



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

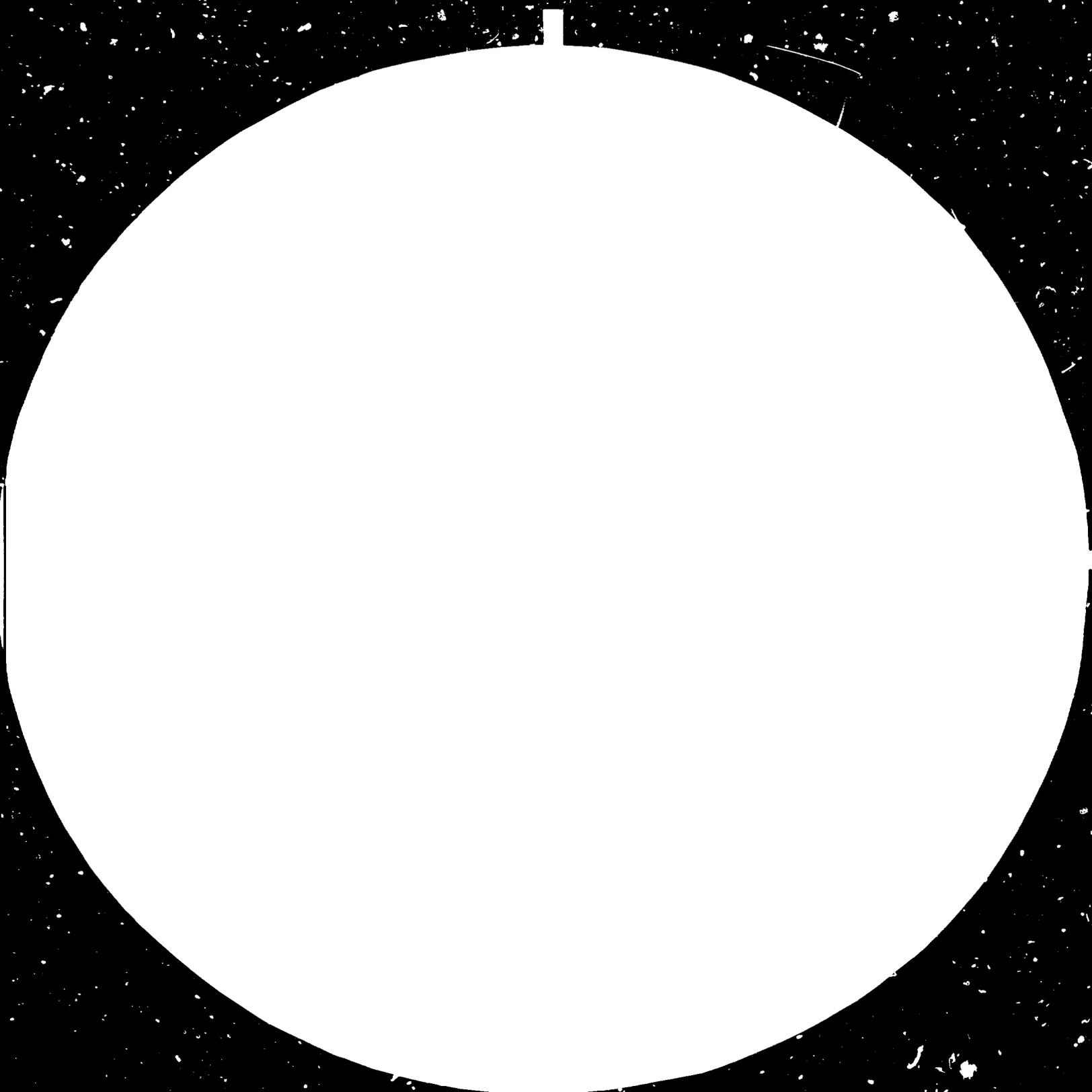
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

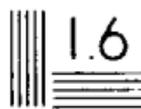
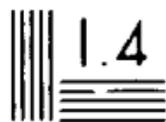
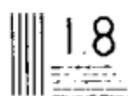
Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





2.5





12177



Distr.  
LIMITADA

ID/WG.375/24  
10 enero 1983

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

ESPAÑOL

Reunión de expertos sobre el desarrollo de  
construcciones y reparaciones navales en  
pequeña escala para países de América Latina

La Habana (Cuba), 9-12 noviembre 1982

ANALISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS DE ESTABILIDAD EN EM-  
BARCACIONES PESQUERAS CUBANAS DE  
PEQUEÑO PORTE\*

preparado por

Nelson Hernandez Gallo\*\*

Luis Marin Alfonso\*\*

\* Las opiniones que los autores expresan en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

\*\* Ingeniero naval.

INDICE

- 1.- Introducción
- 2.- Breve esbozo del desarrollo de embarcaciones pesqueras en el país.
- 3.- Aspectos preliminares de la estabilidad. Curvas de brazos KN.
- 4.- Criterios de estabilidad aplicados.
- 5.- Gráficos de posiciones críticas del centro de gravedad de embarcaciones. Influencia de las superficies libres de los líquidos y del asiento.
- 6.- Criterios del tiempo en el análisis de la estabilidad
- 7.- Comportamiento de las embarcaciones pesqueras desde el punto de vista de su estabilidad, según criterios expuestos en la IV Sesión de la O.C.M.I.
- 8.- Conclusiones
- 9.- Bibliografía

1.- INTRODUCCION

En el empeño de lograr que las embarcaciones pesqueras de pequeño porte, diseñadas y construidas en nuestro país, posean una estabilidad que esté acorde con los requisitos exigidos por los Registros y Organizaciones Internacionales, tales como el Registro de la URSS y la Organización Consultiva Marítima Internacional (O.C.M.I) que se aplican en nuestro país, se lleva a cabo un análisis en el que se abordan diferentes aspectos, relacionados con el comportamiento de la estabilidad de éste tipo de embarcaciones, tomando como base para ello, los gráficos de posiciones críticas del centro de gravedad de las mismas, así como los gráficos del Proyecto de criterios de estabilidad suficiente, que se basan en los materiales expuestos en la IV Sesión del Grupo de Trabajo de la O.C.M.I sobre los barcos de pesca.

2.- BREVE ESBOZO DEL DESARROLLO DE EMBARCACIONES PESQUERAS EN EL PAIS

A partir del Triunfo de la Revolución, nuestra flota pesquera se ha ido incrementando con diferentes tipos de embarcaciones producidas en el país.

Inicialmente, se comenzaron a construir diversos tipos tipos de embarcaciones de madera, con las cuales se inicio la explotación de nuestros recursos pesqueros.

A finales de la década del 60, se iniciaba una nueva etapa de desarrollo en el campo de la Construcción Naval con la fabricación de las primeras embarcaciones en acero y ferrocemento, surgiendo posteriormente, las primeras construcciones en plástico. Con éstos materiales, fueron construidos diversos tipos de embarcaciones, contándose en la actualidad con embarcaciones de ferrocemento langosteras, escameras, palan/reras y camarónicas de esloras entre 10 y 20 m., embarcaciones boniteras y camarónicas de 18 y 23 m. de eslora respectivamente, así como embarcaciones plásticas de diversos usos de hasta 7 m. de eslora. En la actualidad, se avanza en la proyección y construcción de embarcaciones de ferrocemento y acero más especializadas y de mayor eslora.

### 3.- ASPECTOS PRELIMINARES DE LA ESTABILIDAD. CURVAS DE BRAZOS KN.

Un aspecto de suma importancia que ha sido tomado en cuenta a lo largo de todo el trayecto que va, desde la proyección hasta la explotación de estas embarcaciones, es el referente a la seguridad de las mismas y de sus tripulantes, en las diferentes condiciones de operación, lo cual es garantía de un adecuado funcionamiento durante la navegación. La medida de lo anterior está dada por la estabilidad, cuyas exigencias, para nuestras embarcaciones pesqueras, analizamos en este trabajo.

