

22
lej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"A R A G Ó N"

CONSIDERACIONES NAUTICAS PARA EL ESTUDIO DE MANIOBRABILIDAD DE VEHICULOS MARINOS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

LUIS DAVID PEREZ CASTRO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

P R O L O G O

Dentro de todas las actividades profesionales en que he participado después de haber terminado lo estudio de la carrera de Ingeniero Civil, uno de los que más me ha llamado la atención es el de la Hidráulica Marítima, y dentro de este campo existe un área la cual he notado se encuentra muy olvidada, la del Estudio de Maniobrabilidad de vehículos marinos (navíos), pues he observado que hay muy poca información disponible en libros de autores mexicanos. La poca información la he podido encontrar en apuntes dispersos sobre el tema ó en traducciones realizadas por personas motivadas por la necesidad de información para elaborar algún proyecto en particular.

En el presente trabajo, he tratado de reunir -- dentro de mis posibilidades, la mayor cantidad de información disponible sobre el tema, aplicando ésta en un ejemplo práctico.

Me produce una gran satisfacción la publicación de éste trabajo por el cariño que le tengo a mi carrera y porque espero que sea de utilidad para las personas -- que acudan a él en busca de información. Además de que pueda servir como información general a aquellos que no estén dentro del campo de Hidráulica Marítima.

I N D I C E

I.-	ANTECEDENTES -----	1
II.-	GENERALIDADES DE VEHICULOS MARINOS.	
II.1.-	Definición de las - dimensiones principales -----	5
1.1.-	Eslora -----	5
1.2.-	Manga -----	6
1.3.-	Puntal -----	7
1.4.-	Calado -----	7
II.2.-	Definición de los - volumenes y pesos -----	9
2.1.-	Unidades de medida -----	9
II.3.-	Definición de dimen- siones y volumenes -----	10
3.1.-	Unidades de medida -----	10
3.2.-	Capacidad de tonelaje -----	10
3.3.-	Relaciones entre las - dimensiones principales de un vehículo marino -----	12
II.4.-	Movimientos de un vehí- culo marino cuando este flota libremente -----	12
III.-	ANALISIS HIDRODINAMICO DE VEHICULOS MARINOS	
III.1.-	Generalidades -----	15
III.2.-	Flotación -----	16
III.3.-	Resistencia -----	19
III.4.-	Propulsión -----	21
III.5.-	Maniobrabilidad -----	24
III.6.-	Navegabilidad -----	30
III.7.-	Balanceo -----	34

IV.- CONSIDERACIONES NAUTICAS PARA EL ESTUDIO DE MANIOBRABILIDAD DE VEHICULOS MARINOS.

IV.1.-	Parámetros a considerar en el diseño de zonas de acceso, y canales de navegación.	-----	38
1.1.-	Generalidades	-----	38
IV.2.-	Sección Transversal	-----	41
2.1.-	Calado nominal del navío	-----	41
2.2.-	Nivel debido a la marea astronómica.	-----	41
2.3.-	Trimado (Arzada)	-----	42
2.4.-	Balance en el eje Y (Pitching)	-----	42
	Balance en el eje X (Rolling)	-----	42
2.5.-	Tolerancia de dragado en el calado de canales.	-----	44
2.6.-	Squat.	-----	45
IV.3.-	Diseño en Planta		
3.1.-	Ancho del acceso al Puerto.	-----	48
3.2.-	Ancho del canal.	-----	49
3.2.a.-	Vía de maniobra	-----	50
3.2.b.-	Resguardo por encuentro con navíos.	-----	52
3.2.c.-	Resguardo para márgenes.	-----	52
3.3.-	Distancia de parada (frenado)	-----	55
3.4.-	Dársenas.	-----	56
3.5.-	Radio de curvatura en el canal de acceso	-----	65
IV.4.-	Ayudas a la navegación	-----	68
4.1.-	Importancia de la marcación del canal	-----	68
4.2.-	Tipos de marcas	-----	69

4.3.- Reglas dadas por el comité CIERGNA del P.I.A.N.C., - referentes al diseño óptimo de los canales de acceso.	-----	78
V.- ANALISIS DE LA INFORMACION DISPONIBLE DE LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SIN.		
V.1.- Localización	-----	82
V.2.- Antecedentes Económicos.	-----	82
2.1.- Uso del suelo de la Bahía de Topolobampo, Sin.	-----	83
2.2.- Población.	-----	85
V.3.- Condiciones Físicas	-----	86
3.1.- Vientos.	-----	86
3.2.- Corrientes.	-----	88
3.3.- Cleaje.	-----	92
3.4.- Mareas.	-----	95
V.4.- Definición de los planos de referencia usados en la Bahía de Topolobampo, Sin.	-----	97
VI.- CALCULO DE LAS AREAS DE MANIOBRA EN LA ZONA DE TRANSBORDADORES DE LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SIN.		
VI.1.- Generalidades.	-----	100
VI.2.- Diseño de la sección transversal.	-----	100
2.A.- Calado nominal del navío.	-----	100
2.B.- Nivel debido a la marea astronómica.	-----	101
2.C.- Trimado.	-----	101
2.D.- Balance en el eje Y	-----	101
Balance en el eje X	-----	101
2.E.- Tolerancia en el dragado.	-----	102
2.F.- Squat.	-----	103

VI.3.- Diseño en Planta.	-----	105
3.A.- Ancho del canal de navegación.	-----	105
3.B.- Ancho del acceso al puerto.	-----	107
3.C.- Distancia de parada.	-----	107
3.D.- Radio de curvatura.	-----	109
3.E.- Dársenas de maniobras.	-----	110
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	-----	112
REFERENCIAS	-----	117

I.- ANTECEDENTES

Para que un navío impulsado por su propia máquina-entre ó salga de un Recinto Portuario en condiciones de máxima seguridad, es necesario que exista una compatibilidad entre los factores meteorológicos imperantes, la forma y dimensiones del Recinto, la potencia y la maniobrabilidad del vehículo marino.

Este problema se ha resuelto en buena parte de modo empírico, basándose en la experiencia de los marinos. Sin embargo, el desarrollo tecnológico actual hace ver la conveniencia de complementar esta solución con bases más firmes, que permitan realizar un estudio completo para la construcción de un Puerto. La ayuda para realizar un estudio completo la podemos obtener de varias formas.

Una de estas, la formulación de un modelo matemático, el cual nos permitiría analizar las maniobras que debe realizar un navío para seguir una trayectoria óptima de ingreso ó salida de un Puerto. Este modelo hace posible que el diseñador compruebe que la forma y dimensiones del Recinto Portuario, son las adecuadas para el tipo de embarcaciones que llegarán al Puerto, teniendo en cuenta las condiciones de viento y oleaje. Las ecuaciones de control estarían dadas por las ecuaciones de maniobrabilidad y de propulsión, y la función por minimizar implicaría el establecimiento de una ecuación que represente la discrepancia entre la trayectoria óptima y la que pueda seguir el navío. Así al dividir en intervalos sucesivos de tiempo se puede encontrar el valor de las variables de decisión, que son la posición del timón y la potencia de la máquina para que, al actuar las variables de alteración, que serán los-

empujes del viento y del oleaje, las variables de estado, representadas por la ubicación y la dirección del vehículo marino, se alejen en conjunto, lo menos posible de los de la trayectoria ideal.

Los coeficientes de las ecuaciones de control variarían con las características de cada vehículo marino - cuyo comportamiento se desee estudiar. La velocidad terminal y la dirección del buque frente a los muelles de llegada, se pueden introducir como condiciones de frontera.- Una vez elaborado el modelo se podrá calibrar comparándolo con algunos casos reales y, ya calibrado será utilizable en la resolución de problemas concretos. Así por ejemplo, si se deseara saber si un determinado tipo de vehículo marino puede entrar con seguridad a un Recinto Portuario bajo determinadas condiciones meteorológicas, se empezaría por fijar la posición inicial del vehículo fuera -- del Puerto, se trazaría una trayectoria óptima y se fijarían las condiciones de fronteras terminales. Enseguida -- se pondría a funcionar el modelo y se determinarían las -- maniobras que debería ejecutar el vehículo (ángulo del -- timón y operación de las máquinas); si éstas maniobras -- son compatibles con las que pueda realizar ese vehículo -- marino, el problema quedaría resuelto. De no ser así, sería necesario cambiar las dimensiones del Recinto, o no -- permitir la entrada, sino en condiciones meteorológicas -- más favorables.

Otra de las herramientas más adecuadas en el proyecto de las obras marítimas, es sin duda alguna la experimentación de modelos reducidos de las diferentes alternativas que se plantean para dar solución a un problema -- determinado. Para esto es necesario lograr una similitud -- correcta entre los fenómenos que se presentan en la naturaleza (prototipo) y los que se presentan en el modelo, --

por lo que es necesario cumplir con ciertas condiciones, que dependiendo del tipo de fenómeno por estudiar, pueden tener más influencia uno sobre otros. En estos modelos las condiciones de similitud que hay que cumplir - - tienen que ver fundamentalmente con el tipo de fenómeno a representar.

El uso de modelos reducidos resulta ser una herramienta de suma importancia ya que con ellos se puede tener una idea clara de su funcionamiento a un costo sumamente reducido en comparación con los de construcción de las obras, sin embargo se recomienda prudencia en cuanto a la interpretación de los resultados que se obtengan, - ya que estos dependen de las condiciones de experimentación y del tipo de datos con los que se lleven a cabo.

El objetivo de este trabajo, es dar una herramienta adecuada para poder establecer el análisis de un modelo matemático, y la construcción de un modelo hidráulico para complementar el proyecto de construcción de posibles zonas de maniobras en un puerto.

También incluye un ejemplo de aplicación práctica de todas las consideraciones náuticas, para la construcción de un atracadero en la bahía de Topolobampo, Sinaloa.

II.- GENERALIDADES DE VEHICULOS MARINOS

II.1.- DEFINICION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

1.1.- ESLORA

1.2.- MANGA

1.3.- PUNTAL

1.4.- CALADO

II.2.- DENIFICION DE LOS VOLUMENES Y PESOS

2.1.- UNIDADES DE MEDIDA

II.3.- DEFINICION DE DIMENSIONES Y VOLUMENES

3.1.- UNIDAD DE MEDIDA

3.2.- CAPACIDAD DE TONELAJE

3.3.- RELACIONES ENTRE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DE UN VEHICULO MARINO

II.4.- MOVIMIENTOS DE UN VEHICULO MARINO CUANDO ESTE FLOTA LIBREMENTE.

II.1.- DEFINICION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

Para el estudio de las características de un - - vehículo marino en cuanto a estabilidad hidrodinámica, - formas y resistencia, es importante que sus dimensiones- sean tomadas de manera uniforme a fin de que los cálcu- los que se efectúen en base de las mismas, tengan algún- significado cuando se trata de compararlos con los cálcu- los obtenidos de otros navíos.

La medición de estas dimensiones varía de acuer- do al tipo de cálculo ó condición que se requiere descu- brir en determinado momento.

Dentro del conjunto de estas dimensiones, las comunmente usadas son las siguientes:

1.1.- ESLORA

La eslora es la medida de la longitud horizontal del vehículo marino, esta se expresa en diferentes for- mas de acuerdo a consideraciones prácticas ó físicas, en- tre los diferentes tipos de eslora podemos distinguir -- las siguientes:

Eslora Total:

Indica el largo del navío como objeto físico y - se mide desde el exterior del punto más prominente del - lanzamiento de la roda (pieza gruesa y curva de madera ó hierro, que forma el remate de la proa de las naves), -- hasta el extremo exterior del punto más prominente del - lanzamiento de la bovedilla (parte arqueada de la facha- da de la popa de los navíos) excluyendo los mástiles que pueden sobresalir, esta dimensión es la de mayor impor- tancia para los navegantes, ya que indica entre otras cosas, el espacio de muelle necesario, etc.

Eslora entre Perpendiculares (E.p.p.):

Esta es una unidad práctica que se toma desde el lado exterior de la roda hasta el extremo de popa del soporte del timón, ó hasta el centro del eje del timón cuando no exista un soporte bien definido. La E.p.p. es empleada como uno de los parámetros para la determinación de los elementos estructurales del navío.

Eslora del plano de agua (E.p.a.):

Es la distancia entre el extremo de proa de la barra o estructura de la proa y el extremo de popa de la estructura del codaste, medida paralela a la línea base y a la altura del calado de diseño del navío, como vemos, esta dimensión representa el largo real como objeto flotante y es la más importante cuando se trate de calcular desplazamientos, volúmenes, etc.

1.2.- MANGA

Es la medida del ancho máximo del navío, tomada por la parte exterior de las cuadernas (cada una de las piezas curvas cuya base o parte inferior encaja en la quilla del navío y desde ahí arrancan a derecha e izquierda, en dos ramas simétricas, formando como las costillas del buque), al igual como con la eslora existen distinciones entre los diferentes tipos de manga.

Manga Máxima (M):

Es una medida práctica e indica el ancho máximo del navío, incluyendo las medias cañas, defensas fijas ó protuberancias que puedan ir a los costados.

Manga del plano de Agua (M.p.a.):

Es el ancho máximo del plano de agua correspondiente y se utiliza en el cálculo de las características hidrodinámicas del navío, así como también cuando se requiere obtener un resultado preciso en los cálculos de estabilidad.

1.3.- PUNTAL

Por puntal se define a la distancia vertical, medida al costado, entre el punto más bajo de la línea de arrufo de la cubierta principal (curvatura que hacen las cubiertas, cintas, galones y bordas de los navíos, levantándose más, respecto de la superficie del agua, por la popa y proa que por el centro) y la línea de base paralela a la quilla (pieza de madera ó hierro que va de proa a popa por la parte inferior del navío, y en la que se asienta todo su armazón.); en navíos de formas normales éste punto corresponde a la sección maestra.

1.4.- CALADO

Como calado generalmente se expresa la altura de la parte sumergida del casco, aunque conviene distinguir entre los diferentes tipos de calados según la condición que se estudie:

Calado de Diseño:

Distancia vertical, medida al costado, entre la línea de agua de diseño y la línea base, a la altura de la sección maestra del navío, o sea a $\frac{1}{2}$ de E.p.p..

Calado Medio:

Distancia entre la línea de agua de diseño y la parte exterior de la quilla, medida al costado y en la sección maestra.

Calado Máximo (C.m.x.):

El calado máximo del navío propiamente dicho, ca si siempre se encuentra en popa, donde la quilla es más baja que en la proa, ésta pendiente de la quilla hacia la popa es frecuente, bien por el tamaño de las propelas, ó porque el navío es diseñado con cierta cantidad de asiento a popa.

En navíos de alta velocidad tales como torpederos, destructores, etc., tienen tal diámetro las propelas que el extremo de las palas, en su más baja posición, casi siempre sobresale mucho por bajo de la línea de proyección de la quilla.

Las marcas de los calados, son pintadas o punteadas con soldadura en las cercanías de las perpendiculares de proa y popa, de ésta forma los calados a proa (C.p.r.) y a popa (C.p.p.) pueden ser leídos, para usos prácticos- el calado medio (C.m.) es obtenido mediante la semi-suma de los calados a proa y a popa.

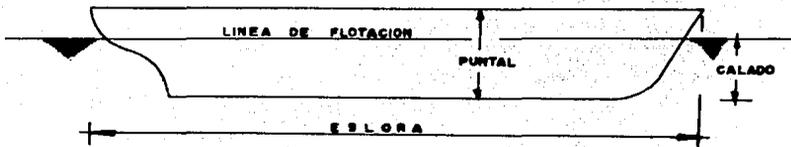


FIG. 2.1

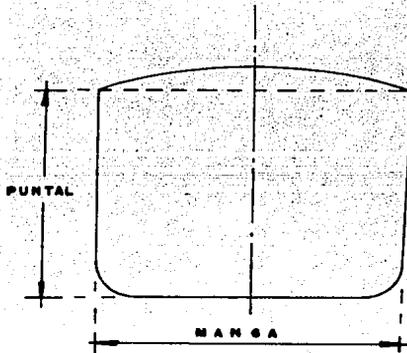


FIG. 2.2

II.2.- DEFINICION DE VOLUMENES Y PESOS

Los volúmenes que a continuación nos referimos son los de la parte sumergida del casco, se miden bien -- sin tener en cuenta el forro (moldeado) ó tomando en cuenta éste último y añadiendo el volúmen de las quillas de balance, arbotantes y otras protuberancias.

2.1.- UNIDADES DE MEDIDA

Actualmente es práctica casi universal el empleo del sistema métrico decimal en el diseño de nuevos navíos, así la unidad de medición de volúmenes será el metro cúbico y de pesos la tonelada. Sin embargo aún subsiste el sistema Inglés en el cual la unidad de volúmen es el Pie Cúbico y la de peso la tonelada larga.

1 Tonelada larga = 1,016 kilos = 2,240 Lbs.

1 Tonelada métrica = 1,000 kilos = 2,204 Lbs.

En caso de que se utilice es S.M.D., se toma como densidad del agua del mar. 1,026 k/m³, si se utiliza el S.I., se tomará esta como 64 Lb/p³.

DESPLAZAMIENTO

El desplazamiento de un navío es el peso del volúmen de agua desplazada por el mismo, calculado mediante la fórmula:

$$V_t = E \times M \times C \times C_b$$

donde:

V_t: Volúmen de desplazamiento

E: Eslora del plano de agua

C: Calado

M: Manga

C_b: Coeficiente de bloque = $\frac{M \times E \times C}{\Delta}$

Δ : Volúmen desplazado Δ

El volúmen así obtenido se multiplicará por la densidad del líquido a fin de transformarlo a toneladas.

$$D = \delta V_t$$

En el S.M.D

$$D = 1,026 \times Vt \text{ (ton)}$$

En el S.I.

$$D = Vt/35 \text{ (L.T.)}$$

II.3.- DEFINICION DE DIMENSIONES Y VOLUMENES LEGALES

Cada País Marítimo tiene determinadas leyes para medir el volúmen de los navíos y en base a estos cobrar -- los diferentes derechos de Puerto, canal, impuestos de matrícula, etc. Cuando el País no dispone de tales reglamentos acepta por regla general, los calculados mediante los -- reglamentos del canal Suez y/o Panamá.

3.1.- UNIDAD DE MEDIDA

La unidad de medida utilizada en el cálculo del volúmen de un navío es el arqueado medido en toneladas Morsoom= 2.83 m3. Es bueno hacer resaltar que la tonelada de arqueado se refiere a volúmen y nunca a peso.

Tonelaje Bruto

En términos generales es el volúmen, en toneladas-- de arqueado, de todos los espacios cerrados del navío.

Tonelaje Neto

De la misma forma, el tonelaje neto puede expresar se como el volúmen, en toneladas de arqueado, de todos los expacios cerrados del navío, aprovechables para el transporte de carga y pasajeros.

3.4.- CAPACIDAD DE TONELAJE

De las distintas dimensiones y características de -- los navíos, la eslora, la manga y el calado tienen una in--fluencia significativa en el diseño del canal de acceso al Puerto; dársenas de maniobra y operación. A su vez , el tipo de navío y su capacidad o tonelaje influirán directamente sobre el diseño de muelles y demás elementos en directa--vinculación con el servicio del navío. Sobre los aspectos --

de capacidad de tonelaje existen diversas formas de medirla:

a) Tonelaje de desplazamiento es el peso del volúmen de agua desplazado por el navío, por lo que en general:

$$D = V \times 1.026$$

donde:

D: Desplazamiento en toneladas métricas.

V: Volúmen sumergido del navío en m³

1.026 : Peso volumétrico del agua de mar en Ton/m³

Existen dos tipos de tonelaje de desplazamiento, los cuales se mencionan a continuación:

a.1.- Desplazamiento en lastre. Es el que corresponde al navío sin carga, combustible y suministros varios.

a.2.- Desplazamiento en carga. Es el peso del navío cargado a su máxima capacidad y con todos los suministros necesarios para navegar. La capacidad máxima de carga se determina mediante el disco de Plimsoll ó de franco bordo, pintado sobre los costados del navío, el cual señala, para las distintas densidades del agua de mar, que varía con la temperatura, o inclusive en caso de que el navío navegue en agua dulce, el límite de carga, el cual no debe sobrepasarse.

b) Tonelaje de peso muerto. Comunmente abreviado -- TPM, es la capacidad de carga del barco, o sea, la diferencia entre el desplazamiento en lastre y el desplazamiento -- cuando está cargado hasta el disco de Plimsoll o línea de -- máxima carga. Es el peso de la carga, del combustible, agua y demás suministros necesarios para navegar.

c) Tonelaje de registro. Es una forma de medir la capacidad del navío en términos de volúmen y no del peso. El tonelaje de registro se cuantifica en toneladas Moorson que equivalen a 2.832 m³ (100 ft³).

Se distinguen dos tipos de tonelaje.

c.1.- Tonelaje bruto de registro. Mide la capacidad interior del navío.

C.2.- Tonelaje neto de registro. Es la capacidad destinada a la carga, excluye, por tanto, las zonas de alojamiento, cuartos de máquinas y demás espacios no utilizables para carga.

3.3.- RELACIONES ENTRE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DE UN NAVIO:

Existen varias relaciones entre las dimensiones exteriores del navío así como de sus capacidades de carga que permiten deducir uno o varios de esos datos a partir de alguno de ellos:

a).- Relación eslora - manga $\frac{E}{M} = 7 \text{ a } 8$

b).- Relación calado - manga $\frac{C}{M} = 0.5$

c).- Relación calado - eslora. $\frac{C}{E} = 0.06$

d).- Relación desplazamiento - Capacidad de carga $\frac{D}{C_c} = 1.5$

e).- Relación Tonelaje bruto de registro - desplazamiento. $\frac{T_b}{D} = 0.5$

f).- Relación capacidad de carga - tonelaje bruto de registro. (exponente de carga) $\frac{C_c}{T_b} = 1.3$

II.4.- MOVIMIENTOS DE UN NAVIO CUANDO ESTE FLOTA LIBREMENTE.

Un navío flotando libremente posee 6 grados de libertad: tres traslaciones y tres giros. Tradicionalmente en terminología marítima estos se denominan (siendo XZ el plano de simetría del navío) como se muestra en la fig. 2.3

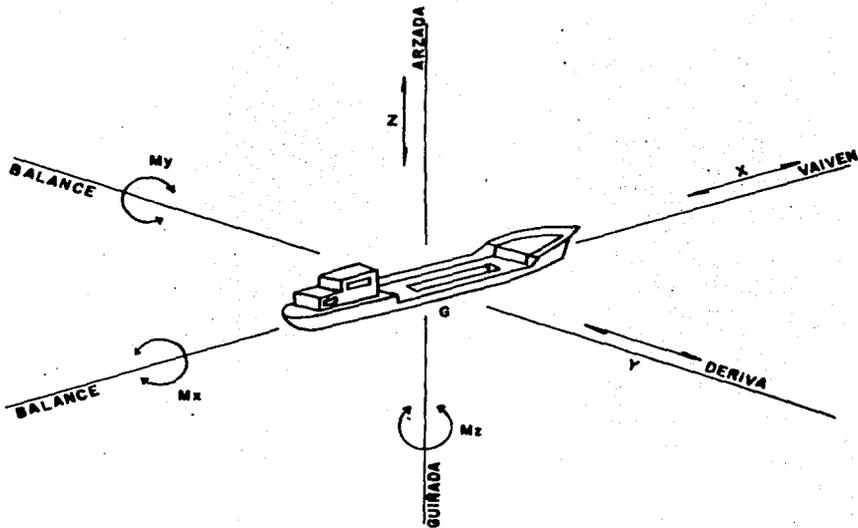


FIG. 2.3

donde:

- G = Centro de gravedad
- X = Vaiven.
- Y = Deriva.
- Z = Arzada.
- Mx = Balanceo.
- My = Balanceo (cabeceo)
- Mz = Balanceo (guiñada)

De estos sólo la arzada (Z), cabeceo (My) y balanceo (Mx) producen una componente vertical y por tanto importan para efectos de calcular el máximo movimiento vertical del navío. Este se calculará sumando los 3 movimientos vectorialmente.

