



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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.

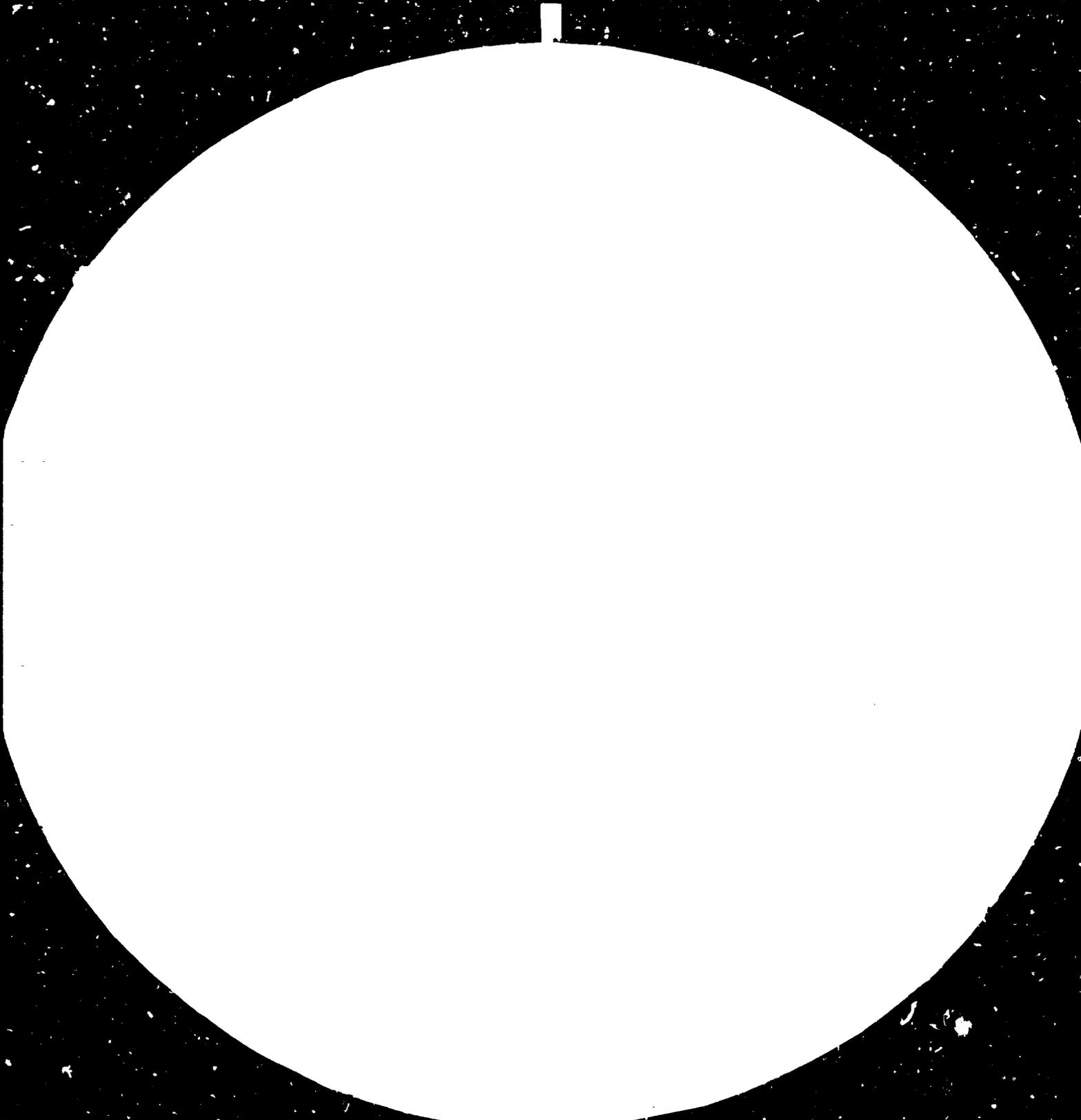
FAIR USE POLICY

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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





12174



Distr.
LIMITADA

ID/WG.375/17
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

LA CONTAMINACION EN LOS TANQUES
ESTRUCTURALES DE LAS EMBARCACIONES
DE FERROCEMENTO*

preparado por

Evelio Sanchez Yanes**
Antonio Muñoz Guerra**

156

* 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.