Uno de los parámetros fundamentales para la determinación de la estabilidad, lo constituye el brazo de adrizamiento o brazo de estabilidad estática que denominamos GZ. Para su determinación, en las fases iniciales del proyecto se acomete, conjuntamente con los cálculos hidrostáticos, el cálculo de los brazos KN a partir de los cuales obtenemos dichos brazos de adrizamiento. En la Fig.1 se muestra un esquema con la posición de los brazos KN cuyos valores, para distintos ángulos de escora y volúmenes de carena de la embarcación, se grafican. Como se puede apreciar, los valores de los brazos KN van disminuyendo a medida que aumenta el desplazamiento volumétrico de la embarcación. En embarcaciones pequeñas, resulta notable la disminución del valor de dichos brazos con el aumento del volumen de la carena y por ende, del calado de la embarcación, al pasar de un estado de carga determinado a otro.

En la Fig.2, se muestra un gráfico con la disminución de los brazos KN para distintos ángulos de inclinación, de una embarcación de pequeño porte al aumentar su desplazamiento volumétrico en 5 tons.

Conocido el centro de gravedad  $\overline{KG}$  de la embarcación a través de los cálculos preliminares de peso o ya posteriormente, con la embarcación construida, a través del experimento de inclinación, se determina su brazo de adrizamiento que viene dado por  $GZ = KN - KG \text{ sen } \varphi$ .

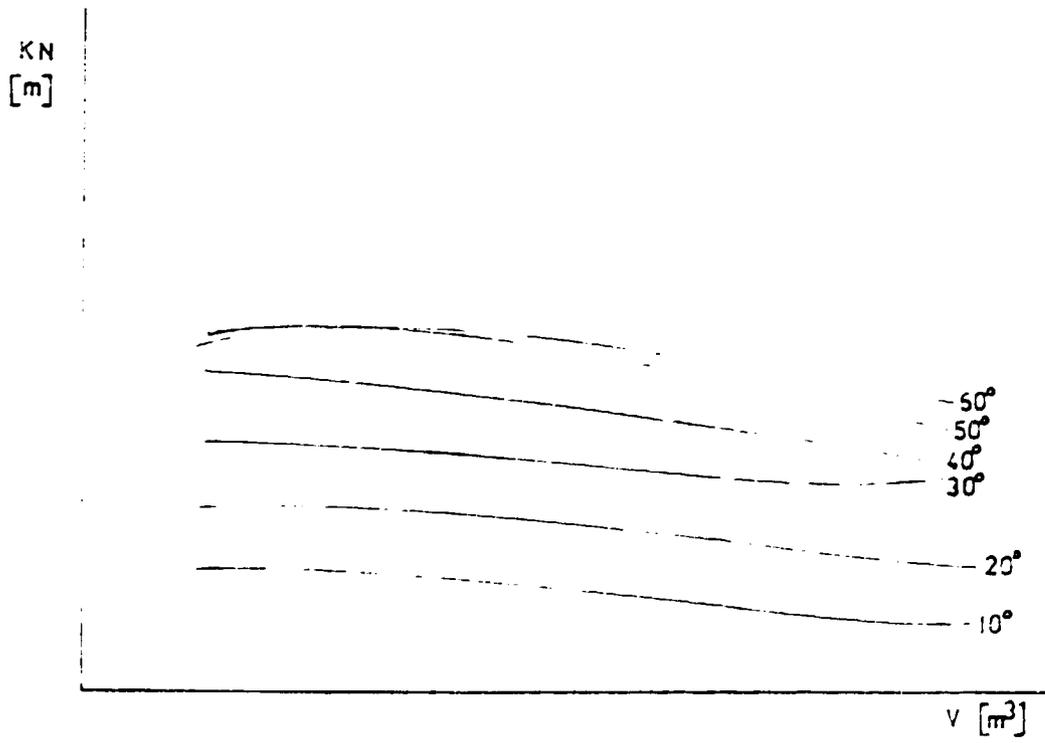
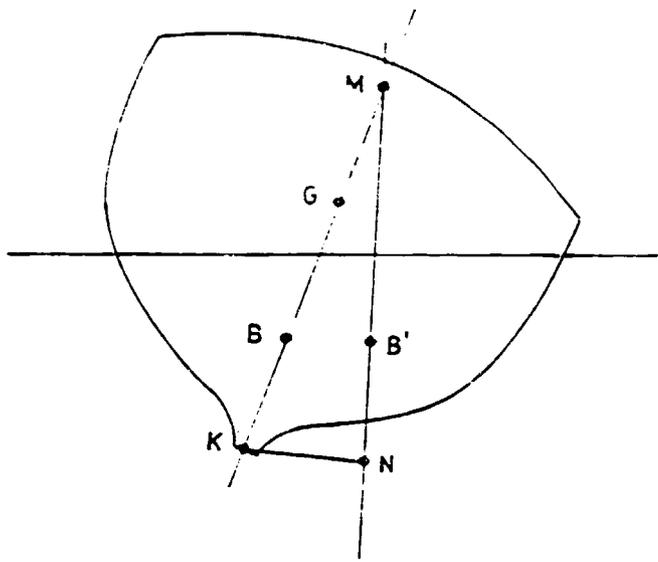


GRAFICO DE LAS CURVAS DE VALORES DE KN.

