que transmiten el total de las ocho estaciones. La duración de transmisión de cada estación varía.

NORMAS DE LAS SEÑALES ELECTRICAS COMO AYUDA A LA NAVEGACION

NORMAS DE RADIOFAROS. Las emisiones de los radiofaros podrán ser direccional u omnidireccional y deberán trabajar en la frecuencia que se les asigne generalmente de 285 a 315 KHZ. Deberán utilizar su frecuencia normal de trabajo y su tipo normal de emisión, así como una señal de identificación, generalmente dos letras.

NORMAS DE ESTACIONES RADIOGONIOMETRICAS. La frecuencia normal para la radiogoniometría será la de 410 KHZ. Todas las estaciones radiogoniométricas deberán estar en condiciones de utilizarla y de tomar marcaciones, además, de la frecuencia de 500 KHZ. Especialmente para localizar estaciones que transmitan señales

de socorro, alarma o urgencia.

La estación móvil deberá llamar a la estación radiogoniométrica o a la estación radiogoniométrica de control, en la frecuencia de escucha indicada. La estación que llama, transmitirá la abreviatura correspondiente a la clase de información -- que desee, seguida de la abreviatura reglamentaria QHT. Si fuera necesario indicará la frecuencia a que va a transmitir para que se tome su marcación y, después esperará instrucciones.

La estación radiogoniométrica determinará la dirección y en caso de que la estación radiogoniométrica no quede satisfecha de la operación, pedirá a la estación que llama que repita la transmisión indicada anteriormente.

La estación radiogoniométrica transmitirá la información a la estación que llama, en el siguiente orden:

- a).- La abreviatura reglamentaria apropiada.
- b).- Tres cifras que indiquen en grados, la marcación verdadera, (con respecto al norte - verdadero), con relación a la estación radiogoniométrica.
- c).- La clase de marcación.
- d).- La hora de observación.
- e).- Si la estación radiogoniométrica es móvil, transmitirá su propia situación en la lati

tud y longitud precedida de la abreviatura reglamentaria QHT.

Tan pronto como la estación que llama ha recibido el resultado de la observación, repetirá el mensaje, si estima conveniente recibir confirmación. En este caso, la estación radio goniométrica confirmará la exactitud de la recepción o ratificará en su caso, repitiendo el mensaje. Cuando se de por terminado la estación radiogoniométrica transmitirá "Fin de trabajo" y la estación que llama repetirá seguidamente esta señal.

NORMAS DE LAS ESTACIONES DE LORAN. De acuerdo con la banda propuesta de loran para la estandarización internacional en la conferencia de Río de Janeiro, en octubre de 1945, solamente serán usadas las frecuencias de 1850 y 1945 KHZ. y serán usadas dos - frecuencias básicas de repetición de pulso: 25 y 33 1/3 p.p.s. - y sus especificaciones en la designación de repetición de pulso serán:

Frecuencia básica 25 p.p.s.

Designación específica

Frecuencia p.p.s.

0	25
1	25 1/16
2	25 1/18
3	25 3/16
4	25 1/4
5	25 5/16
6	25 3/8
7	25 7/16

Frecuencia básica 33.1/3 p.p.s.	Frecuencia p.p.s.
Designación específica	
0	33 1/3
1	33 4/9
2	33 5/9
3	33 2/3
4	33 7/9
5	33 8/9
6	34
7	34 1/9

NORMAS DE LOS EQUIPOS DE RADAR. En radares instalados en los barcos el objeto de éstos es:

- a).- Obtener un aviso de la proximidad de otras embarcaciones y obstáculos de tal forma que pueda ser evitada una colisión.
- b).- Obtener una indicación del barco en relación con líneas de playa, marcas de navegación o boyas.

En radares de puerto, el objeto es orientar al barco dándole posición por medio de una estación de radio a petición de éste.

Siguiendo las mismas normas de las estaciones radio-goniométricas. La frecuencia normal de la estación será de 410 KHZ., y además dispondrá de la frecuencia de 500 Khz para seña--

les de socorro, alarma o urgencia.

