



T  
623.828  
J37  
P.2



\*D-7065\*

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR

"DISEÑO DE UN BARCO ABASTECEDOR PARA TRABAJOS EN EL  
GOLFO DE GUAYAQUIL"

Tesis de Grado

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO NAVAL

Presentada por :

CARMEN JARRIN ALARCON

Guayaquil - Ecuador

1985





A G R A D E C I M I E N T O



UPC

Al Ing. Cristóbal Mariscal D.,  
Director de Tesis, a mi Patria,  
a mi Familia, a mis Profesores,  
a mis Compañeros, a mis Amigos  
y Enemigos, gracias a cuyo apoyo  
puedo llegar hoy, a través  
de esta tesis, a ser un Profesional.

D E D I C A T O R I A



A



A

A mis Padres

A mi Esposo

A mis Hijos



A



*[Handwritten signature]*  
.....  
Ing. Marco Velarde T.  
Presidente

*[Handwritten signature]*  
.....  
Ing. Cristóbal Mariscal  
Director de Tesis

*[Handwritten signature]*  
.....  
Ing. Raúl Ceelle  
Miembro Tribunal

*[Handwritten signature]*  
.....  
Ing. Bolívar Vaca  
Miembro Tribunal



DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis; me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

.....*Carmen Jarrín Alarcón*.....  
Carmen Jarrín Alarcón

## R E S U M E N

Esta tesis propone el Diseño Preliminar de un Buque de suministros de equipos, alimentos, agua y combustible para una plataforma de explotación de hidrocarburos ubicada en el Golfo de Guayaquil, y capaz de mantener un flujo continuo de servicios entre las instalaciones de tierra en el Puerto de Posorja y la Plataforma. Se toma como tipo de plataforma la UXMAL que estuvo operando en el área del Golfo de Guayaquil, campo Amistad.

## TABLA DE SIMBOLOS

$A_D$	Area desarrollada convencional de una - hélice (Developed Blade Area).
$A_C$	Area de carga sobre cubierta (Cargo Deck Area).
$A_W, A_W'$	Area del plano de flotación (Area, Water plane).
$A_F, XAF$	Abcisa del centro de la flotación desde la perpendicular de proa (Distance of Center of Flotation).
AS	Areas seccionales (Sectionals Areas)
A.S.M, $A_M$	Area de la sección media (Midship section area).
B, b	Manga, anchura (Beam or breadth moulded of ship).
BM, ZBM	Radio metacéntrico transversal (Metacen- tre above centre of buoyancy).
$BM_L, ZBML$	Radio metacéntrico longitudinal (Longitudi- nal metacentre above centre of buoyan- cy).
$B_P$	Coeficiente de propulsor de Taylor (Tay- lor propeller coefficient).
$C_{AE}, CAE$	Coeficiente del área del propulsor (Pro- peller area coefficient).

CAIP	Corrección de desplazamiento por cada cm. de asiento.
$C_B$ , CB	Coefficiente Bloque (Block coefficient).
C.B.L., AB, XAB	Abcisa del centro de carena, desde la perpendicular de proa (Distance of Center of Buoyancy).
$C_e$ , CE	Coefficiente del peso de la estructura (Structure Weight Coefficient).
$C_{eq}$ , CEQ	Coefficiente del peso de los equipos (Cut fit Weight Coefficient).
$C_F$ , CF	Coefficiente de resistencia friccional (Frictional resistance coefficient).
C.G.L., FG	Abcisa al centro de gravedad desde la perpendicular de proa (Longitudinal Centre of Gravity from Forward Perpendicular).
$C_M$ , CM	Coefficiente de afinamiento de la sección media (Midship section coefficient).
Cmw, CMQ	Coefficiente del peso de la maquinaria (machinery weight coefficient).
$C_p$ , CPL	Coefficiente cilíndrico (Longitudinal Prismatic Coefficient).
$C_{PP}$ , CPP	Coefficiente de potencia de la propulsión (Propulsion Power Coefficient).

$C_{pv}$ , CPV	Coeficiente cilíndrico vertical (Prismatic Coefficient Vertical).
$C_{wp}$ , CWP	Coeficiente de afinamiento de la flotación (Designed load waterline coefficient,)
D, d	Diámetro en general (Diameter in general)
D, DEP	Puntal (Depth moulded of a ship hull)
DHP, PD, $P_D$	Potencia absorbida por la hélice (Delivered power at propeller).
HP, EHP, PE	Potencia efectiva del buque (Effective power).
F, FREB	Francobordo (Freeboard)
$F_n$ , FN	Número de Froude (Froude number)
GM, ZGM	Altura metacéntrica (Metacentric height)
GZ	Brazo de adrizamiento (Righting arm)
h, H	Altura de la proa a la cubierta principal desde la línea base que pasa por la sección media (Bow Height).
I	Inercia (Inertia)
KB, ZKB	Altura del centro de carena sobre la base (Centre of bouyancy above moulded base or keel).
KG, ZKG	Altura del centro de gravedad sobre la base (Centre of gravity above moulded base or keel).



KW, ENG	Potencia eléctrica (Electric Power)
L, l	Eslora, longitudinal en general (Lengh of a Ship).
L <sub>OA</sub> , L <sub>OA</sub>	Eslora total del barco (Lengh, overall)
L <sub>PP</sub> , LPP	Eslora entre perpendiculares (Lengh between perpendiculars)
L <sub>WL</sub> , LLWL	Eslora de la flotación (Lengh of Waterline in General).
M	Designación del metacentro transversal (Position of transverse metacentre).
M <sub>L</sub> , ML	Designación del metacentro longitudinal (Position of Longitudinal Metacentre).
MTI	Momento para cambiar el asiento 1 cm.
N, RPM	Número de revoluciones por unidad de tiempo (Rate of Revolution).
N.E., NE	Númeral de equipo. (Equipment numeral)
No. Cúb.	Número Cúbico (Cubic Number)
P	Potencia en general (Power in general)
PPP	Potencia instalada del propulsor (Propeller Power Installed).
P <sub>H</sub> , PH	Paso de la hélice (Propeller pitch)
PM	Peso muerto (Deadweight)
Q, q	Gasto (Rate of flow)
R	Resistencia en general (Resistance in general).



$R_{AA}$ , RAA	Resistencia del aire o viento (Air or Wind Resistance).
$R_{AP}$ , RAP	Resistencia de los apéndices (Appendage Resistance)
$R_F$ , RF	Resistencia de fricción (Frictional Resistance).
$R_n$ , RN	Resistencia de Reynolds (Reynolds Number).
$R_R$ , RR	Resistencia residual (Residuary Resistance).
SM	Módulo seccional (Section Modulus)
S, SW	Superficie mojada (Wetted Surface)
t, TPL	Espesor en general (Thickness in general).
T	Calado - de trazado, si no se inicia otra cosa. (Draught moulded of ship)
TPI	Toneladas por un cm de aumento de inmersión
TRB	Tonelaje de registro bruto (Gross Tonnage).
TRN	Tonelaje de Registro neto (Net Tonnage)
V, VOL	Volumen (Volume)
V	Velocidad del buque (Speed of ship)

VAD	Capacidad de agua potable (Fresh water volume).
VCOM	Capacidad de combustible (Fuel Gill Tankage Volume).
VL	Capacidad de lastre (Water Ballast tankage volume).
$V_o$	Velocidad del viento (Wind Velocity)
W	Peso en general (Weight in general)
$W_{mq}$ , WMQ	Peso de la maquinaria (Machinery Weight)
$k_G$ , XG	Posición longitudinal del centro de gravedad (Center of Gravity from Coordinate Origin).
Z, NPB	Número de palas de un propulsor (Number of Blade of a Propeller).
$\Delta$ , DISW	Desplazamiento en peso (Displacement - Weight)
	DISWS - En agua salada
	DISWD - En agua dulce
$\rho$ , RHØ	Densidad (Mass Density)
$N_D$ , ETAD	Rendimiento propulsivo o coeficiente - quasi propulsivo (Propulsive Efficiency or quasi-propulsive coefficient)
$\nu$ , NU	Coefficiente cinemático de viscosidad - (Coefficient of Cinematic Viscosity).

$N_m$ , ETAM	Eficiencia mecánica (Mechanical Efficiency).
$N_o$ , ETA 0	Eficiencia de la hélice en agua abierta (Propeller Efficiency).
$\mathcal{J}$ , DELTA	Coeficiente de avance de Taylor (Taylor Advance Coefficient).

## INTRODUCCION

Cuando comenzaron a realizarse las primeras exploraciones submarinas de petrbleo, alrededor de 1940, luego de la Segunda Guerra Mundial, y de que la primera plataforma de perforacibn submarina se instaló`en el Golfo de México, fue necesario desarrollar formas de abastecerlas de cemento, tuberías, agua, etc., generándose un nuevo tipo de buque: el Buque de Suministro Costa Afuera ("Offshore Supply Vessel").

Una embarcacibn de Suministro Costa Afuera es definida por la Ley Pública 96-378 de Octubre 6 de 1980 de los E.E.U.U. como aquella que:

- Es propulsada por maquinaria distinta de la de vapor.
- **No** está dentro de la descripción de embarcacibn para el transporte de pasajeros de la Seccibn 1 del Acta de Mayo 10 de 1956.
- Tiene más de 15 y menos de 500 Ton. brutas.
- Regularmente lleva suministros o equipos de soporte para la exploración, explotacibn y produccibn de los recursos minerales y energéticos costa afuera.

La primera embarcación diseñada especialmente para las operaciones de apoyo a las plataformas submarinas por el año de 1955, marcó la tendencia que hoy se ve en la mayoría de estas naves: habitabilidad en proa, la cubierta superior libre hacia popa para llevar carga y suministros, la conexión entre la habitabilidad en proa y sala de máquinas a través de un pasaje bajo cubierta.

Durante los últimos años y debido al gran desarrollo de las actividades de las plataformas perforadoras éstos buques no sólo que se han hecho más rápidos, grandes y de mayor capacidad de trabajo en el mar, sino que también se han construido con la idea de realizar otras labores, usándose los como sismográficos, tendedores de cables telefónicos, contenedores, transportadores de anclas, etc.

Las primeras experiencias de este tipo de explotación comenzaron en nuestro país, en el Golfo de Guayaquil, por medio de la Plataforma UXMAL CHICHEN-ITZA alquilada a Perforaciones Marinas del Golfo S.A. de C.V., México, por lo que esta tesis presenta y demuestra que somos capaces de diseñar una embarcación que dé soporte a la extracción petrolífera del Golfo, posibilitando también su construcción en Astilleros Ecuatorianos que se encuentran en condiciones óptimas de ca

pacidad y calidad para su ejecución.

Esta tesis entonces tiene el objetivo de diseñar un buque de este tipo que cumple con los requisitos del Armador (Asumimos lo es CEPE): Suministro a una Plataforma similar a la UXMAL ubicada en el Golfo de Guayaquil aproximadamente a 60 millas desde el Puerto de Posorja.

En el capítulo I se determinan las características principales que afectan al servicio y costo del barco lo que incluye la forma del casco, traduciendo así los requerimientos de la misión en características de Arquitectura e Ingeniería Naval.

La distribución y arreglos de este tipo de buques es prácticamente una regla común lo cual se plantea en el capítulo II además del cálculo de capacidades de tanques de combustible, agua potable, agua de perforación, etc.

En el siguiente capítulo se selecciona el acero como material de construcción dado su eslora y para su diseño estructural se usa las reglas del A.B.S. para la construcción de embarcaciones menores a 61m de eslora.

La estabilidad es un factor principal que no podemos dejar de lado en el diseño de una embarcación; el buque debe tener características óptimas de resistencia al avance tanto como aseguradas sus condiciones mínimas de estabilidad requerida, lo cual es analizado a través de los capítulos IV y V.

El proceso de este diseño consta de una primera vuelta alrededor de la espiral de diseño: Dimensiones principales y Coeficientes de Formas, Líneas de Formas, Distribución General, Materiales y Estructurales, Resistencia y Propulsión y Cálculos de Pesos y Estabilidad, luego de lo cual se hace un reajuste de las dimensiones tratando de obtener un buque cuyas condiciones sean óptimas para su servicio.

## CAPITULO I

### DIMENSIONES PRINCIPALES Y LINEAS DE FORMA

#### Descripción General de los Buques de Servicio costa Afuera.

Los buques de servicio costa afuera tienen ciertas particularidades que los caracterizan: (22)

- a. La baja razón  $L\emptyset A/B$
- b. Una alta razón  $B/D$
- c. Razón  $\Delta/L\emptyset A$  en carga total considerablemente mayor que para la mayoría de buques convencionales.

El rango de valores de las características principales están presentados en la fig. 1.1.

Debido a que la carga se lleva sobre cubierta, la popa de los buques de suministro es diseñada cuadrada para tener máxima carga.

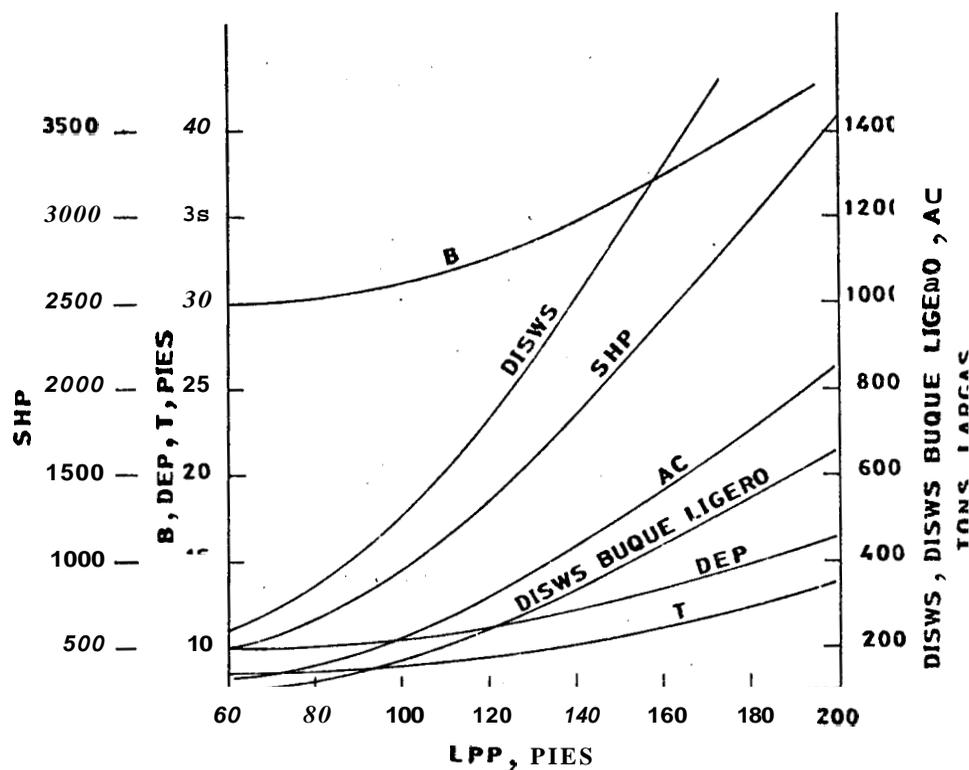


Fig. 1.1.

Curvas para la determinación de las características principales de barcos abastecedores

El casco tiene formas llenas y navegan a una relación  $V/\sqrt{L}$  entre 0.9 - 1.1 (22)

A pesar de que el coeficiente prismático óptimo para este rango de velocidad es alrededor de 0.55 - 0.60 la mayoría de los barcos de suministro tienen un coeficiente prismático mayor que 0.7 debido en parte a que algunos han sido construidos con secciones de proa y popa añadidos a una sección media del tipo de

barcaza por facilidad de construccibn. (22)

En este **tipo** de embarcaciones se juega entre capacidad de carga y velocidad, sin embargo la tendencia es por buques finos ya que ha crecido el interés por la velocidad para trabajos de perforacibn alejados de la costa, de **ahí** que una buena relación capacidad de carga-velocidad está dada por un coeficiente piramático de 0.65. (22).

La mayoría de buques abastecedores son de costados rectos con chinas lo que otorga buenas cualidades de resistencia, mejor comportamiento para la amortiguación y facilidad de construccibn.

Cuando estimamos la potencia y la velocidad vemos que el diseflo de un buque abastecedor cuenta con pocos datos disponibles, las series de Webbs y de remolcadores han ayudado a llenar este vacío.

Para el diseño estructural se usan las reglas para la construccibn de barcasas costa afuera del ABS.

ref. 3 , o en su defecto las reglas para construcción de buques de acero inferiores a 61m., también del ABS, (2).

Generalmente se construye con cuadernaje mixto: Longitudinal y Transversal. Transversal en las partes de proa y popa longitudinal del tipo de barcaza en el cuerpo medio paralelo.

Se debe tener cuidado en las secciones en que el tipo de cuadernaje cambia, por ejemplo proveyendo escuadras donde terminan las grandes vigas longitudinales del cuadernaje longitudinal.

Los miembros estructurales de fondo, mamparos y costados dentro de los tanques de líquidos deben soportar una altura de presión de 1,22 m (4 pies), sobre cubierta para buques de hasta 61 m (200 pies) de eslora. (22). Cuando un tanque tiene el rebose en alguna cubierta de la superestructura el cabezal se medirá a un punto localizado a 2/3 de la distancia del tope del tanque al tope del rebose.

Los miembros estructurales que soportan cargas sobre cubiertas están diseñados para un cabezal de 3,66 m (12 pies), basándose en un factor de carga de  $1,42\text{m}^3/\text{ton}$  ( $50\text{p}^3/\text{ton.}$ ), esta es una carga de  $(2637\text{kg}/\text{m}^2)$  ( $540\text{lb}/\text{p}^2$ ). Donde el túnel del eje penetra el casco dentro de la sala de máquinas se deben u -

bicar cajas estancas alrededor.

Otras penetraciones al casco tales como los brazos de arbotantes y el tronco del eje de la pata deberían ser reforzados con'doble plancha y refuerzo.

Ciertos miembros estructurales del buque deberían ser diseñados sobre y bajo los mínimos requerimientos de las reglas del ABS, por ejemplo el planchaje de cubierta debería ser incrementado o el espaciamiento entre cuadernas disminuído también los baos y refuerzos de cubierta deberían ser incrementados. Se debería reforzar también la estructura de proa debido al choque constante con las áreas de trabajo.

Se debería de proveer al buque de rudón alrededor de toda su eslora por ejemplo con tubería de 1/2" (12,2 mm).

Debido a la alta potencia de la máquina debería reforzarse la estructura de popa para minimizar las vibraciones. El espesor del planchaje del casco sobre las hélices debería ser incrementado y disminuir el tamaño de los paneles de planchaje, además de los mamparos longitudinales en la sala del timbn debería pro-

veerse refuerzos longitudinales.

Dado que se transporta grandes cargas sobre cubierta que crean grandes momentos escorantes, la estabilidad del buque es un factor primordial.

Para tener un alto momento restaurador necesitamos disminuir el KG para lo cual requerimos bajo puntal pero con mucha carga esto significa poco francobordo, es decir bajo un pequeño ángulo de escora el filo de la cubierta se sumerge. También se logra un alto momento restaurador con una gran manga, porque como sabemos el brazo adrizante GZ depende del brazo KN y este a su vez depende de la Inercia Transversal, la cual depende de la manga.

De reportes de accidentes entre los años 56-63 tenemos que el movimiento de la carga sobre cubierta es un factor que contribuye a ellos así como también una forma de carga inapropiada o sencillamente sobrecarga, sobre los cuales el diseñador no tiene control.

los cuales deberían ser presentados al operador para su guía.

## 1.2. Condiciones Oceanográficas del Medio.-

En general podemos contar con que estamos ubicados en la zona Sur Oriental del Océano Pacífico, la presencia de los Vientos del Pacífico Sur y los Doldrums, - hacen de nuestro mar territorial un área libre de ciclones.

Durante la mayor parte del año, se presentan vientos ligeros del suboeste a una velocidad de 4,1 - 5,15 m/seg. (8-10 nudos) o menos, (15); sin embargo, - en alguna rara ocasión, en el año 1964 se contabilizaron vientos locales inusualmente fuertes de 11,3-13,9 m/seg. (22-27 nudos).

Se entiende por vientos locales los que soplan desde el sur, a lo largo de la costa peruana y luego de alcanzar la frontera Perú-Ecuador doblan hacia el este en dirección al Golfo de Guayaquil.

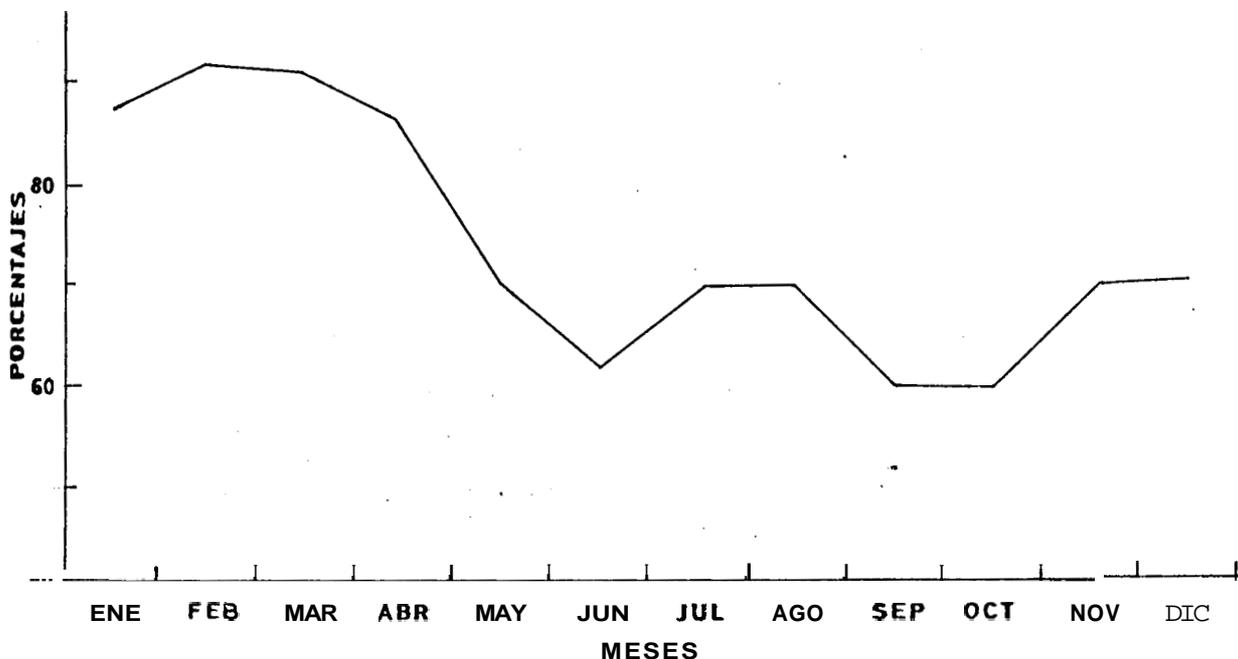


Fig. 1.2.

Porcentaje mensual de frecuencia del viento  
en el Golfo de Guayaquil

Respecto a la temperatura del aire, la principal característica en esta región, es la poca fluctuación en temperatura media a lo largo del año.

De acuerdo con la figura 1.3, la curva de temperatura promedio máximo en el Golfo de Guayaquil, como característica para el diseño, se puede tomar en  $90^{\circ}\text{F}$  ( $33^{\circ}\text{C}$ ) como temperatura máxima en la región de trabajo de la embarcación.

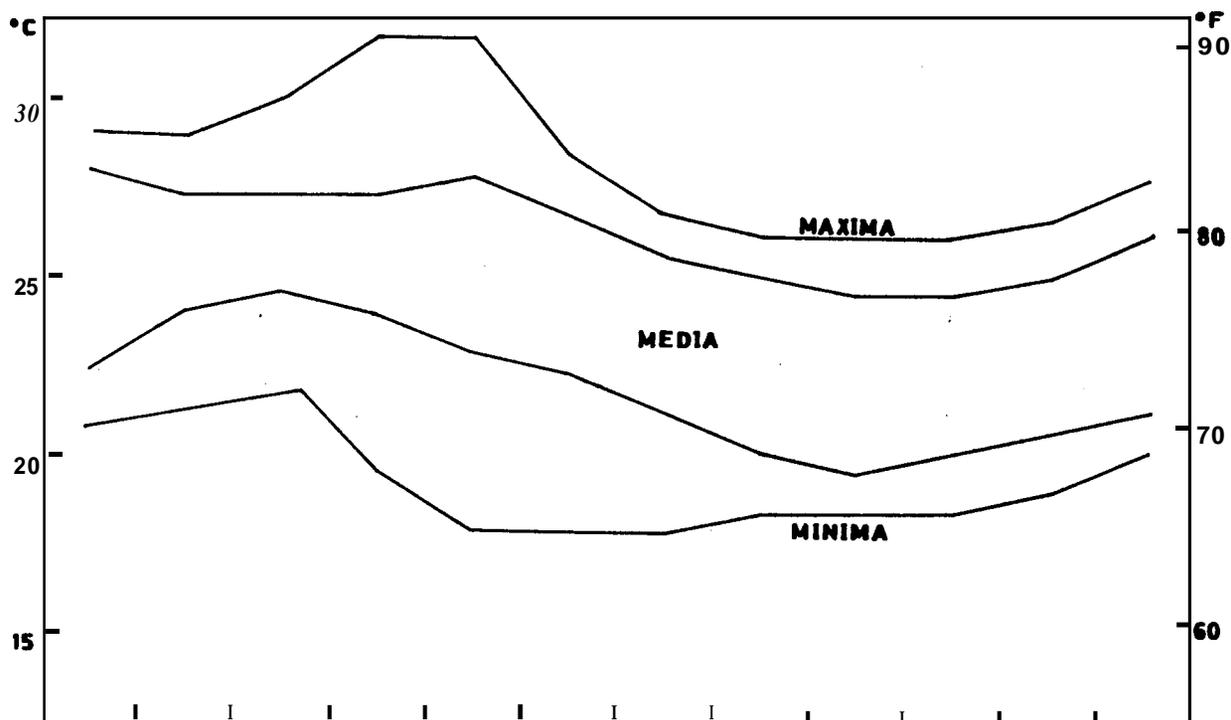


Fig. 1.3.

Promedio mensual de temperatura en el  
Golfo de Guayaquil

Otro aspecto a considerarse en el diseño es la velocidad de las corrientes en la zona de trabajo de la embarcación.

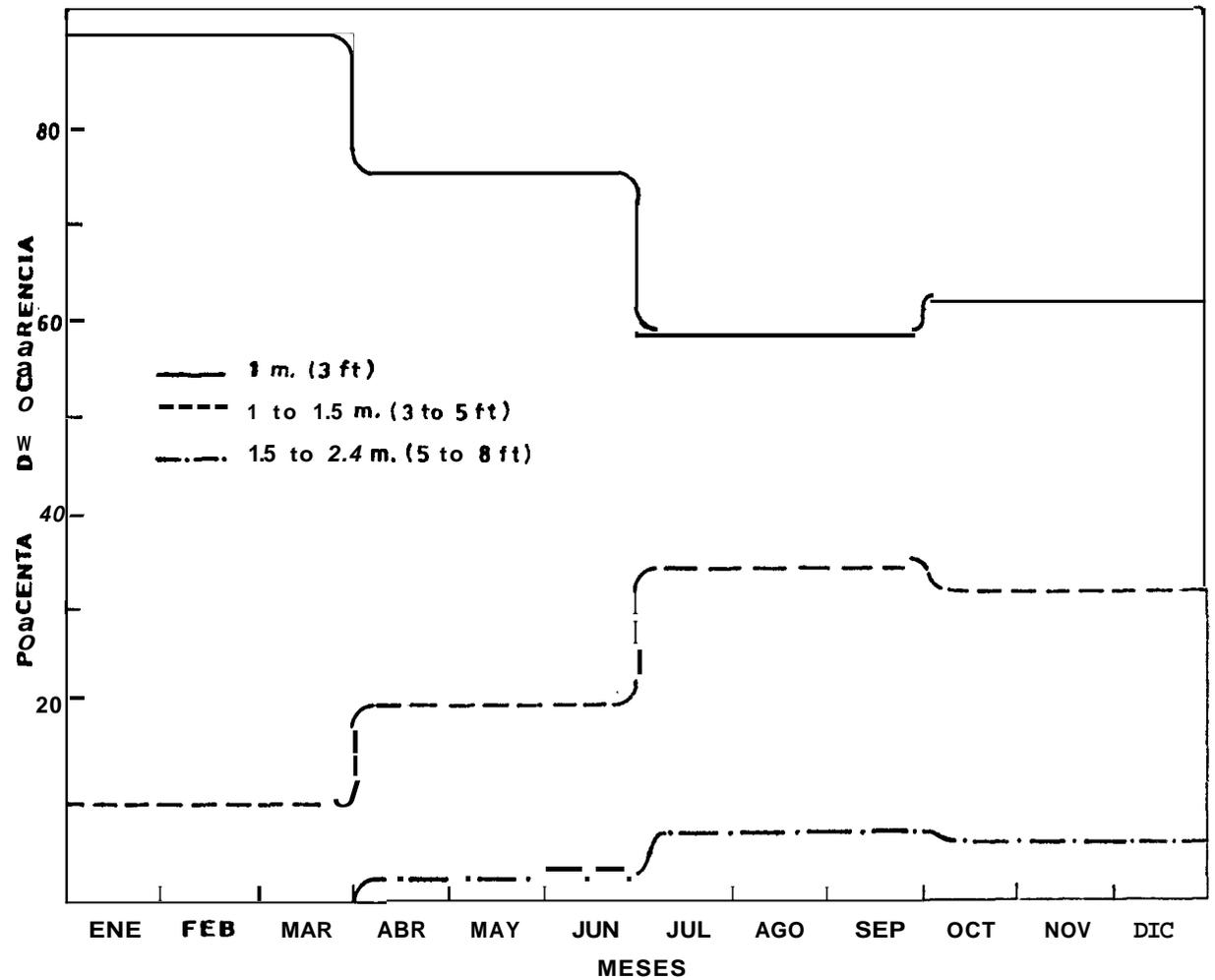
La corriente de Humbolt, viene desde el sur y dependiendo de la época del año frente a las Costas del Ecuador dobla hacia el oeste. Su velocidad está en el rango de 0,15-0,67 m/seg. (0,3-1,3 nudos) y tiene un ancho entre 150-400 Km.

La otra corriente importante es la Corriente de El Niño, que viene desde el Norte y que puede alcanzar velocidades cercanas a 1 m/seg. (2 nudos) con un ancho de 30-35 Km.

Existen otras corrientes locales producidas por las mareas, las cuales podrhn en combinaci3n con el viento producir velocidades de hasta 1,54 m/seg. (3 nudos), por ejemplo en las cercanías a Punta Jambelí.

Usando estadísticas de la Oficina del tiempo de los E.E.U.U., la altura de ola máxima es de 2,4m (8 pies), que ocurre durante los meses de Julio a Septiembre - durante el 7% del tiempo, fig. 1.4.

Estas observaciones se refieren al área limitada - por los paralelos  $0^{\circ}$  y  $505$  y por los meridianos  $80^{\circ}$  y  $90^{\circ}$  Oeste que corresponde a la costa ecuatoriana.



Fig, 1.4.

Porcentaje mensual de ocurrencia de la altura de ola en el Golfo de Guayaquil

De la División de Meteorología del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador se han obtenido en el año 1984 los siguientes datos de dirección y fuerza del viento y de olas frente a las costas ecuatorianas. Tabla I y Tabla 11.

