

# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Estudio Experimental de Estabilidad con modelos de

Buques de la Flota Pesquera Nacional

Con mucha gratitud para  
el amigo, profesor, quien supo  
brindarme su apoyo incondi-  
cional para lograr mis ob-  
jetivos.

TESIS DE GRADO  
JORGE D. ESPINOZA VITERI  
Guayaquil - Ecuador  
1979

## DECLARACION EXPRESA

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, son de mi exclusiva responsabilidad y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. (Reglamento de Exámenes y Título Profesional de la ESPOL).

Estudio Experimental de Estabilidad con modelos de  
Buques de la Flota Pesquera Nacional

Director de Tesis



Ing. Bolívar Vaca Romo

Autor



Jorge D. Espinoza Viteri

Mi gratitud para el Personal Docente del Departamento de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, y de manera especial al Ing. Nav. BOLIVAR VACA ROMO, Director de la presente Tesis.

A MIS PADRES

*En testimonio de gratitud filial*

A MI ESPOSA

*Por su leal ayuda*

A MIS HERMANOS

## SIMBOLOGIA

B	Manga
B	Centro de Boyantez
$B_1$	Centro de Boyantez en condición de inclinado
$C_b$	Coefficiente de Block
$C_{wl}$	Coefficiente de plano de agua
C.F	Centro de plano de flotación.
D	Puntal
G	Centro de Gravedad
g	Centro de Gravedad de las Cuñas de Inmersión o Emersión.
$G_v$	Centro de Gravedad Virtual
$G_1$	Nuevo Centro de Gravedad
H	Calado
N	Pies Cúbicos por Toneladas del Medio de Flotación.
L	Eslora
$L_{pp}$	Eslora entre Perpendiculares
M, $M_T$	Metacentro Transversal
$M_L$	Metacentro Longitudinal
$V_w$	Volúmen del Líquido Contenido en el Tanque

T	Trabajo
v	Volúmen de la Cuña Inmersión o Emersión
$w_w$	Peso del Contenido Líquido del Tanque
w	Peso a Trasladar Transversal - mente
BG	Distancia del Centro de Boyan- tes al Centro de Gravedad
$BM_t$	Radio Metacéntrico Transversal
$BM_L$	Radio Metacéntrico Longitudi- nal
f	Franco Bordo
$GM, GM_t$	Altura Metacéntrica Transversal
$GM_L$	Altura Metacéntrica Longitudi- nal
GZ	Brazo de Adrizamiento Corregido
$G_1Z$	Brazo de Adrizamiento no Corre- gido
KB	Altura del Centro de Boyantez sobre la Quilla
$KM_t$	Altura del Metacentro Transver- sal sobre la Quilla
KG	Altura del Centro de Gravedad sobre la Quilla
$KM_L$	Altura del Metacentro Longitudi- nal sobre la Quilla
d	Distancia que se Mueve el Peso

$I_t$

Momento de Inercia Transversal

LETRAS GRIEGAS

$\nabla$

Volúmen de Carena

$\Delta_s, \Delta$

Desplazamiento del Buque

$\Delta_m$

Desplazamiento del Modelo

$\theta$

Angulo de Escora

$\theta_\alpha$

Angulo de Inmersión de la cubierta

$\psi$

Angulo de Escora del Experimento de Inclinación

$\gamma = \frac{\gamma_l}{\gamma_a}$

Relación de Pesos Específicos de los Líquidos

$\gamma_l$

Peso Específico del Líquido en el Tanque

$\gamma_a$

Peso Específico del Agua del Mar



# I N D I C E

	Pág.
1.- PRINCIPIOS BASICOS DE ESTABILIDAD	1
1.1. Definición	1
1.2. Centro de Gravedad y Boyantez	2
1.3. Estabilidad Inicial	3
1.4. Estabilidad Longitudinal	4
2.- ESTABILIDAD PARA PEQUEÑOS ANGULOS	5
2.1. GM como único parámetro para juzgar la estabilidad para ángulos pequeños	6
2.2. Efecto de la altura metacéntrica negativa en embarcaciones	9
3.- ESTABILIDAD ESTÁTICA	10
3.1. Brazo Adrizante	10
3.2. Momento adrizante y momento escorante	11
3.3. Angulo de inclinación, máxima brazo adrizante	12
3.4. Angulo de máxima escora	13
3.5. Rango de estabilidad	14
3.6. Escora causada por:	14
3.6.1. Por el GM negativo	14
3.6.2. Por estar el centro de gravedad separado de la línea de crujía	15
3.6.3. Por combinación del GM negativo y efecto del cambio del centro de gravedad al separarse de la línea de crujía	17

3.7.	Momento de estabilidad estática para pequeños ángulos de escora.	18
3.8.	Efectos de superficie libre	20
4.-	ESTABILIDAD PARA GRANDES ANGULOS DE INCLINACION	31
4.1.	Trazado de curva de estabilidad estática	32
4.2.	Construcción de curvas cruzadas de estabilidad	34
4.3.	Corrección en las curvas de estabilidad	35
4.3.1.	Por cambio en el desplazamiento	35
4.3.2.	Por cambio transversal del centro de gravedad	38
4.3.3.	Efecto de la manga y francobordo sobre la estabilidad	40
4.4.	Estabilidad dinámica	42
5.-	EXPERIMENTO DE INCLINACION	47
5.1.	Teoría de la prueba de inclinación	47
5.2.	Determinación del centro de gravedad del buque	51
5.3.	Tipo de embarcaciones a analizar	52
5.4.	Presentación de los cálculos del experimento de inclinación	57
5.5.	Análisis de los resultados del experimento de inclinación	86
6.-	ENSAYO EN EL TANQUE DE ESTABILIDAD PARA OBTENCIÓN DE GZ A GRANDES ANGULOS	89

6.1. Descripción del experimento y equipos utilizados	89
6.2. Características de los modelos a emplear	91
6.3. Presentación de los resultados	99
6.4. Diagrama obtenido del estudio de estabilidad.	127

## 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## BIBLIOGRAFIA

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

La finalidad de este trabajo, es la de crear una metodología que nos permita determinar los principales parámetros para juzgar la estabilidad en las embarcaciones y observar el comportamiento - de las mismas de tal manera que nos garanticen confort y seguridad de vida en el mar.

Se conoce que para buques grandes y convencionales las propias reglas de francobordo mínimo, tipo de distribución de pesos, arreglo característico, etc., determinan algunos criterios básicos y propiedades del casco en lo que se refiere a estabilidad y seguridad.

Sin embargo para pequeños barcos tales como pesqueros que son - objeto de nuestro estudio, existen varios agravantes que deberán ser tomados en cuenta pudiendo citarse entre éstos: Esfuerzos - dinámicos, pequeñas dimensiones, distribución inadecuada de carga, etc., los mismos que han sido analizados en este estudio.

Uno de los aspectos básicos que se ha tomado en cuenta es la mala distribución de carga (pesca) cosa muy común entre nuestros - pescadores que en su afán de regresar a puerto con mayor captura no reparan en las graves consecuencias que les traerían el dejar una borda libre mínima.

## PRINCIPIOS BASICOS DE ESTABILIDAD

1.1. Definición de Estabilidad.- Estabilidad es la tendencia de una embarcación a retornar a su posición original después de que esta ha sido inclinada debido a las fuerzas externas. La Estabilidad se la puede determinar a través de pruebas con modelos en el Laboratorio de Estabilidad. La manera como una embarcación balancea, es indicada indirectamente por la estabilidad.

Esta marcada tendencia a retornar la embarcación a su posición original puede realizarse de la siguiente manera: Con un balanceo lento, lo que indica que ella tiene una tendencia débil para retornar a su posición original, entonces decimos que su estabilidad es pobre y se la puede comprobar directamente cuando el modelo está flotando a líneas de aguas más bajas que la línea de agua de diseño, debido a pesos pequeños.

También puede efectuarse por medio de un balanceo rápido, para retornar a su posición original, decimos entonces que su estabilidad es excesiva. Este balanceo rápido se lo puede comprobar experimentalmente cuando el modelo está flotando a líneas de agua superiores a la LAD debido a pesos grandes.

Para que la estabilidad sea adecuada es necesario cargar la embarcación de tal manera que su balanceo sea de fácil período. Cuando una embarcación se balancea rápidamente, las par

tes superiores de la estructura de la embarcación se fatigan creando una condición inconfortable, y cuando su balanceo es lento puede zozobrar bajo condiciones de mala distribución de carga, mar agitado, etc.

- 1.2. Centro de Gravedad y Boyantez.- El Centro de Gravedad y el Centro de Boyantez constituyen 2 parámetros importantes para determinar la estabilidad de una embarcación.

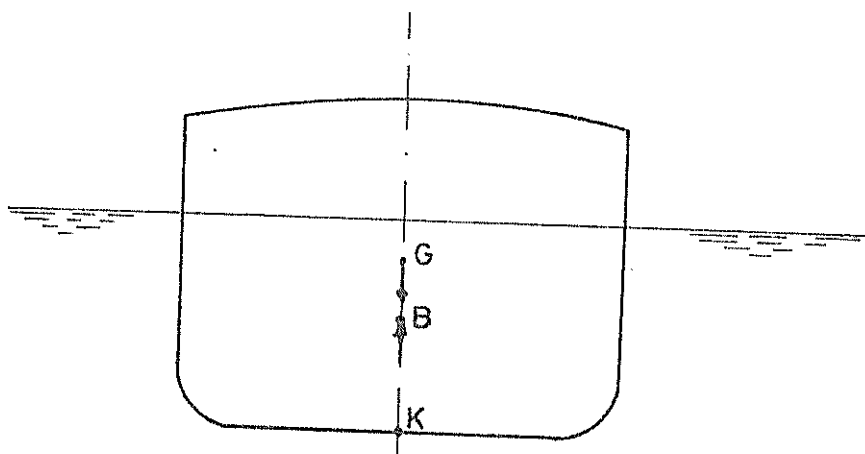


FIG. # 1

El Centro de Gravedad (C.G.), es el punto en el cual se concentran las fuerzas verticales hacia abajo en nuestro caso el peso de la embarcación. Una embarcación se comporta como si todos estos pesos ( $\Delta$  en Tons. largas) están actuando hacia abajo a través del C.G. como indica la Fig. N° 1.

La ubicación del Centro de Gravedad de una embarcación se puede determinar por medio de la prueba de inclinación para cualquier condición y se la puede efectuar en la embarcación o en modelos.

Centro de Boyantez (C.B.), es el centro geométrico de la parte sumergida, es decir el punto de aplicación de la fuerza de empuje o boyantez, la cual está en sentido contrario a la fuerza originada por los pesos, y se lo determina en función del volúmen de la parte sumergida, utilizando los planos de líneas de formas de la embarcación.

1.3. Estabilidad Inicial.- El estudio o análisis de la estabilidad inicial se basa en el valor del GM como parámetro principal.

Consideramos un buque flotando ligeramente inclinado; debido a la nueva forma que ha adquirido la parte que se encuentra sumergida, el C.B. cambia de posición con respecto a la línea de crujía, hasta  $B_1$  como se demuestra en la Fig. N° 2.

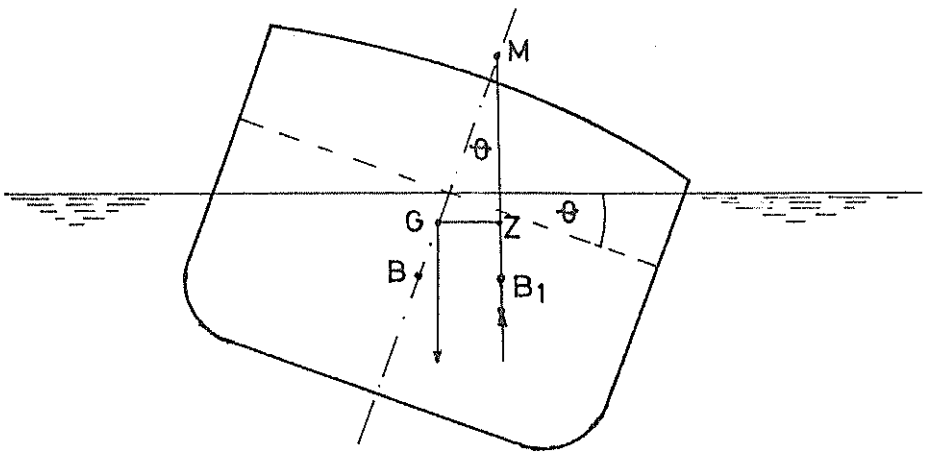


FIG. # 2

Cuando el buque es inclinado inicialmente, el par creado por separación de la misma vertical de la línea de acción del peso y el empuje los cuales se forman por: Las fuerzas que actúan sobre el buque son las de desplazamiento y la fuerza

de boyantez, las mismas que son iguales pero tienen sentido contrario como se demuestra en la Fig. 2, como las fuerzas están actuando en la misma dirección pero en sentido contrario, forman un par llamado "Momento Adrizante", y cuyo brazo es GZ denominado "Brazo Adrizante". Este momento adrizante permite rotar al buque para regresar a la posición original. El buque en equilibrio únicamente cuando desaparece el momento adrizante.

La importancia de la estabilidad inicial radica fundamentalmente en determinar el valor de la "Altura Metacéntrica" GM debido a que la altura metacéntrica es virtualmente invariable para pequeños ángulos de escora.

y Con referencia a la Fig. N° 2, tenemos que:

$$GZ = GM \times \text{Sen } \theta$$

$$\theta \quad GZ = GM \theta \text{ para pequeños ángulos de escora}$$

Donde:

$$GZ = \text{Brazo Adrizante}$$

$$GM = \text{Altura Metacéntrica}$$

$$\theta = \text{Angulo de escora}$$

La Estabilidad Inicial es determinada por la pendiente en el origen de la curva de Estabilidad Estática y es afectada por la presencia de superficie libre, por efectos de pesos suspendidos, remoción, aumento o traslación de pesos, este último analizado ampliamente en el experimento de inclinación.



1.4. Estabilidad Longitudinal. - Análogamente como en la Estabilidad transversal, el centro de gravedad y el centro de boyantez ubicado en un plano horizontal son los que están relacionados con la inclinación longitudinal, la misma que se efectúa a través de la rotación de la embarcación alrededor de un eje transversal, y de cuyo análisis se obtiene el estudio de Estabilidad Longitudinal, que es la medida del comportamiento de la embarcación para volver a su posición de equilibrio después de haberse inclinado hacia proa o hacia popa por la acción de fuerzas externas al mismo.

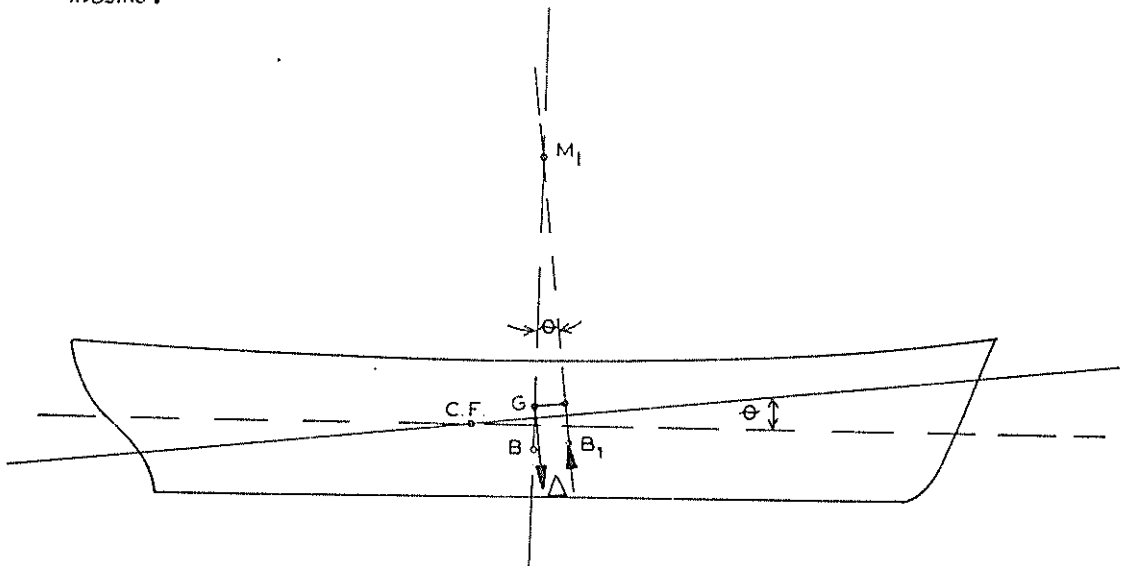


FIG. # 3

Cuando una embarcación es inclinada longitudinalmente por una fuerza externa como se muestra en la Fig. N° 3. Debido a la nueva forma que adquiere la parte sumergida, el centro de boyantez B cambia a la nueva posición B<sub>1</sub> por donde debe pasar la línea de acción de la fuerza de boyantez que interceptará

a la recta inicial de acción de la fuerza de boyantez en un punto denominado "Metacentro Longitudinal".

Análogamente a lo dicho en las inclinaciones transversales - habrá un momento de adrizamiento longitudinal que vendrá expresado de la siguiente manera:

$$GZ' = GM_L \times \text{Sen } \phi$$

y que para ángulos pequeños:

$$GZ' = GM_L \times \phi$$

De las expresiones anteriores el valor de la altura metacéntrica ( $GM_L$ ) y por tanto el radio metacéntrico ( $BM_L$ ) son valores muy importantes para saber las condiciones de estabilidad ya que el brazo adrizante es directamente proporcional a la altura metacéntrica, para pequeños ángulos de inclinación. Debido a la gran magnitud de  $BM_L$  y  $GM_L$  en la práctica se puede asumir que la altura metacéntrica es igual al radio metacéntrico.

$$BM_L \approx GM_L$$

## ESTABILIDAD PARA PEQUEÑOS ANGULOS DE ESCORA

Cuando el buque es inclinado a pequeños ángulos se puede observar que la parte sumergida cambia de forma variando por tanto la posición del centro de boyantez, de  $B$  a  $B_1$ , por éste último pasa la línea de acción de la fuerza de boyantez, formando una cupla, que hace que el modelo vuelva a la posición de adrizamiento.

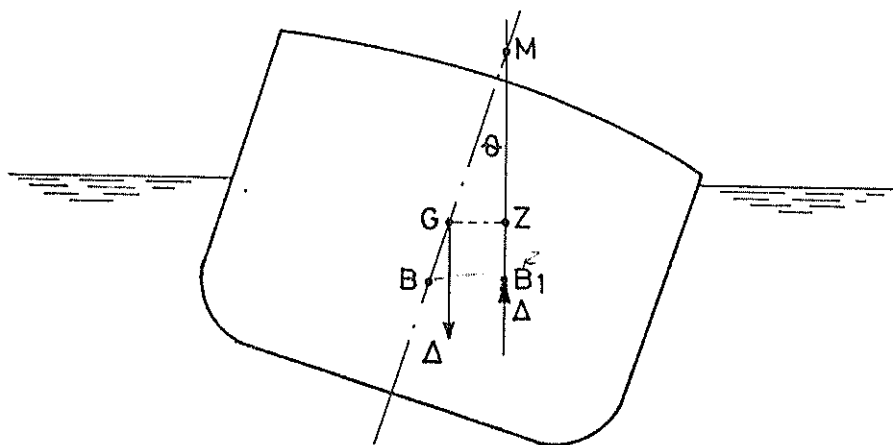


FIG: # 4

El valor de la cupla depende de la altura metacéntrica ( $GM$ ), para ángulos pequeños y se lo obtiene directamente de la prueba de inclinación, como se demuestra en el cuadro N<sup>o</sup> 3. "Cálculo de  $GM$  y  $KG$ " del capítulo 5.

Una vez obtenido el  $GM$  directamente por este método, podemos calcular el momento de estabilidad estática que es igual al desplazamiento por el brazo adrizante.

$$\text{Momento de Estabilidad Estática} = \Delta \times GZ$$

Pero  $GZ$  para pequeños ángulos de escora es igual a

$$GZ = GM \times \text{Sen } \theta$$

. . . Momento de Estabilidad Estática =  $\Delta x GM \times \text{Sen } \theta$

2.1. GM como único parámetro para juzgar la estabilidad para pequeños ángulos de escora.- El GM está definido por la ubicación del metacentro y el centro de gravedad, este último juega un papel muy importante en la estabilidad de las embarcaciones.

El metacentro es el punto formado por la proyección de la línea de acción de la fuerza de boyantez que pasa por el nuevo centro de boyantez y que intercepta a la línea de crujía. Este punto tiene la particularidad de permanecer virtualmente invariable para pequeños ángulos de escora.

La posición del centro de gravedad con relación al metacentro nos da la pauta para evaluar la estabilidad inicial.

El valor de la altura metacéntrica aproximado se lo determina de la siguiente manera:

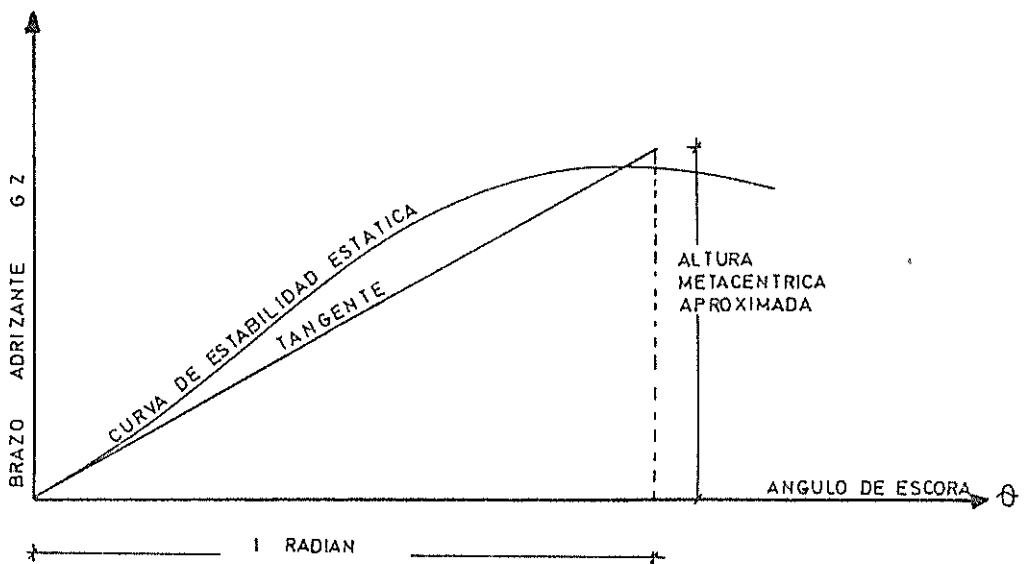


FIG. N° 5

Se traza una tangente a la curva de estabilidad estática en el origen, luego levantamos una ordenada perpendicular al eje de las abscisas (ángulo de escora), exactamente para un radian ( $57.3^\circ$ ), hasta que intercepte a la tangente como lo demuestra la Fig. N<sup>o</sup> 5.

- 2.2. Efecto de la Altura Metacéntrica Negativa.- Se produce cuando el metacentro se encuentra bajo el C.G.; en esta condición el buque presenta una escora debido a que el momento escorante es mayor que el momento adrizante y esto se puede identificar fácilmente por el balanceo de la embarcación y por no estar en la condición adrizada. Esta altura metacéntrica negativa se produce debido a distribuciones inadecuadas de pesos o también debido a las alturas excesivas que se edifican sobre la cubierta principal.

Al tener GM negativo, la embarcación posee estabilidad negativa y para evitarlo se recomienda:

- a.- No vaciar ciertos tanques de agua o combustible que se encuentran debajo de la línea de flotación.
- b.- Llenar todos los tanques o vaciarlos completamente para reducir el efecto de superficie libre.
- c.- Evitar en lo posible, movimientos de pesos considerables debajo de la cubierta.
- d.- Como última instancia se puede usar lastre para contrarrestar inclinaciones transversales.

## ESTABILIDAD ESTATICA

Cuando una embarcación sale de su condición de equilibrio por efectos de fuerzas externas, tales como las olas y el viento, tiende a recobrar su posición normal de equilibrio. Esta capacidad de recobrar su condición de equilibrio se debe a la relación que existe entre el par de fuerzas formado por el desplazamiento aplicado en el centro de gravedad, y por el empuje aplicado en el centro de carena. La ubicación relativa de una fuerza respecto a la otra y sus valores respectivos, determinan la estabilidad de la embarcación, la misma que en este estudio se analizará para pequeños ángulos de escora y para grandes ángulos de escora.

- 3.1. Brazo Adrizante.- El brazo adrizante se representa por la proyección del centro de gravedad perpendicularmente a la línea de acción que pasa por el nuevo centro de boyantez, como se muestra en la Fig. N° 6.

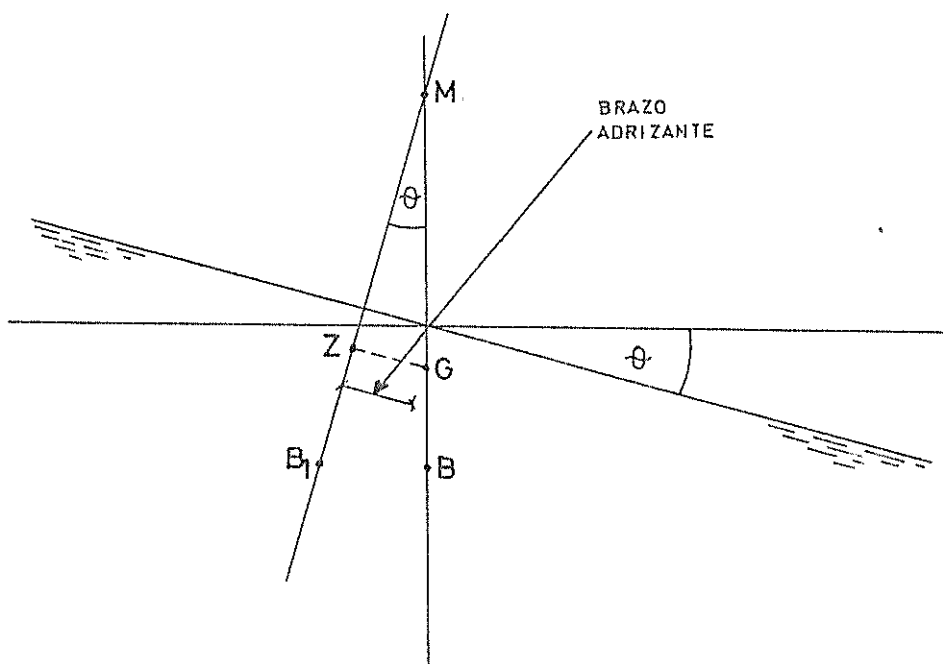


FIG. N° 6

Esta distancia entre el centro de gravedad y el punto de intersección Z, que se encuentra en la línea de acción de la fuerza de boyantez, es llamada brazo adrizante GZ. El brazo adrizante se lo determina en forma teórica y experimental. En este estudio el cálculo teórico fue realizado utilizando el método de BARNES, y el cálculo experimental por medio de pruebas con modelos.

El cálculo experimental se basa en la siguiente fórmula:

$$GZ = \frac{w \cdot d}{\Delta_m}$$

Donde:

$$W = \text{Peso}$$

$$d = \text{Distancia}$$

$$\Delta_m = \text{Desplazamiento del modelo}$$

Por los extremos del brazo adrizante actúan las fuerzas, de gravedad y boyantez, produciendo dos momentos importantes: Momento Adrizante y Momento Escorante, que expondremos a continuación.

- 3.2. Momento Adrizante y Momento Escorante. - Estos momentos se producen por la acción de fuerzas externas y dependen de la posición del metacentro con respecto al centro de gravedad.

El momento adrizante existe para cualquier ángulo de inclinación, donde las fuerzas de peso y boyantez actúan de tal ma-

nera que la embarcación vuelve a su posición de adrizamiento después de haber sido escorado por fuerzas externas.

El momento adrizante para pequeños y grandes ángulos de inclinación viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Momento Adrizante} = \Delta \cdot GZ$$

El momento escorante, existe para cualquier ángulo de inclinación transversal, se caracteriza por el hecho de que la fuerza de peso y boyantez actúan para mover la embarcación a partándola de la posición vertical original, y la embarcación en vez de recuperarse se escora cada vez más.

- 3.3. Angulo de inclinación para el máximo brazo adrizante. - El ángulo de inclinación para el máximo brazo adrizante es de vital importancia ya que nos determina la máxima estabilidad.

Del análisis de las curvas de estabilidad estática, obtenidas de las pruebas con modelos, se determina que el máximo brazo adrizante se produce para calados pequeños y disminuye con el aumento de calado. Esto se debe a que para pequeños calados existe mayor francobordo.

A continuación presentamos un cuadro de ángulos de inclinación obtenidos experimentalmente y con las variaciones arriba mencionadas.



MODELO	LINEAS DE AGUAS	ANGULO DE INCLIN.	$\overline{GZ}$
MODELO N° 1	L.A. 5	51.375°	4.50'
	L.A. 6	51.000°	3.58'
	L.A. 7	40.125°	3.38'
MODELO N° 2	L.A. 3	51.000°	4.90'
	L.A. 4	50.625°	4.36'
MODELO N° 3	L.A. 1.83	48.010°	1.305 mts.
	L.A. 2.44	46.875°	0.942 mts.

3.4 ANGULO DE MAXIMA ESCORA.- Los brazos adrizantes crecen hasta alcanzar un máximo valor que corresponderá a un determinado ángulo de escora para un buque determinado y una condición de carga, para luego decrecer, luego hasta anularse como se muestra en la gráfica N° 7.

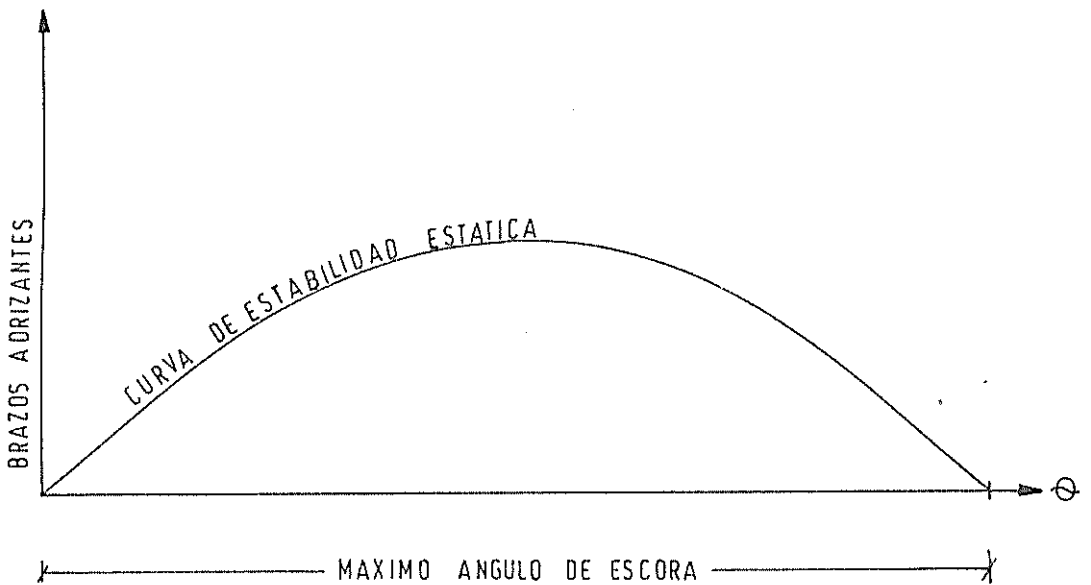


FIG. N° 7

A el punto de intersección de la curva de los brazos adrizantes con el eje de las abscisas, corresponde al máximo ángulo que la embarcación pueda escorarse de modo que este vuelva por sí solo a adrizarse.

3.5. Rango de Estabilidad. - El rango de estabilidad es el rango angular para el cual una embarcación tiene estabilidad estática positiva. El rango de estabilidad es importante porque nos indica el ángulo para el cual la embarcación puede recuperarse antes de zozobrar.

La curva de estabilidad estática se cierra en el punto que corresponde al ángulo de máxima escora, separando la estabilidad estática positiva de la estabilidad estática negativa.

3.6. Escora Causada por:

3.6.1 GM Negativo. - Cuando la embarcación tiene altura metacéntrica negativa su equilibrio es inestable en la condición de adrizado.

Analizamos esta situación en la ecuación del momento de la estabilidad estática.

Momento de Estabilidad Estática =  $\Delta \times GM \times \text{Sen} \theta$  para  $\theta < 8^\circ$

Si tomamos un valor de la altura metacéntrica  $GM < 0$  notamos que el momento de estabilidad estática es menor que cero y por consiguiente la curva de estabilidad estática tiene valores negativos para ángulos menores de

8°, como se muestra en la Fig. N° 8.

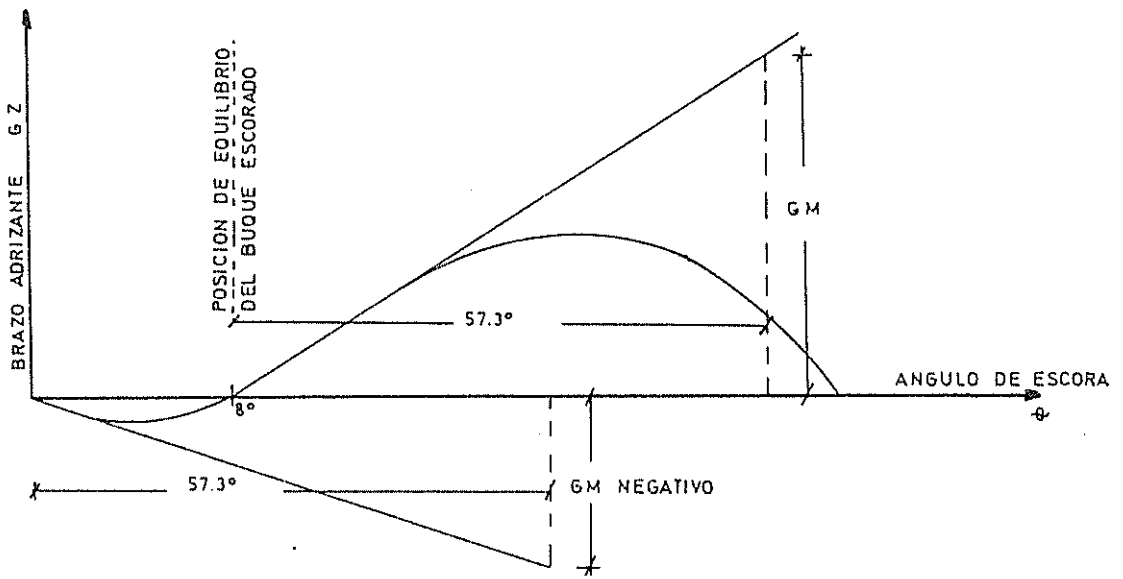


FIG. N° 8

La Fig. N° 8 nos indica que el buque permanecerá en equilibrio con un ángulo de escora permanente menor a 8°.

3.6.2 Separación del Centro de Gravedad con Respecto a la Línea de Crujía.- El centro de gravedad de una embarcación se separa de la línea de crujía a causa de la acción de peso suspendido debido a la traslación de peso como se muestra en las Fig. N° 9 y Fig. N° 10.

