



**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.

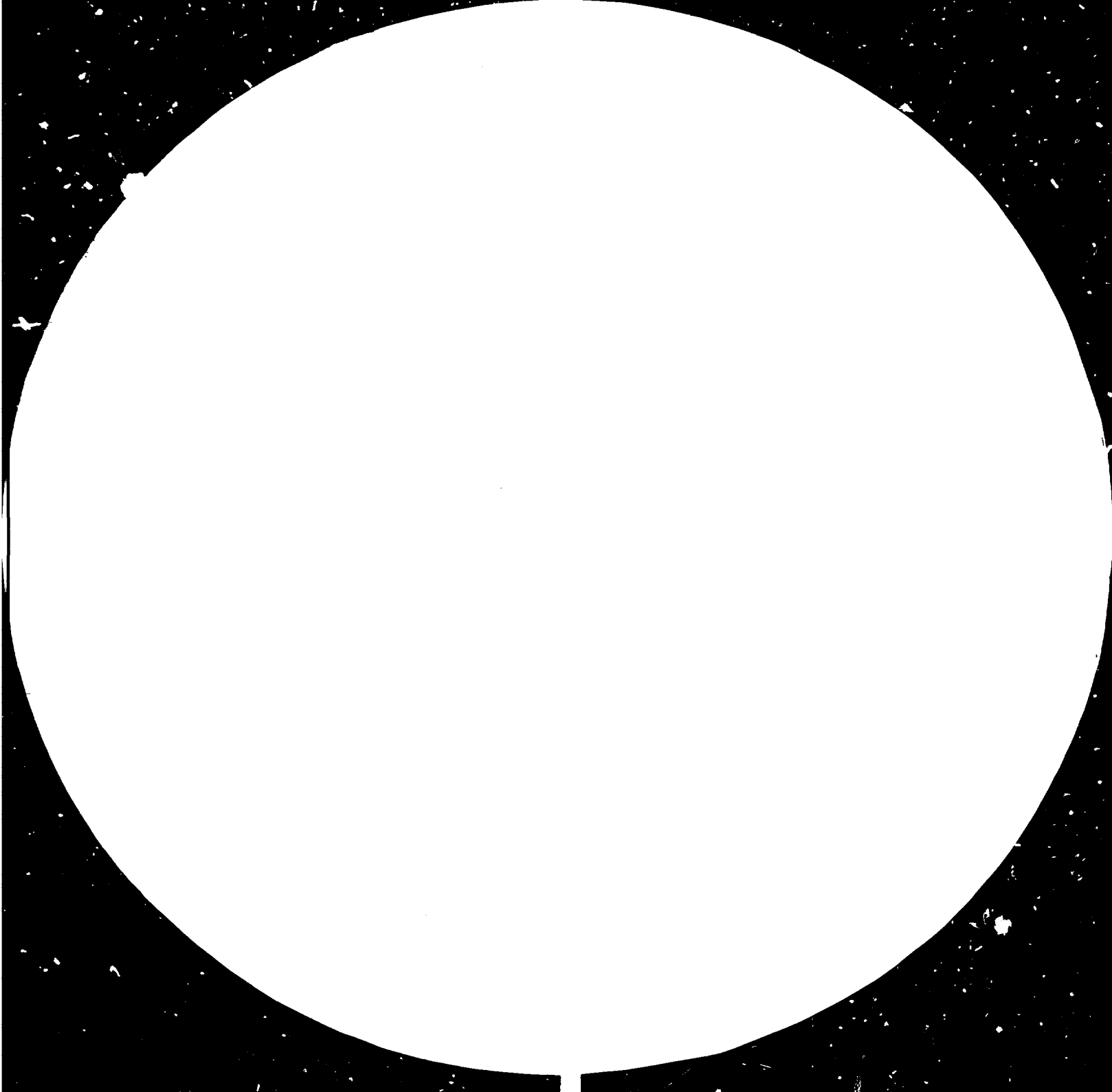
## FAIR USE POLICY

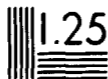
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## 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)





NO RESOLUTION READING TARGET  
RESOLUTION READING TARGET



12172



Distr.  
LIMITADA

ID/WG.375/12  
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

MODERNOS METODOS DE REPARACION DE  
EMBARCACIONES DE MADERA\*

(SISTEMA DE REVESTIMIENTO DE C/FLEX)

preparado por

Dennis A. Allen\*\*

316

\* 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.