FIG. I

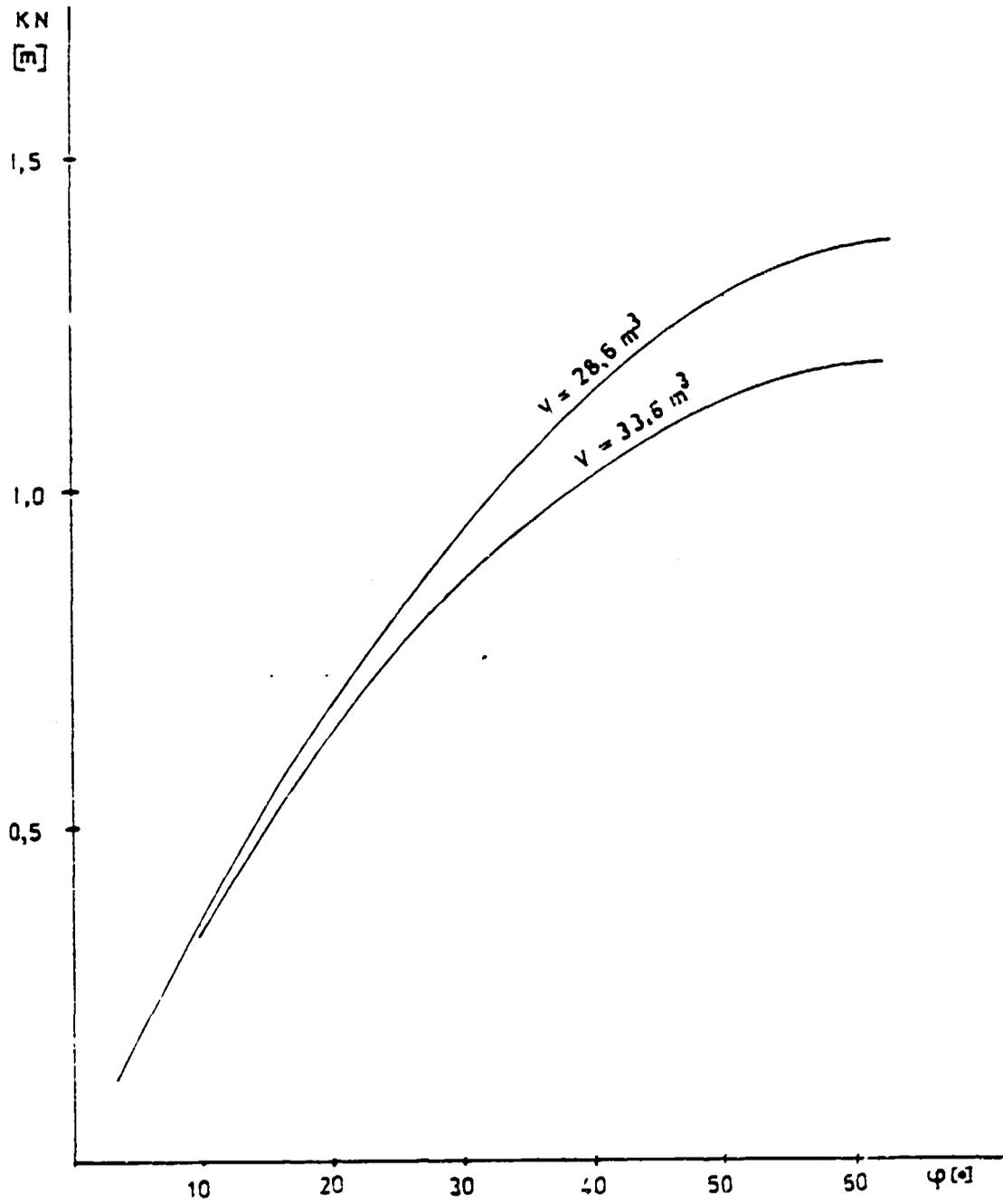
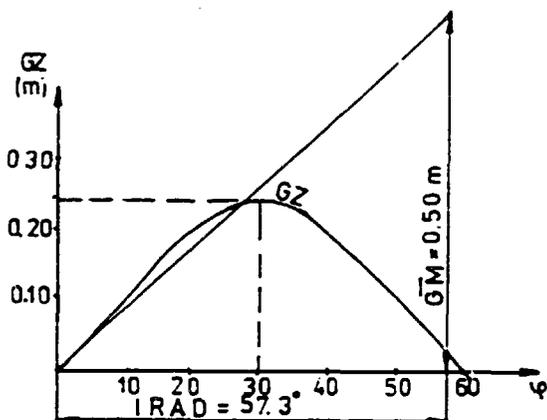


GRAFICO DE DISMINUCION DE LOS BRAZOS KN  
CON EL AUMENTO DEL VOLUMEN DE CARENA.

FIG. 2

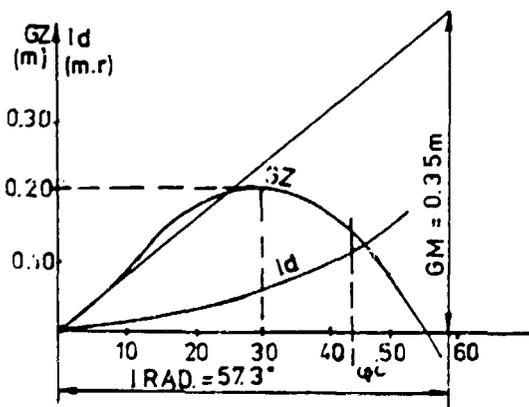
4.- CRITERIOS DE ESTABILIDAD APLICADOS

El alcance de la curva de brazos de adrizamiento GZ en el digrama de Reed has ta un ángulo de escora  $\varphi \geq 60^\circ$ , un valor igual o mayor a 0,25 m para dicho bra zo ( $GZ \geq 0,25$  m) para un ángulo de escora  $\varphi \geq 30^\circ$  y adicionalmente, como medida de la estabilidad inicial, un valor igual o mayor a 0,50 m para la altura metacéntrica, que está dada por  $\overline{GM} = KG_t - \overline{KG}$ , donde  $KM_t$  es la altura del meta-centro transversal de la embarcación, constituyen los tres criterios los que conjuntamente con el del tiempo sobre el que hablaremos más adelante, están establecidos por el Registro de la URSS y a través de los cuales, analizamos la estabilidad para embarcaciones de eslora  $L \leq 20$  m.



Para otras embarcaciones, específicamente las de eslora  $L \geq 24$  m., se emplean también los criterios de la Organización Consultativa Marítima Internacional (O.C.M.I) los que establecen que, el brazo de adrizamiento GZ para un ángulo de inclinación igual o mayor que  $30^\circ$  debe ser igual o mayor que 0,20m., que el brazo de adrizamiento máximo (GZ máx.) debe hallarse en un ángulo de inclinación mayor o igual que  $30^\circ$ , pero no en un ángulo menor de  $25^\circ$  y que la altura metacéntrica inicial  $\overline{GM}_0$ , no debe ser menor que 0,35 m. La O.C.M.I además establece los siguientes criterios dinámicos:

- El área bajo la curva del brazo de adrizamiento no debe ser menor que 0,055 m.r hasta un ángulo de inclinación  $\varphi = 30^\circ$  y no menor que 0,09 m.r hasta un ángulo de inclinación  $\varphi = 40^\circ$  o el ángulo de inundación  $\varphi_i$ , si este es menor que  $40^\circ$ . Adicionalmente el área bajo la curva de brazo de adrizamiento entre los ángulos de inclinación  $\varphi = 30^\circ$  y  $\varphi = 40^\circ$  ó  $\varphi_i$  si este es menor de  $40^\circ$ , no debe ser menor que 0,03 m.r.



5.- GRAFICOS DE POSICIONES CRITICAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS EMBARCACIONES. INFLUENCIA DE LAS SUPERFICIES LIBRES DE LOS LIQUIDOS Y DEL ASIEN-  
TO.

Basado en los criterios anteriormente expuestos, se elaboran los gráficos de posiciones críticas del centro de gravedad para los diferentes tipos de embarcaciones. Estos gráficos, constituyen un valioso elemento para analizar la estabilidad de las embarcaciones, tanto en la fase de proyecto como durante la explotación de la misma. A continuación, se expone el procedimiento mediante el cual, son obtenidos los valores de alturas de centro de gravedad críticos establecidos por el Registro de la URSS y la O.C.M.I.

- KG crit. según el criterio de altura metacéntrica  $\overline{GM} \geq 0,50$  m.

$$KG = KM_t - \overline{GM} \quad KG \text{ crit} = KM_t - 0,50$$

donde  $KM_t$  es el valor de la altura del metacentro transversal.