Los movimientos que dan una componente en el plano horizontal (guiñada, deriva y vaiven) se utilizarán para el diseño de los canales de acceso a Puertos.

III.- ANALISIS HIDRODINAMICO DE VEHICULOS MARINOS

- 1.- GENERALIDADES**
- 2.- FLOTACION**
- 3.- RESISTENCIA**
- 4.- PROPULSION**
- 5.- MANIOBRABILIDAD**
- 6.- NAVEGABILIDAD**
- 7.- BALANCEO**

III.- GENERALIDADES

Aunque es obvio que todos sabemos lo que es un navío, es interesante recordar que según Kolbeck "Los nombres de los barcos de la flota mercante Japonesa, incluyen siempre la palabra final (marú), por ejemplo Kamakura-marú. Entre otras cosas, esta palabra significa algo - así como círculo o conjunto. Y así como un círculo es ensí cerrado y completo, marú simboliza todas las propiedades que tanto fascinan en un barco, esto es, autosuficiencia e independencia " (ref. 4). En verdad, esta es una manera interesante para introducir el concepto de sistema, - asociado al barco, porque un barco es un sistema diseñado para realizar sobre el agua, ciertas tareas específicas - como transportar carga, pescar, recreo, etc.

Desde el punto de vista hidrodinámico, el sistema está formado por el casco, el timón y la helice, mismas que cumplen un propósito definido y cuya interacción-determina el buen comportamiento del navío.

Según lo cargado que esté el barco, la inmersión del casco deberá cambiar. Este hecho de singular interés para el que conduce el navío, desde el punto de vista del estudiante de hidrodinámica se traduce simplemente en la definición de una longitud mojada, (L) que se llama eslora, una profundidad mojada, (T) o calado y un ancho (B), - que se conoce como manga. La superficie del casco en contacto con el agua es para variar, la superficie mojada, - S. El volúmen de agua contenida por esta superficie S, se llama volúmen desplazado por el navío (Δ) y el peso de esa agua desplazamiento del navío (∇)

Se utilizan una serie de constantes para clasificar el navío, de las cuales el más interesante es el coeficiente del bloque, C_b , que se define como $C_b = \frac{BTL}{\nabla}$.

El timón, generalmente colocado bajo la parte -- terminal del navío, es un cuerpo de sección hidrodinámica, cuya función es mantener al navío en su rumbo o cambiar lo mediante el conjunto de fuerzas que su posición

relativa ocasiona en todo el sistema.

La helice es una rueda hidráulica, colocada también en el extremo final del casco destinada a impulsar el buque. Esta rueda, del todo similar a las otras que estudia el Ingeniero hidráulico, tiene la peculiaridad de no hallarse fija ni confinada, por lo que su análisis, bastante parecido al de cualquier rueda hidráulica, no es idéntico al de las bombas y turbinas, aunque sí muy similar.

Tanto desde el punto de vista histórico, como de la complejidad de los problemas, el Ingeniero Naval se ha interesado sucesivamente en la flotación, resistencia propulsión, maniobrabilidad, navegabilidad y balanceo del navío. Varias de las metodologías para estos problemas son utilizables en el análisis dinámico de otros cuerpos flotantes como boyas y plataformas marinas.

Como el propósito de este trabajo no es demostrar todos y cada uno de estos fenómenos, solo se dará una breve explicación de ellos. Para cualquier persona interesada en conocer más a fondo la solución de estos fenómenos (ver Ref. 4).

III.1.- FLOTACION

Para el estudio de la hidrodinámica de un navío, el análisis de las condiciones en que se produce la flotación es de gran interés, para un buen entendimiento de los parámetros involucrados en el estudio de su comportamiento.

Si se supone una media caña con peso "W" flotando en el agua, el peso del líquido desalojado es igual a P, el peso total de la media caña, (Principio de Arquímedes).

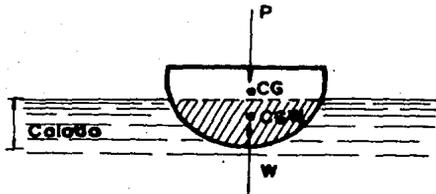


FIG. 3.1

Las dos fuerzas son colineales y el equilibrio está asegurado. Si por alguna razón se hace girar la media caña, el peso P y el empuje ascendente W , siguen siendo iguales; pero al actuar en los centros de gravedad de la media caña y del volumen desalojado, ya no son colineales, de manera que se ha creado un par estabilizador, por cuanto trataría de hacer volver a la media caña a la posición de equilibrio original.

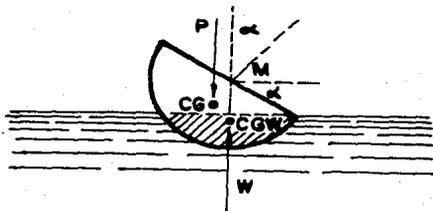


FIG. 3.2

La figura anterior corresponde a una situación real y es equivalente a una figura virtual como la siguiente:

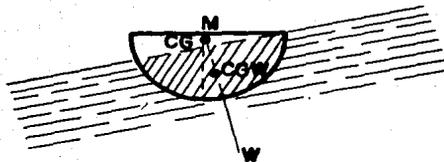


FIG. 3.3

Donde se ha supuesto que no giró el cuerpo, sino la superficie libre del agua. La línea de acción de W corta la vertical que pasa por CG , centro de gravedad de la media caña en un punto M , llamado metacentro. Entre el ángulo de giro α , \overline{CGM} y el brazo de palanca del par estabilizador -- existe la relación $\overline{CGM} \sin \alpha = b$, de modo que el par valdrá $P \overline{CGM} \sin \alpha = M$, ó para ángulos pequeños $P \overline{CGM} \alpha$.

En las figuras 3.1 y 3.2 el calado es el mismo, a pesar de que en la última se ha producido el ángulo de giro α . Esto se debe a que el volúmen desalojado es idéntico en ambos casos.

En las siguientes figuras se podrá observar que el volúmen desalojado tiene la misma magnitud, pero ya no es idéntico; esto tiene por consecuencia que el calado varíe al cambiar el ángulo de giro " α ". Lo más importante es, sin embargo, que el brazo de palanca, y el momento estabilizador, disminuyen en la figura 3.4, (con respecto a la figura 3.2), y que de continuar aumentando " α ", se llegarán a volver ceros, de tal modo que más allá de este valor de " α ", el momento estabilizador sería negativo, es decir, ayudaría a terminar de voltear la media caña, hasta -- que llegara a flotar al revés, fig. 3.7

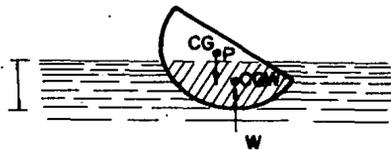


FIG. 3.4

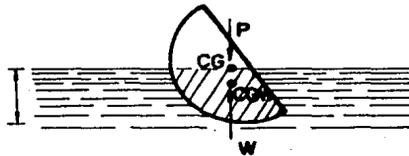


FIG. 3.5

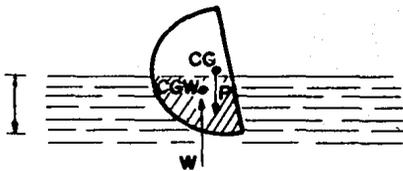


FIG. 3.6

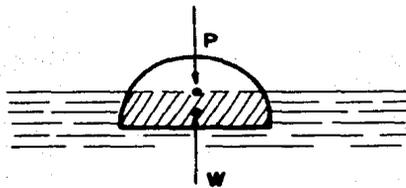


FIG. 3.7

En lo anteriormente descrito, se ha presentado la -- hipótesis de que la media caña solo tiene giros en torno a su eje longitudinal. Es evidente que se presentara una situación del todo análoga, si se estudia la posibilidad de giros en sentido normal al anterior. Las dificultades en ese caso serían mayores porque habría que empezar para cada ángulo de giro por determinar una línea de flotación -- con la cual definir el peso del volúmen desalojado (cuya magnitud debía ser igual al peso de la media caña). En seguida habría que definir el centro de gravedad del volúmen desalojado, el metacentro (M) correspondiente y el brazo de palanca, para poder calcular por fin el momento estabilizador.

III.2.- RESISTENCIA

Los análisis para el estudio de la resistencia -- que opone el agua a un cuerpo que se desplaza en una superficie fueron iniciados por Froude. A la fecha, las principales conclusiones a las que han llegado sus seguidores se

se pueden resumir de la siguiente manera:

1.- En el análisis de cualquier proceso de aceleración de un navío deberá considerarse, además de la masa -- del buque, una masa adicional de líquido que se desplaza -- simultaneamente con este, masa que no tendrá significación una vez que el navío alcance su velocidad de crucero constante.

2.- Aún cuando un navío siguiera una trayectoria -- recta en aguas tranquilas, aparecerán fuerzas transversales aleatorias que tratarán de desviarlo, de tal manera -- que la estabilidad dinámica del navío, entendida como su -- capacidad para mantener un rumbo, será una de sus características más importantes por estudiar.

3.- La resistencia que opone el líquido a un navío que se desplaza en aguas tranquilas, depende tanto de la fricción entre el líquido y el casco , como del sistema de oleaje que el navío forma al avanzar. Este segundo efecto, una vez sobrepasada cierta velocidad límite, tendrá -- una importancia mucho mayor que la fricción.

4.- Los resultados obtenidos para navíos que se desplazan en aguas muy profundas y tranquilas cambiarán no toriamente si se reduce la profundidad, si se navega cerca de otras embarcaciones o de la orilla, o si se trata de un cuerpo flotante remolcado y sin propulsión propia. Estas -- alteraciones serán mínimas comparadas con las que se produzcan cuando el navío navegue en oleaje real.

La resistencia se puede determinar mediante mod los, o de manera aproximada con gráficas como la siguiente figura 3.8 (Ref. 4 p.p.32)

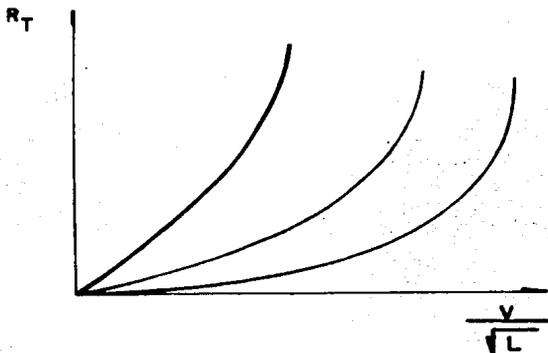


FIG. 3.8

En este tipo de gráficas se consignan los valores de "Rt" (Resistencia) en libras para distintos tipos de navíos, o bien de Rt/∇ en libras para tonelada de desplazamiento (∇ = peso del agua desplazada por el agua), todo ello en función de V/\sqrt{L} , donde V, es la velocidad del navío, expresada en nudos y L, la eslora en pies.

Es conveniente insistir en que únicamente un estudio experimental puede conducir a resultados razonablemente - confiables para determinar el valor de "Rt".

III.3.- PROPULSION

Con respecto a las ruedas hidráulicas, en hidrodinámica se han escrito teorías complicadas las cuales en su mayor parte han servido fundamentalmente para complementar los libros sobre máquinas hidráulicas. Al lado de estas teorías, se ha llevado a cabo una vasta experimentación que ha permitido definir una metodología que proporciona al Ingeniero una técnica para seleccionar la rueda adecuada para cada caso en particular, el diseño detallado de cada una de las partes de la rueda constituye una - especialidad.

La hélice del navío es un tipo particular de rueda hidráulica, de modo que su estudio tendrá las mismas características que se señalan para otros tipos de rueda -- hidráulica.

La selección de la hélice implica los siguientes - pasos:

1.- Determinar la potencia del navío definida como

$$P = FV$$

Donde:

F : fuerza necesaria para mover el navío.

V : velocidad del navío.

2.- Escoger cierto tipo de hélice, con lo que podrá tenerse una idea del valor de η_H (eficiencia de la hélice), de manera que se logre una primera aproximación de $P_D = \frac{P}{\eta_H}$.

3.- Según el tipo de motor que vaya a emplearse, - fijar el valor de " η " de acuerdo con la forma del casco, y como se va a conocer la velocidad de desplazamiento V, con ayuda de la figura 3.9, calcular $V_a = K_o V$.

Donde:

K_o : es una constante que depende de la forma del casco.

V_a : es la velocidad del agua que llega a la hélice.

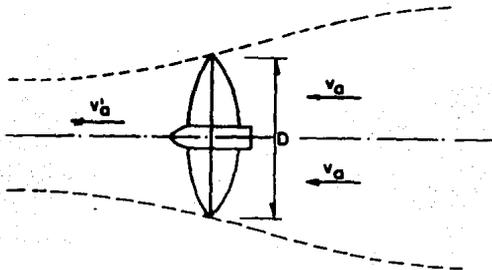


FIG. 3. 9'

Con esto se podrá calcular un primer valor para --

$$B_p = \frac{n \sqrt{\frac{P_D}{5/2}}}{V_a}$$

Donde:

B_p = es una constante característica de cada hélice.

n = número de vueltas de la hélice en la undad de tiempo.

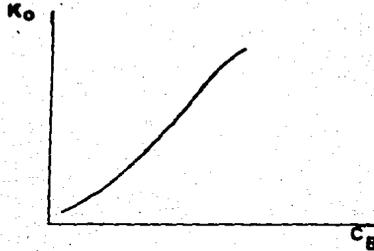


FIG. 3.9

4.- Con ese valor de B_p , y tratando de escoger -- una hélice que trabaje cercana a la eficiencia ótima (o por lo menos dentro de la zona segura) se definirá un valor real de η_H (eficiencia de la hélice), de tal manera que si concuerda razonablemente con el valor supuesto en el segundo paso, se podrá continuar con el proceso; de -- otra manera tendrían que hacerse las correcciones necesarias y repetir los pasos 3 y 4.

5.- Al definir el valor real de η_H , también se -- habrá determinado un valor para δ (constante característica de cada hélice), de manera que a partir de los valores conocidos de n y V_a (n = número de vueltas de la héli

ce en la unidad de tiempo), con ayuda de la siguiente -- ecuación, se podrá calcular el diámetro "D" de la hélice:

$$\delta = \frac{nD}{V_a}$$

Una vez definido así el tamaño de la hélice, se podrá juzgar si cabe en el espacio que se le haya asignado, si no es así, se regresa al paso 1 y se revisan el tipo - de hélice seleccionado y el del motor.

6.- Si el tamaño de la hélice se juzga adecuado, to- davía podría procederse a determinar δ para definir así - el paso con ayuda de la siguiente ecuación:

$$V_a = K_o p n$$

Donde:

P = paso; longitud que recorre la hélice al -- dar una vuelta completa

No obstante que este procedimiento es el adecuado, - deberá tenerse en cuenta, que este método está basado en- la hipótesis de que se está navegando en aguas tranqui- - las.

III.4.- MANIOBRABILIDAD

Una de las tareas en el análisis de la maniobrabi- lidad de un navío, es el estudio de su capacidad para con- servar determinado rumbo, a pesar de las solicitaciones - aleatorias transversales que ocurrirían para desviarlo; - esto coloca al análisis de la maniobrabilidad en la cate- goría de problemas de estabilidad, entendida como el estu- dio de las condiciones en que la amortiguación garantiza- la anulación de los efectos de esas solicitaciones trans- versales.

Vinculadas a estas características, se deben de es- tudiar las condiciones que debe reunir el navío cuando se

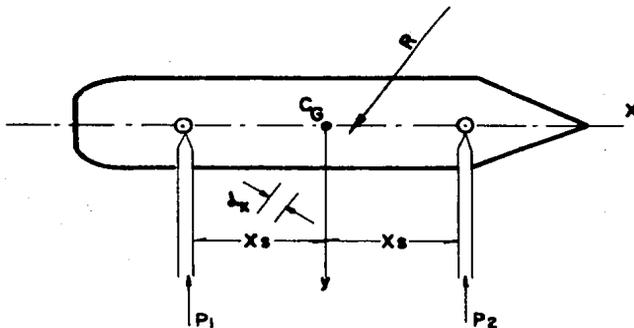
desea cambiar su rumbo a voluntad; tales estudios plantean la necesidad de hacer otro análisis de estabilidad, ahora-atendiendo al equilibrio mecánico del sistema, es decir, a las condiciones que garantizan que el navío no se incline-hasta voltearse al verse sujeto a la série de fuerzas -- transversales y longitudinales que traerá consigo la manio-bra.

Entender este doble aspecto de la maniobrabilidad del navío es de capital importancia para el diseñador-y el tripulante, y aún cuando para el estudiante de hidrodinámica no tenga esa trascendencia, sí le puede ofrecer - una perspectiva amplia para aplicar sus conocimientos a -- problemas prácticos de diseño.

Respecto a estas características, se hace una - presentación sucinta del tema, sin incurrir en desarrollos matemáticos complicados.

Supóngase que un navío como el de la figura -- (3.10) es obligado a desplazarse horizontalmente en la su superficie libre al ser empujado mediante dos barras virtua les articuladas, equidistantes X_s del C_g del navío.

Si el desplazamiento fuera paralelo al eje y , - se tendría un primer resultado interesante. Las fuerzas - P_1 y P_2 necesarias para empujar al navío no serían igua- les porque la distribución de presiones en el entorno del casco producirían una resultante R ,



F I G . 3.10

Como la mostrada en la figura. Es más si se empujara con una sola barra articulada en el C_g , el barco giraría al mismo tiempo que se desplazara, toda vez que R no necesariamente pasaría por el C_g ; es interesante notar que aún cuando se llegara a desplazar el navío con una velocidad constante V , el giro siempre estaría implicando cierta aceleración angular al cambiar sucesivamente la dirección del navío, de tal manera que sería necesario considerar que este efecto de giro acarrearía cierta masa adicional. La resultante R podría descomponerse en una fuerza "Y", según el movimiento y en una "X" perpendicular a él; además para representar completa la acción de R , habría de tomarse en cuenta un momento de valor $N_v = Rdx$.

En la figura (3.11) se muestra el movimiento de rotación inducido en el navío, por el sistema de barras (P_1 y P_2), pero obligando al navío a girar haciendo $P_1 = -P_2$. Formándose una nueva resultante R' que sería la suma de las presiones en el entorno del casco, capaz de suministrar una componente "Y" en el sentido del eje de las "Y", una "X" normal a este, y un momento N_r .

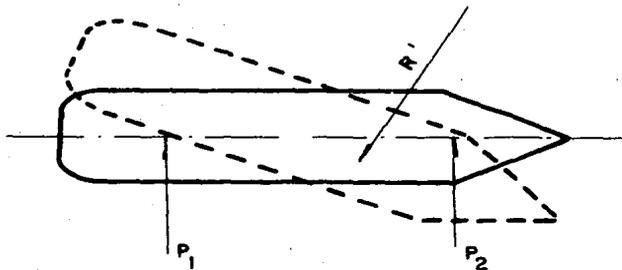


FIG . 3.11

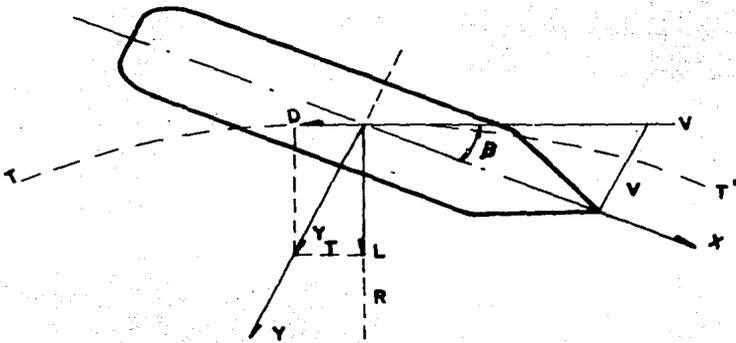


FIG . 3.12

La figura (3.12) muestra un navío que se desplaza a una velocidad V , tangente a una trayectoria dada. La resistencia " Y " tendría dos componentes: un empuje " D " según la velocidad total " V ", y una sustentación " L " normal a ella, - de manera que:

$$Y = -(L \cos B + D \operatorname{sen} B)$$

Para concluir algo de mayor interés podría razonarse así:

En primer lugar, una generalización de los razonamientos anteriores permite establecer que la fuerza " Y_T " - que obra en el navío como respuesta del agua a su desplazamiento indicado en la figura anterior, es una fuerza que depende de las velocidades lineal y angular y de sus aceleraciones " \dot{v} " y " \dot{r} ".

La segunda forma de utilizar lo anterior es hacer el estudio de manera que, mediante el timón, se conduce al navío por un rumbo nuevo. También en este caso es necesaria la armonía entre la forma y dimensiones del casco y las -- del timón a fin de lograr un funcionamiento satisfactorio. El timón puede estar en diferentes sitios y soportado de - distintas maneras, cada una con ciertas ventajas esencialmente mecánicas.

En la figura (3.13.a) se muestra la posición relativa del timón y las líneas de corriente, y en la figura - - (3.13.b) el ángulo de ataque " δ " que en este caso es negativo, por ser medido en sentido contrario al ángulo " β ". (figura 3.12); también se muestra la resultante (F_δ) de - las fuerzas de presión que obran en el entorno del timón, - debido a la velocidad V del navío. El momento suministrado por el timón, llamado momento de maniobra conforme a la figura (3.12) es:

$$M_\delta = F_\delta \cdot d_\delta$$

Una primera aproximación de los valores de F_{δ} y M_{δ} , según Manella es:

$$F = 5.29 A_t v^2 \frac{\text{sen } \delta}{0.2 + 0.3 \text{ sen } \delta}$$

$$M = 5.29 A_t v^2 \frac{Q_0}{0.2 + 0.3 \text{ sen } \delta} \frac{\text{sen } \delta \cos \delta}{0.2 + 0.3 \text{ sen } \delta}$$

Donde A_t es el área del timón expresada en M^2 , y v la velocidad del barco en nudos. De acuerdo con éstas fórmulas, el máximo valor del momento evolutivo se obtiene para $\delta = 35^{\circ}30'$; mismo que rara vez se alcanza en la práctica, con lo cual puede aceptarse que el ángulo δ , como el β , son reducidos.