\*\* Gerente General,  
Fabricaciones Marinas, S.A.

## INTRODUCCION

La República de Panamá (FABRIMAR, S.A.) está utilizando desde 1980 el Sistema de Revestimiento C/FLEX desarrollado por SEEMAN FIBERGLASS, INC., para dar solución en forma permanente a la pudrición por acción de los parásitos marinos sobre los cascos de madera e incrementar la vida de las embarcaciones con más de 15 años de edad.-

Sistemas anteriores a la fecha fracasaron en nuestro país por la aplicación de materiales cohesivos químicamente inadecuados para soportar la contracción o expansión del entablado producto de la saturación o deshidratación del casco o el bajo porcentaje de cohesión química del producto colocado entre el casco y la fibra de vidrio instalada.-

FABRIMAR, S.A., ha logrado superar estos problemas al cubrir el casco de madera con un adhesivo a base de poliuretano elástico seguido de una fijación mecánica del C/FLEX al entablado que, para los efectos es la construcción de un casco de fibra de vidrio de alta resistencia, sobre el existente.-

SISTEMA DE REVESTIMIENTO C/FLEX

-El sistema de revestimiento C/FLEX se está utilizando en la República de Panamá para proteger el casco de los barcos de madera contra la pudrición motivada por la acción de parásitos marinos.- C/FLEX cubre el casco con una capa de fibra de vidrio incrementando la resistencia y la vida útil de las embarcaciones de madera a bajo costo de mantenimiento.-

-La técnica envuelve una cohesión química (adhesivo poliuretano elastomérico) seguida de la fijación mecánica del C/FLEX por medio de grapas de bronce al casco de madera.- El C/FLEX se coloca verticalmente de la borda a la quilla de tal forma que las varillas del C/FLEX corran perpendiculares a el entablado.- Las varillas se mantienen en su lugar temporalmente con pequeñas batientes de madera.- Al curarse el adhesivo se remueven las batientes y la resina se aplica al C/FLEX hasta su saturación.-

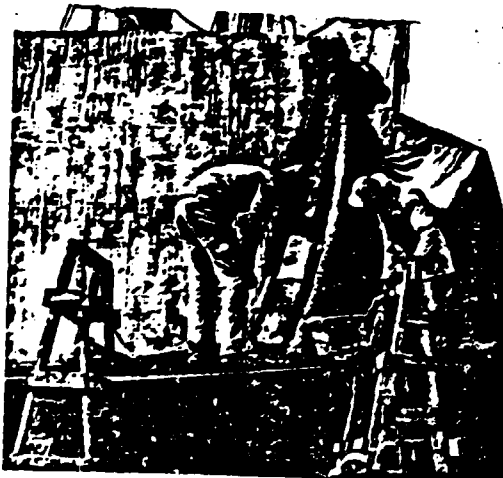
Esto completa el proceso desde el punto de vista de resistencia pero para los efectos de apariencia la aplicación del mate y compuestos para el acabado final similar a los usados en los trabajos de fibra de vidrio normales son necesarios.-

-Se toma aproximadamente dos semanas para aplicar el sistema C/FLEX a una embarcación de 25.50 metros de eslora con dos operarios y el costo de los materiales es aproximadamente de \$48.00 por metro cuadrado.-

-Las ventajas de este sistema son:

- a- Mantiene en forma permanente la cohesión lograda entre el casco de madera y el C/FLEX por medio de la adherencia del poliuretano elastomérico.
- b- La alta resistencia del C/FLEX reduce la cantidad de material a utilizar en el proceso.
- c- El casco no tiene que ser volteado para aplicar el sistema.
- d- La cobertura (techo) requerida para la instalación del C/FLEX

puede ser de caracter temporal (lonas o plásticos).  
e- El adhesivo se adhiere a madera mojada, tratada y virtualmente a todo tipo de madera usada en la construcción de embarcaciones.