- KG crit. según el criterio de brazo de adrizamiento  $GZ \geq 0,25$  m. para  $\varphi \geq 30^\circ$ .

$$GZ = KN - KG \text{sen} \varphi$$

$$GZ - KN = -KG \text{sen} \varphi \quad KN - GZ = KG \text{sen} \varphi$$

$$KG = \frac{KN - GZ}{\text{sen } 30^\circ} \quad KG \text{ crit.} = \frac{KN - 0,25}{0,500}$$

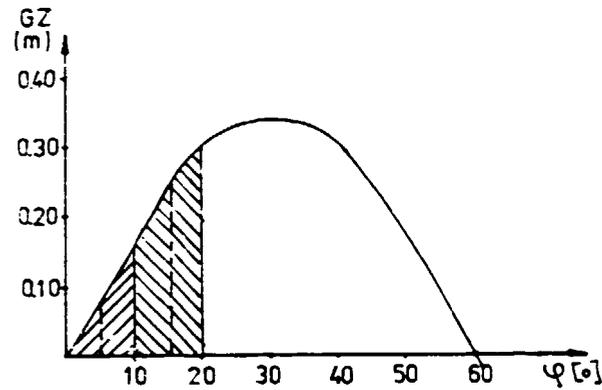
- KG crit. según el criterio de alcance de la curva de estabilidad estática hasta  $\varphi \geq 60^\circ$ .

$$0 = EN - KG \text{sen} \varphi \quad -KN = -KG \text{sen} \varphi$$

$$KG = \frac{KN}{\text{sen } 60^\circ} \quad KG \text{ crit.} = \frac{KN}{0,866}$$

Para el caso de las posiciones críticas del centro de gravedad según los criterios de la O.C.M.I. para los valores de altura metacéntrica y brazo de adrizamiento mínimos, se procede igual que el caso anterior, tomando en este caso,  $\overline{GM} \geq 0,35$  m y  $GZ \geq 0,20$  m. Para la determinación de KG crit. partiendo de los criterios dinámicos se procede de la forma siguiente:

Los brazos dinámicos de estabilidad están determinados por el área bajo la curva de brazos de adrizamiento GZ, de ahí que  $ld = \int_0^\varphi GZ d\varphi$



Empleamos el método de los trapecios para integrar la curva de 10 en 10 grados y utilizamos una pequeña tabla para la obtención de los brazos dinámicos que están dados por  $\sum GZ \cdot 0,0873$ , donde 0,0873 es el valor en radianes de  $5^\circ$ .

$\varphi$	10	20	30
GZ	$GZ_{10^\circ}$	$GZ_{20^\circ}$	$GZ_{30^\circ}$
$\sum GZ$	$\sum GZ_{10^\circ}$	$\sum GZ_{20^\circ}$	$\sum GZ_{30^\circ}$

El KG crit. para el criterio  $ld \geq 0,055$  m.r en  $\varphi = 30^\circ$  se obtiene de la forma siguiente:

$$\text{para } 10^\circ \quad \sum GZ_{10^\circ} = GZ_{10^\circ}$$

$$\text{para } 20^\circ \quad \sum GZ_{20^\circ} = \sum GZ_{10^\circ} + GZ_{10^\circ} + GZ_{20^\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{para } 30^\circ \quad \sum GZ_{30^\circ} &= \sum GZ_{20^\circ} + GZ_{20^\circ} + GZ_{30^\circ} \\ &= GZ_{10^\circ} + GZ_{10^\circ} + GZ_{20^\circ} + GZ_{20^\circ} + GZ_{30^\circ} \\ &= 2GZ_{10^\circ} + 2GZ_{20^\circ} + GZ_{30^\circ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum GZ_{30^\circ} &= 2(KN_{10^\circ} - KG \text{ sen } 10^\circ) + 2(KN_{20^\circ} - KG \text{ sen } 20^\circ) + KN_{30^\circ} - KG \text{ sen } 30^\circ \\ &= 2KN_{10^\circ} - 2KG \text{ sen } 10^\circ + 2KN_{20^\circ} - 2KG \text{ sen } 20^\circ + KN_{30^\circ} - KG \text{ sen } 30^\circ \\ &= 2KN_{10^\circ} - KG \text{ 2sen } 10^\circ + 2KN_{20^\circ} - KG \text{ 2sen } 20^\circ + KN_{30^\circ} - KG \text{ sen } 30^\circ \end{aligned}$$

Sabiendo que  $ld_{30^\circ} = \sum GZ_{30^\circ} \cdot 0,0873$  tendremos:

$$0,055 = \sum GZ_{30^\circ} \cdot 0,0873$$

$$\text{de donde } \sum GZ_{30^\circ} = \frac{0,055}{0,0873} = 0,63$$

$$\begin{aligned} 0,63 &= 2KN_{10^\circ} + 2KN_{20^\circ} + KN_{30^\circ} - KG \cdot 2\text{sen}10^\circ - KG \cdot 2\text{sen}20^\circ - KG\text{sen}30^\circ \\ &= 2KN_{10^\circ} + 2KN_{20^\circ} + KN_{30^\circ} - KG \cdot 2 \cdot 0,174 - KG \cdot 2 \cdot 0,342 - KG \cdot 0,500 \end{aligned}$$

$$0,63 - 2KN_{10^\circ} - 2KN_{20^\circ} + KN_{30^\circ} = -KG \cdot 0,348 - KG \cdot 0,684 - KG \cdot 0,500$$

$$0,63 - 2KN_{10^\circ} - 2KN_{20^\circ} + KN_{30^\circ} = -KG (0,348 + 0,684 + 0,500)$$

$$\frac{0,63 - 2KN_{10^\circ} - 2KN_{20^\circ} + KN_{30^\circ}}{0,348 + 0,684 + 0,500} = -KG$$

$$KG \text{ crit.} = \frac{2KN_{10^\circ} + 2KN_{20^\circ} + KN_{30^\circ} - 0,63}{1,532}$$

Para los criterios que establecen que, el área bajo la curva de brazo de adrizamiento no debe ser menor que 0,09 m.r en  $\varphi = 40^\circ$  y que dicha área, comprendida entre los ángulos de inclinación  $\varphi = 30^\circ$  y  $\varphi = 40^\circ$ , no debe ser menor que 0,03 m.r, se procede en forma similar a la anterior obteniéndose  $KG_{crit} = \frac{2KN_{10^\circ} + 2KN_{20^\circ} + 2KN_{30^\circ} + KN_{40^\circ}}{2,674} - 1,03$  y  $KG_{crit.} = \frac{KN_{40^\circ} + KN_{30^\circ}}{1,143} - 0,334$

respectivamente, teniendo en cuenta que ambos son aplicables, para el caso en que el ángulo de inundación sea mayor o igual que  $40^\circ$ .

La Fig. 4 nos muestra el gráfico de posiciones críticas del centro de gravedad, según los criterios del Registro de la URSS., de una embarcación palanquera de 18 m. de eslora construida en ferrocemento, en el cual se analizan los cuatro estados de carga de la misma, pudiéndose observar que los centros de gravedad de la embarcación, para dichos estados, se encuentran por debajo del límite que establece la curva 3 referente al alcance de la curva de brazos de adrizamiento hasta un ángulo  $\varphi \geq 60^\circ$ . De ello podemos inferir, que la embarcación cumple los mencionados criterios.

En la Fig. 5 se muestra un ejemplo similar, pero en este caso, el gráfico ha sido elaborado según los criterios de la O.C.M.I para una embarcación palanquera de 25 m. de eslora. Al igual que el anterior se observa que la embarcación cumplirá con esas exigencias, al encontrarse sus centro de gravedad por debajo de los límites que determinan dichos criterios.

La influencia que puede ejercer en un momento determinado la superficie libre de los líquidos contenidos en los tanques, resulta muy pequeña en éstos tipos de embarcaciones y en la mayoría de los casos, la misma no se calcula, debido a que las dimensiones de los tanques son muy pequeñas. Aun así, éste efecto pudiera considerarse en un momento determinado en los gráficos. Igualmente, el asiento que pudiera presentar la embarcación, principalmente si es hacia proa, pudiera también influir en el análisis de la estabilidad a través de los gráficos, pero se ha comprobado que, para los diferentes estados de carga de nuestras embarcaciones de pequeño porte, el asiento es de poca magnitud y su efecto puede considerarse despreciable.