** Experto naval, CEPRCNA.

1.- Introducción

2.- Desarrollo del trabajo con el producto supersello

3.- Discusión de los resultados.

4.- Conclusiones

5.- Empleo del aditivo como impermeabilizante en masa.

6.- Características del aditivo

7.- Materiales

8.- Mortero

9.- Ensayos realizados al mortero

10.- Discusión de los resultados

11.- Conclusiones

12.- Agradecimientos

13.- Bibliografía

1.- INTRODUCCION

Nuestra exposición aborda la problemática de la contaminación del agua potable en los tanques estructurales de las embarcaciones de Ferrocemento y en general de todo el casco, cuestión esta que por su importancia ha demandado su atención y posible solución al respecto.

En los diversos tipos de embarcaciones de Ferrocemento están dispuestos como parte de su estructura tanques que tienen como objetivos almacenar agua potable que servirá para el consumo de la tripulación.

En algunos casos el servicio para el cual fueron concebidos estos tanques se ha visto afectado por la contaminación del agua de mar.

Como se puede observar este problema es producto de que la lámina de Ferrocemento no es lo suficientemente impermeable y por tanto existen filtraciones.

Nuestra línea de trabajo ha estado encaminada en tres direcciones fundamentales. La primera ha consistido en exigir a los Astilleros realizar un eficiente Control de Calidad en el proceso productivo.

La segunda contempla el empleo de sustancias que recubran la superficie de Ferrocemento y que brinden la impermeabilidad necesaria.

Y como tercer aspecto, utilizar en el mortero aditivos que se añadan a la mezcla y garanticen el objetivo perseguido sin afectar los parámetros fundamentales del mortero.

2.- DESARROLLO DEL TRABAJO

En las diferentes etapas del proceso productivo reviste singular importancia la etapa de emplastecido, es decir la colocación del mortero en la estructura de malla-alambrón.

En la medida en que se realice una buena penetración del mortero, éste evitaría que queden equedades, obteniéndose una lámina lo suficientemente homogénea y con los espesores acordes a las especificaciones técnicas.

Con relación a las sustancias que se aplican en la superficie del Ferrocemento se prevee la utilización de resinas. Pero en nuestro caso particular de país importador de este producto resulta desde el punto de vista económico no factible el empleo de este material es por ello que nuestro trabajo ha estado encaminado a utilizar un material que su costo de producción no sea elevado y a la vez sea de fabricación nacional.

Por lo anteriormente expresado se concretó un Convenio de Colaboración entre nuestro Centro de Proyectos y Tecnología Naval y el Centro Técnico de la Construcción y los Materiales (CTCM) en el cual se contempla en sus tareas la impermeabilización en las láminas de Ferrocemento.

El primer ensayo se realizó utilizando silicato de sodio, aplicándole a la superficie de ferrocemento y posteriormente se sumergió en agua salada, notándose a las pocas horas una reacción química al formarse en la superficie de la probeta un precipitado blanco, a causa del ataque de los sulfatos del agua de mar, lo que nos indicó que el producto utilizado era fácilmente atacable por los sulfatos de calcio y magnesio que se encuentran en el agua.

El segundo ensayo se realizó utilizando el material cementoso "Supersello" que se emplea para impermeabilizar los techos de las viviendas que tienen losa de hormigón armado. //

Para realizar la investigación se confeccionó un recipiente de (0,5 x 0,5 x 0,5 mts.) de ferrocemento que tuviera una deficiente impermeabilidad con vistas a que el material tuviera que sellarlo en condiciones críticas, lo cual no es así en la realidad; ya que en las embarcaciones lo que se produce en la mayoría de los casos son filtraciones por capilaridad.

Antes de realizar la aplicación del impermeabilizante se llenó de agua el recipiente y a las 24 horas se comprobó que permeaba más de 1 litro/hora, lo cual se confirmó que el módulo era buena muestra para el ensayo, además que como veremos en el método de aplicación la superficie donde se dará el impermeabilizante debe ser sometida con humedad 24 horas antes.