El Sistema de Revestimiento C/FLEX ha sido aplicado a embarcaciones de cualquier tamaño con la técnica siguiente:

A.- Preparación del Casco

1. Arenar y/o lijar casco hasta remover toda la pintura.-
2. Reemplazar todas las tablas en estado de pudrición o rotas.
3. Sellar todos los huecos hasta alcanzar una superficie uniforme.
4. Humedecer el casco hasta lograr completa saturación en la madera y dejar secar al tacto.

B.- Aplicación del Adhesivo (Poliuretano Elastomérico)

1. De apariencia homogénea con aplicación similar a un mortero.- Es aplicado con una llana y/o palaustre dentado (dientes de 6.4 mm) sostenida a un ángulo de 45 - 60°
2. El adhesivo tiene un período de 4 horas para trabajarlo antes de comenzar el curado.-

C.- Aplicación del C/FLEX

1. El C/FLEX se instala directamente sobre el adhesivo antes del período de curado.
2. El C/FLEX se coloca verticalmente de la borda a la quilla de tal forma que las varillas del C/FLEX corran perpendicularmente a el entablado.
3. Las varillas son mantenidas parejas en su lugar temporalmente con pequeñas batientes de madera, que son engrapadas horizontalmente con grapas de acero galvaniza-



das.

4. El C/FLEX es engrapado permanentemente al casco de la embarcación, utilizando grapas de bronce a razón de 130 c.u. por metros cuadrados.
5. Al curarse el adhesivo se remueven las batientes y la resina es aplicada al C/FLEX hasta la saturación.
6. Una vez curada la resina se lija el casco para eliminar el exceso de resina y áreas ásperas.

D.- Acabado del casco

1. Sobre el C/FLEX para efectos de apariencia se aplica un laminado convencional de fibra de vidrio -usualmente- de mate y de compuestos para el acabado final.

E.- Los principales materiales utilizados en este sistema son:

1. Adhesivo C-Bond:

Adhesivo de Poliuretano Elastomérico que se adhiere firmemente al C/FLEX como a el entablado del casco. Este producto se adhiere a la madera húmeda, tratada, y virtualmente a todo tipo de madera para usos marinos. Puede estirarse (300%) y comprimirse sin romper su cohesividad.-

Las tensiones producto de golpes, vibraciones, expansiones y contracciones del entablado son absorbidos.- Este producto tiene un rendimiento de 736 metros cuadrados por mt<sup>3</sup> y normalmente se adquiere en tanques de 5 galones.-

2. C/FLEX :

Es un tablaje que ha sido desarrollado para la fabricación de botes de fibra de vidrio sin maldes, material altamente resistente (4,710 kg-cm en tensión) compuesto de varillas y telas de fibra de vidrio alternadas.

3. Grapas galvanizadas y de bronce

EXPERIENCIA:

Del último trabajo que Fabricaciones Marinas, S.A. (FABRIMAR) efectuó con el sistema antes descrito se obtuvo los siguientes resultados:

A.- Generales de la Embarcación:

Nombre : Isla Morada  
Eslora : 28.50 metros  
Area a cubrir : 418 metros cuadrados

B.- Preparación del casco:

1.- Limpieza con chorro de arena - 45 horas  
(Equipos)  
2.- Mano de Obra - 135 Horas/Hombres  
3.- Cambiar 10 metros cuadrados de tablas y sellar agujeros - 135 Horas/Hombres

C.- Materiales para Sistema C/FLEX

1.- Adhesivo (C-Bond 5230)  $6.05 \times 10^{-1}$  mts.<sup>3</sup>  
2.- C/FLEX (C-65) 915 metros  
3.- Resina para C/FLEX 2.80 mts.<sup>3</sup>  
4.- Mate (775 kg-cm<sup>2</sup>) 364 kg.  
5.- Catalizador (Mekp)  $3 \times 10^{-2}$  mts.<sup>3</sup>  
6.- Acetona  $8.3 \times 10^{-1}$  mts.<sup>3</sup>  
7.- Grapas 5 cajas  
8.- Talco 273 kg.  
9.- Roving 348 kg.  
10.- Pintura  $1.5 \times 10^{-1}$  mt.<sup>3</sup>  
11.- Acabado para talco 72 kg.