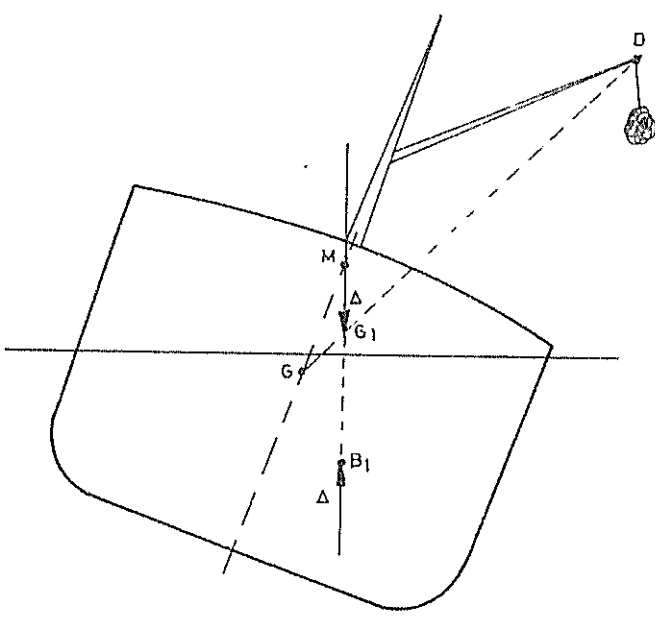


FIG. N<sup>o</sup> 9

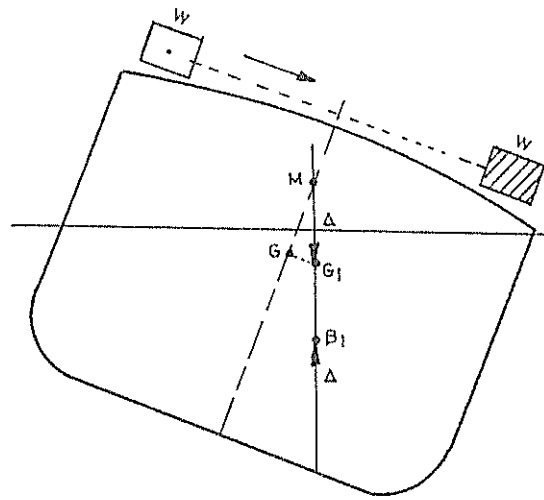


FIG. N<sup>o</sup> 10

En el primer caso, cuando un peso es elevado por el costado de la embarcación, al izar dicho peso este ejerce una fuerza que actúa a través del final de la pluma como si estuviera concentrada en el punto D.

Si el centro de gravedad de la embarcación está en la línea de crujía, debido a la combinación de pesos de la embarcación y el peso suspendido se produce un cambio del centro de gravedad, el mismo que se localizará en la línea de acción de GD y la posición final será G1. Por el efecto del cambio del centro de gravedad se produce un ángulo de escora y la embarcación quedará en equilibrio cuando el nuevo centro de gravedad se encuentre verticalmente encima del centro de boyantez.

Debido al cambio del centro de gravedad de la embarca-

ción por peso suspendido se obtiene una elevación virtual del centro de gravedad produciéndose una disminución de la altura metacéntrica y por consiguiente una disminución de la estabilidad, por lo tanto, se debe efectuar correcciones a los brazos adrizantes en un valor igual a  $GG_1 \text{Sen}\theta$ .

Existe también escora por apartarse el centro de gravedad de la línea de crujía debido a la traslación de un peso como se muestra en la Fig. N° 10.

Efecto debido a la traslación de pesos está basado en el teorema de la traslación y cuyo enunciado es el siguiente: "Si un conjunto de pesos se mueve uno de ellos, el centro de gravedad del conjunto se mueve paralelamente y en el mismo sentido una distancia igual a la del peso parcial multiplicada por la relación entre dicho peso parcial y el peso total del conjunto, produciéndose una escora similar al caso anterior, y una disminución de la estabilidad debido a la corrección del valor del brazo adrizante en función del valor  $GG_1 \text{Cos}\theta$ .

También existe cambio del centro de gravedad debido al aumento o remoción de un peso, debiendo de igual manera corregir la curva de estabilidad estática.

### 3.6.3 Combinación de GM negativo y el efecto del cambio del centro de gravedad al separarse de la línea de crujía.

Hemos analizado las causas por las que una embarcación se escora: El GM negativo, cambio del centro de gravedad debido a la traslación de peso y por el efecto que produce la acción de un peso suspendido.

Analizando la Fig. N° 8 los brazos adrizantes son negativos para  $\theta < 8^\circ$  si a estos brazos adrizantes negativos les efectuamos correcciones por la nueva posición que ha adquirido el centro de gravedad, ya sea por peso suspendido ó por traslación transversal de peso, da como resultado un aumento en el valor absoluto de los brazos adrizantes. Por consiguiente la embarcación tiende a escorarse aún más por el aumento del momento escorante, dando como resultado un eminente peligro de zozobra, por la banda que se produjo la traslación de peso.

Por otro lado, en la parte positiva de la curva de estabilidad estática se producen disminuciones de los brazos adrizantes, por las correcciones que hay que efectuar debido a la nueva posición del centro de gravedad por los efectos anteriormente expuestos, dando como resultado una disminución en la estabilidad.

3.7. Momento de Estabilidad Estática para Pequeños Ángulos de Escora.- Al hablar de estabilidad estática tendremos que referirnos necesariamente a dos condiciones bien establecidas: Estabilidad para pequeños ángulos de escora y Estabilidad para grandes ángulos de escora. Este último se tratará en el

#### Capítulo 4.

Para pequeños ángulos de escora considerando en la práctica desde la posición de adrizado hasta  $8^\circ$ , la posición del metacentro permanece en una posición invariable, y en algunas ocasiones su desviación puede considerarse despreciable para inclinaciones de hasta  $10^\circ$  desde la posición de adrizado.

Consideremos al buque escorado un ángulo pequeño como se muestra en la Fig. N<sup>o</sup> 11.

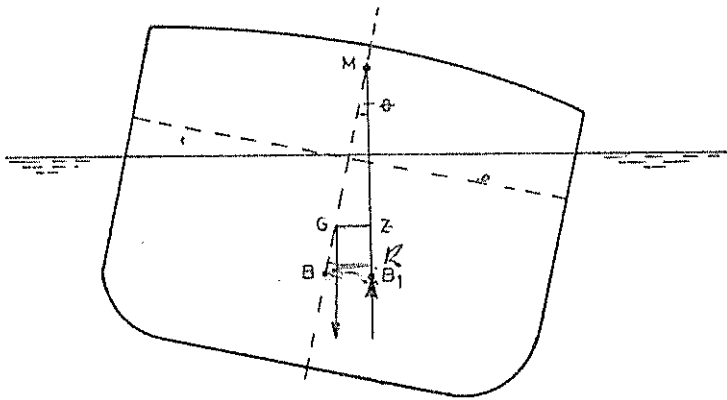


FIG. N<sup>o</sup> 11

La proyección de la fuerza de boyantez pasa por el metacentro el desplazamiento y la fuerza de boyantez forman un par de fuerzas.

El triángulo formado por la nueva posición del centro de carena y la proyección de la fuerza de boyantez hasta interceptar con la línea de crujía, es un triángulo rectángulo en el

cual definimos el brazo adrizante en función de Sen $\theta$  y de la altura metacéntrica GM:

$$GZ = GM \text{ Sen}\theta$$

Se define también el par de fuerzas como:

Momento de Estabilidad Estática =  $\Delta \times GZ$ , y

La Función trigonométrica Sen  $\theta = 0$  para  $0 < \theta < 8^\circ$

Reemplazando en la ecuación del momento de estabilidad estática se tiene que:

$$\text{Momento de Estabilidad Estática} = \Delta \times GM \times \theta$$

donde:

$\theta$  = Angulo de Escora

$\Delta$  = Desplazamiento

GM = Altura Metacéntrica

- 3.8. Efectos de Superficie Libre.- La estabilidad de las embarcaciones es afectada por el efecto de superficie libre, este efecto se produce cuando se escora una embarcación que contiene los tanques de agua o combustible parcialmente llenos. Debido a la transferencia de peso hace que se modifique el centro de gravedad del líquido del tanque lo que ocasiona una modificación del Centro de Gravedad de la embarcación produciendo un efecto adverso sobre la estabilidad de la embar-



cación.

Cuando los tanques se encuentran completamente llenos se comportan como un cuerpo sólido y el centro de gravedad está ubicado en el centro del volumen, pero cuando los tanques se encuentran parcialmente llenos se produce el siguiente fenómeno, como lo demuestra la Fig. N° 12.

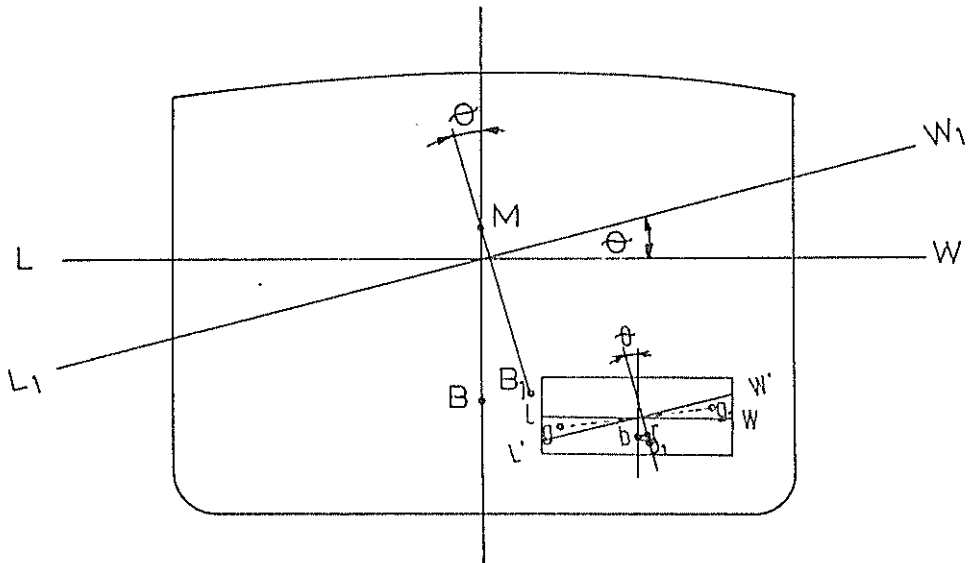


FIG. N° 12

Al escorar la embarcación analizamos lo que sucede en el tanque parcialmente lleno. La superficie del líquido en el tanque cuando no existe escora es  $LW$  y cuando está escorando es  $L_1W_1$ , esta situación hace cambiar el centro de gravedad del líquido del tanque de  $b$  a  $b_1$  debido a la deformación del volumen del líquido. Lo que sucede es que hay una transferencia de cuña con su momento  $w \times bb_1$  cuyo efecto es similar al que se produce en la estabilidad inicial.

La figura 12 muestra una inclinación finita debido a la imposibilidad de indicar una inclinación infinitesimal que pueda ser vista.

Cuando un buque como el de la figura que tiene un tanque parcialmente lleno inclinado, la superficie del líquido permanece horizontal.

La superficie del líquido, la posición  $I_1 W_1$  el centro de gravedad del líquido se desplaza de  $b$  a  $b_1$  teniéndose entonces  $bb_1$  paralela a  $gg_1$ . En su posición inclinada, el líquido ejerce un momento de inclinación transversal mayor que el que ejercía en la posición normal del buque. El aumento del momento de inclinación transversal debido a la propiedad que tiene el líquido de cambiar la posición de su superficie, es igual al peso del contenido líquido multiplicado por  $b_r$ ,  $b_r$  paralelo a  $I_1 W_1$  y  $L_1 W_1$ . El ángulo  $b_r b$  es recto.

sea:  $W_w$  = Peso del contenido líquido del tanque, en toneladas.

$V_w$  = Volúmen del contenido líquido del tanque, en pies cúbicos.

$N$  = Pies cúbicos por toneladas del medio de flotación (35 para agua salada y 36 agua dulce).

$\gamma$  = Relación entre los pesos específicos del líquido en el tanque ( $\gamma_l$ ) y del medio de flotación ( $\gamma_0$ )

Se tiene entonces, el aumento del momento de inclinación trans

versal del líquido a un ángulo  $\theta$  debido al desplazamiento transversal de su centro de gravedad.

$$\text{Momento} = W_w \times b_r$$

$$W_w = \frac{\frac{V_w}{N}}{\gamma} = \frac{\gamma V_w}{N} \quad (1)$$

La variación en el momento horizontal del volumen del líquido será:

$$\text{Mto. horizontal} = V_w \times b_r$$

La variación en el momento es igual al momento de la cuña  $w_5 w_1$ , en relación al centro de gravedad de la cuña  $1_5 1_1$ , pues el líquido originalmente contenido en la cuña  $1_5 1_1$ , fue desplazado a la posición  $w_5 w_1$ .

Cuando  $\theta$  es pequeño, la variación en el momento horizontal del líquido es igual a:

$$\int_0^l \frac{1}{2} h h \tag \theta dx \frac{4}{3} h = \tag \theta \int_0^l \frac{2}{3} h^3 dx$$

donde:

$h$  = Ancho medio del tanque en cualquier sección

$l$  = Largo del tanque

sea  $i$  = Momento de Inercia del área superficial en torno de un eje longitudinal que pasa por el centro de

gravedad de esa área.

entonces:

$$i = \int_0^l \frac{2}{3} h^3 dx$$

tenemos por tanto:

$$V_w \times b_r = i \operatorname{tag} \theta \quad (2)$$

La variación en el brazo de adrizamiento debido al desplazamiento de un peso es igual al momento de inclinación transversal causado por su desplazamiento y dividido para el desplazamiento del buque.

Esto es:

$$\delta(GZ) = \frac{W_w \times b_r}{\Delta} \quad (3)$$

Sustituyendo el valor  $W_w$  dado por la ecuación (1) y el valor de  $V_w$  dado por la ecuación (2), y  $N \cdot \Delta$  por en la ecuación (3) tenemos:

$$\delta(GZ) = \frac{\gamma V_w}{N} \cdot \frac{b_r}{\Delta} = \frac{\gamma i \operatorname{tag} \theta}{b_r \cdot N \Delta} \frac{b_r}{1}$$

$$\delta(GZ) = \frac{\gamma i \operatorname{tag} \theta}{\nabla} \quad (4)$$

donde  $\nabla$  = Volúmen de desplazamiento del buque

Como  $\theta$  es pequeño y sabiendo que:

$$GZ = GM \text{ Sen } \theta$$

Diferenciando - esta ecuación tenemos:

$$\delta(GZ) = \text{Sen } \theta \cdot \delta(GM) \quad (5)$$

pues  $\theta$  es una constante

Sustituyendo (5) en (4) tenemos

$$\text{Sen } \theta \cdot \delta(GM) = \frac{\gamma \cdot i \cdot \text{tag } \theta}{\nabla} \quad (6)$$

Como  $\theta$  es pequeño  $\text{Sen } \theta = \text{tag } \theta$  por tanto tenemos:

$$\delta(GM) = \frac{\gamma \cdot i}{\nabla} \quad (7)$$

Sabemos también que:

$$GM = KM - KG$$

Si el desplazamiento es constante,  $KM$  es también constante, por lo tanto diferenciando  $GM = KM - KG$  tenemos:

$$\delta(GM) = - \delta(KG)$$

sea  $- \delta(KG) = GG_V$  y sustituyendo en la ecuación (7) tenemos:

$$\frac{\delta \dot{\lambda}}{\nabla} = -\delta \text{ (KG) lo que es lo mismo}$$

$$GG_v = \frac{\gamma \dot{\lambda}}{\nabla} \quad (8)$$

donde:  $G_v$  = Centro de gravedad virtual

En otras palabras el efecto del líquido en el tanque con superficie libre es el mismo que existiría si el centro de gravedad del buque estuviese en  $G_v$ , situado encima de  $G$ , esto es, el efecto sería el mismo que el producido por la elevación del centro de gravedad.

La ecuación (8) nos indica que a un desplazamiento constante, la grandeza de la elevación virtual del centro de gravedad depende de la relación de los pesos específicos del líquido en el tanque y del medio de flotación y de la inercia, o sea no depende de la cantidad de líquido en el tanque, y la razón - porque esto no ocurre es debido a la transferencia volumétrica del líquido (en pequeñas inclinaciones) no depende del volumen del líquido en el tanque pero sí depende del largo y ancho de su superficie.

Si un buque se inclina con superficies libres en ciertos tanques la elevación virtual del centro de gravedad del buque ( $GG_v$ ) debería ser calculada para cada tanque y luego la total para todos los tanques.

Cabe señalar que debido a la elevación virtual del centro de

gravedad ( $GG_v$ ) la altura metacéntrica  $GM$  queda reducida a  $G_vM$ , por tanto el segmento  $GG_v$  se puede interpretar como la pérdida virtual de altura metacéntrica y  $G_vM = GM - GG_v$  como altura metacéntrica virtual.

Según lo citado anteriormente tenemos:

$$GM = G_vM + GG_v \quad (9)$$

y también

$$\Sigma GG_v = \frac{\Sigma \gamma \dot{x}}{\nabla}$$

La ecuación (8) fue obtenida sin considerar el peso del aire encima de la superficie líquida porque es muy pequeña. Sin embargo, si tuviéramos en un tanque 2 líquidos de densidades distintas, como aceite encima del agua, la línea de separación permanece horizontal cuando el buque es inclinado y de ahí resulta una reducción en el brazo de adrizamiento semejante a la reducción producida por la superficie libre porque hay un movimiento transversal del centro de gravedad del líquido en el tanque inclusive cuando este último estuviera completamente lleno:

En este caso:

$$GG_v = \frac{\dot{x}}{y} (\gamma_w - \gamma_o) \quad (10)$$

donde:

$\gamma_w$  = Relación entre el peso específico del líquido inferior (más pesado) y el del medio de flotación.

$\gamma_o$  = Relación entre el peso específico del líquido superior (más liviano) y el del medio de flotación.

La ecuación (10) puede ser demostrada de la siguiente manera, en base a lo que se ha dicho anteriormente.

sea:  $w$  = Peso total del líquido en el tanque, en toneladas

$w_w$  = Peso del líquido inferior, en toneladas

$w_o$  = Peso del líquido superior, en toneladas

$r$  = Punto de intersección de la figura # 2 de una normal a  $l_1 w_1$  pasando por  $b_1$ , centro de gravedad de  $w$  cuando el buque tiene un ángulo  $\theta$  con una línea pasando por  $b$  paralelamente a  $l_1 w_1$ .

$b_w$  = Centro de gravedad de  $w_w$  cuando el buque está en la posición normal.

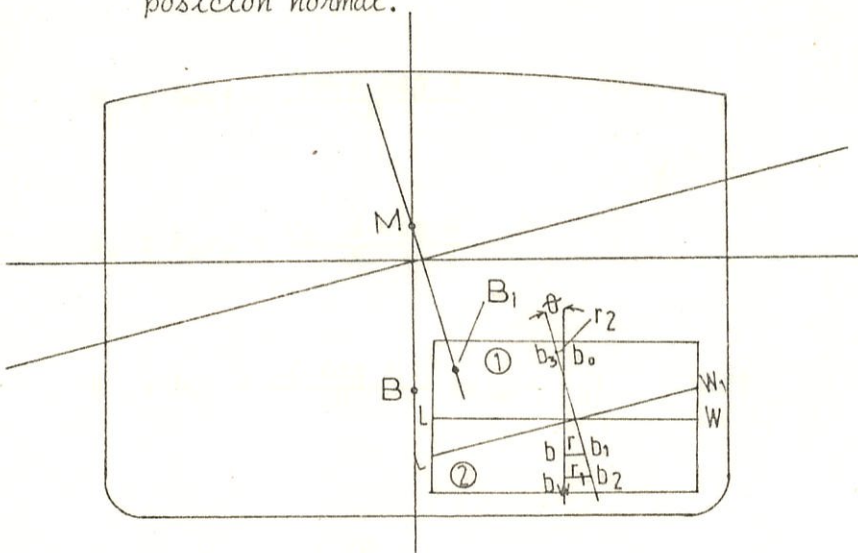


FIG. N° 13



$r_1$  = Centro de intersección de una normal  $1_1 w_1$  pasando por  $b_2$  centro de gravedad de  $w_w$  cuando la inclinación es  $\theta$ , con la línea que pasa por  $b_w$  paralela a  $1_1 w_1$ .

(1) Líquido superior

(2) Líquido inferior

$b_0$  = Centro de gravedad de  $w_0$  cuando el buque está en la posición normal.

$r_2$  = Punto de intersección de una normal a  $1_1 w_1$  pasando por  $b_3$  centro de gravedad de  $w$  cuando la inclinación es  $\theta$ , con una línea pasando por  $b_0$  es paralela a  $1_1 w_1$ .

$$\delta (GZ) = \frac{w \times b_r}{\Delta}$$

$$w \times b_r = w_w \times b_w r_1 - w_0 \times b_0 r_2 \quad (11)$$

Por lo visto anteriormente tenemos:

$$w_w \times b_w r_1 = \frac{\gamma_w i \tan \theta}{N}$$

$$w_0 \times b_0 r_2 = \frac{\gamma_0 i \tan \theta}{N}$$

$$w \times b_r = \frac{i \tan \theta}{N} (\gamma_w - \gamma_0) \quad (12)$$

Además:

$$\delta(M) = GG_V = \frac{i}{V} (\gamma_W - \gamma_0) \quad (13)$$

porque cuando  $\theta \rightarrow 0$ ,  $\text{sen } \theta = \text{tag } \theta$

Para grandes ángulos de escora se puede considerar que la elevación virtual es constante y se puede calcular aplicando las fórmulas anteriores.

## ESTABILIDAD PARA GRANDES ANGILOS DE INCLINACION

Cuando la inclinación transversal es grande, el metacentro M ya no es un punto fijo y GM pierde toda validez. Por este motivo el estudio de estabilidad debe hacerse en términos de brazo adrizante GZ o del momento adrizante, para lo cual con la fórmula de ATWOOD podemos calcular el momento de estabilidad estática. Para la identificación de cada término de la fórmula nos ayudamos de la Fig. N° 14.

$$\text{Momento de Estabilidad Estática} = \Delta \left| \frac{V \times \overline{hh_1}}{\nabla} - B G \times \text{Sen } \theta \right|$$

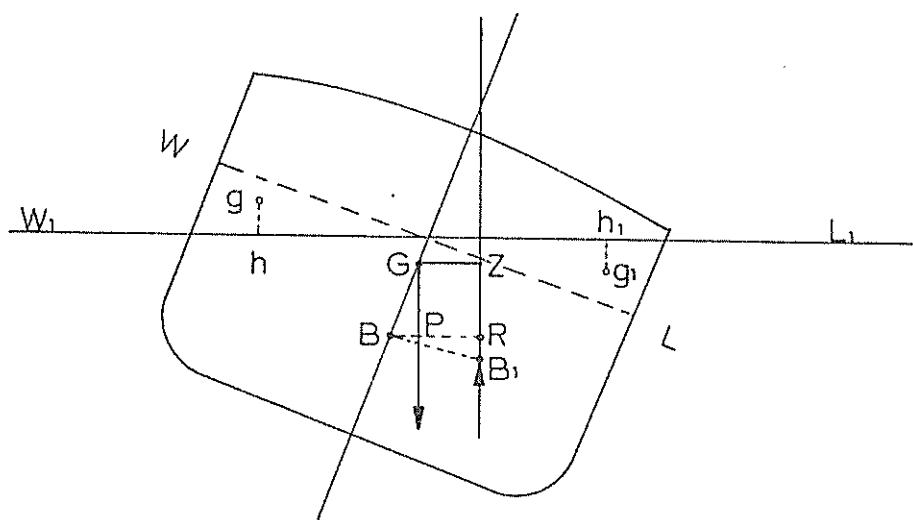


FIG. N° 14

donde:

- $\theta$  = Ángulo de Inclinación Transversal
- $\nabla$  = Volúmen de Desplazamiento
- $V$  = Volúmen de la Cuña: de Inmersión o Emersión
- $\Delta$  = Desplazamiento

$g_{g1}$  = Centro de Gravedad de las Cuñas: de Inmersión o Emersión.

$\overline{h_{h1}}$  = Separación de los Centros de Gravedad de las Cuñas sobre la línea de flotación  $W_1 L_1$ .

Al analizar la fórmula de ATWOOD se observa que consta de dos partes, la primera es puramente geométrica y depende exclusivamente del buque; la segunda parte,  $BG \text{ Sen} \theta$ , depende no sólo de la forma sino también de la distribución de pesos, ya que influye la posición del centro de gravedad del buque.

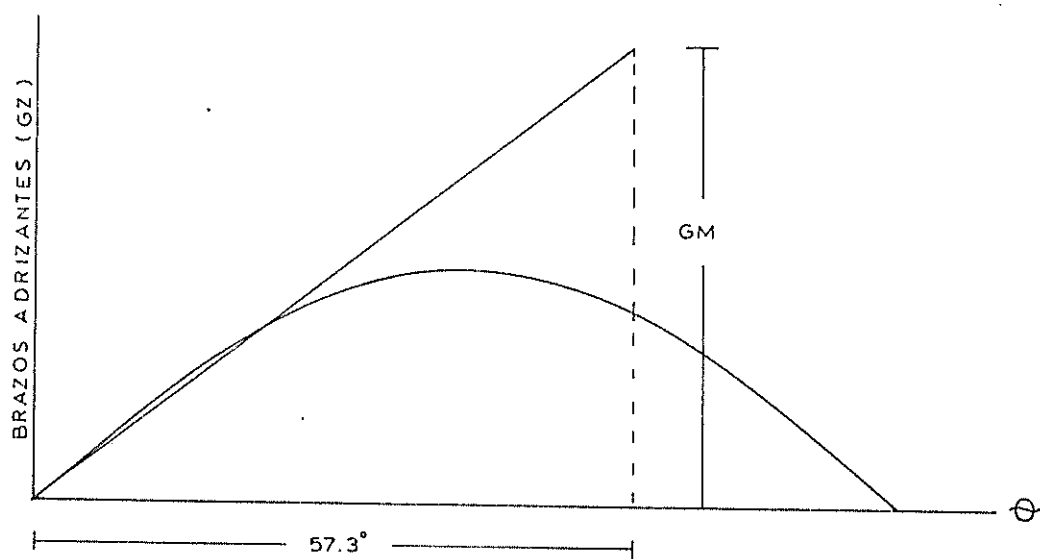
Esta fórmula es importante porque nos permite calcular la curva de estabilidad estática teórica, utilizando el Método de "BARNES". Esta curva así calculada entrará en nuestro análisis de estabilidad con las obtenidas en el laboratorio, y que se presentan en los gráficos de las curvas de estabilidad estática y dinámica del capítulo 6.

- 4.1. Trazado de la Curva de Estabilidad Estática.- El trazado de la curva de estabilidad estática se la efectúa utilizando los valores del brazo adrizante, obtenidos por el método de "BARNES", o utilizando los valores obtenidos experimentalmente de las pruebas con modelos en el laboratorio, bajo las siguientes condiciones: Para una condición de carga particular del buque, (diferentes líneas de agua), y un valor definido de KG, para esa condición se obtienen los valores de GZ para diferentes ángulos de inclinación, cuyos cálculos se en

cuentran desarrollados en el capítulo 6.

Los valores de  $GZ$  son ploteados de la siguiente manera: en las ordenadas los brazos adrizantes, sean estos teóricos o prácticos, y en las abscisas los ángulos de inclinación obteniéndose una curva como la de la Fig. N° 15.

FIG. N° 15



Al analizar la curva de estabilidad estática encontramos que los brazos adrizantes  $GZ$  varían con el ángulo de escora, aumentado con este, hasta alcanzar un valor máximo, y luego comienza a decrecer hasta anularse en un valor  $\theta_k$  denominado ángulo de máxima escora de la curva de estabilidad, siendo este, el máximo ángulo que puede escorarse la embarcación de modo que vuelva a su posición de equilibrio. El ángulo de máxima escora separa los valores de estabilidad estática po-

sitiva, de los valores de estabilidad estática negativa.

Cerca del origen el GM es constante, y se lo define por la tangente a la curva de estabilidad estática trazada desde el origen, por un radian.

$$\text{Por definición: } Tg\theta = \frac{d(GZ)}{d\theta}$$

$$\text{pero } GZ = GM \times \theta \text{ para } \theta < 8^\circ$$

$$\text{entonces } Tg\theta = \frac{d(GM \times \theta)}{d\theta}$$

$$Tg\theta = GM \times \frac{d\theta}{d\theta}$$

$$1^\circ \text{ Radian} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.3^\circ$$

4.2. Construcción de Curvas Cruzadas de Estabilidad. - La construcción de las curvas cruzadas de estabilidad, se efectúan mediante el cálculo de carenas inclinadas transversalmente utilizando el Método de Barnes que se fundamenta en el cálculo de las cuñas; además se determina la flotación recta de igual carena con la inclinada. Para ello se toma como datos las medias mangas tanto de las cuñas de inmersión como emersión, luego se procede a una doble integración longitudinal y angular. Con las integraciones se determinan: los volúmenes de las cuñas de inmersión y emersión y el volumen de la rebanada.

A continuación determinamos la flotación inclinada para efectuar la corrección por rebanada al momento de cuña no corregi

do, a este último valor dividimos para el volúmen de desplazamiento para obtener el  $(BR) = \frac{v (gh+g_1h_1)}{v}$ , primer término de la fórmula de ATWOOD, luego se resta la distancia del centro de boyantez al centro de gravedad (BG), multiplicado por el seno de la inclinación y obtenemos los brazos adrizantes para cada inclinación.

Una vez calculado los brazos adrizantes, para cada condición de carga y un valor definido del centro de gravedad, se procede a plotear dichos valores, colocando los valores del brazo adrizante en las ordenadas y los valores del desplazamiento en el eje de las abscisas.

Las curvas obtenidas para ángulos de escora espaciados cada  $15^\circ$  se muestran en las figuras del capítulo 6.

#### 4.3. Corrección en las Curvas de Estabilidad. -

4.3.1. Por cambio en el desplazamiento. - El efecto de cambios de pesos sobre la estabilidad de un buque, trae consigo un cambio en el desplazamiento lo que nos conlleva a volver a calcular los brazos adrizantes y la altura metacéntrica, para los nuevos valores del desplazamiento y de la posición del centro de gravedad.

Cuando aumentamos el desplazamiento por adición a una embarcación escorada, este hace aumentar el calado pasando a una nueva línea de flotación y no hace escorar

a la embarcación como lo muestra la figura N° 16.

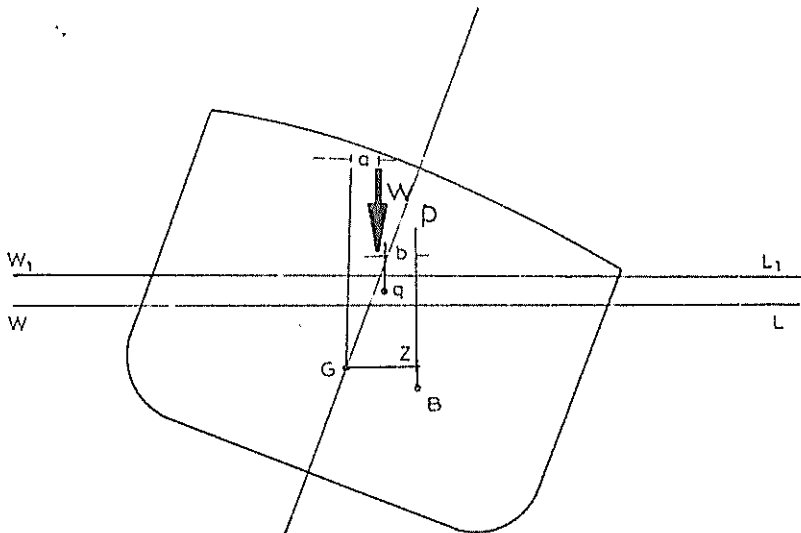


FIG. N° 16

Suponiendo que el par adrizante no cambia:

$$\Delta x GZ = \Delta_1 \times G_1 Z_1 \quad (1)$$

Al añadir el peso \$P\$ el centro de gravedad del buque se moverá horizontalmente una distancia  $\frac{aP}{\Delta_1}$ . Sea \$q\$ el centro de gravedad del volumen entre \$F L\$ y \$F\_1 L\_1\$, que está a una distancia \$b\$, horizontalmente medida desde el centro de empuje en una cantidad:

$$\frac{b v}{\nabla_1} = \frac{b P}{\Delta_1} \quad (2)$$

Luego \$GZ\$ debido al cambio de desplazamiento pasará a ser \$G\_1 Z\_1\$ por la suma de ambos movimientos, luego:



$$\Delta \times GZ = \Delta_1 \times \left( GZ - \frac{a P}{\Delta_1} - \frac{b P}{\Delta_1} \right)$$

$$= \Delta_1 \times GZ - P (a + b) \quad (3)$$

y como:

$$\Delta_1 = \Delta + P$$

entonces:

$$\Delta \times GZ = \Delta \times GZ + P \times GZ - P (a + b) \quad (4)$$

y por consiguiente para que la estabilidad no sea afectada por el cambio en el desplazamiento tiene que cumplirse lo siguiente:

$$a = GZ - b$$

De la expresión anterior el valor del brazo adrizante aumentará o disminuirá de acuerdo a la ubicación que se coloquen los pesos a bordo. Debido a los nuevos brazos adrizantes hay que efectuar las correcciones a la curva de estabilidad estática por cambio en el desplazamiento.

También se pueden determinar los brazos adrizantes di rectamente por el método de la prueba de modelos en el laboratorio de estabilidad, efectuando pruebas para cualquier desplazamiento y obteniendo los valores respectivos de los brazos adrizantes, que serán grafi cados para obtener la curva de estabilidad estática para la nueva condición.

Una vez obtenido estos nuevos valores de brazo adri - zante procedemos a graficar la curva de estabilidad - estática que nos va a indicar el comportamiento de la embarcación para esta nueva condición.

- 4.3.2. Por cambio transversal del centro de gravedad.- Esta es una de las correcciones de uso práctico más impor - tante, que se efectúa en la curva de estabilidad.

La Fig. N° 17 y N° 18 muestran claramente como el cen - tro de gravedad de una embarcación cambia transversal mente debido a una traslación transversal de peso.

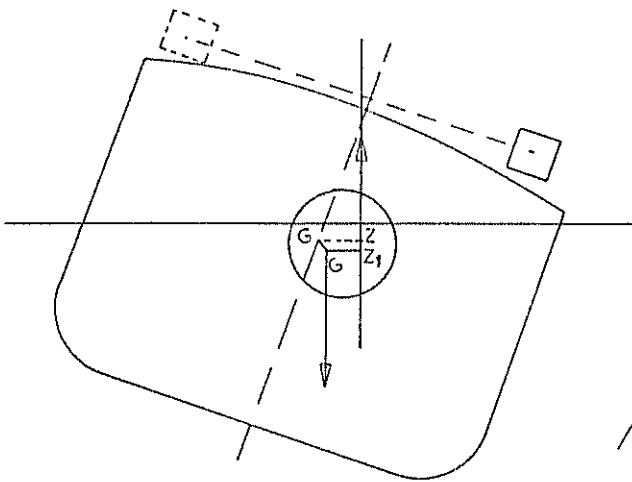


FIG. N° 17

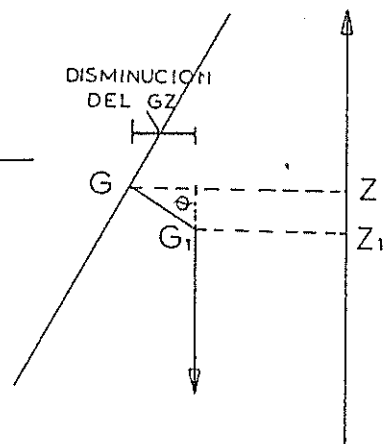


FIG. N° 18

En respuesta a este cambio transversal del centro de gravedad el brazo adrizante  $GZ$  disminuirá siempre en un valor  $GG_1 \cos \theta$  como lo muestra la Fig. N° 18.

$$\text{Disminución de } GZ = GG_1 \cos \theta$$

$$GZ = GZ - GG_1 \cos \theta$$

Una disminución del brazo adrizante trae como consecuencia una disminución de la curva de estabilidad - estática, ya que los brazos adrizantes actuales van a ser muchos menores que los brazos adrizantes de la curva original, produciéndose equilibrio con una escora permanente como lo muestra la Fig. N° 19.

