



**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.

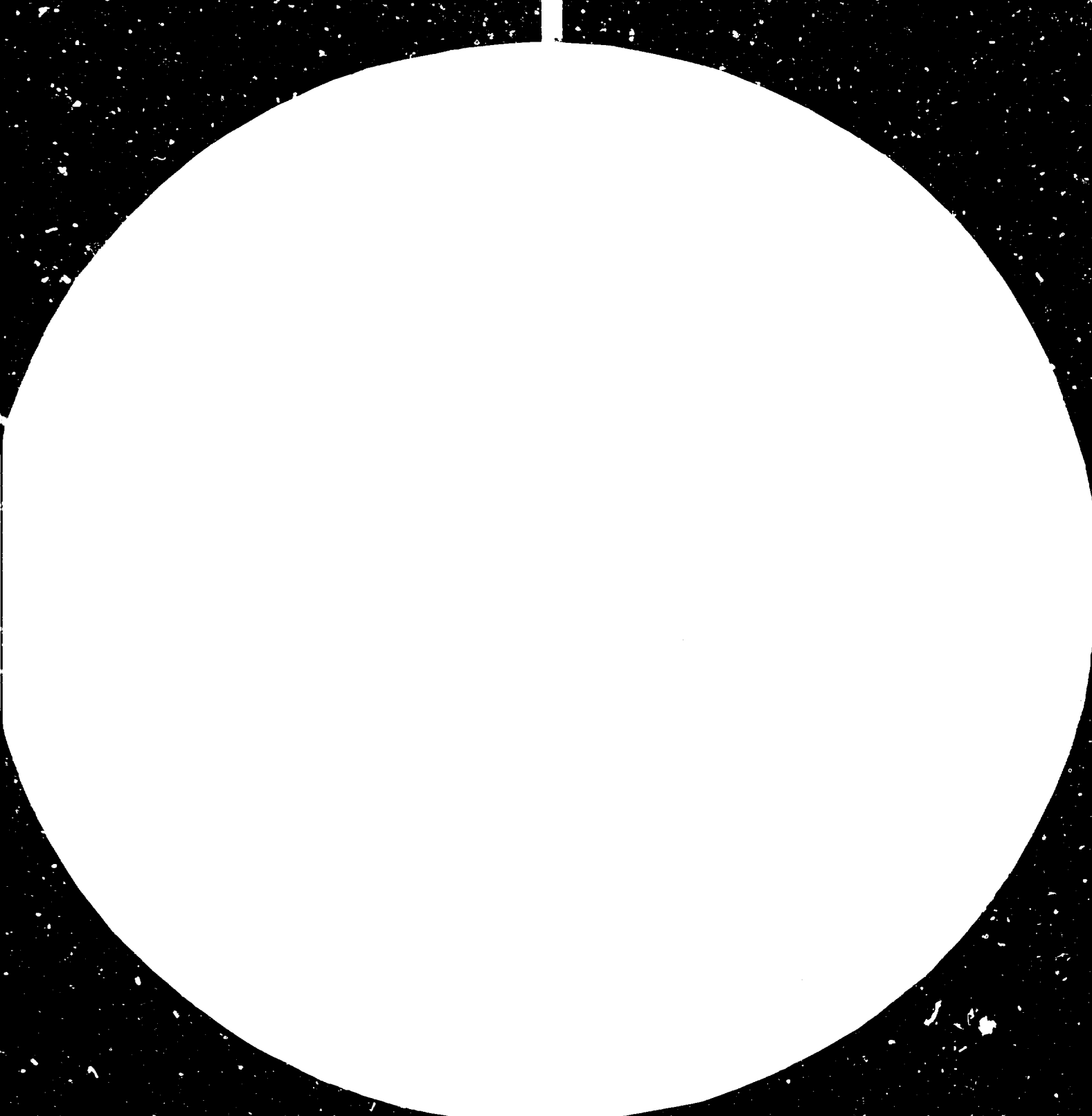
## FAIR USE POLICY

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.

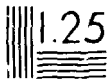
For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





28

25





12180



Distr.  
LIMITADA

ID/WG.375/20  
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

PERSPECTIVA EN LA CONSTRUCCION

DE EMBARCACIONES DE

FERROCEMENTO\*

preparado por

Sixto Rodriguez\*\*

---

\* Las opiniones que el autor expresa 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.