MESES	ESMERALDAS		MANTA		SALINAS	
	Direc.	Fuerza m/s	Direc.	Fuerza m/s	Direc.	Fuerza m/s
Enero	C	2.8		1.8		3.6
Febrero	S	2.5		1.8		3.3
Marzo	0	2.2		2.1		3.3
Abril	0	2.5		2.0		3.2
Mayo	0	2.8		2.6		3.8
Junio	0	2.7		2.7		4.3
Julio	0	2.8		2.9		4.4
Agosto	0	3.2		2.9		3.8
Septiembre	0	2.8		2.9		4.1
Octubre	0	3.6		2.6		4.7
Noviembre	0	3.5		2.6		4.4
Diciembre	0	3.2		2.5		4.5

Tabla I  
 Datos mensuales de dirección y fuerza  
 del viento en Costas  
 Ecuatorianas.

OLAS OBSERVADAS FRENTE A LAS COSTAS ECUATORIANAS EN  
AGUAS PROFUNDAS

MES	ALTURA (m)	PERIODO (sg.)	DIRECCION
ENE.	3,0	9,0	S-SO
FEB.	3,0	9,0	S-SO
MAR.	3,0	13,0	S-SO
ABR.	3,0	11,0	S-SO
MAYO	2,0	9,0	S-SO
JUNIO	2,0	9,0	S-SO
JUL.	2,0	9,0	S-SO
ACOS.	3,0	11,0	S-SO
SEP.	3,0	11,0	S-SO
OCT.	3,0	9,0	S-SO
NOV.	3,0	9,0	S-SO
DIC.	3,0	9,0	S-SO

Tabla II

De estos datos se deduce que las olas que se presentan a lo largo de la Costa Ecuatoriana no alcanzan una altura de 3m. Este dato puede utilizarse en una posterior etapa de diseño, cuando se calcule la respuesta dinámica del buque a las olas: balanceo, cabeceo, y levantamiento.

Notamos también que la velocidad del viento en estas zonas es de máximo 5,2 m/seg. (nivel 3 en la escala Beaufort), lo que es importante para calcular la resistencia que el viento ejerce al avance de la embarcación.

### 1.3. Determinación de las Dimensiones Principales y Parámetros de las Líneas de Formas.-

Para determinar o seleccionar las dimensiones de un buque de este tipo son factores influyentes, la capacidad de carga y la velocidad.

La etapa del Diseño Preliminar es importantísima porque aquí se consideran todos los requisitos y si éstos no satisfacen los requerimientos deseados se deben hacer modificaciones a los valores iniciales.

Los cálculos en el Diseño Preliminar son complicados debido a la interdependencia de varios factores como se indica en la Fig. 1.5 de la Espiral del Diseño (16), donde se presenta el orden de los cálculos de modo - que cada etapa siga una lógica.

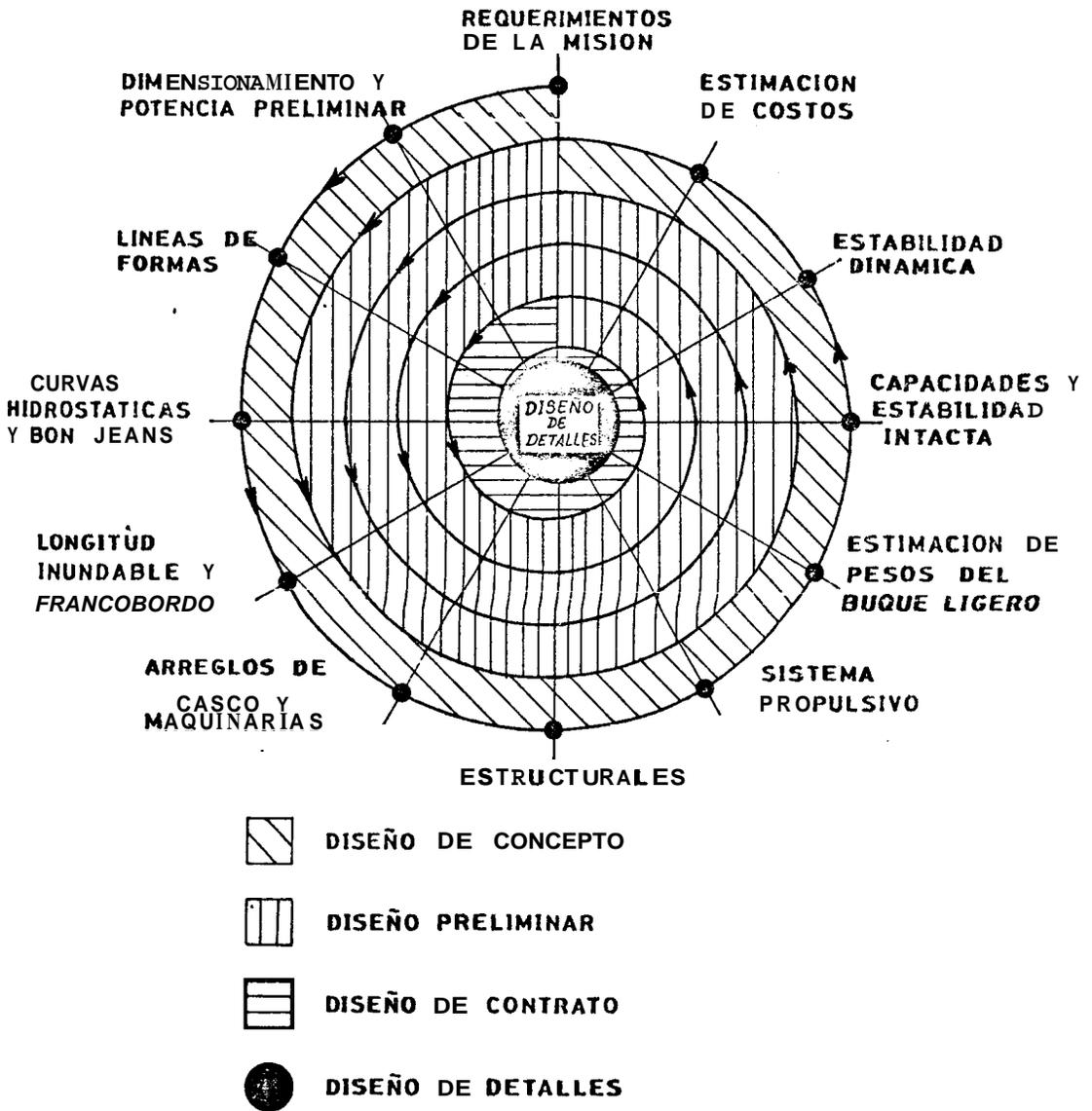


Fig. 1.5  
Espiral básica de Diseño

### 1.3.1. Requerimientos del Armador.

La embarcación, debe satisfacer las exigencias del Armador, CEPE, la misma que debe dar servicio a una plataforma autoelevable como la UXMAL, fig. 1.6, que tiene las siguientes características:

#### Características generales:

Razón de profundidad de perforación	6.098 m
Dimensiones de Maquinaria de perforación.	45m x 9,15m x 9,15m.
Capacidad	392.000lbs
Profundidad de Operación	91,5 m
Longitud total	74 m
Ancho total	61 m
Puntal de la Plataforma	7,93 m

#### Características Técnicas:

Máquinas Principales	5 Caterpillar D-399 950HP
Maquinaria Auxiliar	1 Caterpillar D-379 420KW Generador Brush

Líquidos a almacenar:

Combustible	751,16 m <sup>3</sup>
Agua de perforacibn	763 m <sup>3</sup>
Agua potable	179 m <sup>3</sup>

Unidad de destilacibn: 2 Koom Reverse  
 118,1 m<sup>3</sup>/día cada unidad. Acondicionamientos  
 para 82 personas.

Considerando que las plataformas del tipo de la UXMAL, tienen una profundidad de operacibn de aproximadamente 100 m., y situándonos en el Golfo de Guayaquil dentro de las zonas petrolíferas, la máxima distancia a la que se podría colocar la plataforma, desde Posorja, donde están ubicadas las instalaciones de tierra son 60 millas, luego:

60 millas de viaje de ida

60 millas de viaje de regreso

---

120 millas + 25% de seguridad = 168 millas en un viaje.

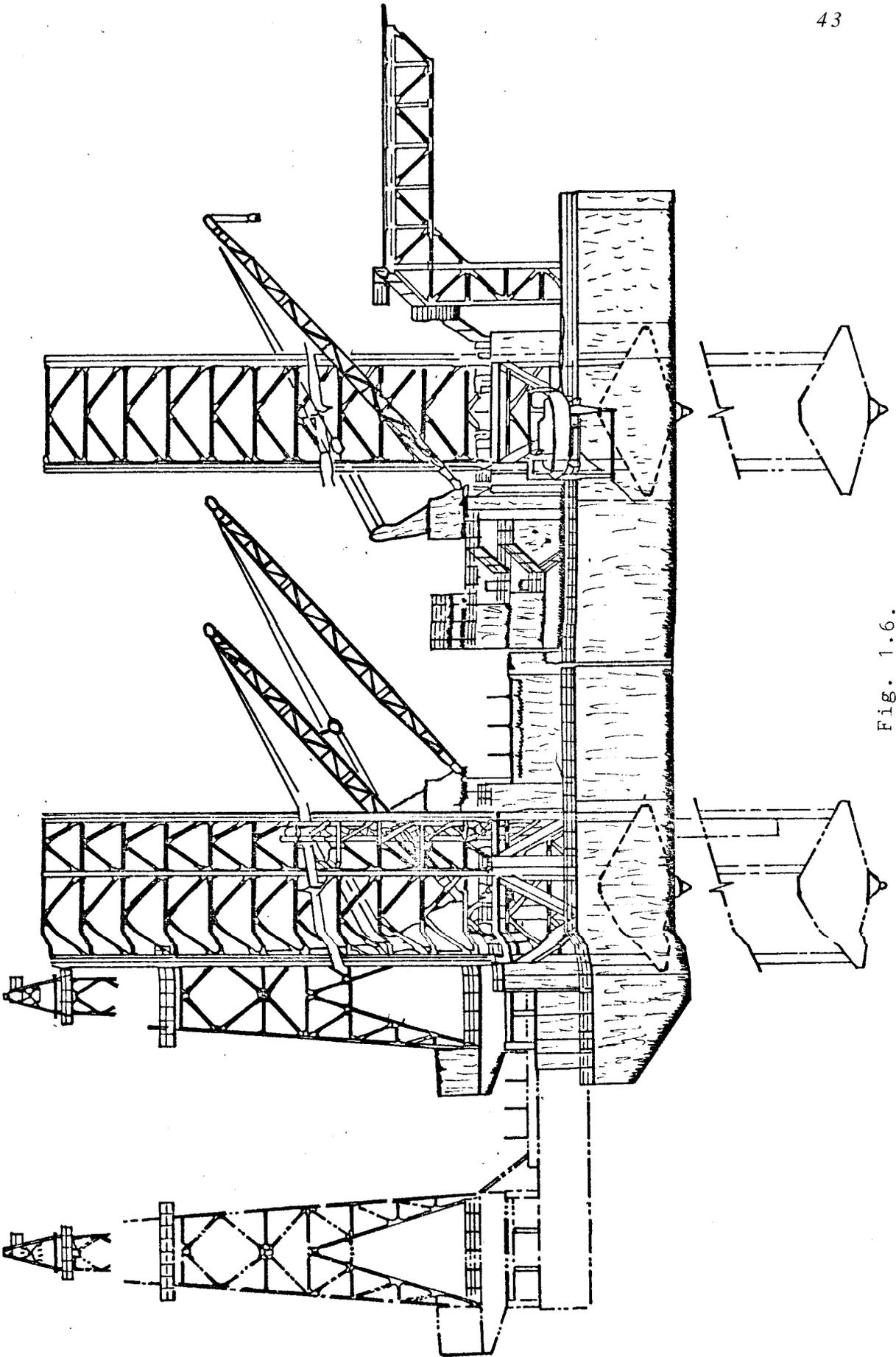


Fig. 1.6.  
Plataforma Autoelevable UXMAL

La embarcación realizará un viaje de ida y vuelta de 168 millas y si la velocidad promedio es de aproximadamente 11 nudos, el tiempo de viaje sería 15 horas, considerando el tiempo de maniobras, la embarcación necesitará un día para dar servicio a la plataforma.

#### 1.3.2A. Diseño Conceptual.

Para iniciar el diseño de un barco abastecedor para el Golfo de Guayaquil se consideraron los siguientes factores:

1. Distancia a cubrir
2. Condiciones oceanográficas y meteorológicas del medio.
3. Tipo de abastecimiento a proporcionar.

Según los datos que se obtuvieron y conociendo que en otros países, embarcaciones que tenían misiones similares fluctuaban entre esloras de 40 a 50m., se tomó para iniciar el diseño, una eslora de 50m (164 pies).

Con el dato de eslora, ingresamos a las siguientes ecuaciones de regresión que representan matemáticamente el diseño de las curvas de barcos abastecedores, supply Vessel, y están de acuerdo con los datos que se plantean a continuación de las ecuaciones, (20).

1. Peso muerto vs Eslora del barco

$$L\bar{O}A = 3,14 (P.M.)^{0,413}, \text{ (mts)}$$

2. Area de carga sobre cubierta vs Eslora total del barco.

$$L\bar{O}A' = 0,345 (A_C)^{0,880}, \text{ (mts.l)}$$

3. Potencia total instalada vs Eslora total del barco.

$$L\bar{O}A = 3,71 (P)^{0,339}, \text{ (mts.l)}$$

4. Razón eslora/manga vs Eslora total del barco.

$$\frac{L}{B} = \frac{L\bar{O}A}{19,9} + 1,78$$

5. Razón Manga/puntal vs Eslora total

$$\frac{B}{D} = - \frac{L\bar{O}A}{68} + 3,48$$

6. Coeficiente del peso de la estructura vs  
Número cúbico.

$$C_e = \frac{\text{No Cub}}{51090} + 0,409$$

7. Razón (altura del centro de gravedad/  
puntal ) de la estructura vs Número Cúbico.

$$\frac{\bar{K}G}{D} (e) = \frac{\text{No Cub}}{120.000} + 0,769$$

8. Coeficiente del peso de los equipos vs  
Número cúbico.

$$C_{eq} = \frac{\text{No Cub}}{19.070} + 0,086$$

9. Razón (altura del centro de gravedad/  
puntal) de los equipos vs Número cúbico.

$$\frac{\bar{K}G}{D} (eq) = \frac{\text{No Cub}}{31.460} + 1,05$$

10. Coeficiente del peso de la maquinaria vs

Número cúbico.

$$C_{mq} = \frac{\text{No Cub}}{31.500} + 0,050$$

11. Razón (altura del Centro de gravedad/puntal) de la maquinaria vs Número cúbico.

$$\frac{\overline{KG}}{D} (mq) = \frac{\text{No Cub}}{35.640} + 0,425$$

12. Razón (Altura del Centro de gravedad/puntal) del buque ligero vs Razón centro de gravedad longitudinal/eslora número cúbico.

$$\frac{\overline{KG}}{D} (lig) = - \frac{\text{No Cub}}{71.540} + 0,845 \frac{C.G.L. - \text{No Cub}}{L\emptyset A - 149.200} + 0,484$$

13. Coeficiente de potencia del propulsor vs Número de Fraude.

$$KW = 11,58 (F_n)^{1,21} \text{No Cub}$$

## 14. Peso de la Maquinaria vs Potencia

$$W_{mq} = \frac{KW}{31,4}$$

## 15. Razón Manga/Calado vs Eslora

$$\frac{B}{T} = - \frac{L\bar{\Delta}A}{39,9} + 4,55$$

## 16. Coeficiente bloque vs Eslora

$$C_B = \frac{L\bar{\Delta}A}{5.265} + 0,656$$

17. Altura de la Proa a la cubierta principal  
vs Eslora.

$$h = 0,08 (L\bar{\Delta}A) + 1,15$$

## 18. Francobordo vs Eslora

$$F = \frac{L\bar{\Delta}A}{298} + 0,56$$

19. Razón Altura del centro de Carena/Calado  
vs Coeficiente bloque.

$$\frac{\bar{KB}}{T} = - 0,128 (C_B) + 0,666$$

20. Razón Altura metacéntrica/manga vs Eslora

$$\frac{\overline{GM}}{B} = -\frac{L}{4} \quad \text{r} \quad 0,30$$

21. Coeficiente del área del Propulsor vs -  
Potencia propulsiva instalada.

$$C_{AE} = \frac{1}{32,6} \quad (\text{HP})^{-0,279}$$

22. Potencia eléctrica vs Potencia propulsiva instalada.

$$\kappa_{\omega} = 8,37 \quad (\text{HP})^{0,427}$$

23. Tonelaje de registro bruto vs. Número Cúbico.

$$T B = \frac{1}{22,7} \quad (\text{No Cub})^{1,285}$$

24. Tonelaje de registro neto vs Número cúbico

$$\text{TRN} = \frac{1}{38,4} \quad (\text{No Cub})^{1,287}$$

25. Capacidad de combustible bs Número cúbico.

$$V_{COM} = \frac{1}{134} (\text{No Cub})^{1,552}$$

26. Capacidad de tanques de agua dulce vs Número cúbico.

$$VAD = \frac{1}{98,104} (\text{No Cub})^{2,239}$$

27. Capacidad de tanques de lastre vs Número cúbico.

$$VL = 7,38 (\text{No Cub})^{0,625}$$

A continuación se dan gráficos donde se plotean lo expresado en las ecuaciones de regresión, fig. 1.7 a 1.27.

Trataremos ahora de verificar si estos datos cumplen con las exigencias del Armador: Se tiene que la plataforma cuenta con 5 motores diesel Caterpillar D-399, que impulsan a un generador eléctrico, los que tienen un consu-

mo de combustible diario de: (7)

$$299 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} \times \frac{24 \text{hr}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{m}^3}{10^3 \text{lt}} = 5,496 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$5 \text{ máquinas} / 5 \times 5,49 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 27,48 \text{ m}^3/\text{día}$$

Considerando que la embarcación realiza un viaje cada semana para abastecer a la plataforma, encontramos que:

$$27,48 \text{ m}^3/\text{día} \times 7 \text{ días} = 192,36 \text{ m}^3/\text{semana}$$

Además, la embarcación estará equipada con 2 máquinas Caterpillar **D-399** que mueven a 2 generadores eléctricos Cat-3306, que fueron elegidos por la necesidad de potencia que se obtuvo de las ecuaciones de regresión, ofreciéndonos éstos **2.250HP** y **270 KW**, respectivamente.

Luego para el consumo de combustible de la embarcación se necesita:

$$5,496 \text{ m}^3/\text{día} \times 2 = 10,99 \text{ m}^3/\text{día}$$

Considerando que la plataforma tiene 82 hombres y según la referencia 23, la embarcación deberá transportar 46 lt/persona/día de agua potable ya que los otros 104 lt/persona/día - que se exige de agua sanitaria serán tomados de la producción de unidades de destilación con que cuenta la plataforma, luego:

$$82 \text{ personas} \times 46 \text{ lt/persona/día} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{lt} = \\ = 3,77 \text{ m}^3/\text{día} \times 7 \text{ días} = 26,404 \text{ m}^3/\text{semana}.$$

Además si en la embarcación van 20 personas - según la referencia anterior tenemos que:

$$20 \text{ personas} \times 150 \text{ lt/persona/día} = 3,00 \text{ m}^3/\text{día}$$

De lo anteriormente expuesto necesitaremos una capacidad de tanques de:

Capacidad de combustible	203,35 m <sup>3</sup>
Capacidad de agua potable	29,4 m <sup>3</sup>

Puesto que las capacidades que tendría la embarcación con una eslora de 50 mts., son excesivas para las necesida --

des de la plataforma, se toma otra eslora - más pequeña para la embarcación, 45m, y vuelvo a ingresar a las ecuaciones de regresión de las cuales se obtuvo los siguientes datos: (Ver tabla III).

Los resultados del segundo intento que se - presentan en la tabla 111, sobre todo las ca pacidades de combustible y agua potable, se acercan a los requerimientos del Armador; de ahí que estos parámetros calculados servirán de base para la siguiente etapa del proyecto, esto es, el Diseño Preeliminar.



	I Intento	II Intento
Eslora	50	45
Peso obra muerta (Ton.mét.)	2) 783,245	606,8725
Area de carga sobre cubierta (m <sup>2</sup> )	285,66	253,43
Potencia total instalada (Kw)	2881,2	2111,5
Manga (m)	11,65	11,138
Puntal (m)	4,24	3,95
Coefficiente del peso de la estructura	0,4261	0,4227
Número cúbico	872,31	698,393
Altura del centro de gravedad de la estructura	3,2945	3,06
Coefficiente del peso de los equipos	0,1317	0,1226
Altura del centro de capacidad de los equipos	4,5738	4,235
Coefficiente del peso de la maquinaria	0,0777	0,0722
Altura del centro de gravedad de maquinaria	1,9075	1,756
Altura del centro de gravedad de tuque ligero	3,5344	3,299
Centro de gravedad longitudinal (m)	24,492	21,99
Potencia Propulsiva (Kw)	1939,6956	1655,43
Número de Fraude (V= 11 nudos)	0,2557	0,26958
Peso maquinaria (Ton. mét.)	68,425	50,1456
Calado (m)	3,534	3,254
Coefficiente bloque	0,6655	0,6645
Altura de la proa a la cubierta (m)	7,1929	6,37
Francobordo (m)	0,72778	0,711
Altura del centro de carena (m)	2,0314	1,871
Altura metacéntrica (m)	2,212	2,2368
Coefficiente del área del propulsor	0,036	0,003933
Potencia eléctrica (Kw)	212,12	194,05
Tonelaje de registro bruto (Ton.)	264,689	198,9
Tonelaje de registro neto (Ton.)	158,6	119,13
Capacidad de tanques de combustible (m <sup>3</sup> )	273	193,69
Capacidad de tanques de agua dulce (m <sup>3</sup> )	39,123	23,79
Capacidad de tanques de lastre (m <sup>3</sup> )	508,13	442,2



BIBLIOTECA

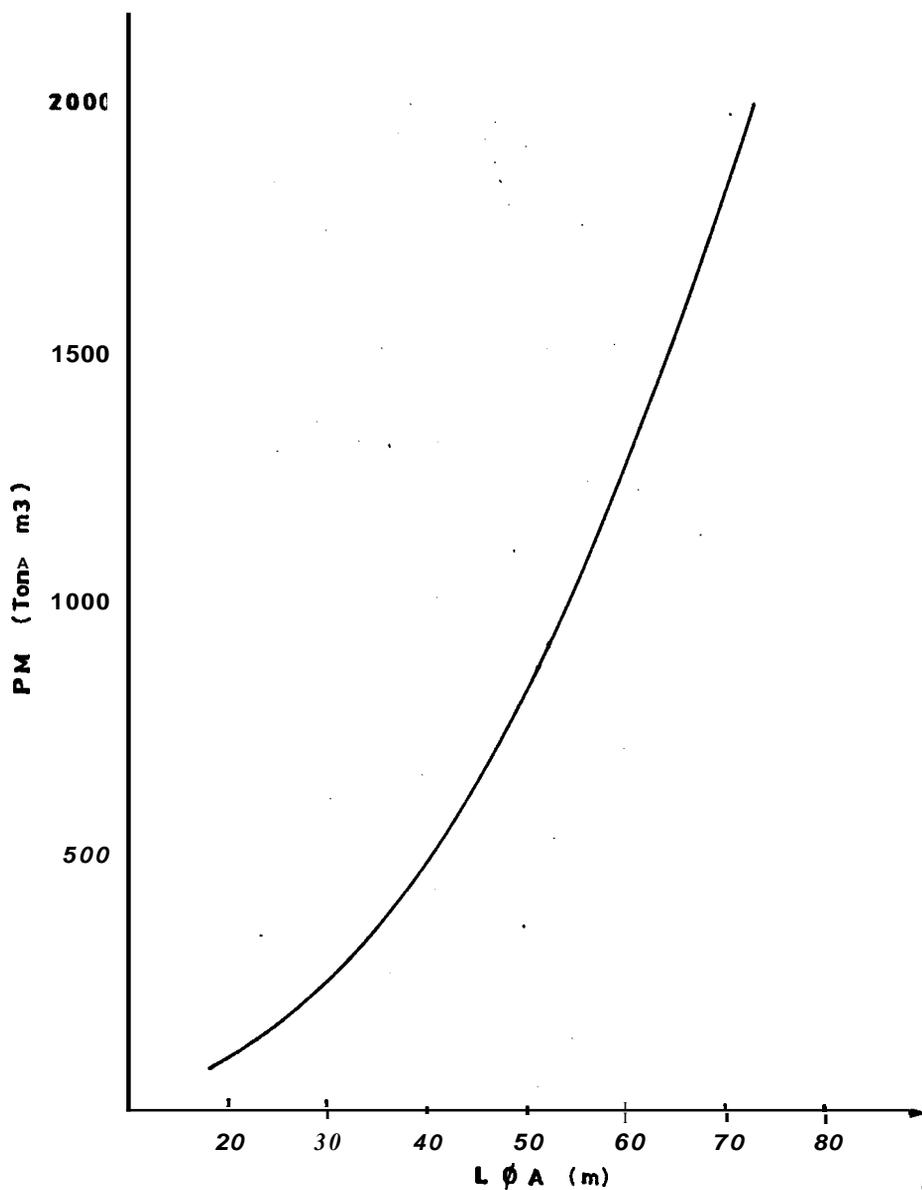


Fig. 1.7.  
Eslora total vs Peso Muerto

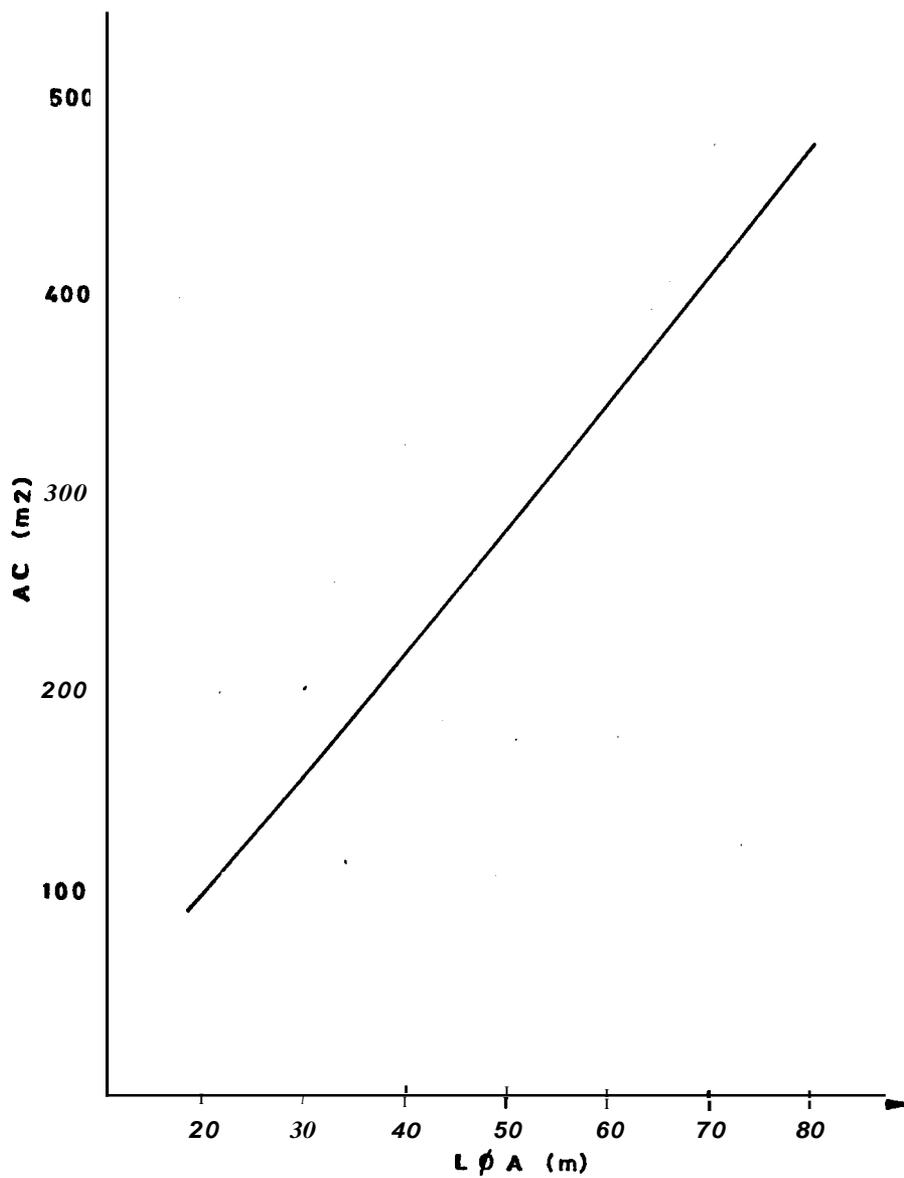


Fig.. 1.8.

Eslora total vs Area de carga sobre cubierta

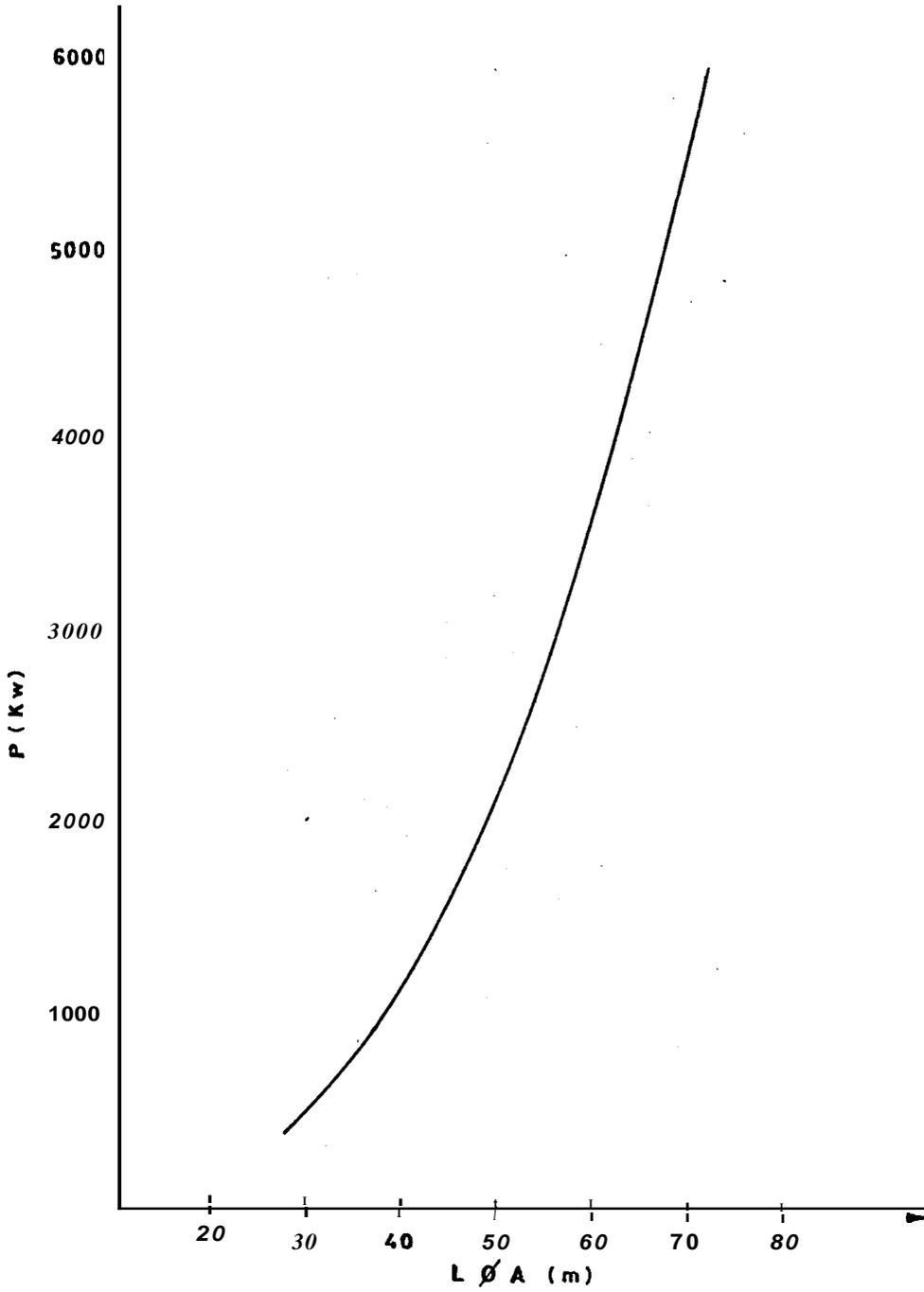


Fig. 1.9.