Si se comparan las figuras 3.12 y 3.13, se verá que en conjunto el timón se comporta de modo análogo al casco.

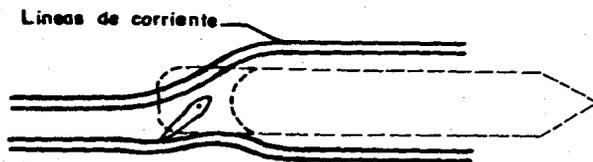


FIG. 3.13. a

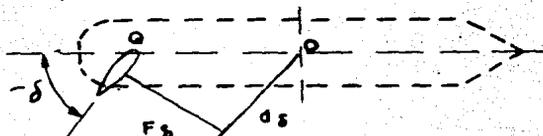


FIG. 3.13. b

El análisis de la maniobra será completo si se estudia también el efecto de las fuerzas que intervienen; - en la fase previa a la fuerza F_{ξ} , que actúa en el centro de presiones del timón y tendrá dos componentes; una, frena el navío y produce un momento de cabeceo en torno al eje, y, tratando de hundir la proa, y la otra que no solo saca al navío de su curso, como se ha indicado, sino que produce un momento de balanceo en torno al eje "X", inclinando el navío.

III.5.- NAVEGABILIDAD

Uno de los aspectos más interesantes en el análisis del comportamiento de un navío, es su respuesta a la acción del oleaje, cuando se pretende conducirlo a determinada velocidad y cierto rumbo. Lo primero que preocupa a un diseñador es el peligro de inmersión, sobre todo de la proa, con objeto de hacer las recomendaciones necesarias si se desea evitar los efectos nocivos de tal riesgo. Adicionalmente, existen dos riesgos que también deben analizarse: Uno es el peligro de inmersión total instantánea, esto es, que el nivel medio del agua sobrepase al de la cubierta, Y el otro, el peligro de chapoteo, .o sea que el barco sea proyectado violentamente fuera del agua para caer en ella en la peor condición. Ambos riesgos se estudian bajo el rubro de movimientos extremos. El ataque a todos estos problemas, que requiere del análisis combinado de los movimientos de sustentación y cabeceo, constituye el estudio de la navegabilidad del navío.

Existen varias teorías para estudiar la navegabilidad, la más común y probablemente la más próxima a la realidad, es la de las tajadas, que consiste en analizar el casco subdividido en una serie de partes limitadas por planos normales al eje longitudinal del navío. Originalmente la teoría clásica consideraba el oleaje representado por sus características medias, esto es, por una ola de amplitud, longitud y período definido; a partir de la década pasada, esa hipótesis se ha sustituido por una más

realista que considera el oleaje definido por un espectro en especial, lo que conduce a determinar las probabilidades de alcanzar ciertos valores de la sustentación Z , y el cabeceo θ , simultaneamente ó no, según la naturaleza del problema por analizar.

No obstante las limitaciones de la teoría clásica, es necesario su estudio como paso inicial para abordar los enfoques probabilísticos modernos, más seguros, pero también mas complicados. En la figura (3.14a), se ha presentado el sistema de referencia X, Z . Para un navío; puede verse que el eje X está alojado en el plano que define el nivel medio del mar, de manera que el origen del sistema coordenado es la proyección del C_G sobre el eje X .

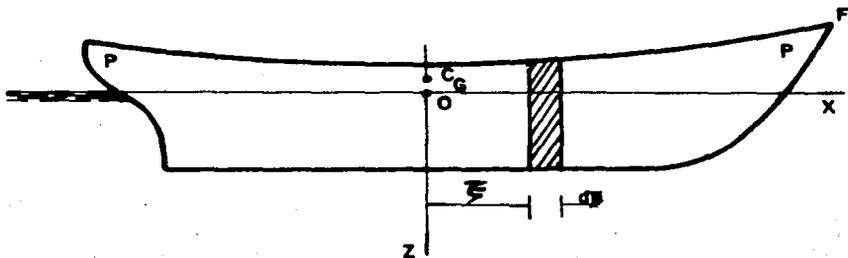


FIG. 3.14. a

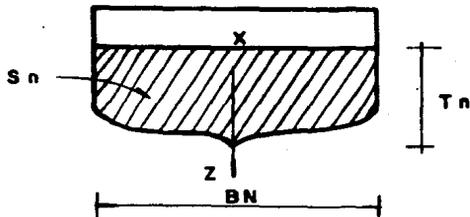


FIG. 3.14. b

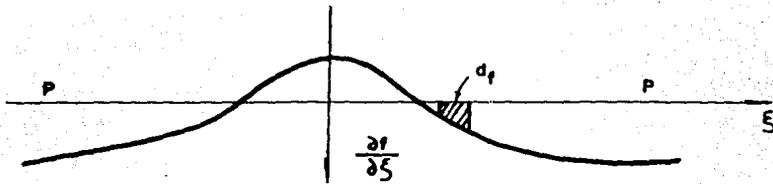


FIG 3.14 C

Además, se considera que el eje Z está dirigido hacia abajo. En la figura (3.14b) se muestra la sección transversal de una tajada del casco, distante ξ del origen y de espesor $d\xi$; el área hidráulica de la tajada se designa como S_n , el calado como T_n y la manga como B_n . Finalmente, en la figura (3.14c) se representa el valor de la derivada (ó variación) de la fuerza f con la distancia al origen; f representa la suma de todas las acciones que en un momento dado solicitan al casco, incluyendo las fuerzas de inercia, o sea que f debe valer cero, si bien su derivada a lo largo del casco no será necesariamente nula, es decir, - mientras que:

$$0 = f = \int \frac{\partial f}{\partial \xi} d\xi$$

en general

$$\frac{\partial f}{\partial \xi} \neq 0$$

Así entendido, $df = \frac{\partial f}{\partial \xi} d\xi$ es la parte de f que actúa en la tajada en estudio, ahora, según se ha establecido, deberá tenerse que $\frac{\partial f}{\partial \xi} =$ fuerza de inercia + acciones hidrodinámicas + fuerza restitutiva, producidas todas ellas por la acción del oleaje y la respuesta dinámica del navío.

En las figuras (3.15 y 3.16) se muestran los valores del ángulo de cabeceo θ y del oleaje ρ que permiten definir Z_r (sustentación relativa en la tajada) como:

$$Z_r = Z - \xi\theta - \rho$$

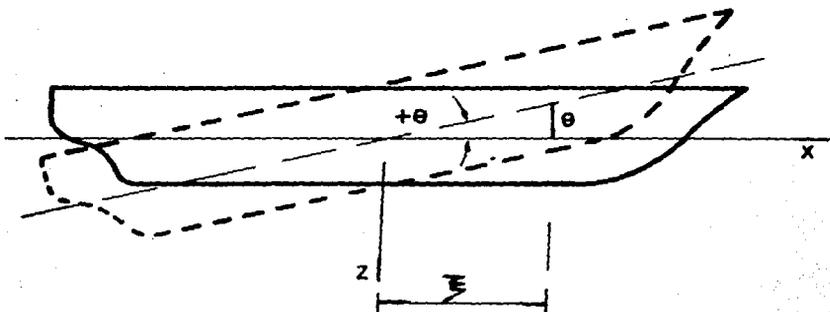


FIG. 3.15

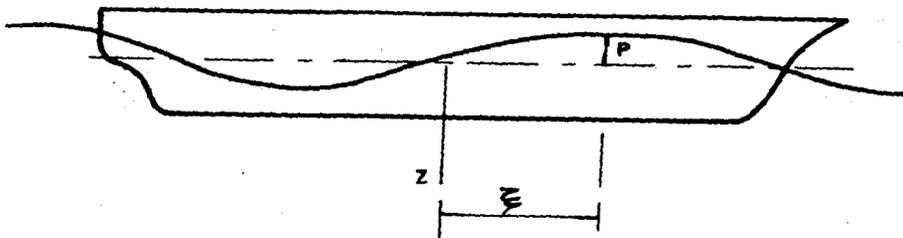


FIG. 3.16

Bajo todas estas consideraciones, y con un análisis probabilístico, se decide bajo que condiciones de oleaje, determinado navío es capaz de ejecutar ciertas maniobras. Dado que el análisis detallado sale fuera del alcance de este trabajo el lector interesado en este tema puede consultar la ref. No. 4 (p.p. 91 a 114)

III.6.- BALANCEO

Uno más de los problemas de gran interés en el estudio hidrodinámico de un navío, es el ocasionado por el movimiento de este cuando se encuentra sujeto a la acción del oleaje, por lo que es conveniente conocer la frecuencia de encuentro con una ola determinada en un estudio detallado de oleaje, para poder delimitar con mayor exactitud, la colocación de las dársenas, y la dirección del canal de navegación.

Si se designa como X el ángulo formado entre la dirección del oleaje y la del navío, se puede definir la frecuencia de encuentro de la ola estudiada con el navío como:

$$We = Wv - \frac{\bar{U} w^2}{g} \cos X$$

donde:

We = frecuencia de encuentro

Wv = Frecuencia de la ola que se supone actuando

\bar{U} = Velocidad del navío

g = Aceleración de la gravedad.

X = Angulo entre la dirección del navío y la ola.

Cuando X = 0, se tiene oleaje de popa y We alcanza su valor mínimo; en cambio, cuando X = 180°, hay oleaje de proa y We alcanza su valor máximo. Es interesante notar que si el navío está quieto tanto con $\bar{U} = 0$ como con X = 90°, We = Wv; en este último caso el oleaje actúa transversalmente al navío, poniéndolo en una precaria situación de equilibrio.

Si el navío detiene sus máquinas, la tendencia del casco es colocarse en esa posición, de aquí el interés de la observación.

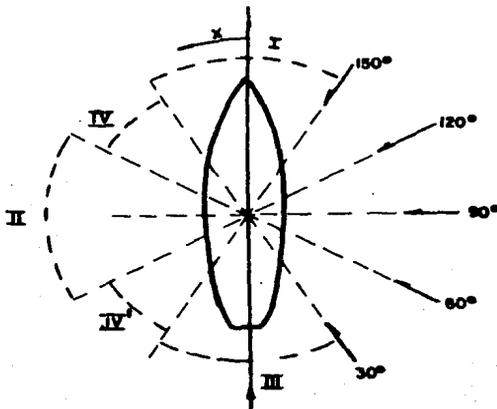


FIG. 3.17

Por lo demás, para valores de X , comprendidos en la zona I (fig. 3.17), así como para los de la zona III, los movimientos del navío serán principalmente de cabeceo. Si, por lo contrario X está comprendido en la zona II, el movimiento será principalmente de balanceo; finalmente para valores comprendidos en las zonas IV y IV' -- los dos movimientos serán de rotación, e igualmente importantes.

Conviene hacer notar que, en rigor para valores de X , diferentes de 0 , $\pi/2$ ó π , siempre habrá algún efecto de giro.

Otro problema que se debe de observar detenidamente en el análisis dinámico del navío, es su comportamiento cuando está anclado o sujeto. Existen varias soluciones empíricas ó semiempíricas, casi todas ellas vaciadas en ábacos y gráficas; sin embargo, no existe una solución general al problema, el cual ofrece una complicación adicional, en atención a que obviamente responde a oleaje en aguas poco profundas, cuya complejidad es bastante mayor que la del oleaje en aguas profundas.

En las figuras (3.18) se muestra un barco anclado con un cable de longitud l_0 ; en la figura (3.18b) se puede apreciar que la distancia $d = \overline{MB}$ depende del ángu-

lo θ (Balanceo), de manera que puede escribirse $d = f(\theta)$.

En tanto que sea $d \leq l_0$, el cable no ejercerá ninguna acción sobre el navío, pero si $d > l_0$, entonces ocurrirá una tensión T en el cable de valor $\frac{d - l_0}{l_0} AE$, donde A es el área de la sección transversal del cable y E su módulo de elasticidad; el brazo de palanca b de la tensión en el cable será función de θ , esto es $b = h(\theta)$, - de manera que el momento comunicado por el cable, en caso de actuar la tensión, será de la forma $f(\theta)$

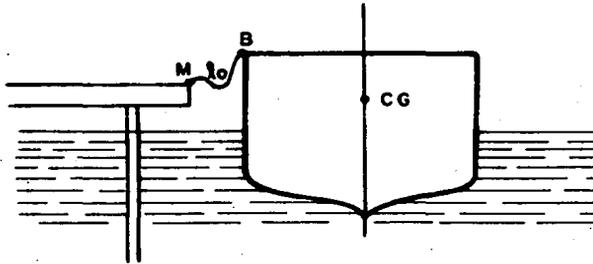


FIG. 3.18.a

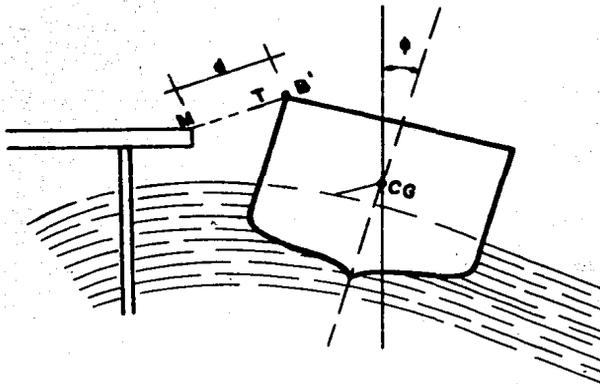


FIG. 3.18.b

IV.- CONSIDERACIONES NAUTICAS PARA EL ESTUDIO DE MANIOBRABILIDAD DE VEHICULOS MARINOS.

IV.1.- PARAMETROS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE ZONAS DE ACCESO, Y CANALES DE NAVEGACION.

1.1.- GENERALIDADES

IV.2.- SECCION TRANSVERSAL

2.1.- CALADO NOMINAL DEL NAVIO

2.2.- NIVEL DEBIDO A LA MAREA ASTRONOMICA

2.3.- TRIMADO (ARZADA)

2.4.- BALANCE EN EL EJE Y (PITCHING)
BALANCE EN EL EJE X (ROLLING)

2.5.- TOLERANCIA DE DRAGADO EN EL CALADO DE CANALES

2.6.- SQUAT

IV.3.- DISEÑO EN PLANTA

3.1.- ANCHO DEL ACCESO AL PUERTO

3.2.- ANCHO DEL CANAL

3.2.a.- VIA DE MANIOBRA

3.2.b.- RESGUARDO POR ENCUENTRO CON NAVIOS

3.2.c.- RESGUARDO PARA MARGENES

3.3.- DISTANCIA DE PARADA

3.4.- RADIO DE CURVATURA EN EL CANAL DE ACCESO

3.5.- DARSENAS

IV.4.- AYUDAS A LA NAVEGACION

4.1.- IMPORTANCIA DE LA MARCACION DEL CANAL

4.2.- TIPOS DE MARCAS

4.3.- REGLAS DADAS POR EL COMITE CIERGNA DEL PIANC,
REFERENTES AL DISEÑO OPTIMO DE LOS CANALES DE
ACCESO

IV.1.- PARAMETROS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE ZONAS DE ACCESO Y CANALES DE NAVEGACION:

1.1.- GENERALIDADES;

Mucho habría que decir para comprender a fondo todo el sistema de evoluciones que un navío debe efectuar para los diferentes cambios de ruta a los que tienen necesidad de recurrir cuando navega; considerando que la navegación del navío es el recorrido que hace desde su desatraque del muelle en un Puerto, hasta el último movimiento de atraque en otro.

El estudio de las maniobras de un buque está íntimamente relacionado con el dimensionamiento de las áreas de agua de un Puerto, ya que éstas dependen, en gran parte, de las primeras, por lo que citaremos únicamente las maniobras ó evoluciones de los buques en un Puerto a partir de su entrada.

Para desarrollar el estudio del dimensionamiento de las áreas de aguas necesarias para los navíos, tomando en consideración sus maniobras, es preciso, en cada caso, tener conocimiento de las condiciones locales de viento, oleaje, corrientes y mareas; de las dimensiones de las embarcaciones que usarán los Puertos y de las partes que intervienen directamente en las maniobras propias del buque, que son: la potencia de sus máquinas, número de hélices, timón y anclas además de las embarcaciones auxiliares, que en ocasiones ayudan a las maniobras de los navíos; (remolcadores).

Cuando un navío se aproxima a la entrada de un Puerto o una cuenca, surgen problemas especiales porque la velocidad del navío es poca, y esto provoca una menor capacidad de maniobra. En las obras a proyectar se tendrá que considerar esta situación muy seriamente, tanto por razones de seguridad como económicas, con respecto a la correcta utilización de el área disponible para dársenas. La determinación de el movimiento de un barco en un Puerto es una cuestión de la acción de las fuerzas hidrodinámicas.

micas sobre el navío. La ecuación con la cual se rige el movimiento de un barco es, sin embargo muy complicada y puede difícilmente manejar una situación de rápida varia ción de la acción de corrientes y vientos, además el fac tor humano está muy implicado en todas las maniobras, co mo también la facilidad de la máquina para responder a las órdenes. Una solución teórica exacta es además demasiado "Académica" para resolver un problema teórico.

El mejor método aplicable hoy, es probablemente el "gráfico" o "método de experiencia", por el cual - todas las fuerzas que actúan son tomadas en cuenta.

Este método se basa en experiencias obtenidas de Capitanes de navíos, maquinistas, Arquitectos Navales e Ingenieros Residentes de Puertos.

El diseño de zonas de acceso se puede normalmente dividir en dos partes:

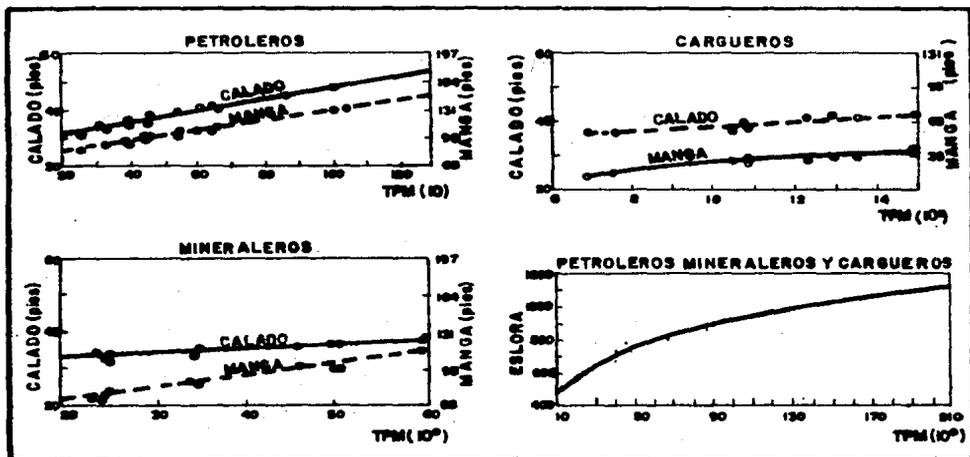
- Diseño de la sección transversal de la zona de acceso.
- Diseño en planta de la zona de acceso.

Ambos apartados requieren una decisión final - de tipo económico. Una forma de atacar el problema es -- aplicar algún criterio de optimización de modo que tras obtener, a partir de las curvas de evolución de las variables que definen un estado del mar, el tiempo útil de operaciones en los accesos al puerto (conocidas las condiciones marítimas extremas con que un buque fijado atra viesa satisfactoriamente la sección), y ver si ese tiempo útil satisface nuestro criterio de optimización.

Como se ve es un proceso iterativo, que re- - quiere de un tratamiento probabilístico.

Sin embargo, existen técnicas menos sofisticadas para lograr el diseño de las zonas de acceso, las -- cuales se verán detenidamente en este trabajo, cuya fin alidad es obtener el diseño de zonas de acceso con rapi-- déz y confiabilidad.

En la mayor parte de los casos nos encontramos con - que, de el buque fijado -realizando una previsión de tráfico, o bién por condiciones externas al problema - solo disponemos como dato el tonelaje de peso muerto (PWT), de modo que lo primero que necesitamos son unos ábacos que, según el tipo de barco, nos permitan obtener una idea de las dimensiones del mismo, calado, manga y eslora.



DIMENSIONES DE ALGUNOS TIPOS DE BUQUES

FIG. 4.1

Así pues, el calado de una zona de acceso (sección transversal) será igual a la suma de los siguientes parámetros:

- Calado del navío.
- Nivel debido a la marea astronómica.
- Trimado.
- Squat.
- Balance en el eje.Y

- Balance en el eje X
- Tolerancia de dragado en el calado de canales.

Y el diseño en planta de una zona de acceso, se verá influenciada por los siguientes parámetros:

- Ancho de la entrada al Puerto.
- Ancho del canal.
- Distancia de parada.
- Radio de curvatura en el canal de acceso.
- Dársenas de maniobras.

IV.2 SECCION TRANSVERSAL

2.1.- Calado Nominal del Navío.

El calado es la inmersión del navío bajo diferentes condiciones de carga, y se definen entre otros: El calado máximo y el calado en lastre. El calado máximo es la altura desde la línea de flotación, en máxima carga hasta el punto mas bajo del navío. El calado en lastre es la altura medida desde la línea de flotación, estando el navío sin carga, hasta el punto mas bajo de este.

Dentro de un Puerto, es recomendable y necesario - - llevar una estadística de las embarcaciones que usan frecuentemente el Puerto y clasificarlas de acuerdo a sus calados.

2.2.- Nivel debido a la Marea Astronómica.

El fenómeno de las mareas astronómicas es ocasionado por la atracción de cuerpos celestes sobre todo la superficie líquida de la tierra, dando lugar a movimientos de - - grandes masas de aguas. Los dos cuerpos celestes que tienen influencia decisiva en las mareas, son el sol y la luna. Esta, por su cercanía a la tierra, y el sol, por su enorme masa; siéndo sin embargo, la acción de la luna 2.18 veces mayor que la del sol, ya que la fuerza de atracción es directamente proporcional a las masas de los cuerpos e inversa al cuadrado de la distancia que los separa.

Una vez que se han establecido los diferentes nive--

les de marea (cap. V . 3.4. MAREAS), estos se utilizan para determinar las alturas de los muelles, para el diseño de -- obras exteriores, para marcar a las embarcaciones las diferentes horas de entrada y de salida en caso de profundidades escasas, para apreciar la importancia de las corrientes de flujo y reflujos, para indicar las profundidades en el -- área portuaria y en los accesos, siempre referidos a un mismo plano de comparación.

En el caso del Océano Pacífico el nivel que se toma como referencia para la República Mexicana es el nivel -- de bajamar media inferior, (N.B.M.I.).

Con esto se trata de evitar que siempre tengamos -- profundidades menores que las indicadas, lo cual nos representaría un problema para el paso de las embarcaciones a -- las zonas de atraque.

2.3.- Trimado (Arzada).