D.- Mano de Obra (Horas-Hombre=H/H)

Capataz-Operario 288 H/H  
Operarios 864 H/H  
Peones 576 H/H  
Total - Horas/Hombres 1728 H/H

E.- El costo promedio para la aplicación del sistema fué de \$90.00/mts.<sup>2</sup> desglosadas en la siguiente forma:

1.- Preparación del casco \$8.00/mt<sup>2</sup>

2.- Sistema de Revestimiento

a.- Adhesivo + C/FLEX

a-1 Materiales \$36.00/m<sup>2</sup>

a-2 Mano de Obra \$ 7.00/m<sup>2</sup>

COSTO TOTAL \$43.00/mt<sup>2</sup>

b.- Acabado normal de fibra

b-1 Materiales \$24.00/m<sup>2</sup>

b-2 Mano de Obra \$ 8.00/m<sup>2</sup>

COSTO TOTAL \$32.00/mt<sup>2</sup>

c.- Pintura

\$ 7.00/mt<sup>2</sup>

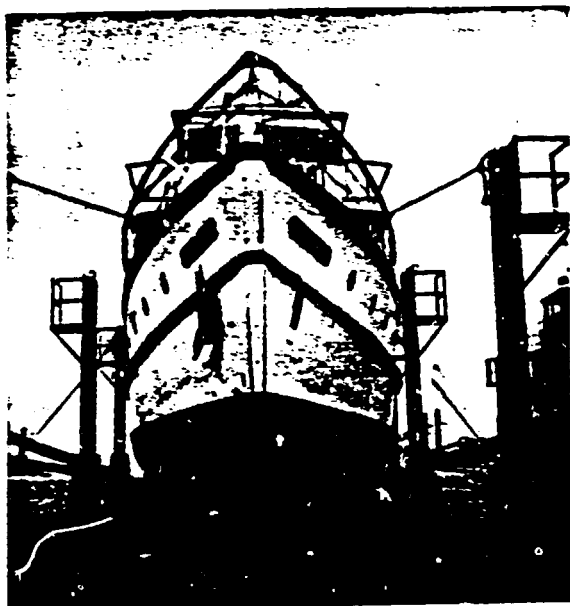
COSTO TOTAL \$90.00/mt<sup>2</sup>

OBSERVACIONES:

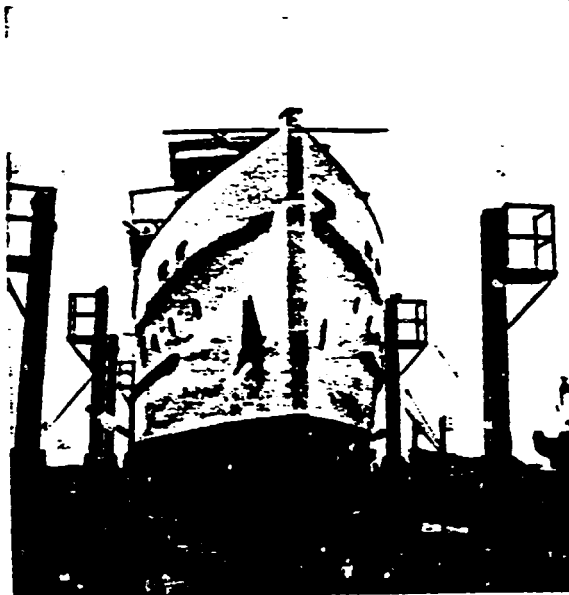
- 1.- El galafate de la junta de los 10mts<sup>2</sup> de entablado cambiados no se efectuó.-
- 2.- La saturación del entablado se logró por medios naturales.- El trabajo se efectuó durante la estación lluviosa.-
- 3.- El rendimiento del adhesivo fué 6% más bajo que el teórico.- Esto se debe al uso de operarios no especializados en la albañilería.-
- 4.- El catalizador tuvo un rendimiento de  $6.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{mts}^2$  debido a la temperatura promedio del medio ambiente.-
- 5.- El costo promedio de la colocación del C/FLEX fué 10% más bajo que el costo promedio actual de Fabricaciones Marinas, S.A. (\$48.00/mts<sup>2</sup>)
- 6.- El costo promedio de el recubrimiento fué de \$37,620.00