Eslora total vs Potencia

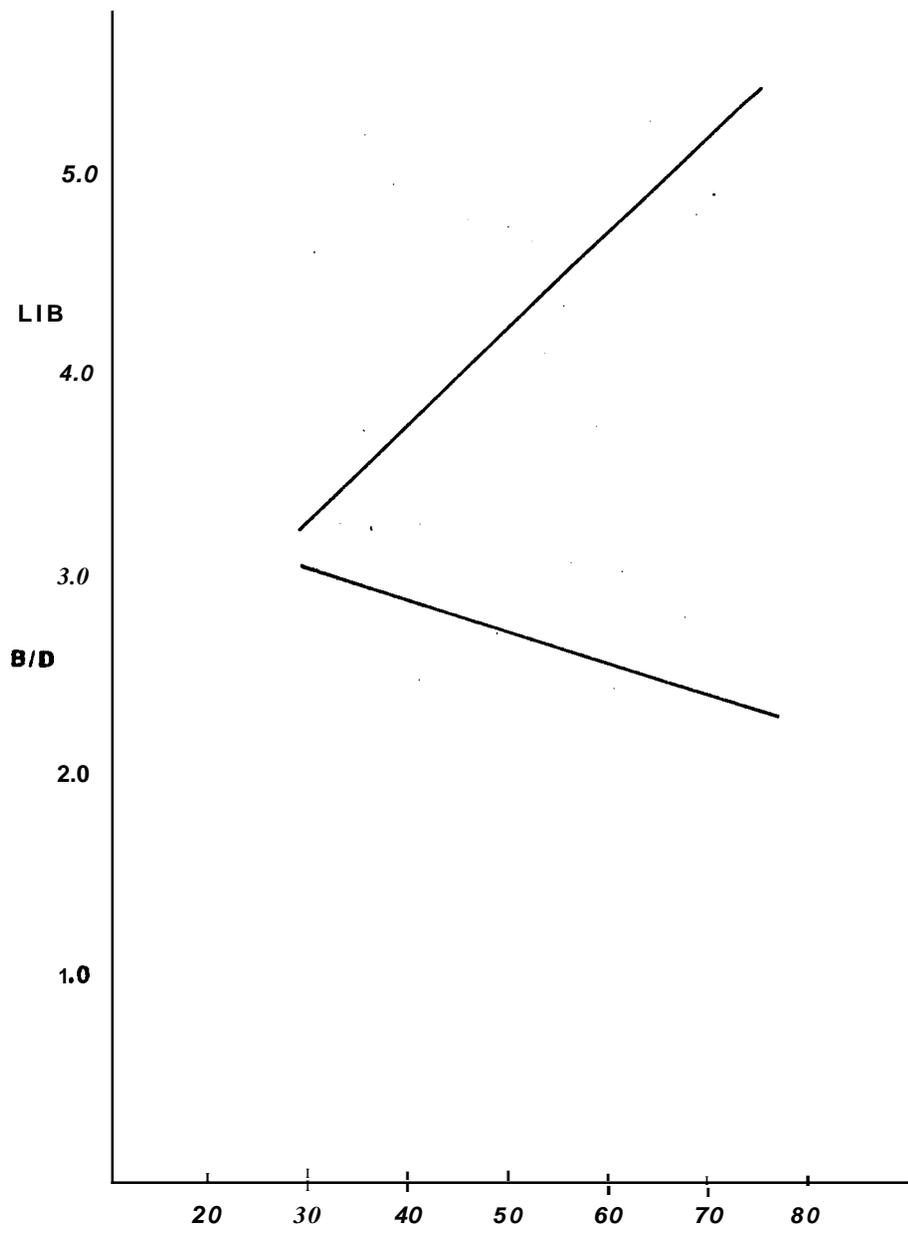
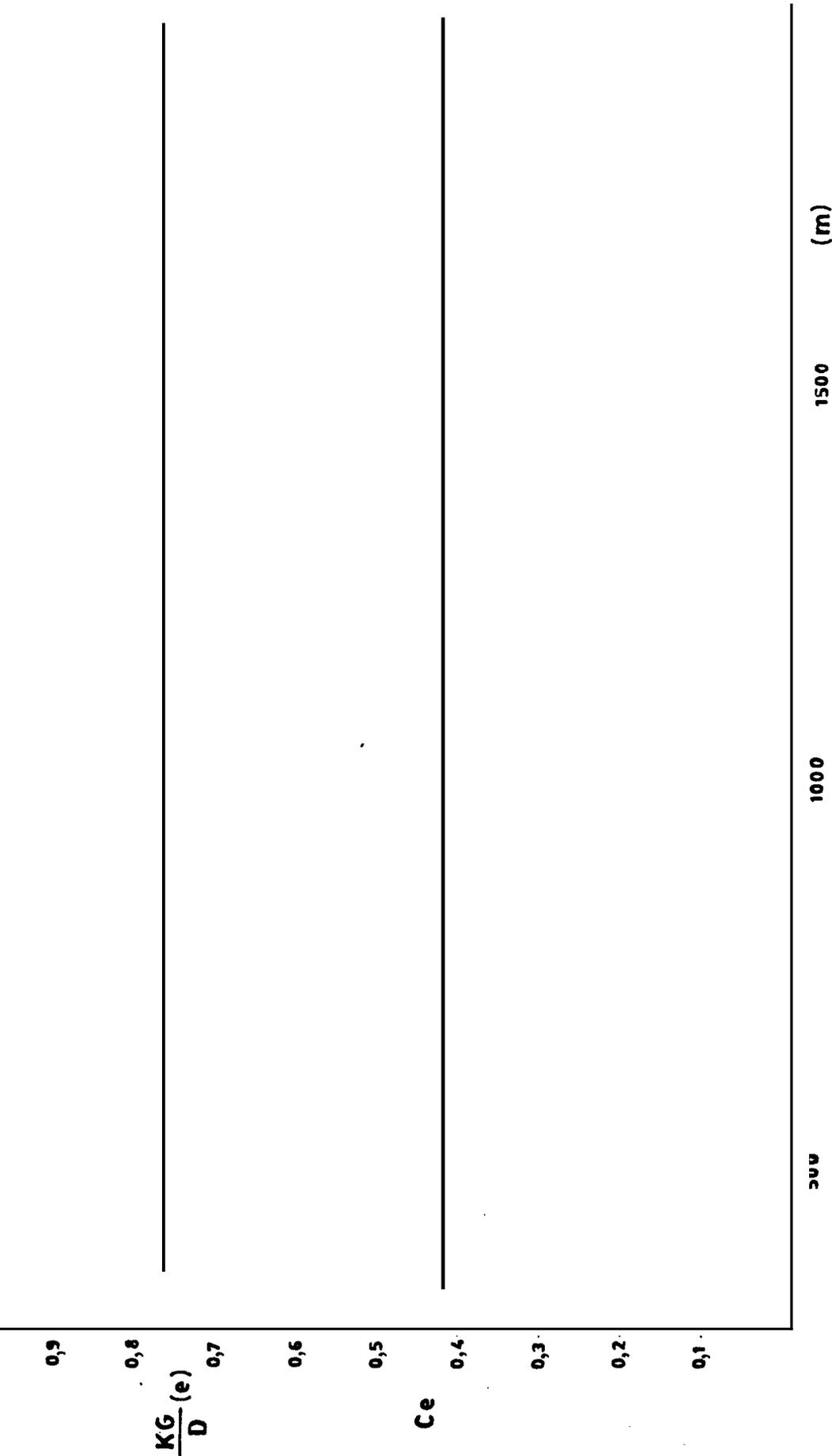


Fig. 1.10.

Eslora total vs L/B y B/D



**NO. CUB.**

Fig. 1.11.

Número cúbico vs  $Ce$  y  $KG/D(e)$

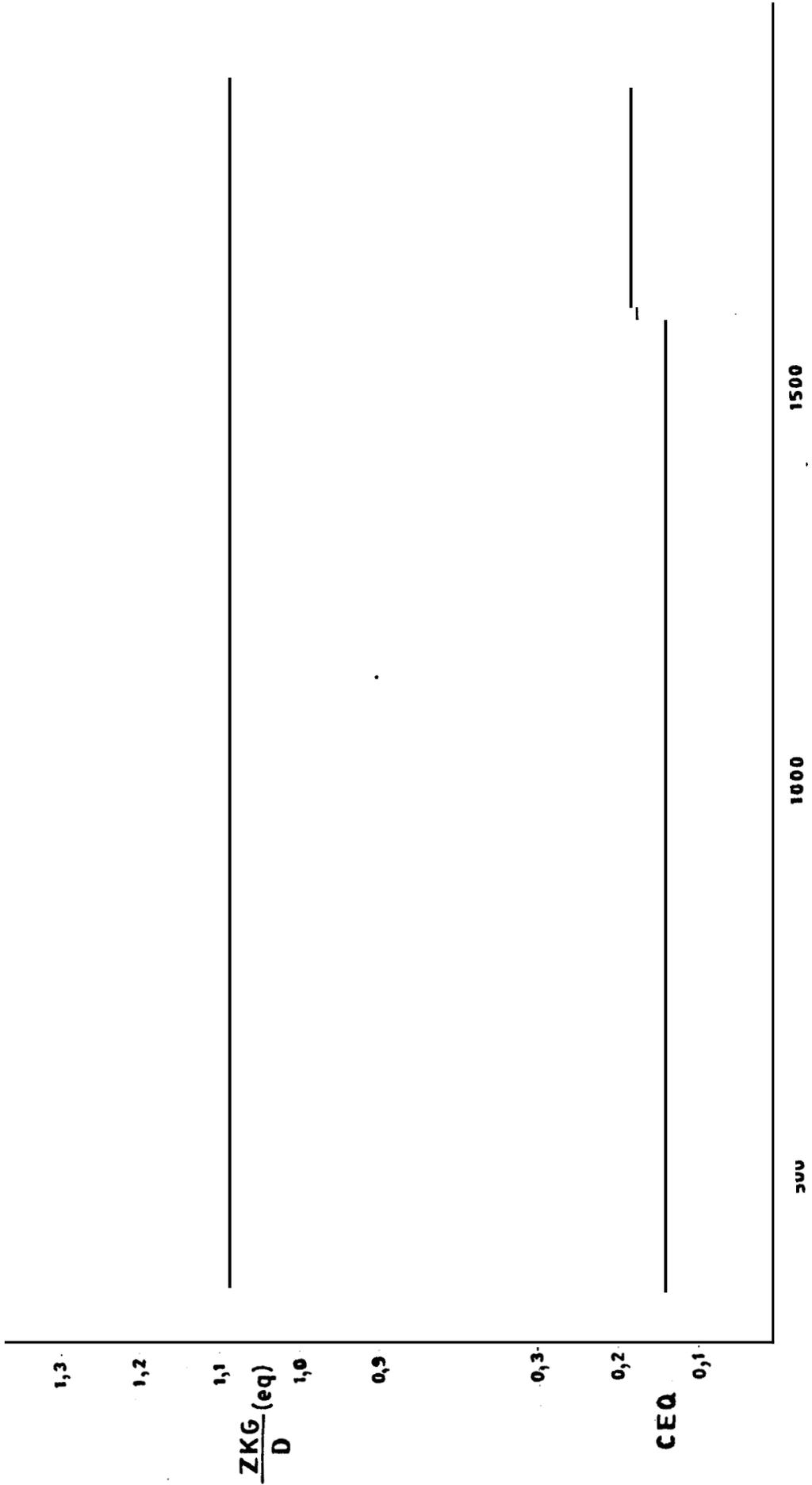


Fig. 112. CUB.

Número cúbico vs Ceq y ZKG/D (eq)

0,6

0,5

0,4

0,3

0,2

0,1

$\frac{ZKG}{D}$

CMQ

500

1000

1500

Fig. 1.13. **Nº CUB.**

Número cúbico vs Cm<sub>q</sub> y ZGG/D (maq)

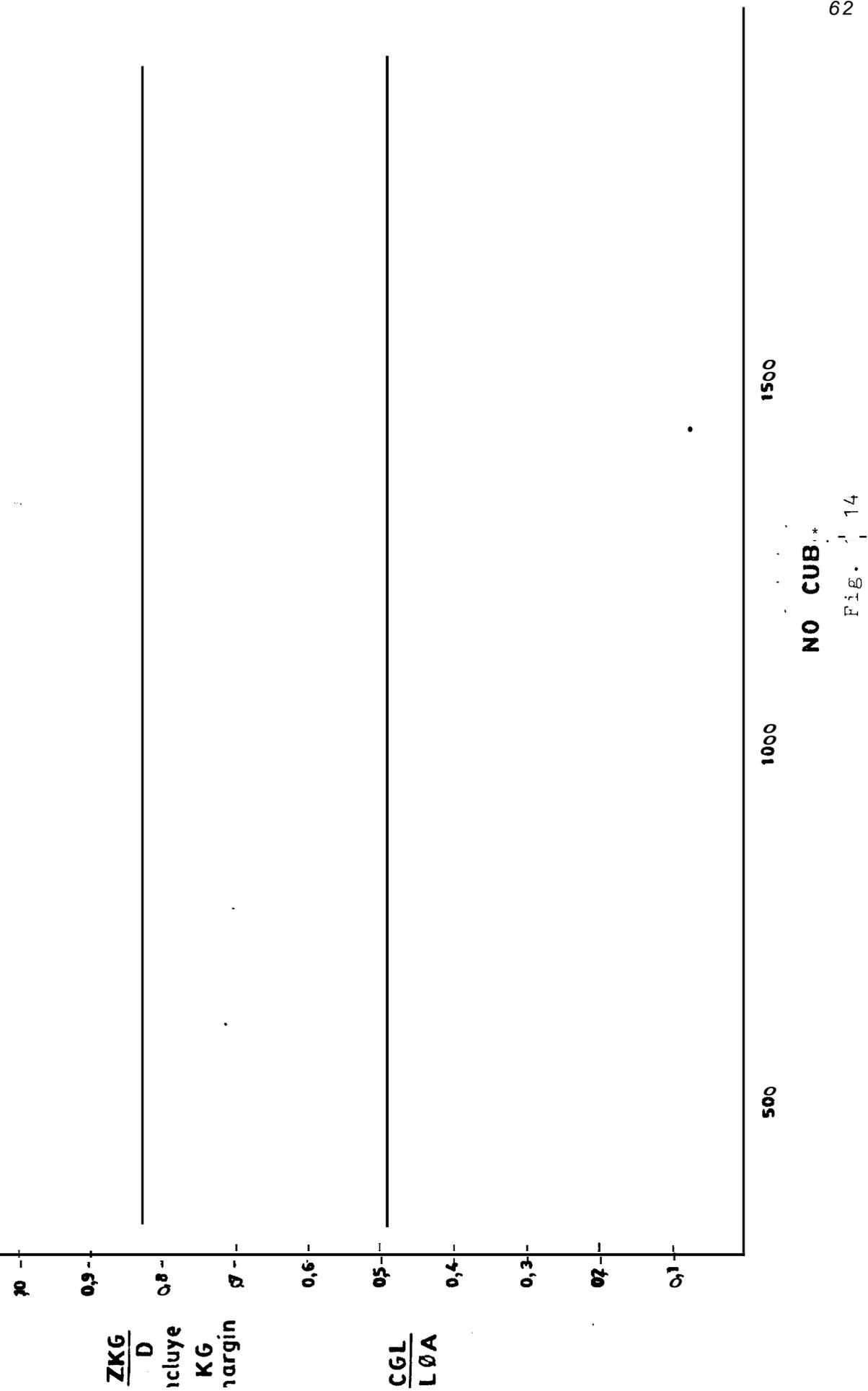


Fig. 14

Número cúbico vs C.G.L./LØA y ZKG/D

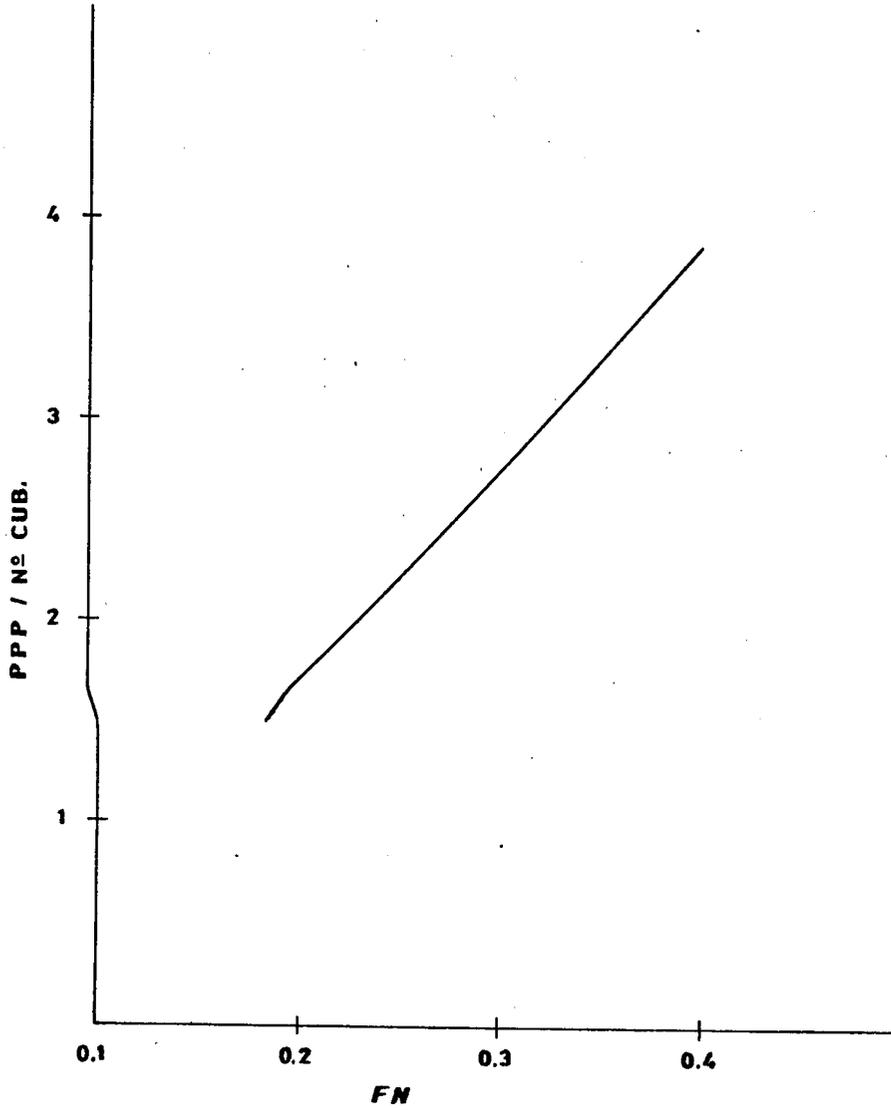


Fig. 1.15.

Número de Froude vs Potencia instalada del Propulsor

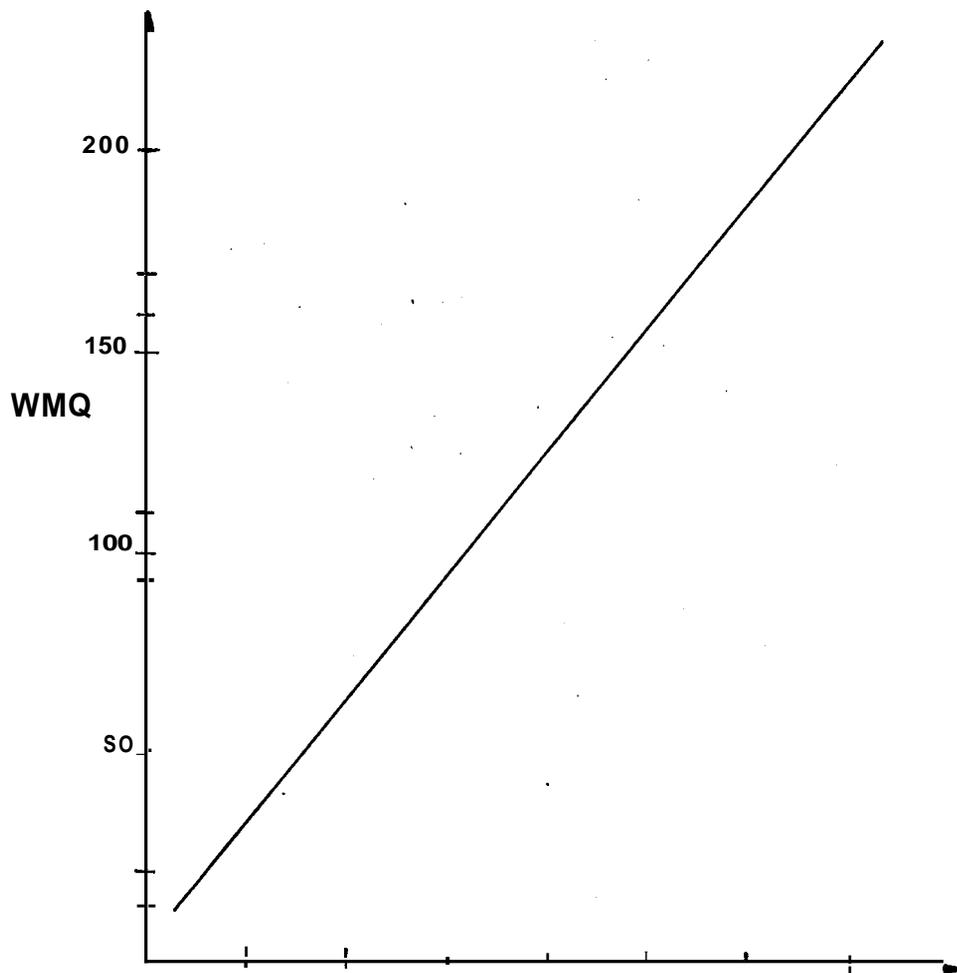


Fig. 1.16.

Potencia instalada del propulsor vs Peso de  
la Maquinaria

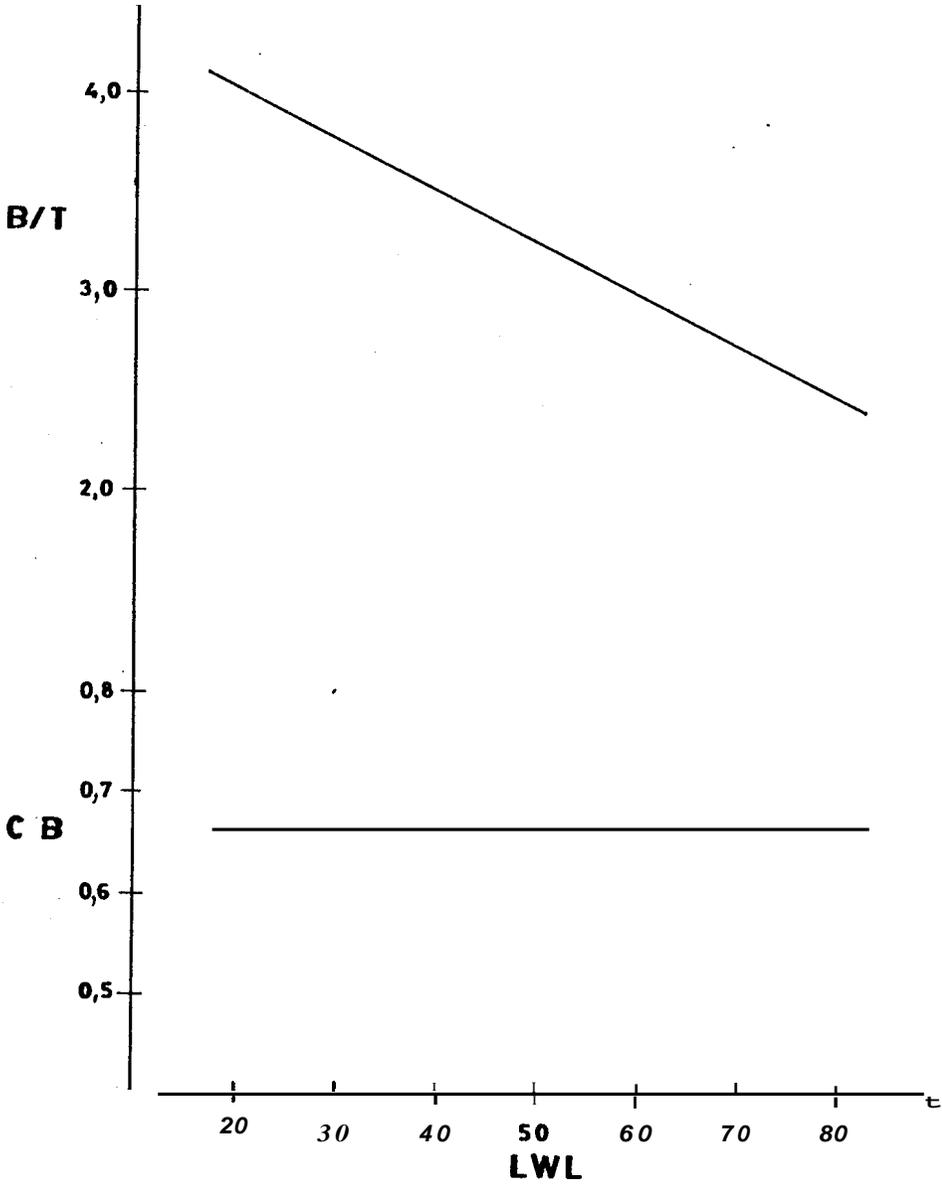


Fig. 1.17.

Eslora entre perpendiculares vs B/T y CB

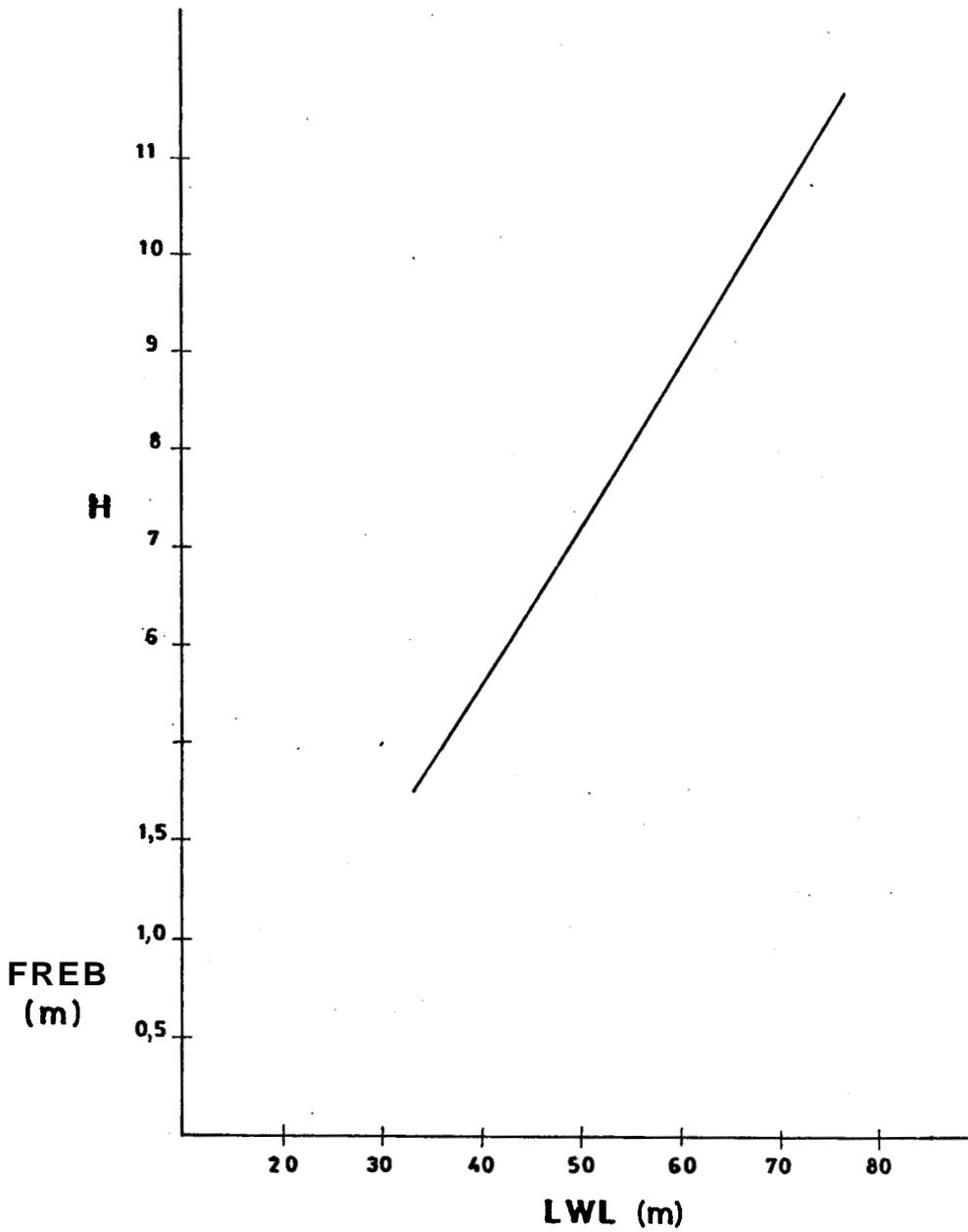


Fig. 1.18.

Eslora entre perpendiculares vs  
Francobordo y h

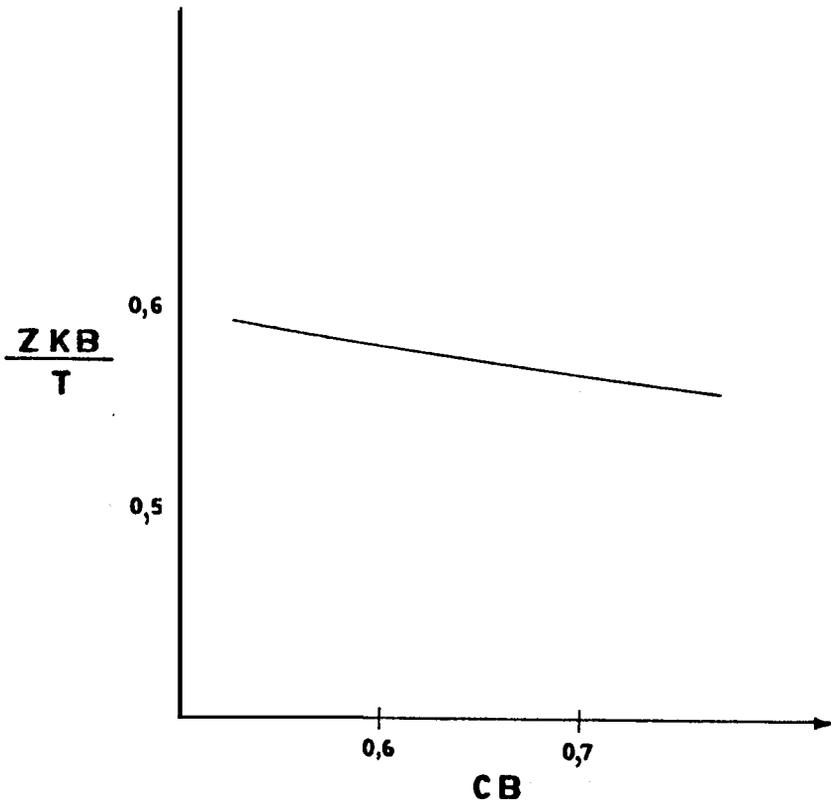


Fig. 1.19.