Es la profundidad que el navío desciende con relación a el nivel del agua en el canal (el mayor valor de trimado es en popa)

Eisiminger (Peer Brum) observó que generalmente, -- para un navío, el asentamiento bajo la popa es aproximadamente de 3 pulgadas por cada 100 pies de eslora (25 mms -- por cada 10 mts. de eslora). Otros reportes que se tienen, indican que el trimado en popa, generalmente es del orden de 1 a 2 pies (0.3 a 0.6 mts.). Cuando el navío está en -- movimiento, el trimado puede cambiar, sin embargo la cantidad del cambio es pequeña e incierta.

Las pruebas realizadas en el Laboratorio Sogreah, de Francia indican que, para los navíos que transitan a baja velocidad en un canal, el trimado disminuye en proa, y -- para velocidades grandes, el trimado disminuye el popa.

2.4.- BALANCE EN EL EJE Y CABECEO.

BALANCE EN EL EJE X BALANCEO.

El balance de un navío, cuando está sujeto a la acción de las olas, será tomado en cuenta, cuando se requiera determinar la profundidad necesaria para un canal, al paso de un navío previamente definido.

Este factor es importante en el entrada al Puerto, donde generalmente, la acción de las olas es muy severa.

En realidad, es muy poca la información que se tiene, para calcular el valor de el balance en el eje Y (cabeceo). Quinn (Peer Brum) sugirió que se tome, la mitad de la altura de la ola, a la cual el barco está sujeto, considerándose esto como la amplitud de el balance en el eje Y.

En estudios que se realizaron en el Laboratorio - - Sogreah de Francia, se observó que generalmente (en promedio), en la entrada a un Puerto, es común que se presente en los navíos un balance en el eje X de 5° de amplitud, debido a la velocidad baja que adquiere el barco al entrar a esa zona, y a que las olas empiezan a tener una mayor influencia sobre este.

En estos estudios se obtuvieron los siguientes resultados para un balanceo de 5°:

MANGA DEL NAVIO (M T S)	PROFUNDIDAD DEBIDA A EL BALANCE EN X (M T S)
3 0	1 . 2 2
2 5	1
2 0	0 8 0
1 5	0 . 6 1

T A B L A 4 . A

2.5.- TOLERANCIA EN EL DRAGADO, EN EL CANAL DE ACCESO

La profundidad a que deben dragarse y mantener los Puertos, depende de lo siguiente:

- 1.- Del calado de los mayores buques que frecuentan el Puerto.
- 2.- Del desarrollo que en un futuro próximo puede tener el Puerto.

Con relación a el punto 1 se deben obtener en la Capitanía de Puerto del lugar, las estadísticas sobre entradas y salidas de buques clasificándolas de acuerdo con sus calados máximos, esto servirá para normar nuestro criterio y decidir si debe o no hacerse el dragado, siempre que los ingresos que produzcan al fisco los buques de mayor tonelaje, sean superiores al costo que representa el mantener la profundidad.

Sería oneroso dragar a mayor profundidad que la requerida por los buques que hacen operaciones en el Puerto, sólo para que uno o dos que tuvieran más calado, pudieran entrar ó salir con cargamento completo, si los beneficios que dejaran éstos fueran inferiores a los gastos de dragado, sobre todo si éste tiene que ser continuo para mantener permanentemente el tirante de agua que necesitan. En casos como éste deben esperar la pleamar para salir o entrar, o cargarlos fuera si así conveniera, máxime si se tratara de un puerto que por lo precario de su zona de influencia o hinterland, no tuvieran carga suficiente que transportar en un futuro próximo.

En cuanto al punto 2, se justificaría el dragado, si después de hacer el estudio económico del hinterland, se determinara que en un futuro próximo se tendría carga suficiente que transportar para buques de cierto tonelaje, y de acuerdo con el calado que estos requieran, se efectuaría el dragado.

En la planeación se fijarán las dimensiones en planta y profundidad de la zona de dragado, de acuerdo con las necesidades de los buques de mayor tonelaje, y

además de las características del fondo, oleaje y velocidad del buque en el lugar de que se trata.

Las características del fondo deben tomarse muy en cuenta a fin de dejar el espacio entre la quilla del buque y éste. Si el casco tocara material suave como fango, limo y arcilla, etc., no le ocasionaría ningún daño, por lo que una distancia de 30 cms. aproximadamente, se considera suficiente. Cuando el fondo es de roca, arenisca o cualquier otro material compactado, es peligroso que debido a una arizada llegue a golpear ya que puede ocurrir una avería, por lo que en previsión deberá dejarse entre la quilla y el fondo, en la zona que se drague, un espacio de 90 cms.

En algunos lugares donde se observan tendencias a acumularse los azolves, conviene efectuar dragados a mayor profundidad que la necesaria con el fin de disponer de una trampa o depósito de azolve que proporcione un márgen suficiente ó reserva de profundidad, para que los dragados de conservación sean a mayor intervalo.

Si periódicamente se efectúan sondeos de control podemos tener un conocimiento aproximado de los aportes por arrastres de azolves, y cuando la reserva de profundidad del depósito se esté agotando, se debe programar el dragado.

2.6.- SQUAT

Cuando un navío entra en aguas poco profundas rápidamente, existe un aumento en la altura de las olas circundantes al navío, producido este por el movimiento del navío. Acompañando a este aumento en la altura de las olas, se produce un porcentaje de disminución en la superficie del agua, a lo largo del perfil del navío, esta disminución es lo que se llama SQUAT.

Este descenso en la superficie del agua, lo produce el navío al hundirse o agacharse, con relación a el --

fondo del canal. Sorensen, en su estudio sobre el efecto que producen las olas sobre los navíos, predijo las condiciones para aguas poco profundas; cuando $V^2/gd > 0.7$, es entonces cuando se empezaran a tomar en cuenta los efectos del SQUAT; donde V es la velocidad del navío en pies por segundo (relativa a el agua), g es la aceleración de la gravedad, y d es la profundidad del agua en pies.

Otros factores que afectan el valor del SQUAT, son dadas por: Wicker, McAleer y Johnston (Per Bruum) son:

- a) La distancia entre la quilla y el fondo del canal.
- b) El calado del navío.
- c) El área transversal del canal, y si el canal está localizado en una vía de agua ancha o angosta.
- d) Si el navío está pasando solo o alcanzando a otro.
- e) La posición del navío, relativa a la línea central del canal.
- f) Las características del navío mismo.

Existen varios métodos para calcular el SQUAT, de los cuales, la mayoría de ellos incluyen ciertos parámetros que son desconocidos por el Ing. Mexicano (Per Bruum p.p. 21. a 26), esto debido a la poca atención que hasta el momento se le ha dado al área del diseño de canales de acceso y dársenas.

Un método sencillo y hasta el momento confiable para calcular el valor del SQUAT, es el desarrollado en el Laboratorio Nacional de Hidráulica de Francia, en el cual se obtiene el valor del SQUAT con la siguiente fórmula:

$$Z = 2.4 \frac{\Delta}{L^2} \frac{\frac{V}{(g \cdot h)^2}}{\frac{V}{(1 - g \cdot h)^2}}$$

Donde:

Δ = Volúmen de agua desplazada (m^3)

Δ = Ton. Bruto/ γ

γ = Peso volumétrico del agua de mar = 1.025 Ton/ m^3

L = Eslora total del navío (m)

V = Velocidad del navío (m./seg.)

g = Aceleración de la gravedad (m/seg.²)

h = Profundidad del canal (m.)

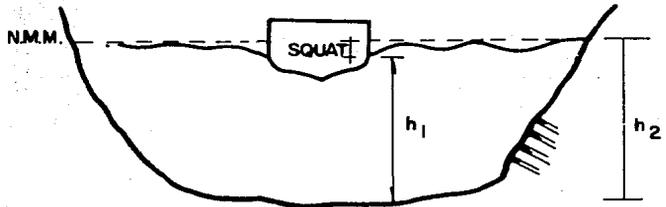


FIG . 4.2

IV.3.- DISEÑO EN PLANTA

3.1.- Ancho de la Entrada al Puerto:

La entrada al Puerto debe ser lo bastante ancho para permitir el acceso de las mayores embarcaciones, que concurren al Puerto. El ancho de la entrada, es con frecuencia un compromiso entre los requerimientos navegacionales y el grado de protección del Puerto. Los requerimientos navegacionales son referidos al tamaño del navío proyectado, la densidad del tráfico, el número de entradas, la profundidad del agua, y la altura, dirección y frecuencia de vientos, oleaje y corrientes.

Por lo general, el ancho de la entrada varía entre 400 y 1000 pies (122 a 305 mts.), dependiendo de las condiciones locales. Quinn (Per Bruum) establece que las siguientes condiciones son satisfactorias; para Puertos pequeños: 300 pies (91 mts.); para Puertos medianos: 400 a 500 pies (122 a 152 mts.); y para Puertos grandes: de 500 a 800 pies (152 a 244 mts.), estos datos fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Minikin (Per Bruum) sugiere que el ancho de la entrada para Puertos fluviales y dársenas, sea de 1 pie de ancho por 0.11 a 0.25 de acre (1 metro por cada 0.15 a 0.33 hectarea del Puerto). Para Puertos expuestos a mar abierto Bailey (Per Bruum), expuso que el ancho de la entrada variaba de 1 pie para 0.92 a 1.16 acre (1 metro por 0.57 a 0.72 hectareas del Puerto).

Estas dimensiones, aunque arbitrarias, dan una indicación de el ancho requerido para la navegación.

Otro método más confiable para determinar el ancho de la entrada a un Puerto, es el de usar el criterio para calcular el ancho del canal, el cual se verá detenidamente en el capítulo siguiente.

Para establecer la dirección que tendrá la entrada, se analizará la maniobra que efectúa un navío que viene corriendo un temporal (condición mas desfavorable) y se dispone a entrar a un Puerto.

El navío suele navegar empopado al temporal, a lo su-
mo, con una ruta, formando un pequeño ángulo con la direc-
ción del oleaje (supóngase que el Puerto dispone de obras-
de abrigo, rompeolas o escolleras), en estas condiciones, -
si la boca está orientada al temporal, el navío entraría -
recto, sin maniobrar, pero en cambio el oleaje producido -
por el temporal se metería abiertamente en el Puerto, tan-
to más cuanto más ancha sea la boca. Las condiciones idea-
les para la amplitud de la bocana, respecto a las manio- -
bras de entrada y al abrigo son antagónicas; a medida que-
esta se inclina con respecto a la dirección del temporal, -
y se disminuye su ancho para conseguir mayor abrigo, más -
se dificulta la maniobra de entrada del navío, tanto por -
reducirse el ancho como por quedar la ruta de entrada - -
orientada en distinta dirección a la del temporal.

Con un buen tiempo, el navío entra al Puerto en - -
cualquier dirección; puede virar fuera del Puerto y tomar-
la boca normalmente; pero durante los temporales, mareja--
das, o vientos frontales, se dificulta la entrada, debien-
do arribar empopado o con un ángulo de $11^{\circ} 15'$ entre la ru-
ta y la dirección del oleaje, a esta maniobra, se le deno-
mina navegar con temporal a un cuarto, o con temporal por-
la aleta.

3.2.- Ancho del Canal.

El ancho del canal se suele medir al pie del talud-
de los cajeros o, para canales muy profundos, a la profun-
didad del calado de proyecto.

El ancho dependerá de los siguientes factores:

- a) La manga, velocidad y maniobrabilidad del navío.
- b) Si la velocidad del navío se ve afectado por el-
paso de otro navío.
- c) La profundidad del canal.
- d) El alineamiento del canal.
- e) La estabilidad del talud del canal.
- f) Los vientos, oleaje y corrientes.

No existe fórmula que incluya todos estos factores, pero se estableció un criterio basado en la manga - del navío designado para el proyecto, el cual incluye -- implícitamente estos factores.

La asociación Internacional Permanente de Congre- sos de Navegación (PIANC), recomienda; que si no existe- encuentro con otro navío en el canal, este deberá tener- un ancho de 3 a 4 veces la manga del navío, si existe un encuentro con otro navío, y el canal se diseña para esta condición, este deberá tener un ancho de 6 a 7 veces la- manga del navío. El PIANC, advierte que este criterio se basó en que, para el canal, las condiciones eran ideales.

Otro método expuesto por Duncan Hay (Per Bruum)- para calcular el ancho del canal requerido, se basa en - investigaciones hechas en el canal de Panamá.

Las opiniones de los Capitanes y tripulación de- los barcos, fueron inclinadas para adoptar este criterio.

Este método divide el total de el ancho de el ca- nal en:

- a) Ancho de la línea de maniobras.
- b) Resguardo por encuentro por navíos.
- c) Resguardo para márgenes.

a) Ancho de la línea de maniobras:

La línea de maniobras es análoga al resguardo por encuentro con navíos. El ancho para un navío, depende de- el control que se pueda obtener del barco, según las con- diciones en que se encuentre este. El control para va--- rios tipos de navíos, se presenta como sigue:

- 1.- Muy bueno; para navíos de guerra, y de carga.
- 2.- Bueno; para transportes oficiales de la mari- na, y navíos vigilantes de la soberanía marí- tima.
- 3.- Malo; para viejos barcos mineraleros, y bar-- cos dañados.

Basado en esta clasificación, el criterio expone lo siguiente:

ANCHO DE LA LÍNEA DE MANIOBRAS	
CONTROL	% RESPECTO A LA MAN- GA DEL NAVIO
MUY BUENO	160
BUENO	180
MALO	220

T A B L A 4. B

Este criterio se basó en la consideración de - que en el canal, las condiciones son ideales para una buena maniobra.

Cuando se presenta la condición de que en el - canal se presenten vientos y corrientes transversales a el navío, el ancho de la línea de maniobras se calculará de - manera muy diferente, puesto que se presenta en el navío - un coleo ó serpenteo, llamado Guiñada, para evitar esto el navío debe de adoptar un cierto ángulo de deriva que, en - regimen permanente, viene dado por la fórmula:

(Balanin y Bykov, 1964)

$$\delta = \text{arc. sen } \frac{KUCO \text{ sen } \alpha}{Vb}$$

en donde:

K: es un coeficiente que depende de las condi- ciones de acceso (esto es: canal ó área abierta).

U: velocidad de la perturbación.

Co: coeficiente función del área expuesta al - viento y el área expuesta a la corriente.

Vb: velocidad del navío.

α : ángulo entre la dirección del viento o co- rriente y el eje longitudinal del navío.

Así, la anchura ocupada por el flotador es:

$$Bt = L \text{ sen } \delta + B \text{ cos } \delta$$

donde:

L = eslora del navío.

B = manga del navío.

Los parámetros anteriores son muy difíciles de valorar sin tener datos exactos de campo (lo cual es difícil de lograr).

Ahora bien, también tenemos que como ancho de la línea de maniobras (solo por guiñada) se puede tomar, el obtenido de un navío, que por sus dimensiones, puede ser tomado como base.

Este presenta las siguientes dimensiones; 213 metros de eslora, con una manga de 27 mts. y un valor de guiñada de 5° (Una guiñada de 5°, es razonable para un navío de estas dimensiones en un canal semiprotectido, sujeto a vientos y corrientes transversales); con estos datos, se requiere aproximadamente, un ancho de la línea de maniobras (solo debido a la guiñada) de 55 mts.

Se recomienda que el ancho de la línea, sea la suma de el ancho debido a la guiñada, más 60, 80 ó 100% de la manga del navío, para un control muy bueno, bueno y malo respectivamente.

b) Resguardo por encuentro con otros navíos.

El ancho de este resguardo es medido entre las líneas de maniobras de ambos navíos. El fenómeno hidráulico asociado a el paso de dos navíos que se encuentran en la misma zona, crea unas fuerzas de succión y repulsión entre ambos barcos. El ancho de este resguardo, es establecido, para minimizar el efecto de estas fuerzas. El ancho mínimo, deseado por los capitanes de navíos es de 30.5 mts. (100 pies), pero en el caso de navíos de poca envergadura, se recomienda un ancho, de el valor de la manga del navío.

c) Resguardo para Márgenes:

Cuando un navío se sale de la línea central del ca-

nal, y se aproxima a las márgenes, las fuerzas de succión y repulsión, crean momentos de cabeceo ó coleo.

Debido a esto, tendrá que dársele al timón una desviación para compensar estas fuerzas, y poder mantener una ruta recta. En ángulo de timón necesario en un navío, para -- mantener la ruta, a una velocidad, es llamado "ángulo de -- equilibrio del timón".

Estudios realizados por Ingenieros en el canal de Panamá, llegaron a la conclusión de que el resguardo para márgenes, está basado en un ángulo de 5°.

Según Wicher, McAleer y Johnston, (Pe r Brumm), el ancho de el resguardo varfa entre 60 y 150% del ancho de la - manga del navío. Los factores que incrementan el resguardo, por encima de el 60% son:

- a) Mala maniobrabilidad.
- b) Velocidad, si esta es mayor de 5 nudos.
- c) Vientos y oleajes transversales.
- d) Taludes erosionados.

El usar un resguardo para márgenes de 150% se ha observado que en una forma general, da excelentes resultados.

A continuación se dan los esquemas propuestos por Hay (1968) para la anchura de los canales de acceso en ausencia de vientos y corrientes transversales:

- Anchura para un solo navío en la vía navegable:

Hipótesis:

- a) El navío se maneja satisfactoriamente.
- b) Velocidad respecto al fondo: 8 nudos.
- c) Bajos frecuentes a lo largo de las márgenes.
- d) Corrientes: 2 nudos, paralela a tierra.
- e) Vientos moderados a fuertes, frecuentes.

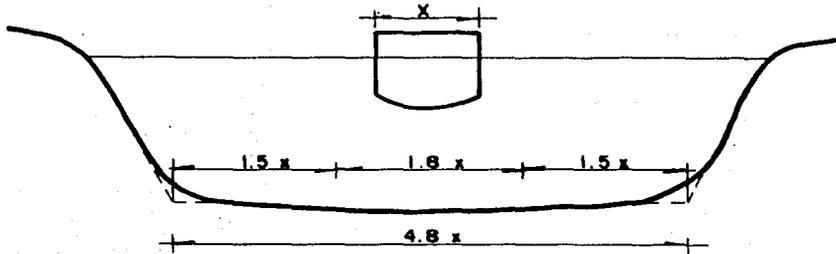


FIG. 4.3

- Anchura para dos navíos en la vía navegable:

Hipótesis:

- a) Los navíos se manejan satisfactoriamente.
- b) La velocidad respecto al fondo: 5 nudos.
- c) Barcos: recubiertos.
- d) Corrientes: 4 nudos paralela a tierra.
- e) Vientos fuertes: poco frecuentes.

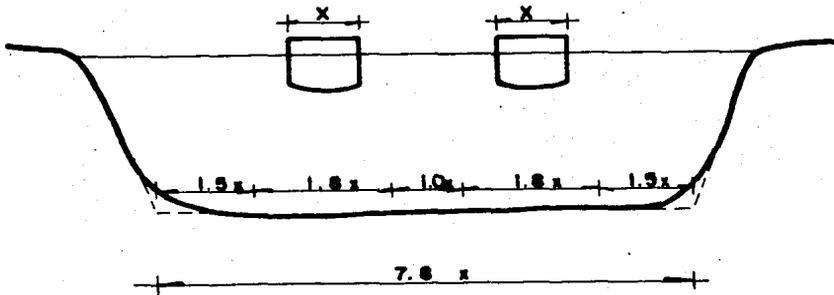


FIG. 4.4

3.3.- DISTANCIA DE PARADA:

Cuando el navío entra al Puerto, autopropulsado, recibe fuera de la protección del rompeolas, la influencia del viento, las olas, y corrientes del mar, por consiguiente, el navío adquiere una cierta velocidad, por esta razón la longitud del canal desde el borde de la zona protegida por el rompeolas hasta la dársena y el área continua de la dársena, debe tener una longitud de $4L$ como distancia de parada.

La distancia de parada, fundamental para dimensionar dársenas, antepuertos y accesos en general depende de:

- a) Velocidad inicial con que se inicia la maniobra.
- b) Forma en que ésta se ejecuta (dando marcha atrás, con hélice libre o con hélice fija)
- c) Características del buque y la zona de acceso.

Existen ábacos que nos dan una idea de la distancia de parada D , en función de la velocidad V , del calado C , y de la profundidad h , como por ejemplo, el ábaco de Kempf, (fig. 4.5).

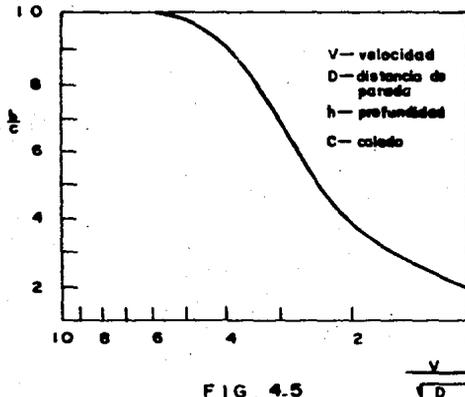


FIG. 4.5

Obteniéndose el valor de la distancia de parada, al despejar D, de la ecuación V/\sqrt{D} .

Como norma general se puede dar una distancia de parada del orden de 4 esloras.

Para velocidades superiores a 5 nudos, usamos la -- fórmula:

$$D = 4 L \frac{V^{3/4}}{2.5} + L$$

donde:

D = Distancia de parada.

L = Eslora.

V = Velocidad del buque respecto al agua.

Para la distancia de parada, aplicada al navío, la velocidad de tal maniobra debe ser moderada, y relativamente-baja, debiendo estar en un rango de 3 a 10 nudos, la cuál - corresponde a una velocidad inferior a la velocidad crítica del canal de acceso (velocidad a la cuál se producen fuer--tes oscilaciones del navío) estando definida la velocidad-- crítica del canal de acceso como:

$$V_c = \sqrt{gh}$$

donde:

Vc = Velocidad crítica en m/seg.

g = Aceleración de la gravedad m/seg.²

h = Profundidad del canal de acceso.

Si realizando las operaciones se demuestra que la velocidad crítica es mayor a el rango establecido, se optará por tomar un valor intermedio de este rango, para establecer la distancia de parada para una velocidad superior a 5 nudos.

IV.3.4.- DARSENAS

Una dársena es una superficie susceptible de ser - - aprovechada para la operación, manejo, carga y descarga de - navíos.

Los objetivos que se deben lograr en la planeación de dársenas, es buscar la tranquilidad de aguas interiores, - que permitan una navegación tranquila, así como la seguridad de los buques por medios de maniobras adecuadas y estudiadas.

Con respecto al tipo de maniobra, se requiere elaborar pronósticos del tipo de navío para el diseño portuario, o en su defecto, establecer un tipo de navío como modelo para la planeación adecuada de las dársenas, asimismo, es necesario determinar el número de navíos, la ubicación de los muelles, disposición del terreno, fenómenos oceanográficos y otros tipos de condiciones naturales, que permitan obtener un panorama general adecuado a la región, que propicie la distribución óptima de las dársenas, su facilidad, y la tranquilidad interior.