CONCLUSION

- A.- Existen algunas pequeñas variaciones en este sistema que dependen de las condiciones en las cuales la embarcación va a ser revestida. En general, la experiencia nos dice que el trabajo de fibra de vidrio deberá ser realizado en un lugar protegido.- De no ser posible, lo invitamos a usar algunas de las técnicas desarrolladas por nuestro Astillero.-
- B.- Las ventajas de el Sistema C/FLEX son:
- 1.- Es de fácil aplicación a embarcaciones de madera con el uso de mano de obra no especializada.-
  - 2.- La resistencia que alcanza el C/FLEX permite utilizar menor cantidad de material de fibra de vidrio en la aplicación de acabado.-
  - 3.- Se logra mantener la cohesión lograda entre el casco de madera y el C/FLEX por medios mecánicos, además del adhesivo que esencialmente previene la delaminación causada por la expansión y contracción de la madera



REMODELACION DE  
PROA (VISTA INICIAL)

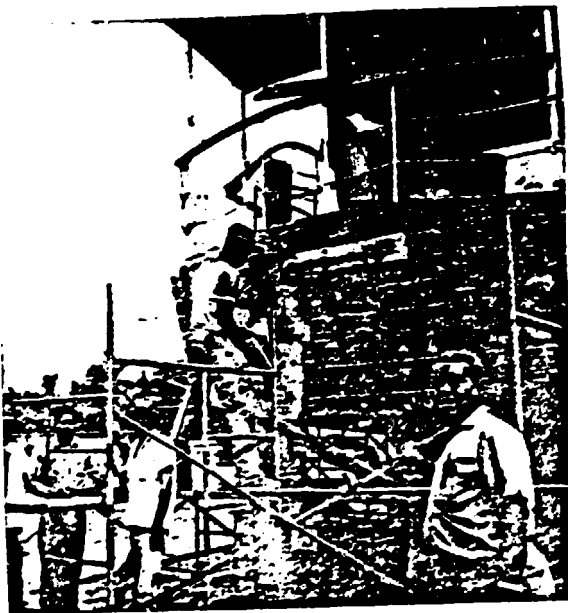


REMODELACION DE PROA  
(VISTA FINAL)



REMODELACION DE PROA  
(VISTA DE CUBIERTA)