Coeficiente bloque vs Razón centro de  
boyantez / calado

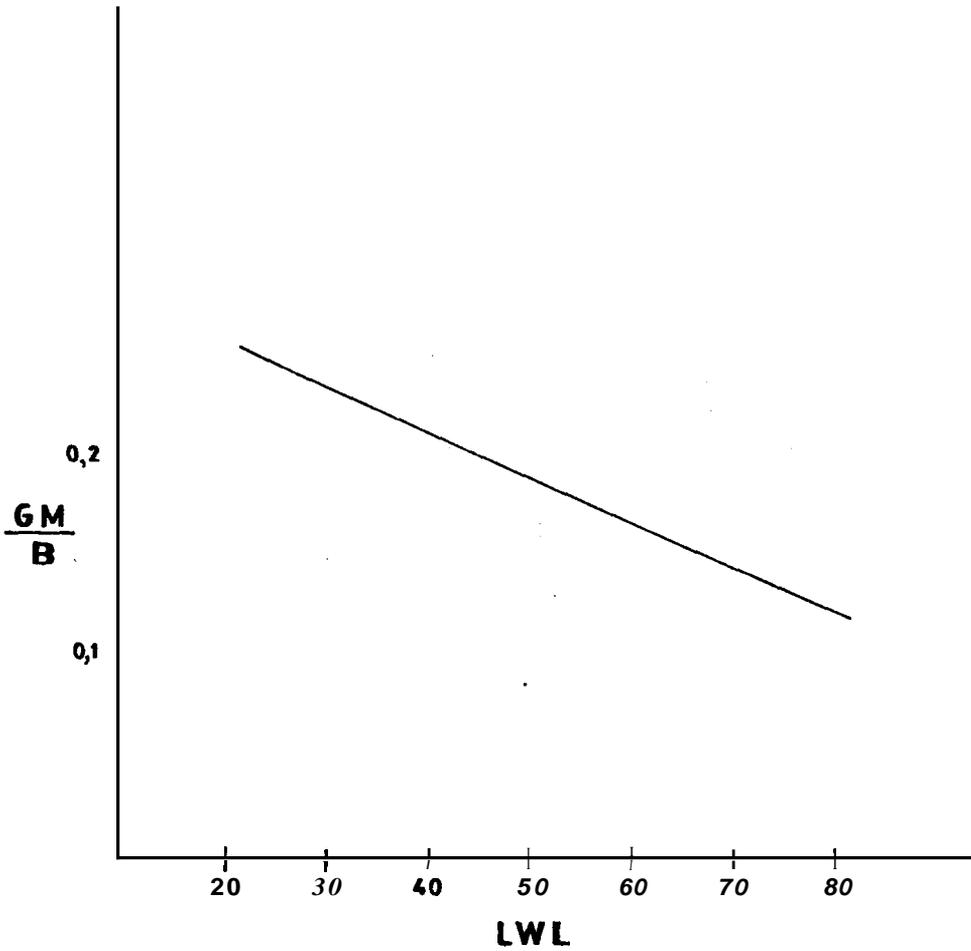
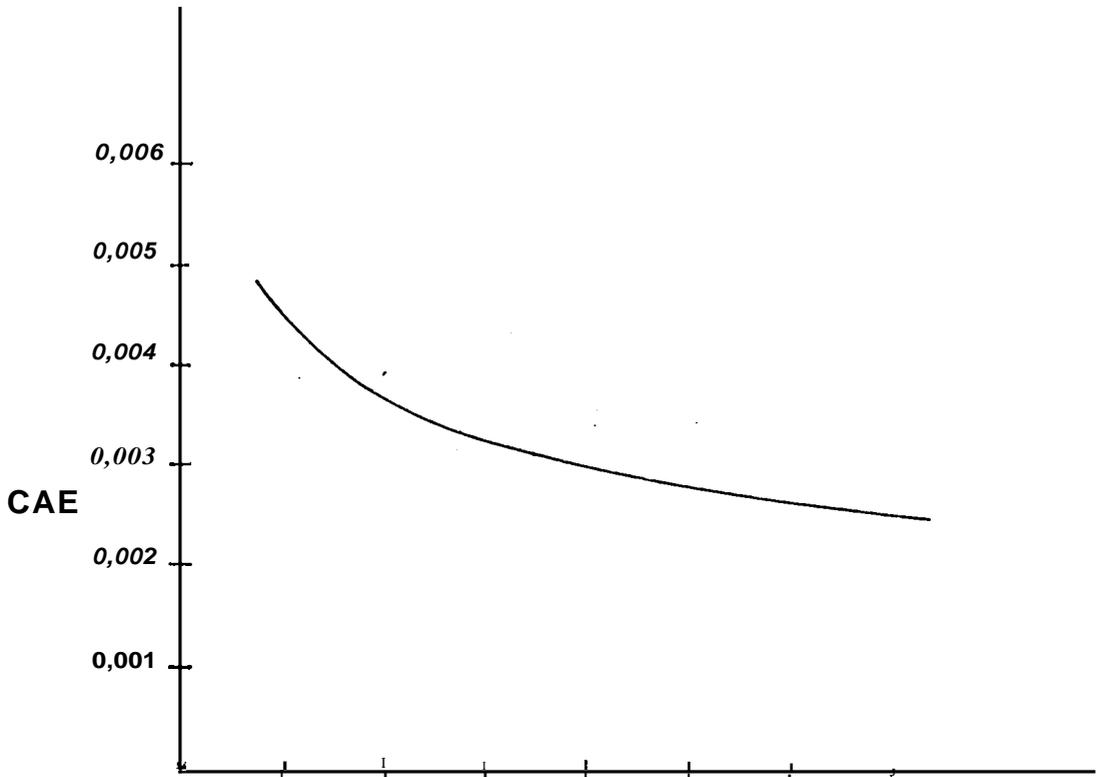


Fig. 1.20.

Eslora entre perpendiculares vs Altura  
Metacéntrica / Manga



Potencia vs Coeficiente del área del Propulsor

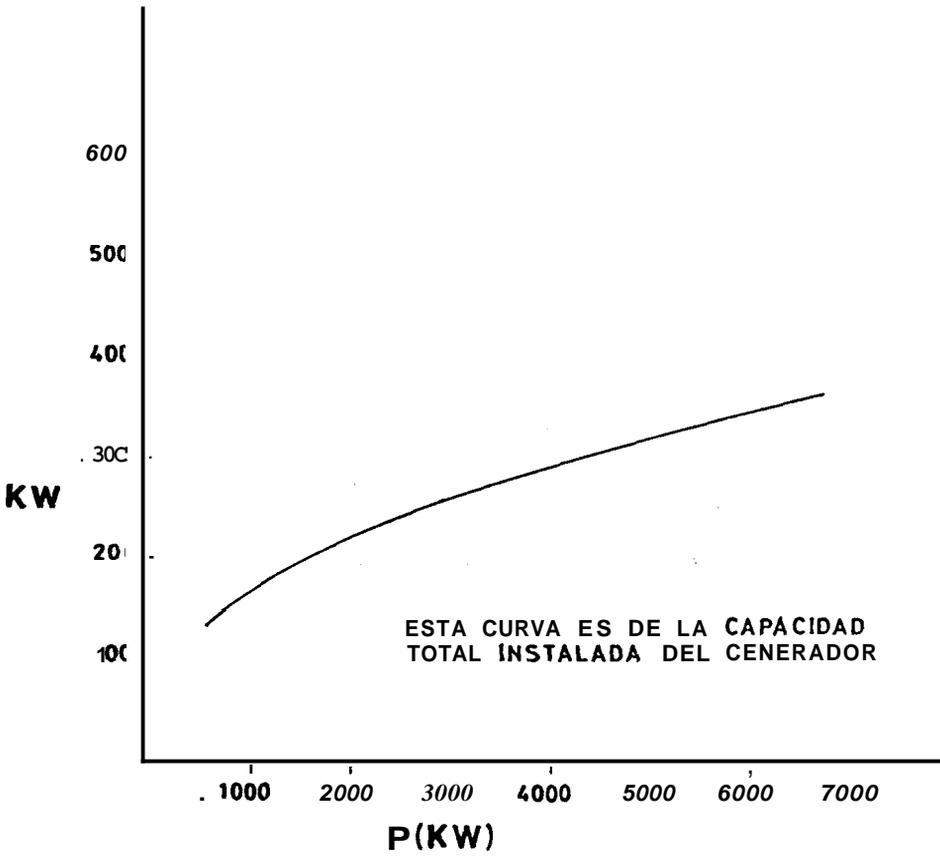


Fig. 1.22.

Potencia total instalada vs Potencia Eléctrica total

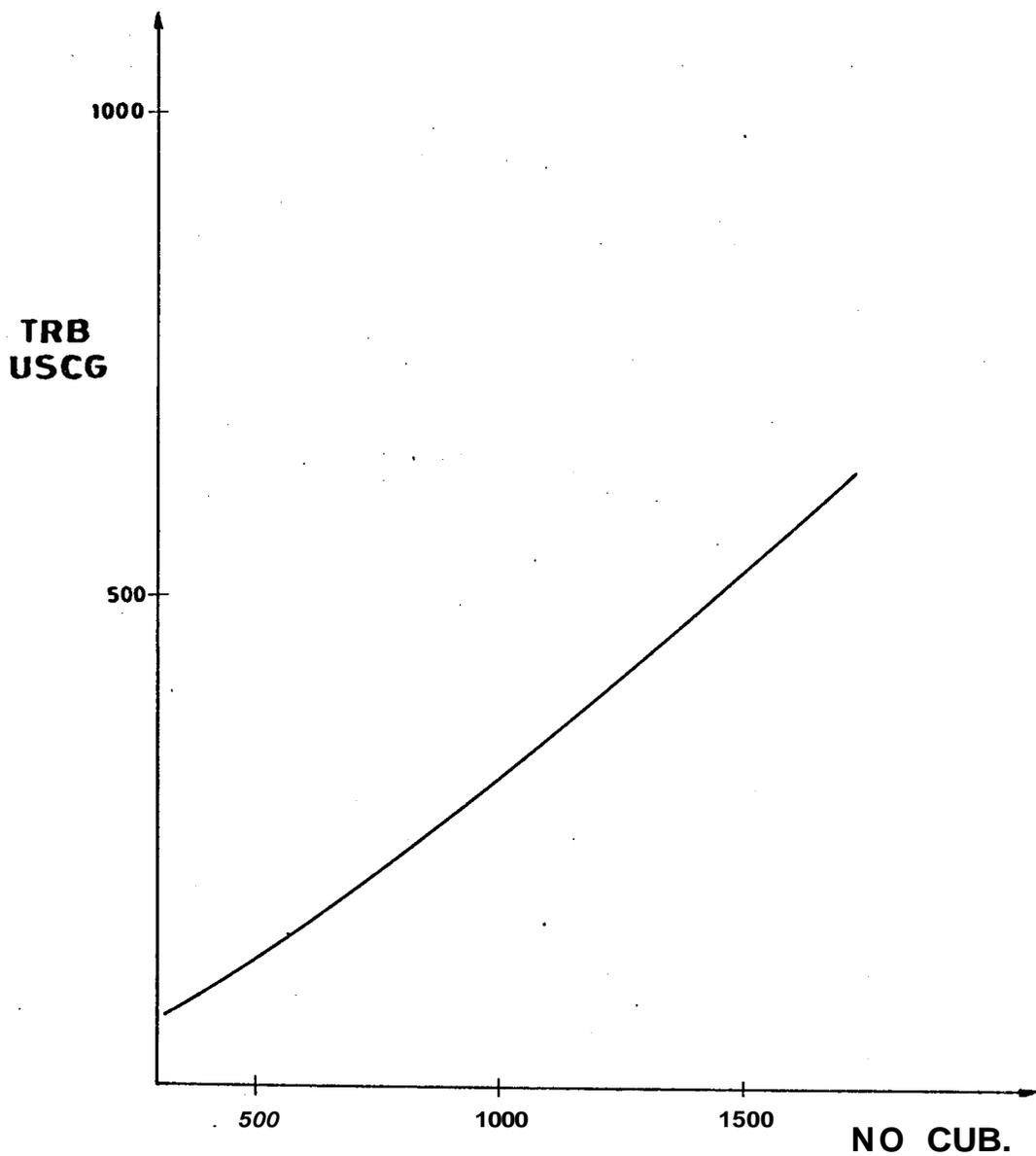


Fig. 1.23.

Número cúbico vs Tonelaje de Registro  
Bruto

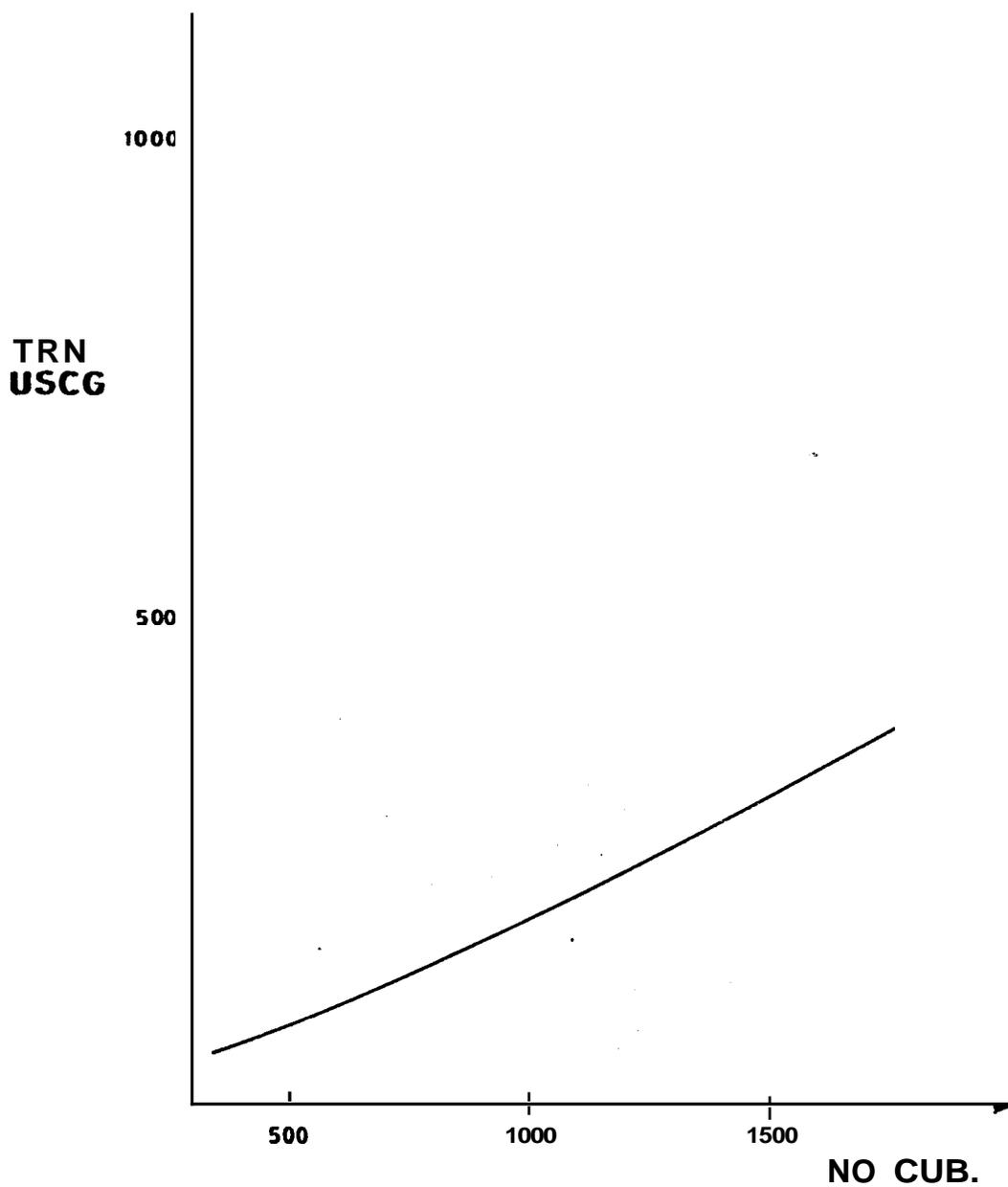


Fig. 1.24.

Número cúbico vs Tonelaje de Registro neto

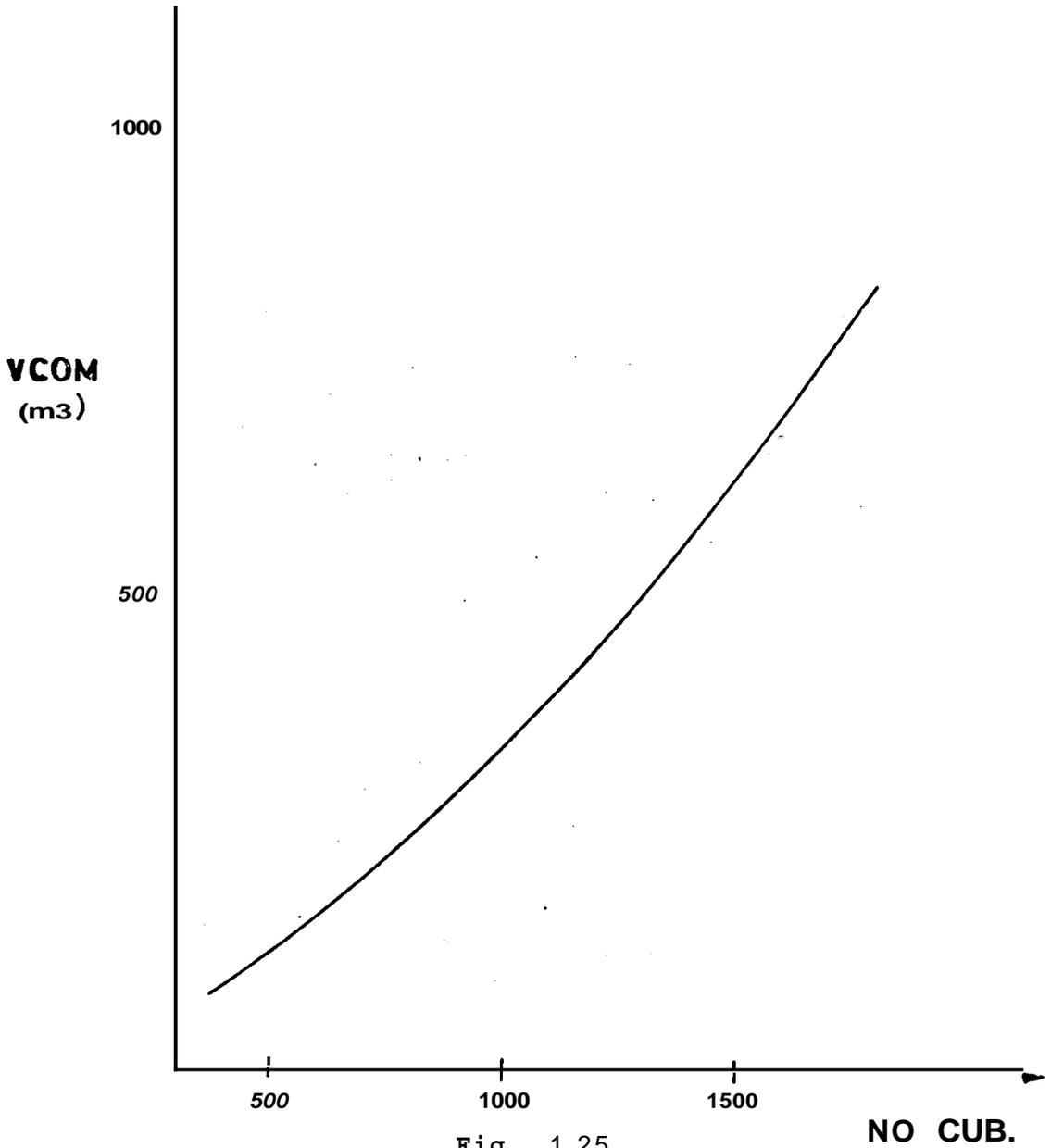


Fig. 1.25.

Número cúbico vs Capacidad de Combustible

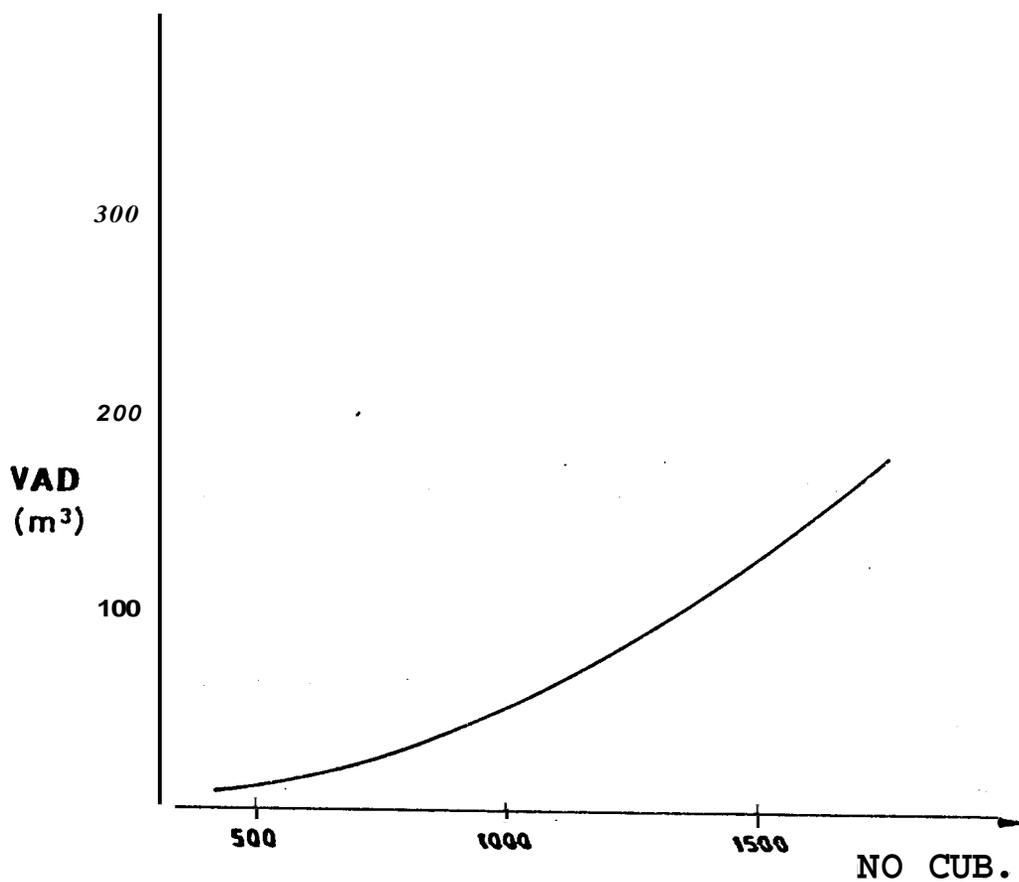


Fig. 1.26.

Número cúbico vs Capaidad de Agua dulce

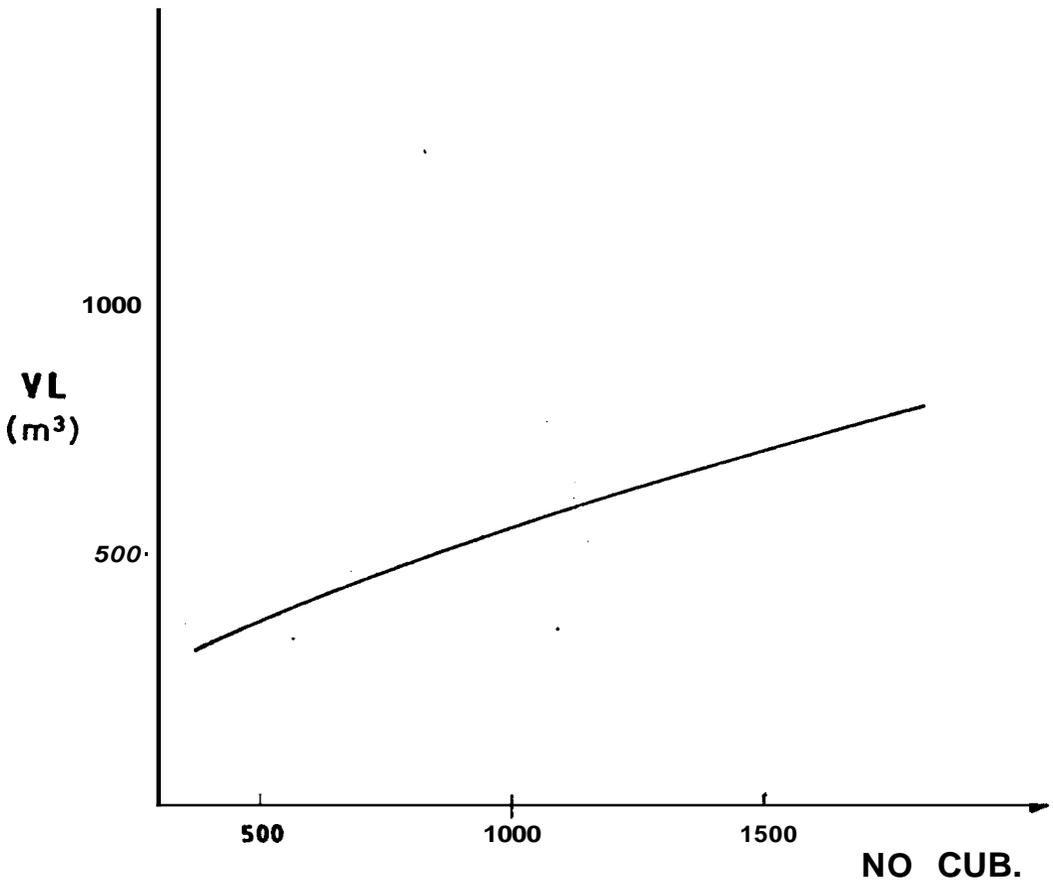


Fig. 1.27.

Número cúbico vs Capacidad de Lastre

### 1.3.2B. Diseño Preliminar.

Para definir las líneas de forma de nuestra embarcación partimos de los siguientes datos obtenidos de las ecuaciones de regresión:

Eslora	45 m.
Coeficiente Bloque	0,6645
Manga	11,14 m.
Calado	3,254 m.
Puntal	3,95 m.

Coeficiente de sección nuestra 0,882 fue tomado de datos de embarcaciones similares que se presentan en la tabla VI.

Luego el volumen de desplazamiento es  $1.084\text{m}^3$ .

Conocemos de la práctica común el uso de doble china y el ángulo entre ellas de aproximadamente  $45^\circ$  además que los costados y cubierta son rectos debido al choque de la embarcación con la plataforma, en un caso y debido a la carga en el otro.

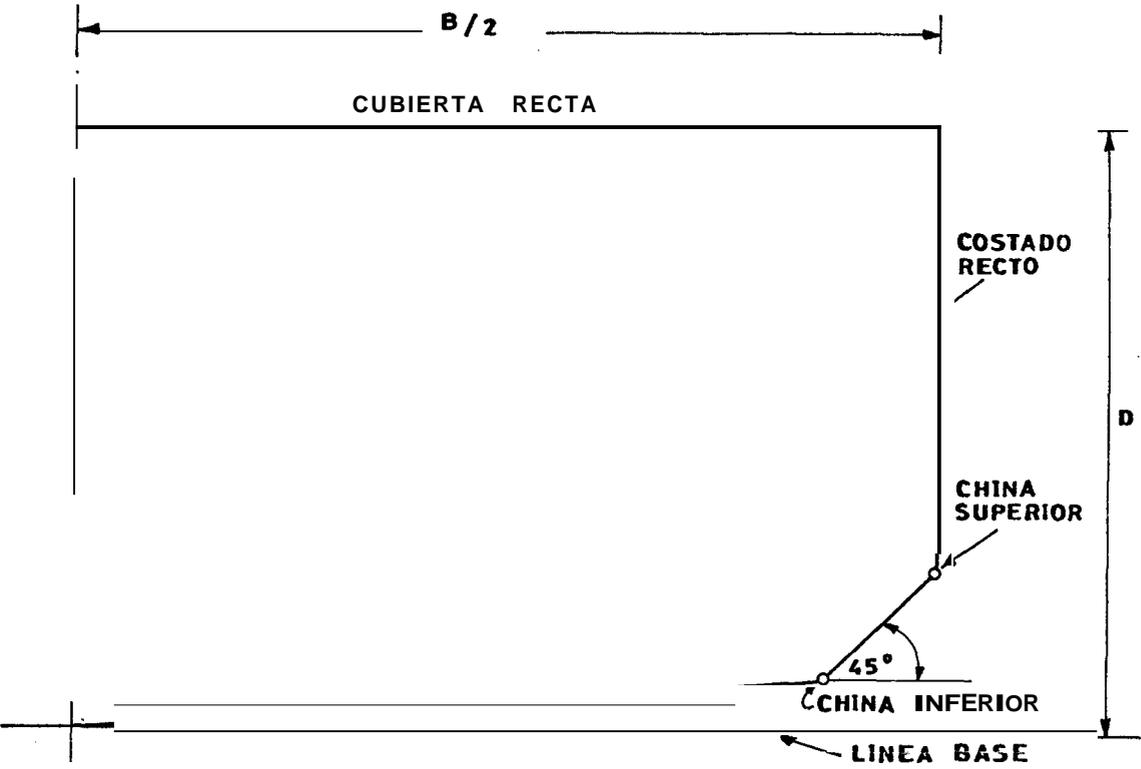


Fig. 1.28.

Definición de la sección  
Media

Con la manga y el puntal y considerando un ángulo de astilla muerta de aproximadamente  $5^{\circ}$  se trazó la estación maestra.

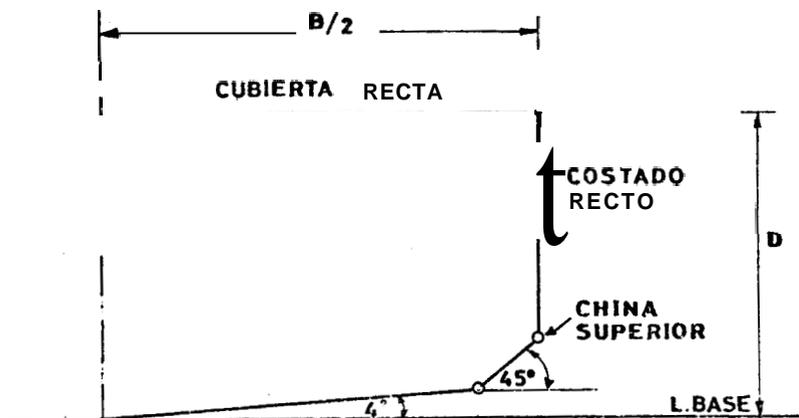


Fig. 1.29

Determinación del Angulo de Astilla muerta

Con la estación maestra así definida y el coeeficiente de la seccion estimada, se trató de encontrar el área necesaria para lo cual se varió el ángulo de astilla muerta, logrando buenos resultados con un ángulo de  $4^{\circ}$ , quedando la estación maestra definida y obteniéndose los siguientes valores:

$$A_M = 32,72$$

$$C_M = 0,9026$$

$$C_{pL} = 0,73584$$

De otros diseños similares, ref. 29 , se to maron datos y se le dib un perfil a la em - barcacibn como también las formas de las chi - nas, trazando también la cubierta en la vista en planta.

Otra estacibn que había que definir bien, era aquella bajo la cual estaría ubicada la hélice y que es aproximadamente la novena.

Para conocer la altura de esta estación de - bíamos primero calcular el diámetro de la - hélice, para lo cual como dato inicial se usó el calculador Caterpillar, en el que se - ingresa con 2.220HP del motor y un desplaza - miento del buque (  $\Delta$  ) de 1.000 toneladas a una eslora de 147. pies (45m) obteniendo una - velocidad del buque de 12,6 nudos.