Un óptimo sitio destinado para una dársena debe satisfacer las siguientes condiciones:

- a) Debe estar lo menos afectado por la acción del oleaje.
- b) El fondo del mar en esa zona (en caso de fondeo) debe ser apto para que el navío pueda anclar.
- c) Buena disposición de las boyas (en caso de fondeo por boyas).
- d) Debe ser una zona que esté libre de la fuerte acción del viento.
- e) Estar situada en una zona donde no afecte la navegación de otros navíos.
- f) En caso de que se tengan embarcaciones con carga peligrosas, estas deben tener un área separada de las de los navíos comunes.

En forma general tenemos 3 tipos de dársenas:

- a) Dársena de fondeo.
 - b) Dársena de atraque y desatraque.
 - c) Dársena de Ciaboga.
- a) La dársena para fondeo corresponde a una zona de aguas tranquilas, en la que los buques pueden anclar, debido a la falta o saturación de los muelles existentes, pudiendo-

esperar turno, ó bién cargar ó descargar en forma segura,-- sobre barcazas ó chalanes.

Esto es práctica común es Países como U.S.A., Ja-- pón, Holanda, Francia, etc..

En una dársena de fondeo por anclas, para mantener el navío en un lugar en el que recibe la acción del oleaje, del viento ó de las corrientes marinas, se aprovecha la -- fuerza de agarre de las anclas y el peso de las cadenas -- que se tiran ya sea desde la proa ó la popa del navío.

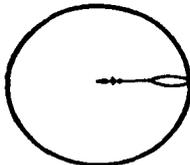
La longitud de la cadena del ancla, bajo las condi-- ciones de buen fondo marino, viento normal y corrientes mo-- deradas, es normalmente de 4-7 veces la profundidad en la-- dársena.

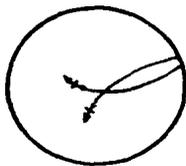
En la siguiente tabla vemos una relación de dife-- rentes radios para dársenas de fondeo:

U S O	TIPO DE FONDEO	ANCLAJE O VEL DE VIENTO	R A D I O
ESPERA FUERA DE LOS MUELLES O MANIPULACION DE C A R G A	FONDEO DE VIRAJE	ANC. CORRECTO	$L + 6 D$
		ANC. INCORRECTO	$L + 6 D + 30 \text{ m}$
	FONDEO CON DOS ANCLAS	ANC. CORRECTO	$L + 4.5 D$
		ANC. INCORRECTO	$L + 4.5 D + 25 \text{ m}$
FONDEO DURANTE TORMENTAS	---	VEL. VIENTO 20 m / Seg.	$L + 3 D + 90 \text{ m}$
		VEL. VIENTO 30 m / Seg.	$L + 4 D + 145 \text{ m}$

TABLE 4.C

(Anclaje correcto o incorrecto se refiere a las condi-- ciones del fondo) (D es la profundidad de la dársena) (L = eslora)





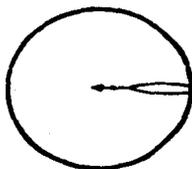
SISTEMA DE FONDEO CON DOS ANCLAS A PROA
FIG. 4.7

En el caso de tener un sistema de fondeo por boyas, la proa del navío debe estar paralela a la dirección del viento y a las corrientes.

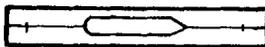
En la siguiente tabla tenemos radios para dár-senas de fondeo con boya o balizas.

TIPO DE FONDEO	AREA
UNA BALIZA	CIRCULO CON RADIO ($L+25m$)
DOBLE BALIZA	RECTANGULO CON UNA LONGITUD Y UN ANCHO ($L+50$) Y $L/2$ RESPECTIVAMENTE

TABLA 4. D



FONDEO CON UNA BALIZA
FIG. 4.8



FONDEO CON DOBLE BALIZA
FIG. 4.9

b) - DARSENA DE ATRAQUE Y DESATRAQUE

En el caso de dársenas de atraque, esta debe estar diseñada con la siguiente consideración; el área de dársena para amarre y desamarre, tiene que tener suficiente espacio para poder realizar estas operaciones con facilidad.

En base a esto en forma general la longitud recomendable para la dársena es de $L + E$, donde L es la eslora del navío y E la manga, y el ancho de ésta debe ser M (manga) más un espacio de maniobras (no determinado).

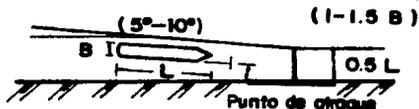
Existen también mas recomendaciones japonesas para casos de atraque, en presencia ó ausencia de vientos y corrientes:

En ausencia de vientos y corrientes, según el método de maniobra del navío frente a las instalaciones de amarre, se debe de tener un área tal como se indica a continuación;

1.- Amarre con proa a interior.

El método de amarre en el cual la popa del navío queda enfilada hacia el canal de navegación, se le conoce como "amarre con proa a interior". Si no tenemos la presencia de vientos ni corrientes, al dar marcha atrás el navío, la proa de éste se mueve hacia la derecha, por lo tanto el ángulo de entrada del navío será menor que el ángulo de atraque del lado izquierdo.

Normalmente un navío cuya hélice tenga el paso - - hacia la derecha, la proa tenderá a caer a babor, debido a esto la maniobra de atraque será mas sencilla por el costado de babor, conforme se muestra en las siguientes figuras:



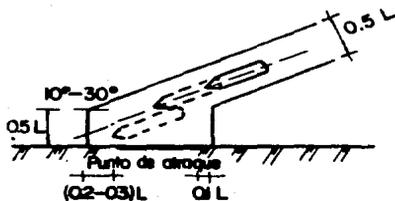
ATRAQUE DEL LADO DERECHO



ATRAQUE DEL LADO IZQUIERDO

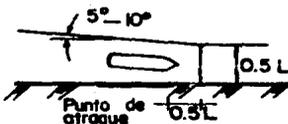
FIG. 4.10.b

En el caso de que el navío se vea afectado por vientos o corrientes, agregando un ángulo de deriva, obtenemos un área un poco más amplia, con objeto de poder efectuar las maniobras con la seguridad debida.



ATRAQUE DEL LADO IZQUIERDO

FIG. 4.11.a



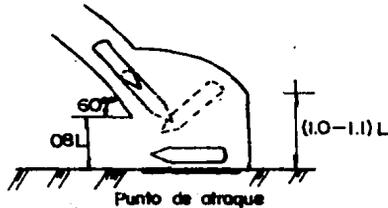
ATRAQUE DEL LADO DERECHO

FIG. 4.11.b

2.- Amarre con proa a exterior:

El método de amarre en el cual la proa del navío se ubica hacia el canal de navegación, se llama amarre con proa a exterior, en este método de amarre se aprovechan los

vientos ó corrientes que van de tierra a mar, no existiendo diferencia alguna entre el atraque del lado derecho e izquierdo.

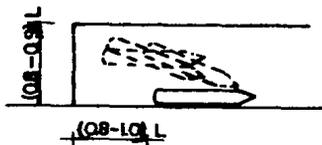


F I G . 4 . 1 2

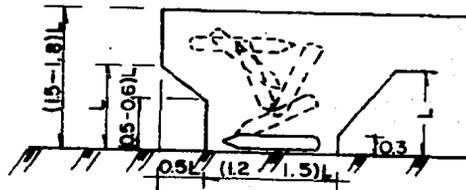
3.- Desatraque:

La maniobra necesaria para desatraque, en el caso de -- que no existan vientos ni corrientes marinas, es relativamente fácil, solamente se debe cuidar que el primer paso de la maniobra sea separar la popa del navío del muelle, con -- el objeto de que ésta no reduzca el efecto del timón.

Las dimensiones requeridas para ésta maniobra se -- muestran en las siguientes figuras:



F I G . 4 . 1 3 . a



F I G . 4 . 1 3 . b

En el caso de que el navío reciba el viento de tierra, la maniobra será parecida, sin embargo, cuando reciba la acción del viento del lado del mar, será necesario el -- uso de remolcador.

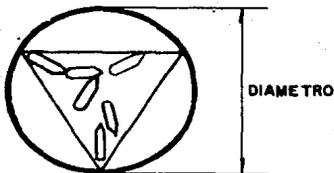
c).- DARSENAS DE CIABOGA

En el caso de una dársena de maniobra (la cuál se destina para que el navío pueda dar vuelta dentro del canal de navegación) se necesita un espacio mas amplio. En caso de -- que el navío de vuelta con propulsión propia, el radio recomendable es de 1.5 vez la eslora. Para el caso, de que necesite ayuda de remolcadores ó haga sus maniobras con ayuda de las anclas, el radio de dársena recomendado es de 1 eslora ó bien se puede basar en la siguiente tabla:

	G I R O	DIAMETRO DE DARSENA	OBSERVACIONES
DISPONIBILIDAD DE AREA	AUTO PROPULSADO	3L	
	REMOLCADO	2L	
AREA LIMITADA	AUTO PROPULSADO	APROX. 2L	UTILIZAR ANCLA CON PRESENCIA DE VIENTOS O CORRIENTES.
	REMOLCADO	APROX. 1.5 L	

T A B L A 4.E

El calado de la dársena debe darse en base al calado con carga completa del navío en estudio, tomándose en cuenta también el movimiento ocasionado por el oleaje, corrientes, etc. (ver tabla 4.f)



DARSENA DE MANIOBRAS

FIG. 4.14

PROFUNDIDADES ESTÁNDAR DE DARBENAS

Tipo de buque	Profundidad (m)	Tamaño de buque
Buque de pasajeros	5,0	Tonelaje bruto
	6,0	1.000
	7,5	3.000
	8,0	5.000
	10,0	10.000
	11,0	20.000
Buque de carga general	4,5	30.000
	5,0	Tonelaje de peso muerto
	5,5	700
	6,5	1.000
	7,5	2.000
	9,0	3.000
	10,0	5.000
	11,0	10.000
	12,0	15.000
	13,0	20.000
14,0	30.000	
Buque tanque	4,5	Tonelaje de peso muerto
	5,0	700
	5,5	1.000
	6,5	2.000
	7,5	3.000
	9,0	5.000
	10,0	10.000
	11,0	15.000
	12,0	20.000
	13,0	30.000
	14,0	40.000
	15,0	50.000
	16,0	70.000
	20,0	100.000
21,0	150.000	
22,0	200.000	
Buque transportador de minerales	9,0	250.000
	10,0	Tonelaje de peso muerto
	11,0	10.000
	12,0	15.000
	13,0	20.000
	15,0	30.000
	16,0	50.000
	18,0	70.000
20,0	90.000	
Buque transbordador	5,0	100.000
	5,5	150.000
	6,0	Tonelaje bruto
	6,5	1.000
	7,5	2.000
	8,0	3.000
		4.000
		6.000
		13.000

3.5.- RADIO DE CURVATURA EN EL CANAL DE ACCESO:

Un canal ideal estará libre de curvas. Esto raramente ocurre en rios y áreas portuarias donde la topografía requiere frecuentemente de cambios de dirección en el canal.

Las conclusiones generales de la 20^{va}. sesión de el-PIANC, con respecto a el alineamiento del canal de acceso, dicen que el canal deberá ser razonablemente recto y estará libre de curvas en S y perpendicular a la línea de playa, a menos que exista una dirección predominante causada por las tormentas.

Cuando un cambio de dirección es necesario en un canal, muchos navegantes prefieren una serie de tangentes -- cortas, conectadas por curvas cortas. Los resultados del - Congreso del PIANC, sugieren que para un ángulo (α) máximo de deflexión de 30° , la longitud de la tangente no será menor de 305 metros y el radio de curvatura no será menor de 914 mts.

La facilidad con la cual una curva larga pueda ser navegable, depende de él control de él navío.

Otro método que nos indica como calcular el radio de curvatura es el siguiente:

El radio de curvatura se puede obtener con la siguiente tabla

α	Radio mínimo R_0
$\leq 25^{\circ}$	$\geq 3L$
$25^{\circ} \leq 35^{\circ}$	$\geq 5L$
$\geq 35^{\circ}$	$\geq 10L$

TABLA 4.G

Existen también recomendaciones Japonesas, basadas en estudios que realizaron en los que nos indican para el diseño de curvas en dársenas se requiere que el ángulo de flexión (α) sea menor de 30° , como ángulo máximo de giro, o bien que el eje del canal tenga un radio de curvatura de por lo menos cuatro veces la eslora del barco de diseño.

Si se desea obtener el valor exacto del radio de curvatura, este se puede obtener de la siguiente manera:

$$R_1 = R_0 + \frac{W}{2}$$
$$R_2 = R_0 - \frac{W}{2} - \frac{L}{20}$$

donde:

R_1 = Radio de la curva exterior.

R_2 = Radio de la curva interior.

W = Ancho del canal.

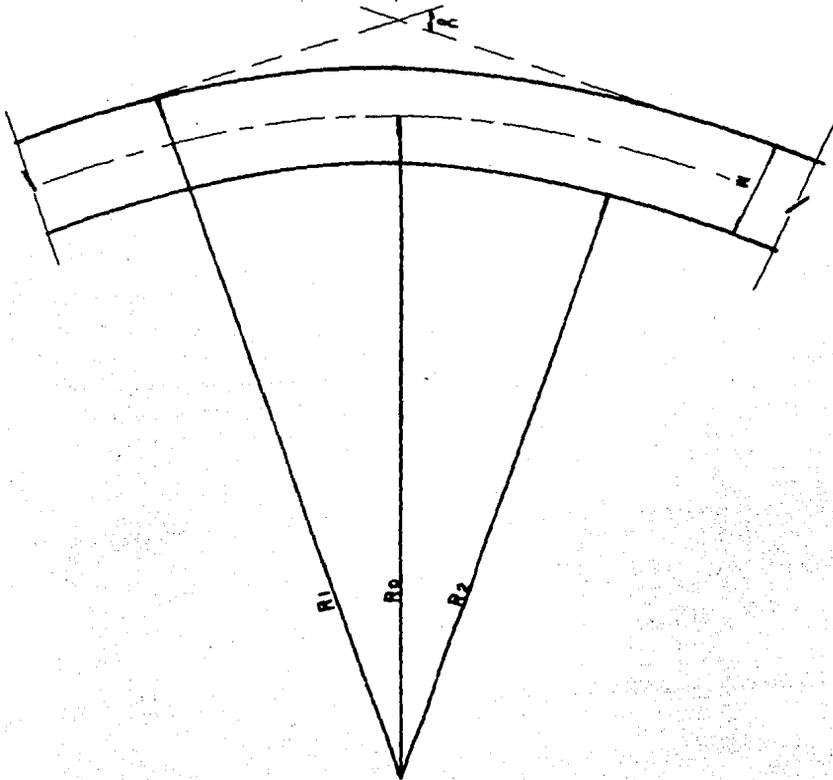


FIG. 4.15

IV.4.- AYUDAS A LA NAVEGACION.

El señalamiento marítimo es un apoyo fundamental para la navegación marítima, fluvial o lacustre. Las ayudas a la navegación son necesarias para poder efectuar la salida de la nave su trayecto y arribo al punto de destino con todo éxito; proporcionan al navegante los medios para conducir su nave por lugares libres de peligro en las entradas y salidas a Puertos, y también los elementos indispensables para que pueda determinar en cualquier momento su situación geográfica. Estas ayudas a la navegación marítima son un sistema compuesto por diferentes tipos de señales: ópticas, acústicas y radioeléctricas, con auxiliares como: cartas náuticas, portulanos y radiocomunicación.

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 al buque a su destino con un riesgo mínimo de colisión o escallamiento en su camino.

Para las autoridades de Señalamiento Marítimo, significa proporcionar las señales anunciadas que permitan que los buques en la navegación trasatlántica, costera y en los Puertos puedan usar las señales eficientemente y con seguridad durante las 24 horas del día.

Para los propietarios de embarcaciones, esto le asegura que podrá emplear sus embarcaciones con utilidad o la seguridad que requiere, ya que de otra manera serían demasiadas riesgosas sus inversiones.

4.1.- Importancia de la marcación 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 parar en los bajos y bancos sumergidos que rodean la 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, quién 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 deseable que en las proximidades de los puertos se tomen medidas con mayor 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.

El sistema diseñado para canales de navegación sirve para indicar lo siguiente:

- a) Los límites laterales de los canales de navegación.
- b) Los peligros naturales y otros obstáculos tales como naufragios.
- c) Otras zonas o configuraciones importantes para navegantes.
- d) Los peligros nuevos.

4.2.- Tipos de Marcas:

El sistema de Señalamiento Marítimo con boyas comprende 5 tipos de marcas que pueden emplearse combinadas:

1.- Las marcas laterales cuyo empleo está asociado al de un sentido convencional de señalamiento generalmente utilizadas para canales bien definidos, estas marcas indican los lados de babor y estribor de la ruta a seguir. Cuando un canal se divide, puede utilizarse una marca lateral modificada para indicar la ruta preferida. Las marcas laterales

difieren en las regiones A y B (se utilizan dos tipos de marcas, según la región "ver plano").

2.- Las marcas cardinales usadas en conjunto cuyo empleo está asociado con el compás marino para indicar donde puede el navegante encontrar aguas navegables, estas marcas no son utilizadas en la República Mexicana.

3.- Las marcas de peligro aislado, para señalar los peligros aislados de extensión limitada alrededor de los cuales las aguas son navegables.

4.- Las marcas de aguas navegables para indicar que en torno a ellas las aguas son navegables, por ejemplo: marcas de medio canal y boyas de recalada.

5.- Las marcas especiales que no tienen por objeto principal el de ayudar a la navegación, sino indicar una zona o configuración mencionada en los documentos náuticos.

El significado de la marca depende de uno ó más de los aspectos siguientes:

- a) De noche - color y ritmo de la luz.
- b) De día - color, forma o marca de tope.

Hay dos regiones internacionales de señalamiento A y B, en las cuales difieren las marcas laterales. La República Mexicana se encuentra en la región "B".

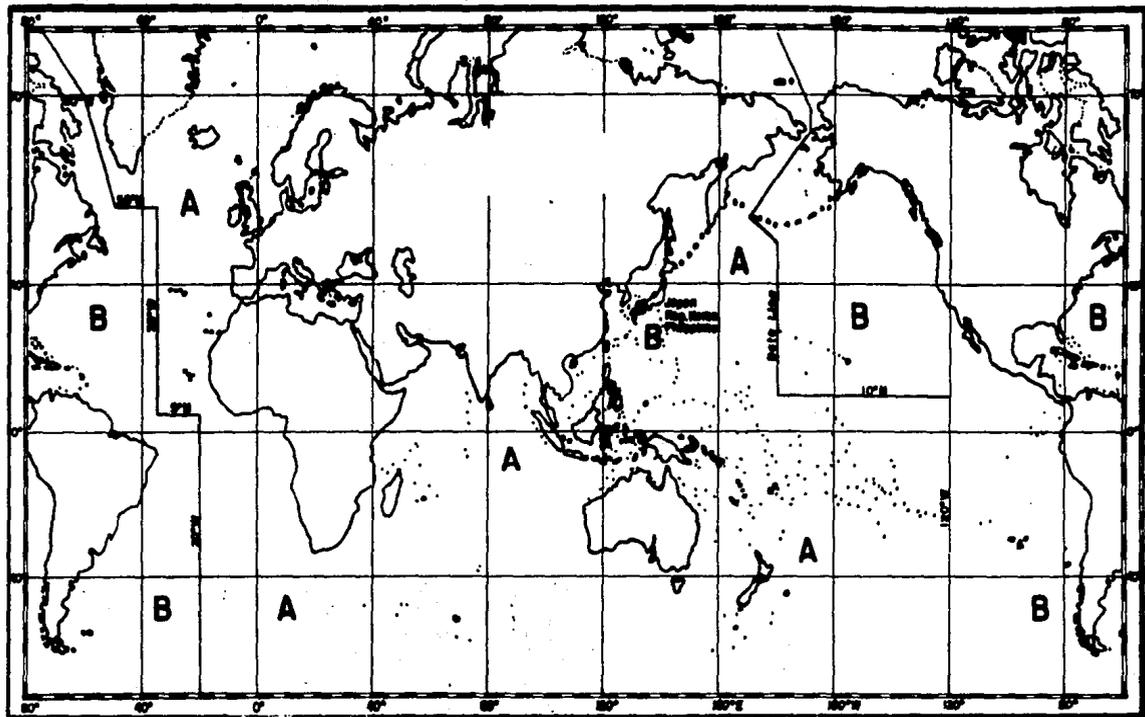


FIG. 4.16

- Marcas Laterales:

La definición de el sentido convencional de señalamiento en boyas que debe de estar indicado en los documentos náuticos apropiados, puede definirse en una de las -- dos formas siguientes:

a) La dirección general seguida por el navegante - que viene de altamar cuando se aproxima a un puerto, a un estuario, ó cualquier otra vía navegable.

b) La dirección determinada por las autoridades -- competentes después de consultar cuando sea apropiado con las Países vecinos. En principio esta dirección debe seguir la de las manecillas del reloj alrededor de los continentes.

- Marcas Cardinales:

La definición de cuadrantes y marcas cardinales es como sigue:

1.- Los cuatro cuadrantes (Norte, Sur, Este, y-Oeste) están definidos por sus marcaciones verdaderas NW-SE, SE-SW, SW-NW.

2.- Una marca cardinal se denomina después del cuadrante en el cual está colocada.

3.- El nombre de una marca cardinal indica que puede ser pasada hacia el lado nombrado de la marca.

Una marca cardinal puede usarse por ejemplo:

Para indicar que las aguas más profundas en el área están en el cuadrante que tiene el nombre de la marca.

Para indicar el lado seguro por el cual pasar - un peligro.

Para atraer la atención hacia una configuración en el canal, como un codo, una influencia, una bifurga- - ción o la extremidad de un barco.

- Marcas de Peligro Aislado:

Una marca de peligro aislado es una marca erigida o fondeada sobre un peligro aislado rodeado de aguas navegables.

- Marcas de Aguas Navegables:

Las marcas de aguas navegables sirven para indicar que hay aguas navegables alrededor de ellas; otras incluyen las marcas que definen los ejes de los canales y las marcas de centro de canal. Pueden utilizarse también para indicar una recalada. Cuando esta no se indique con una marca lateral o cardinal.

- Marcas Especiales:

Estas marcas no tienen por objeto principal ayuda a la navegación sino que indican una zona especial o una configuración mencionada en los documentos náuticos apropiados, por ejemplo:

a) Marcas de separación de tráfico, donde el uso del señalamiento convencional de un canal puede prestarse a confusión.

b) Marcas para indicar zonas de depósito de materiales.

c) Marcas para indicar zonas de ejercicios militares.

d) Marcas para indicar cables o tuberías submarinas.

e) Marcas para indicar zonas de recreo.

- Definición de Peligros Nuevos:

El término "peligro nuevo" se usa para describir los obstáculos descubiertos recientemente que aún no están indicados en los documentos náuticos. Los peligros nuevos incluyen los obstáculos naturales como bancos de arena, escollos o aquellos resultantes de la acción humana como los naufragios.

- Balizas de Situación:

Las balizas de situación, se colocan generalmente en puntos de las obras marítimas de los puertos que deben hacer notar al navegante para garantizarle el movimiento seguro de su embarcación. Así las encontramos en los extremos de los rompeolas y escolleras para señalar las entradas a los antepuertos, en los extremos de los muelles, en los duques de alba, etc.