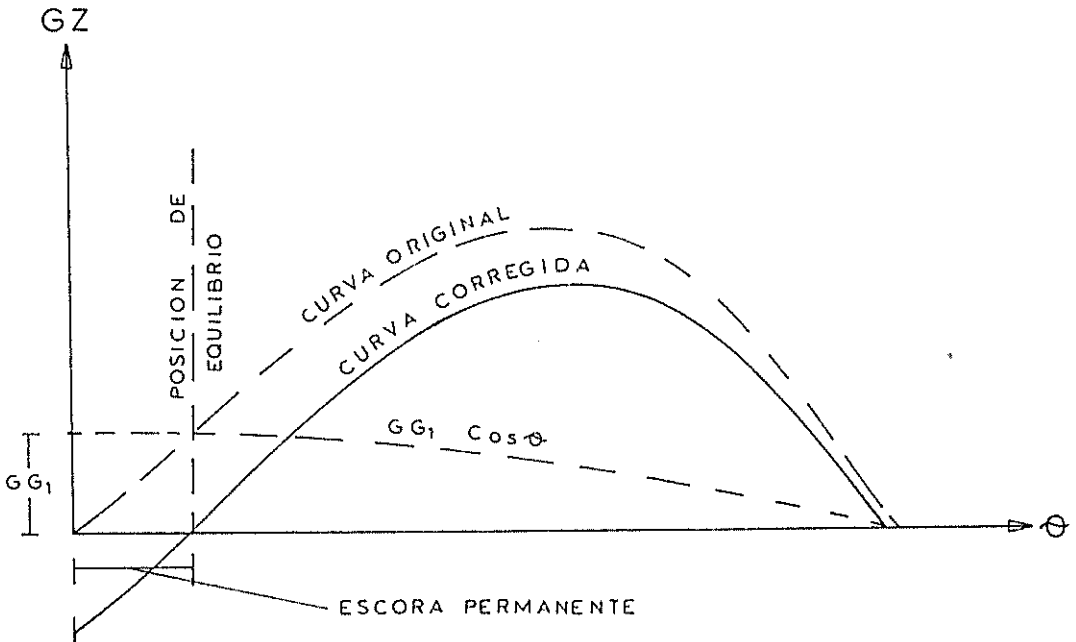


FIG. N° 19

4.3.3. Efecto de la Manga y Francobordo sobre la Estabilidad. - Las características de la estabilidad de un buque dependen de su forma y de la posición del centro de gravedad. Las formas y dimensiones tienen un efecto mayor sobre la posición del Metacentro, pero con frecuencia un pequeño efecto sobre el centro de gravedad. La forma y dimensiones de la embarcación afectan mayormente a la estabilidad, debido a que varía considerablemente la posición del metacentro - cuando existen cambios fundamentales en la sección - maestra.

Los parámetros principales que definen la estabilidad inicial de una embarcación es la altura metacéntrica y la posición del metacentro se la determina a partir del  $BM_t$  el mismo que está definido por la expresión siguiente:

$$BM_t = f ( I_t, \nabla )$$

$$I_t = f ( L, B )$$

$$BM_t = \frac{I_t}{\nabla} = \frac{1/12 \times L B^3}{L \times B \times H \times Cb} = \frac{B^2}{12 H \times Cb}$$

Del análisis de las expresiones anteriores se observa que un aumento de la manga al cuadrado ( $B^2$ ) trae consigo un aumento del Radio Metacéntrico, y por consiguiente un aumento de la estabilidad estática inicial.

Otro efecto importante sobre la estabilidad es el producido por el francobordo y es de vital importancia en la seguridad del buque. Es obvio, que el valor del francobordo está asociado directamente con la reserva de boyantez, y tiene mayor incidencia sobre el ángulo al cual la borda de la cubierta va a sumergirse, y se verifica por la siguiente expresión:

$$\theta_{\alpha} = \text{arc Tg } \frac{2f}{B}$$

donde:

$\theta_{\alpha}$  = ángulo en el que hay inmersión de la cubierta al costado

f = francobordo

B = manga

Cuando tenemos mayor distancia entre la línea de flotación y la cubierta tenemos un incremento del brazo adrizante y por consiguiente aumenta la estabilidad estática como se muestra en la gráfica de las curvas de estabilidad estática en el capítulo 6.

Podemos incrementar virtualmente la altura de francobordo estibando el equipo de trabajo que se encuentra sobre la cubierta tales como, aparejos de pesca, redes y winches, para obtener un efecto beneficioso so-

bre el rango de estabilidad.

4.4. Estabilidad Dinámica. - Se llama estabilidad dinámica al trabajo que hay que desarrollar a la embarcación - desde la posición de equilibrio hasta escorarla cierto ángulo. Este trabajo se encuentra almacenado en la embarcación en forma de energía potencial mientras este mantenga dicho ángulo de escora, es decir, es la diferencia entre la energía potencial del buque en sus líneas normales de flotación y en la posición inclinada.

De la aplicación del teorema del trabajo que nos enseña la física, nosotros tenemos que el trabajo hecho por el momento para escorar la embarcación a través de un ángulo  $\theta$  es:

$$d T = \text{Momento} \times d \theta$$

En nuestro caso

$$d T = \text{Momento Adrizante} \times d \theta$$

El trabajo total para escorar desde  $0^\circ$  hasta un ángulo  $\theta$  será:

$$T = \int_{0^\circ}^{\theta} d T = \int_{0^\circ}^{\theta} \text{Momento Adrizante} \times d \theta$$
$$T = \int_{0^\circ}^{\theta} \Delta x GZ \times d \theta$$

En la última expresión el valor de la integral  $\int_0^\theta GZ d\theta$  - es el área comprendida por la curva de estabilidad estática a una inclinación  $\theta$ .

La curva de estabilidad dinámica es pues la integral de la curva de estabilidad estática. En el numeral 6.4 se encuentran las curvas de estabilidad dinámica obtenidas de la integración de las curvas de estabilidad estática las mismas que fueron obtenidas de prueba con modelos.

Otra manera de calcular la estabilidad dinámica es por medio de la fórmula de MOSELEY, en la cual el trabajo hecho, o estabilidad dinámica, es igual al desplazamiento multiplicado por la separación vertical de los centros de gravedad y boyantez en la condición inclinada e inicial ( $B_1Z$  y  $BG$ ).

$$\text{Estabilidad Dinámica} = \Delta (B_1Z - BG)$$

Con la ayuda de la Fig. N° 20, podemos demostrar la fórmula de Moseley.

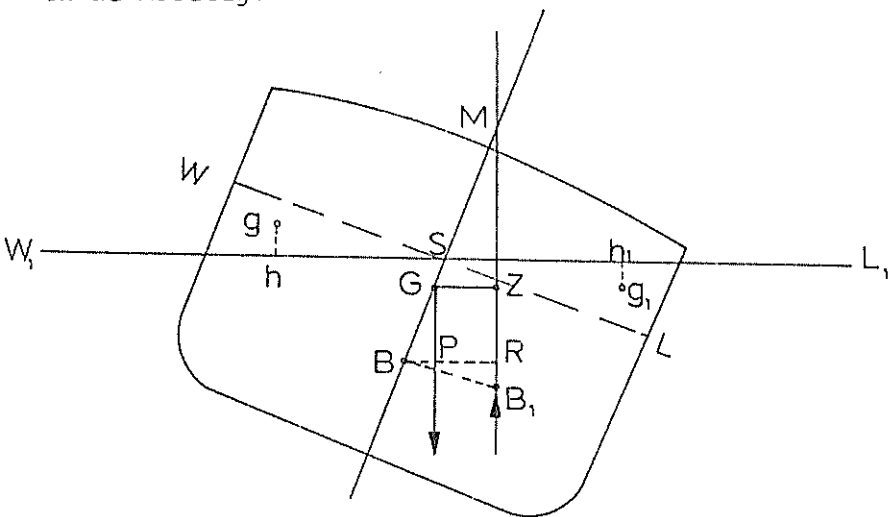


FIG. N° 20

Al escorarse el buque las fuerzas que actúan sobre él, son las del peso y de empuje que al separarse verticalmente se produce un trabajo, el mismo que es realizado para escorar el buque.

Cuando el buque está adrizado la separación de las dos fuerzas es  $BG$ .

Cuando el buque está escorado la separación de las dos fuerzas es  $B_1 Z_1$ , por consiguiente la estabilidad dinámica es igual al trabajo realizado para escorar la embarcación, y es expresado de la siguiente manera:

$$\text{Estabilidad dinámica} = \Delta(B_1 Z_1 - BG) \quad (1)$$

De la figura N<sup>o</sup> 20 tenemos que:

$$B_1 Z_1 = B_1 R + ZR \quad (2)$$

El ángulo del triángulo  $ZMG = \angle BGP =$  por ser los dos lados paralelos, pero:

$$ZR = GP \quad (3)$$

$$GP = BG \cos \theta \quad (4)$$

Reemplazando 3 y 4 en 2, se tiene que:

$$B_1 Z_1 = B_1 R + BG \cos \theta \quad (5)$$



Y la variación en el momento vertical del volúmen de desplazamiento puede ser expresada como la suma del momento vertical de la cuña emergida y sumergida o por el producto del volúmen de desplazamiento por el cambio en la posición vertical del centro de boyantez.

El cambio en la posición vertical del centro de boyantez es  $B_1R$ , luego:

$$\frac{BB_1}{gg_1} = \frac{B_1R}{h_1g_1+hg} = \frac{BR}{hh_1} = \frac{v}{V}$$

$$\nabla \times B_1R = v (gh + g_1 h_1) \quad (6)$$

$$B_1R = \frac{v(gh + g_1 h_1)}{\nabla} \quad (7)$$

donde:

$v$  = volúmen de la cuña  $WSW_1$  = volúmen de la cuña  $LSL_1$

$gh$  = distancia vertical del centro de gravedad de la cuña emergida encima de la línea de agua  $W_1 L_1$ .

$g_1 h_1$  = distancia vertical del centro de gravedad de la cuña sumergida abajo de  $W_1 L_1$ .

Reemplazando las expresiones 2, 5 y 7 en 1, obtenemos la fórmula de MOSELEY para la estabilidad dinámica.

$$\text{Estabilidad dinámica} = \Delta \left| \frac{v(gh+gjh_1)}{\nabla} - BG(1+\widehat{\text{Cos}}\theta) \right|$$

Con la ayuda de esta fórmula calculamos los brazos adrizantes dinámico y luego el trabajo. Este cálculo puede realizarse conjuntamente con la determinación de los valores de GZ por el método de Barnes.

La importancia de la estabilidad dinámica radica fundamentalmente, en que el buque debe ser capaz de absorber cierta energía, tal como la presión del viento sobre el costado y la superestructura, y también la acción del movimiento de las olas, sin escorarse más allá de un cierto ángulo.

## CAPITULO 5

### EXPERIMENTO DE INCLINACION

La prueba o experimento de inclinación se efectúa para determinar la posición real del centro de gravedad de una embarcación a una determinada condición de carga.

Es necesario determinar primeramente el valor de la altura - metacéntrica GM, y luego usando las curvas hidrostáticas encontramos los valores de KB y BM<sub>T</sub>.

Aplicando la siguiente fórmula encontramos el centro de gravedad:

$$KG = KB + BM - GM$$

donde:

KB = Altura del centro de gravedad

BM = Radio metacéntrico

GM = Altura metacéntrica

5.1. Teoría de la prueba de inclinación.- El experimento de la inclinación se basa fundamentalmente en las siguientes ecuaciones:

$$KG = KM - GM$$

$$GM = \frac{w \cdot d}{\Delta} \operatorname{ctg} \theta$$

a.- Preparativos iniciales para la prueba de inclinación en el buque.

i.- Consideraciones principales

- Se debe efectuar en aguas tranquilas y sin influencia del viento.
- Instruir al personal que se encuentra a bordo, para de esta manera evitar que se produzcan alteraciones durante la ejecución de la prueba.
- Medir los calados de proa, popa y de la sección media, este último para determinar si el buque se encuentra en la condición de quebranto o arrufo.
- De las curvas hidrostáticas con el calado y la línea de desplazamientos obtenemos el desplazamiento.
- De las curvas hidrostáticas obtenemos KM en función del calado.
- Tener un informe exacto de los equipos de trabajo a bordo, tales como winches, aparejos de pesca, redes, etc. con su peso y la localización de C.G. de cada uno de ellos.
- Los pesos que van a ser utilizados deben producir un ángulo de escora aceptable ( $1\ 1/2^\circ$  a  $3^\circ$ ).

Los péndulos para determinar el ángulo de escora, en lo posible deben colocarse en proa, popa y en la sección

- media, y deben estar situados en lugares en que no les afecte el viento.
- Los tanques de combustibles o agua deben estar completamente llenos o vacíos, para evitar que se forme efecto de superficie libre.

ii.- Ejecución de la prueba de inclinación.

- Un peso  $W$ , de valor conocido, debe ser movido transversalmente sobre la cubierta una distancia  $d$ .
- Este cambio de posición del peso produce un ángulo de escora el mismo que es determinado en función del largo y de la deflexión de los péndulos, es decir tenemos:

$$\text{tag } \theta = \frac{\text{deflexión}}{\text{largo}}$$

- Es conveniente realizar como mínimo tres movimientos para cada banda.

b.- Prueba de inclinación en los modelos

i.- Para efectuar la prueba de inclinación se necesita:

- Modelo del buque construido a escala
- Pesos para ser colocados sobre la cubierta.

- Clinómetro para medir ángulos de escora, producidos por los movimientos de pesos.
- Pesos calibrados de diferentes valores, para obtener el desplazamiento deseado.
- Flexómetros calibrados para medir la distancia que se mueven los pesos transversalmente.

ii.- Ejecución de la prueba de inclinación.

- Se pesa el modelo y el clinómetro.
- Se calcula el desplazamiento del modelo por la siguiente fórmula:

$$\Delta_m = \frac{\Delta_s}{\lambda^3} \times \frac{35}{36}$$

$$\Delta_m = \frac{\Delta_s}{\lambda^3} \times \frac{1000}{1025}$$

- Colocamos el modelo en el tanque de estabilidad
- Colocamos pesos dentro del modelo, para que este flote a la línea de agua deseada.
- Se verifican los calados de proa, popa y sección media del modelo. En la sección media se verifica el calado en el lado de babor y de estribor, para comprobar si el modelo tiene escora inicial.

- Se colocan seis pesos, que van a ser movidos transversalmente sobre cubierta, tres a cada banda de tal forma que no produzcan escora o asiento.
- El clinómetro se lo coloca cerca de la sección media y se procede a calibrarlo.
- Se observa si el modelo tiene escora inicial y se anota su valor para los cálculos posteriores.
- Se procede a efectuar el primer movimiento transversal del peso ya sea de estribor a babor o viceversa.
- Se mide la distancia que se ha trasladado el peso.
- Este movimiento produce un ángulo de escora, el mismo que es medido en el clinómetro.
- Para medir el ángulo de escora se procede a calibrar el clinómetro hasta que la burbuja queda a nivel, obteniendo así el ángulo de inclinación.
- Se repite el ciclo desde i) hasta l) para los demás pesos utilizados en la prueba.

5.2. Determinación del Centro de Gravedad. - Una vez efectuadas las mediciones de los ángulos de escora para cada movimiento y con los valores del desplazamiento  $\Delta$ , del peso a trasladarse  $W$ , y de la distancia que es movido el peso  $d$ , calculamos el valor de la altura metacéntrica  $GM$ , por medio de la si

guiente fórmula:

$$GM = \frac{w \times d}{\Delta} \times \text{Ctg } \psi$$

Luego de obtener los valores de GM para cada movimiento tomamos el promedio de las curvas hidrostáticas sacamos los valores de KM, pues como se sabe:

$$KM = KB + BM$$

Finalmente obtenemos el valor del centro de gravedad por medio de las siguientes fórmulas:

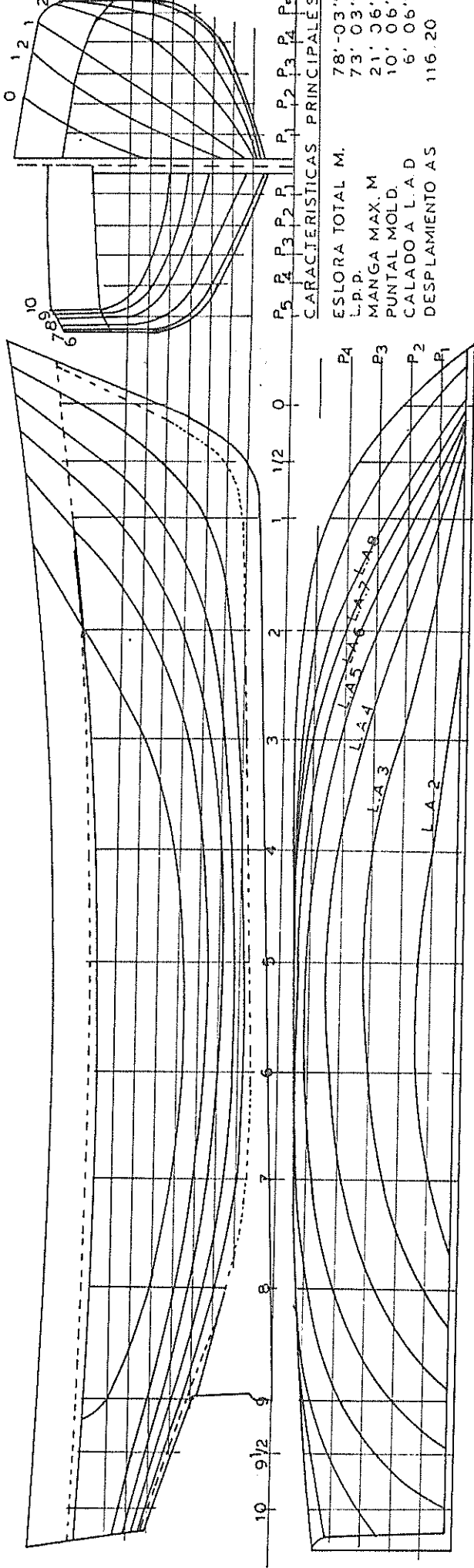
$$KG = KM - GM$$

$$KB = KM + BM - GM$$

5.3. Tipo de Embarcaciones a Analizar.- Para la explotación de nuestra riqueza ictiológica generalmente se utilizan tres tipos de embarcaciones dotadas con equipos muy particulares para determinada faena de pesca. Por consiguiente nuestro estudio se basa exclusivamente en el análisis de modelos de embarcaciones pesqueras de la flota nacional, que se dedican a la captura del camarón, atún y la pesca blanca, de las cuales, la primera emplea el sistema de arrastre y las otras el sistema de cerco.

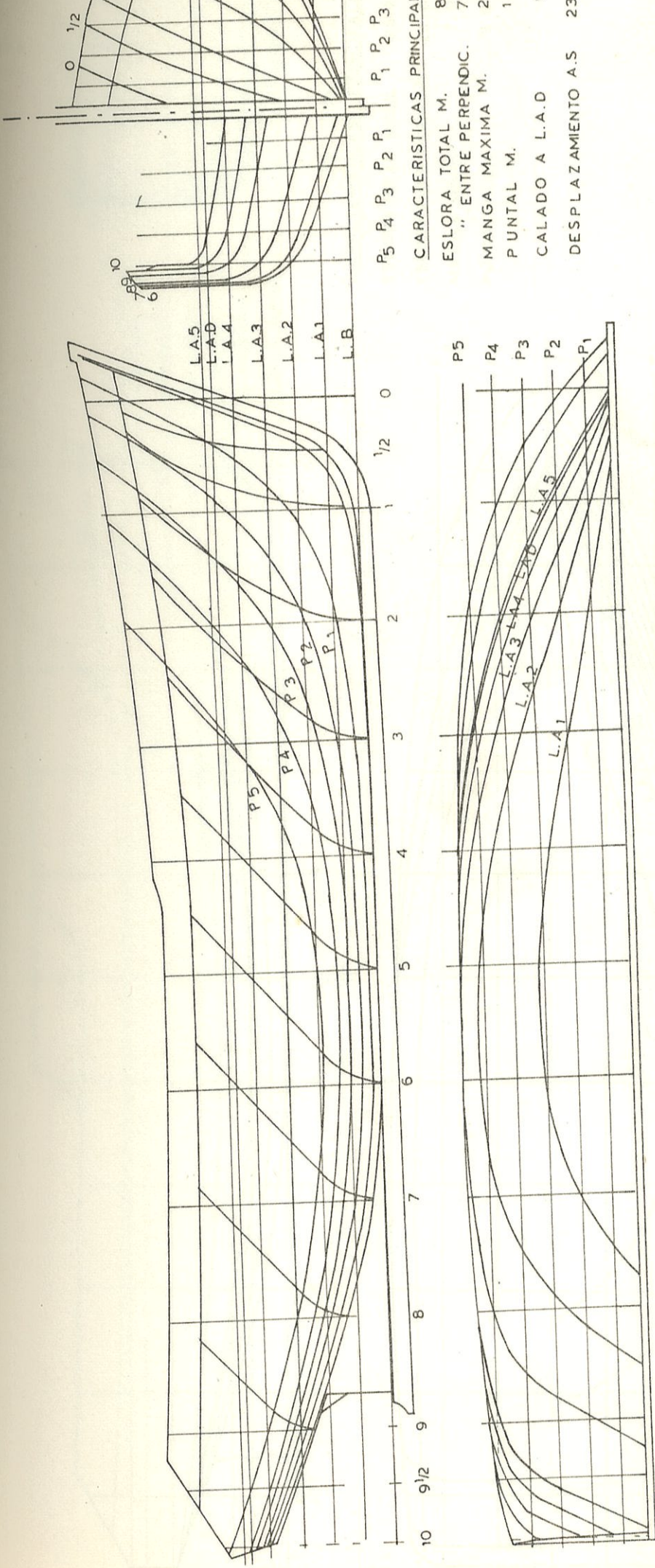


A continuación presentamos los planos de las embarcaciones objeto de nuestro estudio, los mismos que fueron experimentados en el tanque de estabilidad de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

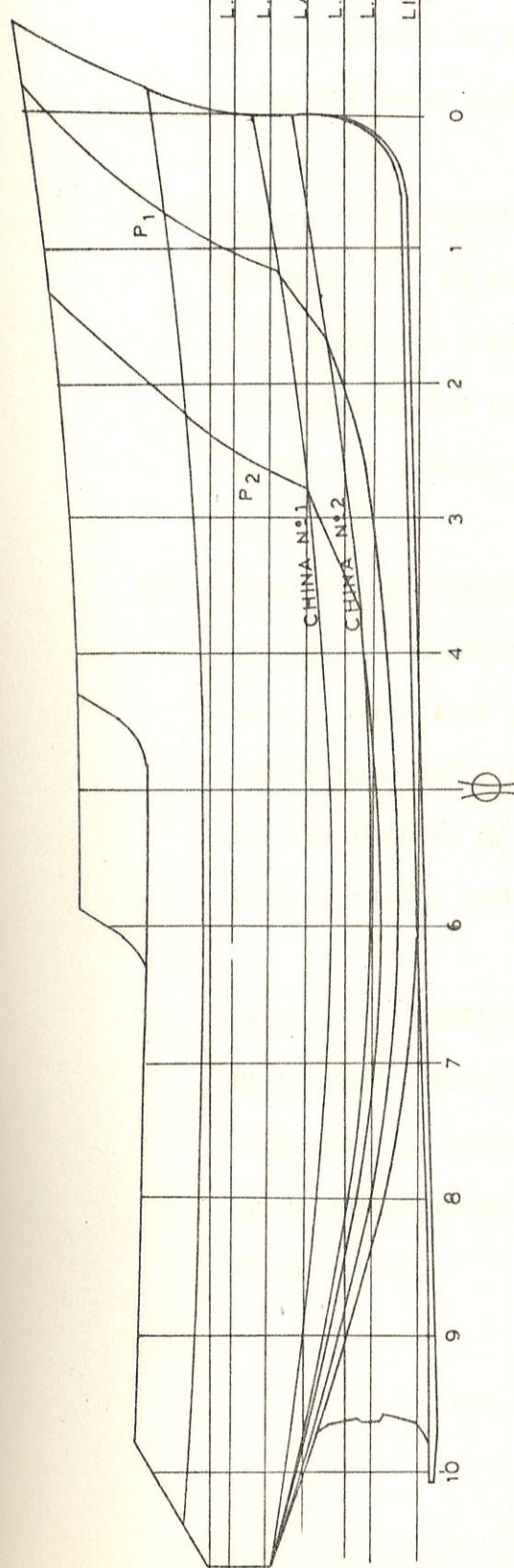


P5 P4 P3 P2 P1  
 P5 P4 P3 P2 P1  
 P1 P2 P3 P4 P5  
 CARACTERISTICAS PRINCIPALES  
 ESLORA TOTAL M. 78'-03"  
 L.P.P. 73'-03"  
 MANGA MAX. M 21'-06"  
 PUNTA L MOLD. 10'-06"  
 CALADO A L.A.D 6'-06"  
 DESPLAMIENTO AS 116.20

<u>DIMENSIONES</u>	<u>BUQUE</u>	<u>MODELO</u>
ESLORA ( L.p.p.)	73.250'	4.583'
MANGA ( B )	23.500'	1.345'
PUNTA L ( D )	10.500'	0.657'



<u>DIMENSIONES</u>	<u>BUQUE</u>	<u>MODELO</u>
ESLORA (L.p.p.)	76.50'	6.375'
MANGA ( B )	23.00'	1.917'
PUN TAL ( D )	12.00'	1.000'



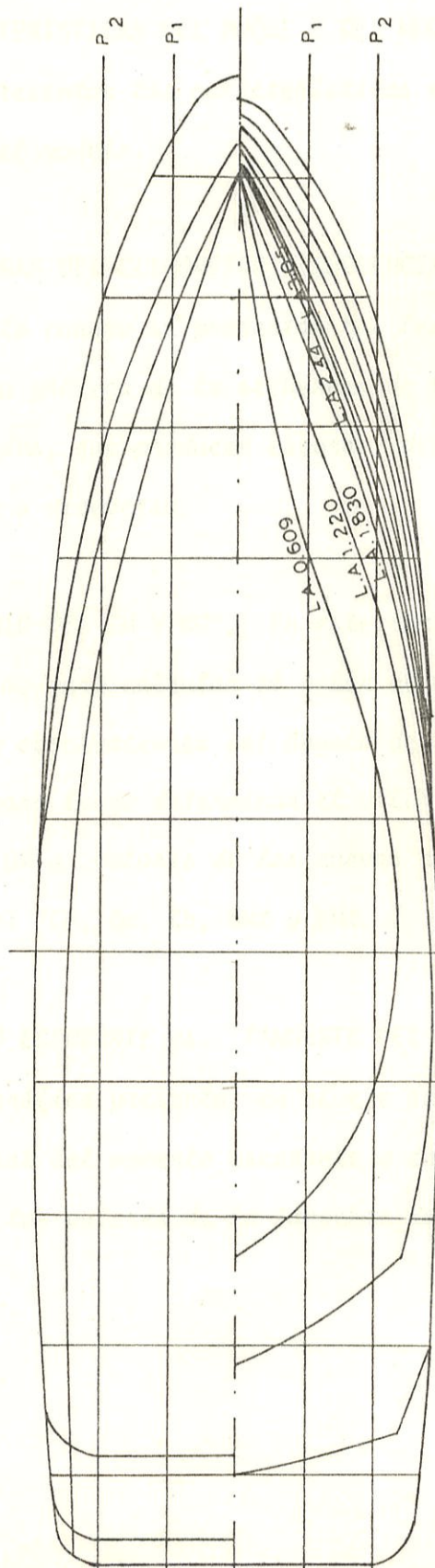
L.A.3.050  
 L.A.2.440  
 L.A.1.830  
 L.A.1.220  
 L.A.0.609

LINEA BASE

P<sub>2</sub> P<sub>1</sub>

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL MOLD. 26.2  
 ESLORA ENTRE PERPEND. 23.0  
 MANGA MOLD. 7.0  
 PUNTAL MOLD. 3.0



L.A.0.609  
 L.A.1.220  
 L.A.1.830

P<sub>2</sub>  
 P<sub>1</sub>  
 P<sub>1</sub>  
 P<sub>2</sub>

DIMENSIONES  
 ESLORA ( L.p.p.)  
 MANGA ( B )  
 PUNTAL( D )

BUQUE  
 23.00mts  
 7.00 "  
 3.60 "

MODELO  
 1.583mts.  
 0.468 "  
 0.241 "

5.4. Presentación de los cálculos del experimento de inclinación. El desarrollo y análisis del cálculo de la prueba de inclinación, ha sido resumida en forma sencilla con cuadros y gráficos para cada uno de los modelos y en diferentes condiciones, y están presentados en los siguientes cuadros:

I.- Cuadro N° 1 "CARACTERISTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO".

En este cuadro se presentan las características principales del buque y del modelo.

II.- Cuadro N° 2 "LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO". En este cuadro se presentan las lecturas del clinómetro y una gráfica de la secuencia de los movimientos de los pesos, que producen escoras, del lado de babor a estribor o viceversa.

III.- Cuadro N° 3 "CALCULO DEL GM Y KG". En este cuadro se presenta el mecanismo para calcular el valor de GM en base a parámetros y observaciones del ángulo de inclinación como dato, para luego determinar el valor de KG con los valores de GM y valores de las curvas hidrostáticas, tales como:  $C_b$ ,  $C_w$ ,  $K_b$ , BMT y KMT.

IV.- Gráfica de "MOMENTO ESCORANTE vs. TANGENTE DEL ANGULO DE ESCORA". Esta gráfica presenta, en el eje de las ordenadas los valores del momento escorante y en el eje de las abscisas los valores de la tangente del ángulo de escora.

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 1

CARACTERISTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO

MODELO N° 1

CONDICION L. A. 5

Tipo de Pesca: CAMARONERO

Características Principales:

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Buque 73.250'

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Modelo 4.583'

Desplazamiento (  $\Delta$  ) 74.591 Tns. a la L.A. 5

Relación de Dimensionaes  $\lambda = \frac{Lpp_b}{Lpp_m} = 15.982$

$$\Delta_m = \frac{\Delta}{\lambda^3} \times \frac{35}{36} = 17.76473$$

Peso del Modelo + Peso del Clinómetro 10.526 Kg.

Peso adicional para que flote a la L.A.5 7.239 "

Desplazamiento del modelo a L.A.5 17.765 Kg.

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 2

LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO

MODELO N° 1

Escora Inicial 0°0'

Desplazamiento del Modelo 17764.73 Ghs.

Peso Agregado 7500.00 "

CONDICION L. A. 5

Mov.	POSICION	MOVIMIENTO ESTIBOR	MOVIMIENTO BABOR	DISTANCIA	LECTURAS
1°				38 cms.	1°-32,0'
2°				38 cms.	1°-25,5'
3°				38 cms.	1°-32,0'
4°				38 cms.	1°-29,8'
5°				38 cms.	1°-31,0'
6°				38 cms.	1°-30,0'

PRO N° 3

CALCULO DE GM Y KG

MODELO N° 1

Adición L.A. 5

Desplazamiento del Modelo

17764.73 grs.

Inclinación Inicial 0°-0'

$$= \frac{w.d}{\Delta_m} \times \text{Ctg. } \psi$$

PESO (Grs)	DISTANCIA (Cms)	MOMENTO (Grs.-Cms)	GRADOS	Ctg. $\psi$	GM (Cms)
200	38	7600	1.5333	37.3579	15.9822
200	38	7600	1.425	40.1993	17.1978
200	38	7600	1.533	37.3579	15.9822
200	38	7600	1.467	38.2735	16.3739
200	38	7600	1.5167	37.7686	16.1579
200	38	7600	1.5000	38.1885	16.3376

GM = 16.3386

Curvas hidrostáticas H = 6.65'

Desplazamiento del Modelo

8.174 cms.

$BM_t = 20.246 \text{ cms.}$

$KM_t = 28.420 \text{ cms.}$

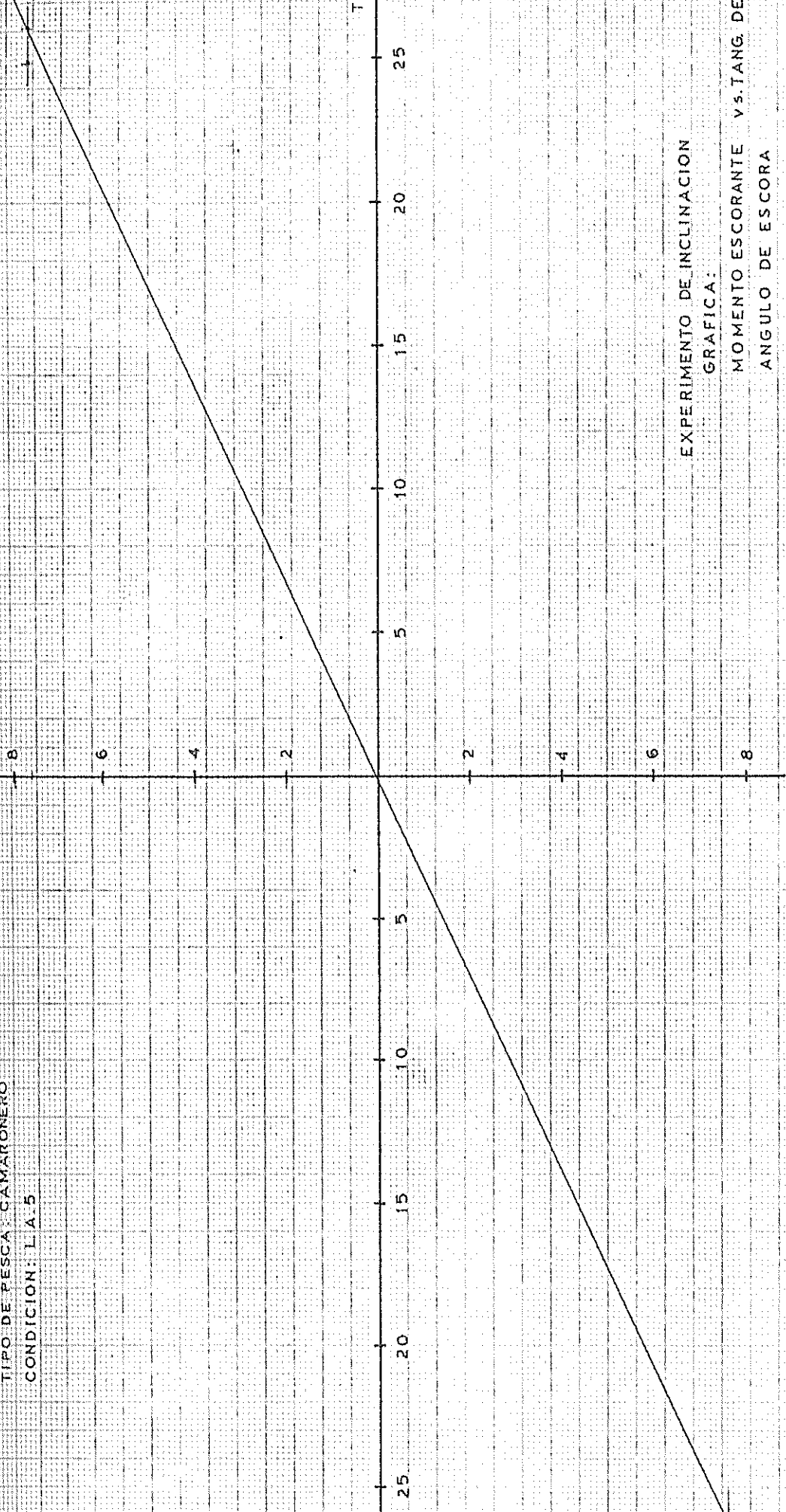
$KG = KM_t - GM$

$KG = 28.42 - 16.339$

$KG = 12.081 \text{ cms.}$



MODELO N° 1  
 TIPO DE PESCA: CAMARONERO  
 CONDICION: L.A.5



EXPERIMENTO DE INCLINACION  
 GRAFICA:  
 MOMENTO ESCORANTE vs. TANG. DE  
 ANGULO DE ESCORA

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 1

CARACTERISTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO

MODELO N° 1

CONDICION L.A.D

Tipo de Pesca: CAMARONERO

Características Principales:

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Buque 73.250'

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Modelo 4.583'

Desplazamiento (  $\Delta$  ) 117.834 Tns. a la L.A. Diseño

$$\text{Relación de Dimensiones } \lambda = \frac{L_{pp}}{L_{pp_m}} = 15.982$$

$$\Delta_m = \frac{\Delta}{\lambda^3} \times \frac{35}{36} = 28.0636 \text{ Kgs.}$$

Peso del Modelo + Peso del Clinómetro 10.526 Kgs.

Peso adicional para que flote a la L.A. Diseño 17.5376 "

Desplazamiento del modelo a L.A. D 28.0636 Kgx.

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 2

LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO

MODELO N° 1

Esora Inicial 0° - 0'

Desplazamiento del Modelo 28063.6 Grs.