La primera capa de impermeabilizante se aplicó y se dejó curar durante 24 horas, luego se colocó el módulo de ensayo en un tanque lleno de agua, lo cual crea semejanza de las condiciones con que está el tanque de agua en la embarcación.

Se aplicó la segunda capa y a las 24 horas sólo había sectores de humedad en el tanque pero sin filtraciones. Luego se dio la tercera capa y desaparecieron los sectores de humedad por lo que se comprobó que el Superselle resolvería el problema de impermeabilización en las embarcaciones de Ferrocemento.

La metodología de aplicación del Superselle es como sigue:

1ª Capa

1ª etapa: 2 Kg de Superselle

550 ml de agua de preparación

2ª etapa: Mezclar hasta formar una masa húmeda y dejar en reposo durante 20 minutos.

3ª etapa: 500 ml, agua de laborabilidad y mezclar hasta formar la solución.

4ª etapa: Aplicación con una brocha a toda la superficie cuidando que la misma quede bien impregnada .

Nota: La laborabilidad de esta 1ª capa se comprueba con la brocha, ya que al sacarla de la solución, la misma debe gotear lentamente.

2ª Capa

1ª etapa: 2 Kg de superselle

550 ml agua de preparación

2ª etapa: Mezclar hasta formar una masa húmeda y dejar en reposo durante 20 minutos

3ª etapa: 400 ml, agua de laborabilidad y mezclar hasta formar la solución.

4ª etapa: Aplicación con una brocha a toda la superficie cuidando que la misma quede bien impregnada

Nota: La laborabilidad de esta 2ª capa se comprueba con la brocha, ya que al sacarla de la solución la misma no puede gotear el material.

Se hace necesario tener en cuenta toda una serie de precauciones antes de aplicar el Supersello:

- 1.- La superficie tiene que estar húmeda
- 2.- La superficie de aplicación tiene que estar bien limpia
- 3.- Todas las capas se darán impregnando bien la superficie
- 4.- Después de la aplicación de cada capa de la misma debe cubrirse con una manta de polietileno para evitar que se pierda la humedad muy rápidamente; si fueran recipientes, los mismos se cerrarían después de la aplicación de cada capa.
- 5.- El tiempo mínimo a esperar entre la aplicación de una capa y la otra no debe ser menor de 2 horas.
- 6.- Al ponerse en uso el recipiente es necesario hacer lo siguiente:
 - Se llenará de agua manteniéndola durante 72 horas.
 - Se vaciará el recipiente y se llenará de nuevo
 - Pasadas 24 horas se tomará una muestra y se probará y si la misma no tiene el sabor que le imprime el impermeabilizante ya puede ponerse en funcionamiento.
 - Si la prueba del agua no dio positiva se esperan otras 72 horas, se vuelve a vaciar el recipiente y cuando se llene de nuevo se podrá poner en uso.

Después de haber realizado los ensayos a nivel de laboratorio y prescribir una metodología de aplicación del producto se llevó de forma experimental a la práctica por lo que empleó el producto en tres tanques de embarcaciones que se encontraban en explotación con el fin de hacer comprobaciones preliminares.

3.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Haciendo una valoración de los resultados obtenidos en la etapa de laboratorio éstos arrojan posibilidades que hacen factible el ulterior desarrollo de la investigación; como consecuencia se decidió ponerla en práctica en las embarcaciones. A las embarcaciones que se utilizaron como pruebas se les efectuaron inspecciones y se realizó un muestreo del agua haciéndose análisis químicos, los cuales presentaron resultados negativos.

4.- CONCLUSIONES

Dada la forma satisfactoria de los resultados obtenidos hasta aquí, se proyectó hacer extensivo el empleo del "Supersello" en un número mayor de tanques de embarcaciones lo cual sería más representativo y daría las conclusiones finales. Además a partir de aquí puede hacerse extensivo a todo el

5.- EMPLEO DEL ADITIVO COMO IMPERMEABILIZANTE EN MASA

Como desarrollo de la tercera línea después de la selección de las dosificaciones que más se ajustaron a nuestras condiciones de trabajo se comenzó a trabajar con aditivos de tipo impermeabilizantes.

En este caso resumimos el trabajo y los resultados obtenidos con el aditivo Pezzolith 322 N de origen canadiense.