La frecuencia usada en los equipos de radar deberá estar comprendida dentro de la banda de 9320 MHz.

El radar en los barcos mercantes deberá usar las siguientes bandas de frecuencia.

Banda de 3000 a 3246 Mhz.

Banda de 9320 a 9500 MHz.

NORMAS DE LAS ESTACIONES A BORDO. Los aparatos transmisores utilizados en las estaciones de los barcos que realizan emisiones de tipo A2 en las bandas autorizadas entre 405 y 535 KHz., estarán provistos de dispositivos que permitan reducir la potencia fácilmente y de manera notable. Las estaciones que trabajen en las bandas autorizadas entre 405 y 535 KHz, deberán estar en condiciones de realizar y recibir emisiones de tipo A2.

- a).- En la frecuencia de 500 KHz.
- b).- En dos frecuencias de trabajo por lo menos, de las bandas autorizadas entre 405 y 535 KHz.

Las estaciones radiotelegráficas instaladas a bordo de un barco, que utilicen para la llamada y la respuesta la frecuencia de 2182 KHz., dispondrá de otra frecuencia, por lo menos en las bandas comprendidas entre 1605 y 2850 KHz.

Los aparatos instalados para utilizar las emisiones

Al en las frecuencias de las bandas autorizadas entre 4,000 a - 23,000 khz., deberán reunir las siguientes condiciones:

a).- Permitir el empleo de dos frecuencias de trabajo por lo menos, en cada una de las bandas necesarias a la ejecución de su servicio, además de una frecuencia de la banda de llamada.

b).- Los cambios de frecuencia en los aparatos transmisores, deberán poder efectuarse en menos de 5 segundos, cuando se trate de frecuencias de una misma banda; y en menos de 15 segundos, si se trata de bandas distintas.

c).- Los aparatos receptores reunirán las mismas cualidades, de los aparatos transmisores en lo que se refiere al cambio de frecuencia.

La banda de 4000 a 23000 KHz. se encuentra subdividida en la siguiente forma:

TELEFONIA

4063	4133	KHz.
8195,	8265	KHz.
12330	12400	KHz.
16460	16530	KHz.
22000	22070	KHz.

TELEGRAFIA

4133	4238	KHz.
6200	6357	KHz.
8265	8476	KHz.
12400	12714	KHz.
16530	16952	KHz.
22070	22400	KHz.

Las bandas de frecuencias reservadas a la llamada - de telegrafía son las siguientes:

4177	4187	KHz.
6265.5	6280.5	KHz.
8354	8374	KHz.
12531	12561	KHz.
16708	16748	KHz.
22220	22270	KHz.

NORMAS DE LAS ESTACIONES COSTANERAS. Están sujetas a las mismas de las estaciones de a bordo, operando las mismas frecuencias y reglamentación tanto para las que trabajan entre 405 y - 535 KHz. como las que trabajan entre 4000 a 23000 KHz.

Las frecuencias de trabajo de las estaciones costaneras que funcionan en las frecuencias de 4000 a 23000 KHz. Es tarán comprendidas dentro de los límites siguientes:

4238	a	4368	KHz.
6357	a	6525	KHz.
8476	a	8745	KHz.
1271	a	13130	KHz.
1695	a	17290	KHz.
22400	a	22650	KHz.

Dentro de las bandas anteriores existe la siguiente subdivisión:

TELEFONIA

4368	4438	KHz.
8745	8815	KHz.
13130	13200	KHz.
17290	17360	KHz.
22650	22720	KHz.

TELEGRAFIA

4338	4368	KHz.
6357	6525	KHz.
8476	8745	KHz.
12714	13130	KHz.
16052	17290	KHz.
22400	22650	KHz.

FRECUENCIA DE AUXILIO, LLAMADA Y RESPUESTA: La frecuencia de 500 Khz., es la frecuencia internacional de socorro. Las esta-