Peso Agregado 17500.0 "

CONDICION L. A. D

Mov	POSICION	MOVIMIENTO ESTIBOR	MOVIMIENTO BABOR	DISTANCIA	LECTURAS
1°				38 cms.	1°-1,8'
2°				38 cms.	1°-1,0'
3°				38 cms.	1°-1,3'
4°				38 cms.	1°-1,4'
5°				38 cms.	1°-1,8'
6°				38 cms.	1°-1,6'

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

ADRO N° 3

CALCULO DE GM Y KG

MODELO N° 1

Condición L.A. Diseño

Desplazamiento del Modelo

28.063 Kgs.

$$M = \frac{w \times d}{\Delta_{IM}} \times \text{Ctg. } \psi$$

W.	PESO (Grs.)	DISTANCIA (Cms.)	MOMENTO (Grs.-Cms.)	GRADOS	Ctg. $\psi$	GM (Cms.)
	200	38	7600	1.030	55.6209	15.070
	200	38	7600	1.067	56.3506	15.2757
	200	38	7600	1.0217	56.0747	15.2001
	200	38	7600	1.0233	55.9834	15.1762
	200	38	7600	1.03	55.6209	15.0700
	200	38	7600	1.0267	55.8016	15.1269

GM = 15.1532

de las curvas hidrostáticas H = 7.980

Cw = 0.749

Cb = 0.432

para el Modelo

B = 10.358 cms.

BM<sub>t</sub> = 17.193 cms.

KM<sub>t</sub> = 27.551 cms

KG = KM<sub>t</sub> - GM

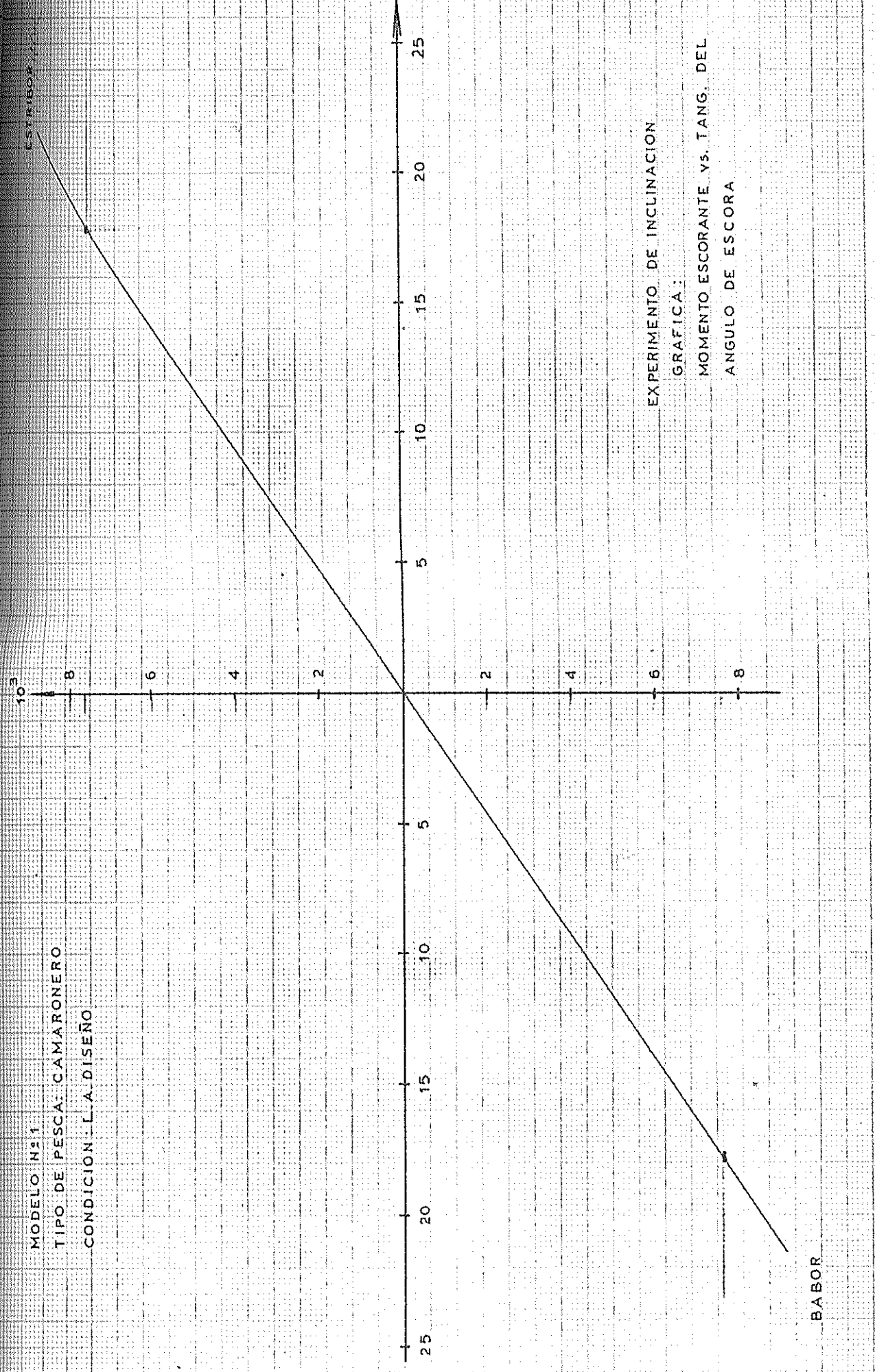
KG = 27.551 - 15.153

KG = 12.398 cms.

MOMENTO ESCORANTE

MODELO N°1  
TIPO DE PESCA: CAMARONERO  
CONDICION: L.A. DISEÑO

ESTRIBOR



EXPERIMENTO DE INCLINACION  
GRAFICA:  
MOMENTO ESCORANTE VS. TANG. DEL  
ANGULO DE ESCORA

BABOR

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 1

CARACTERISTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO

MODELO N° 1

CONDICION L. A. 7

Tipo de Pesca: CAMARONERO

Características Principales:

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Buque 73.250'

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Modelo 4.583'

Desplazamiento (  $\Delta$  ) 166.184 Tns. a la L.A. 7

Relación de Dimensiones  $\lambda = \frac{LPP}{Lpp} = 15.982$

$$\Delta_m = \frac{\Delta}{\lambda^3} \times \frac{35}{36} = 39.557 \text{ Kgs.}$$

Peso del Modelo + Peso del Clinómetro 10.526 Kgs.

Peso adicional para que flote a la L.A.7 29.031 "

Desplazamiento del Modelo a L.A. 7 39.557 Kgs.

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 2

LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO

MODELO N° 1

Tipo de Pesca: CAMARONERO

Esora Inicial 0°-0'

Desplazamiento del Modelo 39557 Grs.

Peso Agregado 29000 "

CONDICION L.A.7

Mov.	POSICION	MOVIMIENTO ESTRIBOR	MOVIMIENTO BABOR	DISTANCIA	LECTURAS
1°				38 cms.	0°-43,4'
2°				38 cms.	0°-45,0'
3°				38 cms.	0°-46,6'
4°				38 cms.	0°-46,1'
5°				38 cms.	0°-45,6'
6°				38 cms.	0°-46,6'

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

RO N° 3

CALCULO DE GM Y KG

MODELO N° 1

ición L.A. 7

lazamiento del Modelo

39557 Gns.

na Inicial 0°-0'

$$= \frac{w \times d}{\Delta_m} \times \text{Ctg.} \psi$$

PESO	DISTANCIA	MOMENTO	GRADOS	Ctg. $\psi$	GM
200	38	7600	0.7233	79.206	15.2177
200	38	7600	0.7667	74.129	14.3575
200	38	7600	0.7767	73.766	14.1727
200	38	7600	0.7683	74.567	14.3260
200	38	7600	0.7600	75.384	14.4835
200	38	7600	0.7767	73.766	14.1727

GM = 14.4550

las curvas hidrostáticas H = 9.31'

Cw = 0.8598

'Cb = 0.4787

ca el Modelo

= 12.092 cms.

BM<sub>t</sub> = 14.807 cms.

KM<sub>t</sub> = 26.899

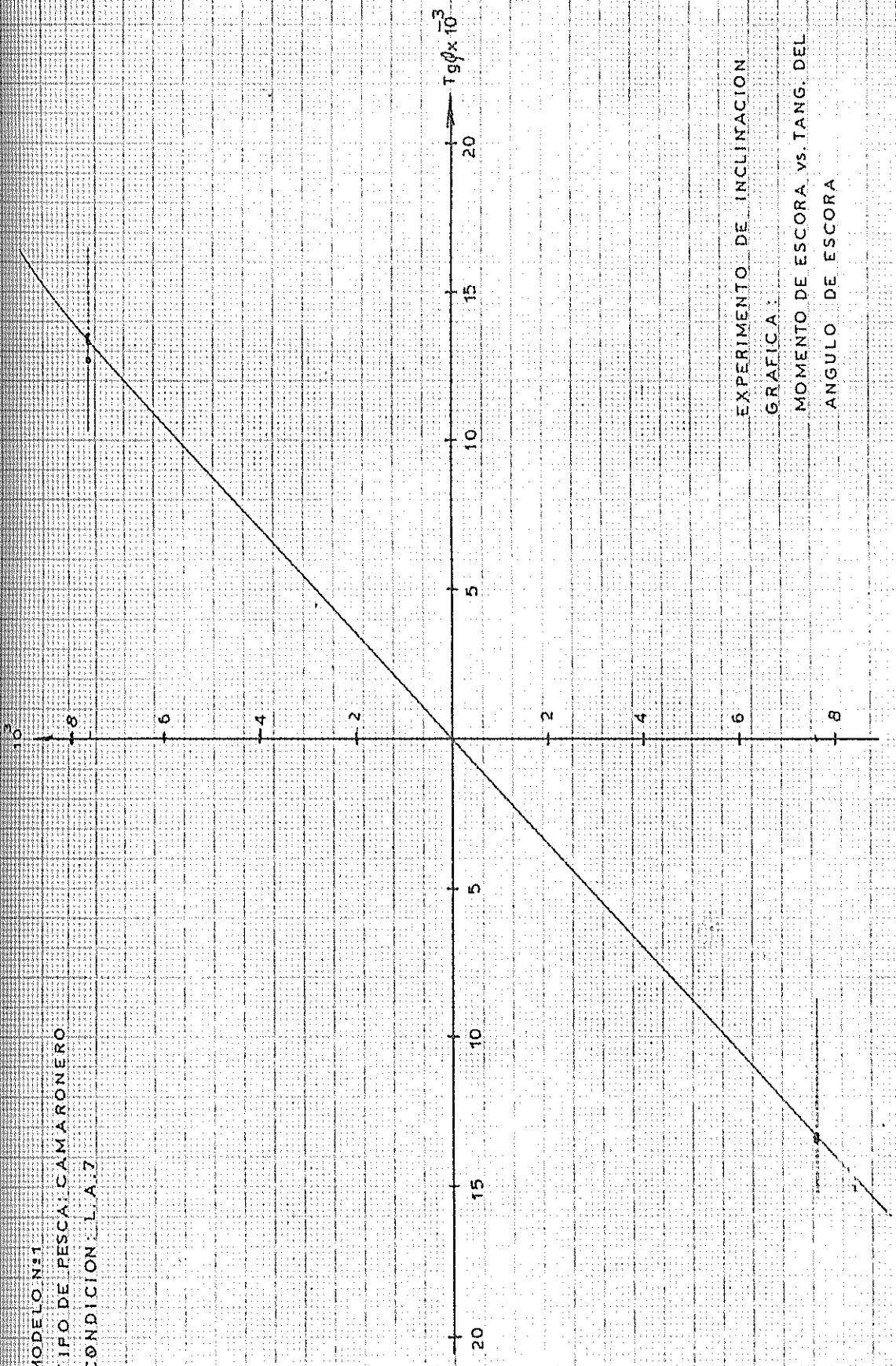
KG = KM<sub>t</sub> - GM

KG = 26.899 - 14.455

KG = 12.444 cms.



MODELO N.º 1  
TIPO DE PESCA: CAMARONERO  
CONDICION L.A. 7



EXPERIMENTO DE INCLINACION  
GRAFICA:  
MOMENTO DE ESCORA vs. TANG. DEL  
ANGULO DE ESCORA

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 1

CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO

MODELO N° 2

CONDICION L. A. 3

Tipo de Pesca: PESCA BLANCA

Características Principales:

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Buque 76.500'

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Modelo 6.375'

Desplazamiento (  $\Delta$  ) 108.5 Tns. a la L.A. 3

Relación de Dimensiones  $\lambda = \frac{L_{pp}}{L_{ppm}} = 12$

$$\Delta_m = \frac{\Delta}{(\lambda)^3} \times \frac{35}{100} = 0.0610452$$

Peso del Modelo 21.2000 Kgs.

Peso del Clinómetro 0.9000 "

Peso de Lastre 38.9452 "

Desplazamiento del Modelo a L.A. 3 61.0452 Kgs.

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 2

LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO

MODELO N° 2

Escora Inicial 0°-0'

Desplazamiento del Modelo 61.0452 Kgs.

Peso Agregado 38.9452 "

CONDICION L.A.3

Mov	POSICION	MOVIMIENTO ESTRIBOR	MOVIMIENTO BABOR	DISTANCIA	LECTURAS
1°				53 cms.	0°-26.1'
2°				53 cms.	0°-26.9'
3°				53 cms.	0°-26.0'
4°				53 cms.	0°-26.9'
5°				53 cms.	0°-26.1'
6°				53 cms.	0°-25.7'

CUADRO N° 3

CALCULO DE GM Y KG

MODELO N° 2

Condición L.A. 3

Desplazamiento del Modelo 61.0452 Kgs.

Peso de Lastre 38.9452 "

$$GM = \frac{w \times d}{\Delta_m} \times \text{Ctg.} \psi$$

Mov.	PESO (Grs.)	DISTANCIA (Cms.)	MOMENTO (Grs.-Cms.)	GRADOS	Ctg. $\psi$	GM (Cms)
1°	200	53	10600	0.4350	131.712	22.8707
2°	200	53	10600	0.4483	127.795	22.1906
3°	200	53	10600	0.4333	132.218	22.9586
4°	200	53	10600	0.4483	127.795	22.1906
5°	200	53	10600	0.4350	131.712	22.8707
6°	200	53	10600	0.4283	133.762	23.2267

GM Promedio 22.7179

De las curvas hidrostáticas H = 6'

Cw = 0.735

Cb = 0.398

Para el Modelo

KB = 10.16 cms.

BM<sub>x</sub> = 25.612 cms. KM<sub>x</sub> = 35.772 cms.

KG = KM<sub>x</sub> - GM

KG = 35.772 - 22.7179

KG = 13.0541 cms.

MOMENTO  
ESCORANTE

MODELO N° 2  
CONDICION: L.A.3  
TIPO DE PESCA: PESCA BLANCA

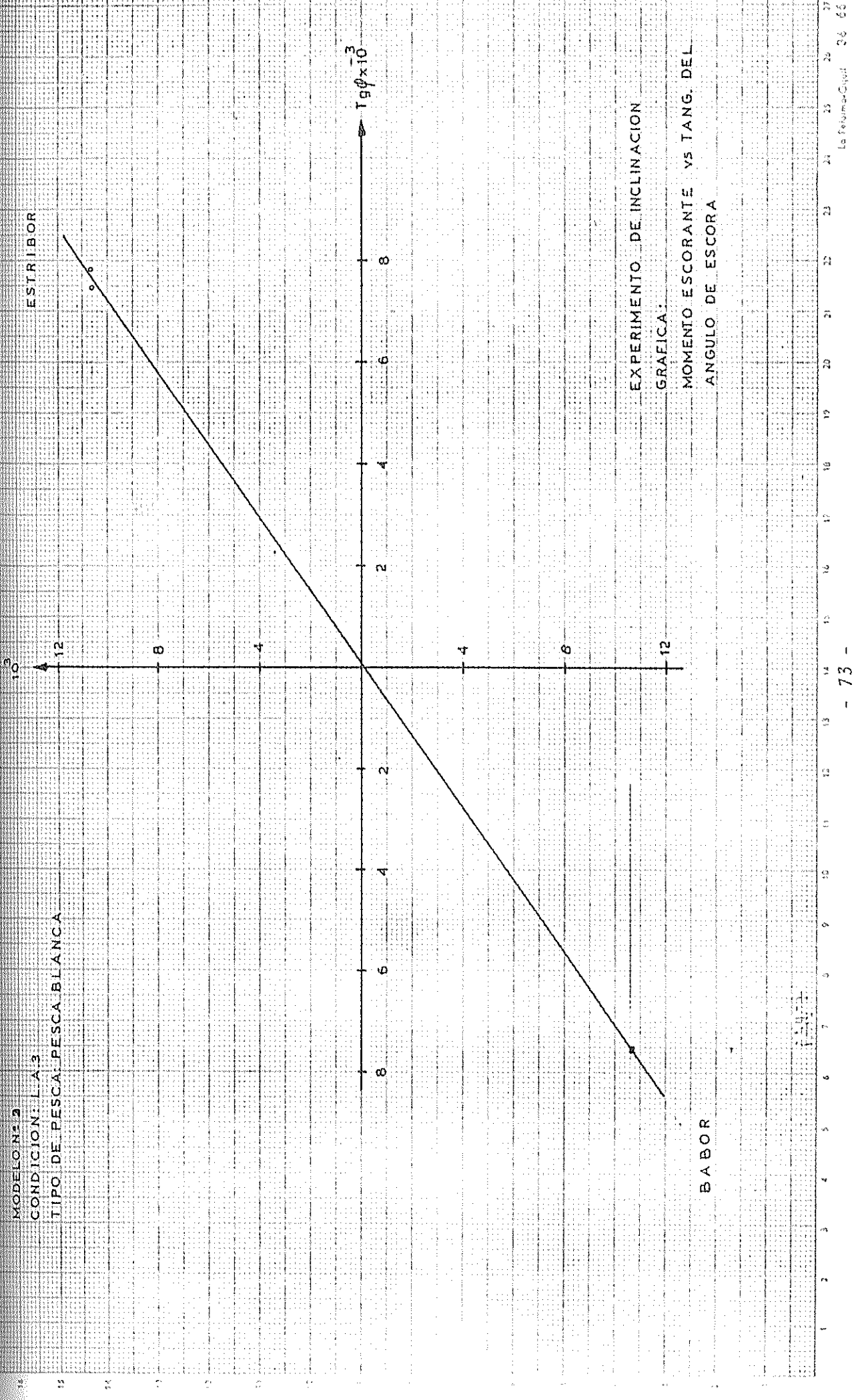
ESTRIBOR

$Tg\phi \times 10^3$

EXPERIMENTO DE INCLINACION  
GRAFICA:  
MOMENTO ESCORANTE VS TANG. DEL  
ANGULO DE ESCORA

BABOR

100-1



## EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 1

CARACTERISTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO

MODELO N° 2

CONDICION L. A. 4

Tipo de Pesca: PESCA BLANCA

Características Principales:

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Buque 76.500'

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Modelo 6.375'

Desplazamiento ( $\Delta$ ) 176.969 a la L.A. 4

Relación de Dimensiones  $\lambda = \frac{L_{pp}}{L_{pp}} = 12$

$$\Delta_m = \frac{\Delta}{(\lambda)^3} = \frac{35}{36} = 0.099568 \text{ Tns.}$$

Peso del Modelo 21.2 Kgs.

Peso del Clinómetro 0.9 "

Peso de Lastre 77.468 "

Desplazamiento del Modelo a L.A. 4 99.568 Kgs.

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 2

LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO

MODELO N° 2

Condición L.A.4

Escola Inicial 0°-1.2'

Desplazamiento del Modelo 99.568 Kgs.

Peso Agregado 77.468 "

Mov.	POSICION	MOVIMIENTO ESTRIBOR	MOVIMIENTO BABOR	DISTANCIA	LECTURAS
1°				53 cms.	0°-18.8' 0°- 1.2'
2°				53 cms.	0°-19.1' 0°- 1.2'
3°				53 cms.	0°-21.2' 0°- 1.2'
4°				53 cms.	0°-18.3' 0°- 1.2'
5°				53 cms.	0°-20.6' 0°- 1.2'
6°				53 cms.	0°-19.2' 0°- 1.2'

## LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

PRO N° 3

CALCULO DE GM Y KG

MODELO N° 2

Inclinación L.A. 4

Desplazamiento del Modelo 99.568 Kgs.

$$= \frac{w \times d}{\Delta_m} \text{ Ctg. } \psi$$

PESO (grs)	DISTANCIA (cms)	MOMENTO (grs.-cms)	GRADOS	Ctg. $\psi$	GM (cms)
200	53	10600	0.293	195.55	20.818
200	53	10600	0.338	169.51	18.046
200	53	10600	0.333	172.06	18.317
200	53	10600	0.305	187.85	19.998
200	53	10600	0.323	177.38	18.884
200	53	10600	0.340	168.51	17.939

GM Promedio 19.000

de las curvas hidrostáticas  $H = 8$   $C_w = 0.784$

 $C_b = 0.46$ 

para el Modelo

 $= 13.28$  $BM_t = 19.5198 \text{ cms.}$  $KM_t = 32.7998 \text{ cms.}$  $KG = KM_t - GM$  $KG = 32.7998 - 19.0$  $KG = 13.7998 \text{ cms.}$



MODELO N° 2  
TIPO DE PESCA: PESCA BLANCA  
CONDICION: L.A. 4

ESTRIBOR

$Tg \rho \times 10^3$

EXPERIMENTO DE INCLINACION  
GRAFICA:  
MOMENTO ESCORANTE VS TANG. DEL  
ANGULO DE ESCORA

BABOR

ESTRIBOR

BABOR

## EXPERIMENTO DE INCLINACION

### LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 1

#### CARACTERISTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO

MODELO N° 3

Tipo de Pesca: ATLINERO

Características Principales:

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Buque 23.000 mts.

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Modelo 1.583 "

Desplazamiento (  $\Delta$  ) 124.375 Tns. a la L.A. 1.83

Relación de Dimensiones  $\lambda = \frac{L_{pp}}{L_{pp_m}} = 14.954$

Desplazamiento del Modelo 36.2858 Kgs.

Peso del Modelo 16.6500 "

Peso del Clinómetro 0.9000 "

Peso del Lastre 18.7358 "

## LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 2

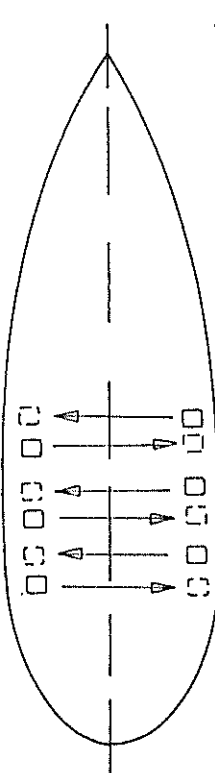
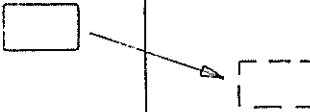
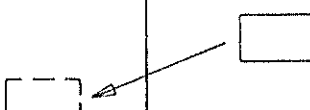
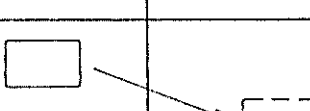
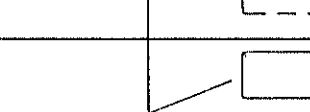


LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO

MODELO N° 3

Condición L.A. 1.83

Escora Inicial 0° - 0'

Desplazamiento del Modelo 36.2858 kgs.

Mov.	POSICION	MOVIMIENTO ESTIBOR	MOVIMIENTO BABOR	DISTANCIA	LECTURAS
1°				41.5	0°-46.0'
2°				41.5	0°-46.4'
3°				41.5	0°-46.4'
4°				41.5	0°-46.2'
5°				41.6	0°-44-8'
6°				41.5	0°-46.2'

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 3

CALCULO DE GM Y KG

MODELO N° 3

Condición L.A. 1.83

Desplazamiento del Modelo 36.2858 Kgs.

$$GM = \frac{w \times d}{\Delta_m} \times \text{Ctg.} \psi$$

lov.	PESO (Grs.)	DISTANCIA (Cms.)	MOMENTO (Grs.-Cms)	GRADOS	Ctg. $\psi$	GM (Cms.)
1°	200	41.5	8300	0.767	74.729	17.0935
2°	200	41.5	8300	0.773	74.085	16.9462
3°	200	41.5	8300	0.773	74.085	16.9462
4°	200	41.5	8300	0.770	74.406	16.0196
5°	200	41.5	8300	0.747	76.731	17.5514
6°	200	41.5	8300	0.770	74.406	17.0196

GM Promedio 17.0961

De las curvas hidrostáticas H= 1.83 mts.      Cb = 0.412      Cw = 0.744

Para el Modelo

KB = 8.105 cms.

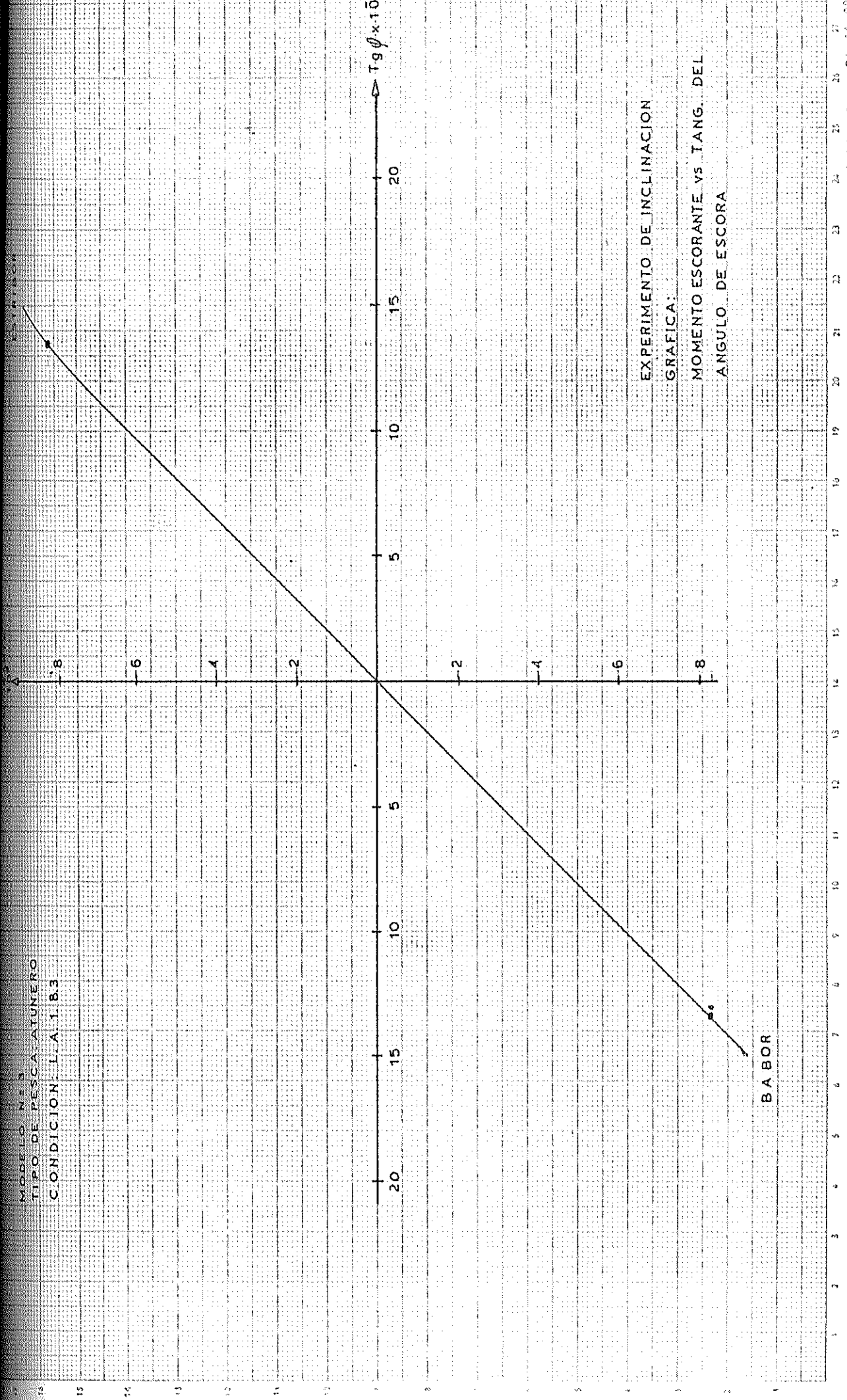
$BM_{\text{t}} = 19.845$  cms.       $KM_{\text{t}} = 27.950$  cms.

$KG = KM_{\text{t}} - GM$

$KG = 27.95 - 17.0961$

$KG = 10.854$  cms.

MODELO N.º 3  
 TIPO DE PESCA ATUNERO  
 CONDICION L.A. 1 B3



EXPERIMENTO DE INCLINACION  
 GRAFICA:  
 MOMENTO ESCORANTE VS TANG. DEL  
 ANGULO DE ESCORA

B A B O R

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 1

CARACTERISTICAS DEL BUQUE Y DEL MODELO

MODELO N° 3

Tipo de Pesca: ATUNERO

Características Principales:

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Buque 23.000 Mts.

Eslora entre Perpendiculares (Lpp) del Modelo 1.583 "

Desplazamiento (  $\Delta$  ) 203.5 Tns. a la L.A. 2.44

Relación de Dimensiones  $\lambda = \frac{L_{pp}}{L_{pp}} = 14.954$

$$\Delta_m = \frac{\Delta}{\lambda^3} \times \frac{1.000}{1.025}$$

Desplazamiento del Modelo 59.3702 Kgs.

Peso del Modelo 16.6500 "

Peso del Clinómetro 0.9000 "

Peso de Lastre 41.8202 "

EXPERIMENTO DE INCLINACION

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 2

LECTURAS DEL CLINOMETRO Y SECUENCIAS DE MOVIMIENTO

MODELO N° 3

Condición L.A. 2.44

Escora Inicial 0°- 0'

Desplazamiento del Modelo 59.3702 Kgs.

Peso Agregado 41.8202 "

Mov	POSICION	MOVIMIENTO ESTIBOR	MOVIMIENTO BABOR	DISTANCIA Cms.	LECTURAS
1°				41.5	0°-36.8'
2°				41.5	0°-38.2'
3°				41.5	0°-36-5'
4°				41.5	0°-38.5'
5°				41.5	0°-35.4'
6°				41.5	0°-38.2'

LABORATORIO DE ESTABILIDAD DE LA ESPOL

CUADRO N° 3

CALCULO DE GM Y KG

MODELO N° 3

Condición L.A. 2.44

Desplazamiento del Modelo

59.3702 Kgs.

$$GM = \frac{w \times d}{\Delta_m} \times Ctg. \psi$$

Pos.	PESO (Grs)	DISTANCIA (cms.)	MOMENTO (Grs.-Cms)	GRADOS	Ctg. $\psi$	GM
1	200	41.5	8300	0.613	93.413	13.0592
2	200	41.5	8300	0.637	89.980	12.5793
3	200	41.5	8300	0.608	94.181	13.1666
4	200	41.5	8300	0.637	89.98	12.5793
5	200	41.5	8300	0.590	97.108	13.5758
6	200	41.5	8300	0.637	89.98	12.5793

GM Promedio 12.9233

de las curvas hidrostáticas

H = 1.83 mts.

Cb = 0.475

Cw = 0.794

para el Modelo

B = 10.508

$BM_x = 13.880$  cms.  $KM_x = 24.388$  cms.

$KG = KM_x - GM$

$KG = 24.38826 - 12.9233$

$KG = 11.465$



MODELO N°3  
 TIPO DE PESCA: ATUNERO  
 CONDICION: L.A. 2.44

ESTRIBOR

ESTRIBOR

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

20

15

10

5

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

5

10

15

20

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

EXPERIMENTO DE INCLINACION  
 GRAFICA:  
 MOMENTO ESCORANTE VS TANG. DEL  
 ANGULO DE ESCORA

B A B O R

### 5.5. Análisis de los Resultados del Experimento de Inclinación.-

La importancia de realizar el experimento de inclinación radica fundamentalmente en determinar la posición real del centro de gravedad, para una determinada condición de carga que reemplaza al valor obtenido por el cálculo de la distribución de peso.

La localización vertical del centro de gravedad está asociado directamente con el valor de la altura metacéntrica según la expresión:  $KG = KM - GM$ .

De los resultados de la prueba de inclinación que se encuentran en los cuadros de característica y resumen del experimento de inclinación, los mismos que al pasar a los valores del buque se tiene que:

- a) La altura metacéntrica tiene variación progresiva descendente a medida que se consideran las líneas de aguas superiores.
- b) El valor del KG para un modelo determinado, tiene variación progresiva ascendente a medida que se consideran las líneas de agua superiores.

Esta variación progresiva descendente del valor de GM se debe por la expresión:

$$GM = \frac{w \times d}{\Delta} \times \text{Ctg. } \theta$$

Esto se debe en gran parte a que el momento producido por la traslación de peso es casi constante para todas las líneas de agua. El valor de la  $\text{Ctg.}\theta$  no tiene variación significativa por ser inclinaciones pequeñas ( $3^\circ$ ), con relación al aumento que sufre el desplazamiento en función del calado. Es por esta razón que el GM disminuye, ya que es inversamente proporsional al desplazamiento.

En lo que respecta a la variación ascendente del centro de gravedad se debe porque el KM para una condición determinada permanece virtualmente invariable para pequeñas inclinaciones, es decir constante, y en vista de la disminución de GM a medida que se considera las líneas de agua superiores, anotadas anteriormente, dando en definitiva un aumento del valor de KG.

Al analizar los tres modelos notamos que existe una variación muy importante en lo concerniente a los valores de GM. El modelo N<sup>o</sup> 2 tiene mayor valor de GM que los modelos N<sup>o</sup> 1 y N<sup>o</sup> 3. Esto se debe fundamentalmente a que el modelo N<sup>o</sup> 2 tiene mayor manga que los otros dos, a pesar que tiene valores muy cercanos de manga los tres modelos. Por consiguiente al tener mayor manga existe un mayor momento de inercia  $I = f(L, B^3)$  dando en definitiva un gran valor de la posición del metacentro.

Al obtener los resultados de la prueba de inclinación los posibles errores son debido a las siguientes causas:

- a) Por apreciación de las lecturas del ángulo de inclinación
- b) Al tomar datos de las curvas hidrostáticas, de los cuales el mayor error puede ser a causa del valor del desplazamiento por la magnitud del mismo.

A manera comparativa de la prueba de inclinación se tiene que las curvas del momento escorante vs. tangente del ángulo de escora, para cada uno de los modelos pasa aproximadamente cerca del punto de origen del sistema de coordenadas, lo que nos comprueba que existe simetría en los movimientos, para cada banda de la embarcación, lo cual es satisfactorio.

ENSAYO EN EL TANQUE DE ESTABILIDAD PARA OBTENCION DE GZ A GRANDES  
ANGULOS

Este ensayo sirve para determinar los brazos adrizantes para cualquier ángulo de escora y para una condición de carga con su centro de gravedad conocido, obtenido en la prueba de inclinación. Para propósitos de este estudio los brazos adrizantes obtenidos para cada ángulo de escora, serán ploteados y se obtendrá la curva de estabilidad estática, para de esta manera al entrar en el análisis de la misma, saber el comportamiento de la embarcación para las condiciones estáticas, y obtener GM, GZ máximo, ángulo de escora para GZ máximo y ángulo máximo de estabilidad. Estos resultados están presentados a continuación en cuadros.

- 6.1. Explicación del Experimento.- La determinación de los brazos adrizantes a partir de modelos, se basa fundamentalmente en la siguiente ecuación:

$$\Delta_m GZ = w.d.$$

En la cual intervienen, el desplazamiento del modelo  $\Delta_m$ , y el peso agregado en la balanza (w), el mismo que multiplicado por el brazo del dinamómetro (d), nos da el momento que equilibra al momento de adrizamiento desarrollado por el modelo.

Etapas del ensayo:

a.- Preparativo de la prueba

- Se coloca en el modelo una cubierta corrida estanca para evitar que penetre agua en ellos.
- Se calcula el desplazamiento del modelo ( $\Delta_m$ )
- Se pesa el modelo y luego se agrega el lastre necesario para lograr el desplazamiento requerido.
- Se coloca el clinómetro sobre la cubierta.
- Se acopla el dinamómetro con la cubierta del modelo.

b.- Ejecución de la prueba

- Para esta prueba se tomó un incremento de aproximadamente  $15^\circ$  en el ángulo de escora.
- Por medio del brazo del dinamómetro da la inclinación deseada al modelo, empezando con  $15^\circ$ , y se lo fija en dicha posición.
- Se agrega peso en el platillo de la balanza para igualar los momentos del modelo y del dinamómetro. Este peso será incrementado y multiplicado por el brazo fijo del dinamómetro de estabilidad (500 mm.) hasta que el momento desarrollado por el modelo quede en equilibrio con el momento desarrollado por el dinamómetro.
- Se toma como dato el valor del peso agregado en el platillo.