Con una forma de seccibn media de este tipo,  y velocidad del buque de 12,6 nudos se encuen - tra que la velocidad de avance es igual a 10,6 considerando que la fineza en los extremos del buque es moderada.

Con esta velocidad de avance y el HP considerado se tiene que el área desarrollada del propulsor es de 2,02 lo cual con una razón de Brea de 0,8 nos ofrece un diámetro para la hélice DP igual a 1,8m.

Conocemos de ref. 18 que  $1.2 DP$  es igual a espacio para la hélice, luego el espacio para la hélice = 2,2m.

Esta será entonces la altura de la estación novena a  $B/4$  de la Línea de Crujía.

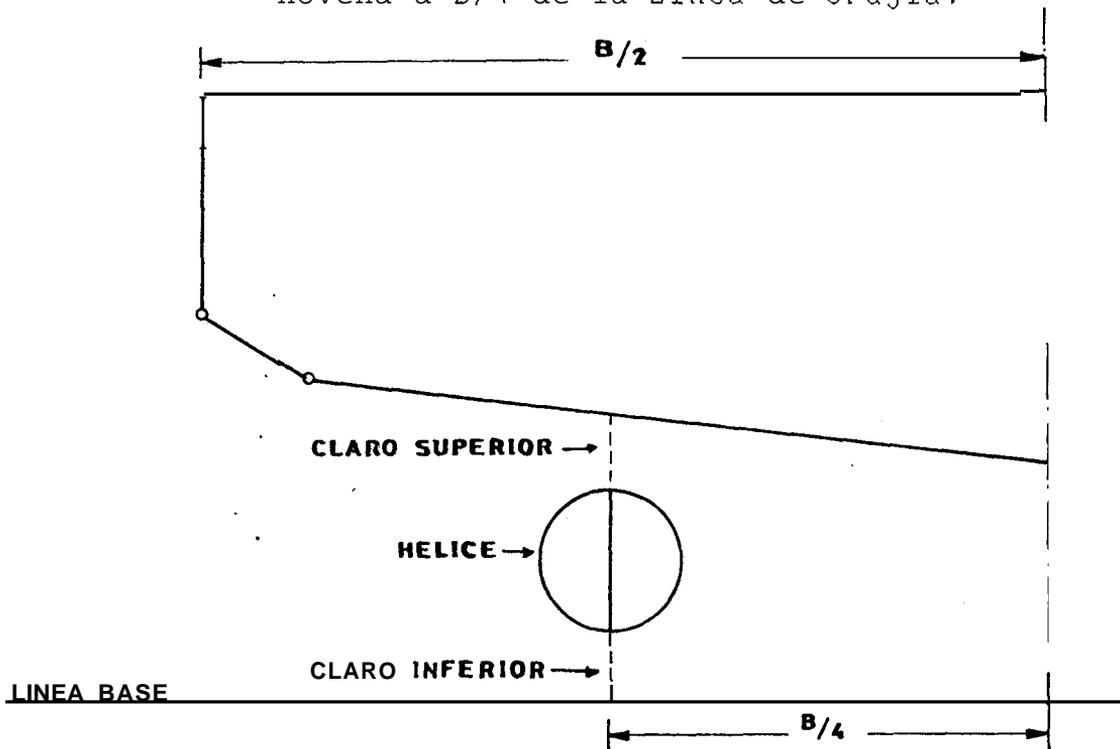


Fig. 1.30.

Definición de la sección transversal a la  
Altura de la Hélice

Con la altura del costado en la estación 9 y el perfil de la china, se trazó la estación.

Con la vista en planta de cubierta obtenida de buques similares ( 10, 22, 25 y 26), se tiene aproximadamente las mangas a lo largo de la eslora y en conjunto con el alefriz y perfiles de las chinas, se trazaron las demás estaciones, dando los ajustes necesarios en las estaciones de Proa y Popa para mejorar el flujo.

Se tomaron 10 estaciones y se hizo un cálculo muy rápido de integración de áreas seccionales hasta la línea de agua de diseño para conocer si nuestro desplazamiento y Centro de Boyantez Longitudinal estaban dentro de lo requerido.

Se procedió entonces al Cálculo de Curvas Hidrostáticas y Bon Jean con la ayuda de un programa de computador (19).

## 1.4. Cálculo de Curvas Hidrostáticas y Bon Jean.-

### 1.4.1. Descripción del Programa de Computación.-

Para realizar el cálculo de las curvas Hidrostáticas y Bon Jean se utilizó el programa de computación Proexc Fortran en el terminal del IBM 4341 de la ESPOL, el cual se basa en la - tabla de puntos de la embarcación el mismo - que se entrega a través **de** un archivo de datos, Lex Datos, y que son los datos de entrada al programa. (19).

Este programa realiza los cálculos de las curvas hidrostáticas obteniéndose los siguientes parámetros:

Áreas seccionales, **AS**,  $m^2$

Áreas de planos de flotación, **AW**,  $m^2$

Centro del plano de flotación, **XAF**, m

Volumen, **V**,  $m^3$

Centro de boyantez longitudinal, **C.B.L.**, m.

Centro de Boyantez vertical, **ZKB**, m

Centro metacéntrico longitudinal, **ZBML**, m

Centro metacéntrico transversal, ZBM, m  
 Superficie mojada, SW, m<sup>2</sup>  
 Toneladas por cm. de aumento de inmersión,  
 TP1, Ton/cm.  
 Corrección de desplazamiento por cada cm. de a  
 siento, C.A.I.P., Ton/cm.  
 Coeficiente bloque, CB.  
 Coeficiente de seccibn media, CM  
 Coeficiente prismático longitudinal, C.P.L.  
 Coeficiente prismático vertical, C.P.V.  
 Coeficiente de plano de flotación, CWP  
 Desplazamiento en agua salada, DISWD, Ton.  
 Desplazamiento en agua dulce, DISWD, ton.  
 Momento para cambiar el trimado un cm., M.T.l.,  
 ton-m/cm.

Los datos que se ingresaron son los siguientes:

Espaciamiento entre estaciones  
 Espaciamiento entre líneas de agua  
 Espesor de ~~quilla~~  
 Número de estaciones  
 Número de líneas de agua  
 Número de chinas

Alturas a cubierta

Alturas de alefriz

Alturas de chinas

Perfil de proa

Perfil de popa

Semimangas en cada estación

Altos de china inferior

Semimangas de china inferior

Altos de china superior

Semimangas de china superior

A continuación se presentan los datos y resultados descritos anteriormente, tabla IV y V - respectivamente, los mismos que se presentan en la fig. 1.31.

E S C U E L A S U P E R I O R P O L I T E C N I C A  
D E L L I T O R A L

DATOS PARA EL CALCULO DE CURVAS WIDRUSTATICAS OEL BUQUE OFFSHORE

' L E X '

4.40		0060		0.00		11	8	2		0	0	
3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1-53	2022	
1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.53	2.22	
1.65	0.43	0.00	-0.25	-0.45	-0.63	-0.82	-0.95					
1.65	35.97	38.35	40.85	44.30	44.30	44.30	44.30	44.30				
0.00	0.00	0.00	0.29	0.47	0.65	0.83	0.93					
0.00	2.52	3.30	3.50	3.58	3.67	3.75	3.80					
0.00	4.60	4.91	4.98	5.00	5.03	5.06	5.07					
0.00	5.10	5.50	5-52	5.52	5.52	5.53	5.53					
0.00	5.15	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57					
0.00	5.15	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57					
0.00	5.02	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57					
0.00	3.15	5.17	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57					
0.00	0.78	3.25	5-15	5.57	5.57	5.57	5.57					
0.00	0.00	0.00	2.18	5.17	5.40	5.40	5.40					
0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	4.50	4.50	4.50					
0.00	0.00	0000	0.00	4.00	4.00	4.00	4.00					
0.05												
1.50	0.75	0.40	0.34	0.34	0.34	0.45	0.93	1.58	2.08	2-40		
0.20	3.12	4-50	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.73	3.70		
2.50	1.72	1.25	1008	1005	1.05	1.18	1.60	2.15	2.53	2.70		
0.50	3.48	4.97	5.52	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.42	4.50		
0.00	5.65	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	3.62	1.40	0.00	0.00	0000	0.00	0.00					
0.00	28.20	32.80	37.23	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	4.87	4.87	4.85	0000	0.00	0.00	0.00					
1.00	0000	9.83	3.80	0.48	0000	0.00	0000					
0.00	0.00	5.10	3.18	0.95	0000	0000	0.00					
0.00	0.00	26.70	32.22	37.90	0.00	0.00	0000					
0.00	0.00	5.55	5.55	5.50	0.00	0000	0000					

TABLA IV

E S C U E L A S U P E R I O R P O L I T E C N I C A  
D E L L I T O R A L

AREAS SEGCIONALES DEL BUQUE OFFSHORE 'LEX'

	CUBIERTA	LA 6	LA 5	LA 4	LA 3	LA 2	LA I	LA 0
ALT.		3.600	3.000	2,400	1.800	10200	0.600	0.00
EST. 0	2.839	2.223	3.335	00663	0.207	0,000	0.000	0.00
EST, 1	25.023	22.381	17.929	13.579	9.333	5.247	1.512	0.00
EST. 2	36.898	33.352	27.298	21.280	15.292	9,326	3.620	0.00
EST. 3	41.035	37.164	30.534	23.910	17.286	10.674	4.254	0.00
EST. 4	41.397	37,498	30.814	24.130	17.446	10, 762	4.267	0.00
EST, 5	41.397	37.49%	30.814	24.130	17.446	10.762	4.267	0.00
EST. 6	40.681	36.782	30.098	23.414	16.730	10.046	3.681	0.00
EST. 7	37.728	33.829	27.145	20.461	13.777	7.253	1.890	0.00
EST, 8	31.658	27.759	21.075	14.391	7.854	2.558	0.140	0.00
EST. 9	22.413	18.633	12.154	5.691	0.589	0,030	0.000	0.00
EST. 10	14.376	11.226	50826	0.666	0,000	0.000	0.000	0.00

TABLA V-A

E S C U E L A S U P E R I O R P O L I T E C N I C A  
D E L L I T O R A L

CURVAS HIDROSTATICAS DEL BUQUE OFFSHORE 'LEX'

	ALT.	A.W.	X.A.F.	C.B.L.	ZKB
	M	M**2	M	M	M
LA 0	( 0.000)	0.000	0.000	0,000	0.000
LA 1	( 0.600)	280.069	18.119	17.953	0.320
LA 2	( 1.200)	343.908	19.496	18.669	0.690
LA 3	( 1.800)	386.674	20.878	19.460	1.038
LA 4	( 2.400)	417.505	24.669	20.426	1.367
LA 5	( 3.000)	446.229	23.602	21.229	1.694
LA 6	( 3.600)	448.275	23.509	21.692	2.030
ABIERTA		449.409	23.456	21.876	2.219

	ALT.	VOL	ZBML	ZBM	S.W.
	M	M**3	M.	M.	M**2
A 0	( 0,000)	0.000	0.000	0.000	0.000
A 1	( 0.600)	105.027	181-221	19.061	282.783
A 2	( 1.200)	295.475	103.078	10.054	367.574
A 3	( 1.800)	515.133	79.791	6.735	445.126
A 4	( 2.400)	762.932	61.159	5.301	542.917
A 5	( 3.000)	1029.009	60.040	4.057	600.237
A 6	( 3.600)	1296.939	48.306	3.235	654.071
ABIERTA		1453.856	43.444	2.892	685.636

	ALT.	DISWS	DISWD.	M.T.I.	T.P.I.	C.A.I.P
	M.	TON.	TON.	TON-M/CM.	TON/CM.	TON/CM.
A 0	( 0,000)	0.00	0.000	0,000	0,000	0.000
A 1	( 0.600)	105.972	103.032	5.404	2.803	-0.247
A 2	( 1.200)	298.134	2890860	7,780	3.442	-0.196
A 3	( 1.800)	519.769	505.345	10.091	3.870	-0.099
A 4	( 2.400)	769.798	748.436	10.521	4.179	0.253
A 5	( 3.000)	1038.269	1009.457	13.874	4.466	0.163
A 6	( 3.600)	1308.611	1272.297	14-010	4.487	0,154
ABIERTA		1466.940	1426.233	14.084	4.498	0.149

E S C U E L A S U P E R I O R P O L I T E C N I C A  
D E L L I T O R A L

TABLA DE COEFICIENTES DEL BUQUE OFFSHORE 'LEX'

	ALT.	C.B.	C.P.V.	C.P.L.	C.M.	C.W.P.
	M.					
LA 0	( 0.000)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
LA 1	( 0.600)	0.47819	0.62501	0.69257	0.69045	0.76509
LA 2	( 102001)	0.57635	0.71597	0.71592	0.80506	0.80499
LA 3	( 1.800)	0.62506	0.74012	0.71843	0.87004	0.84454
LA 4	( 2.400)	0.63767	0.76140	0.70654	0.90253	0.83750
LA 5	( 3,0001)	0.68529	0.76867	0.74325	0.92202	0.89153
LA 6	( 3.600)	0.71674	0.80366	0.76655	0.93502	0.89185
CUBIERTA		0.68670	0.77025	0.77613	0.88478	0.89153

TABLA V-C

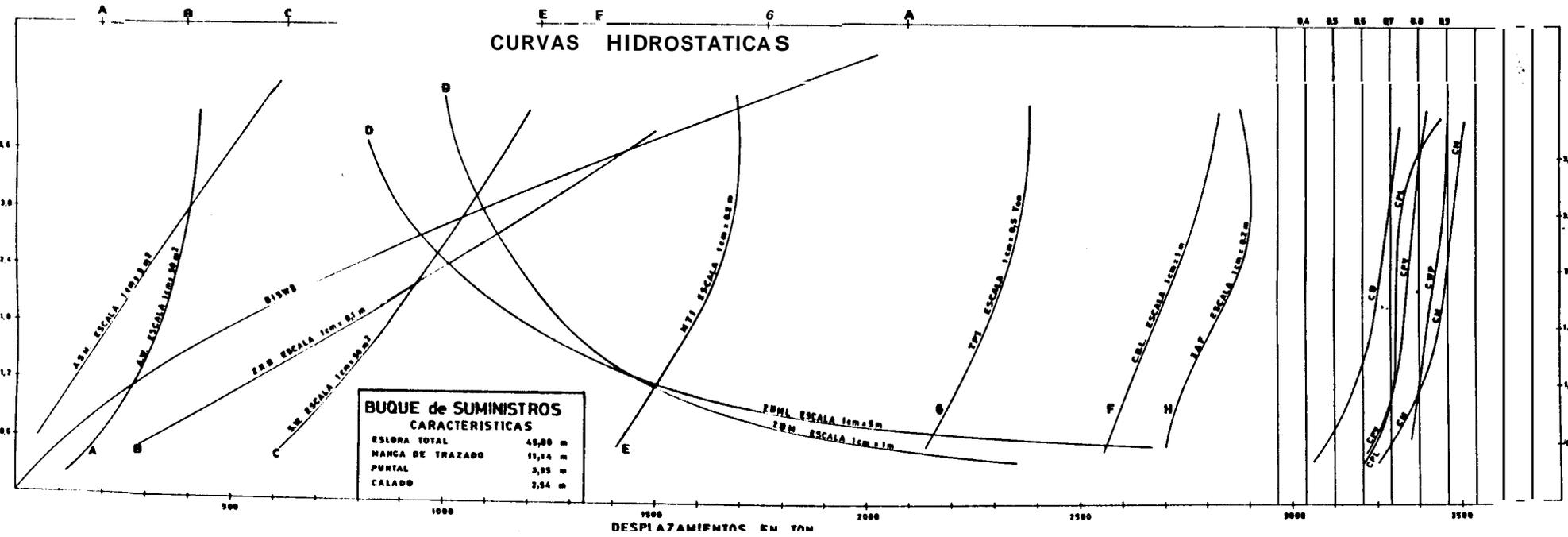


fig. 131

1.5. Comparación con otros diseños.-

A continuación se da una tabla de características de Buques Abastecedores construidos en otras partes del mundo. (22).

Buque Caracter.	1	2	3	4	5
LOA (m)	39,63	40,10	43,30	44,5	45,73
B (m)	9,75	9,75	10,06	10,97	10,67
D (m)	2,90	3,58	3,15	3,05	3,66
L/B	4,06	4,11	4,30	4,06	4,29
E/D	3,37	2,72	3,19	3,60	2,92
Datos del Buque ligero.					
a. DISWS (ton.)	213,50	262,00	278,50	294,40	332,7
b. ZKG (m)	2,468	3,35	2,83	2,3	3,15
c. $\Delta/(\text{L} \times \text{B} \times \text{D}/100)$	0,54	0,53	0,58	0,56	0,53
Capacidades					
VCOM (gal.)	19545,00	18154,00	25600,00	31420,00	35186,00
VL (gal.)	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00
TRB (ton.)	193,03	196,63	199,50	186,66	198,24
Datos a la línea de agua de carga.					
a. D (m)	2,46	3,13	2,65	2,47	3,06
b. DISW (ton.)	695,00	735,30	828,50	917,00	1028,50
c. LOA (m)	38,17	39,23	41,93	43,13	44,75
d. CB	0,750	0,615	0,734	0,776	0,696
e. CP	0,849	0,656	0,802	0,777	0,752
f. CM	0,883	0,938	0,915	0,999	0,925
g. C.B.L. (m)	0,014Pp	1,19Pr	1,1Pp	0,83Pp	2,9Pr
B/T	3,964	3,116	3,794	4,436	3,48
T/D	0,85	0,872	0,842	0,811	0,837
Condición de Máxima Carga.					
Carga en cubierta	305,00	242,10	330,00	432,00	435,00
DISWS (ton.)	587,10	540,00	699,70	845,00	895,00
VCOM (Ton.)	59,8	28,00	83,20	105,40	119,20
VAD (ton.)	4,4	4,4	4,4	10,7	4,5
T (m)	2,14	2,52	2,33	2,29	2,74
FREB (m)	0,756	1,067	0,823	0,76	0,915
ZKG (m)	3,15	3,92	3,34	3,15	3,77
ZGM (m)	2,16	1,36	2,06	2,87	1,77
V (nudos)	-	11,07	10,56	-	11,31
SHP Total	670,00	760,00	1530,00	1000,00	1530,00

Tabla VI- A  
Características de buques de suministros  
construidos en otras partes del  
mundo.

Buque	6	7	8	9	10
Caracter.					
LOA (m)	47,2	47,25	50,3	50,3	50,3
B(m)	10,97	10,97	11,89	10,97	11,59
D(m)	3,66	3,81	4,42	3,81	3,81
L/B	4,16	4,30	4,23	4,58	4,34
B/D	3,0	2,88	2,69	2,88	3,04
Datos del buque ligero.					
a. DISWS (ton.)	328,3	367,5	-	371,5	381,8
b. ZKG (m)	3,49	0,526	-	0,5	0,487
Capacidades					
VCOM (gal.)	31200,00	31407,00	41900,00	31407,00	33143,00
VL (gal.)	600,00	1200,00	1600,00	1200,00	1200,00
TRB (ton.)	183,46	194,08	-	188,47	194,60
Datos a la línea de carga					
a. D (m)	3,18	3,17	3,88	3,17	3,13
b. DISWS (ton.)	967,5	1114,0	1475,0	1195,0	1248,0
c. LOA (m)	44,68	46,18	-	49,23	49,21
d. CB	0,615	0,686	0,654	0,69	0,691
e. CP	0,697	0,740	0,697	0,744	0,746
f. CM	0,882	0,928	0,952	0,928	0,927
g. C.B.L. (m)	5,36Pr	3,365Pr	0,670Pr	3,90Pr	2,45Pr
V/T	0,456	3,459	3,059	3,459	3,696
T/D	0,869	0,833	0,878	0,833	0,825
Condición de máxima carga.					
Carga en cubierta	410,00	460,00	-	576,30	575,00
DISWS (Ton.)	852,00	937,60	-	1058,60	1144,50
VCOM (ton.)	106,00	102,00	-	102,70	106,80
VAD	4,5	4,5	-	4,5	4,5
T (m)	2,9	2,83	-	2,95	2,93
FREB (m)	0,756	0,98	-	0,86	0,88
ZKG (m)	3,9	3,84	-	3,875	3,77
ZGM (m)	2,02	1,80	-	1,74	2,16
V (nudos)	12,13	11,50	-	11,40	12,36
SHP TOTAL	1530,00	1530,00	1700,00	1530,00	1700,00

Tabla VI-B  
Características de buques de suministros  
construidos en otras partes  
del mundo.

Comparando nuestro diseño con los buques 4, 5 y 6 de la tabla precedente de esloras muy cercanas, encontramos:

	Buque 4	Buque 5	Buque 6	Buque "Lex"
LOA (m)	44,51	45,73	45,73	45,00
B (m)	10,98	10,67	10,67	11,14
D (m)	3,05	3,65	3,66	3,95
DISWS Ligero (ton)	294,40	332,70	328,30	432,00
ZKG (m)	2,30	3,13	3,08	3,14
Condicibn de máxi ma carga.				
Carga en cubier- ta (ton.)	432,00	435,00	410,00	315,00
DISWS (ton met.)	845,00	895,00	852,00	1117,00
VCOM (m <sup>3</sup> )	105,00	119,00	106,00	192,00
VAD (m <sup>3</sup> )	10,70	4,50	4,50	30,40
T (m)	2,29	2,74	2,90	3,10
FREB (m)	0,76	0,915	0,76	0,7
ZKG (m)	3,15	3,76	3,90	3,257
ZGM (m)	2,87	1,77	2,018	2,2

Tabla VII

Comparacibn con otros buques de eslora  
cercana

Como puede apreciarse y como resultado delDiseño Con -  
ceptual, las características del buque que estamos di-  
señando se parecen a las de otros buques de eslora si-  
milar.

## CAPITULO II

### DISTRIBUCION GENERAL

#### 2.1. Resumen de la Práctica Común.-

En general en la distribución de los barcos abastecedores se observa que se sigue un mismo patrón, esto es:

Una superestructura compuesta de una cubierta de castillo y una o dos superestructura sobre ella, la primera para el puente de mando desde la cual se debe tener una excelente visibilidad, y debe ser lo suficientemente alta para que esté protegido contra los oleajes del mar.

La superestructura generalmente tiene una longitud de aproximadamente el 25% de la eslora, dos pisos de habitabilidad para alrededor de 12 personas que componen la tripulación propia del buque aunque la capacidad de alojamientos es variable y puede llegar hasta 35 plazas por razones de traslado del personal, rescate de personas de alguna plataforma en peligro, etc.

A popa se tiene la cubierta de trabajo, de gran dimensibn, sin arrufo sobre la cual se ubicará - la carga, que generalmente consiste de tubos. La sala de máquinas se ubica a popa de seccibn me - dia, y a los costados se colocan 'tanques para - transportar combustible, agua potable o aceite - lubricante. Hacia proa de sala de máquinas y - por debajo de la cubierta se ubican tanques espe - ciales para transportar cemento y otros materia - les de perforacibn.

Por seguridad se colocan tanques laterales a lo largo de la sala de máquinas, los mismos que van desde el piso hasta la cubierta superior. Para evitar riesgos de inundacibn por averías, la sub - división estanca es cada vez más exigente. Así, las sociedades de clasificacibn requieren un mam - paro de colisión de proa, el proel y popel de sa - la de máquinas y el de colisión de popa.

## 2.2. Distribución del diseño actual. -

El diseño actual presenta una superestructura en la zona de proa lo suficientemente alta para ase - gurar una buena protección contra los embates de

mar, que constituye el 25% de la eslora, compuesta de puente de mando, sala de radio, habitabilidad (camarotes para 22 tripulantes), comedor, cocina, etc. Bajo cubierta tiene 2 tanques de lastre y uno de agua dulce en proa a cada banda.

En la sección central se encuentran 4 tanques de 750 pies cúbicos cada uno para transporte de material seco pulverizado y dos tanques para transporte de lodo de perforación u otros químicos en forma líquida y tanques de combustible alrededor de ellos.

A continuación y hacia popa se ubica la sala de máquinas cuyo acceso es a través de un túnel por crujía bajo cubierta, y a través de escaleras desde cubierta principal. En sala de máquinas se ubicarán dos motores principales y dos generadores eléctricos impulsados por respectivos motores diesel.

En la parte de popa se tienen tanques de lastre y también de combustible tanto a babor como a estribor.

Se cuenta con una gran área sobre cubierta (273 metros cuadrados), destinada al transporte de carga sobre cubierta.

Se ha enfatizado mucho en la subdivisión estanca para evitar los riesgos de inundación por averías, debido a la permanente posibilidad de choques contra la plataforma, especialmente en mar con condiciones desfavorables, de ahí que aparte de los mamparos estancos exigidos en el A.B.S., -  
- el nivel de estancos - el de colisión de -  
- el nivel de estancos - el de colisión de -

Se usaron las reglas de Simpson de Integración Numérica y el resumen de estos cálculos se presentan a continuación en la tabla VIII.

Tanque	Denominación	Capacidad (m <sup>3</sup> )
LASTRE	PROA	86,3
	# 1	210,3
	# 2	106,3
	# 3	30
	POPA	27,7
COMBUSTI BLE	# 1	138,2
	# 2	43,6
	# 3	20,
	# 4	10,7
AGUA DULCE		30,4
Lodo de perforación		195m <sup>3</sup> -51463,12 gal.
Material seco pulverizado		4x21,2m <sup>3</sup> =84,8m <sup>3</sup>

Tabla VIII

Resumen de las capacidades de los tanques

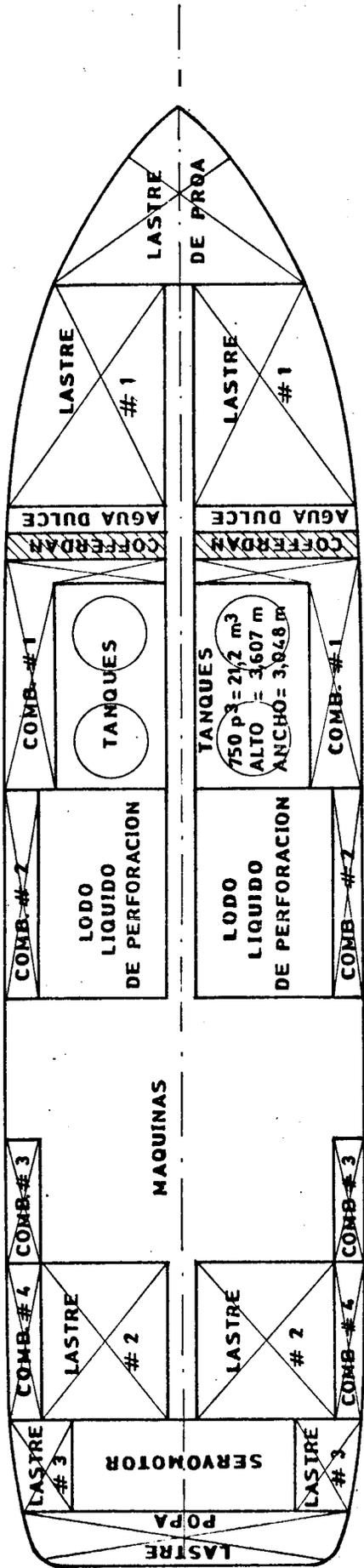


Fig. 2.32.  
Distribución de Tanques para el Cálculo de

BUQUE  
"LEX"

ESCALA 1:200

## CAPITULO III

### MATERIALES Y ESTRUCTURALES

#### 3.1. Selección del material del casco y superestructura.-

La estructura del casco de un buque abastecedor puede ser construida de acero, madera, aluminio, ferro-cemento, fibra reforzada con plástico y de aleaciones de cobre-níquel.

Cada material tiene sus ventajas y desventajas, sin embargo, la factibilidad de un material en particular y el costo y peso de la embarcación es lo que nos lleva a elegir el material a ser utilizado.

La fig. 3.33 nos muestra las ventajas de unos materiales sobre otros en función de la eslora del buque.

Según esto y considerando que nuestra embarcación tiene 147 pies, 45m., el material que debería utilizarse es el acero.'

**MADERA**

**ACERO**

**ALUMINIO**

**PLASTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO**

**FERROCEMENTO**

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120  
PIES

**ESLQWA DEL BUQUE**

Fig. 3.33

Ventajas de ciertos materiales de construcción en funcibn de la Eslora.

A continuacibn se dan tablas de comparacibn de precios y pesos que son el resultado de un pesquero de 87.5' x 24' x 13' en el año 1968, tabla IX y X. Estas ta - blas se pueden tomar como ilustración porque de las va - riaciones de costo y peso de un casco construído con -

US\$ PRECIOS DE COMPRA						
Material	1 Casco	%	5 Cascos	%	25 Cascos	%
Acero	122,400	100	111,10	100	97,500	100
Aluminio	165,202	135	150,000	135	131,200	135
Madera	127,925	104	116,100	104	101,200	104
F.R.P.	175,379	143	111,300	100	87,720	90
<u>Ferrocemen</u> to	108,075	88	99,200	88	86,000	88

Tabla IX

, Comparacibn de precios de embarcaciones segbn el material usado

Material	Peso total (Ton.)	Porcentaje de Peso en Acero
Acero	106,2	100
Aluminio	47,65	45
Madera	109,78	103
F.R.P.	64,20	60,5
Ferrocemento	110,32	104

Tabla X

Comparacibn de pesos de embarcaciones segbn el material usado.

distintos materiales depende del país donde se construya.

### 3.2. Estructurales. -

Para el diseño de los estructurales se usaron las reglas para la Construcción y Clasificación de Buques de Eslora, inferior a 61m., de ABS, 1973 (2).

El sistema de construcción que se sigue es transversal.

A continuación se presentan todos los cálculos estructurales:

#### 3.2.1. Cálculo de Espesores del Planchaje. -

El cálculo de espesores del planchaje se presentan en la Tabla XI donde:

$t$ , es el espesor del planchaje

$S$ , es el espaciamiento de cuadernas o longitudinales en mm., se toma  $S$  igual a 540 mm., de acuerdo a la Secc. 12.1. Ref. 2.

Planchaje	Ecuación (mm)	Regla Y Secc.	t (pulg.)
Forro del fondo	$t = \frac{S}{519} (L - 19,8) \left(\frac{d}{D}\right) + 2,5$	12.3.2.	5/16"
Forro del costado	$t = \frac{S}{695} (L - 15,2) \left(\frac{d}{D}\right) + 2,5$	12.5.1 12.5.2.	5/16"
Planchas de cubierta	$t = \frac{S}{254} h + 2,54$	13,3	5/16"
Quilla	$t = 0,063 L + S$	7.1.1.	5/16"
Altura de la quilla igual a la altura de la varenga = 0,62m. Plancha horizontal en la parte superior de la quilla espesor = 5/16", ala 0,2m.			

Tabla XI

Espesores del Planchaje

### 3.2.2. Cálculo de la Estructura de Fondo.-

3.2.2a. Varengas de Plancha.- El Módulo Seccional de las varengas de plancha no será inferior a:

$$SM = 7,9 c h s l^2, \text{ cm}^3 \quad (\text{Secc. 7.1.3. ref. 2})$$

$$\text{donde: } c = 0,47$$

$$h = 3,95$$

$$s = 0,54$$

$$l = 9,74$$

$$\text{Luego } SM = 751,34 \text{ cm}^3$$

La altura mínima de las varengas en crujía no será menor que  $h_f = 6,25 l \text{ mm} = 0,62\text{m}$ .

El espesor mínimo  $t = 0,01 h_f + 3 \text{ mm}$  luego  $t = 3/8''$ .