- 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 aguas interiores.

Estas luces no se colocan a distancia ni alturas arbitrarias; pues deben ser formadas por un juego de 2 balizas, la posterior mas alta que la anterior con un porcentaje de potencia mayor y ritmo de destellos diferentes.

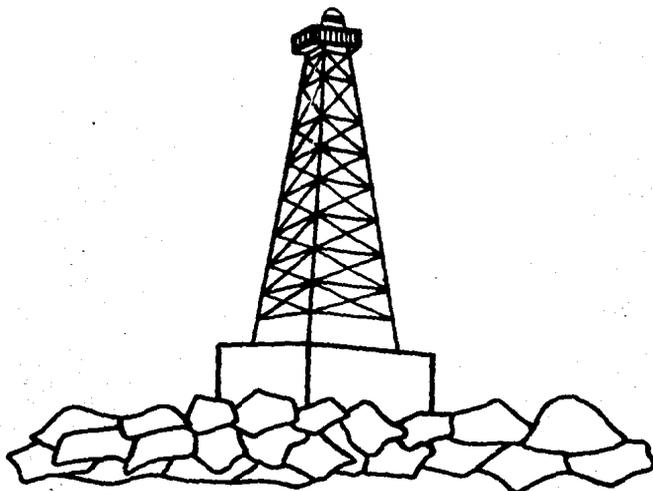
Estas luces deben de cumplir con los siguientes requisitos:

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.

Se recomienda preveer en los soportes de luces, miras de día con el fin de facilitar la navegación de día.

La forma y el color de las miras depende de las reglas vigentes para el balizamiento. Su dimensión será -- siempre lo mayor posible para ver bien visible. (en principio 2.5 m. como altura mínima).



BALIZA DE ENFILACION

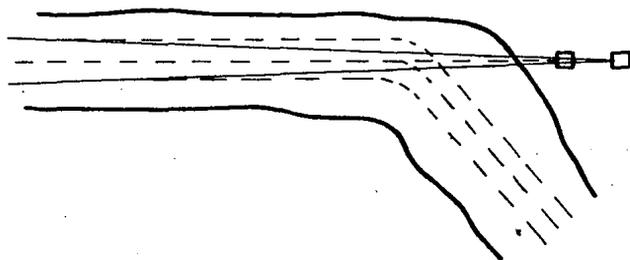
FIG 4.17



- P FARO GIRATORIO
- B₁, B₁₂ BOYAS LUMINOSAS
- B₃, B₇, B₁₂ BOYAS DE CAMBIO DE DIREC.
- B₁, B₂, B₄
- B₆, B₈, B₉
- B₁₀, B₁₁ BOYAS DE SEÑALAMIENTO DEL CANAL
- A, A BALIZAS DE ENFILACION

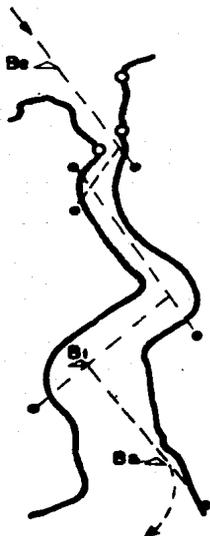
SEÑALAMIENTO DE UN CANAL COSTERO CON ESTUARIO DANDO ACCESO A UN PUERTO

FIG. 4.18



LUCES DE ENFILACION

FIG. 4.19



- O Marcos laterales
- B_e Bolla de entrada
- B₁ B₂ Bolas luminosas
- Balizas de enfilación

SEÑALAMIENTO DE UN CANAL DE ENTRADA
A UN PUERTO
FIG. 4.20

IV.4.3.- Reglas dadas por el comité CIERGNA del PIANC referentes al diseño óptimo de los canales de acceso:

- 1.- El trazado debe ser tan rectilíneo como sea posible.
- 2.- Una sola curva es preferible a una sucesión de pequeñas curvas afines si el canal está claramente balizado.
- 3.- Las líneas derechas intermedias entre las curvas deben ser de una longitud igual a por lo menos 10 veces la longitud del barco mas grande en la medida de lo posible.
- 4.- El canal debe seguir las principales corrientes - tanto como sea posible para minimizar los efectos de las corrientes transversales.
- 5.- Cuando los barcos mas grandes entran en el puerto con marea alta deben hacer frente en la medida de lo posible a las corrientes.
- 6.- Para la maniobrabilidad de un barco que está sujeto a la influencia de las corrientes transversales o los vientos, es deseable que el ángulo de deriva no exceda de 10° a 15° , al menos ahí donde se espera encontrar situaciones que causen problemas de navegación difícil, teniendo en cuenta la velocidad mínima de los grandes barcos que enfilan el canal.
- 7.- Son aceptables pequeñas modificaciones del curso en largos intervalos, siguiendo las corrientes naturales, si las ayudas a la navegación (fiabes), permiten un control riguroso de los movimientos y de las posiciones de los barcos. Si son inevitables grandes cambios del curso, las curvas del canal deberán permitir un desplazamiento radial. Sin embargo, los desplazamientos radiales piden - que las curvas del canal estén bien balizadas de manera que el control de la posición sea posible - sin perder el tiempo en las localizaciones. Las -

curvas deberán tener un radio de al menos 5 veces la longitud del barco más grande, y preferentemente 10 veces más.

- 8.- Los pasajes estrechos (puentes, etc.), sobre la ruta de los canales necesitan una línea de dirección bastante rectilínea y balizada de una longitud igual o por lo menos 5 veces la del barco más grande, por lo dos lados.
- 9.- En la práctica, en cada canal hay un punto llamado "Punto -- sin retorno" en el que más allá de aquel punto un barco no puede pararse, dar marcha atrás o salir del canal y debe continuar su ruta hasta el puerto. El punto sin retorno debe -- estar lo mas cerca posible de la entrada del puerto, previendo el largo del canal, zonas de salida por donde un barco -- dañado o con averías pueda dejar el pasaje o un ensanchamiento del canal.

V.- ANALISIS DE LA INFORMACION DISPONIBLE DE LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SINALOA.

V.1.- LOCALIZACION

V.2.- ANTECEDENTES ECONOMICOS

2.1.- USO DEL SUELO DE LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO

2.2.- POBLACION

V.3.- CONDICIONES FISICAS

3.1.- VIENTOS

3.2.- CORRIENTES

3.3.- OLEAJE

3.4.- MAREAS

V.4.- DEFINICION DE LOS PLANOS DE REFERENCIA USADOS EN LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO

V.1.- LOCALIZACION:

La bahía de Topolobampo se encuentra localizada en el Golfo de California, al noroeste del Estado de Sinaloa, - entre las bahías de San Ignacio y Navachiste. Sus coordenadas geograficas son: 25° 36' de latitud norte y 109° 04' de longitud Oeste.

La bahía de Topolobampo se encuentra limitada al Oeste por una barra arenosa, al Norte por una serie de marismas, al Sur por la Sierra de San Ignacio y al Este por la bahía de Ohuira. Esta última bahía se encuentra comunicada con la bahía de Topolobampo por una estrecha garganta donde se localiza precisamente el Puerto de Topolobampo.

La barra sumergida tiene forma de abanico, y se extiende desde Punta Copas al Sureste, hasta Punta Santa María al Noroeste, esta barra tiene una longitud aproximada de 4 kms., con tirantes del orden de 3 mts., interrumpe - la salida al mar, del canal interior, que extendiéndose hacia el puerto por la zona Sur de la bahía, cambia de -- rumbo hacia el Noroeste en la confluencia con el canal de Lechuguilla, para tomar una dirección SW, con salida por la punta de Santa María.

Debido a esto, y después de diversos estudios, se dragó un "Canal Experimental", que a la fecha constituye el canal de acceso al puerto, este canal requiere periodicamente de dragados de mantenimiento.

V.2.- ANTECEDENTES ECONOMICOS:

Desde el punto de vista económico, el Puerto de Topolobampo cuenta con un hinterland que se extiende en la zona de:

Sinaloa -----	Parte central y Norte.
Sonora -----	Parte Sur
Chihuahua-----	En toda su extensión.
Durango -----	La parte noroeste

Coahuila ----- La parte noroeste

El área del hinterland es del orden de 300,000 - Km², y sirve a una población aproximada de 2'500,000 habitantes. Este hinterland, está drenado por los ferrocarriles del Pacífico, en su frente costero, y en su parte interna por el Chihuahua-Pacífico, además de la carretera internacional No. 15, México,-Nogales, lo más importante es que se encuentra en la región agrícola del Noroeste del País, que tiene una potencialidad ya comprobada, por contar aproximadamente con dos millones de hectareas laborables, y con las obras de irrigación del Valle del Fuerte, es por esto que el Puerto de Topolobampo tiene gran prioridad para desenvolverse como Puerto de altura.

Actualmente el Puerto funciona solamente como - - Puerto de cabotaje, siendo su movimiento de carga en el año de 1980, como sigue:

	ALTURA	CABOTAJE (TON)
EXPORTACION	—	Salidas: 168,632
IMPORTACION	—	Entradas: 92,510

TABLA 5.1.A

V.2.1.- USO DEL SUELO DE LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SINALOA.

Desde el punto de vista urbano, en la actualidad, el área ocupada, corresponde a 35.15 hectareas, las cuales se reparten de la siguiente manera:

USO:	SUPERFICIE (Hac)	% del suelo ocupado
HABITACIONAL	23.55	67
COMERCIAL Y SERVICIOS	1.05	3
ESPACIOS ABIERTOS (Recreacion)	0.00	0
ESPACIOS ABIERTOS (Manglares)	1.75	5

T A B L A 5.1.8

El Puerto de Topolobampo, se encuentra a la orilla de la Bahía del mismo nombre, con una concentración urbana que habita preferentemente en los cerros del Chivero, Vigía y Rodadero, los cuales muestran en su topografía, pronunciadas pendientes que han propiciado una falta de planeación, por este concepto, además de que la población de Topolobampo, está regida por la Sindicatura, que no ha sido capaz de lograr un ordenamiento urbano adecuado. Por otra parte, considerando que el Puerto de Topolobampo fué creado en función de sus riquezas pesqueras, y al no existir, un fondo legal, los pobladores, fueron construyendo la habitación en el sitio que consideraron adecuado para ellos.

En virtud de que la población está limitada por -- aguas de la bahía y zonas bajas, la tendencia del crecimiento se presenta sobre los mismos cerros.

De acuerdo con estudios realizados, se menciona -- que la falta de planeación motivó la alta densidad de población de 234 habitantes por hectarea, sobre el cerro -- del Chivero, y de 90 habitantes por hectarea en el Vigía y Rodadero, datos recopilados hasta el año de 1980. Cabe mencionar, que en 1960, la superficie aproximada que ocupaba la población, tenía un área de 18 hectareas, con -- una población de 2,116 habitantes, y que para 1970, la -- extensión habitada correspondía a 28 hectareas, y 4,685 -- habitantes, incrementándose esta cantidad en 1980, a --

8000 habitantes y se espera que en el presente año (1986), llegue aproximadamente a 10,000 habitantes.

V.2.2.- POBLACION:

La población tuvo hasta el año de 1960, un incremento muy lento, duplicándose en los 10 años siguientes, para -- 1978, la población era de 6,500 habitantes.

Estos incrementos en el número de habitantes reflejan el crecimiento del potencial del trabajo creado por la actividad pesquera, propia del puerto.

Por lo general, los habitantes del Puerto, al aumentar su nivel de ingresos, automáticamente emigran hacia la ciudad de los Mochis, en busca de mejores servicios que -- los que se encuentran en Topolobampo.

La población importante está formada en su mayoría -- por pescadores, o por aquellas personas, que por alguna otra forma, se ligan a la pesca.

Desde el punto de vista del uso del suelo, se puede-- observar, que el Recinto Portuario existente, es sumamente pequeño, y que está constituido por la ribera, que partien-- do del Muelle Fiscal, recorre la falda Sur del cerro del -- Chivero, el pedraplen que une a este con Isla Gallinas, y -- toda la Isla Gallinas. La zona federal delimitada, bordea-- los cerros del Baviri, Panal, La Chata, Iturbe, Jabali, Ro -- dadero y del Vigía, hasta llegar nuevamente al Muelle Fis-- cal.

Existen playas turísticas factibles de explotar más -- intensamente en el medano blanco, y en la marisma que se -- localiza entre el cerro del Panal y Baviri, lugar hasta -- donde llega la carretera que entronca en el camino Los Mo-- chis-Topolobampo. Existe otra zona marcada como Isla Verde, y la zona del cerro del Zacate y del Estero del Caiman, -- que son factibles de relleno, tanto para usos industriales como para el desarrollo de un puerto industrial, que aproveche la localización estratégica de la bahía de Topolobam-- po, que tiene canales de navegación cercanos a estas áreas

con propundidades hasta de 10 mts., y con la factibilidad de dragados para permitir el paso de embarcaciones mayores.

V.3.- CONDICIONES FISICAS:

Dentro de la morfología de la zona, se consideran como factores primordiales en su formación, los efectos del -- río Fuerte, los vientos, los oleajes, las mareas y las co rrientes que estos originan.

Antiguamente la costa se encontraba atrás de su posición actual y por efectos volcánicos emergió la Sierra de San Ignacio, formando una pequeña península.

El río Fuerte vertía sus aguas en el mar al Noroeste de Topolobampo, formando un delta, que posteriormente al azolverse por la emigración del río Fuerte hacia el Norte, formó con los sedimentos movidos por la acción del oleaje y de las corrientes de marea en su desembocadura, una barra que limita la bahía del Colorado y el estero de lechuguilla. Esta barra de Sta. María, es el islote de Sta. Ma ría, es la iniciación de la barra sumergida, que impide - el acceso a Topolobampo y se extiende hasta unirse con -- punta copas.

De estudios granulométricos y mineralógicos, se ha concluido que la fuente de aporte del material sólido, es tá formado por materiales de la zona del delta sumergida del río Fuerte, y que por la acción del oleaje, corrientes, mareas y vientos, forman la barra mencionada.

V.3.1.- VIENTOS:

Se realizó una investigación en las diferentes de-- pendencias que pudieran proporcionar la información de -- los vientos que se presentan en la zona.

En 1965, la Dirección General de Obras Marítimas, - proceso datos obtenidos en el año de 1961, confirmando -- que los vientos para el período considerado eran:

Reinantes del WNW
Dominantes del WNW

y que también las velocidades máximas se presentaban con la misma dirección. En el período de 1964, los vientos se distribuían en la siguiente forma: Los reinantes y dominantes se presentaban con la dirección SW, los de mayor presión con la dirección SE. Seguramente las diferencias entre los datos del año de 1961 y de los años 1964- y 1965, se debieron a la presencia de ciclones en la zona.

La Secretaría de Marina, para el período 1973-75,-- realizó los diagramas de Lenz, que se encuentran en la - fig. (5.2) con la siguiente distribución:

Reinantes NW
Dominantes NW

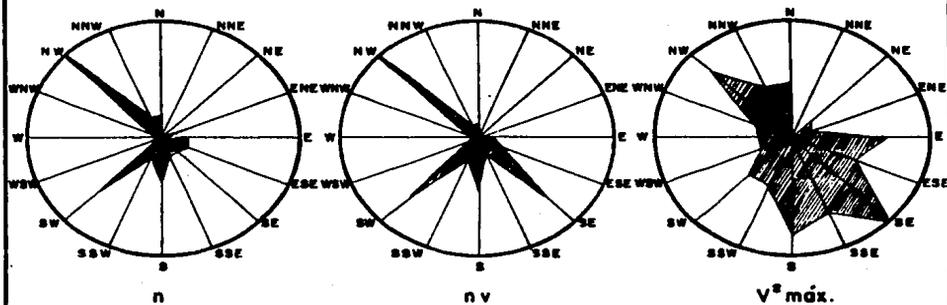
De una recopilación de datos que se hizo de la S.A.- R.H., en la estación localizada en Topolobampo, Sinaloa, para el período de 1977 a Noviembre de 1979, que comprenden de 2 años con dos observaciones diarias a las 8:00 y a las 14:00 horas.

El procesamiento de los datos para formar el diagrama de Lenz, que se presenta, corresponde a 1495 observaciones, obteniéndose los siguientes resultados:

Reinantes	NW	
Dominantes	NW	V = 3.15 m/seg.
V ² max	SE	Vmax = 12 m/seg.

ESTUDIO DE VIENTOS

Z O N A : TOPOLOBAMPO, SIN.
ESTACION : A N U A L. 1978-1979.



	N	NNE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
n %	4.30	0.55	3.62	1.30	4.16	4.76	3.75	3.89	8.26	4.03	13.88	1.16	1.09	1.64	21.09	4.18
n v	8.43	0.73	5.76	1.47	8.85	13.82	45.84	9.87	28.91	13.40	46.62	1.01	1.14	3.24	66.40	0.61
v máx.	8.50	2.00	5.50	8.00	10.00	8.50	12.00	10.00	11.00	8.00	8.00	6.00	6.00	6.50	11.00	2.90
v² máx.	72.25	4.00	30.25	64.00	100.00	72.25	144.00	100.00	121.00	64.00	64.00	36.00	36.00	42.25	121.00	72.25

FUENTE :

FIG. 5.2

Como se puede observar, los vientos reinantes y dominantes que se presentan en Topolobampo, corresponden al -- cuatro cuadrante, los de mayor presión al segundo cuadrante, con una velocidad de 43.2 Km/h (23.3 nudos). Dentro de las áreas elegidas para la construcción de la zona de -- transbordadores, los vientos del Noroeste no penetran en -- forma franca, por encontrarse protegida el área por los ce rros de la chta e Iturbe. Contra los vientos del Suroeste -- en la zona comprendida entre la Isla Gallinas y el cerro -- del Chivero, los cerros que circundan la bahfa de Topolo -- bampo, que corresponden a la Sierra de San Ignacio, dan -- completa protección al puerto.

V.3.2.- CORRIENTES:

En el año de 1980 la Secretaría de Pesca realizó la medición de corrientes en un punto estratégico dentro de --

la zona de Topolobampo, frente a Isla Gallinas.

Esta medición fué realizada desde una embarcación fondeada en este lugar, y por medio de flotadores con pañtalla de 1 metro de profundidad, sujetos a un cordel, se realizó la medición de corrientes superficiales, utilizando cronómetros, brújulas y tres embarcaciones.

La medición se realizó durante 24 horas continuas, a cada media hora, desde las 9:00 horas de la mañana del día 1ro. de Diciembre, hasta las 9:00 horas de la mañana del día 2 del mismo mes (1980).

El procedimiento se realizó de la siguiente manera: se depositaba el flotador en la superficie del agua, y se dejaba libre para que la corriente lo arrastrara por un lapso de 60 seg., se media el tiempo con el cronómetro, y la distancia del cordel tirante, por medio de una cinta -- antes de sacar el flotador se obtenía el rumbo con una brújula, se retiraba el flotador del mar, y se hacían las anotaciones de la hora y la distancia recorrida en el lapso de 60 seg., se anotaba el rumbo del flotador, su velocidad y el estado de la marea llenante o vaciante. Con las mediciones se realizó una tabla que indica; hora, tiempo en segundos, metros recorridos, dirección, el cálculo de la velocidad, estado de la marea y observaciones del viento.

El efecto de la velocidad en la navegación se considera de poca importancia por su rango tan bajo, lo cual nos indica que las embarcaciones no tendrán problemas de deriva en la zona del canal de navegación. Los resultados de esta campaña de mediciones se muestran en la tabla 5.c y fig. 5.3.

MEDICION DE CORRIENTES, CON FLOTADORES CON PANTALLA A 1.00M
 PROFUNDIDAD, LOCALIZADO ENTRE ISLA GALLINAS E ISLAS VERDES.-
 LOS DIAS 1 y 2 DE DICIEMBRE DE 1979.

Hora	Tiempo en segundos.	Metros \pm corridos	Dirección	Veloc. M/seg.	Observaciones.
9.00	60	5.60	S 15 E	0.09	Vaciante, Viento
9.30	60	4.00	S 30 E	0.07	" "
10.00	60	4.80	S 30 E	0.08	" "
10.30	60	4.80	S 30 E	0.08	" "
11.00	60	4.80	S 30 E	0.08	" "
11.30	60	5.60	S 35 E	0.09	" "
12.00	60	6.00	S 12 E	0.10	" "
12.30	60	5.60	S 35 E	0.09	" "
13.00	60	5.15	S 20 E	0.09	" "
13.30	60	3.50	S 44 E	0.06	" "
14.00	60	3.00	S 35 E	0.05	" "
14.30	60	1.00	S 05 E	0.02	" "
15.00	60	1.00	S 05 E	0.02	" "
15.30	60	1.00	S 64 E	0.02	" "
16.00	60	3.00	S 30 E	0.05	" "
16.30	60	5.00	N 15 E	0.08	Lienante
17.00	60	5.80	N 20 E	0.10	" "
17.30	60	7.10	N 05 E	0.12	" "
18.00	60	7.40	N 10 E	0.12	" "
18.30	60	8.70	N 10 E	0.15	" "
19.00	60	10.00	N 20 E	0.17	" "
19.30	60	10.00	N 20 E	0.17	" "
20.00	60	7.20	N 20 E	0.12	" "
20.30	60	5.20	N 10 E	0.09	" "
21.00	60	3.80	N 10 E	0.06	" "
21.30	60	2.60	N 35 W	0.04	" "
22.00	60	3.50	N 30 E	0.06	" "
22.30	60	5.50	S 30 E	0.09	Vaciante
23.00	60	5.00	S 15 E	0.08	" "
23.30	60	2.00	S 30 E	0.03	" "
0.00	60	4.00	S 10 W	0.07	" "
0.30	60	4.00	S 10 E	0.07	" "
1.00	60	3.10	S 10 E	0.05	" "
1.30	60	2.90	S 10 E	0.04	" "
2.00	60	1.50	N 10 E	0.03	Lienante
2.30	60	2.80	N 15 E	0.04	" "
3.00	60	1.00	N 15 E	0.02	" "
3.30	60	1.80	N 60 E	0.03	" "
4.00	60	4.00	N 10 E	0.07	" "
4.30	60	4.20	N 10 E	0.07	" "
5.00	60	4.20	N 10 E	0.07	" "
5.30	60	7.20	N 10 E	0.12	" "
6.00	60	5.90	N 13 W	0.09	" "
6.30	60	3.90	N 10 E	0.07	Calma
7.00	60	7.00	N 10 E	0.12	" "
7.30	60	5.00	S 10 E	0.08	" "
8.00	60	5.00	N 10 E	0.08	" "
8.30	60	4.00	N 20 W	0.07	" "
9.00	60	4.00	N 20 W	0.07	" "

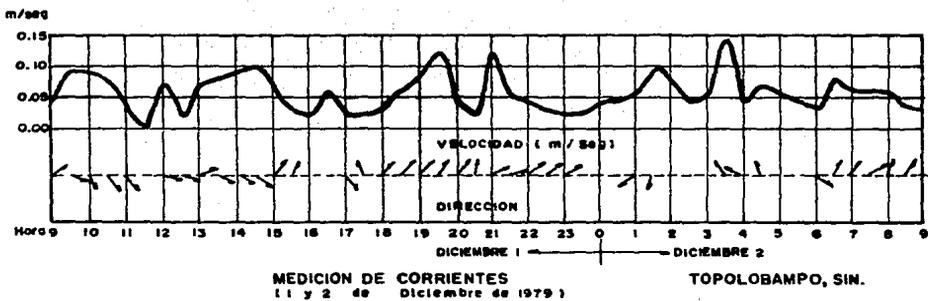


FIG. 5.3

V.3.3.- OLEAJE:

Existen dos tipos de oleaje que inciden sobre la costa, el primero es el formado por olas que llegan del SW -- con períodos de 15 a 20 segundos, incidiendo sobre la barra de punta Copas, con ángulos pequeños. El segundo de -- WNW formado por olas de características variables y períodos cortos de 3 a 5 segundos, que se forman en el propio Golfo de California, y que deben su irregularidad, necesariamente a la cercanía de la zona donde se generan.