I N D I C E

Perspectiva en la Construcción de Embarcaciones de Ferrocemento.

1.	Resumen .....	Pag. 1
2.	Introducción .....	Pag. 3
3.	Secuencia Tecnológica .....	Pag. 4
4.	Descripción de las operaciones que reali- zan con la introducción de nuevas técnicas	Pag. 5
4.1	Enmallado .....	Pag. 5 y 6
4.2	Fundición .....	Pag. 7
5.	Ventajas económicas del método .....	Pag. 8
6.	Conclusiones .....	Pag. 8

## 1. Resumen

El ferrocemento es un material que se puede elaborar en el lugar de construcción, obteniendo con facilidad las formas geométricas que se requieren, sólo es necesario buscar el método -- tecnológico capaz de garantizar la calidad y facilidad de su conformación.

Este trabajo tiene como finalidad proponer un método tecnológico para la construcción de embarcaciones de ferrocemento, con la ayuda del cual construyamos barcos, de mejor calidad, disminuyendo los costos de producción y mejorando además las condiciones de trabajo del obrero.

El método de construcción se basa en la introducción de técnicas que facilitan la ejecución de las operaciones tecnológicas, fundamentalmente las operaciones de enmallado y fundición, teniendo en cuenta que según datos estadísticos estas operaciones ocupan más del 60 % de tiempo de construcción total del -- casco para las embarcaciones elaboradas en nuestro país.

La construcción se realiza con la ayuda de un molde hembra, abierto para el casco, y moldes auxiliares para los diferentes elementos estructurales. Precisamente el empleo de los moldes es lo que nos facilita la ejecución de las operaciones tecnológicas.

La primera operación de importancia dentro del proceso tecnológico es el enmallado. El enmallado generalmente en todos los -- países donde se construyen embarcaciones de ferrocemento se -- realiza manual, con la propuesta actual esta operación se mecaniza prácticamente, eliminándose casi completamente sub-operaciones como el amarre de mallas, en este caso las mallas se -- montan al molde y se adaptan al mismo con la ayuda de cuadernas auxiliares, que estarán situadas a través de la eslora de la embarcación. De forma semejante se colocan los alambres y los refuerzos. Una vez fundido el casco estas cuadernas son -- desmontadas.

Posterior a la conformación estructural del casco se realiza -- la fundición. Esta operación generalmente al igual que el caso de enmallado es manual provocando el agotamiento físico del -- obrero y consumiendo gran cantidad de horas-hombres. Para solv-

cionar este problema se ideó un método de fundición por vibración que garantiza una penetración del mortero perfecto (algo difícil de lograr con moldes) a la vez que se reduce el tiempo de trabajo.

Esta forma de fundición con vibrador se aplicaba anteriormente a algunas zonas localizadas del casco y no a todas sus partes, siendo el inconveniente principal para realizar la posición vertical de las bandas, así como las características propias de los métodos anteriores empleados, donde el casco en el momento de fundirse tiene la cubierta conformada. En nuestra propuesta la cubierta se elabora en prefabricado montándose posterior al habilitamiento interior del casco, lo que facilita la conformación de la cubierta, su fundición y además, hace mejores las condiciones de trabajo para el habilitamiento interior. Esta técnica tiene grandes ventajas sobre los métodos anteriores de construcción que entre otras son:

- Obtención de formas del casco exactas y con gran acabado exterior lo que redondea en mejores cualidades marineras de la embarcación y en la estética de la misma.
- Eliminación total de las filtraciones.
- Mayor resistencia y compactibilidad en la lámina del casco.
- Facilidad en la elaboración y mejores condiciones de trabajo.
- Ahorro de materiales.
- Disminución en un 50 % de las horas-hombres utilizadas en la construcción del casco.
- Disminución en las horas - hombres en el montaje del habilitamiento interior.
- Mejoras de las condiciones de trabajo para los obreros, etc.

Todas las ventajas antes enunciadas, así como otras no mencionadas demuestran la conveniencia de la utilización de este método en la construcción de embarcaciones de ferrocemento.