3.2.2b. Longitudinales del fondo.- El Módulo Seccional según Secc. 7.2.1. será:

$$SM = 7,9 c h s l^2, \text{ cm}^3$$

donde:  $c = 0,915$

$h = 3,85$

$s = 0,64$

$l = 4 \text{ m.}$

Luego:  $SM = 284,97 \text{ cm}^3$

Por lo que se eligen refuerzos de  $8" \times 3" \times 5/16"$  espaciados a 640 mm.

### 3.2.3. Estructurales del Costado.-

3.2.3a. Cálculo de las Cuadernas al Costado.- El Módulo Seccional no será inferior a

$SM = 7,9 \text{ h s l}^3, \text{ cm}^3$  (Secc. 8.3.1. Ref. 2)

Donde:  $S = 0.54$

$l = 3,1$

$h = 2,1$

$SM = 86,50$

Luego se eligen refuerzos de  $5" \times 3" \times 5/16"$

... .

3.2.3b. Refuerzos longitudinales del Costado.- El Módulo Seccional no será inferior a:

$$SM = 7,9 h s l^2, \text{ cm}^3$$

donde:  $s = 0,64$

$h = 2,53$

$l = 4$

Luego el Módulo Seccional no será inferior a  $188,5 \text{ cm}^3$  por lo que se colocarán ángulos de  $6" \times 4" \times 5/16"$ .

3.2.4. Cálculo de Refuerzos de Cubierta.-

3.2

3.2.4a. Baos.- El Módulo Resistente de cada Bao, asociado a la plancha a que va unido no será inferior al obtenido de: Secc. 9.2.1. ref. 2.

$$SM = 7,9 c h s l^2, \text{ cm}^3$$

donde:  $c = 0,60$

$s = 0,54$

$l = 5m$

$$h = 3,66$$

De que  $SM = 234,2 \text{ cm}^3$ , por lo que se eligen ángulos de  $7" \times 4" \times 5/16"$ .

#### 3.2.4b. Longitudinales.-

$$SM = 7,9 c h s l^2, \text{ cm}^3$$

donde:  $c = 0,70$

$$s = 0,64$$

$$l = 4,0$$

$$h = 3,66$$

De aquí,  $SM = 207,3 \text{ cm}^3$ . Se eligen refuerzos de  $6" \times 4" \times 5/16"$  para los **longitudinales de cubierta**.

#### 3.2.5. Cálculo de los Mamparos.-

3.2.5a. Espesor de los mamparos.- **El** espesor  $t$  de los mamparos estancos se obtendrá de la ecuación siguiente:

$$t = \frac{s (h + 6,1)}{1830} + 3,05\text{mm. (Secc. 10.5.1)}$$

donde:  $s = 0,64 \text{ m}$

$h = 3,95 \text{ m}$

Luego, el espesor de los mamparos estancos serán de  $1/4''$ .

En el caso del Mamparo de Colisión el espesor será de  $5/16''$ .

3.2.5b. Refuerzos Verticales.- Se escogen ángulos de  $2'' \times 2'' \times 1/4''$ , con un módulo seccional de  $19,96 \text{ cm}^3$ , puesto que para el caso se necesita refuerzos de Módulo Seccional de  $18,88 \text{ cm}^3$ .

El módulo resistente **de** los refuerzos del mamparo de colisión se incrementará un 25% sobre el Módulo Resistente calculado anteriormente, luego:

$$SM = 23,6 \text{ cm}^3$$

Escogiéndose refuerzos de 2" x 2" x 5/16" que tienen un módulo de 23,69 cm<sup>3</sup>.

### 3.2.6. Cálculo de Estructurales de Superestructura.-

#### 3.2.6a. Planchas del Costado.-

De acuerdo a 14.1.3 ref. 2. las planchas - del costado de la superestructura serán de 1/4" de espesor.

Los mamparos extremos tendrán un espesor de 5/16".

#### 3.2.6b. Refuerzos.-

En superestructura se colocarán en el mamparo de proa refuerzos de 4" x 2" x 5/16" con una separación de 50cm. entre ellos.

En los costados se pondrán platinas de 4" x 3/8" y en el mamparo de popa platinas de 3 1/2" x 3/8".

## CAPITULO IV

### RESISTENCIA Y PROPULSION

#### 4.1. Estimación de la Resistencia al Avance.-

Un buque en movimiento encuentra resistencia del agua y del aire, la primera mucho mayor que la segunda y que merece una gran atención en el diseño de una embarcación.

La resistencia total al avance  $R_T$ , puede resumirse como la suma de:

$$R_T = R_R + R_F + R_{Otros}$$

Siendo:

$R_R$  = Resistencia residual que suma los efectos de la resistencia de las olas generadas por el buque y de la resistencia viscosa de presión.

$R_F$  = Resistencia friccional debido a la viscosidad del agua.

$R_{\text{Otros}}$  = Resistencia debido al aire y a los apéndices, dada la forma **de** carena.

#### 4.1.1. Cálculo de la Resistencia Residual.-

La resistencia residual (%) es igual a:

$$R_R = C_R \rho S \frac{V^2}{2}$$

donde:

$C_R$  = Coeficiente de Resistencia Residual

$\rho$  = Densidad de Masa del Agua

$$\rho = 104,31 \text{ Kg. } \frac{\text{seg.}^2}{\text{m}^4}$$

$S$  = Superficie Mojada

$S = 615 \text{ m}^2$  para  $H = 3,1\text{m}$ .

$V$  = Velocidad del Buque en m/seg.

$C_R$  fue tomado de la Curva  $C_R \times 10^3$  vs.  $V/\sqrt{L}$ ,



fig. 4.34. para un buque de suministro de 180 pies de eslora (54,88m), (22), el mismo - que tiene doble china y quilla de arrastre.

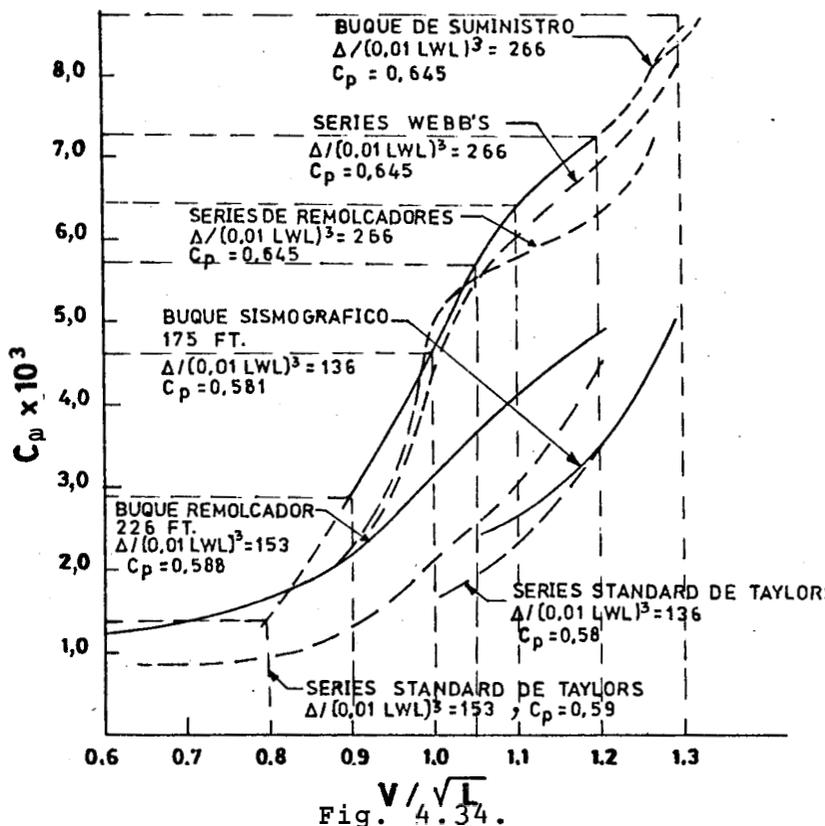
Donde:

L = Eslora en pies

V = Velocidad del barco en nudos

Se tomó para  $\frac{V}{L}$  valores de 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 y 1,3 y se obtuvieron datos de  $C_R$  para cada valor de velocidad los mismos que se expresan en la Tabla XVII.





Coeficiente de resistencia residual de buques de suministro y otras embarcaciones.

#### 4.1.2. Cálculo de la Resistencia Friccional.-

La resistencia friccional  $R_f$  es igual a:

$$R_F = C_F \rho S \frac{V^2}{2}$$

Donde:

$C_F$  = Coeficiente de resistencia friccional  
 fue tomado como  $C_F = \frac{0.075}{(\log. R_n - 2)^2}$  según

la línea de Correlación ITTC - 1.957 -  
 para modelo-buque.

Siendo:  $R_n$  = Número de Reynolds

$$R_n = \frac{VL}{\nu}$$

Donde:

V = Velocidad del buque en m/seg.

L = Eslora en m.

$\nu$  = Coeficiente Cinemático de Viscosidad:

$$\nu = \text{Para } 26^\circ \text{C} = 0,877 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

Para distintos valores de  $R_n$  con las velocidades diferentes se obtuvieron los  $C_F$  de las tablas de Coeficientes para ATTC e ITTC modelo-buque.

A estos valores de  $C_F$  se les incrementó un va

lor de 0,0004 de corrección por rugosidad.

(6).

4.1.3. Cálculo de la Resistencia por Apéndices ( $R_{AP}$ ).

$$R_{AP} = C_{AP} \rho \frac{SV^2}{2}$$

donde:  $C_{AP}$   $\square$  Coeficiente de Resistencia de Apéndices.

$C_{AP} = 0,15 - 0,4 (10^{-3})$  para buques - de 2 hélices siendo los valores altos para barcos con quillas - de balance, (6).

Luego se toma como  $C_{AP} = 0,2 \times 10^{-3}$

4.1.4. Cálculo de la Resistencia del Aire ( $R_{AA}$ )

$$R_{AA} = C_{AA} \rho_{AA} \frac{V_{AA}^2}{2} A_{AA}$$

donde  $C_{AA}$  = Coeficiente de Resistencia del Aire.

$$C_{AA} = 1,2 - 1,3 (10^{-3})$$

Se toma  $C_{AA} = 1,3 \times 10^{-3}$  (6)

$\rho_{AA}$  = Densidad de Masa del Aire

$$\rho_{AA} = 0,125 \text{ Kg } \frac{\text{seg.}^2}{\text{m}^3}$$

$V_{AA}$  = Velocidad del Aire respecto del Buque.

$$V_{AA} = \sqrt{V^2 + V_0^2 + 2 V V_0 \cos \alpha} \text{ donde en el peor de los casos } \alpha = 180^\circ .$$

$$V_{AA} = \sqrt{V^2 + V_0^2 + 2 V V_0}$$

donde:

$V_0$  = Velocidad del viento para Beaufort 3, (condiciones meteorológicas del medio), fluctúa entre 3,4 - 5,2 m/seg.

Se toma  $V_0 = 4,3$  m/seg.

$V$  = Velocidad del buque

$A_{AA}$  = Area proyectada transversal de la obra muerta.

$$A_{AA} = 58,88 \text{ m}^2$$

De ahí que se tiene que

$$R_{AA} = 0,004784 (V_{AA})^2$$

Luego:

$$R_T = C_R \rho \frac{SV^2}{2} + C_F \rho \frac{SV^2}{2} + C_{AP} \rho \frac{SV^2}{2} + C_{AA} \rho \frac{V_{AA}^2}{2}$$

$$R_T = (C_R + C_F + C_{AP}) \rho \frac{SV^2}{2} + C_{AA} \rho \frac{V_{AA}^2}{2} A_{AA}$$

Los valores de Resistencia Total ( $R_T$ ) son dados en la tabla XVIII, la misma que se ha incrementado en un 20% debido a que va a haber un incremento de R por la suciedad del casco y además por lo inseguro de  $C_R$  en el cálculo de  $R_R$ .

#### 4.1.5. Cálculo de la Potencia.-

La potencia efectiva del buque (EHP), es igual a  $EHP = R.V/75$

Donde: R = Resistencia al avance en Kg.

V = Velocidad del buque en m/seg.

De acuerdo con los datos de la tabla XVII. - obtenemos los valores de potencia efectiva - para las distintas velocidades, tabla XVIII - donde se presentan además los valores de la potencia entregada a la hélice, DHP, en caballos de vapor, C.V.

Conociendo que, coeficiente cuasipropulsivo  $\eta_D$  es igual a:

$$\eta_D = \frac{EHP}{DHP} \cdot 0,5$$

$$\text{Luego DHP} = 2 \text{ EHP} \times 1,014 \frac{\text{C.V.}}{\text{HP}}$$

A continuacibn se presentan en la Fig. 4.35 la curva de los valores de DHP en C.V. como una funcibn de la velocidad en nudos.

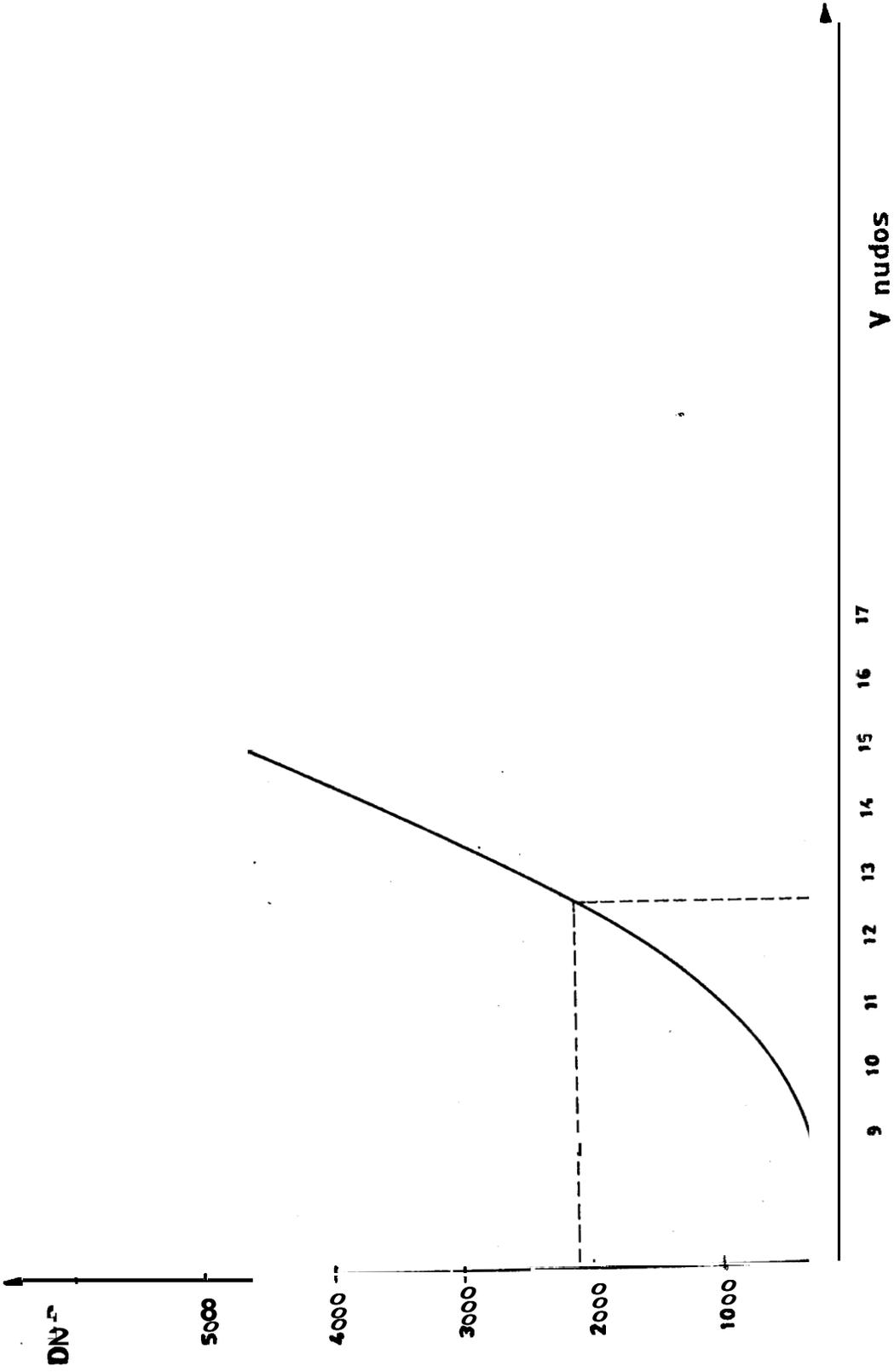


Fig. 4.35.

Gráfico de V vs DHP

$V/\sqrt{L}$	V (Nudos)	$C_R \times 10^{-3}$	V (m/seg)	$R_H \times 10^8$	$C_F \times 10^{-3}$	$C_F + 0,0004$	$C_{AP} \times 10^{-3}$	$R_{AA}$	R	$R \times 20\% = R_T$ (Kg)
0.8	9.7	1,4	4.994	2.56	1,826	2,226	0,2	0,413	2 741,1	3 289,3
0.9	10.91	2.9	5.62	2,88	1.797	2,197	0,2	0.471	4 961,5	5953.8
1.0	12.12	4,6	6.24	3,20	1,772	2,17	0,2	0.532	8 208,5	9850.2
1.1	13.33	6,45	6,86	3,31	1,761	2.16	0,2	0,596	12 695.1	15 234,12
1.2	14,54	7.25	7.49	3.72	1.737	2,14	0,2	0,665	16 532,0	19838.4
1.3	15.76	8,8	8.11	4,52	1,693	2.09	0,2	0,737	22 553.0	27063,6

Tabla XVII  
Cálculo de la Resistencia

$R_T$ (Kg)	V (m/Seg.)	EHP P.E. (HP)	DHP P.D. (C.V.)
3289,3	4,994	219,02	444,17
5953,8	5,62	446,14	904,77
9850,2	6,24	219,54	1662,03
15234,12	6,86	1393,4	2825,82
19838,4	7,49	1981,2	4017,87
27063,6	8,11	2926,5	5934,9

Tabla XVIII

Cálculo de la potencia efectiva en funcibn de la  
Velocidad

#### 4.2. Seleccibn de la Maquinaria Principal.-

Para seleccionar la maquinaria principal partimos de los siguientes datos:

1. Velocidad requerida aproximada del buque es igual a 12 nudos.
2. De la figura DHP vs. V encontramos que los DHP a 12 nudos es 1.600 C.V. que equivale a 2 motores, luego para un motor el DHP es igual a 800 C.V., luego, asumiendo una eficiencia mecánica  $\eta_m = 0.96$

que equivale a la relación DHP/BHP encontramos que la potencia al freno, BHP, requerida será igual a 833 C.V. (822 HP).

De esto se tiene que se elige el motor Caterpillar D-399 considerando que ofrece la potencia necesaria para que el buque se desplace a la velocidad requerida y que la plataforma tiene 5 motores del mismo tipo lo que nos daría continuidad en el mantenimiento y una amplia gama de repuestos.

El motor D-399 ofrece las siguientes características:

	RPM	H.P.	KW		RPM	Gal. E.4/ hr.	lt/hr.
Potencia al freno o cor					1225	59.3	224.5
tinias	1225	1090	813	Consumo	1100	42.7	161.7
Potencia en el eje	1225	1057	788	de Com-	1000	32.2	121.8
				bustible	900	23.7	89.9

Tabla XIX  
Características del motor Caterpillar  
D-399

Además, el motor tiene enfriamiento del aire de admisión por circuito separado con temperatura máxima de  $44^{\circ}\text{C}$  ( $110^{\circ}\text{F}$ ) del agua que va al enfriador del aire de admisión.

#### 4.3. Selección del Propulsor.-

De el diseño preliminar se obtuvo que el diámetro de la hélice debía ser  $D = 1,8\text{m}$ ; además con el motor elegido, el Caterpillar D-399 cuyas  $\text{RPM} = 1225$  y  $\text{HP}$  en el eje de 1057 vamos a hallar las posibles reducciones.

Según los datos iniciales en el calculador Caterpillar sabemos que las reducciones van a variar entre 260 - 360 RPM. Consultando las características que ofrece el motor encontramos las siguientes relaciones de reducción para las revoluciones de la hélice.

Transmisión		N (RPM)
Marina		
CAT 7261	3,49;1	351
	3,84;1	319
	4,22;1	290
CAT 7271	4,50;1	272

Según (6)  $V_A = (1-W) V$ , donde

$W$ , fracción de estela, para buques de 2 hélices -  
con patas de gallo, es igual a:

$$W = 2 C_B^5 (1 - C_B) + 0,04$$

Luego:  $V_A = (1 - 0,1544) 12,6$

$$V_A = 10,655 \text{ nudos}$$

Según (9) 
$$B_P = \frac{0,982 N^2 \sqrt{P_D}}{V_A^{2,5}}$$

$$j = \frac{D.N.}{0,3046 V_A}$$

Donde:  $B_P$  = Coeficiente propulsivo de Taylor

$j$  = Coeficiente de Avance de Taylor

$N$  = Número de revoluciones en el eje

$P_D$  = DHP en C.V.

$V_A$  = Velocidad de avance en nudos

D = Diámetro de la hélice en m.

$$\text{DHP} = 10,57 \times \eta_m \times 1,014 \frac{\text{C.V.}}{\text{HP}}$$

Si  $\eta_m = 0,96$       DHP = 1029 C.V.

Introduciendo estos valores en las fórmulas de  $B_p$  y  $\int$  ingresamos a las Series de Wagenigen para Hélice - de 4 palas y razón de Area Desarrollada de 0,85 y hallamos valores de Eficiencia de la Hélice  $\eta_p$  y la Relación Paso-Diámetro  $P_H/D$  resultados que se expresan en la tabla XX.

N	$B_p$	$\int$ %	$\eta_p$ %	$P_H/D$
351	29,85	194,66	53,5	0,88
319	27,12	176,92	54,3	1,025
390	33,2	216,3	52,3	0,79
272	23,15	150,85	51,5	1,34

Tabla XX

Cálculo de la eficiencia de la hélice y la relación  $P_H / D$

Los valores de  $\eta_p$  vs N son representados en la figura 4.36 del cual se elige la relación 3,84:1 que ofrece un número de revoluciones de la Hélice de 319 y una  $\epsilon$

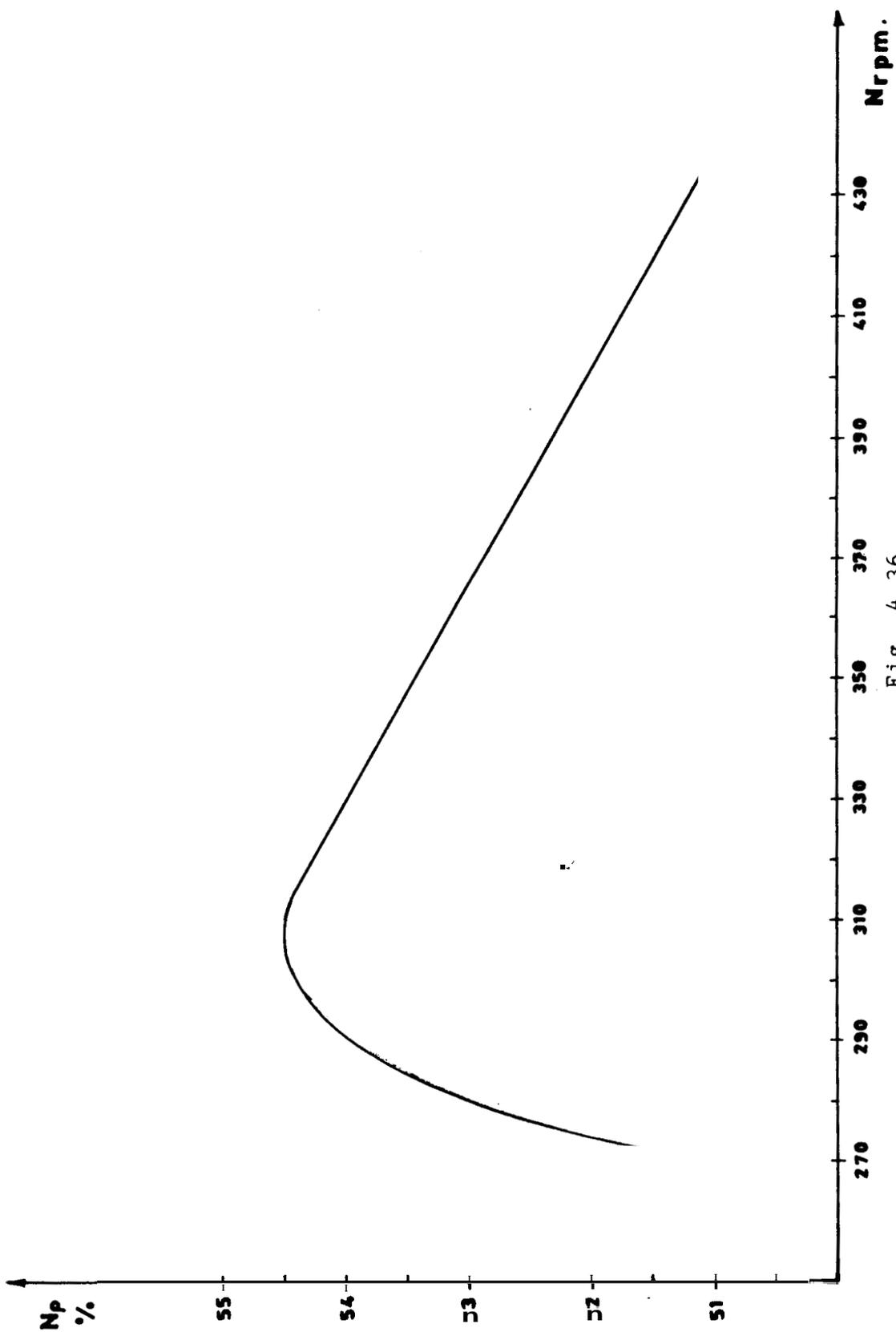


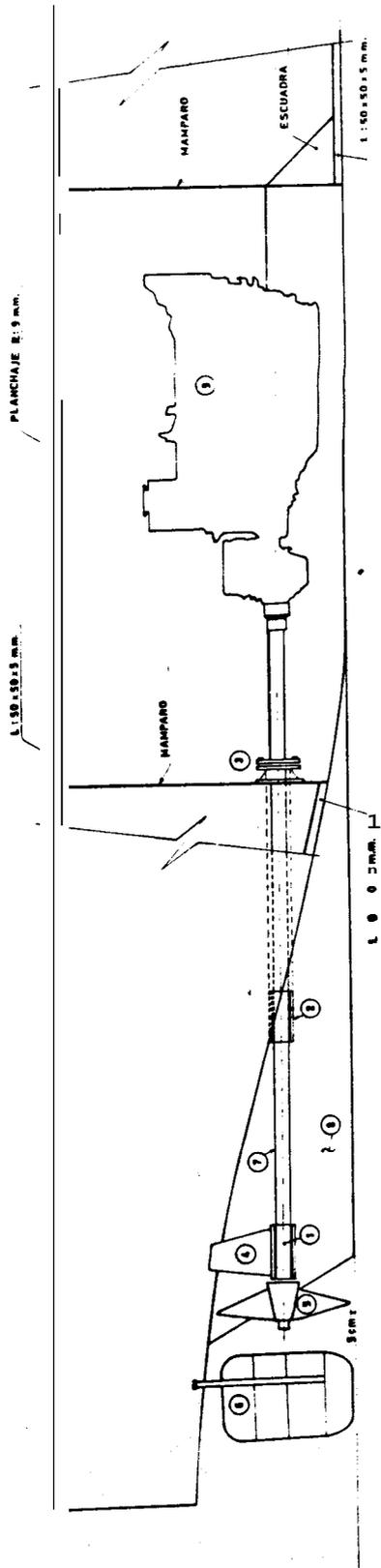
Fig. 4.36.

Gráfico de  $N_p$  vs  $N$

ficiencia de la misma de 54.3%.

Una vez elegidos los elementos del Sistema de Propulsión se presenta a continuación en la figura 4.37, - los mismos que se hallan enumerados y que corresponden a:

- 1 y 2 Cojinetes de caucho lubricados por agua. La longitud del cojinete no será menor de 4 veces el diámetro requerido para el eje. (2). La distancia mínima del borde de la caja reductora al primer cojinete será igual a  $12D$  (18).
- 3 Cojinete de Babbit lubricado por aceite. La longitud de este cojinete de metal blanco será del orden de 2 veces el diámetro requerido para el eje (2).
- 4 Arbotante
- 5 Hélice, Diámetro  $D = 1,8m$ .
- 6 Pala del timbn. El Brea es el 3% del producto de la Eslora por el Calado (28). Luego las dimensiones de cada pala será de  $1,7 \times 1,15$  metros.



BUQUE de SUMINISTRO  
 "LEX"  
 ESCALA = 1:50

fig. 4.37

7. Eje. Su diámetro será igual a 178,,. = 7" (18)
8. Plancha de Crujía espesor 3/8"
9. Motor Caterpillar Cat-D-399

Así mismo en esta figura se ha representado las Bases de Máquinas.

#### 4.4. Seleccibn de la Maauinaria Auxiliar.-

##### 4.4.1. Generadores.

Para seleccionar el generador partimos de las necesidades de la embarcacibn. Según las e - cuaciones de regresión ésta necesita una potencia eléctrica de 194 KW por lo que se eligen 2 generadores Diesel Turboalimentados Caterpillar 3306 cuya potencia es de 135 KW cada uno, el mismo que tiene las siguientes características:

	RPM	KW	KV-A
Potencia			
Principal 60HZ	1800	135	169
	% de carga	gal.	lt/h.
		E.U.A/h	
Consumo de	100	11,2	42,3
Combustible	75	8,3	31,3
	50	599	22,2
	25	397	14,0

Tabla XXI

Características del Generador Caterpillar D-3306

## 4.4.2. Ventiladores.

La cantidad de aire a suministrar a la sala de máquinas por hora es igual a:

$$q = q_c (1 + k)$$

Donde  $q$  = Flujo total de aire/hora

$q_c$  = Flujo de aire por la combustión/hora por C.V. o por Kg. de combustible.

$k$  = Exceso de aire para arrastrar el calor de la radiación.

Según la tabla VII 7-6 de la ref. 23.

$$q_c = 6,25 \quad k = 1,30$$

$$q = 6,25 \frac{\text{Kg aire}}{\text{h C.V.}} (1 + 1,3) \frac{1}{\gamma} \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \times \text{potencia} \\ (\text{C.V.})$$

$\gamma$  = Peso específico del aire

$$\gamma = 1,2 \text{ Kg/m}^3$$

Potencia = Potencia de 2 motores + Potencia  
de 2 generadores.

$$\text{Potencia} = 2(1090 \text{ HP}) + 2(135 \text{ HP})$$

$$\text{Potencia} = 2180 + 270$$

$$\text{Potencia} = 2450 \text{ HP} \times 1,014 \text{ C.V.}$$

$$\text{Potencia} = 2484,3 \text{ C.V.}$$

$$\text{Luego } q = 29759,8 \frac{\text{m}^3 \text{ aire}}{\text{hora}} = 30000 \frac{\text{m}^3 \text{ aire}}{\text{hora}} = \\ = 17644 \frac{\text{m}^3}{\text{min.}}$$

Si el flujo de aire máximo del conducto de entrada se regula en 18m/seg., el área de conducto exigida será; (18)

$$\frac{30.000 \frac{\text{m}^3 \text{ aire}}{\text{hora}}}{18\text{m/seg.} \times 3.600 \text{ seg.}} = 0,463 \text{ m}^2$$

Como se colocarn 2 ventiladores tengo 8822 p<sup>3</sup>/min. por cada uno. De los catálogos se es coge un ventilador que dá un flujo de 9120 p<sup>3</sup>/min. considerando que hay un 10% de pérdi-da.

#### 4.4.3. Circuitos.

En la figura 4.38 se presentan los circuitos de combustible, agua de lastre y potable, lo-do líquido de perforación y de materiales se-cos pulverizados.

El circuito de combustible se identifica con punto raya punto (-.-.-) y tiene 2 bombas (una a cada banda) de desplazamiento positivo.