La barra de la bahía de Topolobampo, por su localización dentro del Golfo de California, está sometida a la acción de oleajes del NW, W, SW y S.

De los estudios estadísticos de oleaje, se observa -- que para la zona portuaria y áreas de agua aledañas, las -- condiciones de viento NW, WNW, y N, el oleaje tiene como -- máximo, una altura de 0.25 mts. que incide sobre el viaduco Chivero-Isla Gallinas, sin causar molestias a las embarcaciones fondeadas en el área; para la zona entre el muelle de altura y productos pesqueros, el oleaje practicamente no existe.

De observaciones realizadas, durante el período de -- Octubre, Noviembre y Diciembre de 1980, no se observó a pesar de los vientos del NW, que se formara oleaje en la parte Norte de Isla Gallinas, superior a 0.20 m. de altura, -- para la zona Sur del área, entre Isla Gallinas y el cerrodel Chivero, las condiciones eran semejantes.

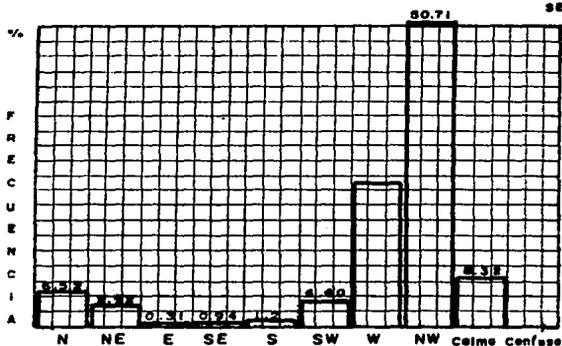
De un estudio estadístico de oleaje realizado por el Depto. de Pesca, se formaron las siguientes tablas estacionales: Primavera, Verano, Otoño, Invierno y la Anual, las cuales se muestran en las figs. Nos. 5.4 a 5.8

ESTUDIO ESTADISTICO DE OLEAJE

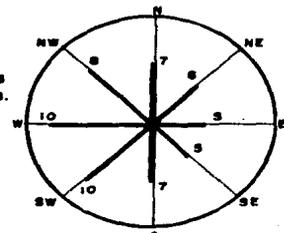
Z O N A : BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SIN.

ESTACION : INVIERNO

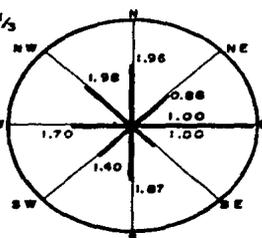
ESTADO :



$T \frac{1}{3}$
SEG.



$R \frac{1}{3}$
M



FUENTE: OCEAN WAVES STATISTICS

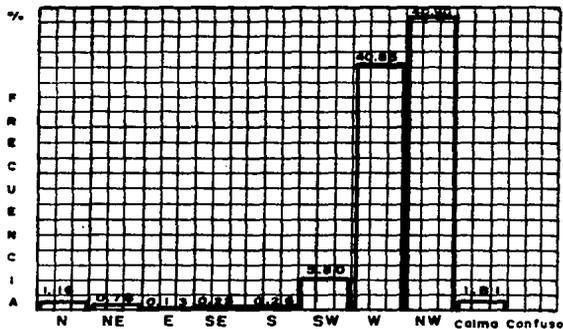
FIGURA N° 5.4

ESTUDIO ESTADISTICO DE OLEAJE

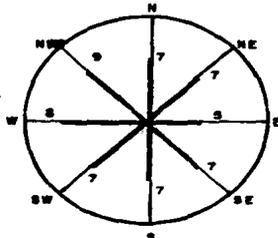
Z O N A : BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SIN.

ESTACION : PRIMAVERA

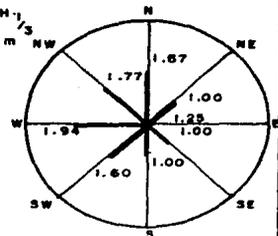
ESTADO :



$T \frac{1}{3}$
SEG.



$R \frac{1}{3}$
M



FUENTE: OCEAN WAVES STATISTICS

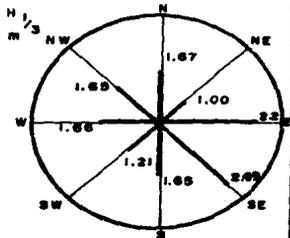
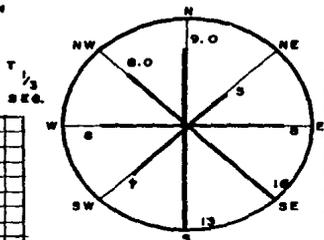
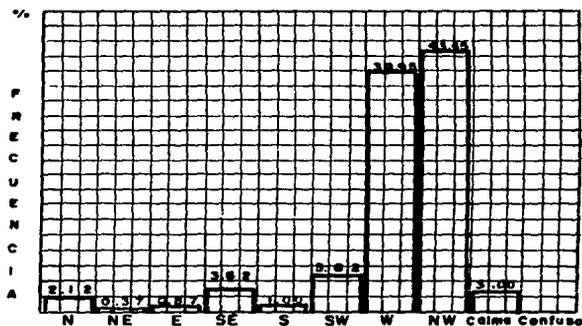
FIGURA N° 5.5

ESTUDIO ESTADISTICO DE OLEAJE

Z O N A : BAHIA DE TOPOLOBAMPO SIN

ESTACION : VERANO

ESTADO :



FUENTE: OCEAN WAVES STATISTICS

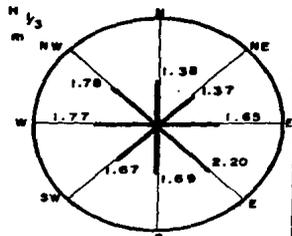
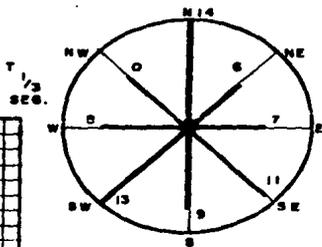
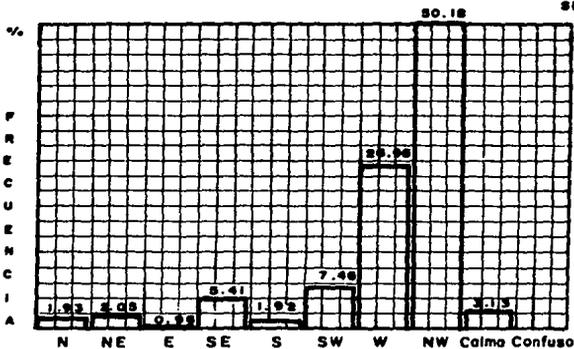
FIGURA N° 5.6

ESTUDIO ESTADISTICO DE OLEAJE

Z O N A : BAHIA DE TOPOLOBAMPO. SIN.

ESTACION : OTOÑO

ESTADO :



FUENTE: OCEAN WAVES STATISTICS

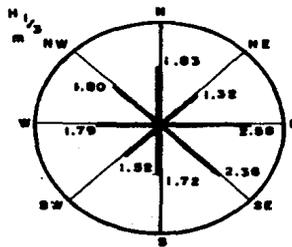
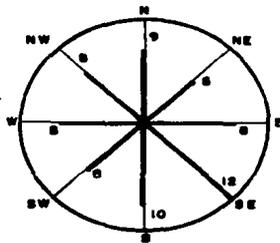
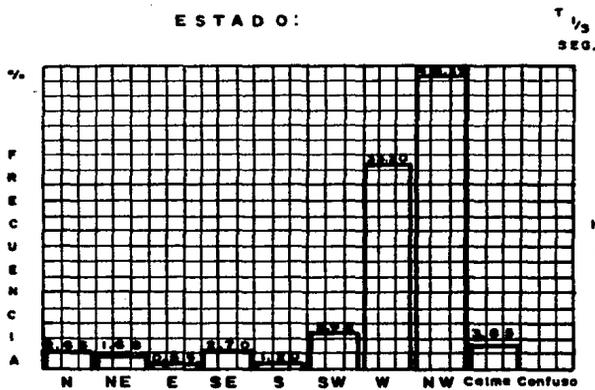
FIGURA N°. 5.7

ESTUDIO ESTADISTICO DE OLEAJE

Z O N A : BAHIA DE TOPOLOSAMPO, SIN.

ESTACION : ANUAL

ESTADO :



FUENTE: OCEAN WAVES STATISTICS

FIGURA N° 6.8

V.3.4.- MAREAS:

Las mareas que se presentan en el Golfo de California, generalmente son mixtas semidiurnas, y son las mismas que se presentan en la Bahía de Topolobampo.

El Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., tiene instalado un mareógrafo, en el cual se publican anualmente las tablas de predicción de mareas, señalando las horas en que ocurren las pleamares y bajamares.

Los diferentes planos referidos al nivel medio del mar, y referidos al nivel de bajamar media inferior, se enlistan a continuación:

PLANOS DE MAREAS	REFERIDOS AL:	
	N.M.M. (m)	N.B.M.I. (m)
PLEAMAR MAXIMA REGISTRADA	1.149	1.759
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	0.528	1.138
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	0.421	1.031
NIVEL MEDIO DEL MAR	0.000	0.610
NIVEL DE MAREA MEDIA	0.004	0.614
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	- 0.412	0.202
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	- 0.610	0.000
BAJAMAR MINIMA REGISTRADA	- 1.228	0.618

T A B L A 3 - D

V.4.- DEFINICION DE LOS PLANOS DE REFERENCIA UTILIZADOS EN LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SINALOA.

Altura máxima registrada:

Nivel más alto registrado en la estación, por efectos de algún Tsunami ó Ciclón.

Pleamar máxima registrada:

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

Nivel de pleamar media superior:

Promedio de la más alta de las dos pleamares diarias, durante el período considerado en cada estación.

Nivel de pleamar media:

Promedio de todas las pleamares, durante el período considerado en cada estación. Cuando el tipo de marea es diurna, este plano se calcula tomando el promedio de la pleamar mas alta diaria, lo que equivale a que la pleamar media en este caso, sea igual a la pleamar media superior.

Nivel medio del mar:

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

Altura mínima registrada:

Nivel más bajo registrado en la estación, por efecto de algún Tsunami.

Bajamar mínima registrada:

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

Nivel de bajamar media inferior:

Promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el período considerado en cada estación.

Este plano es el que se utiliza como plano de referencia para el pronóstico de mareas en la costa del Pacífico y Golfo de California.

Nivel de bajamar media:

Promedio de todas las bajamares durante el período considerado en cada estación. Cuando el tipo de marea es diurna, este plano se calcula, tomando el promedio de la bajamar más baja diaria, lo que equivale en este caso, - a que la bajamar media es lo mismo que la bajamar media-inferior.

Nivel de media marea:

Plano equidistante entre la pleamar media y bajamar media, se obtiene promediando estos dos valores.

**VI.- CALCULO DE LAS AREAS DE MANIOBRA EN LA ZONA DE TRANS
BORDADORES DE LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SINALOA.**

VI.1.- GENERALIDADES

2.- DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL

2.A.- CALADO NOMINAL DEL NAVIO

2.B.- NIVEL DEBIDO A LA MAREA ASTRONOMICA

2.C.- TRIMADO

**2.D.- BALANCE EN EL EJE Y
BALANCE EN EL EJE X**

2.E.- TOLERANCIA EN EL DRAGADO

2.F.- SQUAT

3.- DISEÑO EN PLANTA

3.A.- ANCHO DEL CANAL DE NAVEGACION

3.B.- ANCHO DEL ACCESO AL PUERTO

3.C.- DISTANCIA DE PARADA

3.D.- RADIO DE CURVATURA

3.E.- DARSENAS DE MANIOBRAS

VI.- CALCULO DE LAS AREAS DE MANIOBRA EN LA ZONA DE
TRANSBORDADORES DE LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SIN.

VI.1.- GENERALIDADES

La maniobrabilidad de los navíos al entrar a un puerto está supeditada al tipo de navíos que haran uso de éste, y a la planeación general adoptada para el puerto. Las características de interes de un navío para un análisis de maniobrabilidad son: la Eslora, la Manga y el Calado.

Respecto a la planeación del puerto, las características mas importantes son: la profundidad del canal de acceso, y de las dársenas, además de las dimensiones en planta de estos.

El estudio de maniobrabilidad de la Bahía de Topolobampo, Sin., se hará considerando un navío transbordador, - con las siguientes características:

CARACTERISTICAS DEL TRANSBORDADOR LORETO

Eslora -----	114 m
Manga -----	18.14 m
Calado -----	5.70 m
T. Bruto -----	3357 ton.

Este estudio se realizó considerando el transbordador anterior debido a que se construirá un nuevo atracadero para transbordadores en la zona aledaña a la del atracadero - No. 1.

Como primer paso se procederá a hacer el cálculo de la sección transversal del canal.

2.- DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL

2.A.- Calado Nominal del navío.

El calado máximo del navío desde la línea de flotación es de 5.70, a esta profundidad se le sumaran las profundidades obtenidas en los incisos (A) al (F) subsecuentes para obtener la profundidad necesaria del canal de acceso.

2.B.- Nivel debido a la marea astronómica.

Para el caso de los puertos de la República Mexicana que se encuentran en el Océano Pacífico, el nivel tomado como plano de referencia es el nivel de bajamar media inferior (N.B.M.I.), que para el caso de la bahía de Topolobampo es de 0.61 m. abajo del nivel medio del mar, es decir la elevación 0.00 m., a la cual se referirá el presente trabajo será el N.B..M.I.. En el caso del calado del canal de acceso, esto nos indica que debemos tener una profundidad de 0.61 cms, solo debido a la diferencia existente entre el nivel medio del mar y el nivel de baja mar media inferior.

$$Nm = 0.61 \text{ m.}$$

2.C.- Trimado.

El trimado, como se vió en el cap. IV, es el asentamiento en popa que tiene el navío cuando lleva cierta velocidad, obedeciendo este asentamiento principalmente a la carga y al peso de las máquinas que generalmente se encuentran en la parte posterior del navío (popa).

Tomando como base las recomendaciones de Eisiminger (Ref.5) siendo estas mas conservadoras y por estar basadas en ensayos de laboratorio, en comparación con las otras recomendaciones de las que no se obtuvo una fuente comprobada. El valor de trimado a conservar será de 25 mm por cada 10 mts. de eslora. Considerando 114 m. de eslora resulta el valor de trimado de: $T = 0.29 \text{ m.}$

2.D.- Balance en el eje Y y en el eje X

Para el balance en el eje Y, se tomarán en consideración las recomendaciones de Quinn (Ref. V) en las cuales se hace mención de que el balance en el eje Y, será la mitad de la altura de la ola que actúa en la zona. Considerando la información obtenida de la Bahía de Topolobampo (cap. V) en la zona de Isla Gallinas que es la zona de ataque en proyecto, se tiene que el oleaje máximo incidente en ese lugar es de 0.25 mts.. Por lo tanto balance en el eje Y para este caso es de aproximadamente 0.13 m.

$$By = 0.13 \text{ mts.}$$

Para el caso del asentamiento debido al balance en el eje X, analizando la información disponible se ve que el balanceo del navío no será mayor de 5° , pues el navío se encuentra en una zona protegida, además de que la corriente de reflujo que se presenta en el puerto, se disipa en el canal de navegación, por lo que tomando las recomendaciones del cap. IV, el valor del asentamiento en el eje X, para el navío considerado que tiene una manga de 18.14 m., aproximadamente 20 mts. es de 0.80 mts.

$$B_x = 0.80 \text{ mts.}$$

2.E.- Tolerancia en el Dragado.

Para obtener la profundidad de tolerancia en el dragado, se tomará una cantidad de 0.30 m., ya que el fondo de el canal es arenoso-limoso. Pero esta cantidad no será definitiva pues se pondrá a juicio del Ing. Residente de la Superintendencia de Obras del Puerto, debido a los problemas existentes en la zona de acceso al puerto, como lo es la formación de la barra que ocasiona dragados continuos, ya que los azolves son muy considerables.

$$T_D = 0.30 \text{ mts.}$$

De todo lo anterior, obtenemos un valor de la profundidad del canal de aproximadamente

$$A + B + C + D + E = \\ 5.70 + 0.61 + 0.29 + 0.13 + 0.80 + 0.30 = 7.83$$

$$\text{Profundidad del canal} = 7.83 \text{ m.}$$

Cabe mencionar que esta profundidad, no es la definitiva puesto que todavía falta revisar los efectos del Squat, en todo el canal de navegación.

2.F.- SQUAT

Como primer paso, se procederá a revisar si es necesario calcular el valor del Squat, con la ecuación de SORESEN, expresada como sigue:

$$\frac{v^2}{gd} > 0.7$$

Como se vió en el capítulo IV, la velocidad recomendada para navíos dentro de un puerto, en el ler. congresodel PIANC, es de 3 a 10 nudos, por lo que se analizará la máxima velocidad para revisar si ocurre o no el efecto de Squat, dentro de el puerto, esta zona se encuentra localizada después de la distancia de parada.

Datos: $V = 10$ nudos = 5.14 m/seg. = 16.86 pies/seg
 $g = 9.81$ m/seg = 32.18 pies/seg.
 $d = 7.83$ m = 25.68 pies/seg

Sustituyendo:

$$\frac{(16.86)^2}{32.18 (25.68)} = \frac{284.26}{826.38} = 0.34 < 0.7$$

Por lo que, tendremos que para la condición de movimientos del navío dentro del puerto, con la máxima velocidad recomendada y la profundidad anteriormente obtenida no se presentan efectos de Squat. Esto es que la profundidad del canal de navegación dentro del puerto, será la de - - 7.83 m.

A continuación se procederá a calcular el Squat para la zona del canal de acceso, que se encuentra entre Isla - Gallinas y Punta Sta. María-Copas.

En esta zona el navío lleva una mayor velocidad que - la que tendrá dentro del puerto. Esta velocidad no se logró definir ya que se encuentra influenciada por muchos -- factores, que pueden ocasionar cambios de velocidad en todo el recorrido, como por ejemplo; las curvas que encontra

mos en el canal, no permiten al navío tomar una velocidad constante.

Tomando como base una velocidad de 15 nudos, verificaremos primero si ésta ocasiona el efecto de Squat.

$$\begin{aligned} V &= 15 \text{ nudos} = 7.72 \text{ m/seg} = 25.32 \text{ pies/seg} \\ g &= 9.81 \text{ m/seg}^2 = 32.18 \text{ pies/seg} \\ d &= 7.83 \text{ m} = 25.68 \text{ pies/seg} \end{aligned}$$

Sustituyendo:

$$\frac{v^2}{gd} = \frac{(25.32)^2}{(32.18)(25.68)} = 0.78 > 0.7$$

Como se puede ver, para esta velocidad los efectos del SQUAT, ya deben de ser tomadas en cuenta.

Por lo que se procederá a calcular el valor correspondiente:

$$z = 2.4 \frac{\Delta}{L^2} \frac{\frac{V}{(g \times h)^2}}{\frac{V}{(1-gxh)^2}}$$

Sustituyendo tenemos:

$$\Delta = \text{ton. bruto} / \frac{1}{8} \text{ agua de mar} = 3357 \text{ ton} / 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$\Delta = 3275.12 \text{ m}^3$$

$$V = 15 \text{ nudos} = 7.72 \text{ m/seg}$$

$$z = 2.4 \frac{3275.12}{(114)^2} \frac{\frac{7.72}{(9.81 \times 7.83)^2}}{\frac{7.72}{(1-9.81 \times 7.83)^2}}$$

$$= 0.605 \times \frac{0.00132}{0.00134}$$

$$z = 0.59 \text{ m.}$$

$$\underline{\text{SQUAT}} = 0.59 \text{ m}$$

Con este valor obtenido, mas la profundidad calcula anteriormente, se obtiene el valor del calado que ten

drá el canal de navegación.

$$C_{TOTAL} = 7.8 \text{ mt.} + 0.59 \text{ m.} = 8.42 \text{ m}$$

$$C_{TOTAL} = 8.42 \text{ m.}$$

VI.3.- DISEÑO EN PLANTA

Para el estudio teórico de la maniobrabilidad de un navío, en un puerto, los parámetros a considerar en base a sus características son los siguientes:

3.A.- Ancho del canal de navegación.

Tomando en consideración los datos obtenidos - de la información disponible de la Bahía, se puede resumir:

a) Que los vientos reinantes y dominantes, no penetren en forma franca a la zona del puerto, por encontrarse protegido por una cadena de cerros.

b) Que el oleaje en la parte norte de Isla Gallinas (zona de atraque de los transbordadores) tiene un valor máximo - de 0.25 m., sin causar molestias a las embarcaciones fondeadas en el área.

c) Que el efecto de la velocidad de corriente en la navegación es considerado de poca importancia por su bajo rango, excepto las corrientes de marea, las cuales presentan velocidades apreciables.

d) El transbordador Loreto es una embarcación de modelo -- muy antiguo, y por lo tanto sus condiciones de maniobrabilidad no son del todo aceptables.

Todos estos datos, para hacer un cálculo lo mas -- real y aproximado posible, se tendrían que tomar en cuenta, pero tales efectos dependen de muchos parámetros desconocidos, lo que nos llevaría en caso de suponerlos quizá a un error mucho mayor. En este caso se optó por utilizar los - esquemas propuestos por Hay (Ref. 1), para el ancho del canal de navegación los cuales toman en cuenta los efectos de vientos y corrientes.