GRAFICO DE POSICIONES CRITICAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD  
SEGUN CRITERIOS DEL REGISTRO DE LA URSS PARA BARCOS  
MENORES DE 20 m

EMBARCACION PALANGRERA DE  
FERROCEMENTO DE 18 m

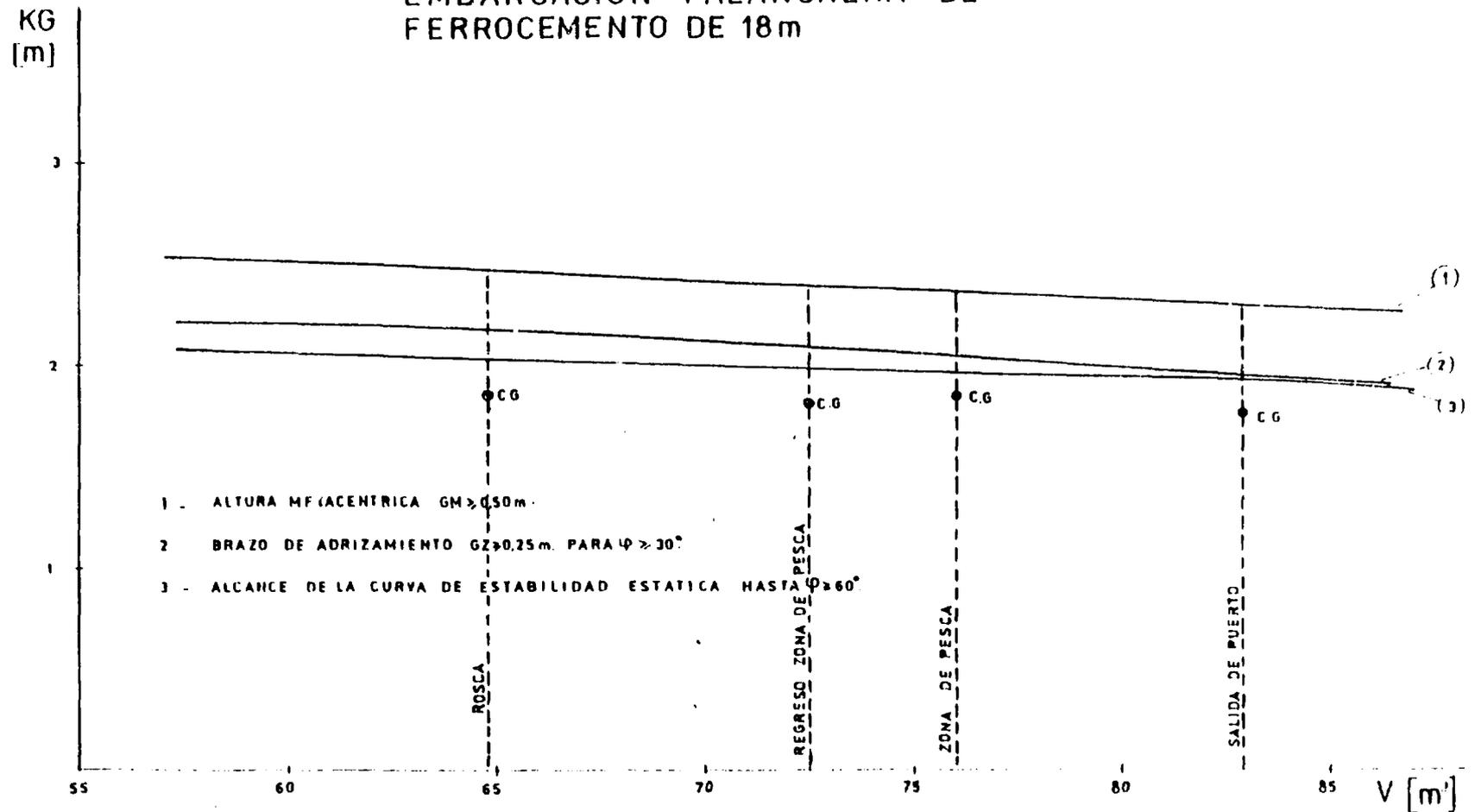


FIG. 3

KG  
(m)