El flujo de combustible a desplazarse será:

$$\frac{\text{Volúmen de combustible}}{\text{Tiempo de descarga}} = \frac{214}{4} = 235 \text{ GPM}$$

Para elegir el cabezal se ha considerado que para vencer las resistencias de tuberías y accesorios y un exceso para la salida se requiere una sobrepresión de  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (aproximadamente 17 pies de cabezal) (23) y el desnivel entre la embarcación y la plataforma de aproximadamente 100 pies.

Considerando este caudal y un cabezal de 200 pies se elige de los catálogos de bombas una Gould Modelo 3196 STD MT 2x3-10 A60 con un motor de 20HP a 3550 RPM que dá 250 GPM @ 200 - pies.

El circuito de agua potable y lastre se presenta con raya continua. Puesto que el flujo de lastre es igual a:

$$\frac{\text{Volúmen de lastre}}{\text{Tiempo de descarga}} = \frac{460 \text{ m}^3}{6 \text{ h.}} = 340 \text{ GPM}$$

Para este circuito se va a considerar una bomba con un cabezal tal que satisfaga los requerimientos exigidos por SEVIMAR (SOLAS) de protección contra incendios el mismo que estable

ce que en todas las bocas por donde se suministre agua se deberhn mantener presiones de  $3,2 \text{ kg/cm}^2$  (23) (aproximadamente 130 pies de cabezal). Además hay que sumar el cabezal - de 17 pies debido a las resistencias en tuberías y accesorios, luego el cabezal total deberá ser de 147 pies; por lo que se elige una bomba que provee 350 GPM @ 150 pies, modelo - 3196 STD MT 2 x 3-7 **A60** con 3550 RPM y un motor de 25HP.

Para el circuito de Lodo Líquido de Perforación se conoce que el flujo será:

$$\frac{\text{Volúmen}}{\text{Tiempo}} = \frac{51463,12 \text{ gal.}}{1 \text{ hora}} = 400 \text{ GPM}$$

Se escoge una bomba centrífuga modelo 5000 LRX 4 x 4-18 con 40 HP y 1600 RPM.

Para los Materiales Secos pulverizados se elige un compresor INGERSOLI-RAND 75-B.

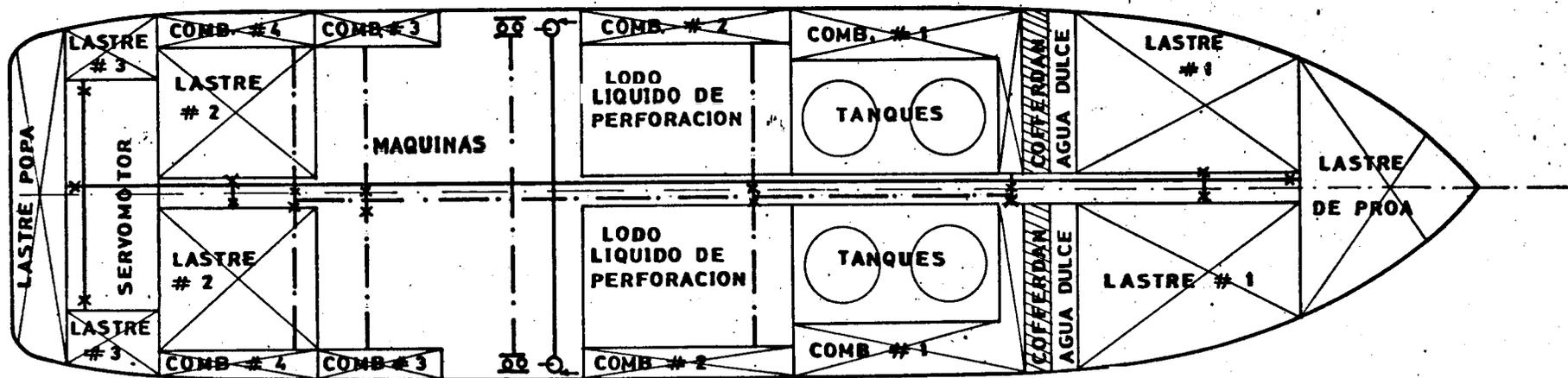


Fig. 4.38.

Distribución de Circuitos

**BUQUE**  
**"LEX"**  
**ESCALA 1:200**

#### 4.4.4. Selección de las características del ancla.

De acuerdo con las reglas del A.B.S. sección 11.3 el numeral de equipo (N.E.) viene dado por:

$$\text{N.E.} = \Delta^{2/3} + 2 (BF + bh) + 0.1A$$

Donde  $B = 11,14$  es la manga del buque en m.

$F = 0,711$  francobordo en m.

$b = 2,0$  manga de la superestructura en m.

$h = 2,0$  es la altura del primer piso de la superestructura.

Luego N.E. es igual a 150 y según la tabla 11.1 de la referencia 3 con este valor de numeral de equipo se seleccionarán 2 anclas de 480 Kg. cada una, largo de la cadena de 275 mts. y un diámetro de 19mm de acero, grado 2.

CAPITULO V

PESOS Y ESTABILIDAD

5.1. Estimación de los Pesos y Centros de Gravedad.-

5.1a. Pesos y Centros de Gravedad del Buque Ligero.

Los pesos y centros de gravedad del buque ligero se obtuvieron de las ecuaciones de regresión, siendo éstos presentados en la tabla XXII.

ITEM	a (ton)	KG (m)	C.G.L. (m)
- Estructura:	296	3,06	
Casco			
Superestructura			
Soldadura			
- Maquinaria:	50,54	1,756	
Maquinaria principal			
Equipos de la maquin.			
- Adicionales:	85,82	4,235	
Maquinaria Auxiliar			
Tuberías y líquidos			
Electricidad			
Muebles			
Equipos del casco			
Aparejos			
Pinturas			
Buque ligero	432,36	3,14	21,99

Tabla XXII  
Pesos y centros de gravedad del buque ligero

### 5.1b. Pesos y Centros de gravedad de Tanques.

De la distribución dada para nuestro diseño y conociendo que el peso es el resultado del volumen del tanque por  $g \times$  densidad del producto, tenemos la tabla XXIII con los pesos y centros de gravedad respectivos.

ITEM	<b>A</b> (ton)	KG (m)	C.G.L. (m)
Tanques:			
Lastre proa	88,46	1,93	1,85
Lastre # 1	215,6	8,00	1,95
Lastre # 2	109	37,3	2,45
Lastre # 3	30,75	41,8	2,93
Lastre popa	28,4	42,74	2,93
Combustible # 1	124,4	15,35	1,95
Combustible # 2	39,24	23,57	1,95
Combustible # 3	18,94	32,95	1,95
Combustible # 4	9,63	37,3	2,45
Tanque Diario	12,64	28,1	1,95
Agua potable	30,4	11,93	1,95
Lodo líquido	414	23,57	1,95
Cementina	90	17,7	1,95

Tabla XXIII

Pesos y Centro de Gravedad  
de Tanques

## 5.2. Curva de Brazos Adrizantes.-

Una vez conocidos los pesos y centros de gravedad - del buque se procedió a estudiar cuales eran las situaciones críticas de carga de este tipo de embarcaciones, para las cuales se debería hacer un análisis de estabilidad.

Para establecer cuales eran estas condiciones se recurrió a un estudio detallado de las actividades que realizaron los buques de suministro que dieron apoyo a la plataforma Uxmal, de lo cual se establecieron - cuatro condiciones:

1ra. Condición.- El buque sale de supuerto con máxima carga.

2da. Condición.- El buque regresa a puerto con los tanques de lastre y los tanques de lodo líquido de perforación llenos.

3ra. Condición.- El buque lleva el 50% de su carga máxima. Esta condicibn se presenta

cuando el buque sirve de apoyo a más de una plataforma, durante la travesía entre ellos.

4ta. Condición.- El buque lleva toda la capacidad de carga sobre cubierta y los tanques de lastre parcialmente llenos. Esta situación se observa cuando antes de comenzar los trabajos de perforación, la embarcación debe transportar equipos y maquinaria pesada para realizar dicho trabajo y deben ser llevados sobre cubierta.

1ra Condición -

ITEM	$\Delta$ (Ton.met.)	C.G.L. (m)	KG (m)	$I^4$ (m <sup>4</sup> )	$\bar{v}$ (Ton.m.)	Momento $I \times \bar{v}$
Buque ligero	432,36	21,99	3,14	-	-	-
Tanques: Combustible # 1	124,4	15,35	1,95	10,2	0,91	9,28
# 2	39,24	23,57	1,95	1,00	0,91	0,97
# 3	18,94	32,95	1,95	0,63	0,91	0,57
# 4	9,03	37,3	2,45	0,3	0,91	0,53
Lastr <sup>e</sup> p <sup>o</sup> Hoa	57,0	1,93	,24	13,8	1,025	14,14
Agua potable	30,4	11,93	1,95	15,37	1,00	15,97
C <sup>o</sup> arentina	90,0	17,7	1,95	-	-	-
C <sup>o</sup> arga sobr <sup>e</sup> c <sup>o</sup> b	315,0	22,7	4,934	-	-	-
	<u>1.117,00</u>	21,87	3,22			41,46

De los resultados obtenidos en las Curvas Hidrostáticas el desplazamiento a máxima carga debe ser 1.117 ton. métricas, siendo el calado de 3,1m. y la posición del Centro de Boyantez Longitudinal (C.B.L.) a 21,4m. desde la estación 0, de donde se tiene que:

$$\text{C.G.L.} = 21,87$$

$$\text{C.B.L.} = \frac{21,4}{0,47}$$

El ASIENTO del buque será igual a  $\frac{A \times 0,47}{\text{MT1}}$

De las Curvas Hidrostáticas el MT1 a 3,1m. de calado es igual a '14, de donde:

$$\text{ASIENTO} = 37,5 \text{ cm.}$$

$$\text{El ángulo será igual a } \frac{0,375 \text{ m}}{45\text{m.}} \times \frac{180}{3,14} = 0,45^\circ$$

El buque en esta condición tiene un asiento de  $0,45^\circ$  lo que favorece al hundimiento de la hélice.

El KG final se obtiene de la suma del KG inicial más un aumento debido a las superficies libres de los tanques.

$$KG = KG_i + \text{Aumento}$$

$$KG = 3,22 + \sum \frac{\text{Momento}}{\Delta}$$

$$KG = 3,22 + \frac{41,66}{1.117} = 3,257\text{m.}$$

2da Condición -

ITEM	(ton)	C.G.L. (m)	KG <sub>i</sub> (m)	I (m <sup>4</sup> )	∫ (Ton.m.)	Momento I x ∫
Buque LIZERO	432,30	21,99	3,14	-	-	-
Tanques: Lastre # 3	30,75	41,8	2,93	0,30	1,025	6,5
Proa	88,46	1,93	1,85	13,8	1,025	14,14
Combustible # 3	11,6	32,95	1,19	0,45	0,91	0,41
Agua Potable	3,04	11,93	0,5	15,27	1,00	15,97
Lodo Líquido de purificac	4,4	23,57	1,85	73,52	2,10	158,2
	<u>930,21</u>	<u>21,36</u>	<u>2,44</u>			<u>= 195,82</u>

El desplazamiento de 980,21 ton. métricas corresponde a un calado de 2,8m., luego el C.B.L. = 21,1 y el MT1 es igual a 12,6.

$$\text{C.G.L.} = 21,36$$

$$\text{C.B.L.} = \frac{21,1}{0,27}$$

$$\text{ASIENTO} = \frac{980,21 \times 0,27}{12,6} = 21\text{cm.}$$

En esta condición el buque tiene un asiento a popa con un ángulo de  $0,27^{\circ}$ .

$$\text{El KG final será igual a: } \text{KG} = 2,44 + \frac{195,82}{980,21}$$

$$\text{KG} = 2,44 + 0,2 = 2,64\text{m.}$$

3ra. Condición -

ITEM	Δ (Ton)	C.G.L. (m)	KG (m)	I (m <sup>2</sup> )	δ (Ton.m)	Momento (Ix δ)
Baque Ligero	432,36	21,99	3,14	-	-	-
Tanques: Lástr# Po#	28,4	42,74	2,93	2,78	1,025	2,85
# 1	215,6	8,0	1,95	101,43	1,025	104
# 2	109	37,3	2,45	55,14	1,025	56,52
Combustible # 3	18,94	32,95	0,975	0,63	0,91	0,57
# 1	77,165	15,35	0,975	10,2	0,91	9,28
Agua Potable	15,2	11,93	0,975	15,97	1,0	15,97
Cementina	45	17,7	0,975	16,95	2,12	35,93
Carga sobre cubierta	157,5	28,7	4,442	-	-	-
	<u>1 099,00</u>	<u>21,66</u>	<u>2,71</u>			<u>225,12</u>

El desplazamiento de 1.099 ton. métricas corresponde a un calado de 3,05m. y su C.B.L. es igual a 21,2 y el MT1 es igual a 14.

$$\text{C.G.L.} = 21,66$$

$$\text{C.B.L.} = \frac{21.20}{0,47}$$

$$\text{ASIENTO} = \frac{1.099 \times 0,47}{14} = 36,9 \text{ cm.}$$

En esta condición el buque va asentado por popa con un ángulo de 0.48'.

El KG final será igual a:

$$\text{KG} = 2,71 + \frac{225,12}{1.099} = 2,915\text{m.}$$

4ta. Condición -

ITEM	A (Ton)	C.G.L. (m)	KG <sub>i</sub> (m)	I (m <sup>4</sup> )	δ (Ton.m.)	Momento (Ixδ)
Buque ligero	432,36	21,99	3,14	-	-	-
Taques: Lastr# # 1	215,6	8,0	1,95	101,43	1,025	104
Agua pota- ble	2,0	11,93	0,12	15,97	1,0	15,95
Carga sobre cubierta	400,0	28,7	4,934	-	-	-
	1 050,0	21,65	3,57			120

El desplazamiento de 1.050 ton. métricas corresponde a un calado de 2,95m. y su C.B.L. es igual a 21,2 y el MT1 = a 14.

$$\text{C.G.L.} = 21,65$$

$$\text{C.B.L.} = \underline{21,20}$$

$$0,45$$

$$\text{ASIENTO} = \frac{1.050 \times 0,45}{14} = 34,24 \text{ cm.}$$

En esta condicibn el buque va asentado por popa a un ángulo de  $0,44^\circ$ .

El KG final es igual a:

$$\text{KG} = 3,57 + 0,11 = 3,683 \text{ m.}$$

Se procedió entonces a obtener los datos para establecer las Curvas de Brazos Adrizantes, para lo cual se utilizó el Programa de Computación Estabi Fortran, el mismo que está grabado en el Sistema de Computación de la ESPOL y que utiliza como datos el archivo Estabi Datos (19).

Los datos que se ingresan son los siguientes: Tabla XXIV.

Espaciamiento entre líneas de agua

Espaciamiento entre estaciones

Número de líneas de agua

Número de estaciones

Altos a cubierta

Altos de quilla

Perfil de proa

Perfil de popa

Semimangas

Número de rotaciones a considerarse

Número de ángulos

Número de KG asumidos

Ángulos considerados

Valor de KG asumidos (Se asume  $KG = 0$ )

El programa presenta los siguientes resultados: Tabla XXV.

Desplazamientos a distintos calados con sus respectivos valores de Brazos Adrizantes para cada ángulo - que se le pide; estos valores se dan en la fig. 5-40, que representan las curvas transversales **KN** de estabilidad.

Puesto que el **KG** asumido es igual a cero, a los valores de Brazos Adrizantes que arroja el programa (que se han denominado **KN**), es necesario hacerles una sustracción para hallar el valor verdadero de **GZ**, tal como se observa en la fig. 5.39.

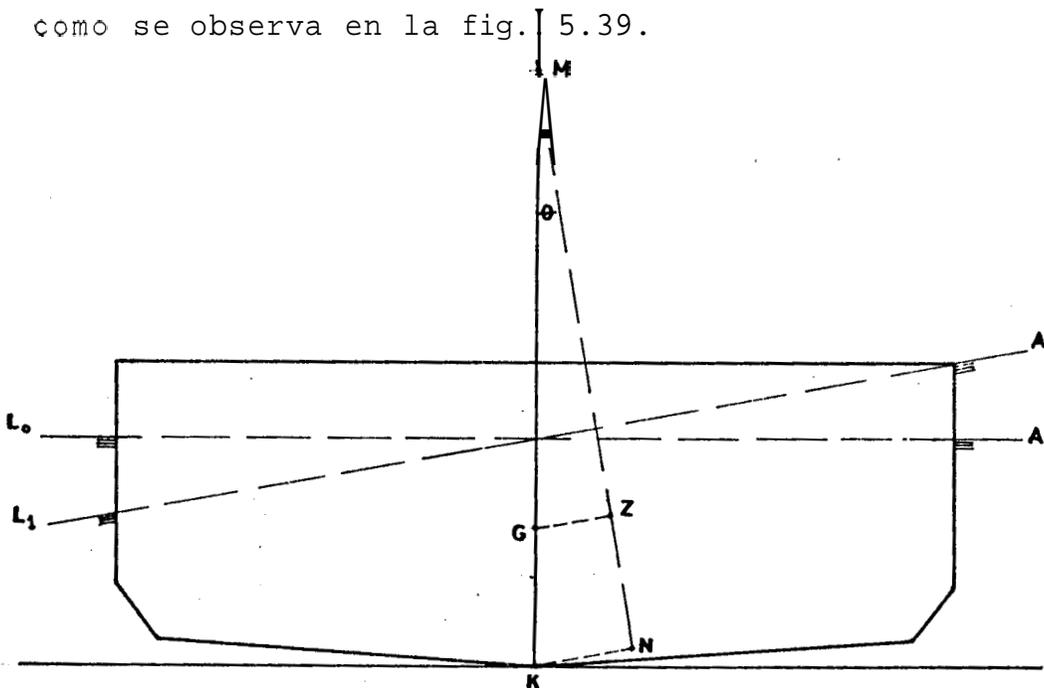


Fig. 5.39

Relación entre **GZ** y **GN**

Luego:  $GZ = KN - KG \operatorname{sene}$

A continuaci3n se da en la tabla XXVI para cada condici3n considerada de la embarcaci3n a los distintos 3ngulos, obtenidndose las Curvas de Brazos Adrizantes para cada situaci3n, figs. 5.41, 5.42, 5.43 y 5.44.

De 3stas y conociendo que:

$$GM = \overline{KB} + BM_T - \overline{KG}$$

donde el C.B.V. y el B.M.<sub>T</sub> son resultados de las Curvas Hidrost3ticas de la embarcaci3n, se tiene que:

1ra. condici3n  $GM = 2,46m.$

2da. condici3n  $GM = 3,4m.$

3ra. condici3n  $GM = 2,84m.$

4ta. condici3n  $GM = 2,2m.$

## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DATOS PARA EL CALCULO DE CURVAS DE ESTABILIDAD  
DEL BUQUE DE SUMINISTRO COSTA AFUEKA 'LEX'

0.4	44			11	11	0				
3.95	3.95	3.95	3-95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	39
1.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.42	1.53	2.2
1.65	0.67	0.25	0.0	-0.20	-0.32	-0.45	-0.57	-0.70	-0.82	-0.9
1.65	35-00	36.65	38.35	39.80	41.90	44-30	44-30	44.30	44.30	44.3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.34	0.47	0.60	0.70	0.83	0.93
0.00	1.70	3.15	3-30	3.45	3.53	3.58	3.63	3.68	3.75	3.80
0.00	4.50	4-70	4.91	4-97	5.00	5.00	5.03	5.03	5-06	5-07
0.00	4.95	5.27	5.50	5.51	5.52	5.52	5.53	5.53	5.53	5.53
0.00	4.95	5.40	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57
0.00	4.95	5.40	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57
0.00	4.10	5.25	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5-57
0.00	2.25	4.35	5-17	5-57	5-57	5.57	5.57	5-57	5-57	5.57
0.00	0.00	1.75	3.25	4.97	5.40	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57
0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	4.05	5.17	5.43	5.43	5.43	5.43
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	4.40	4.40	4.50	4.50
	5	9	1	11						
	7	8	9	10	11					
10.	15.	20.	25.	30.	45.	60.	75.	80.		
0.00										

TABLA XXIV

## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## BUQUE DE SUMINISTRO COSTA AFUERA 'LEX'

## CURVAS DE ESTABILIDAD

ANGULO DE INCLINACION (GRADOS)		10.	15.	20.
CALADO (M.)	ZKG ASUMIDO (M.)			
2.400	0.000	DISWS (M.)	799.30	841.97
		GZ (M.)	1.29	1.76
2.800	0.000	DISWS (M.)	965.12	961.43
		GZ (M.)	1.18	1.70
3.200	0.000	DISWS (M.)	1135.53	1094.52
		GZ (M.)	1.11	1.47
3.600	0.000	DISWS (M.)	1275.93	1195.56
		GZ (M.)	0.88	1.25
4.000	0.000	DISWS (M.)	1358.72	1298.23
		GZ (M.)	0.69	1.01

TABLA XXV-A

## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## BUQUE DE SUMINISTRO COSTA AFUERA 'LEX'

## CURVAS DE ESTABILIDAD

ANGULO DE INCLINACION (GRADOS)		I	25.	30.	45.
CALADO	I ZKG ASUMIDO	I			
(M.)	I (M.)	I			
		I			
		I			
2.400	0.000	I DISWS (M.)	833.73	822.97	797.6
		I GZ (M.)	2.50	2.72	3.0
		I			
		I			
2.800	0.000	I DISWS (M.)	944.82	916.35	854.9
		I GZ (M.)	2.24	2.49	2.9
		I			
		I			
3.200	0.000	I DISWS (M.)	1048.49	1006.49	911.6
		I GZ (M.)	2.00	2.27	2.7
		I			
		I			
3.600	0.000	I DISWS (M.)	1143.57	1091.99	966.8
		I GZ (M.)	1.77	2.05	2.6
		I			
		I			
4.000	0.000	I DISWS (M.)	1157.98	1171.38	1021.5
		I GZ (M.)	1.71	1.86	2.5
		I			
		I			

TABLA XXV-B

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
BUQUE DE SUMINISTRO COSTA AFUERA 'LEX'

CURVAS DE ESTABILIDAD

ANGULO DE INCLINACION (GRADOS)		60.	75.	80.
CALADO (M.)	ZKG ASUMIDO (M.)			
2.400	0.000	DISWS (M.) 778.87 GZ (M.) 2.99	762.99 2.71	757.74 2.51
2.800	0.000	DISWS (M.) 813.77 GZ (M.) 2.94	779.87 2.70	769.12 2.57
3.200	0.000	DISWS (M.) 847.84 GZ (M.) 2.89	796.44 2.69	780.27 2.56
3.600	0.000	DISWS (M.) 881.33 GZ (M.) 2.84	812.67 2.68	791.14 2.56
4.000	0.000	DISWS (M.) 914.85 GZ (M.) 2.79	829.07 2.67	802.20 2.56

TABLA XXV-C

CONDICION	A (TON)	KG (m)	$\theta$ (GRADOS)	KN (m)	GZ = KN-KG sen $\theta$
<b>1<sup>era</sup></b>  SALIDA DE PUERTO 100% CARGADO CALADO 3,1 m	1117	3,257	3	0,25	0,08
			6	0,63	0,29
			8	0,87	0,414
			10	1,05	0,4846
			15	1,36	0,517
			20	1,63	0,516
			25	1,83	0,454
			30	2,05	0,40
			45	2,13	- 0,173
			60	2,40	- 0,42
			75	2,40	- 0,71
80	2,40	- 0,81			
<b>2<sup>da</sup></b>  LLEGADA A PUERTO DESCARGA QO CALADO 2,8 m	980	2,64	3	0,27	0,137
			6	0,68	0,4028
			8	0,87	0,5
			10	1,18	0,72
			15	1,70	1,02
			20	1,94	1,04
			25	2,25	1,11
			30	2,35	1,03
			45	2,50	0,633
			60	2,65	0,35
			75	2,60	0,05
80	2,57	0,03			
<b>3<sup>era</sup></b>  50% CARGADO CALADO 3,05 m	1090	2,915	3	0,26	0,114
			6	0,65	0,344
			8	0,87	0,4619
			10	1,10	0,59
			15	1,47	0,72
			20	1,69	0,69
			25	1,90	0,67
			30	2,05	0,59
			45	2,22	0,16
			60	2,45	- 0,07
			75	2,48	- 0,34
80	2,5	- 0,37			
<b>4<sup>ta</sup></b>  CARGA EN CUBIER- TA. CALADO 2,95 m	1050	3,683	3	0,27	0,086
			6	0,67	0,28
			8	0,87	0,35
			10	1,13	0,49
			15	1,53	0,6
			20	1,77	0,51
			25	2,00	0,44
			30	2,10	0,26
			45	2,31	- 0,29
			60	2,57	- 0,63
			75	2,55	- 1,007
80	2,50	- 1,13			

# CURVAS TRANSVERSALES KN DE ESTABILIDAD

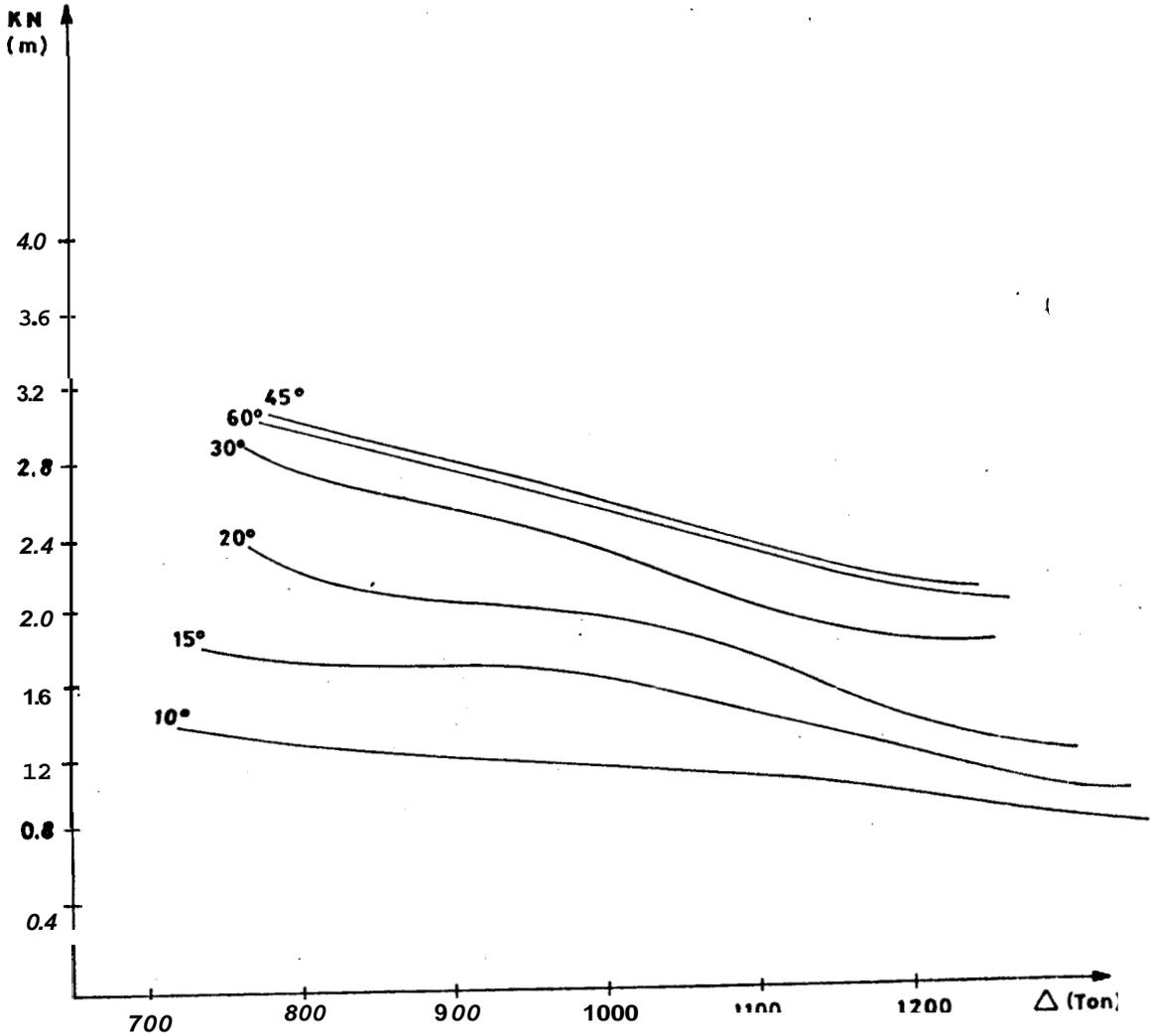


Fig. 5.40.

Curvas KN de Estabilidad

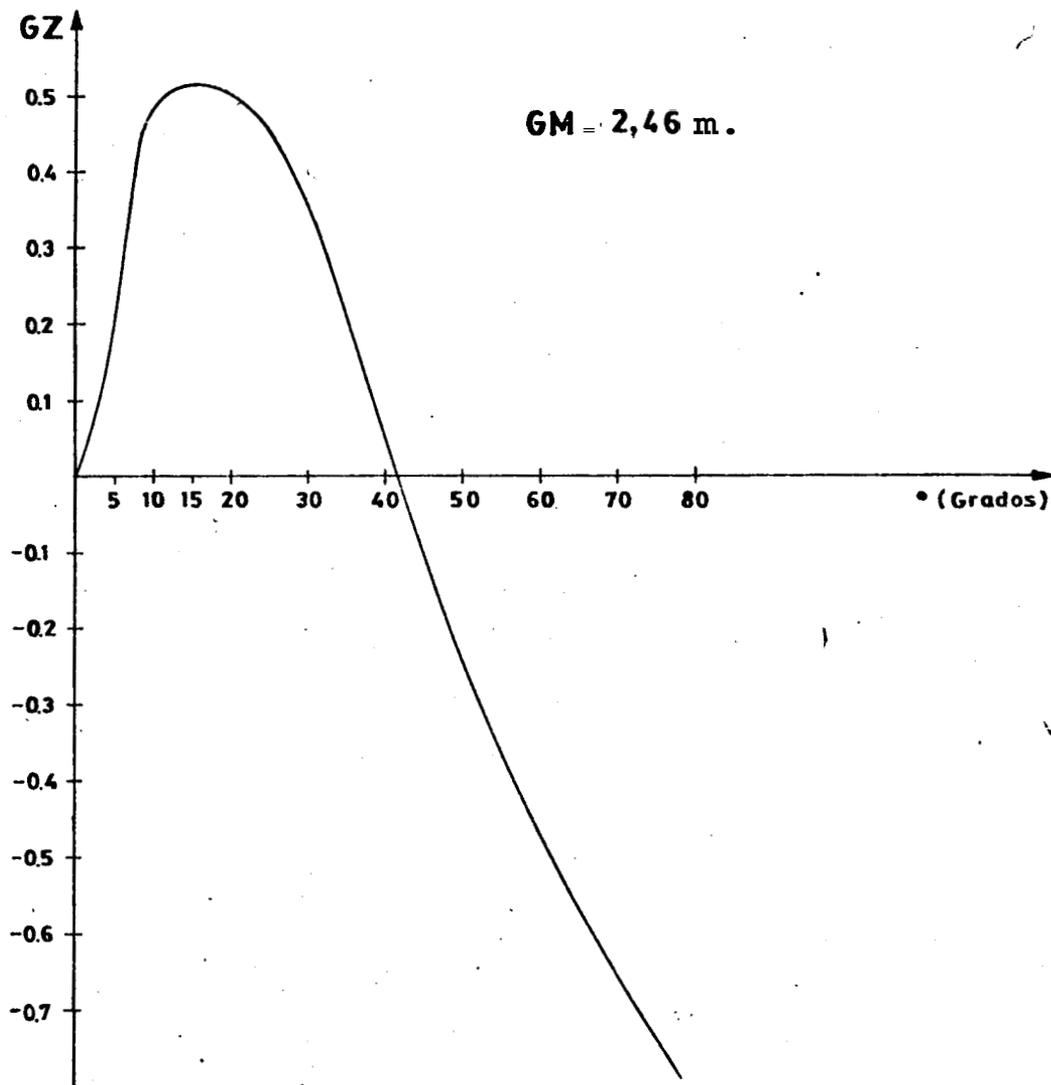
**1<sup>era</sup> CONDICION**

Fig. 5.41.