- Se procede a corregir el ángulo en el clinómetro hasta que la burbuja quede a nivel y se toma este valor del ángulo como dato.
- Se repiten todos los pasos anteriores para 30°, 45°, 60°, 75°.

c.- Obtención de resultados

- Se calculan los brazos adrizantes por la fórmula:

$$GZ = \frac{w \times d}{\Delta_m}$$

en nuestro caso:

$w$  = peso que se agrega en el platillo

$d$  = distancia del dinamómetro

$\Delta_m$  = desplazamiento del modelo

- Los brazos adrizantes obtenidos para el modelo en el laboratorio de estabilidad multiplicado por la relación de eslora  $\lambda$ , para obtener los brazos adrizantes del buque, los cuales se procede a graficar para obtener la curva de estabilidad estática la cual entrará en el análisis con la curva de estabilidad estática teórica.

6.2. Características de los Modelos a Emplear.- Los modelos utilizados para efectuar los experimentos de inclinación y prueba de estabilidad, fueron tomados de la Flota Pesquera

Nacional y están descritos a continuación.

Su construcción se la efectuó con madera por el sistema de planos de aguas. Las características principales de los modelos se las presenta en un cuadro denominado: "CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y RESULTADO DEL EXPERIMENTO DE INCLINACION" y se incluyen también "LAS CURVAS HIDROSTATICAS" respectivas.



CARACTERISTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INCLINACION

MODELO Nº 1

LINEAS D' AGUAS	H cms.	$\Delta m$ Kgs.	Cb	CwI	K B cms.	BM cms.	KM cms.	GM cms.	KG cms.	BG pi
L.A.5	12.686	17.765	0.397	0.719	8.174	20.246	28.420	16.339	12.081	2.
L.A.D.	15.220	28.064	0.432	0.749	10.358	17.193	27.551	15.153	12.398	1.
L.A.7	17.760	39.557	0.476	0.806	12.092	14.807	26.899	14.455	12.444	0.
L.A.8	20.295	52.134	0.525	0.838	13.398	12.317	25.715	13.717	11.998	1.

DIMENSIONES

Esloza entre Ptep. (Lpp)

Manga ( B )

Puntal ( D )

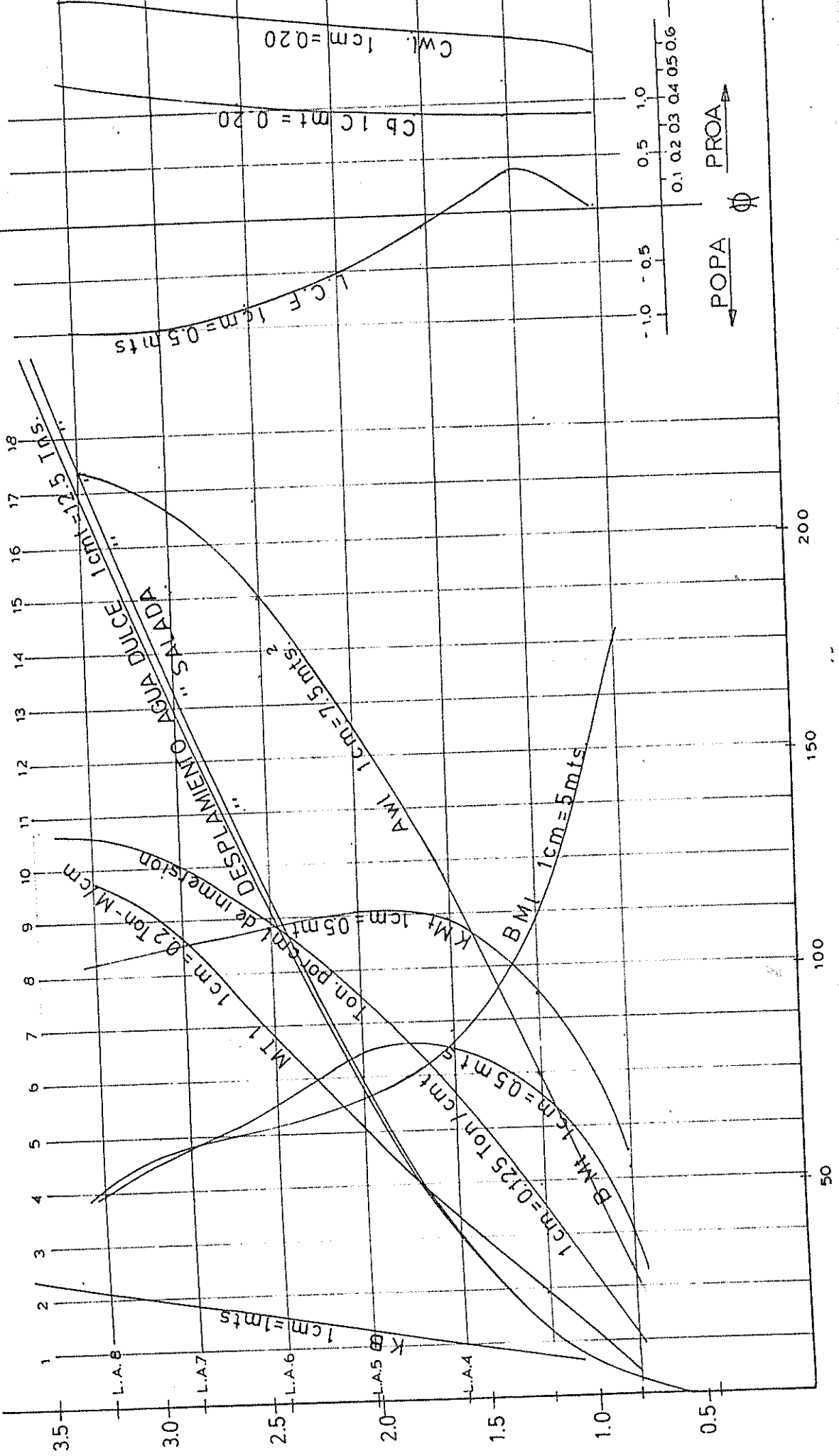
BUQUE      MODELO

73.250'      4.583'

21.500'      1.345'

10.500'      0.657'

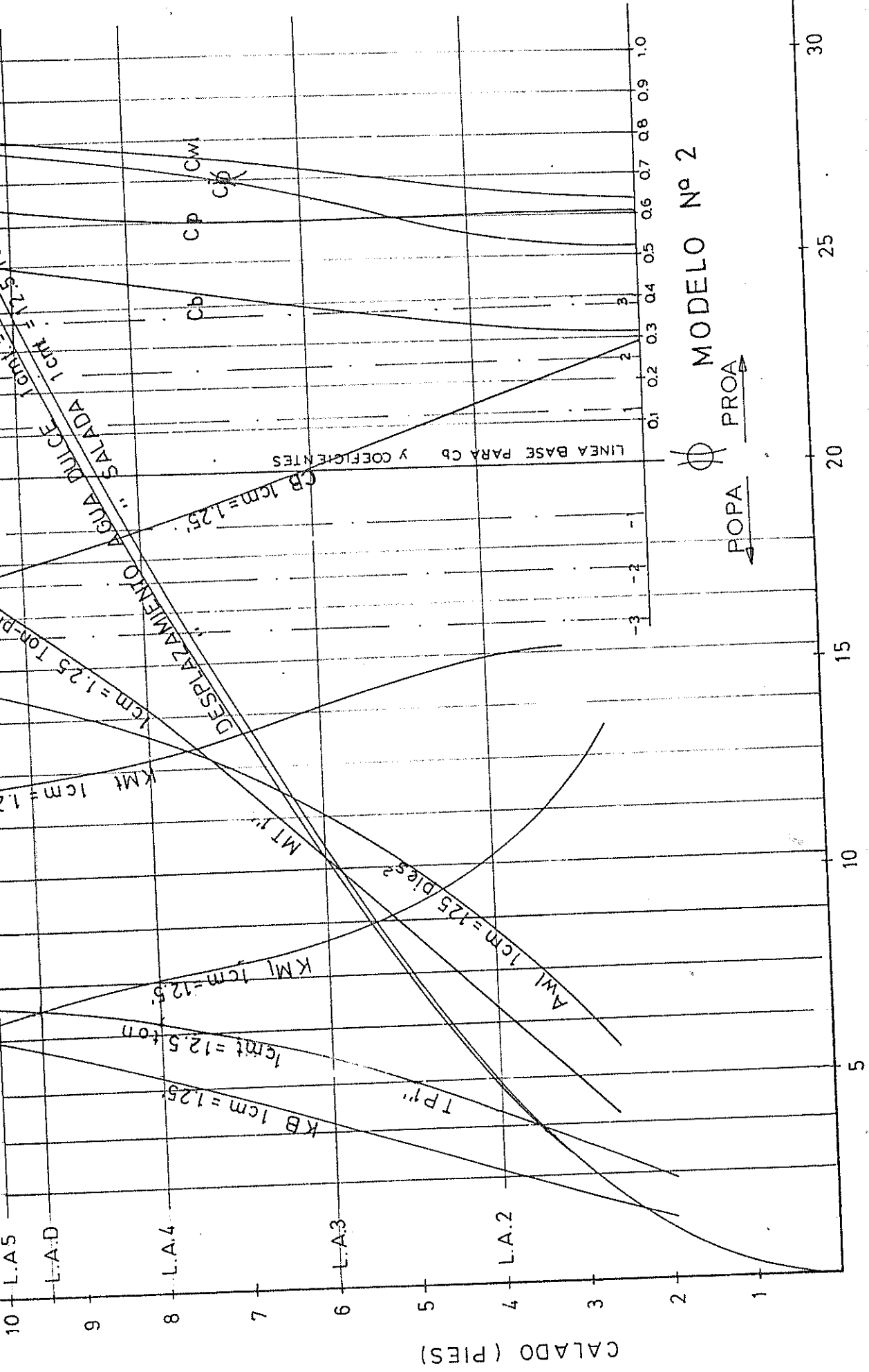
CALADO (metros)



MODELO N° 2

LINEAS D' AGUAS	H cms.	Δ m Kgs.	C b	CwI	K B cms.	BM cms.	KM cms.	GM cms.	KG cms.	BG pie
L.A.3	15.244	61.045	0.735	0.398	10.160	25.612	35.772	22.718	13.054	1.
L.A.4	20.325	101.301	0.784	0.460	13.28	19.520	32.800	19.000	13.800	0.
L.A.D	24.001	134.468	0.818	0.503	14.862	16.698	31.560	16.610	14.950	0.
L.A.5	25.406	147.690	0.830	0.55	15.280	16.028	31.308	16.011	15.297	0.

DIMENSIONES	BUQUE	MODELO
Esloxa entre Perp. (Lpp)	76.50'	6.375'
Manga ( B )	23.00'	1.917'
Puntal ( D )	12.00'	1.000'



CARACTERISTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INCLINACION

MODELO N°3

LINEAS D' AGUAS	H cms.	Δ m Kgs.	Cb	CwI	K B cms.	BM cms.	KM cms.	GM cms.	KG cms.	BG m
L.A1.22	8.3970	17.14	0.350	0.644	5.441	27.994	33.435	25.830	7.604	0.3
L.A1.83	12.595	36.286	0.412	0.744	8.105	19.845	27.950	17.096	10.854	0.4
L.A2.44	16.794	59.370	0.475	0.794	10.508	13.880	24.388	12.923	11.465	0.4
L.A3.05	20.999		0.542	0.806	12.55	11.591	24.141	11.481	12.660	0.6

MODELO

BUQUE

DIMENSIONES

1.583 mts.

23.00 mts.

(Lpp)

Esloza entre Perp.

0.468 "

7.00 "

(B)

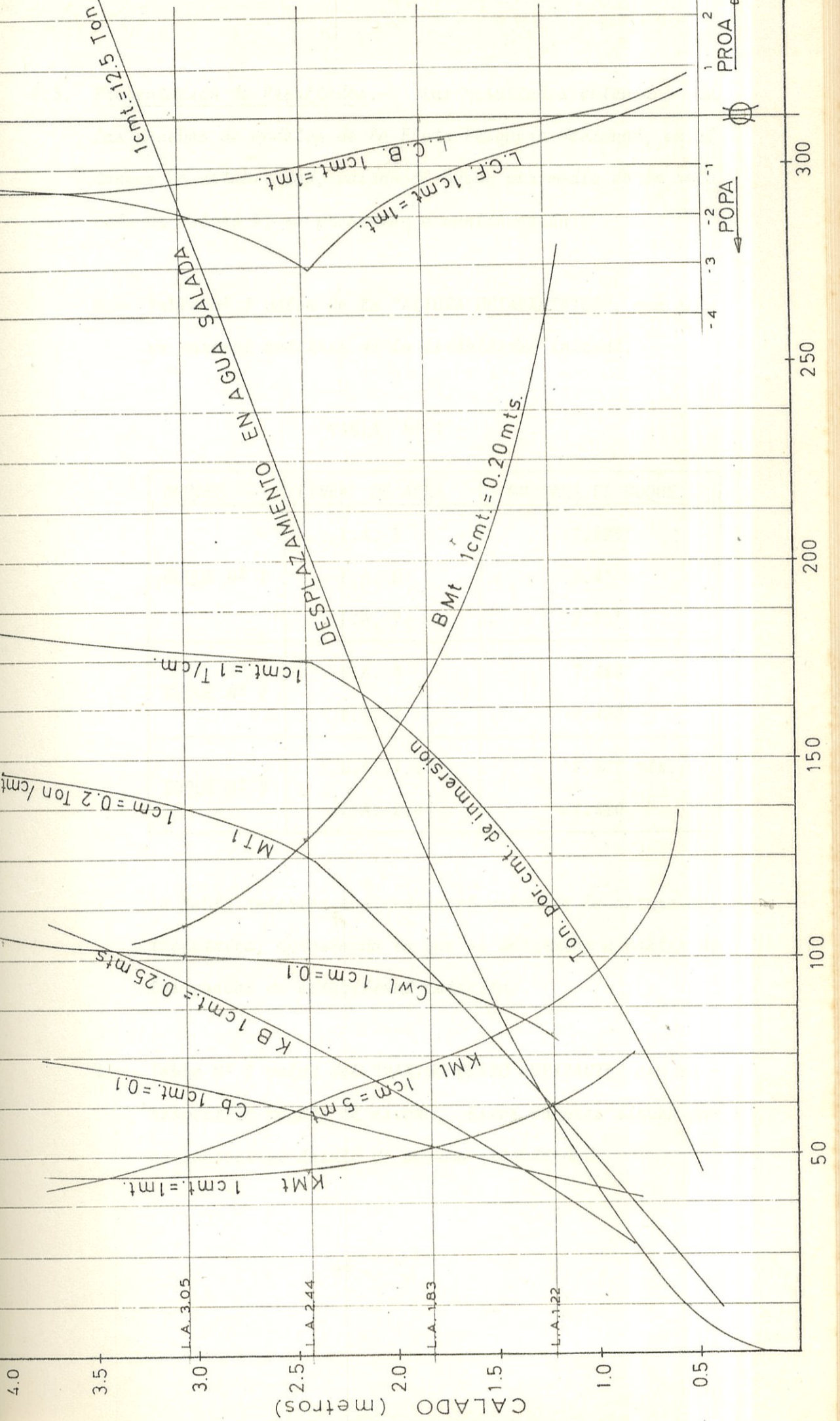
Manga

0.241 "

3.60 "

(D)

Puntal



6.3. Presentación de Resultados.- Los resultados obtenidos de las pruebas de modelos de la Flota Pesquera Nacional, en el tanque de estabilidad, pasado al buque por medio de la relación de eslora  $\lambda$ , se presentan a continuación:

a.- Tabla N° 1 valor de la "ALTURA METACENTRICA", que sirve para el análisis de la estabilidad inicial.

TABLA N° 1

BUQUES	LINEA DE AGUA	GM PARA EL BUQUE
BUQUE N° 1	L.A. 5	7.925'
	L.A. 0	7.4'
	L.A. 7	7.25'
BUQUE N° 2	L.A. 3	7.460'
	L.A. 4	7.400'
BUQUE N° 3	L.A. 1.83	2.520 mts.
	L.A. 2.44	1.820 "

La tabla anterior nos indica el valor de la altura metacéntrica, aproximada la que se determina a partir de las curvas de estabilidad estática.

b.- Tabla N° 2 valor del "MAXIMO BRAZO ADRIZANTE" con su respectivo ángulo de escora. Estos valores sirven para conocer el ángulo de máxima estabilidad.

TABLA N° 2

BUQUES	LINEAS DE AGUAS	MAX. GZ (BUQUE)	θ PARA GZ MAX (BUQUE)
BUQUE N° 1	L.A. 5	4.500'	51.375°
	L.A. 6	3.580'	51.000°
	L.A. 7	3.390'	40.125°
BUQUE N° 2	L.A. 3	4.900'	51.000°
	L.A. 4	4.360'	50.625°
BUQUE N° 3	L.A. 1.83	1.305 mts.	48.010°
	L.A. 2.44	0.942 "	46.875°

c.- Tabla N° 3 ángulos a los cuales el borde de la cubierta se sumerge, y el valor del máximo ángulo de escora (ran-go de estabilidad).

TABLA N° 3

BUQUES	LINEAS DE AGUAS	ANGULO DE ENTRA DA AGUA CUB.	ANG. D' MAX. ESCORA (NO CORREGIDA)
BUQUE N° 1	L.A. 5	34°33'	85.687°
	L.A. 6	25°	76.125°
	L.A. 7	23°	75.150°
BUQUE N° 2	L.A. 3	31°38'	96.750°
	L.A. 4	20°23.4'	86.700°
BUQUE N° 3	L.A. 1.83	29°55.8'	83.625°
	L.A. 2.44	25°	82.650°



Este cuadro presenta los ángulos a los cuales la borda de la cubierta se sumerge y el ángulo de máxima escora. El primero se lo determina a partir de la observación directa sobre el modelo o a partir de la curva de estabilidad estática teórica. Existe también un incremento constante del ángulo de escora, un incremento proporcional de los brazos adrizantes. Cuando existe una variación considerable del GZ en ese momento se considera que existe sumersión de la borda de la cubierta.

d.- Tabla N° 4 "VALORES DE GZ ESTÁTICO NO CORREGIDO, GZ DINÁMICO NO CORREGIDO". Estos valores sirven para obtener la gráfica de las curvas cruzadas de estabilidad, estabilidad estática, estabilidad dinámica. La manera como se determina las curvas cruzadas de estabilidad se indica en el cuadro de resumen y cálculo de la corrección por rebanada del apéndice N° 1.

Con los brazos adrizantes obtenido, se grafica la curva de estabilidad estática, luego se integran la curva de estabilidad estática para obtener los brazos adrizantes dinámicos.

e.- Tabla N° 5 corresponde a las correcciones a los brazos adrizantes estáticos teóricos.

En esta tabla se encuentra el cálculo de los brazos adrizantes no corregidos determinado a partir de un KG asumido -

y las correcciones que hay que efectuar a los mismos tomando en consideración la posición real de KG de la embarcación y que se basa fundamentalmente en la siguiente ecuación:

$$GZ = G_1Z + GG_1 \text{ Sen } \theta$$

f.- Tabla N° 6 "OBTENCION DEL BRAZO ADORIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD". Vamos a ilustrar la obtención de GZ con el siguiente ejemplo: Tomamos el modelo N° 1 para la condición de L.A.S., se determina el desplazamiento,  $\Delta_m = 17.765$  Kgs., luego se agrega peso de lastre, Lastre = 5.765 Kgs., para que flote el modelo a esa condición. Se fija el modelo por una banda al dinamómetro, al cual se procede a inclinarlo a cierto ángulo,  $\theta = 14^\circ 15'$ , se fija el modelo para esta inclinación, comenzando a encerrar el clinómetro.

Para igualar el momento desarrollado por el modelo para esa inclinación es necesario agregar peso en el platillo del dinamómetro,  $w = 1.15$  Kgs., se toma la distancia del brazo del dinamómetro,  $d = 500$  mm. (constante).

Una vez tomado los datos se procede a calcular el GZ aplicando la siguiente expresión:

$$GZ = \frac{w \times d}{\Delta_m}$$

ADRIZANTES DINAMICOS

CONDICION: L.A. 5

MODELO N° 1

$\Delta = 74.591$  Tns.

$V = 2610.685$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	1.394'	0.176'
30°	2.400'	0.701'
45°	2.839'	1.374'
60°	2.234'	2.004'
75°	1.073'	2.270'
90°	- 0.476'	para $\theta = 85.687^\circ$ 3.313'
105°	- 2.105'	

CONDICION: L.A. DISENO

$\Delta = 117.834$  Tns.

$V = 4124.19$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATITCO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	0.995'	0.134'
30°	1.618'	0.497'
45°	1.698'	0.904'
60°	1.065'	1.244'
75°	0.400'	1.463'
90°	- 0.559'	para $\theta = 76.125^\circ$ 1.972'
105°	- 1.496'	

TABLA N° 4

ADRIZANTES DINAMICOS

CONDICION: L.A. 7

MODELO N° 1

$\Delta = 166.184$  Tns.

$V = 5816.44$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	1.201'	0.174'
30°	1.868'	0.606'
45°	1.419'	0.733'
60°	0.845'	1.372'
75°	-0.059'	1.415'
90°	-0.741'	para $\theta = 75.15^\circ$ 1.481
105°	-0.950'	

CONDICION: L.A. 8

$\Delta = 218.899$  Tns.

$V = 7661.465$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	0.7391'	0.09671'
30°	0.7702'	0.3251'
45°	0.4894'	0.4931'
60°	0.0398'	0.567'
75°	-0.518'	para $\theta = 60.375^\circ$ 0.5672

TABLA N° 4

ADRIZANTES DINAMICOS  
 MODELO N°2

CONDICION: L.A. 3

$\Delta = 108.5$  Tns.

$V = 3797.5$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	1.489'	0.199'
30°	2.447'	0.730'
45°	3.322'	1.478'
60°	2.576'	1.982'
75°	1.833'	2.811'
90°	0.618'	para $\theta = 96.75^\circ$ 3.353'
105°	-0.784'	

CONDICION: L.A. 4

$\Delta = 176.969$  Tns.

$V = 6193.915$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	1.349'	0.178'
30°	2.271'	0.669'
45°	2.224'	1.240'
60°	1.767'	1.844'
75°	0.892'	2.149'
90°	0.220'	para $\theta = 86.7^\circ$ 2.376'
105°	-0.547'	

TABLA N° 4

MODELO N° 2

CONDICION: L.A.D

$\Delta = 239.0$  Tns.

$V = 8365.0$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	1.084'	0.142'
30°	1.766'	0.532'
45°	1.507'	0.987'
60°	1.105'	1.309'
75°	0.344'	1.474'

CONDICION: AL.A.5

$\Delta = 262.5$  Tns.

$V = 9187.0$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000'	0.000'
15°	0.964'	0.126'
30°	1.756'	0.49'
45°	1.444'	0.943'
60°	1.069'	1.240'
75°	0.385'	1.421'

TABLA N° 4

ADRIZANTES DINAMICOS

MODELO N° 3

CONDICION: L.A. 1.22

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000 Mts.	0.000 Mts.
15°	0.666 "	0.2617 "
30°	0.958 "	0.316 "
45°	1.135 "	0.590 "
60°	1.168 "	0.898 "
75°	0.968 "	1.155 "

CONDICION: L.A. 183

$\Delta = 124.375$  Tns.

$V = 127.484$  Mts.<sup>33</sup>

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000 Mts.	0.000 Mts.
15°	0.53 "	0.069 "
30°	0.894 "	0.263 "
45°	1.019 "	0.519 "
60°	0.743 "	0.758 "
75°	0.248 "	0.866 "
90°	-0.151 "	para $\theta = 83.625^\circ$ 0.884 "
105°	-0.389 "	

TABLA N° 4

ADRIZANTES DINAMICOS

MODELO N° 3

CONDICION: 2.44

$\Delta = 203.5$  Tns.

$V = 208.5875$  Mts<sup>3</sup>.

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000 Mts.	0.000 Mts.
15°	0.383 "	0.05 "
30°	0.685 "	0.194 "
45°	0.655 "	0.379 "
60°	0.493 "	0.499 "
75°	0.190 "	0.605 "
90°	-0.038 "	para $\theta = 82.65^\circ$ 0.625 "
105°	-0.311 "	

CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES ESTATICO TEORICO

CONDICION: L.A. 3.05

$\Delta = 288.125$  Tns.

$V = 295.328$  pies cúbicos

INCLINACION	G <sub>1</sub> Z ESTATICO NO CORREGIDO	G <sub>1</sub> Z DINAMICO NO CORREGIDO
0°	0.000 Mts.	0.000 Mts.
15°	0.266 "	0.035 "
30°	0.339 "	0.122 "
45°	0.276 "	0.205 "
60°	0.215 "	0.267 "
75°	0.092 "	0.299 "

TABLA N° 4



MODELO N° 1

CONDICION: L.A. 5

KG (asum.) = 8.877'

KB = 4.285

$\theta$	BR	BG <sub>1</sub> Sen $\theta$	G <sub>1</sub> Z (no corregido)
0°	0.000'	0.000'	0.000'
15°	2.582'	1.188'	1.394'
30°	4.696'	2.296'	2.400'
45°	6.086'	3.247'	2.839'
60°	6.211'	3.977'	2.234'
75°	5.508'	4.435'	1.073'
90°	4.116'	4.592'	-0.476'
105°	2.330'	4.435'	-2.105'

CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES ESTATICOS TEORICOS

KG (real) = 6.333'

GG<sub>1</sub> = 2.544

$\theta$	Sen $\theta$	G <sub>1</sub> Z (no correg.)	GG <sub>1</sub> Sen $\theta$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000'	0.000'	0.000'
15°	0.259	1.394'	0.658'	2.052'
30°	0.500	2.400'	1.272'	3.672'
45°	0.707	2.839'	1.799'	4.638'
60°	0.866	2.234'	2.203'	4.437'
75°	0.966	1.073'	2.457'	3.530'
90°	1.000	-0.476'	2.544'	2.068'
105°	0.966	-2.105'	2.457'	0.352'

TABLA N° 5

MODELO N° 1

CONDICION: L.A. D.

$KG \text{ (asum.)} = 8.877'$

$KB = 5.429$

$\theta$	BR	$BG_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1Z \text{ (no corregido)}$
$0^\circ$	0.000'	0.000'	0.000'
$15^\circ$	1.888'	0.893'	0.995'
$30^\circ$	3.342'	1.724'	1.618'
$45^\circ$	4.136'	2.438'	1.698'
$60^\circ$	4.050'	2.985'	1.065'
$75^\circ$	3.730'	3.330'	0.400'
$90^\circ$	2.889'	3.448'	-0.559'
$105^\circ$	1.834'	3.330'	-1.496'

CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES TEÓRICOS

$KG \text{ (real)} = 6.499'$

$GG_1 = 2.378'$

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1Z \text{ (no correg.)}$	$GG_1 \text{ Sen } \theta$	$GZ \text{ (corregido)}$
$0^\circ$	0.000	0.000'	0.000'	0.000'
$15^\circ$	0.259	0.995'	0.616'	1.611'
$30^\circ$	0.500	1.618'	1.189'	2.807'
$45^\circ$	0.707	1.698'	1.682'	3.380'
$60^\circ$	0.866	1.065'	2.060'	3.125'
$75^\circ$	0.966	0.400'	2.297'	2.697'
$90^\circ$	1.000	-0.559'	2.378'	1.819'
$105^\circ$	0.966	-1.496'	2.297'	0.801'

TABLA N° 5

MODELO N° 1

CONDICION: L.A.7

KG (asum.) = 8.77'

KB = 6.338'

$\theta$	BR	$BG_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1Z$ (no corregido)
0°	0.000'	0.000'	0.000'
15°	1.858'	0.657'	1.201'
30°	3.137'	1.269'	1.868'
45°	3.214'	1.795'	1.419'
60°	3.044'	2.199'	0.845'
75°	2.393'	2.452'	-0.059'
90°	1.798'	2.539'	-0.741'
105°	1.502'	2.452'	-0.950'

## CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES TEÓRICOS

KG (real) = 6.521'

GG<sub>1</sub> = 2.356

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1Z$ (no corregid.)	GG <sub>1</sub> Sen $\theta$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000	0.000'	0.000'
15°	0.259	1.201'	0.610'	1.811'
30°	0.500	1.868'	1.178'	3.046'
45°	0.707	1.419'	1.666'	3.085'
60°	0.866	0.845'	2.040'	2.885'
75°	0.966	-0.059'	2.275'	2.216'
90°	1.000	-0.741	2.356'	1.615'
105°	0.966	-0.950'	2.275'	1.325'

TABLA N° 5

## MODELO N° 2

CONDICION: L.A. 3

KG (asum.) = 7.8'

KB = 3.999'

$\theta$	BR	$BG_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1Z$ (no corregido)
0°	0.000	0.000	0.000
15°	2.473	0.984	1.489
30°	4.348	1.901	2.447
45°	6.010	2.688	3.322
60°	5.868	3.292	2.576
75°	5.568	3.671	1.833
90°	4.419	3.801	0.618
105°	2.887	3.671	-0.784

## CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES TEORICOS

KG (real) = 5.138'

GG = 2.661'

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1Z$ (no corregid.)	$GG_1 \text{ Sen } \theta$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000'	0.000'	0.000'
15°	0.259	1.489'	0.689'	2.178'
30°	0.500	2.447'	1.331'	3.778'
45°	0.707	3.322'	1.882'	5.204'
60°	0.866	2.576'	2.305'	4.881'
75°	0.966	1.833'	2.571'	4.405'
90°	1.000	0.618'	2.662'	3.280'
105°	0.966	-0.784'	2.571'	1.787'

TABLA N° 5

MODELO N° 2

CONDICION: L. A. 4

KG (asum.) = 7.8'

KB = 5.2'

$\theta$	BR	BG <sub>7</sub> Sen $\theta$	G <sub>7</sub> Z (no corregido)
0°	0.000'	0.000'	0.000'
15°	2.022'	0.673'	1.349'
30°	3.571'	1.300'	2.271'
45°	4.062'	1.838'	2.224'
60°	4.019'	2.252'	1.767'
75°	3.403'	2.511'	0.892'
90°	2.820'	2.600'	0.220'
105°	1.964'	2.511'	-0.547'

CORRECCIONES A LOS BRASOS ADIRIZANTES TEORICOS

KG (real) = 5.4317'

GG = 2.3683'

$\theta$	Sen	G <sub>7</sub> Z (no corregido)	GG <sub>7</sub> Sen $\theta$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000'	0.000'	0.000'
15°	0.259	1.349'	0.613'	1.962'
30°	0.500	2.271'	1.184'	3.455'
45°	0.707	2.224'	1.675'	3.898'
60°	0.866	1.767'	2.051'	3.818'
75°	0.966	0.892'	2.288'	3.180'
90°	1.000	0.220'	2.368'	2.588'
105°	0.966	-0.547'	2.288'	1.741'

TABLA N° 5

## MODELO N° 2

CONDICION: L.A.D

$$KG \text{ (asum.)} = 7.800'$$

$$KB = 5.850'$$

$\theta$	BR	$GB_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1Z$ (no corregido)
$0^\circ$	0.000'	0.000"	0.000'
$15^\circ$	1.584'	0.505'	1.084'
$30^\circ$	2.741'	0.975'	1.766'
$45^\circ$	2.886'	1.379'	1.507'
$60^\circ$	2.794'	1.689'	1.105'
$75^\circ$	2.228'	1.884'	0.344'

## CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES TEORICOS

$$KG \text{ (real)} = 5.884'$$

$$GG = 1.916'$$

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1Z$ (no correg.)	$GG_1 \text{ Sen } \theta$	GZ (corregido)
$0^\circ$	0.000	0.000	0.000	0.000
$15^\circ$	0.259	1.084'	0.496'	1.580'
$30^\circ$	0.500	1.766'	0.958'	2.724'
$45^\circ$	0.707	1.507'	1.355'	2.862'
$60^\circ$	0.866	1.105'	1.659'	2.764'
$75^\circ$	0.966	0.344'	1.851'	2.195'

TABLA N°5

MODELO N° 2

CONDICION: L.A. 5

KG (asum.) = 7.800'

KB = 6.014'

$\theta$	BR	$BG_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1Z$ (no corregido)
0°	0.000'	0.000'	0.000'
15°	1.426'	0.462'	0.964
30°	2.649'	0.893'	1.756'
45°	2.707'	1.263'	1.444'
60°	2.616'	1.547'	1.069'
75°	2.110'	1.725'	0.385'

CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES TOERICOS

KG (real) = 6.021'

$GG_1 = 1.779'$

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1Z$ (no corregid.)	$GG_1 \text{ Sen } \theta$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000'	0.000'	0.000'
15°	0.259	0.964'	0.460'	1.424'
30°	0.500	1.756'	0.890'	2.646'
45°	0.707	1.444'	1.258'	2.702'
60°	0.866	1.069'	1.541'	2.610'
75°	0.966	0.385'	1.718'	2.103'

TABLA N° 5

## MODELO N° 3

CONDICION: L.A. 1.22

KG (asum.) = 2.220 mts.

KB = 0.814 mts.

$\theta$	BR	$BG_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1 Z$ (no corregido)
0°	0.000 mts.	0.000 mts.	0.000 mts.
15°	1.03 "	0.364 "	0.666 "
30°	1.661 "	0.703 "	0.958 "
45°	2.129 "	0.994 "	1.135 "
60°	2.386 "	1.218 "	1.168 "
75°	2.326 "	1.358 "	0.968 "

## CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES ESTATICOS TEORICOS

KG (real) = 1.137 mts.

GG<sub>1</sub> = 1.083 mts.

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1 Z$ (no correg.)	$GG_1 \text{ Sen}$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000 mts.	0.000 mts.	0.000 mts.
15°	0.259	0.666 "	0.280 "	0.946 "
30°	0.500	0.958 "	0.541 "	1.499 "
45°	0.707	1.135 "	0.766 "	1.901 "
60°	0.866	1.168 "	0.938 "	2.106 "
75°	0.966	0.968 "	0.965 "	1.933 "

TABLA N° 5



MODELO N° 3

CONDICION L.A. 1.83

KG (asm.) = 2.220 mts.

KB = 1.212 mts.

$\theta$	BR	BG <sub>1</sub> Sen $\theta$	G <sub>1</sub> Z (no corregido)
0°	0.000 mts.	0.000 mts.	0.000 mts.
5°	0.791 "	0.261 "	0.530 "
10°	1.398 "	0.504 "	0.894 "
15°	1.732 "	0.713 "	1.019 "
20°	1.616 "	0.873 "	0.743 "
25°	1.222 "	0.974 "	0.248 "
30°	0.857 "	1.008 "	-0.151 "
35°	0.585 "	0.974 "	0.389 "

CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES ESTATICOS TEORICOS

G (real) = 1.624 mts.

GG = 0.596 mts.

$\theta$	Sen $\theta$	G <sub>1</sub> Z (no correg.)	GG <sub>1</sub> Sen $\theta$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000 mts.	0.000 mts.	0.000 mts.
15°	0.259	0.530 "	0.154 "	0.684 "
30°	0.500	0.894 "	0.298 "	1.192 "
45°	0.707	1.019 "	0.422 "	1.441 "
60°	0.866	0.743 "	0.516 "	1.259 "
75°	0.966	0.248 "	0.576 "	0.824 "
90°	1.000	-0.151 "	0.596 "	0.445 "
105°	0.966	-0.389 "	0.576 "	0.187 "

TABLA N°5

MODELO N° 3

CONDICION L.A. 2.44

KG (asum.) = 2.220 mts.

KB = 1.571 mts.

$\theta$	BR	$BG_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1Z$ (no corregido)
$0^\circ$	0.00	0.00	0.00
$15^\circ$	0.551	0.168	0.383
$30^\circ$	1.009	0.324	0.685
$45^\circ$	1.114	0.459	0.655
$60^\circ$	1.055	0.562	0.493
$75^\circ$	0.817	0.627	0.190
$90^\circ$	0.611	0.649	-0.038
$105^\circ$	0.316	0.627	-0.311

CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES ESTATICOS TEORICOS

KG (real) = 1.714 mts.