6.- CARACTERISTICAS DEL ADITIVO

Es un líquido carmelita soluble en agua que de acuerdo a las recomendaciones del fabricante se comporta como un reductor de agua.

Este se encuentra formado por polímeros cumpliendo con los requerimientos de la norma ASTM (C494 tipe A).

El proveedor es la Company Master Builden Limited (Cánadá).

En cuanto a sus propiedades plásticas:

- Este aditivo aumenta la laborabilidad.
- Reduce la segregación.

En cuanto a resistencia:

- Aumenta la resistencia a compresión y a flexión.
- Reduce la permeabilidad
- Incrementa la densidad
- Disminuye la cantidad de aite en el mortero.
- Se recomienda su empleo en hormigones de todo tipe incluyendo pretensados.

Dosificación (según el fabricante)

325 mls. (de aditivo) \pm 65 mls. por cada 100 Kgs.

6.1 Análisis químico de aditivo comparado con la especificación del fabricante.

	Especificación	Valor obtenido
Peso específico (gr/cm ²)	1.20	1.19
Concentración	40 %	40,24 %
Ión Clorure %	-	-

7.- MATERIALES

7.1 Arena

La arena empleada es procedente del yacimiento de Buena Vista, Isla de la Juventud la cual según investigación realizada anteriormente cumple con los requerimientos de las normas en cuanto a granulometría y contenido químico (Ver informe "Caracterización del mortero")

7.1.1 Granulometría

El ensayo de granulometría del árido se realizó según la norma NC SA-030

- Análisis granulométrico

Tabla I Análisis Granulométrico

No. Tamiz	% Pasado Arena	% Pasado Especific. Técnica (Cubana)
4	100	100
8	99,4	100
16	87,6	100-70
30	61,4	70-45
60	32,4	40-30
100	12	15-5
200	1	1
Módulo de finura	2,07	1,75/2,5

7.2 Cemento

En el estudio se emplearon 2 cementos: uno con fecha de entrada 14-12-81 y otro con 15-1-82; no obstante esto no influyó en los resultados obtenidos.

7.2.1 Análisis químico

Componentes

Fecha del cemento

14-12-81

15-1-82

Cont. 7.2.1

Componente	Fecha del cemento	
	14-12-81	15-1-82
AlO ₃	5,27 %	4,95 %
Fe ₂ O ₃	3,44 %	3,74 %
CaO	64,89 %	64,83
MgO	0,66 %	0,88 %
SO ₃	2,41 %	2,40 %
PPI	1,98	1,69

7.2.2 Ensayos físico-mecánicos

Los ensayos físico-mecánicos se efectuaron según la norma NYRCO para ensayos normalizados de cemento obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla de Resistencia (Kg/cm²)

Fecha de entrada del cemento	Tipo de ensayo	Edades a ensayar		
		3 días	7 días	28 días
14-12-81	Compresión	134,37	181,04	264,06
	Flexión	35,56	42,43	43,95
15-1-82	Compresión	175,45	296,35	375,24
	Flexión	35,38	62,40	86,30

Los cementos empleados fueron del tipo P-350 de la fábrica Las Cañas cumpliendo con los requerimientos establecidos para estos casos.

8.- MORTERO

Tomando las dosificaciones recomendadas en el informe de "Caracterización del Mortero" para el empleo en ferrocemento nos dimos a la tarea de combinarlas con el aditivo.

Partiendo de las relaciones arena/cemento 1:1,75 y 1:2 con las relaciones agua/cemento de 0,43 para ambas, se confeccionaron patrones identificados por la letra Z y Z-P para la relación arena/cemento (1:1,75) H y H-0 para la relación arena/cemento (1:2) con vistas a compararlas con las que tienen aditivo.

8.1 Preparación del mortero

Las mezclas se prepararon según la norma ISO-R-679 que rige la operación del mezclado de mortero normalizado. La dosificación fue gravimétrica empleando para ello una balanza de una precisión igual a 2 grs.

El moldeo se realizó en moldeo "NYRCO" de 4 x 4 x 16.