## 2. Introducción

En Cuba la construcción de embarcaciones de ferrocemento ha tenido un gran auge, con vista a desarrollar la pesca de plataforma.

Desde 1969 a la fecha se han construido más de un millar de barcos lo que da una muestra del desarrollo que ha logrado nuestro país en este tipo de construcciones. Este desarrollo se ha alcanzado tanto en la rama de proyecto como en las líneas tecnológicas.

La tecnología en la construcción de embarcaciones de ferrocemento es muy variada, en dependencia de las condiciones específicas de cada astillero, las características propias de la embarcación y del tipo de producción si es en serie o individual. Se tiene conocimientos de la utilización en el mundo de muchos métodos tecnológicos entre los cuales podemos mencionar:

- Método de cuadernas
- Métodos de semi-molde
- Métodos de molde.

El primer método se basa en la utilización de cuadernas para la conformación del casco y la obtención de las líneas. Estas cuadernas pueden ser de barras de  $\varnothing$  16 mm o de tuberías de aproximadamente igual diámetro.

El segundo método, método de semi-molde consiste en la elaboración de un semi-molde de madera con las formas del casco. Sobre este semi-molde se construye la embarcación.

La construcción con la utilización de moldes es similar a la del semimolde sólo que el semimolde no es un casco propiamente, sino que se obtienen las líneas con la ayuda de listones de madera separados. En el molde se obtienen las líneas con un casco de madera.

La tecnología de utilización de semi-moldes y moldes tiene la desventaja de aumentar el costo inicial con relación al método de las cuadernas. Aunque esta desventaja se puede no considerar si analizamos todas las ventajas que nos pueden reportar.

En nuestros astilleros se utiliza actualmente el método de las cuadernas, método con el que se ha acumulado bastante experiencia, sin embargo en estudios económicos realizado se ha demostrado que es posible disminuir los costos de producción en las



embarcaciones con la utilización de nuevas tecnologías teniendo como base el empleo del molde.

Los objetivos de este trabajo son exponer en principios la secuencia tecnológica de la construcción de embarcaciones de ferrocemento con la utilización de nuevas técnicas de construcción que nos garanticen un mejor ferrocemento, mayor calidad de las embarcaciones y una disminución de la laboriosidad en el proceso tecnológico.

### 3. Secuencia Tecnológica

En la actualidad las operaciones tecnológicas de que cuenta el proceso tecnológico para la construcción de embarcaciones por su orden son las siguientes:

- Corte y doblado
- Armado de la estructura
- Montaje de la estructura
- Enmallado y puesta de alambres
- Anclajes
- Fundición
- Curado

Todas estas operaciones se realizan de forma manual exceptuando el curado que en algunos casos se realiza a vapor. Todo el casco incluyendo, caramancheles y caseta se elaboran al unísono y sólo la fundición se realiza en dos partes, primeramente el casco y posteriormente la cubierta, a causa de condiciones tecnológicas y el excesivo trabajo que deben realizar los obreros.

En nuestra propuesta se mantienen estas operaciones, sólo que en algunos casos se altera el orden de los mismos, además de surgir otros adicionales. La secuencia tecnológica se muestra en la --  
fig. 1

Las operaciones de corte y doblaje se realiza semejante a los métodos actuales para todos los elementos del barco, es posible que sea necesario realizar algunos cambios, pero estos son muy específicos.

El montaje de la estructura se hace para dos líneas de trabajo 2 y 3, en la primera se conforman los elementos prefabricados - que en este caso pueden ser la cubierta, la caseta, los caramancheles, mamparos etc, en la segunda los elementos del casco. Este método nos permite abrir más los perfiles de trabajo, logrando la especialización de los obreros y creando las condiciones para la utilización de moldes en la elaboración no sólo del casco sino de otras estructuras. Además se mejoran considerablemente las condiciones de trabajo de los obreros obteniéndose una gran eficiencia en el trabajo.

Las operaciones 4 y 5 se realizarán con nuevas técnicas que se explicarán más adelante, al igual que las operaciones 6 y 7. Una vez curados los elementos prefabricados y fundido el casco se espera 3 días (después de fundido el casco) con curado húmedo para el montaje de los mamparos u otros elementos prefabricados que pueden ser refuerzos o la bancada del motor.