El ancho del canal de acceso para una sola ruta está definida como:

$$B_T = 4.8 X$$

donde:

B_T = Ancho total del canal de acceso en mts.
para la ruta

X = Manga del navío en mts.

$$B_T = 4.8 (18.14) = 87.072 \text{ mts.}$$

Este ancho del canal según Duncan Hay, se puede distribuir de la siguiente manera:

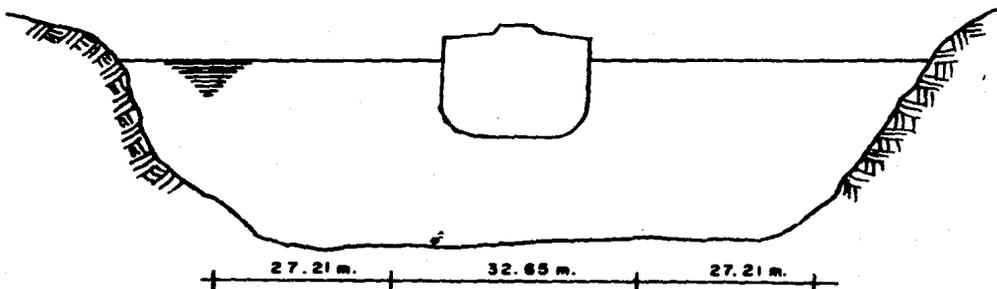


FIG 6.1

El ancho del canal de acceso para dos rutas paralelas se define como sigue:

$$B_T = 7.6 X$$

$$B_T = 7.6 (18.14) = 137.864 \text{ m}$$

En una forma similar el ancho se distribuye como se muestra en la siguiente figura:

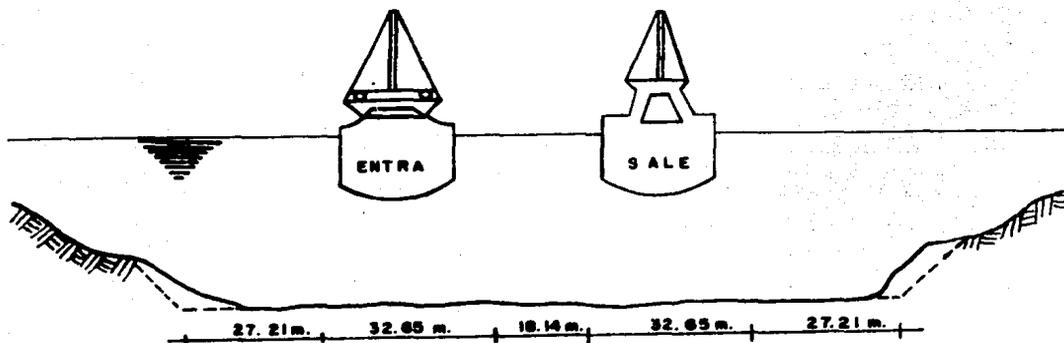


FIG. 6.2

3.B.- Ancho del acceso al puerto.

Tomando en cuenta que no existe una regla general pa determinar este ancho y analizando como base el ancho del canal para dos rutas paralelas, y la disponibilidad de es espacio en la entrada al puerto, se recomienda que el ancho de el acceso al puerto no sea menor de 140 m.

3.C.- Distancia de Parada.

Especificando como límite de velocidad inicial, hasta una velocidad de 5 nudos, se analizará esta distancia con la siguiente fórmula:

$$D = 4 L$$

$$D = 4 (114 \text{ m}) = 456 \text{ m.}$$

En el caso de que tengamos navíos que entren con una velocidad mayor a este límite, la distancia de parada se-

r  igual a:

$$D = 4 L \frac{v^{3/4}}{2.5} + L$$

El rango establecido de velocidad (P.I.A.N.C.) dentro de un puerto es de 3 a 10 nudos. Esta zona antes de la última curva, que se encuentra frente a Isla Gallinas, y tomaremos la condición con la profundidad que se obtuvo sin tomar en cuenta los efectos del Squat $h = 7.83$ m., con lo cual tenemos que la velocidad crítica del canal, será igual a:

$$\begin{aligned} V_c &= \sqrt{gh} \\ &= \sqrt{(9.81)(8.42)} \\ V_c &= 9.09 \text{ m/seg} \end{aligned}$$

pero la velocidad de un navío está dada en nudos:

$$V_c = 9.09 \text{ m/seg} = 17.67 \text{ nudos.}$$

Por lo tanto, la velocidad de maniobra definida, es menor que la velocidad crítica del canal de acceso del puerto, por lo que tomaremos en valor intermedio de este rango, esto es: $V = 6.5$ nudos.

$$6.5 \text{ nudos} = 3.34 \text{ m/seg.}$$

por lo tanto, sustituyendo valores, tenemos:

$$D = 4 \frac{(114)(3.34)^{3/4}}{2.5} + 114 = 564.65 \doteq 565$$

$$D = 565 \text{ m}$$

El caso extremo de la distancia de parada, está dado para una velocidad del buque respecto al agua, igual a 10 nudos, que corresponden a una velocidad de 5.14 m/seg; por lo que para este valor de velocidad, resulta un valor de la distancia de parada igual a:

$$D = 4 \frac{(114)(5.14)^{3/4}}{2.5} + 114 = 736.65 \quad 737$$

D = 737 m

3.D.- RADIO DE CURVATURA

La dirección del canal de acceso al puerto, se dió a la batimetría de la zona, la cual nos indica mayores profundidades en el canal experimental que construyó el Gobierno Federal. En base a esto, se puede observar (Plano, - CANAL DE ACCESO), que en algunos casos es imposible obtener curvas con un ángulo (α), que no rebase el valor máximo propuesto en el P.I.A.N.C. (30°), por lo que se optó por dar los radios mínimos de curvatura (R_c), conforme (Hg. 1968, Dock & Harbour, Ref. 1).

Con estas condiciones y cuidando que la distancia -- entre curvas consecutivas no estuviera por debajo de las - recomendaciones del P.I.A.N.C. (10 L), se obtuvo el siguiente resultado:

Curva	α	Radio de curvatura (R_c)
A	39°	1140
B	68°	1140
C	12°	342
D	48°	1140
E	34°	570
F	19°	342
G	26°	570

DISTANCIA RECTA ENTRE CURVAS CONSECUTIVAS

A - B	-----	1689 m.
B - C	-----	1367 m.
C - D	-----	2111 m.
D - E	-----	5356 m.
E - F	-----	2711 m.
F - G	-----	2600 m.

3.E.- DARSENA DE MANIOBRAS

El diámetro mínimo para un navío propulsado con disponibilidad de área, como lo es el caso de la zona de atraque de los transbordadores, es de 3 veces la eslora segunla tabla 4.E cap. IV. Pero pensando en forma conservadora, debido a que la única maniobra que va a realizar el navío a partir del canal de navegación, es su enfilación a la zona de atraque, se propone conjuntar las maniobras de atraque, con la zona de posibles movimientos del navío en cuanto a enfilación se refiere.

Esto es debido a que frente a la zona de atraque, - existe actualmente un área de maniobras para otras embarcaciones con una mayor profundidad que la requerida para este navío; por lo que no tendría ningún caso el proyectar - dos áreas de maniobras, una de enfilación y otra de atraque.

Para esta situación se proponen tres alternativas, - las cuales se mencionan a continuación:

1.- Esta alternativa, se hizo pensando que el muelle de atraque quedará en forma paralela al atracadero No. 1 - (actual). Esta posición nos ahorraría un área considerable de dragado, a parte de que abriría la posibilidad de que - en un futuro próximo, pudieran atracar al mismo tiempo cuatro navíos de características similares al de proyecto. La distancia del eje de los atracaderos hacia la derecha e izquierda de la dársena es de 3 veces la eslora, cantidad -- que se tomó de las características de muelle marginal para un movimiento satisfactorio de navíos. (Ref. 3). En lo que corresponde a la longitud, estará definida a partir de la batimetría -7.00, debido a que el navío en esta zona no se ve afectado por los movimientos que ocasionan mayor calado del canal.

El inconveniente que presenta esta alternativa, es - que, el navío queda en una posición perpendicular a la dirección de las corrientes de flujo y reflujo, pudiendo ocasionar esto, problemas en las maniobras de carga y descar-

ga, o bién choques entre el navío y la estructura del atracadero, lo cual podría ocasionar daños en cualesquiera de estos.

Dentro de esta alternativa se presentan otras posibilidades de atraque, las cuales se muestran en el siguiente plano.

II.- En este caso, las dimensiones de la dársena de atraque se tomarán de recomendaciones japonesas, adaptándolas al problema en cuestión.

La longitud (a), deberá ser de $0.5 L = 57$ m., para permitir las maniobras de amarre, la longitud (b) de $0.5 L = 57$ m., la longitud (c) también de $0.5 L = 57$ m., y la longitud (d) está delimitada por la batimétrica -7.00 . - Esta alternativa tiene la desventaja con respecto a la anterior, de ser un área mayor por dragar, y su ventaja sería que se evitaría la acción transversal de las corrientes de reflujo.

III.- En esta alternativa, la dársena tiene en forma común de una dársena de ciaboga, con un diámetro de círculo de evolución de $2 L$. Esta alternativa tiene como desventaja respecto a las anteriores una mayor área de dragado. Y como ventaja respecto a las dos anteriores, que el navío se coloque en forma paralela a las corrientes de reflujo lo cual disminuye los efectos ocasionados por estas.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

Conclusiones:

- 1.- El conocer los parámetros que intervienen en el análisis Hidrodinámico de un navío, nos es de gran ayuda para el dimensionamiento de áreas de maniobras de un puerto. Estos parámetros son difíciles de manejar, y requieren de tratamientos probabilísticos, por lo cual para conocer detalladamente el efecto de todos y cada uno de ellos, es necesario contar con un modelo matemático.
- 2.- El calado de una zona de acceso o de maniobras, se obtiene mediante la suma de los valores obtenidos de:
 - a).- Calado nominal del navío.
 - b).- Nivel debido a la marea astronómica.
 - c).- Trimado.
 - d).- Balance en el eje Y.
 - e).- Balance en el eje X.
 - f).- Tolerancia de Dragado.
 - g).- Squat.

El valor del Squat, se obtiene al final. Para obtenerlo es necesario contar con una semisuma de valores de los -- incisos (a) al (f).-- Esto debido a que el valor del Squat, -- depende en gran parte de la profundidad en la cual se mueve el navío.

- 3.- Para obtener las dimensiones en planta de un canal de -- acceso, el análisis debe de comprender:
 - a).- Ancho de la línea de maniobras.
 - b).- Resguardo por encuentro con navíos.
 - c).- Resguardo para márgenes.
- 4.- La distancia de parada es una longitud destinada para -- que el navío frene antes de entrar a la zona de manio-- bras de un puerto.

Recomendaciones:

1.- Para llevar a cabo el diseño de zonas de maniobras y canales de acceso de un puerto, además de realizar un análisis por medio del llamado "método de experiencia", se debe recurrir a la ayuda de un modelo matemático y un modelo físico, para obtener excelentes resultados.

2.- Para llevar a cabo el dimensionamiento de las áreas de maniobra de un puerto, es necesario tener definido un navío de proyecto.

3.- Es necesario y urgente prestarle más atención a el estudio de maniobrabilidad de vehículos marinos en nuestro país, pues contamos con muy poca o casi nula información a nivel nacional.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROBLEMA A RESOLVER EN LA BAHIA DE TOPOLOBAMPO, SINALOA.

CONCLUSIONES:

1.- De todo lo anterior podemos concluir que el calado de las diferentes zonas de maniobra será el siguiente:

- a) Canal de navegación, hasta antes de llegar a la zona donde estará ubicada la distancia de parada:

$$C_T = 8.42 \text{ m.}$$

- b) Distancia de parada:

$$C_T = 7.83 \text{ m.}$$

- c) Dársenas de maniobras:

$$C_T = 7.00 \text{ m.}$$

2.- La longitud de la distancia destinada al frenado, se puede obtener una vez que sea definida la velocidad del navío en la zona de navegación:

$$V = 5 \text{ nudos} \text{ ----- Distancia de parada} = 456 \text{ m.}$$

$$V = 6.5 \text{ nudos} \text{ ----- Distancia de parada} = 565 \text{ m.}$$

$$V = 10 \text{ nudos} \text{ ----- Distancia de parada} = 737 \text{ m.}$$

3.- Para el Señalamiento Marítimo adecuado del canal de navegación y las dársenas, es necesario la participación del personal de la Superintendencia de Señalamiento Marítimo en Topolobampo, Sin.

4.- La tolerancia de dragado en el canal de navegación se dejara a juicio del Superintendente de Obras del Puerto de la Bahía de Topolobampo, Sin.

5.- En análisis para el dimensionamiento de las áreas de maniobras, se hizo en este caso con el transbordador Loreto, debido a que la finalidad de este trabajo, es el proyecto de un nuevo atracadero para transbordadores en la Bahía de Topolobampo, Sin.-

RECOMENDACIONES:

1.- Es necesario llevar a cabo un estudio detallado de acarreo litoral para así conocer a fondo el problema de azolve en la entrada al canal de navegación y así poder evitar el dragado continuo que se lleva a cabo en esa zona.

2.- Creo conveniente para la construcción de la dársena, - tomar en cuenta la alternativa No. III, pues aunque presenta la desventaja de una mayor área de dragado, deja a la embarcación libertad de movimiento, así como protección contra las corrientes de refluo, además de que deja abierta la posibilidad de un nuevo atracadero que quedaría en forma paralela al proyectado, y cuyo arranque sería en el extramo del atracadero No. 1

3.- Tomando en consideración que el tráfico de navíos, en la actualidad no justifica la construcción del canal de navegación con dos vías, se tomará el ancho para el canal de navegación de 81 m. para 1 vía.

4.- Considero necesario realizar un análisis detallado del problema ocasionado por las corrientes de flujo y refluo, - además de considerar posibles soluciones para evitar daños en estructuras de atraque.

5.- Se debe de llevar a cabo un estudio de maniobrabilidad en modelo físico, en el Departamento de Laboratorio de la Dirección General de Obras Marítimas, para así poder comprobar, o en su caso corregir las áreas de maniobras. Esto se debe hacer con asesoramiento de el Piloto Mayor de la Bahía de Topolobampo, Sinaloa, para obtener una mayor exactitud en los resultados.

6.- Es de suma importancia prestar más atención al Puerto de Topolobampo, porque representa un gran polo de actividades económicas en un futuro no muy lejano, gracias a la -- gran área disponible con que cuenta, a su posición geográfica, a sus condiciones de abrigo natural, además de que -- cuenta con un histerland en potencia, que abarcaría toda -- la zona sur del Edo. de Sonora, el Estado de Chihuahua, la zona Noroeste del Estado de Durango, a la zona Noroeste -- del Estado de Coahuila y la parte central al norte del Estado de Sinaloa, además de que gracias a todas éstas características puede aumentar grandemente su comercio, tanto -- de cabotaje como de altura.

REFERENCIAS

- 1.- CURSO DE INGENIEROS DE PUERTOS Y COSTAS. TOMOS I Y II.

Dr. Rafael del Moral Carro, Ing. José M. Berenguer P.
(M.O.P.U.) España, Dirección General de Puertos y Costas. C.E.E.C.O.P., Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas "Ramón Irribarren".

- 2.- NOTAS DE CLASE DE LA MATERIA DE PUERTOS IMPARTIDA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.
México 1977.

- 3.- INGENIERIA MARITIMA

Roberto Bustamante Ahumada.
Ed. Temas Marítimos.
México 1979.

- 4.- INTRODUCCION A LA HIDRODINAMICA NAVAL.

J.L. Sánchez Bribiesca.
Instituto de Ingeniería U.N.A.M.

- 5.- PORT ENGINEERING

Per Bruun.
Houston, Texas 1973.

- 6.- CONTRIBUCIONES NAUTICAS PARA UN DISEÑO INTEGRADO DE PUERTOS.

Ingenieros del Proyecto de Lab. Hid. de Delft Holanda.
Traducido por el Ing. Macario Vázquez Zamarripa.
Representante de Pemex en Holanda.

- 7.- PLANIFICACION DE LAS INSTALACIONES DE UN PUERTO.

Hideo Kayahara- Deputy Director.
The Overseas Coastal Area Development.
Institute of Japan O.C.D.I.

8.- SEÑALAMIENTO MARITIMO.

Dir. Gral. de Señalamiento Marítimo.
(Revista Informativa).

9.- ESTUDIOS DEL MEDIO FISICO EN TOPOLOBAMPO, SIN.

Depto. de Pesca, 1980.

10.- ESTUDIOS DEL MEDIO FISICO EN TOPOLOBAMPO, SIN.

Electroconsult 1982.

11.- ESTUDIO DE MANIOBRABILIDAD EN LA BAHIA DE PICHILIN-
GUE, B.C.S.

Depto. de Laboratorio, D.G.O.M.- S.C.T.
México 1985.

12.- ESTUDIO DE MANIOBRABILIDAD EN EL PUERTO DE ENSENADA,
B.C.N.

Depto. de Laboratorio, D.G.O.M.- S.C.T.
México 1984.

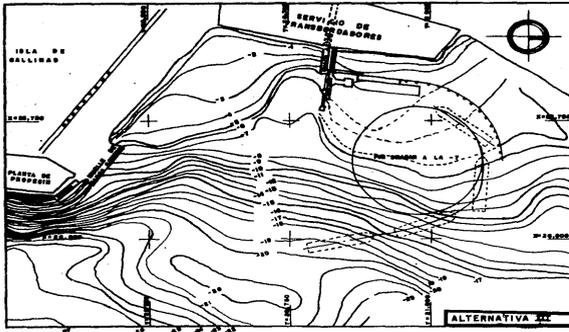
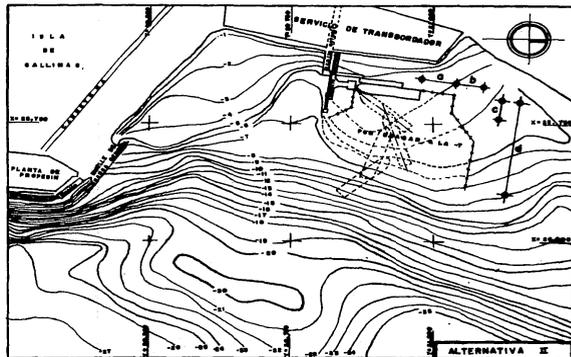
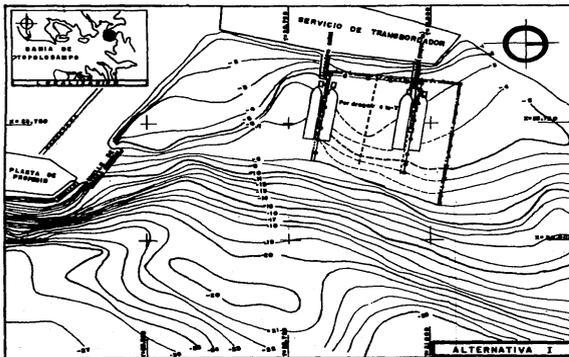
13.- 1st INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SHIP APPROACH AND
BERTHING MANOEUVRES P.I.A.N.C.

(Permanent International Association of Navigation -
Congresses).

Grenoble 19-23 September 1977.
Sogreah Consultin Engineers.

14.- MANUAL DE DRAGADO.

Vicealmirante Ing. M.N.
Mario Lavalle Argudin.
Secretaría de Marina.
México 1973.



SINOPSIS

- ALTERNATIVA I**
- Propuestas: 4
 - Proyectos: 0
 - Proyectos: 0
 - Realizables por etapas: 0
 - Límites de la zona de estudio:

CARACTERÍSTICAS DE LA EMBARCACION
(VALORACIONES LÍMITE)

- Estera: 114 m
- Muro: 28,14 m
- Cota de: 0,70 m
- Tendido: 0,30700

NOTAS:

El norte mencionado en el croquis es el que se adopta en el plano de esta obra.
 Las alturas y elevaciones en metros sobre el nivel del mar.
 La superficie es la zona de estudio correspondiente a la zona de estudio en el plano (Transbordos, etc.).
 Las alturas y elevaciones en metros sobre el nivel del mar.
 Las alturas y elevaciones en metros sobre el nivel del mar.
 Las alturas y elevaciones en metros sobre el nivel del mar.
 Las alturas y elevaciones en metros sobre el nivel del mar.

UNAM		ENP - ARAGON	
INGENIERIA		INGENIERIA	
TOPOGRAFIA, SINALOA			
ESTUDIO DE MANIOBRABILIDAD			
ALTERNATIVA DE ATERRIZAJE EN LA			
TERMINAL DE TRANSBORDADORES			
TEBIS PROFESIONAL			
LUIS DAVID PEREZ CASTRO			
FECHA:	PLANO		

A P E N D I C E :

- Antepuerto:** Area marítima protegida natural ó artificialmente, e inmediata a la bocana ó canal de acceso, con tirante de agua y superficie suficiente para que las embarcaciones que lleguen al puerto, puedan esperar para entrar o disponerse a salir.
- Atracadero:** Estructura a la cual se puede amarrar una embarcación.
- Balance en el eje Y :** Movimiento de subida y bajada de la proa y popa, por efecto del oleaje.
- Balance en el eje X :** Es un movimiento que se presenta en el navío, debido a los vientos y corrientes transversales a él . Este movimiento o giro se presenta sobre el eje longitudinal de este.
- Balance en el eje Z -- (Guiñada) :** Es una desviación que sufre el navío en su trayectoria original, debido principalmente a los vientos y corrientes transversales
- Bajamar :** Estado de la marea en su mínima altura.
- Batimetría :** Medición de la profundidad y configuración del fondo del mar, lago, rio o estero.
- Bocana :** Paso estrecho del mar que sirve de entrada a un puerto, bahía o fondeadero.
- Cabotaje :** Transportes marítimo de carga y personas entre puertos del mismo País.
- Calado (T) :** Distancia vertical desde la parte más baja de una barca a la superficie del agua.
- Claboga :** Vuelta o giro que hacen las embarcaciones, ó marcha -- hacia atrás de las mismas.
- Dársena :** Area de agua protegida contra la acción del oleaje, y -- con la extensión y profundidad adecuada para que las -

embarcaciones realicen las maniobras de atraque, desatraque y ciaboga con seguridad.

Enfilación : Línea de posición determinada por dos puntos o marcas - fijas, para señalar la situación y dirección de un canal -- de navegación.

Eslora total (L) : Longitud total de una embarcación entre sus bordes e.exteriores de proa y popa.

Garrear : Acción de moverse el ancla en el fondo por no haberse - agarrado bien o por exceso de tracción en la cadena, o - por mala calidad del fondo marino.

Hinterland : Zona de influencia económica de un puerto. Región te - rrestre de la cual y hacia la cual se orienta el flujo de - los productos que se mueven por el puerto.

Manga (B) : Anchura mayor del buque.

Modelo Hidráulico Marítimo : Es el que se construye para reproducir los fenómenos -- hidráulicos marítimos, y en el que deben existir semejanza geométrica, cinemática y dinámica con la obra que se - estudia.

Nudo : Unidad de velocidad igual a una milla náutica por hora.

Pleamar : Estado de la marea al alcanzar su máxima altura.

Puntal : Altura total del casco de una embarcación que es igual - al calado mas el franco bordo.

Sicigias : Mareas que se producen cuando la luna y el sol están - en conjunción ú oposición.

Squat : Disminución del nivel de la superficie del mar a todo lo - largo del navío, ocasionada por la velocidad de este en - un canal de navegación. Este movimiento de la superfi - cie del agua provoca una disminución en el calado pre - visto.

Trimado : Es un hundimiento que sufre el navío, debido al paso de las olas.