# GRAFICO DE POSICIONES CRITICAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD SEGUN CRITERIOS DE LA O.C.M.I.

## EMBARCACION PALANGRERA DE 25 m.

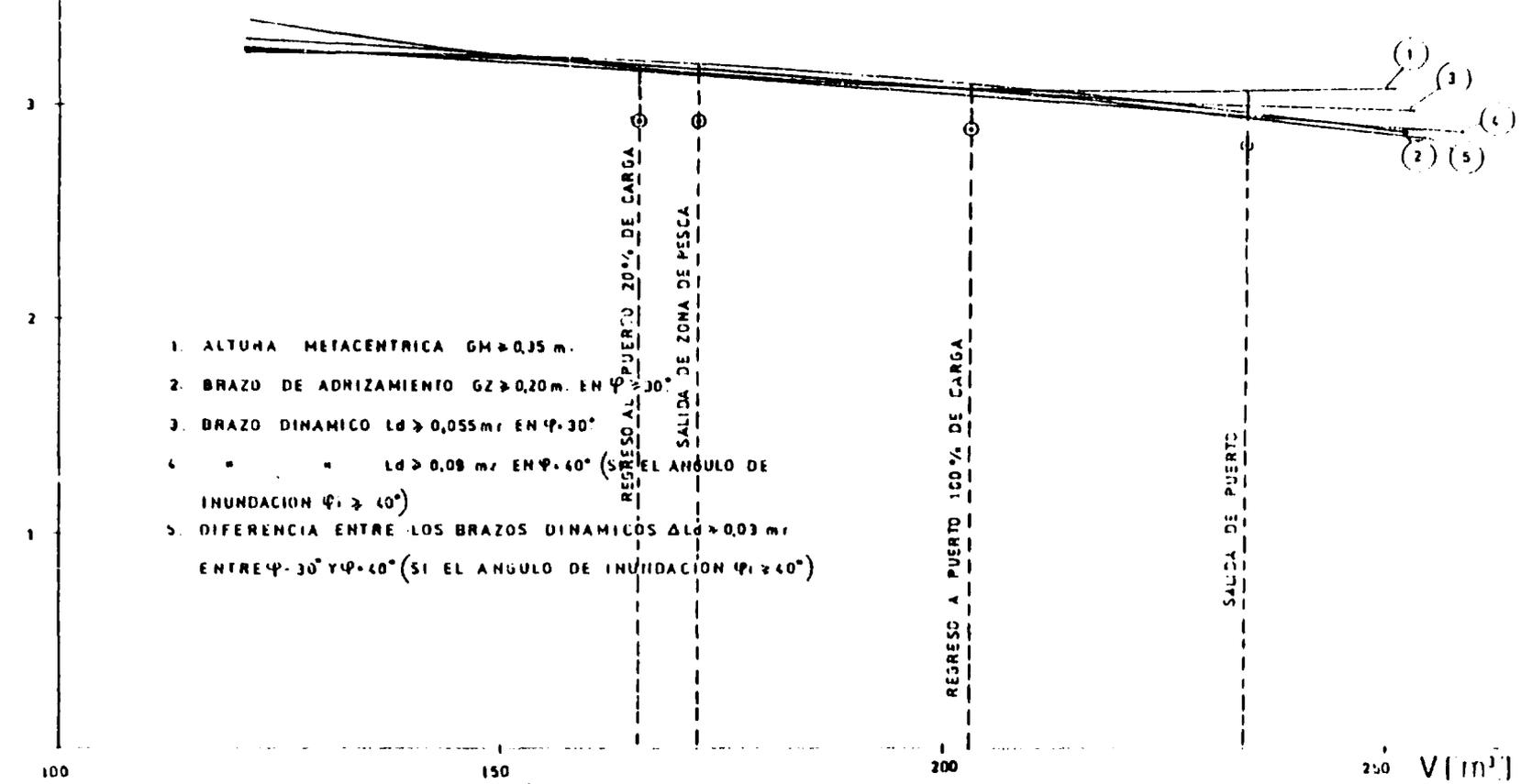


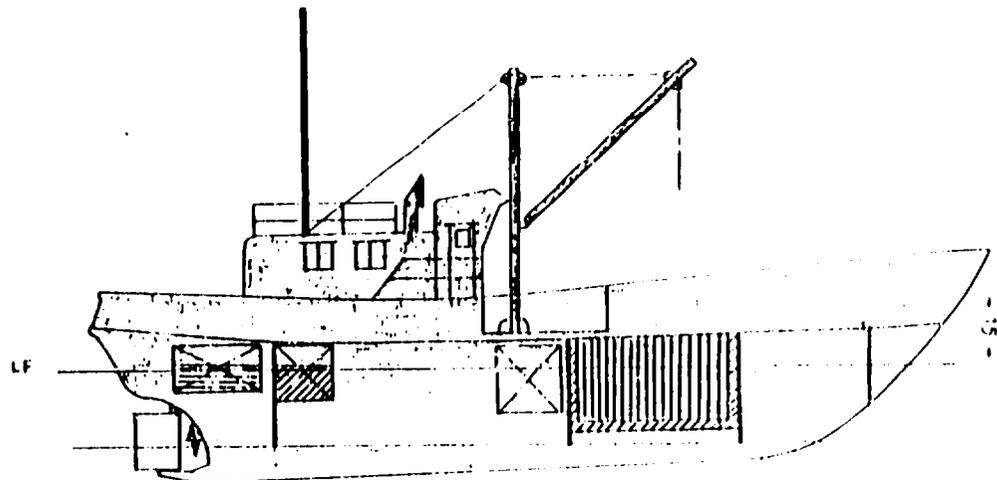
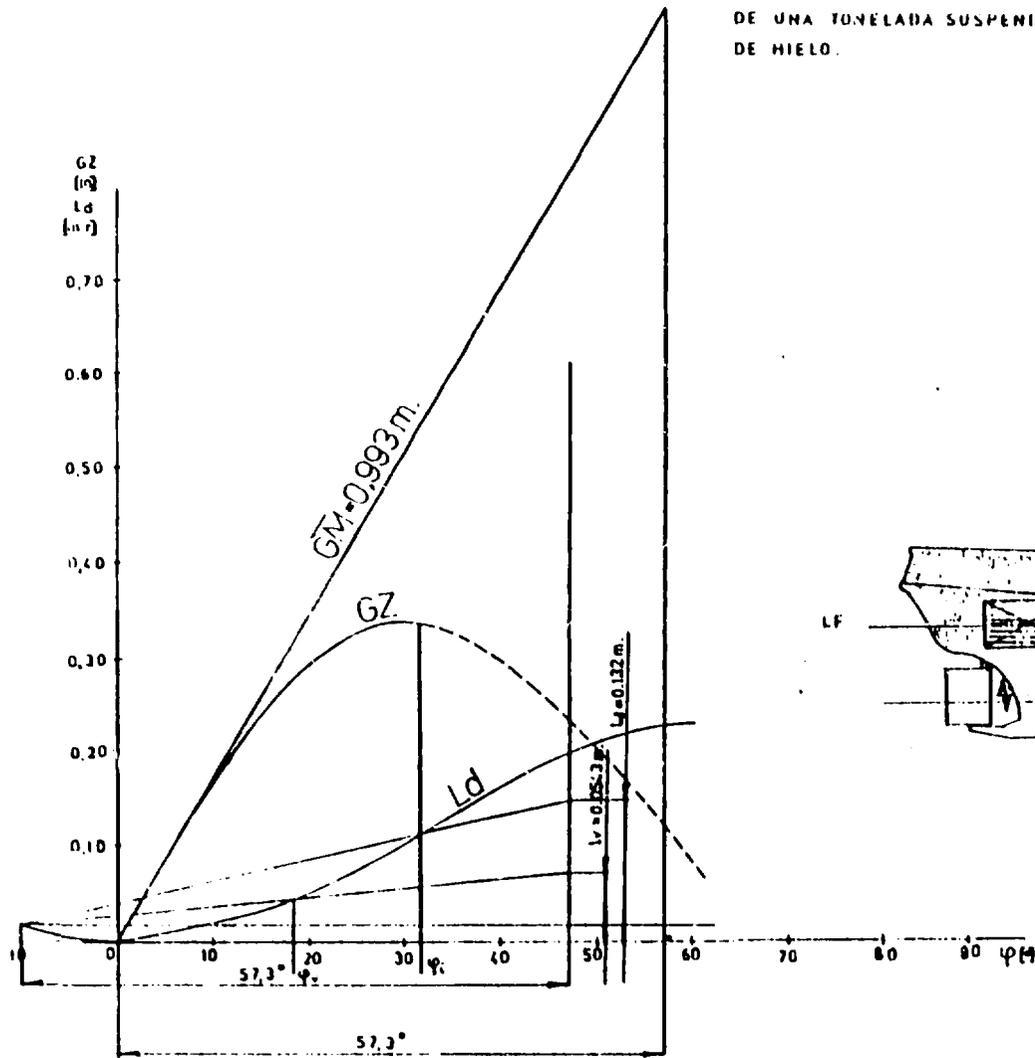
FIG. 4

6.- CRITERIO DEL TIEMPO EN EL ANALISIS DE LA ESTABILIDAD

El punto 3.0.4 del Registro Soviético, acerca de los requisitos de estabilidad que deben cumplimentar las embarcaciones pesqueras, establece que "la estabilidad en condiciones de pesca, debe comprobarse analizando el criterio - del tiempo para el siguiente estado de carga: barco en la zona de pesca, sin captura en las bodegas, con escotillas abiertas y captura y redes húmedas sobre cubierta, con 25 % de reservas y una norma completa de hielo y sal. Para los barcos que recogen las redes y la captura con ayuda de plumas, grúas, etc debe tenerse en cuenta una carga en la grúa, con un peso igual a la capacidad de carga de la misma"

Nuestras embarcaciones, en sentido general, no han confrontado dificultades en el cumplimiento de éstos requisitos. La poca superestructura expuesta al viento de las mismas, contribuye a crear un momento debido al mismo de poca magnitud. Además, las plumas o mástiles, por lo general no elevan cargas de gran magnitud y el momento que se produce debido a ello, resulta también pequeño. En la Fig. 5, se muestra el ejemplo de éste estado de carga en una embarcación palangrera de 18 m. de eslora, donde se aprecia lo anteriormente expuesto.

BARCO PALANQUERO DE FERROCEMENTO DE 18 m EN ZONA DE PESCA CON 25% DE RESERVAS ESCOTILLAS ABIERTAS NEVERA SIN CAPTURA PESO DE UNA TONELADA SUSPENDIDO EN EL MASTIL Y NORMA COMPLETA DE HIELO.



$$R = \frac{L_d}{L_v} = \frac{0.132}{0.054} = 2.44 \text{ m}$$

FIG. 5

7.- COMPORTAMIENTO DE LAS EMBARCACIONES PESQUERAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU ESTABILIDAD, SEGUN CRITERIOS EXPUESTOS EN LA IV SESION DE LA O.C.M.I.