El habilitamiento interior del casco se facilita en gran medida al estar el casco sin la cubierta, el habilitamiento se hará de acuerdo a la tecnología actual.

Habilitado el casco se monta la cubierta y demás construcciones (caseta, caramancheles) etc, estando la embarcación preparada para su botadura.

#### 4. Descripción de las operaciones que realizan con la introducción de nuevas técnicas.

##### 4.1. Enmallado.

El enmallado es una de las operaciones más laboriosas dentro del proceso tecnológico, sobre todo el amarre de las mallas que necesita gran cantidad de horas-hombres y además se requiere de gran consumo de alambre.

El método propuesto, eliminar el amarre de las mallas casi en su totalidad y las faenas de aviado y acabado se reducen al mínimo.

Actualmente los paños de mallas son puestos uno a uno, de forma individual, amarrándose a las cuadernas y entre si lográndose la fluidez de las líneas con la ayuda de los alambrones, los que a veces están deformados producto del trabajo en el interior del casco, los paños son estirados de forma longitudinal con --

ayuda de diferenciales que se colocan en los piques de la embarcación por ambas bandas.

La técnica nuestra se basa en la ayuda que puede reportar el molde. Los paños de mallas ya picados según el desarrollo del casco, y empalmados se montán dentro del molde (fig. 2) sujetándose por la parte superior con ayuda de ganchos, se colocan primero el primer grupo de mallas (3 a 4 capas), una vez colocadas las mallas, éstas se estiran en dirección longitudinal de forma semejante a la actual (el molde tiene el espejo de popa desmontado) y se adaptan a las formas del molde con la ayuda de las cuadernas auxiliares.

Las cuadernas auxiliares están hechas de láminas de acero y son giratorias, lográndose unir al molde, dejando entre este y ellos un espacio igual al grosor del enmallado, lo que nos garantiza el espesor de la lámina enmallada. Las cuadernas auxiliares son desmontables y se distribuyen a través de la eslora de la embarcación en dependencia de la complejidad de líneas del casco.

Estirado y aviado el primer grupo de mallas, las cuadernas auxiliares son retiradas para realizar el montaje de los alambres, los cuales tiene su posición ya fijada a las cuadernas por medio de ranuras en las cuales son colocados y amarrados a la misma, se llevan las cuadernas hacia el casco y se le da el aviado a los alambres con la ayuda de macetas, rectificándose a la vez el primer grupo de mallas.

Los alambres son fijados al casco soldándose a las cuadernas base.

Montados los alambres se procede a la colocación del segundo grupo de mallas de forma similar al primero. Posteriormente se coloca el espejo de popa y se terminan los detalles que faltan, revisándose la calidad del enmallado y estando el casco listo para la fundición.

El enmallado de los elementos prefabricados también se puede realizar sin amarres empleando métodos que no vamos a detallar.

#### 4.2. Fundición

La fundición, se ha planteado en todas las literaturas conocidas, que debe ser manual para garantizar la penetración del mortero.- Con la utilización de moldes siempre es necesario realizar trabajos de terminación por la cara adyacente a la superficie del molde, a causa de las oquedades que se forman por no poderse emplastecer esta superficie.

En nuestro centro se han realizado ensayos de prueba empleando la vibración como forma de fundir, obteniéndose excelentes resultados. La lámina fundida por la superficie del molde obtuvo un acabado inmejorable además de tener una excelente compactibilidad. Esto fue demostrado en las pruebas de estanqueidad del casco donde no se observaron filtraciones.

La dificultad de utilizar la vibración como forma de fundición estriba en que existen zonas perpendiculares del casco que no permiten este método, sin embargo a este problema se le ha dado respuesta utilizando el método de girado del casco.

Primeramente se gira la embarcación  $45^{\circ}$  (fig. 3) vibrándose una mitad del casco (posición 1), después se gira el casco a la posición 2 y posteriormente se funde la quilla (posición 3). Con este método la fundición de un casco se puede realizar en 4 horas con un mínimo de obreros, lográndose una penetración del mortero total y el acabado de la superficie de forma excelente.

En el caso de los elemento prefabricados la introducción del molde también nos permite la utilización de la vibración.