$GG_1 = 0.506$  mts.

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1Z$ (no corregido)	$GG_1 \text{ Sen } \theta$	GZ (corregido)
$0^\circ$	0.00	0.00	0.00	0.00
$15^\circ$	0.259	0.383	0.131	0.514
$30^\circ$	0.5	0.685	0.253	0.938
$45^\circ$	0.707	0.655	0.358	1.013
$60^\circ$	0.866	0.493	0.438	0.931
$75^\circ$	0.966	0.190	0.488	0.678
$90^\circ$	1.000	-0.038	0.506	0.468
$105^\circ$	0.966	-0.311	0.488	0.177

TABLA N° 5

MODELO N° 3

CONDICION L.A. 3.05

KG (asum.) = 2.220 mts.

KB = 0.814 mts.

$\theta$	BR	$BG_1 \text{ Sen } \theta$	$G_1Z$ (no corregido)
0°	0.000 mts.	0.000 mts.	0.000 mts.
15°	0.355 "	0.089 "	0.266 "
30°	0.511 "	0.172 "	0.339 "
45°	0.519 "	1.243 "	0.276 "
60°	0.512 "	0.299 "	0.215 "
75°	0.423 "	0.331 "	0.092 "

CORRECCIONES A LOS BRAZOS ADRIZANTES ESTATICO TEORICO

KG (real) = 1.893 mts.

$GG_1 = 0.327$

$\theta$	Sen $\theta$	$G_1Z$ (no corregido)	$GG_1 \text{ Sen } \theta$	GZ (corregido)
0°	0.000	0.000	0.000	0.000
15°	0.259	0.266	0.085	0.351
30°	0.500	0.339	0.164	0.503
45°	0.707	0.276	0.231	0.507
60°	0.866	0.215	0.283	0.498
75°	0.966	0.092	0.316	0.408

TABLA N° 5

# OBTENCION DEL BRAZO ADRIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD

CONDICION : L. A. 5

$\Delta m = 17.765$  Kgs.

LASTRE = 5.765 Kgs.

ANGULO	PESO (Kgs.)	DISTANCIA (mm.)	MOMENTO (Kgs-mm)	GZ ESTATICO (mm.)	GZ ESTATICO BUQUE (Pies)
14°15.0'	1.15	500	575	32.367	1.697
29°10.8'	2.10	500	1050	59.105	3.098
43°20.0'	2.95	500	1475	83.028	4.352
60°55.8'	2.90	500	1450	81.621	4.352
74°57.6'	2.05	500	1025	57.698	3.025
82°21.0'	1.35	500	675	37.996	1.992
88°29.0'	0.85	500	425	23.923	1.254
99° 0.0'	0.10	500	50	2.815	0.148

TABLA N° 6

# OBTENCION DEL BRAZO ADRIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD

CONDICION : L.A. D ( 6 )

$\Delta m = 28.0636$  Kgs

LASTRE = 16.0636 Kgs.

ANGULO	PESO (Kgs.)	DISTANCIA - ( m.m. )	MOMENTO (Kgs -mm)	GZ ESTATICO ( m.m. )	GZ ESTATICO BUQUE ( Pies )
15° 19.7'	1.75	500.	875	31.179	1.634
28° 12.0'	3.00	500	1500	53.450	2.802
46° 05.0'	3.80	500	1900	67.703	3.549
61° 42.4'	3.60	500	1800	64.140	3.362
75° 9.5'	2.70	500	1350	48.105	2.522
79° 7.1'	2.45	500	1225	43.651	2.288

TABLA N° 6

OBTENCION DEL BRAZO ADRIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD

CONDICION : L.A. 7

$\Delta m = 39.557$  Kgs

LASTRE = 29.037 Kgs.

ANGULO	PESO (Kgs.)	DISTANCIA - (mm.)	MOMENTO (Kgs-mm)	GZ ESTATICO (mm.)	GZ ESTATICO BUQUE (Pies)
14° 32.4'	2.55	500	1275	32.232	1.689
29° 7.8'	4.75	500	2375	60.040	3.147
44° 16.0'	5.10	500	2550	64.464	3.379
65° 1.3'	4.00	500	2000	50.560	2.650
70° 28.2'	3.65	500	1825	46.136	2.418
75° 10.0'	3.40	500	1700	42.976	2.253

TABLA N° 6

# OBTENCION DEL BRAZO ADRIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD

CONDICION : L.A. 3

$\Delta m = 61.0452$  Kgs.

LASTRE = 38.945 Kgs.

ANGULO	PESO (Kgs.)	DISTANCIA - (mm.)	MOMENTO (Kgs-mm)	GZ ESTATICO (mm.)	GZ ESTATICO BUQUE (Pies)
16°34.2'	7.42	500	3710	60.77464	2.39208'
31°38.0'	11.85	500	5925	97.0592	3.82025
45°46.2'	14.95	500	7475	122.45024	4.8196414
58°47.8'	14.65	500	7325	119.99305	4.722926
73°22.0'	11.25	500	5625	92.1448	3.6268

TABLA N° 6

# OBTENCION DEL BRAZO ADRIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD

CONDICION : L.A. 4

$\Delta m = 99.568$  Kgs.

LASTRE = 77.468 Kgs.

ANGULO	PESO (Kgs.)	DISTANCIA - (mm.)	MOMENTO (Kgs-mm)	GZ ESTATICO (mm.)	GZ ESTATICO BUQUE (Pies)
14° 37.2'	10.05	500	5025	50.468	1.98642
30° 53.7'	19.8	500	9900	99.42953	3.913546
43° 0'	21.73	500	10865	109.1214	4.295
58° 42.0'	21.5	500	1075	107.96642	4.2495
75° 27.0'	16.1	500	8050	80.8493	3.1822

TABLA N° 6



# OBTENCION DEL BRAZO ADRIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD

CONDICION : L.A. 1.83

$\Delta m =$

36.2858 Kgs.

LASTRE =

16.08 Kgs

ANGULO	PESO (Kgs.)	DISTANCIA - (mm.)	MOMENTO (Kgs-mm)	GZ ESTATICO (mm.)	GZ ESTATICO BUQUE (mts.)
15° 5.9'	3.35	500	1675	46.16131	0.690296
30° 8.8'	5.5	500	2750	75.78722	1.133322
32° 16.8'	5.6	500	2800	77.16517	1.153927
46° 55.1'	6.35	500	3175	87.49979	1.3084718
57° 53.8'	6.	500	3000	82.67697	1.2363514
72° 8.8'	4.5	500	2250	62.00773	0.927264

TABLA N° 6

# OBTENCION DEL BRAZO ADRIZANTE EN EL LABORATORIO DE ESTABILIDAD

CONDICION : L.A.244

$\Delta m =$

59.3702 Kgs.

LASTRE =

39.1702 Kgs.

ANGULO	PESO (Kgs.)	DISTANCIA - (mm.)	MOMENTO (Kgs-mm)	GZ ESTATICO (mm.)	GZ ESTATICO BUQUE (mts.)
16° 32.6'	3.9	500	1950	32.8447	0.49115964
31° 28.0'	6.85	500	3425	57.6888	0.8626783
44° 36.0'	7.5	500	3750	63.163	0.9445395
57° 42.0'	7.05	500	3525	59.373	0.88786384
72° 46.0'	5.1	500	2550	42.95084	0.64229
75° 35.2'	4.5	500	2250	37.8978	0.566724

TABLA Nº 6

6.4. Diagramas obtenidos de los experimentos.- Los diagramas obtenidos del estudio de modelos de la Flota Pesquera Nacional, en el laboratorio de estabilidad, pasados al buque son los siguientes:

a.- Curvas Cruzadas de Estabilidad

b.- Curvas de Estabilidad

c.- Curvas de Estabilidad Dinámica

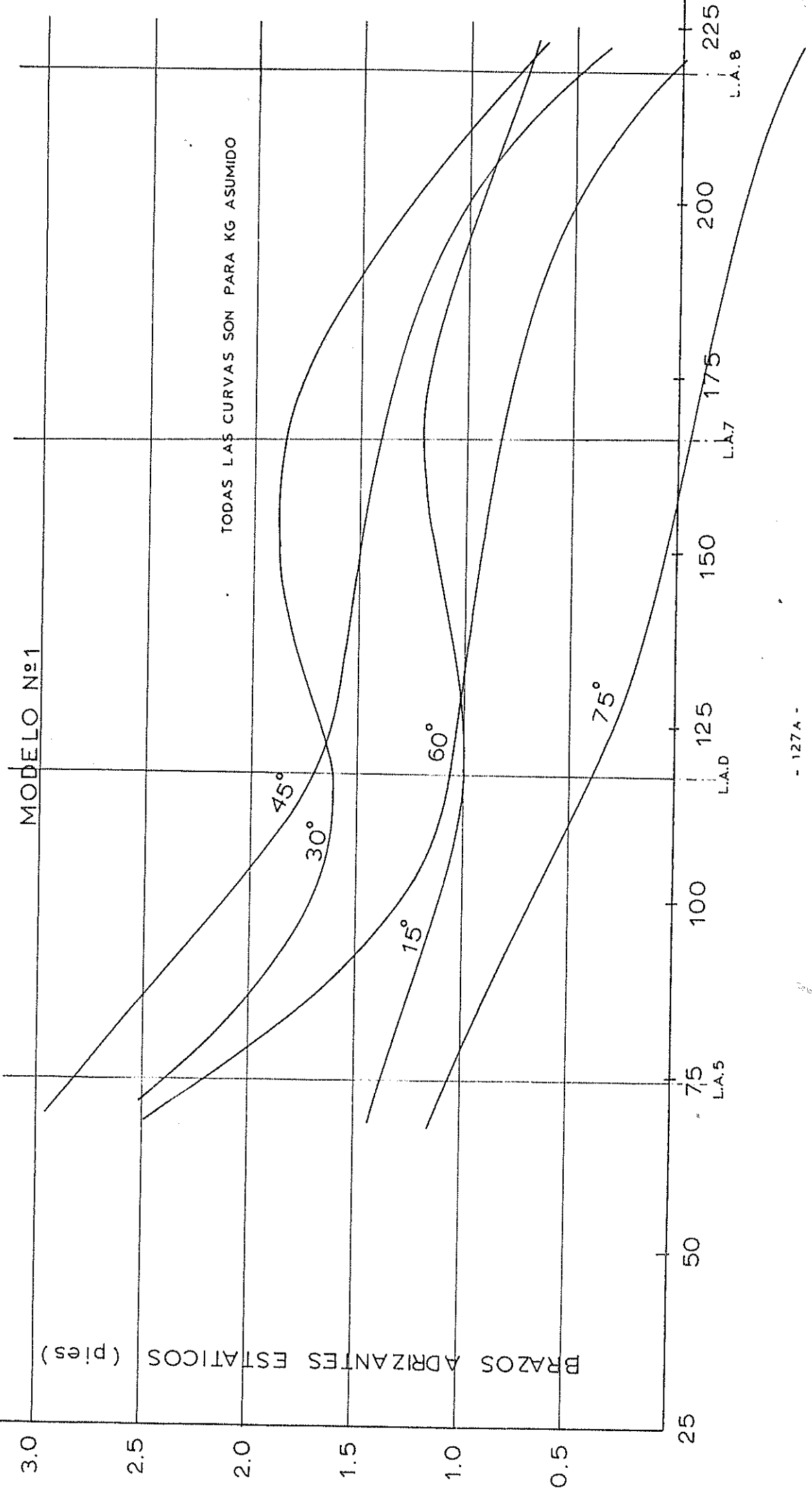
Estos diagramas fueron obtenidos a partir de los datos de los cuadros indicados anteriormente.

# CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD

MODELO Nº1

BRAZOS ADRIZANTES ESTATICOS (pies)

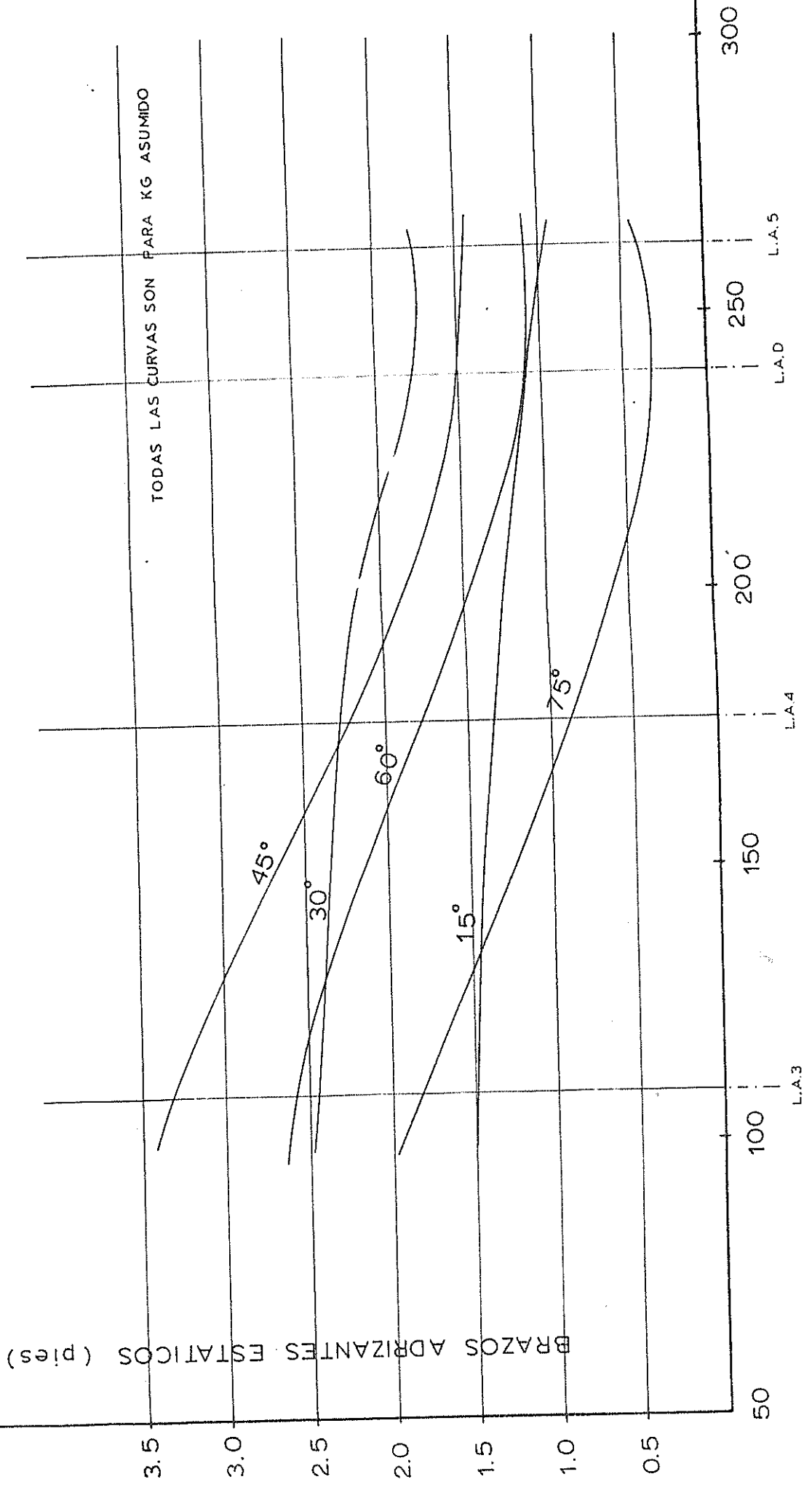
TODAS LAS CURVAS SON PARA KG ASUMIDO



225 L.A.8  
200  
175 L.A.7  
150  
125 L.A.6  
100  
75 L.A.5  
50

# CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD

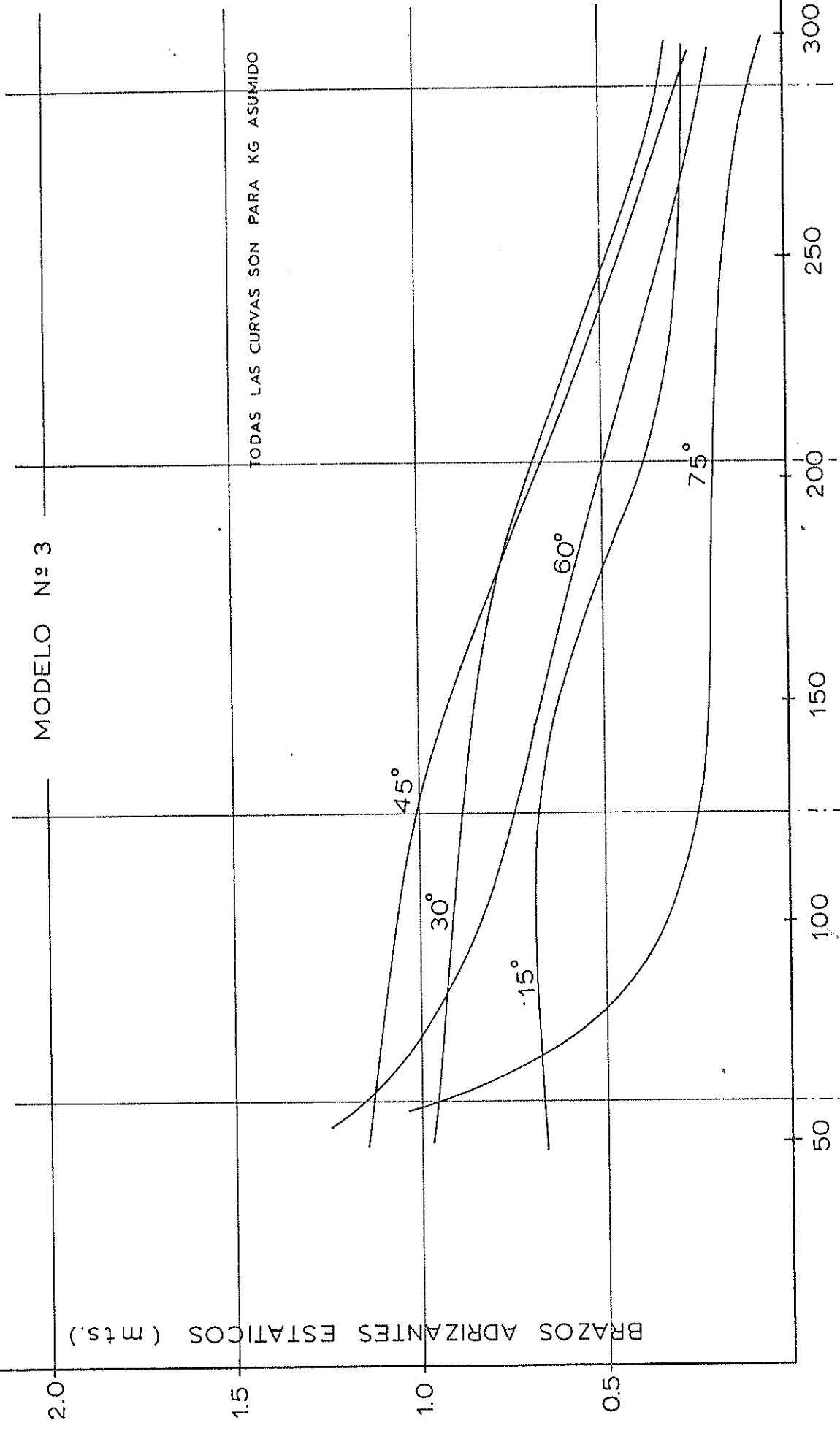
MODELO N° 2



# CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD

MODELO N° 3

BRAZOS ADRIZANTES ESTATICOS ( mts. )



L.A.122

L.A.183

L.A.244

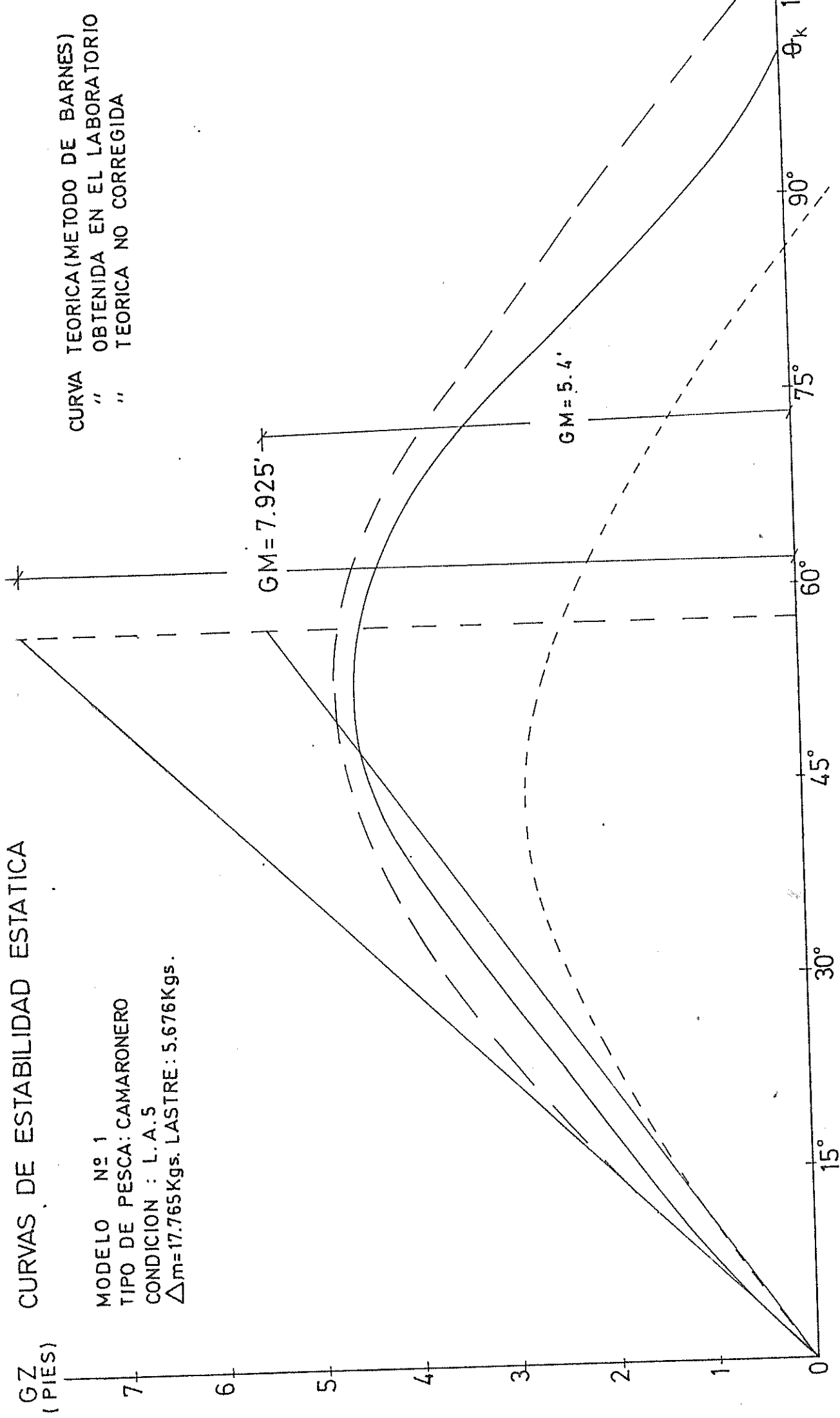
L.A.305

# CURVAS DE ESTABILIDAD ESTATICA

GZ  
(PIES)

MODELO N° 1  
TIPO DE PESCA: CAMARONERO  
CONDICION : L. A. 5  
 $\Delta_m = 17.765$  Kgs. LASTRE : 5.676 Kgs.

CURVA TEORICA (METODO DE BARNES)  
" " OBTENIDA EN EL LABORATORIO  
" " TEORICA NO CORREGIDA

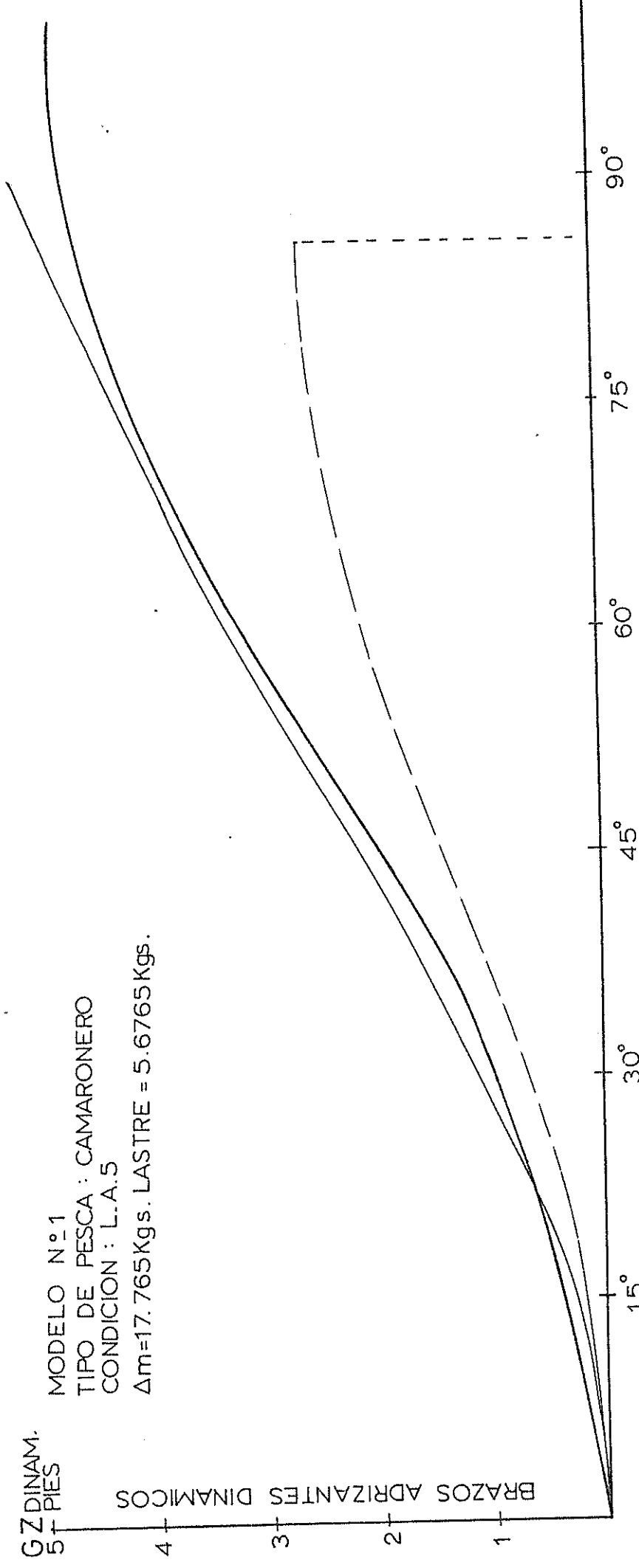


# CURVA DE ESTABILIDAD DINAMICA

MODELO N°1  
TIPO DE PESCA : CAMARONERO  
CONDICION : L.A.5  
 $\Delta m = 17.765 \text{ Kgs. LASTRE} = 5.6765 \text{ Kgs.}$

GZ DINAM.  
5  
4  
3  
2  
1  
0

BRAZOS ADRIZANTES DINAMICOS



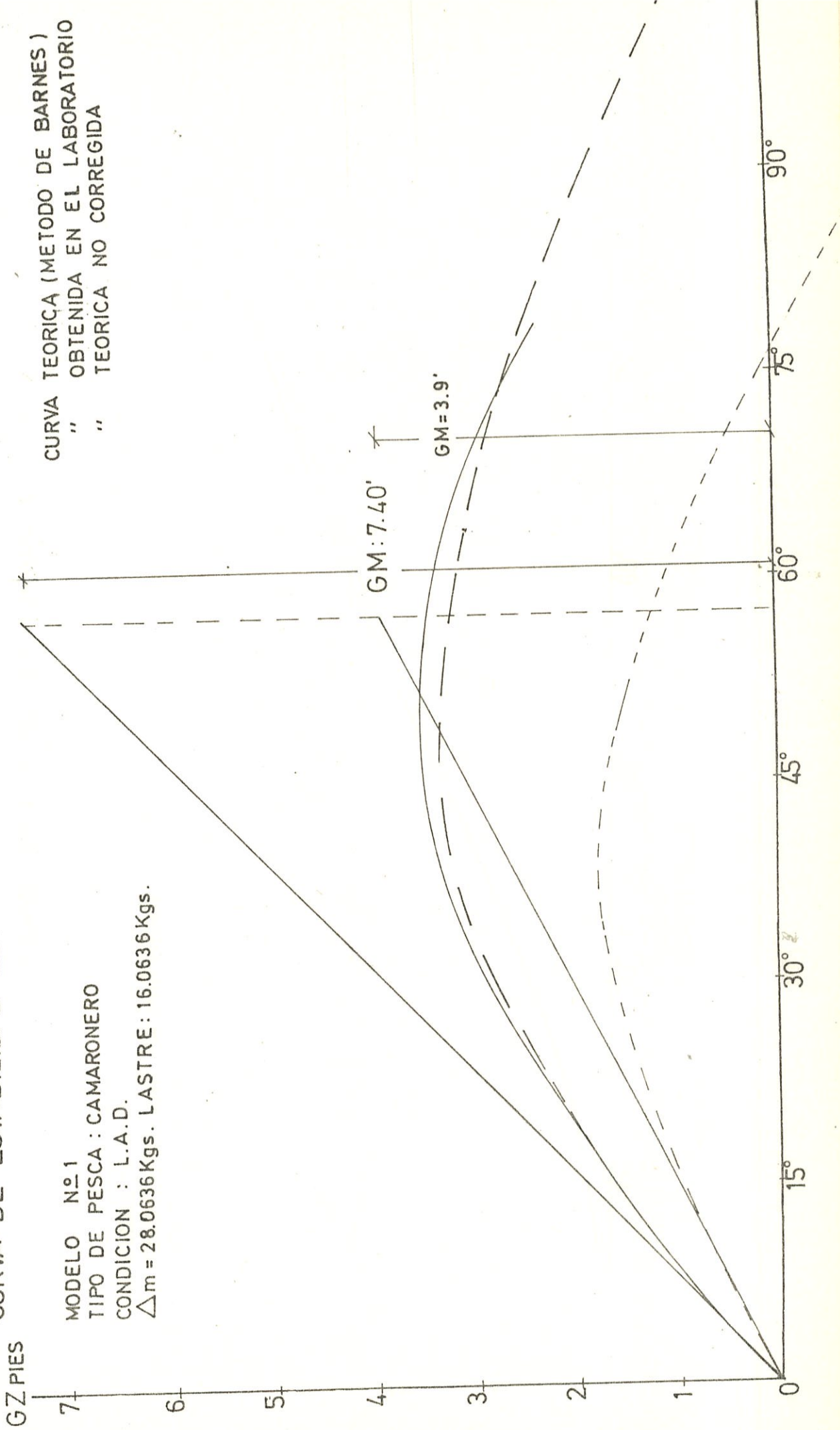
- CURVA TEORICA CORREGIDA
- - - " NO CORREGIDA
- " OBTENIDA EN EL LABORATORIO



# CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

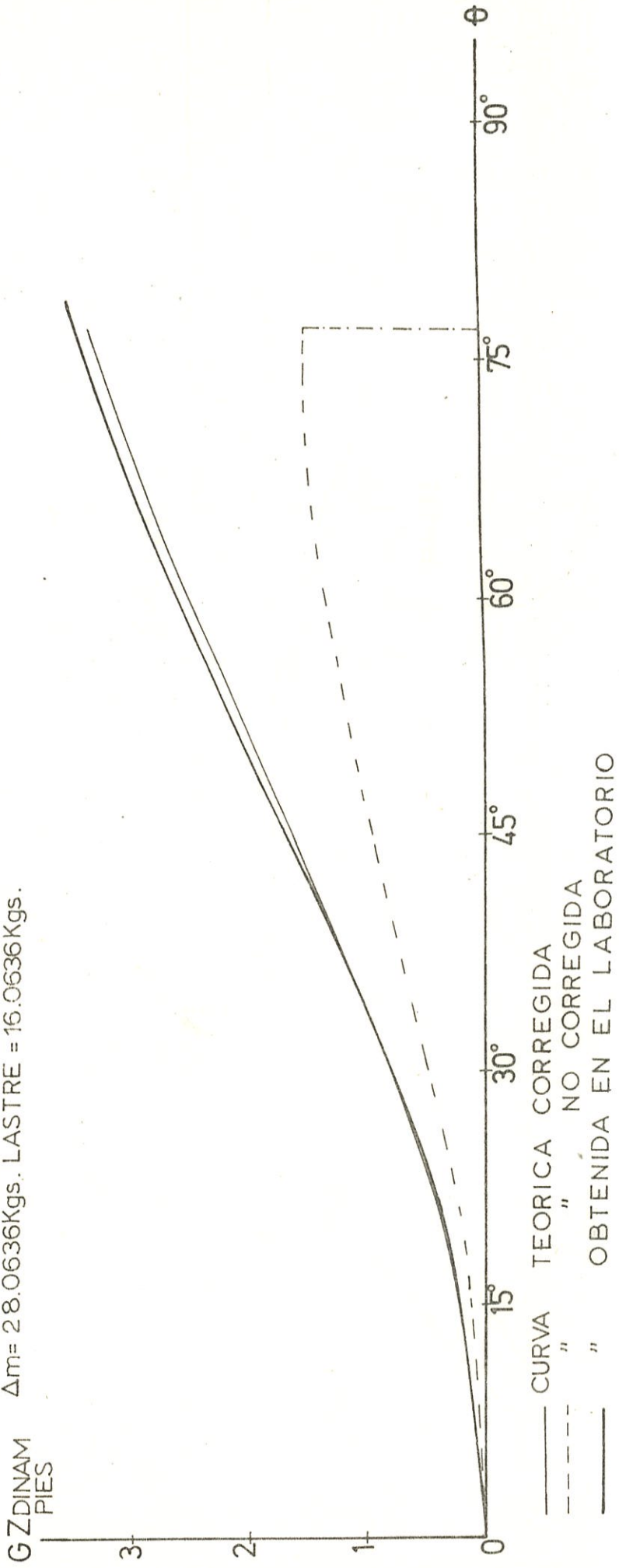
MODELO N<sup>o</sup> 1  
TIPO DE PESCA : CAMARONERO  
CONDICION : L.A.D.  
 $\Delta_m = 28.0636 \text{ Kgs.}$  LASTRE : 16.0636 Kgs.

CURVA TEORICA (METODO DE BARNES )  
" " OBTENIDA EN EL LABORATORIO  
" " TEORICA NO CORREGIDA



# CURVA DE ESTABILIDAD DINAMICA

MODELO N°1  
TIPO DE PESCA : CAMARONERO  
CONDICION : L.A.D.  
 $\Delta m = 28.0636\text{Kgs}$ . LASTRE = 16.0636Kgs.