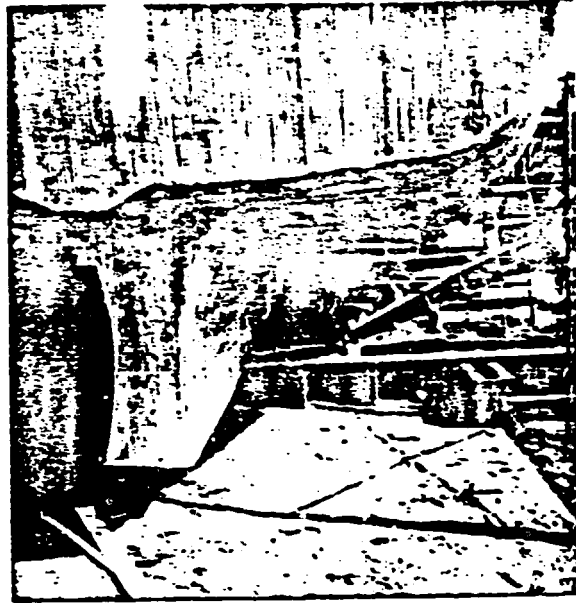
A  
R  
E  
N  
A  
D  
O



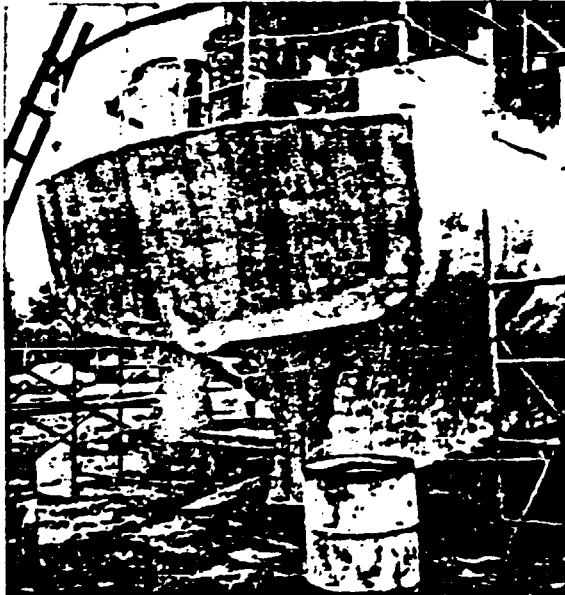
ADHESIVO C/BOND



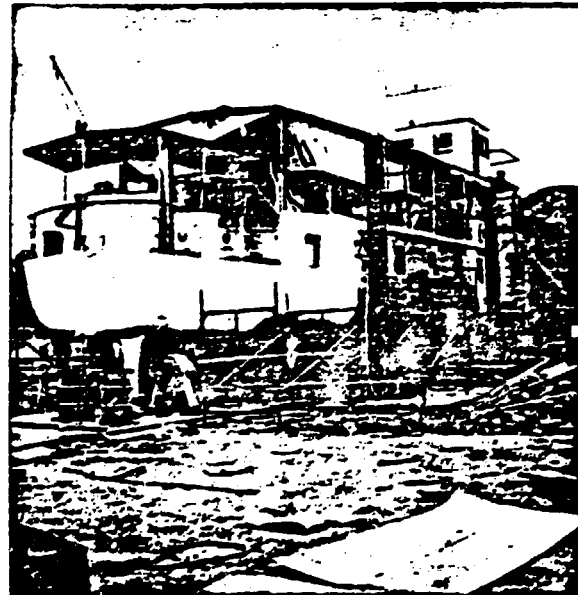
INSTALACION DEL  
C/FLEX



SATURACION DE  
C/FLEX CON RESINA



PRIMERA MANO DE  
MATE



OBRA EN PROCESO



SISTEMA DE REVESTIMIENTO  
C/FLEX

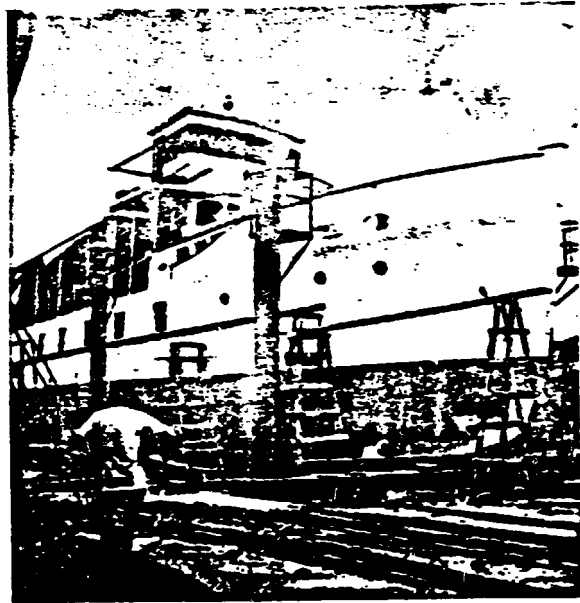


APLICACION DEL C/FLEX  
(AREA LIBRE)

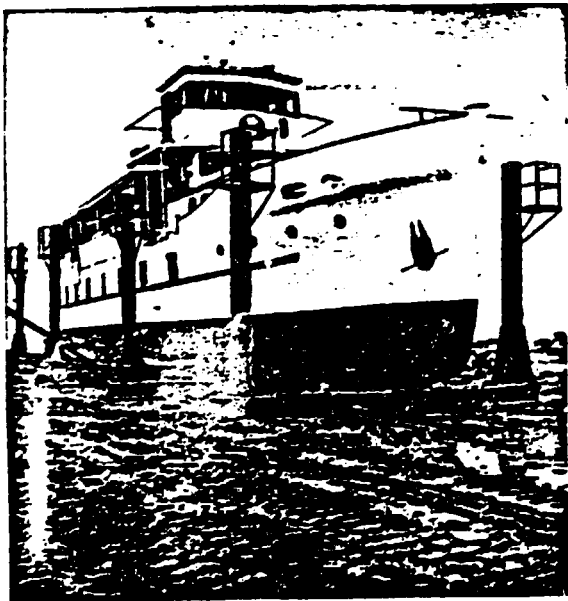


APLICACION DE TALCO  
( ACABADO - FINAL )





PINTURA  
PRIMERA-MANO



PINTURA  
SEGUNDA - MANO



BOTADURA DE LA NAVE