Para tener una idea de la rapidéz de la vibración, si tenemos sobre el casco (o elemento prefabricado) el mortero ya elaborado depositado sobre las mallas a través de toda el área a fundir, 30 segundos bastan para lograr la penetración del mismo en  $1 M^2$ . Si contamos con varios vibradores, el tiempo de fundición dependería de la rapidéz con que se elabore el mortero.

Fundido el casco, éste se raspa hasta la malla para posteriormente darle el recubrimiento requerido.

## 5. Ventajas económicas del método

Dentro de las ventajas económicas podemos señalar como de primer orden la disminución de las horas - hombres, que puede llegar -- hasta el 50 % de las horas - hombres totales según el método actual empleado en nuestros astilleros. Además se reduce el consumo de materiales para las mallas en un 5 %, para el cemento y la arena el ahorro puede representar un 25 % de los gastos actuales. Existen otras ventajas como son:

- Disminución en el peso de los cascos en un 15 %.
- Mejores condiciones de trabajo para el obrero.
- Obtención de formas del casco exactas.
- Mejor acabado exterior que se traduce en ahorro de energía.
- Eliminación de filtraciones.
- Mayor resistencia de la lámina.
- Mejor control de los parámetros de las formas y dimensiones de los elementos, así como seguridad en los cálculos de pesos, - etc.
- Eliminación de alambres en caso de necesidad.

## 6. Conclusiones

Creemos que la aplicación de estas técnicas conllevarían a un mayor desarrollo en la construcción de embarcaciones de ferrocemento, obteniéndose construcciones de mayor calidad lo que favorecería al prestigio del ferrocemento como material para la construcción naval.

Los métodos empleados no requieren de condiciones especiales, ni de inversiones que puedan influir en el concepto actual de la -- la facilidad de construcción de las embarcaciones de ferrocemento. Además sería la base para la obtención de nuevas formas de ferrocemento más resistentes.