Con el fin de mostrar el comportamiento de nuestras embarcaciones pesqueras desde el punto de vista de su estabilidad, se muestran en las Fig. 6 y 7 los gráficos del Proyecto de criterios sobre la misma, que se basan en los materiales expuestos en la IV Sesión del grupo de trabajo de la O.C.M.I. En dichos gráficos, se delimitan tres zonas de estabilidad (suficiente, dudosa e insuficiente) dadas a partir de las relaciones  $\frac{KG}{H} = f(B/H)$  y en los que están enmarcadas embarcaciones con caseta y sin caseta. En dichos gráficos, se puede apreciar que los mayores valores de KG/H están dadas para las embarcaciones de ferrocemento con caseta, de lo cual puede deducirse que, para mantener las mismas en la zona de estabilidad suficiente, es necesario que dicha relación B/H resulte mayor que para otras embarcaciones de diferente arquitectura o material de la construcción. En las embarcaciones sin caseta, así como en aquellas que poseen cubiertas abiertas, la relación KG/H resulta menor, siendo particularmente notable ésta disminución en el caso de las últimas según se aprecia en el gráfico de la Fig. 7.

En el gráfico de la Fig. 8, se muestra la variación de la relación KG/H en función de la eslora total. Aquí apreciamos un aumento de dicha relación a medida que disminuye la eslora, en todas las embarcaciones consideradas. Analizando este comportamiento y basándonos en los gráficos de estabilidad suficiente anteriormente analizados, observamos que, para un aumento de los valores KG/H, es necesario también aumentar la relación B/H, teniendo en cuenta el tipo de embarcación (con caseta o sin caseta), así como también el material de construcción. Las embarcaciones con cubierta abierta, presentan un comportamiento diferente, ya que a pesar de ser las de menor eslora presentan además menores valores de KG/H.

Basándonos en todo lo anterior tendremos que, para tener comprendidas en la zona de estabilidad suficiente a las embarcaciones pequeñas de ferrocemento, además de poder aumentar la relación B/H en las mismas, podemos también disminuir la relación KG/H empleando casetas de material poco pesado, toldillas o cubiertas abiertas de acuerdo al tipo ó destino de la embarcación en cuestión.

- \* BARCOS DE FERROCEMENTO CON CASETA A PROA.
- ⊙ " " " " " " " POPA.
- " " " " " " " DE MADERA A PROA Y CUBIERTA ABIERTA.
- △ BARCOS DE ACERO CON CASETA A PROA.

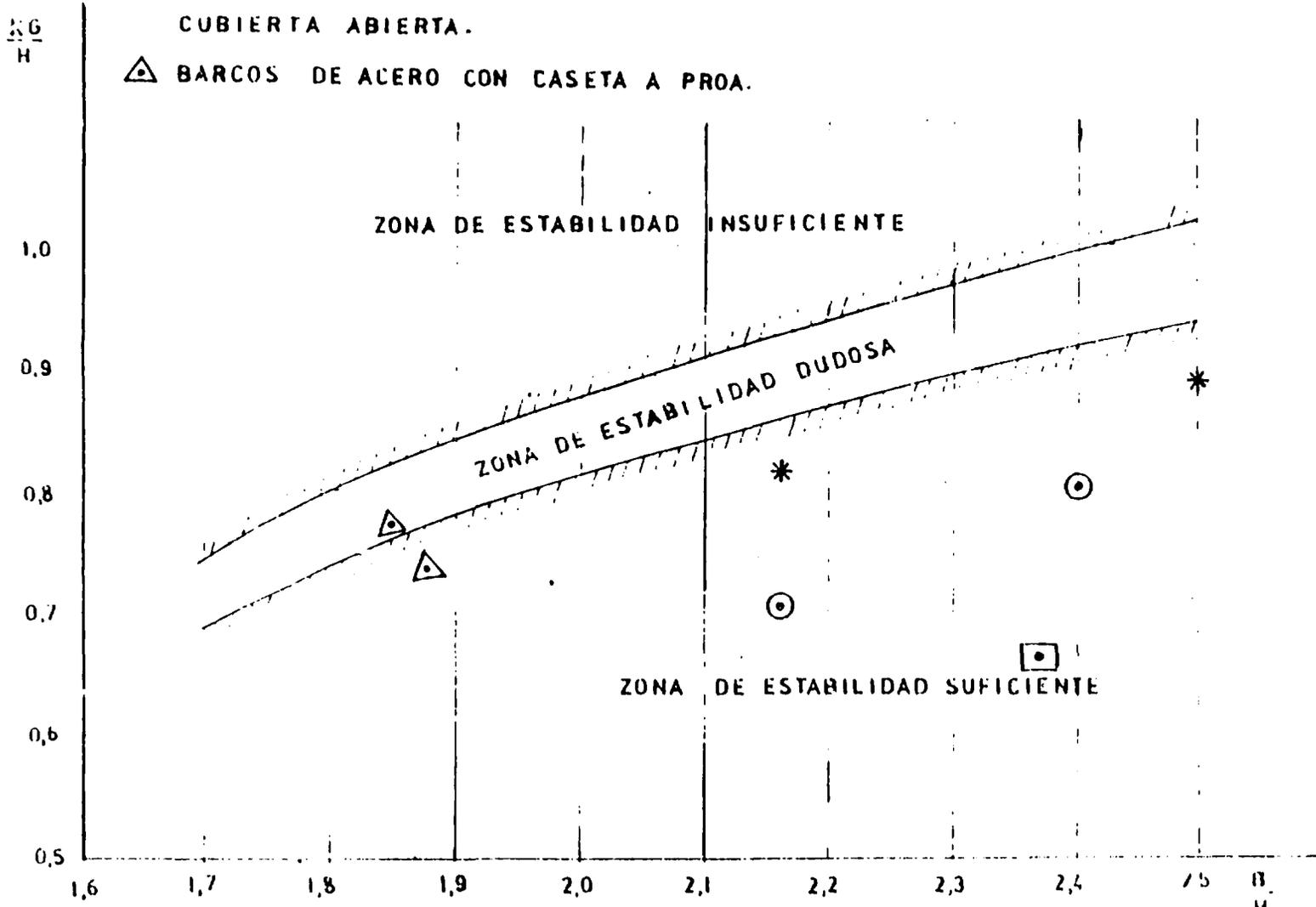


FIG. 6

- BARCOS DE FERROCEMENTO SIN CASETA.
- ▣ BARCOS DE FERROCEMENTO DE CUBIERTA ABIERTA SIN CASETA.