Curva de brazos adrizantes para  
Primera Condición

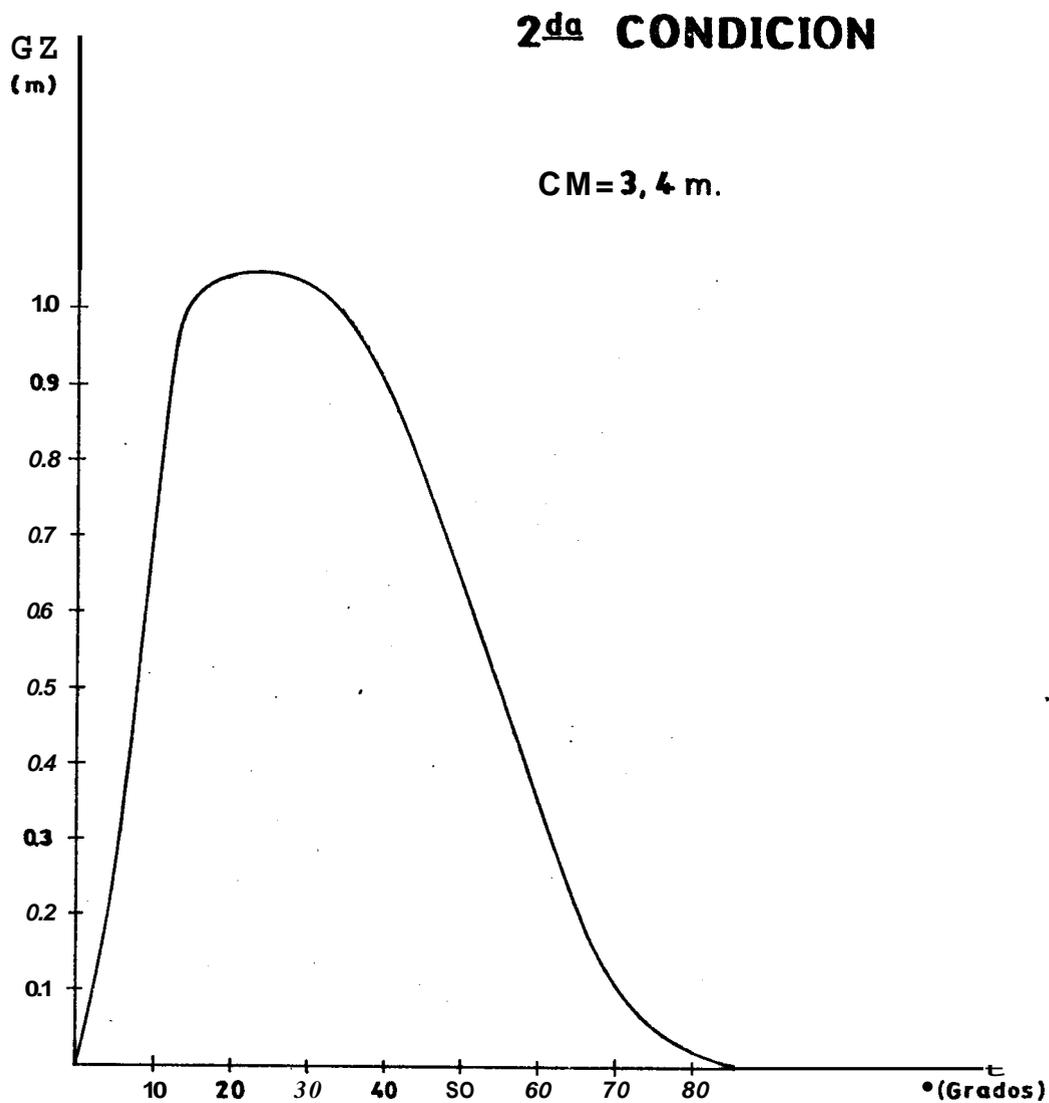


Fig. 5.42.  
Curva de brazos adrizantes para segunda  
condición

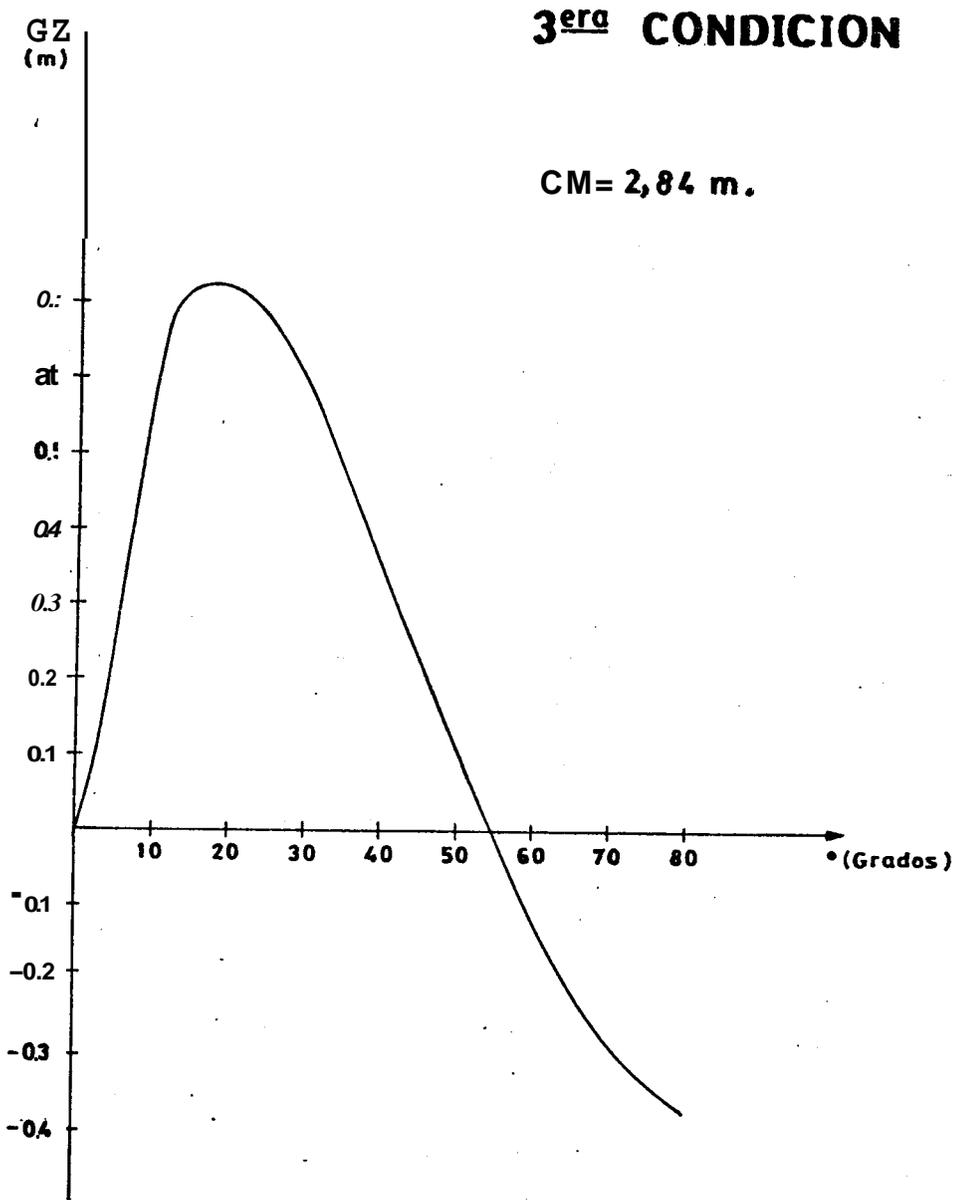


Fig. 5.43.

Curva de brazos adrizantes para tercera  
Condición

### 4<sup>ta</sup> CONDICION

GM = 2,2 m.

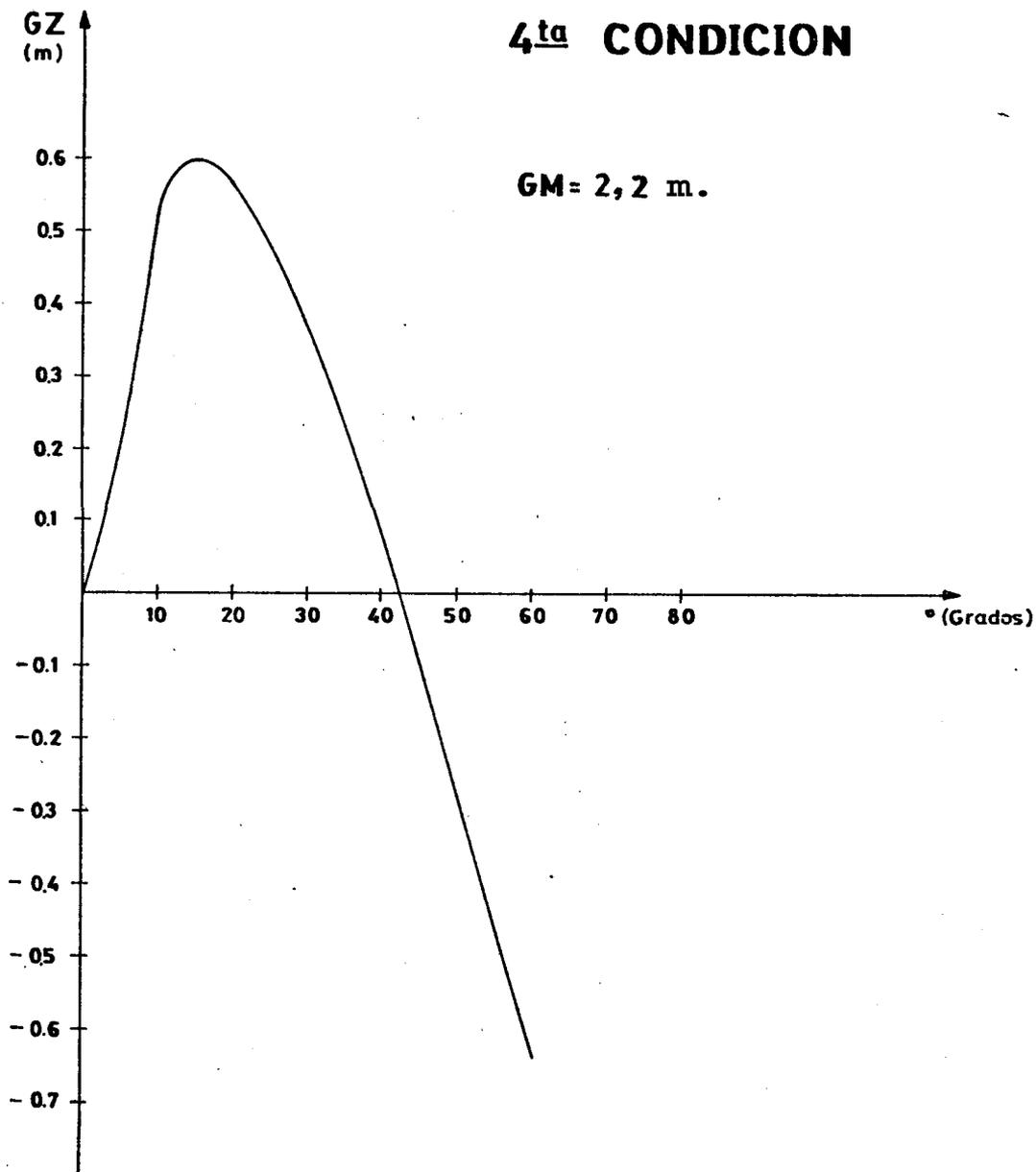


Fig. 5.44.

Curvas de brazos adrizantes para cuarta  
Condición

### 5.3. Análisis de la Estabilidad.-

El análisis de la estabilidad de esta embarcación se ha hecho bajo 3 criterios: El criterio de Rahola, y el criterio de O'Dogherty, y criterio propuesto por OMI.

#### 5.3.1. Criterio de Rahola.

Rahola propone que para embarcaciones de alta mar el área bajo la curva de Brazos Adrizantes debe ser igual o mayor que 4.6 m-grados hasta los siguientes ángulos:

40 grados

Angulo correspondiente al máximo brazo adrizante.

Angulo al cual todas las aberturas se sumerjen (22).

Calculando para cada una de las condiciones de la embarcación tenemos:

Primera condicibn	hrea = 24,00 m-grados
Segunda condicibn	área = 49,10 m-grados
Tercera condición	hrea = 28,80 m-g'rados
Cuarta condicibn	hrea = 13,83 m-grados

En la figura 5.45 se muestra una curva de brazos adrizantes para un buque típico de su ministros costa afuera (22), comparado con la curva de brazos adrizantes en la condicibn más crítica de nuestra embarcacibn.

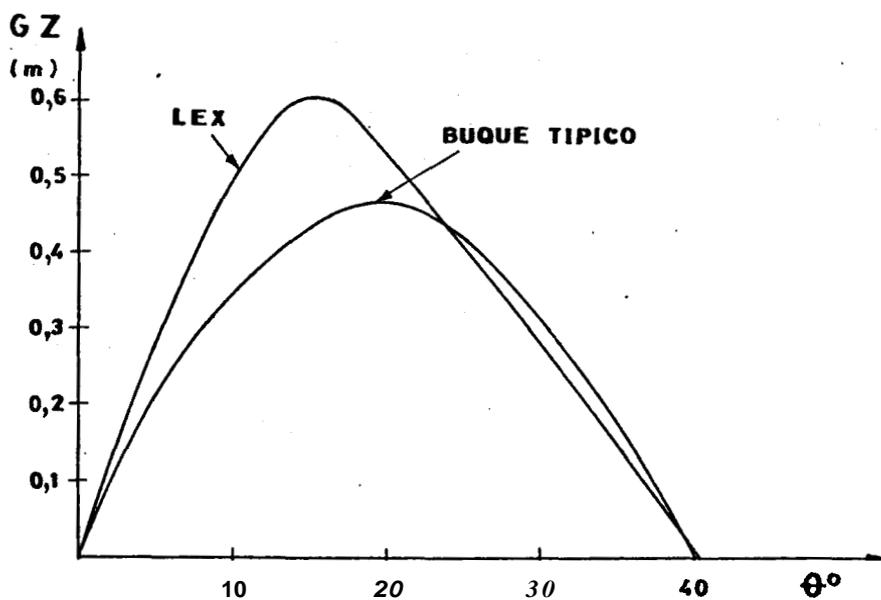


Fig. 5.45  
Comparacibn de las curvas de brazos  
Adrizantes con un buque típico.

Se observa que el ángulo de mxhimo brazo adri zante se halla entre 15-20 grados, el mxhimo brazo adrizante esth entre 0,45 y 1,00m. y que el mínimo rango de estabilidad positiva esth entre 40-45 grados.

### 5.3.2. Criterio de O'Dogherty.

O'Dogherty propone que para que la estabili- dad de un pesquero de altura sea considerada satisfactoria, se debe verificar lo siguien- te:

$$CE = E1 + E2 \geq CE \text{ mínimo} = 8,0 \text{ para } L = 45m.$$

donde:

$$E1 = 50 \text{ GM/B} \text{ o } E1 \text{ límite} = 8 - 0,12 L + 0,0006 L^2.$$

Si  $E1 < E1 \text{ límite}$ , la estabilidad inicial del buque no es excesiva.

Si  $E1 \geq E1 \text{ límite}$ , la estabilidad inicial del buque puede llegar a ser -

excesiva para la bondad de los movimientos de balance (se emplea entonces en la fórmula El límite).

$E2 = 1.000 \frac{e_k}{L}$ , donde  $e_k$  es el menor de los siguientes valores:

$$\int_0^{\theta} GZ \, d\theta \quad \text{ó} \quad \int_0^{80^\circ} GZ \, d\theta$$

Siendo:  $\theta_k$  = Angulo de estabilidad nula

Analizando cada una de nuestras condiciones, tenemos:

Primera condición:  $E1 = 50 \times \frac{2,46}{11,14} = 11,04$

El límite = 1,4

$E2 = 1.000 \times \frac{0,253}{45} = 5,62$

$C_E = 5,62 + 1,4 = 7,02$

Segunda condicibn:  $E1 = 15,26$

El limite  $\square 1,4$

$$E2 = 1.000 \times \frac{0,857}{45} = 19,04$$

$$C_E = 1,4 + 19,04 = 20,45$$

Tercera condición:  $E1 \square 12,75$

El límite = 1,4

$$E2 = 1.000 \times \frac{0,42}{45} = 9,33$$

$$C_E = 1,4 + 9,33 = 10,73$$

Cuarta condicibn:  $E1 = 9,87$

El limite = 1,4

$$E2 = 1.000 \times \frac{0,24}{45} = 5,33$$

$$C_E = 5,33 + 1,4 = 6,5$$

Según este criterio en la primera y cuarta -  
condicibn el buque estaría en condiciones crí-  
ticas.

**5.3.3.** Criterio propuesto por la Organizacibn Marítima Internacional (OMI).

OMI de acuerdo a su resolucibn **A.469** adoptada por la A'samblea en su Décimo Segunda Sesibn - del **19** de noviembre de **1981** propone en su -- guía para el Diseño y Construccibn de Buques de Suministro Costa Afuera el siguiente crita - rio de estabilidad: **(13)**.

1. **El** área bajo la curva de brazos adrizan - tes no será menor que **4,1** m-grados hasta un ángulo de  $15^{\circ}$ , cuando el máximo brazo adrizante GZ ocurre a  $15^{\circ}$  y m-grados has - ta un ángulo de  $30^{\circ}$  cuando el máximo bra - zo adrizante ocurre a  $30^{\circ}$  o más.

Cuando el máximo GZ ocurre a ángulos en - tre  $15^{\circ}$  y  $30^{\circ}$  la correspondiente área ba - jo la curva podría ser:

$$0,055 + 0,001 (30^{\circ} - \max) \text{ m} - \text{rad.}$$

2. El área bajo la curva de brazos adrizan - tes entre  $30^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  6 entre  $30^{\circ}$  y f si

este  $f$  es menor que  $40^\circ$ , debería ser -  
no menos que m-grados.

3. El valor de GZ debe ser al menos 0,20 m hasta un ángulo igual o más grande que  $30^\circ$ .
4. El máximo valor de GZ debe ocurrir a un ángulo no menor que  $15^\circ$ .
5. El GM inicial debería no ser menos que 0,15m.

De acuerdo a este criterio que viene a reforzar lo planteado por Rahola, el buque cumple con este criterio en todas sus condiciones.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al culminar este trabajo, entrego a la Comunidad Marítima y al país, las líneas de forma de una embarcación que serviría para dar soporte a la explotación petrolífera en el Golfo de Guayaquil. Es conocido que existen muchas series donde se seleccionan las líneas de forma más apropiadas para un diseño, sin embargo, en este caso no hubo serie alguna que se aplicara y tuve que realmente diseñarlas partiendo solamente de características de otros buques del mismo propósito ya construidos.

La espiral de diseño consta de 4 etapas: Diseño Conceptual, Diseño Preliminar, Diseño de Detalles y Diseño de Contrato, luego de lo cual se procede a la construcción de la embarcación. Este trabajo cubre las dos primeras etapas, concluyendo:

1. Durante la etapa del diseño conceptual se utilizaron las ecuaciones de regresión, que matemáticamente representan el diseño de las curvas de los barcos abastecedores (20). Estas brindaron una excelente ayuda para continuar con el diseño preliminar y no se necesitaron cambios mayores en dimensiones principales, probándose así su gran utilidad.

2. Respecto al diseño estructural se han seguido las reglas para la construcción y clasificación de buques de acero de eslora inferiores a **61** metros, del ABS, 1973. De llegar a construirse la embarcación propuesta en **es**te trabajo se recomienda hacer una revisión de los **ele**mentos estructurales que aquí se proponen, considerando la existencia de éstos en el mercado.
  
3. Es de anotar que la bibliografía del cual se tomó la curva de Resistencia Residual para el cálculo de la **po**tencia a instalarse en el buque especificaba que puesto que estas curvas estaban basadas en el análisis de cascos lisos y con determinadas características era **ne**cesario incrementar a la Resistencia del Casco un porcentaje entre 17 y 20% para  $V/L = 1.0$  (22). Se tomó por seguridad el incremento del 20% aunque se ha considerado un aumento exagerado. Por esto para lograr un mejor diseño del sistema propulsor es necesario desarrollar pruebas de resistencias al avance, sobre todo **aha**ra que la ESPOL cuenta con medios para ello.
  
4. Existen pocos criterios de estabilidad para este tipo de buques. Quizás sea necesario contactar al respecto

con entidades como el servicio de guardacostas de E.E. U.U. o la Organización Marítima Internacional, que tienen alguna experiencia en el control de estabilidad para estas embarcaciones.

5. En ciertas condiciones, este tipo de buques puede ser muy "duro" (Reaccionan muy rápido a la excitación de las olas), debido a una altura metacéntrica inicial - muy elevada, lo cual sometió a los miembros de la tripulación a una situación no muy confiable. Muchos son los casos de tragedias en el mar debido a que para sentirse más confortables, (22) los tripulantes han llenado algún tanque de lastre con su consecuente pérdida de estabilidad, lo cual no está considerado en el análisis de estabilidad aquí presentado.
6. El análisis de la estabilidad tampoco considera un movimiento de carga sobre cubierta, el que obviamente está fuera del alcance del diseñador. Por esto en el manual de operación debería de recalcarse la importancia de los medios de asegurar la carga sobre cubierta.

Considerando que nuestro país, en el Golfo de Guayaquil, - la explotación petrolífera será una realidad y que habrá - necesidad de embarcaciones como la presentada aquí, se re-

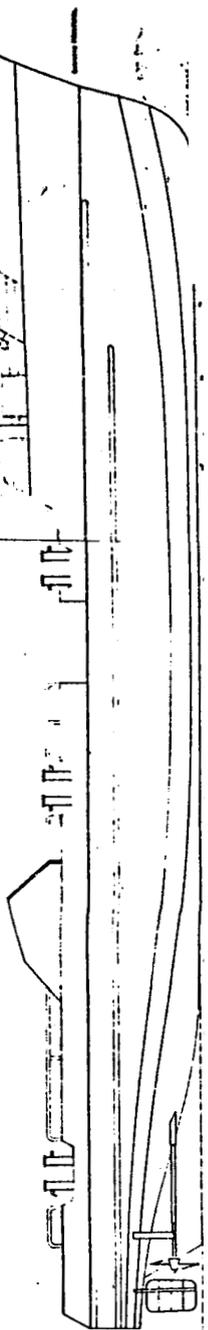
comienda:

1. Continuar con el diseño en sus siguientes etapas, esto es, diseño de contrato y de detalles, poniendo especial énfasis en pruebas de resistencia y estimación de pesos del buque ligero, optimizando la selección de la maquinaria y haciendo un estudio de costos de la embarcación.
2. Promover a que embarcaciones como ésta, diseñadas en nuestro país sean construídas en astilleros ecuatorianos que cuentan con toda la infraestructura necesaria para su realizacibn.

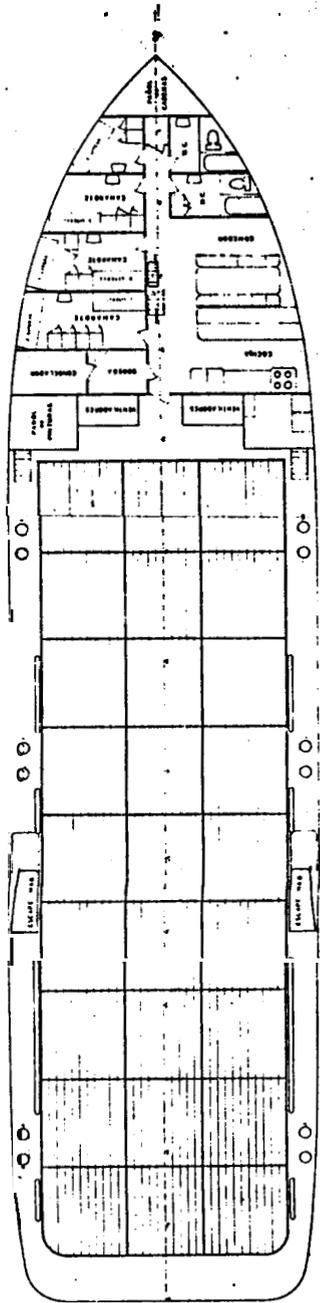
A P E N D I C E S



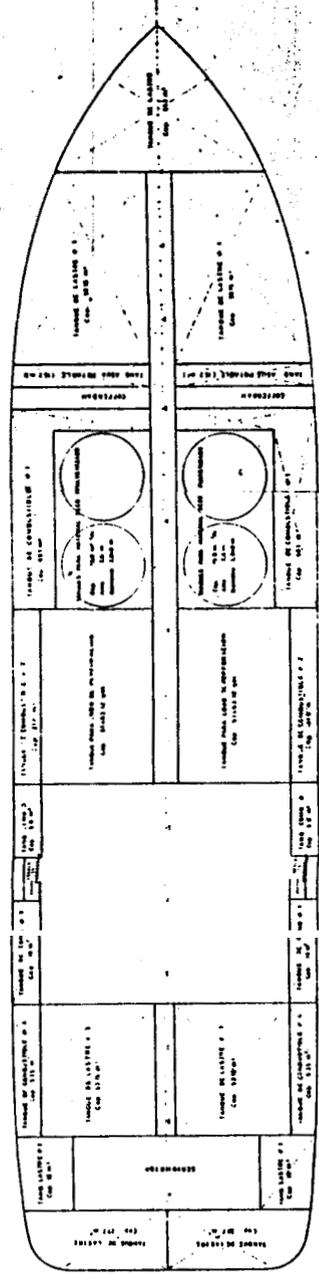




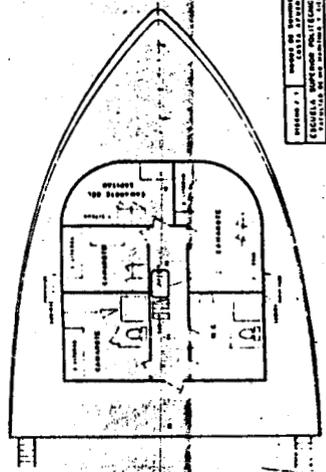
VISTA DE PER IL



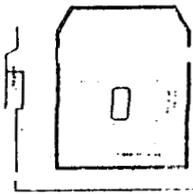
VISTA EN PLANTA: CUBIERTA PRINCIPAL



VISTA EN PLANTA: FONDO



CUBIERTA SUPERIOR



CUBIERTA DE PUEBLO

Plano # 3

PROYECTO N.º	TIPO DE BUQUE	CLASE
ESCALA	CONSTRUCCION	ESTADO
<b>PLANO DE DISTRIBUCION</b>		
CUBIERTA PRINCIPAL		
CUBIERTA FONDO		
CUBIERTA SUPERIOR		
CUBIERTA DE PUEBLO		

APENDICE B.

COMPARACION DEL PROPULSOR ELEGIDO CON UN PROPULSOR DE 3 PALAS Y UNA RAZON DE AREA DESARROLLADA DE 0,65.

Para comparar el propulsor propuesto de 4 palas y razón de área desarrollada de 0.85 se toma otro propulsor de 3 palas y razón de área desarrollada de 0.65.

Se ingresa a las Series de Wagenigan y se hallan los valores de Eficiencia de la Hélice  $\eta_p$  y la relación Paso-Diámetro ( $P_H/D$ ) resultados que se expresan a continuación:

N	$B_p$	%	$\eta_p$	$P_H/D$
351	29,85	194,66	41,5	1,31
319	27,12	176,92	40	1,45
390	33,2	216,3	43,5	1,11
272	23,15	150,85	36	1,62

## BIBLIOGRAFIA

1. ALBARRACIN Eduardo, Determinación de las dimensiones óptimas de buques, tipo Tug Supply Vessels, en base a requisitos de estabilidad dinámica y con aplicación a la computadora digital, Sexto Congreso Nacional de Transporte Marítimo y Construcción Naval, Río de Janeiro, 26 de septiembre-Octubre 1ro. de 1976.
2. American Bureau of Shipping, Reglas para la Construcción y Clasificación de Buques de Acero de Eslora inferior a 61m., New York, 1973.
3. American Bureau of Shipping, Rules for Building and Classing. Steel Barges for Offshore Service New York, 1973.
4. American Bureau of Shipping, Geometric Properties of Structural Sections, Steel., 1959.
5. ANANIEV Dimitry, Teoría y Selección de Propulsores, ESPOL, Ecuador, 1980.
6. ANANIEV Dimitri, Resistencia de los Buques, ESPOL, 1980.
7. Caterpillar Catálogos de Motores Diesel Marinos, Ecuador.
8. CEPE, Documentación provista por CEPE, Ecuador, 1984.

9. FAO, Apuntes del curso Diseño de Embarcaciones Pesqueras, Guayaquil-Ecuador, 1980.
10. GALLETI Reylando y RIVA Joaquín, Consideracoes' sobre o project de embarcacoes oceánicas de apoio, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo, Venezuela, 1977.
11. George, W.M., Some aspects of supply ships, ship and boat international, March, 1975.
12. HARRIS, Deep Water Drilling
13. IMO, Guidelines for the Design and Construction of Offshore Supply Vessels, Resolution A. 469 (XII) adopted by the Assembly at its Twelfth session on
14. ISO, Recomendaciones'para el Diseño de Items en Ingeniería.
15. JARA Wilmo, Site Selection and Conceptual Design for an LNG Terminal in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. The University of Miami, Florida, May 1980-pag. 39-65.
16. KISS K. Ronald, Mission Analysis and Basic Design, Ship Design and Construction, Robert Taggart; New York 1980, pag. 1-46.
17. kyokai Nippon, Rules for the Survey and Construction of Steel Ships, September, 1979.

18. LONG, C.L., Marine Engineering, Editor Roy L. Harrington, New York, 1971.
19. MAHISCAL, Cristóbal, Ing. Programas de Computación Proexc Fortran, ESTABI, FORTRAN, ESPOL, 1985.
20. Maritime Administration Office of Ship Construction, U.S. Department of Commerce; Offshore Supply Vessel Design Data, Washington, June 1980.
21. MICHEL, Walter H., Mission Impact on Vessel Design, Ship Design and Construction, Robert Taggart, SNAME, New York, 1980.
22. MOK, Yinkei and Hill R.C., On the Design of Offshore - Supply Vessel, Marine Technology, SNAME, July 1970, pag. 278-297.
23. MOYA Blanco Carlos, Equipo y Servicios, ETSIN, España Cap. VI y VII.
24. O DOGHERTY Pascual, Comportamiento en la Mar de Buques Pesqueros,, Madrid, Feb. 1975, pag. 36-57.
25. PATTON L.M., The Offshore Supply Vessel, Marine Technology, SNAME, Vol. 20N. 3 Jyly 1983, pag. 252-256.
26. SALVADORE J. Guarino, The Offshore Supply Vessel, as a Naval Auxiliary, Marine Technology, SNAME; Vol. 12N. Oct. 4, 1975.

27. . SNAME, Tables of Coefficients for ATTC y ITTC Model-Ship.
28. STIANSEN Stanley. Structural Components. Ship Design and Construction, Robert Taggart, New York, SNAME, 1980, pag. 279-290.
29. Tidewater Marine, Catálogos.
- 30,. University of Michigan, Construction Materials, Notas Complementarias al curso MA-470, Ship Design 11, U.S.A. 1982.