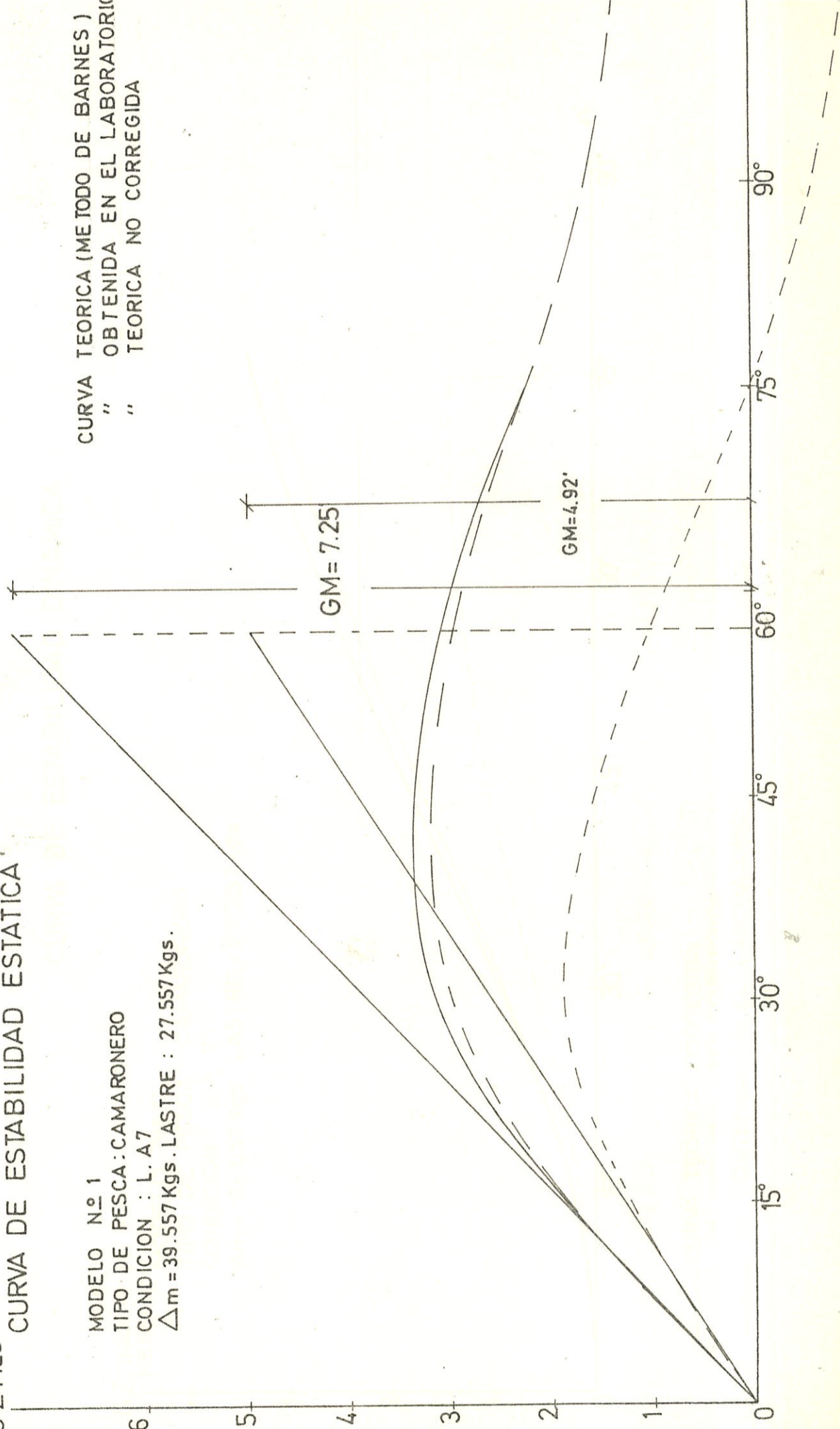


GZ PIES

# CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

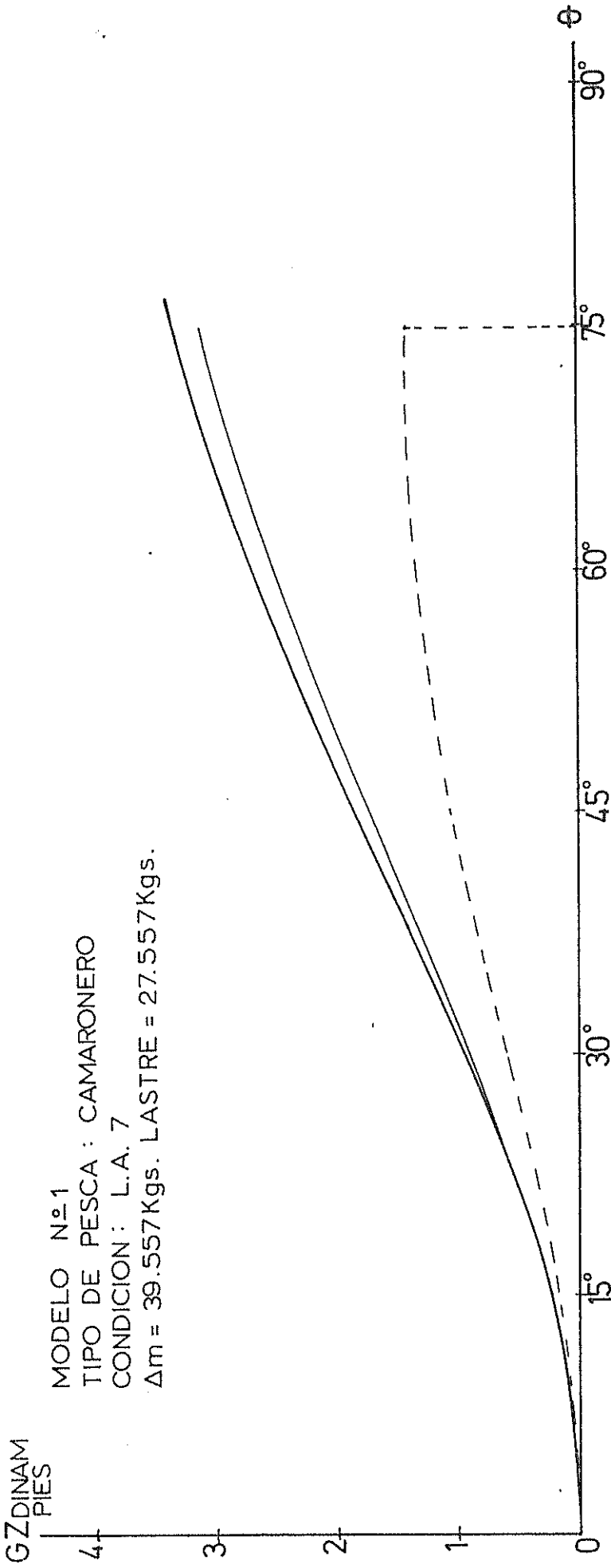
MODELO N.º 1  
TIPO DE PESCA: CAMARONERO  
CONDICION : L.A7  
 $\Delta_m = 39.557$  Kgs. LASTRE : 27.557 Kgs.

CURVA TEORICA (METODO DE BARNES )  
" " OBTENIDA EN EL LABORATORIO  
" " TEORICA NO CORREGIDA



# CURVA DE ESTABILIDAD DINAMICA

MODELO N.º 1  
TIPO DE PESCA : CAMARONERO  
CONDICION : L.A. 7  
 $\Delta m = 39.557 \text{Kgs.}$  LASTRE = 27.557Kgs.

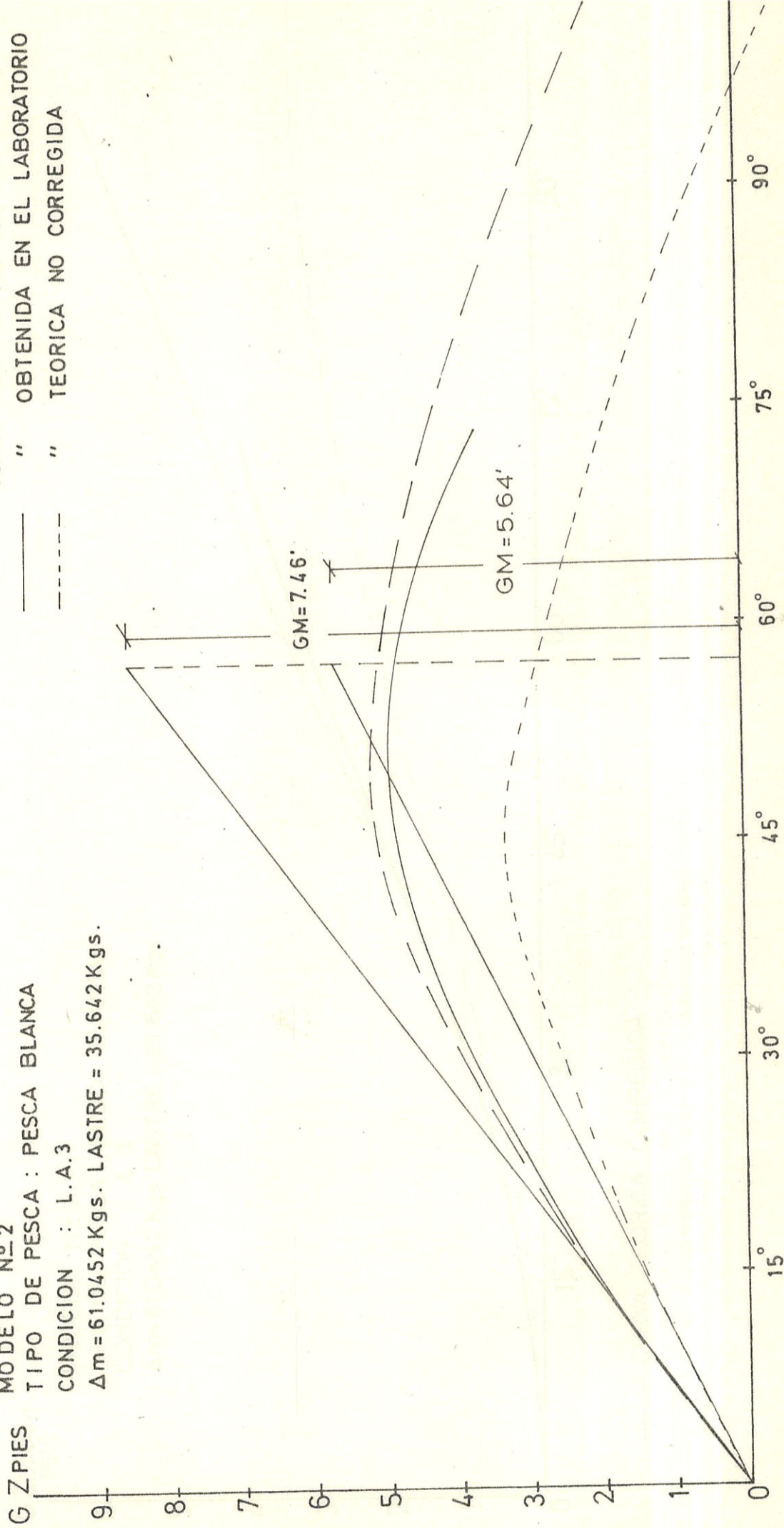


— CURVA TEORICA CORREGIDA  
" " NO CORREGIDA  
- - - " OBTENIDA EN EL LABORATORIO

# CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

MODELO N° 2  
TIPO DE PESCA : PESCA BLANCA  
CONDICION : L.A.3  
 $\Delta m = 61.0452$  Kgs. LASTRE = 35.642 Kgs.

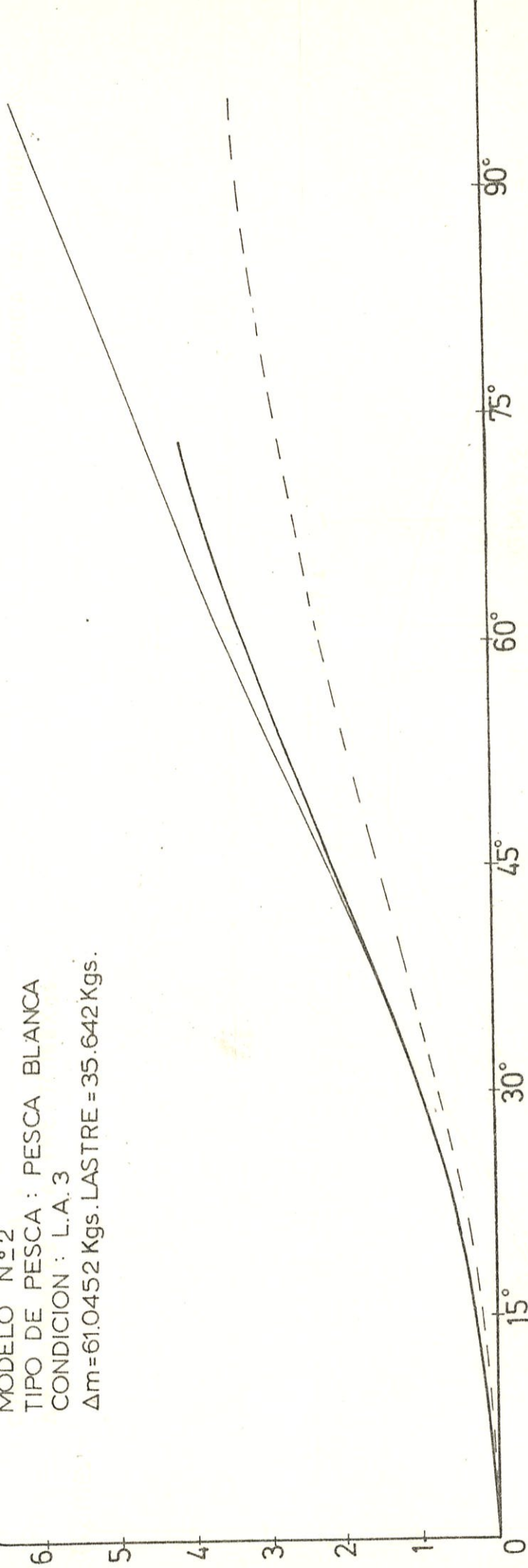
- CURVA TEORICA (METODO DE BARNES)
- " " OBTENIDA EN EL LABORATORIO
- - - - " " TEORICA NO CORREGIDA



# CURVA DE ESTABILIDAD DINAMICA

GZ DINAM  
PIES

MODELO N° 2  
TIPO DE PESCA : PESCA BLANCA  
CONDICION : L.A. 3  
 $\Delta m = 61.0452$  Kgs. LASTRE = 35.642 Kgs.

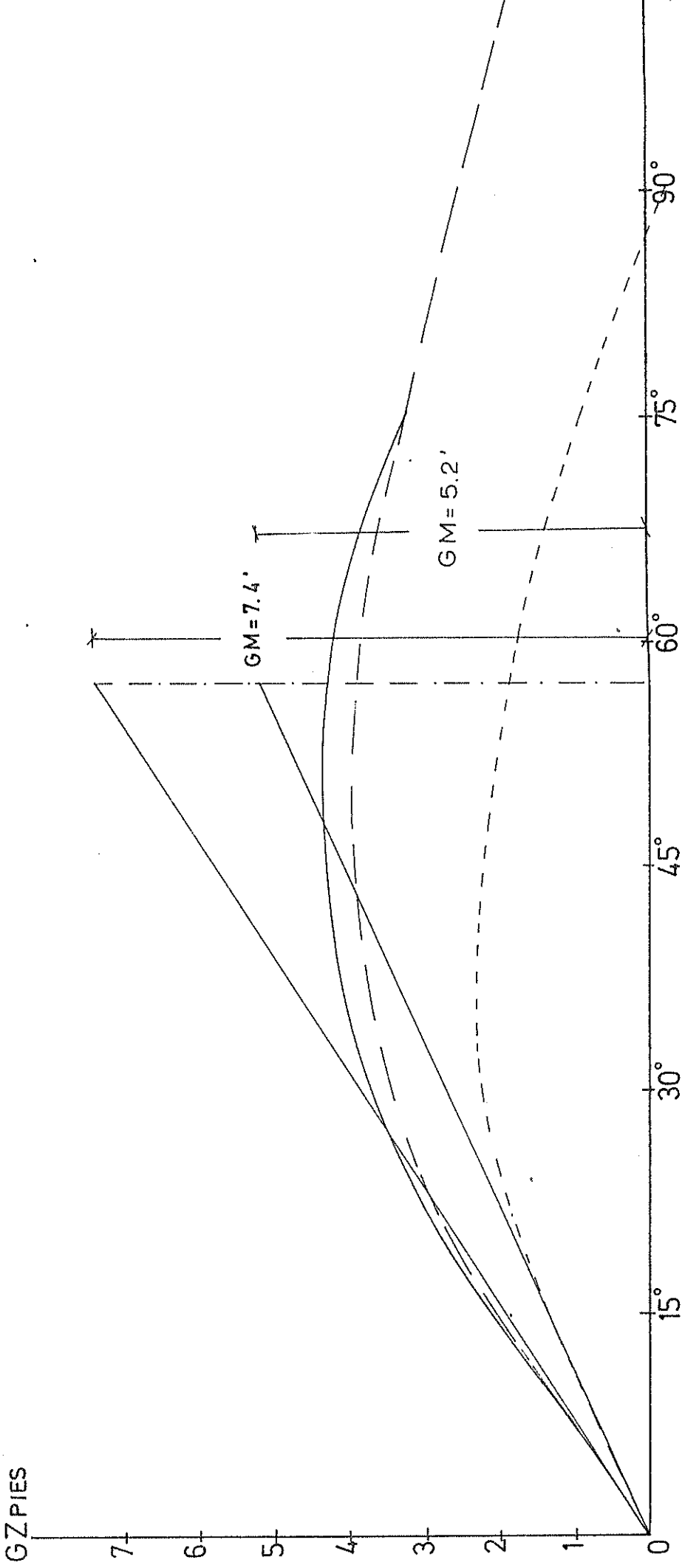


- CURVA TEORICA CORREGIDA
- " " NO CORREGIDA
- " " OBTENIDA EN EL LABORATORIO

# CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

- - - CURVA TEORICA (METODO DE BARNES )
- " " OBTENIDA EN EL LABORATORIO
- · - · - " " TEORICA NO CORREGIDA

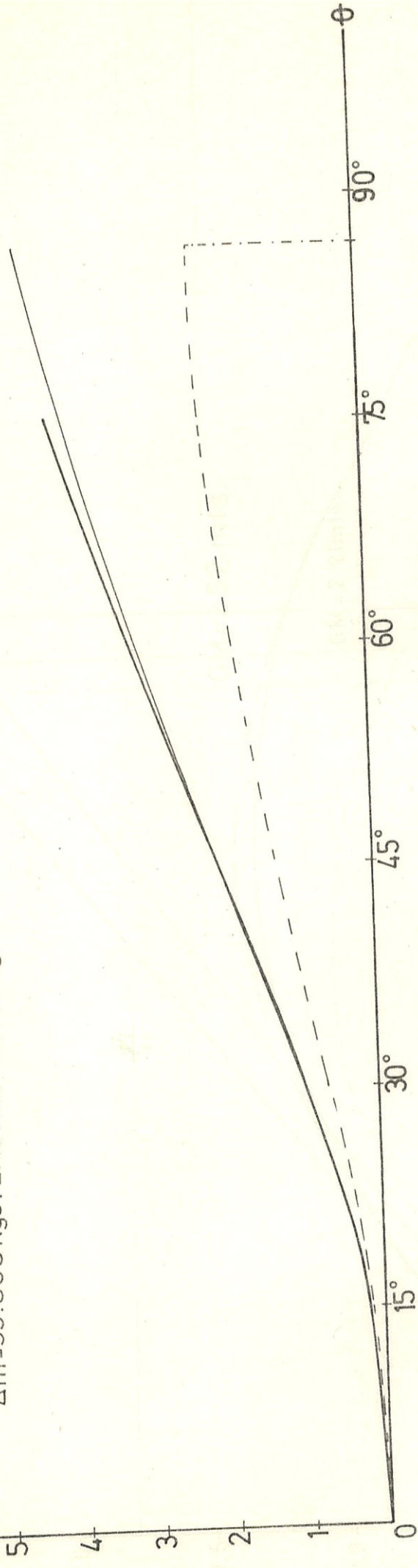
MODELO N° 2  
TIPO DE PESCA: PESCA BLANCA  
CONDICION : L.A. 4  
 $\Delta m = 99.586 \text{ Kgs.}$  LASTRE = 74.168 Kgs.



# CURVA DE ESTABILIDAD DINAMICA

GZ DINAM  
PIES

MODELO N° 2  
TIPO DE PESCA: PESCA BLANCA  
CONDICION : L.A.4  
 $\Delta m = 99.568 \text{ Kgs}$ . LASTRE = 74.168 Kgs.



— CURVA TEORICA CORREGIDA  
— " " NO CORREGIDA  
- - - " " OBTENIDA EN EL LABORATORIO

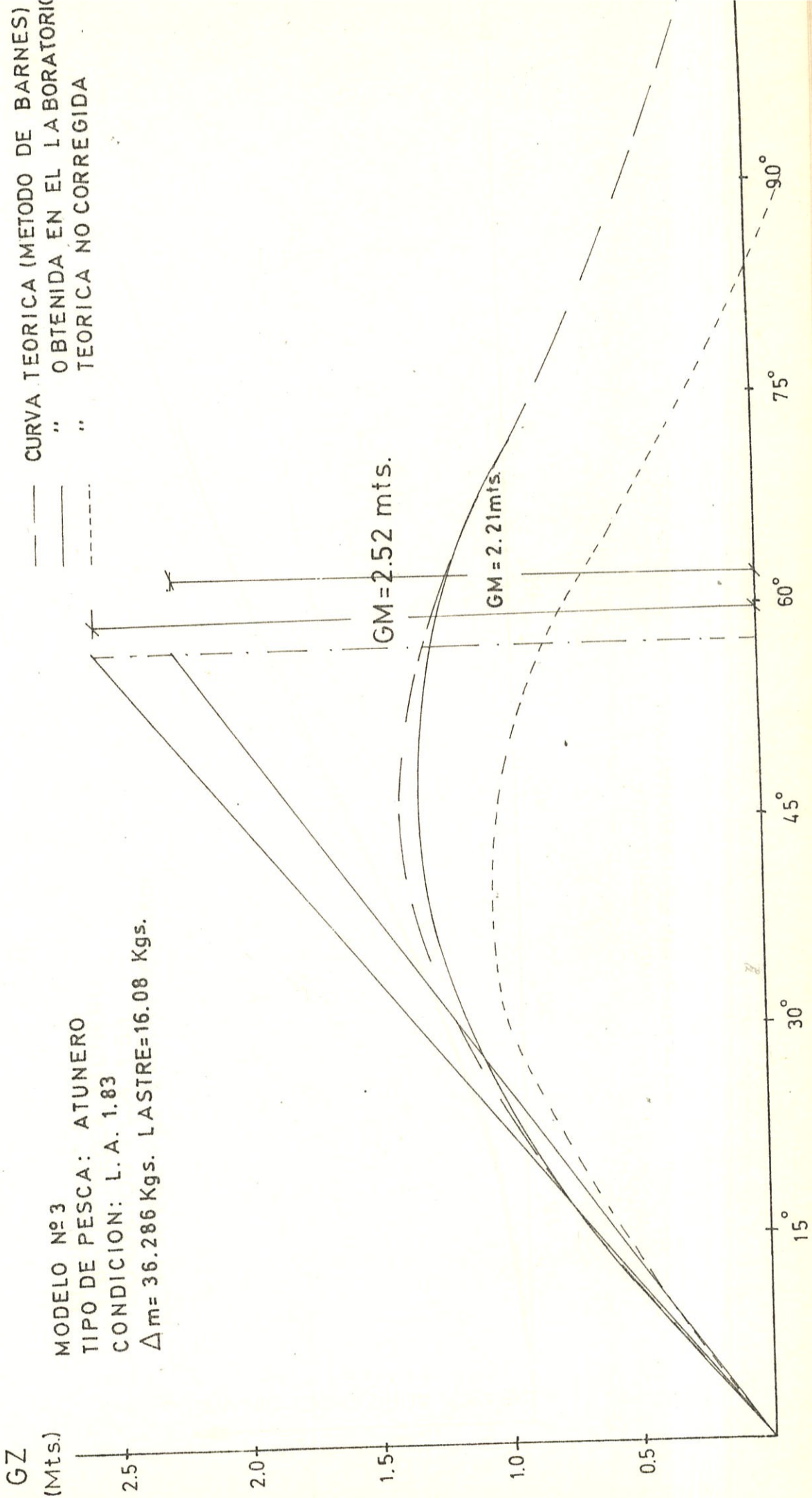


# CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

140

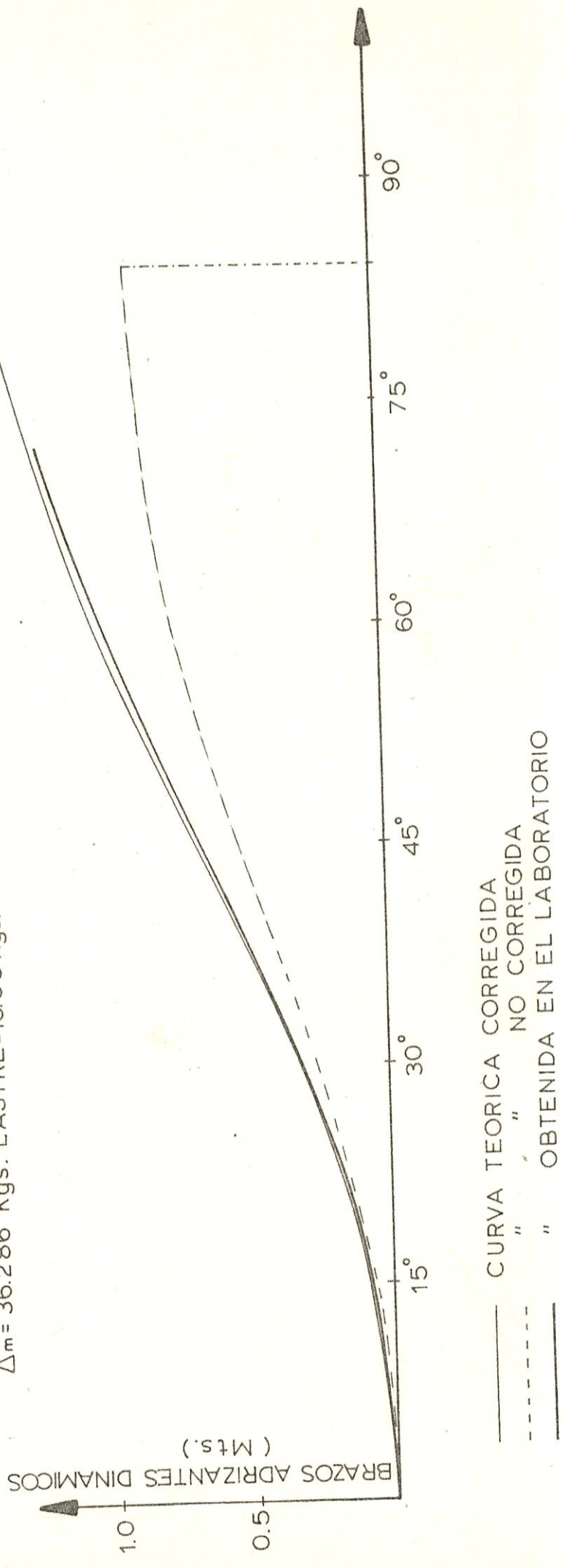
--- CURVA TEORICA (METODO DE BARNES)  
— " " OBTENIDA EN EL LABORATORIO  
- - - " " TEORICA NO CORREGIDA

MODELO Nº 3  
TIPO DE PESCA: ATUNERO  
CONDICION: L.A. 1.83  
 $\Delta m = 36.286$  Kgs. LASTRE=16.08 Kgs.



# CURVA DE ESTABILIDAD DINAMICA

MODELO N° 3  
 TIPO DE PESCA: ATUNERO  
 CONDICION: L. A. 1.83  
 $\Delta_m = 36.286$  Kgs. LASTRE = 16.08 Kgs.

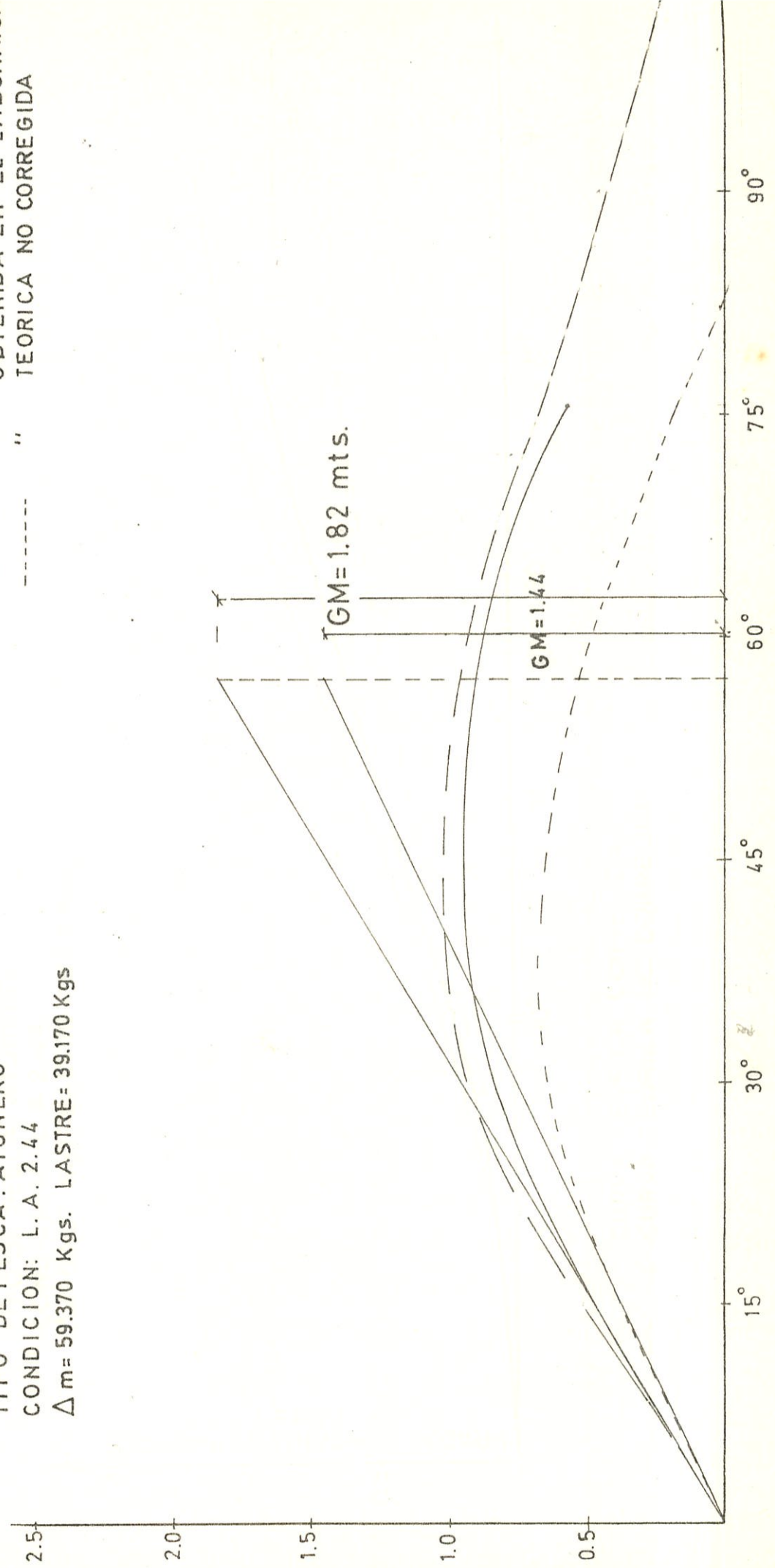


# CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

— CURVA TEORICA (METODO DE BARNES)  
— " " OBTENIDA EN EL LABORATORIO  
- - - - - TEORICA NO CORREGIDA

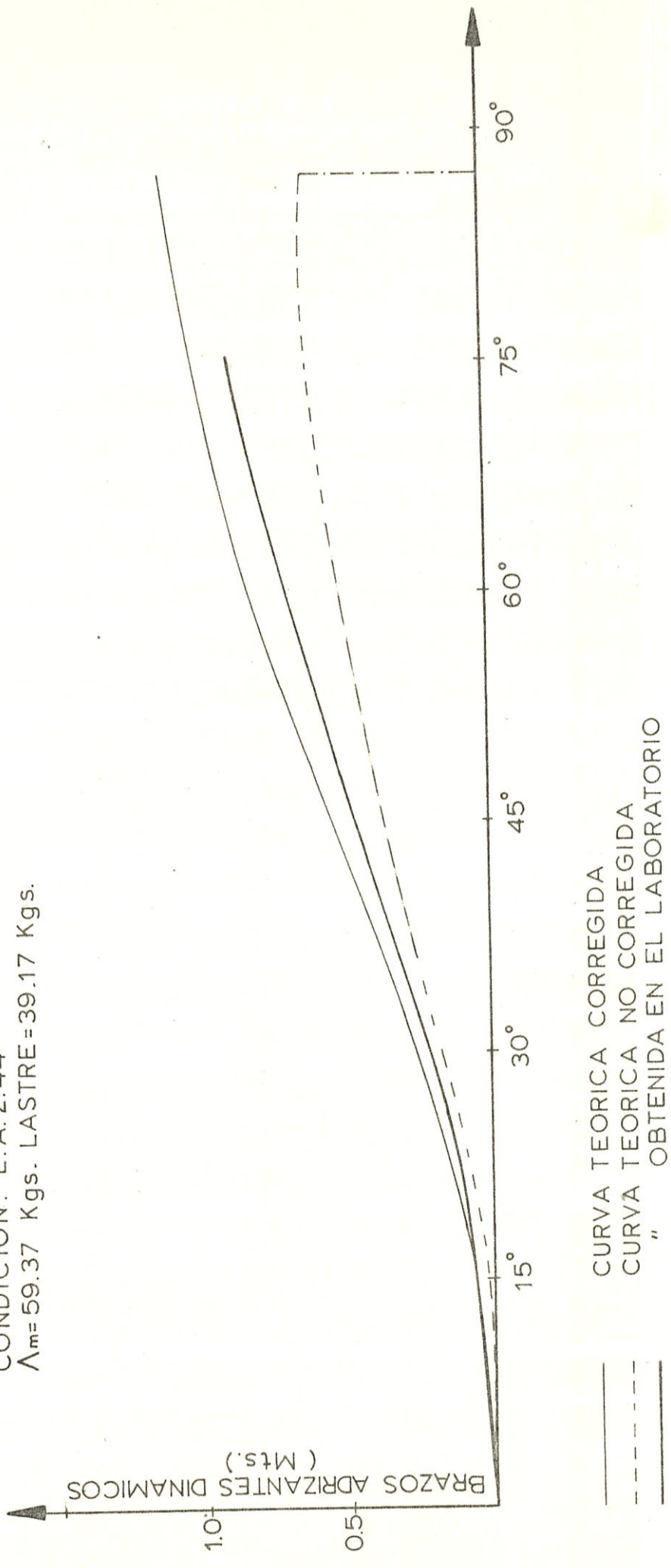
MODELO Nº 3  
TIPO DE PESCA: ATUNERO  
CONDICION: L. A. 2.44  
 $\Delta m = 59.370$  Kgs. LASTRE = 39.170 Kgs

GZ Mts.



# CURVA DE ESTABILIDAD DINAMICA

MODELO N° 3  
TIPO DE PESCA: ATUNERO  
CONDICION: L.A. 2.44  
 $\Lambda_m = 59.37$  Kgs. LASTRE = 39.17 Kgs.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.- El método seguido en el laboratorio, nos permite determinar la posición real del centro de gravedad de la embarcación a través del experimento de inclinación y calcular las curvas de estabilidad estática y dinámica a través de la prueba de estabilidad, operando con modelos construidos a escala para de esta manera conservar la similitud geométrica y obtener resultados prácticos.

Analizando los resultados obtenidos se puede sacar las siguientes conclusiones:

- 1.- A pesar de la similitud geométrica que presentan los modelos con respecto al buque, existe un inconveniente al realizar el experimento de inclinación y prueba de estabilidad cuando se trabaja con modelos pequeños, debido a que los modelos así construïdos son muy inestables y muy sensibles, dificultando las mediciones.
- 2.- De los resultados de la prueba de inclinación de los modelos y pasados al buque se tiene las siguientes condiciones:
  - a.- En el tipo de embarcaciones analizadas, se comprueba que el GM disminuye a medida que se consideran las condiciones de mayor desplazamiento. Esta variación de GM es a causa

de la variación de los parámetros  $w, d, \text{ctg}\theta$  y  $\Delta$ . En nuestro caso el producto  $w \times d$  es constante para todas las condiciones y que en la embarcación este producto no necesariamente debe ser constante, este producto y el valor de la  $\text{ctg}\theta$  ( $\theta < 3^\circ$ ) no producen variación significativa con respecto al cambio de desplazamiento, por ser este de mayor valor, lo cual nos indica que el  $\Delta$  tiene mayor incidencia en el GM.

b.- Los valores de KG aumenta a medida que se consideran condiciones de mayor desplazamiento. Debido a que el KG está directamente asociado con el valor de GM, y porque KM es constante para pequeñas inclinaciones. Por consiguiente la variación de KG es función directa del aumento o disminución de peso.