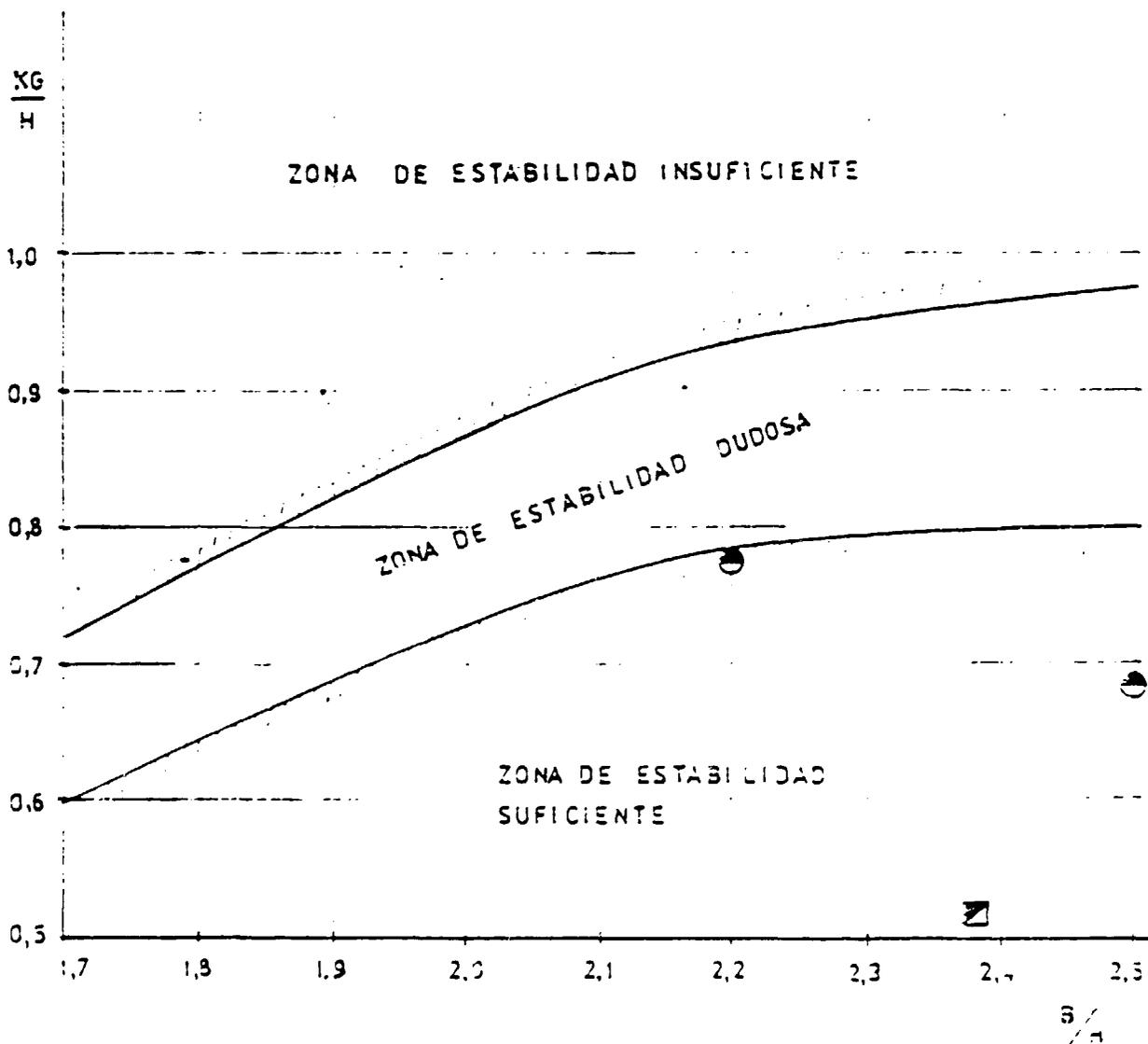


FIG. 7

- \* BARCOS DE FERROCEMENTO CON CASETA A PROA.
- ⊙ " " " " " " " POPA.
- ◻ " " " " " " DE MADERA
- A PROA Y CUBIERTA ABIERTA.
- BARCOS DE FERROCEMENTO SIN CASETA
- ▣ " " " " " " Y CUBIERTA ABIERTA.
- △ BARCOS DE ACERO CON CASETA A PROA.

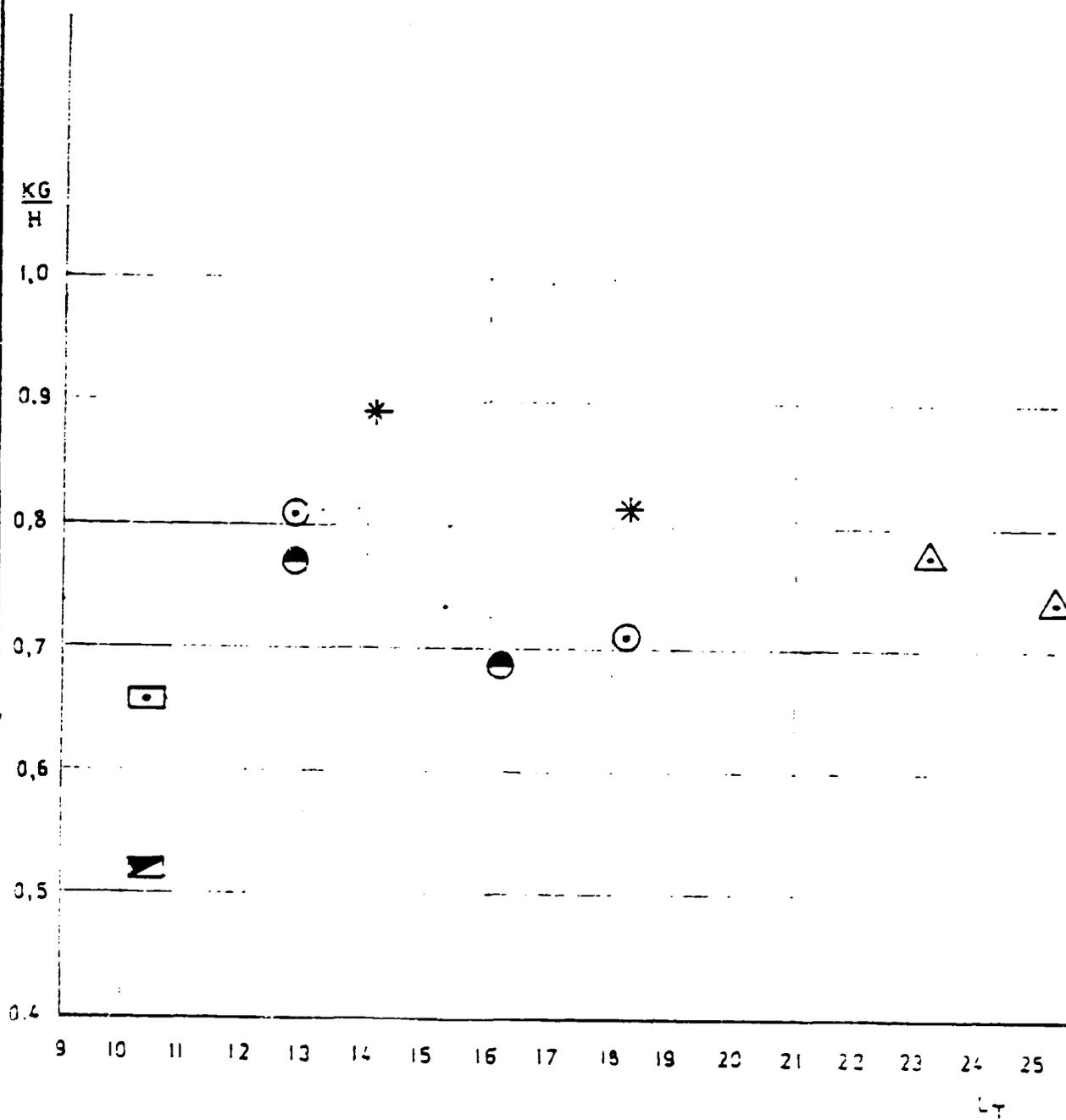


FIG. 8

## 8.- CONCLUSIONES

A través de este trabajo, se ha pretendido dar una visión, de la situación de nuestras embarcaciones pesqueras de pequeño porte, en cuanto al cumplimiento de los requisitos de estabilidad establecidos para las mismas. Teniendo en cuenta que la cantidad de embarcaciones analizadas, no resulta suficiente para emitir conclusiones definitivas que permitan regirnos por ellas en los análisis de estabilidad o en el diseño de embarcaciones, es por lo que concluimos que, nuestro trabajo brinda resultados parciales sobre los cuales debemos seguir profundizando en aras de lograr un diseño y construcción de embarcaciones más seguras y eficientes.

## 9.- BIBLIOGRAFIA

- Registro de buques de la URSS. Año 1977.
- Reglamentaciones de la INCO para barcos pesqueros.
- Conferencia de Teoría del Buque impartidas por asesores polacos.
- Trabajos de construcción y reparaciones navales editado por el Ministerio de la Industria Pesquera de la URSS.