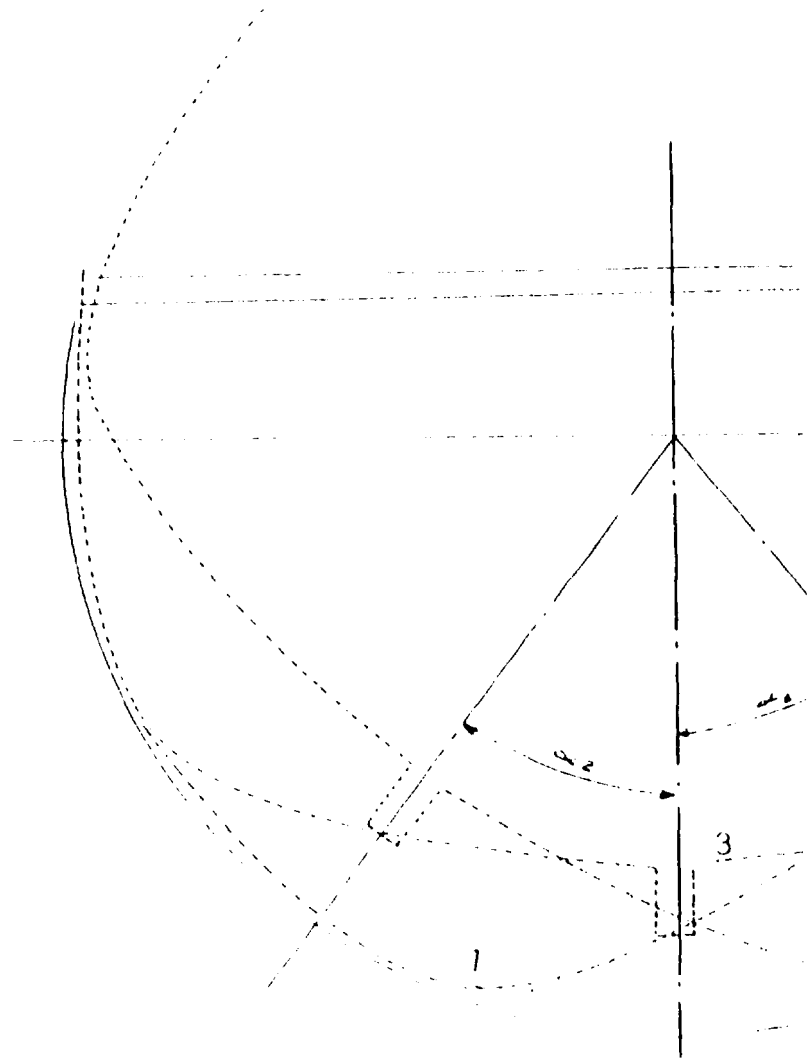
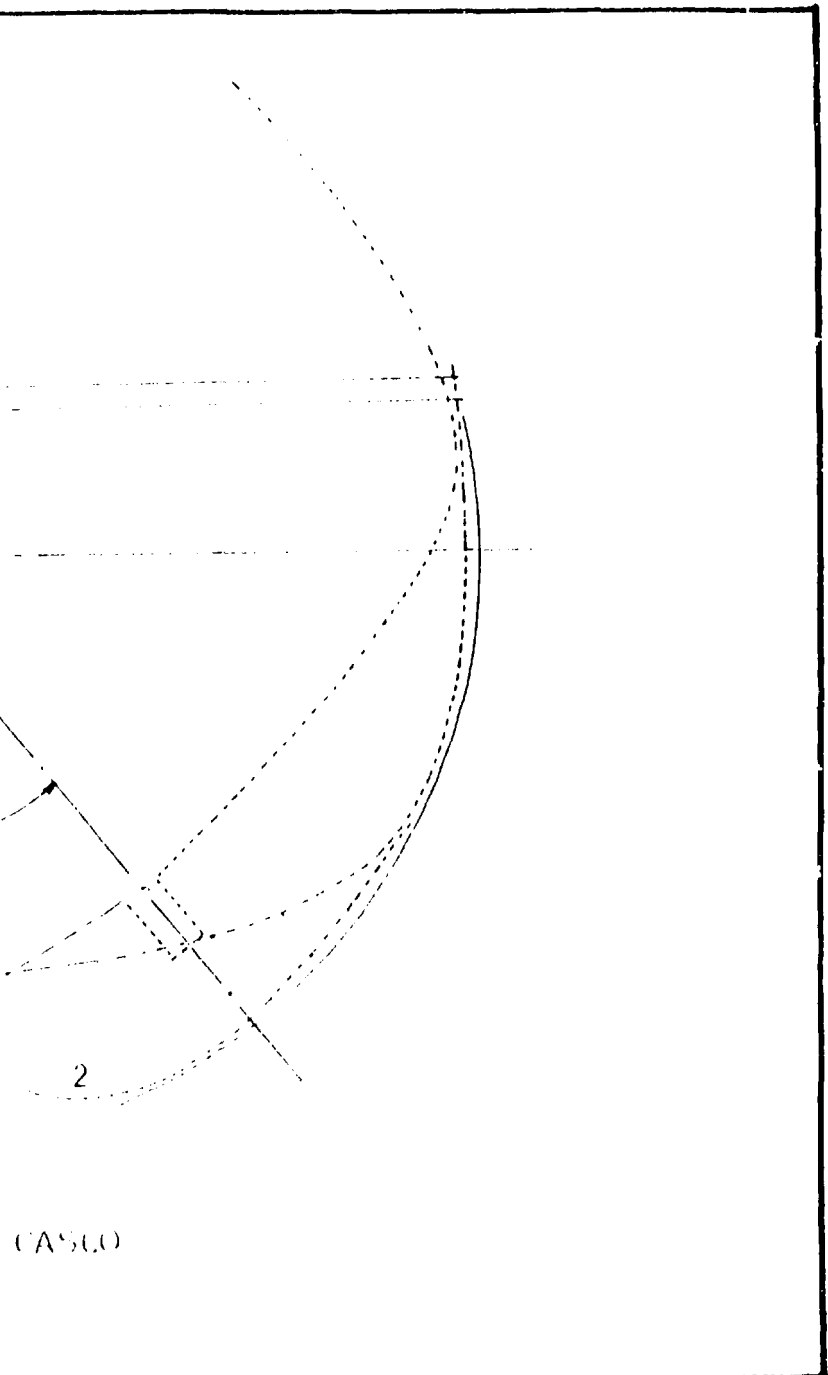


fig 3 POSICIONES PARA FUNDICION DEL



CASCO