3.- De los resultados de la prueba de estabilidad con modelos y pasados al buque se tiene que:

a.- Las curvas de estabilidad estática y dinámica obtenida en el laboratorio de estabilidad, y pasadas al buque tienen pequeñas diferencias con las curvas de estabilidad estática y dinámica, corregidas, esas pequeñas diferencias pueden ser a causa de:

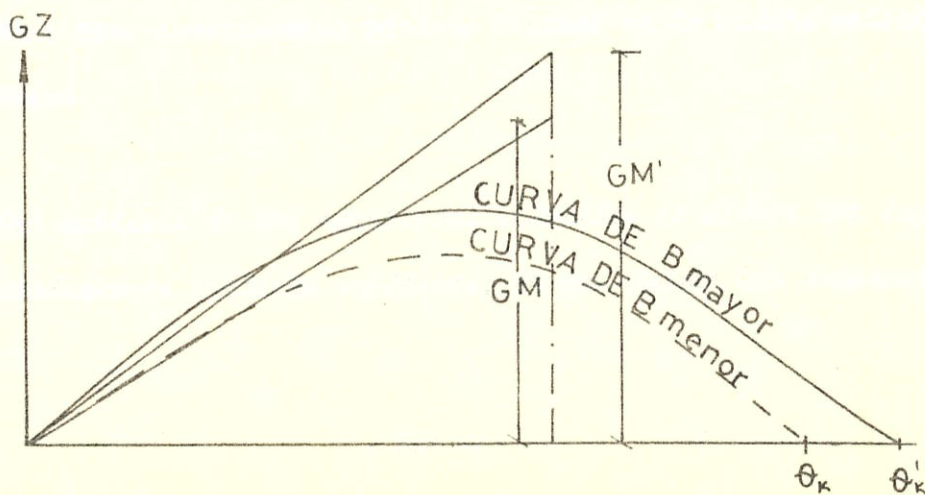
i.- Posible error en los valores del modelo y pasados al buque en:

- Apreciación de las lecturas del ángulo de inclinación.
- Colocación exacta de los pesos de lastre
- Colocación exacta de los pesos en la balanza del dinamómetro.
- Colocación exacta de la burbuja a nivel y el indicador de equilibrio del dinamómetro.

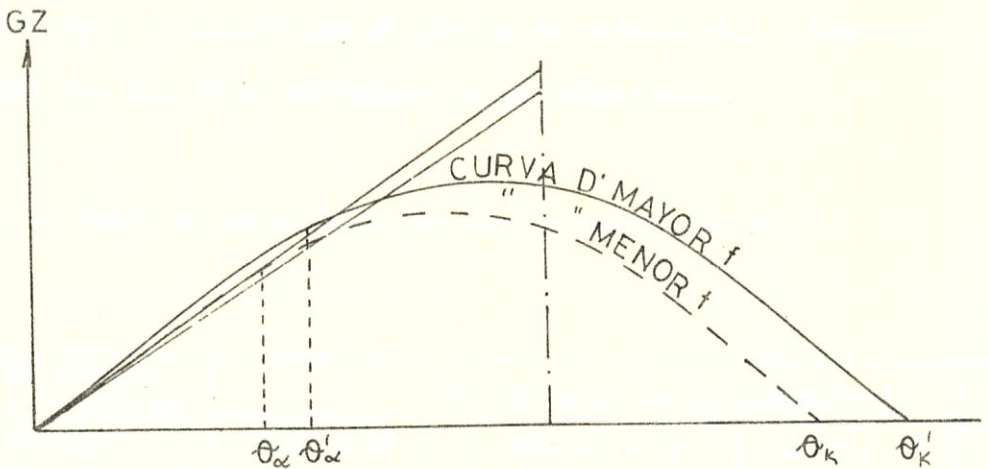
ii.- En la embarcación podría existir error a causa de tomar mediciones del plano, para las diferentes inclinaciones, para proceder al cálculo por el método de Barnes.

iii. Podría existir error a causa de las diferencias entre el modelo y el buque real (escala).

b.- En la prueba de estabilidad se verifica la influencia de la manga en la estabilidad de las embarcaciones, demostrándose que cuanto mayor sea ésta, mayor serán los brazos adrizantes y por lo tanto mayor será su rango de estabilidad, como lo indica la siguiente figura.



c.- Otro de los parámetros importantes que influye en la estabilidad es el valor del francobordo, y que al analizar las curvas de estabilidad estática se comprueba que para una misma embarcación tiene mayor brazo adrizante, mayor ángulo de entrada agua a cubierta y mayor rango de estabilidad, cuanto mayor es el francobordo, como lo indica la siguiente figura.



- 4.- Debe analizarse y corregirse la curva de estabilidad estática por el efecto que produce el movimiento de un peso en la posición del centro de gravedad.
- 5.- Debe analizarse y corregirse la curva de estabilidad estática por el efecto de superficie libre, ya que a consecuencia de ésta se produce elevación virtual del centro de gravedad, que trae como consecuencia pérdida virtual de la altura metacéntrica.
- 6.- Del análisis de los resultados obtenidos se deduce que las condiciones críticas estáticas, en que operan las embarcacio-



nes pesqueras de la flota ecuatoriana, están dentro de las condiciones mínimas establecidas por las regulaciones de Rahola y de la IMCO (Organización Consultiva Marítima Inter-gubernamental) las cuales expondremos a continuación de manera comparativa.

7.- El criterio de Rahola es un método empírico basado en el estudio estadístico de las embarcaciones que tuvieron percances a consecuencias de pérdida de estabilidad. Comparamos con los datos obtenidos en el laboratorio.

i.- Tabla de valores de los brazos adrizantes GZ.

ANGULOS	GZ MINIMO CRITERIO DE RAHOLA	GZ OBTENIDO EN EL LABORATORIO		
		MODELO N° 1	MODELO N° 2	MODELO N° 3
0°	140 mm.	732 mm.	820 mm.	590 mm.
2°	200 mm.	966 mm.	1.146 mm.	830 mm.
3°	200 mm.	1.021 mm.	1.286 mm.	935 mm.

Del cuadro de brazos adrizantes que se presenta anteriormente a manera comparativa notamos que los resultados obtenidos en el laboratorio con modelo de la flota pesquera nacional, son aceptables con respecto a los mínimos brazos adrizantes que recomienda el criterio de Rahola.

ii.- Del criterio de Rahola tenemos que los valores del ángulo de inclinación para que el brazo del par adrizante es máximo no debe ser inferior a  $26^{\circ}$ . Y al comparar con los resultados de los experimentos realizados sobre los modelos de la Flota Pesquera Nacional, tenemos que el ángulo de inclinación para que el brazo del par adrizante es máximo, nos dio valores mayores de  $40^{\circ}$ . Lo que nos indica que son valores aceptables, ya que esto conlleva a aumentar el rango de estabilidad.

8.- El criterio que recomienda la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, aplicada a los buques pesqueros, en cualquier condición de carga exige que deberán satisfacerse los siguientes parámetros de la curva de estabilidad estática. Estos parámetros entrarán en el análisis con lo obtenido en el laboratorio.

a.- El área bajo la curva de brazo adrizante deberá ser:

AREAS DE	AREAS (MIN.) (MTS-RAD) CRITERIO DE I M C O	AREAS (MTS.-RADS.) OBTENIDO EN EL LABORATORIO		
		MODELO N° 1	MODELO N° 2	MODELO N° 3
$0^{\circ}-30^{\circ}$	0.055	0.289	0.305	0.22
$0^{\circ}-40^{\circ}$	0.09	0.468	0.526	0.37
$0^{\circ}-40^{\circ}$	0.03	0.18	0.221	0.15

Al analizar el cuadro de área bajo la curva de brazo adrizante, observamos que las áreas obtenidas - de la curva de estabilidad estática experimental son valores aceptables, respecto a las áreas mínimas que presenta el criterio de IMCO.

b.- El brazo adrizante deberá ser:

LO	GZ (MINIMO) CRITERIO DE I M C O	GZ ( MTS.) OBTENIDO EN EL LABORATORIO		
		MODELO N° 1	MODELO N° 2	MODELO N° 3
	0.20 mts.	1.033	1.329	0.942

Del cuadro de brazo adrizante, tenemos que los resultados de la prueba de estabilidad realizada con modelo de la Flota Pesquera Nacional, son aceptables considerando que estos excede con lo mínimo - establecido por el criterio de IMCO.

c.- El valor del ángulo en que se produce el máximo - brazo adrizante deberá ser:

LO	$\theta$ (MINIMO) CRITERIO DE I M C O	GRADOS OBTENIDO EN EL LABORATORIO		
		MODELO N° 1	MODELO N° 2	MODELO N° 3
RA TIMO	25°	40.125°	50.625°	46.875°

El ángulo para el cual se produce el máximo brazo adrizante para los modelos de la Flota Pesquera Nacional son de mayor valor que el mínimo ángulo (25°) para el cual se produce el máximo brazo adrizante que impone el criterio de IMCO, considerando por consiguiente que son valores aceptables.

d.- La altura metacéntrica deberá ser:

	GM (MINIMO) CRITERIO DE I M C O	GM OBTENIDO EN EL LABORATORIO		
		MODELO N° 1	MODELO N° 2	MODELO N° 3
GM	0.40 mts.	1.835 mts.	2.362 mts.	1.760 mts.

De la tabla anterior tenemos que las alturas metacéntricas obtenidas de la prueba de modelo de la Flota Pesquera Nacional son aceptables con el mínimo GM que impone el criterio de IMCO.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Debido a la importancia que representa el estudio de estabilidad para la seguridad de la embarcación como para su tripulación, es necesario que en los nuevos proyectos para construcciones de embarcaciones pesqueras, se deben efectuar unos estudios de estabilidad sobre modelos en el laboratorio de estabilidad, y este estudio debería ser aprobado por la Dirección de la Marina Mercante y del Litoral, entidad reguladora que vela por el cumplimiento de las normas de seguridad de vida en el mar, siguiendo los postulados de la Organización Intergubernamental SOLAS, de la cual el Ecuador es Miembro desde el año 1969.
- 2.- Es recomendable que después de la botadura de la embarcación y en la condición ligera, es decir, con la máquina principal y accesorio se realice la prueba de inclinación, para comprobar los resultados con los análisis de la prueba de inclinación y estudio de estabilidad efectuadas en el laboratorio.
- 3.- Dentro de las regulaciones nacionales se debe incluir, que todo proyecto para construcción de una embarcación nueva, deberá presentar el "Libro de Estabilidad", el mismo que consta de las siguientes partes:
  - a.- Curvas Hidrostáticas
  - b.- Curvas Cruzadas de Estabilidad
  - c.- Curvas de Estabilidad Estática

- 4.- Los organismos encargados del control de las actividades de pesca deberán legislar en el sentido de tomar en consideración, la importancia que representa la estabilidad de las embarcaciones en la seguridad de pasajeros, tripulantes, cargas y de la propia embarcación.
- 5.- Se debe operar en el laboratorio de estabilidad con modelo que tenga eslora no menor a 1.40 mts. y de manga no menor a 0.564 mts., debido a la imposibilidad de tomar observaciones por la sensibilidad que presentan éstos.
- 6.- Se recomienda que cuando se efectúa la prueba en el laboratorio de estabilidad, se debe fijar: El dinamómetro de estabilidad en el piso, los contra pesos del brazo del dinamómetro, y el modelo al brazo del dinamómetro, para que éstos no tengan movimientos que afecten el desarrollo de la prueba. Además se debe tener mucho cuidado en las lecturas del ángulo de inclinación y en las mediciones de peso que se colocan de lastre y en la balanza del dinamómetro.
- 7.- El capitán de cada embarcación pesquera debe ser provisto de suficiente información, sobre la estiba de la captura, de los pesos de la red y aparejos, lastrado del buque y los peligros que conlleva una mala maniobra durante la faena de pesca. Además se le debe dar al capitán una información suficiente acerca de la estabilidad, para que le sirva de guía en las diferentes condiciones en que opera la embarcación.

- 8.- El capitán de la embarcación en lo posible debe evitar que se trasladen pesos considerables a bordo ya sean éstos horizontales o verticalmente, debido que estos producen pérdida de estabilidad.
- 9.- Evitarse en lo posible mala estiba de carga, ya que esta produce escora, que trae consigo disminución de la altura metacéntrica y pérdida de la estabilidad.
- 10.- Para disminuir o evitar el efecto de superficie libre, se debe tener en la embarcación los tanques de combustible o agua, vacíos o completamente llenos, o efectuar subdivisiones en los tanques paralelas a la línea de crujía, para de esta manera disminuir la pérdida virtual de la altura metacéntrica.
- 11.- Ya que los parámetros obtenidos de la curvas de estabilidad estática, de la experiencia realizada con modelos de la Flota Pesquera Nacional son valores aceptables con respecto a los mínimos valores que recomienda Rahola y la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental aplicada a los buques pesqueros, es necesario que los diseños en un futuro presenten el "Libro de Estabilidad", efectuar el estudio sobre ellos y que los resultados que se obtengan sean cercanos a los obtenidos en este trabajo de estabilidad.
- 12.- Se debe dar la importancia a la altura de francobordo, ya que es un parámetro preponderante en la estabilidad a gran

des ángulos de escora y a su vez es una medida de la reserva de boyantez. No debe limitarse la verificación solamente en el momento del zarpe sino que debe verificarse con las distintas marcas del disco Plinsoll según sea el mar y la época del año.

13.- A los capitanes de embarcaciones pesqueras se recomienda - que deben evitar durante la faena de pesca lo siguiente:

a.- Durante la faena de captura del camarón que se produzcan diferencias de tensiones en los tangones, porque al existir una mayor tensión sobre un tangón en la banda que se encuentra dicho tangón tendrá una escora que trae consigo una disminución de la altura de la línea de flotación a la cubierta y muchas veces inundación - del borde de la cubierta, que trae como consecuencia - pérdida de estabilidad.

b.- Durante la faena de pesca de cerco, tratar en lo posible de evitar excesiva escora producto de recoger la - garetta ya que a consecuencia de esto se produce pérdida de estabilidad.



CUÑA DE INMERSION

θ	f (ord)	f (ord)²	FS	Producto de f(ord)²	VOLUMEN DE LA CUÑA	Sumas de f(ord)³	FS	Producto por los factores	ESTABILIDAD	
									sen θ	Producto
0°	210.4	1797.891	1/2	898.946	CUÑA DE INMERSION 2 ) 2283.826	32793.126	1/2	16396.563	0.966	15839.071
15°	268.45	2769.76	1/2	1384.88	1141.913	26813.277	1/2	18406.639	1.000	18406.63
				2283.826	1 INTERVALO ANGULAR x 0.262					34245.71
					1/3 INTERVALO LONGIT					
					VOLUMEN	730.037				

CUÑA DE EMERSION

15°	210.4	1797.891	1/2	898.946	CUÑA DE EMERSION 2 ) 1419.632						
	268.45	2769.76	1/2	1384.88	709.816						
				520.687	1 INTERVALO ANGUL. x 0.262						
					185.828						
					1/3 " LONGITUDIN. 2.442						
					VOLUMEN	453.793					
					CUNA INMERSION	730.037					
					" EMERSION	453.793					
					VOLUMEN D' REBANADA	276.244					

1 INTERVALO ANGULAR

0.26

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

2.44

÷ 3

21893.65

MOMENTO DE CUNA NO CORREGIDO

7297.88

CORRECCION POR REBANADA

558.28

VOLUMEN DE CARENA

6739.59

$\psi = \frac{6739.596}{2610.68}$

2.58

a. sen θ =  $\frac{2610.68}{4.592} \times 0.259$

1.18

(h-a)sen θ =

1.39

DESPLAZAMIENTO

74.59

MOMENTO

103.90

# CALCULO DE LA CORRECCION POR REBANADA

MODELO: N° 1

COMPLEMENTO AL CUADRO DE RESUMEN PARA INCLINACION	15°
CONDICION :	L.A.5
f (Ord.) : INMERSION	268.45
" : EMERSION	158.88
	427.33
$\frac{1}{3}$ INTERVALO LONGITUDINAL	2.442
AREA	1043.539
f (Ord.) <sup>2</sup> : INMERSION	2769.76
" : EMERSION	1041.373
	1728.387
	÷ 2
	864.194
$\frac{1}{3}$ INTERVALO LONGITUDINAL	2.442
MOMENTO DEL AREA	2108.632
DISTANCIA DEL C.G D' LA FLOTACION =	$\frac{2108.632}{1043.539} =$
	2.021

## CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE LA REBANADA	276.244
ALTURA DE LA REBANADA =	$\frac{276.244}{1043.539} =$
	0.265
ESTABILIDAD ESTATICA : CORRECCION =	$276.244 \times 2.021 =$
	558.289
" DINAMICA : CORRECCION =	$\frac{276.244 \times 0.265}{2} =$
	36.602

CUÑA DE INMERSION

θ	f (ord)	f (ord) <sup>2</sup>	FS	Producto de f(ord) <sup>2</sup>	VOLUMEN DE LA CUÑA	Sumas de f(ord) <sup>3</sup>	FS	Producto por los factores	ESTABILIDAD		ESTAT
									señal	Cuñ	
0°	210.4	1797.891	1	1797.891	CUÑA DE INMERSION 2 ) 15839.364	32793.126	1	32793.126	0.866		28398.84
15°	268.45	2769.76	4	11079.04	7919.682	36813.277	4	147253.108	0.966		142231.77
30°	282.32	2962.433	1	2962.433	8.727x10 <sup>2</sup>	34585.482	1	34585.482	1		34585.48
				15839.364	691.15064						205216.10
					$\frac{1}{3}$ INTERVALO LONGIT	2.442					
					VOLUMEN	1687.7898					

CUÑA DE EMERSION

0°	210.4	1797.891	1	1797.891	CUÑA DE EMERSION 2 ) 6841.821						8.72
15°	158.88	1041.373	4	4165.492	3420.911						17909.20
30°	148.59	878.438	1	878.438	$\frac{1}{3}$ INTERVALO ANGUL. 8.727x10 <sup>2</sup>						2.44
				6841.821	298.523						43734.28
					$\frac{1}{3}$ LONGITUDIN.	2.442					
					VOLUMEN	728.9932					
					CUNA INMERSION	1687.7898					
					" EMERSION	728.9932					
					VOLUMEN D' REBANADA	958.797					

$\frac{1}{3}$  INTERVALO ANGULAR = 8.72  
 $\frac{1}{3}$  INTERVALO LONGITUDINAL = 2.44  
 MOMENTO DE CUÑA NO CORREGIDO = 14578.09  
 CORRECCION POR REBANADA = 2318.37  
 VOLUMEN DE CARENA = 12259.72  
 $\varphi = \frac{12259.725}{2610.688} = 4.69$   
 $a. sen \theta = \frac{2610.685}{4.592} \times 0.5 = 2.29$   
 (h-a)sen θ = 2.4  
 DESPLAZAMIENTO = 74.59  
 MOMENTO = 179.01

# CALCULO DE LA CORRECCION POR REBANADA

MODELO: Nº1

COMPLEMENTO AL CUADRO DE RESUMEN PARA INCLINACION 30°

CONDICION:	<u>L.A. 5</u>
f (Ord.) : INMERSION	<u>282.32</u>
"      : EMERSION	<u>148.59</u>
	<u>430.91</u>

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL	<u>2.442</u>
AREA	<u><u>1052.282</u></u>

f (Ord.) <sup>2</sup> : INMERSION	<u>2962.433</u>
"      : EMERSION	<u>878.438</u>
	<u>2083.995</u>

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL	<u>2.442</u>
MOMENTO DEL AREA	<u><u>2544.558</u></u>

DISTANCIA DEL C.G D' LA FLOTACION =	$\frac{2544.558}{1052.282} =$	<u>2.418</u>
-------------------------------------	-------------------------------	--------------

## CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE LA REBANADA	<u>958.797</u>
------------------------	----------------

ALTURA DE LA REBANADA =	$\frac{958.797}{1052.282} =$	<u>0.911</u>
-------------------------	------------------------------	--------------

ESTABILIDAD ESTATICA : CORRECCION =	$958.797 \times 2.418 =$	<u>2318.371</u>
-------------------------------------	--------------------------	-----------------

"      DINAMICA : CORRECCION =	$\frac{958.797 \times 0.911}{2} =$	<u>436.808</u>
--------------------------------	------------------------------------	----------------

CUÑA DE INMERSION

θ	f (ord)	f (ord) <sup>2</sup>	FS	Producto de f (ord) <sup>2</sup>	VOLUMEN DE LA CUÑA	Sumas de f (ord) <sup>3</sup>	FS	Producto por los factores	ESTABILIDAD ESTATI	
									sen θ	Producto
0°	210.4	1797.891	1	1797.891	CUÑA DE INMERSION 2)	32793.126	1	32793.126	0.707	23184.70
15°	268.45	2769.76	3	8309.28	10450.423	36813.277	3	110439.831	0.866	95640.80
30°	282.32	2962.433	3	8887.299	9.817 x 10 <sup>2</sup>	34585.482	3	103756.446	0.966	100228.71
45°	233.10	1906.375	1	1906.375	1025.970	18423.345	1	18423	1.	18243.30
				20900.845		2.442				237477.71
					1/3 INTERVALO LONGIT					
					VOLUMEN	2505.4189				

CUÑA DE EMERSION

0°	210.4	1797.891	1	1797.891	CUÑA DE EMERSION 2)	8080.658				9.8
15°	158.88	1041.373	3	3124.119		4040.329				23314.30
30°	148.59	878.438	3	2635.314	3/8 INTERVALO ANGUL.	9.817x10 <sup>2</sup>				2.44
45°	110.82	523.334	1	523.334		396.6593				56933.69
				8080.658	1/3	LONGITUDIN.				18977.89
					VOLUMEN	968.642				
					CUNA INMERSION	2505.4189				
					EMERSION	968.642				
					VOLUMEN D' REBANADA	1536.777				

3/8 INTERVALO ANGULAR

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

MOMENTO DE CUNA NO CORREGIDO

CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE CARENA

$\psi = \frac{15887.44}{2610.685}$

a. sen e = 4.592 x 0.707

(h-a)sen e =

DESPLAZAMIENTO

MOMENTO

- 3090.45  
15887.44  
2610.68

74.59  
211.81

# CALCULO DE LA CORRECCION POR REBANADA

MODELO: N° 1

COMPLEMENTO AL CUADRO DE RESUMEN PARA INCLINACION 45°

CONDICION :

f (Ord.) : INMERSION

" : EMERSION

2/8 INTERVALO LONGITUDINAL

AREA

f (Ord.)<sup>2</sup> : INMERSION

" : EMERSION

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

MOMENTO DEL AREA

DISTANCIA DEL C.G D' LA FLOTACION =  $\frac{1688.693}{839.853} =$

## CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE LA REBANADA

ALTURA DE LA REBANADA =  $\frac{1536.777}{839.853} =$

ESTABILIDAD ESTATICA : CORRECCION =  $1536.777 \times 2.011 =$

" DINAMICA : CORRECCION =  $\frac{1536.777 \times 1.7124}{2} =$

L.A. 5

233.10

110.82

343.92

2.442

839.853

1906.375

523.334

÷ 2 1383.041

691.521

2.442

1688.693

2.011

1536.777

1.712

3090.458

1315.788

CUÑA DE INMERSION

θ	f(ord)	f(ord) <sup>2</sup>	FS	Producto de f(ord) <sup>2</sup>	VOLUMEN DE LA CUÑA	Sumas de f(ord) <sup>3</sup>	FS	Producto por los factores	ESTABILIDAD	
									sen θ	Producto
0°	210.4	1797.891	1	210.4	CUÑA DE INMERSION 2)	32793.126	1	32793.126	0.5	16396.56
15°	268.45	2769.76	4	11079.04	13059.771	36813.277	4	147253.108	0.707	104107.92
30°	282.32	2962.433	2	5924.866	8.727x10 <sup>2</sup>	34585.482	2	69170.964	0.866	59902.02
45°	233.1	1906.375	4	7625.5	1139.7262	18423.345	4	73693.38	0.966	71187.80
60°	187.9	1279.735	1	1279.735	2.442	10807.607	1	10807.607	1.	10807.60
				26119.541						262401.92

CUÑA DE EMERSION

0°	210.4	1797.891	1	1797.891	CUÑA DE EMERSION 2)	10253.414				8.72
15°	158.88	1041.373	4	4165.492	5126.702	5126.702				22899.82
30°	148.59	878.438	2	1756.876	8.727x10 <sup>2</sup>	447.4077				2.42
45°	110.82	523.334	4	2093.336						55921.30
60°	104.82	439.819	1	439.819	2.442	2.442			÷3	18640.41
				10253.414						

1/3 INTERVALO ANGULAR

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

MOMENTO DE CUNA NO CORREGIDO

CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE CARENA

$\psi = \frac{16214.8899}{2610.685}$

a. sen θ = 4.592 x 0.866

(h- a) sen θ =

DESPLAZAMIENTO

MOMENTO

# CALCULO DE LA CORRECCION POR REBANADA

MODELO: N° 1

COMPLEMENTO AL CUADRO DE RESUMEN PARA INCLINACION 60°

CONDICION :

L.A.5

f (Ord.) : INMERSION

187.9

" : EMERSION

104.82

292.72

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

2.442

AREA

714.822

f (Ord.)<sup>2</sup> : INMERSION

1279.735

" : EMERSION

439.819

÷ 2

839.916

419.958

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

2.442

MOMENTO DEL AREA

1025.537

DISTANCIA DEL C.G D' LA FLOTACION =  $\frac{1025.537}{714.822} =$

1.434

## CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE LA REBANADA

1690.642

ALTURA DE LA REBANADA =  $\frac{1690.642}{714.822} =$

2.365

ESTABILIDAD ESTATICA : CORRECCION =  $1690.642 \times 1.4346 =$

2425.564

" DINAMICA : CORRECCION =  $\frac{1690.642 \times 2.365}{2} =$

1999.287



CUÑA DE INMERSION

$\theta$	f (ord)	f (ord) <sup>2</sup>	FS	Producto de f(ord) <sup>2</sup>	VOLUMEN DE LA CUÑA	Sumas de f(ord) <sup>3</sup>	FS	Producto por los factores
0°	210.4	1797.891	1/2	898.9455	CUÑA DE INMERSION 2) 10319.454	32793.126	1/2	16396.563
15°	268.45	2769.76	1	2769.760	5159.727	36813.277	1	36813.277
30°	282.32	2962.433	1	2962.433	0.262	34585.482	1	34585.482
45°	233.10	1906.375	1	1906.375	1350.8062	18423.345	1	18423.345
60°	187.9	1279.735	1	1279.735		10807.607	1	10807.607
75°	167.54	1004.411	1/2	502.2058	1/3 INTERVALO LONGIT	8059.532	1/2	4029.766
				10319.454	VOLUMEN			

CUÑA DE EMERSION

0°	210.4	1797.891	1/2	898.9455	CUÑA DE EMERSION 2) 3999.0595	3999.0595		
15°	158.88	1041.373	1	1041.373	1999.5277	1999.5277		
30°	148.59	878.438	1	878.438	0.262	0.262		
45°	110.82	523.334	1	523.334	523.4728	523.4728		
60°	104.82	439.819	1	439.819	2.442	2.442		
75°	101.22	434.300	1/2	217.150	VOLUMEN	1278.3207		
				3999.0595				

1 INTERVALO ANGULAR

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

MOMENTO DE CUÑA NO CORREGIDA

CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE CARENA

$$\psi = \frac{1437.098}{2610.685}$$

$$a. sen \theta = 4.592 \times 0.966$$

$$(h-a)sen \theta =$$

DESPLAZAMIENTO

MOMENTO

CUNA INMERSION 3298.6687

EMERSION 1298.3207

VOLUMEN D' REBANADA 2020.348

ESTABILIDAD  
sen  $\theta$

- 0.259
- 0.501
- 0.866
- 0.966
- 1.

# CALCULO DE LA CORRECCION POR REBANADA

MODELO: Nº 1

COMPLEMENTO AL CUADRO DE RESUMEN PARA INCLINACION 75°

CONDICION :

f (Ord.) : INMERSION

" : EMERSION

L.A.5

167.54

101.22

268.76

x 2.442

656.312

1/2 INTERVALO LONGITUDINAL

AREA

f (Ord.)<sup>2</sup> : INMERSION

" : EMERSION

1004.412

434.300

÷ 2

570.112

285.056

2.442

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

MOMENTO DEL AREA

696.106

$$\text{DISTANCIA DEL C.G D' LA FLOTACION} = \frac{696.106}{656.312} =$$

1.061

## CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE LA REBANADA

2020.348

$$\text{ALTURA DE LA REBANADA} = \frac{2020.348}{656.312} =$$

3.078

$$\text{ESTABILIDAD ESTATICA : CORRECCION} = 2020.348 \times 1.061 =$$

2142.781

$$\text{" DINAMICA : CORRECCION} = \frac{2020.348 \times 3.078}{2} =$$

3109.962

CUÑA DE INMERSION

θ	f (ord)	f (ord) <sup>2</sup>	FS	Producto de f (ord) <sup>2</sup>	VOLUMEN DE LA CUÑA	Sumas de f (ord) <sup>3</sup>	FS	Producto por los factores	ESTABILIDAD ES	
									sen θ	Prod
0°	210.40	1797.891	1	1797.891	CUÑA DE INMERSION 2) 34009.872	32793.126	1	32793.126	0.	0.0
15°	268.45	2769.760	4	11079.040	17004.936	36813.277	4	147253.108	0.259	37991.3
30°	282.32	2962.433	2	5924.866	x8.727x10 <sup>2</sup>	34585.482	2	69170.964	0.5	34585.4
45°	233.10	1906.375	4	7625.500	1483.961	18423.345	4	73693.380	0.707	52101.1
60°	187.90	1279.735	2	2559.470		10807.607	2	21615.060	0.866	18718.6
75°	167.54	1004.412	4	4017.646	2.442	8059.532	4	32238.128	0.966	31142.6
90°	169.56	1005.459	1	1005.459		8057.766	1	8057.766	1.000	8057.7
				34009.872						182596.
					VOLUMEN	3623.831				

CUÑA DE EMERSION

0°	210.40	1797.891	1	1797.891	CUÑA DE EMERSION 2) 12887.123	1/3 INTERVALO ANGULAR	8.			
15°	158.88	1041.373	4	4165.492	6443.562	1/3 INTERVALO LONGITUDINAL	2.			15934.
30°	148.59	878.438	2	1756.876	8.727x10 <sup>2</sup>					
45°	110.82	523.334	4	2093.336	562.307					38912.
60°	104.82	439.819	2	879.638	2.442					
75°	101.22	434.300	4	1737.200						
90°	107.90	456.690	1	456.690						
				12887.123						
					VOLUMEN	1373.153				
					CUNA INMERSION	3623.831				
					" EMERSION	1373.153				
					VOLUMEN D' REBANADA	2250.678				

MOMENTO DE CUNA NO CORREGIDO 12970.  
 CORRECCION POR REBANADA 2225.  
 VOLUMEN DE CARENA 10745.  
 2610.  
 $\psi = \frac{10745.024}{2610.685}$   
 a. sen θ = 4.  
 (h-a) sen θ = -0.  
 DESPLAZAMIENTO 74  
 MOMENTO 35

# CALCULO DE LA CORRECCION POR REBANADA

MODELO: N° 1

COMPLEMENTO AL CUADRO DE RESUMEN PARA INCLINACION 90°

CONDICION :	<u>L.A. 5</u>
f (Ord.) : INMERSION	<u>169.56</u>
" : EMERSION	<u>107.90</u>
	<u>277.46</u>

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL	<u>2.442</u>
AREA	<u>677.557</u>

f (Ord.) <sup>2</sup> : INMERSION	<u>1005.459</u>
" : EMERSION	<u>456.690</u>

÷ 2

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL	<u>274.384</u>
MOMENTO DEL AREA	<u>2.442</u>
	<u>670.047</u>

DISTANCIA DEL C.G D' LA FLOTACION =  $\frac{670.047}{677.557} =$  0.989

## CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE LA REBANADA 2250.678

ALTURA DE LA REBANADA =  $\frac{2250.678}{677.557} =$  3.322

ESTABILIDAD ESTATICA : CORRECCION =  $2250.678 \times 0.989 =$  2225.695

" DINAMICA : CORRECCION =  $\frac{2250.678 \times 3.322}{2} =$  3738.37

CUÑA DE INMERSION

θ	f (ord)	f (ord) <sup>2</sup>	FS	Producto de f(ord) <sup>2</sup>	VOLUMEN DE LA CUÑA	Sumas de f(ord) <sup>3</sup>	FS	Producto por los factores	ESTABILIDAD	
									sen θ	Pro
0°	210.4	1797.891	1/2	898.946	CUÑA DE INMERSION 2) 12328.326	32793.126	1/2	16396.563	-0.259	-424
15°	268.45	2769.76	1	2769.760	6164.163	36813.277	1	36813.277	0.	895
30°	282.32	2962.433	1	2962.433	0.262	34585.482	1	34585.482	0.259	921
45°	233.1	1906.375	1	1906.375	1613.716	18423.345	1	18423.345	0.5	764
60°	187.9	1279.735	1	1279.735		10807.607	1	10807.607	0.707	697
75°	167.54	1004.412	1	1004.412	2.442	8059.532	1	8059.532	0.866	778
90°	169.56	1004.459	1	1004.459		8057.766	1	8057.766	0.966	402
105°	167.54	1004.412	1/2	502.206		8059.532	1/2	4029.766	1.	4035
				1232.326	VOLUMEN	3940.695				

CUÑA DE EMERSION

0°	210.4	1797.891	1/2	898.946	CUÑA DE EMERSION 2) 4890.050			1 INTERVALO ANGULAR	1057
15°	158.88	1041.373	1	1041.373	2445.025				
30°	148.59	878.438	1	878.438	0.262			1/3 INTERVALO LONGITUDINAL	2582
45°	110.82	523.334	1	523.334	640.083				÷3
60°	104.82	439.819	1	439.819	2.442			MOMENTO DE CUÑA NO CORREGIDO	860
75°	101.22	434.3	1	434.300				CORRECCION POR REBANADA	252
90°	107.9	456.69	1	456.690				VOLUMEN DE CARENA	608
105°	101.22	434.3	1/2	217.150				ψ = $\frac{6084.145}{2610.685}$	261
				4890.050	VOLUMEN	1563.083		a. sen θ = 4.592 x 0.966	
					CUNA INMERSION	3940.695		(h-a)sen θ =	
					" EMERSION	1563.083		DESPLAZAMIENTO	7
					VOLUMEN D' REBANADA	2377.612		MOMENTO	-15

# CALCULO DE LA CORRECCION POR REBANADA

MODELO: N° 1

COMPLEMENTO AL CUADRO DE RESUMEN PARA INCLINACION  $105^\circ$

CONDICION :

L.A.5

f (Ord.) : INMERSION

167.54

" : EMERSION

101.22

268.76

1/2 INTERVALO LONGITUDINAL

2.442

AREA

656.312

f (Ord.)<sup>2</sup> : INMERSION

1004.412

" : EMERSION

434.300

÷ 2

570.112

285.056

1/3 INTERVALO LONGITUDINAL

2.442

MOMENTO DEL AREA

696.108

DISTANCIA DEL C.G D' LA FLOTACION =  $\frac{696.108}{656.312} =$

1.061

## CORRECCION POR REBANADA

VOLUMEN DE LA REBANADA

2377.612

ALTURA DE LA REBANADA =  $\frac{2377.612}{656.312} =$

3.639

ESTABILIDAD ESTATICA : CORRECCION =  $2377.612 \times 1.061 =$

2522.646

" DINAMICA : CORRECCION =  $\frac{2377.612 \times 3.639}{2} =$

4326.065

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Elemento de Arquitectura Naval  
"Antonio Mandelli". Argentina 1960
- 2.- Teoría del Buque y sus Aplicaciones  
"G. Godino". 1958
- 3.- Principios de Arquitectura Naval  
"Society of Naval Architects and Marine Engineers". 1967
- 4.- Statics and Dynamics of the Ship  
"Semyonov - Tyan - Shansky"
- 5.- Notes and Examples in Naval Architecture  
"Munro & Smith". 1965
- 6.- Teoría del Buque  
"Baldomero García - Doncel Rodríguez". Cádiz 1972
- 7.- Apuntes de Teoría del Buque  
"José Antonio Alaez"
- 8.- Apuntes de Arquitectura Naval II  
"Bolívar Vaca Romo". Guayaquil 1976
- 9.- Proyectos de Buques. Tomo II  
"Andres Luna Maglioli"

10.- Algunos Aspectos de la Propulsión y Estabilidad de los Buques  
Pesqueros.

"Mario F.C. Santarelli". Buenos Aires

11.- Comportamiento en la Mar de Buques Pesqueros

"Pacual O' Dogherty". Madrid, Abril 1974