8.2 Dosificación del aditivo

Teniendo en cuenta las recomendaciones del productor se tomó el siguiente ran go de trabajo:

260 mlts. de aditivo por cada 100 Kgs de cemento, (a esta dosificación lo llamaremos I)

325 mlts de aditivo por cada 100 Kgs de cemento, (a esta dosificación lo llamaremos II)

390 mlts. de aditivo por cada 100 Kgs de cemento,(a esta dosificación lo llamaremos III)

Para muestras, cantidades y dosificaciones de mortero.

Tabla de dosificaciones

Ident.	Rel arena/cemento	Cantid.de cemento(grs)	Cant. de aditivo(grs)	Dosificación del producto
Z	1:1,75	655	0	-
Z-P	"	"	0	-
Z-1	"	"	1,7	I
Z-2	"	"	2,128	II
Z-3	"	"	2,55	III
H	1:2	600	0	-
H-1	"	"	1,7	I
H-2	"	"	2,128	II
H-3	"	"	2,55	III

8.3 Curado de las probetas

El curado se efectuó en una cámara húmeda manteniendo un régimen de temperatura-humedad adecuado con vistas a lograr altos valores de resistencia a compresión y flexión.

9.- ENSAYOS REALIZADOS AL MORTERO

9.1 Ensayos a flexión

Los ensayos a flexión se efectuaron siguiendo las orientaciones de la norma ISO-R-679.

El equipo de ensayo empleado es capaz de generar y aplicar cargas menores de 1000 Kgf con una precisión de 1 % por sobre 4/5 de su amplitud.

A su vez la máquina se proveerá de un dispositivo de flexión el cual posee 2 rodillos de soporte que posee 10 mm de diámetro espaciado a 100 mm.

El tercer rodillo, el de carga, de igual diámetro se situará entre ambos.

9.2 Resistencia a compresión

Después de ensayada a flexión cada medio prisma deberá ser ensayada a compresión sobre la cara lateral moldeada en una sección de 40 x 40 mm entre 2 planchas de acero de 10 mm de espesor y de $40 \pm 0,1$ mm según norma ISO-R-679 de anclajes, empleándose para ello un dispositivo de un área de 16 cm² elaborados con una precisión de 0,01 mm.

9.3 Ensayos de absorción

Este ensayo consiste en determinar la absorción de un mortero sumergido en el agua mediante los cambios de su peso.

Para ello se tomaban los testigos, se pesaban inmediatamente después de ser desmoldeados y se sometían a calor en una estufa con vistas a extraer la humedad y llevarlo a peso constante. Posteriormente se sumergían en agua efectuando pesados diarios hasta que el peso no variara. Tomándose como datos el peso inicial y el final se calculaba el % de absorción en cada probeta.

9.4 Disminución de la relación agua/cemento

Al añadir el aditivo Pozzolith 322 n a morteros con las relaciones 1:1,75 y 1:2 notamos disminuciones de la relación agua/cemento las cuales se preser

9.1 .- Tabla de resistencia a flexión

Identificación	Relac. arena/cemento	Cantid. aditivo (mlts)	24 horas			3 días			7 días			28 días			Relac. agua/cemento
			X	Y	S	X	Y	S	X	Y	S	X	Y	S	
Z	1:1,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,11	6,62	5,90	0,43
Z-P	1:1,75	0	41,96	7,35	3,08	64,58	5,82	3,76	-	-	-	80,23	8,65	6,98	0,43
Z-1	"	1,7	31,35	6,96	2,18	67,15	6,07	4,74	80,15	5,12	4,10	84,13	8,49	7,14	0,36
Z-2	"	2,128	38,53	21,11	8,13	77,22	5,53	4,27	88,66	3,82	3,38	86,59	5,83	5,05	0,35
Z-3	"	2,55	46,72	5,02	2,34	79,36	6,03	3,50	90,67	6,22	5,64	95,13	2,98	2,117	0,35
H	1:2	0	-	-	-	63,02	2,73	1,72	73,32	3,00	2,20	81,51	7,06	5,75	0,40
H-0	"	0	-	-	-	66,92	2,96	1,98	-	-	-	84,04	7,47	6,27	0,43
H-1	"	1,7	-	-	-	70,98	6,77	4,80	43,98	12,06	52,49	72,54	14,66	10,63	0,40
H-2	"	2,128	-	-	-	78,78	2,52	1,98	88,14	3,31	2,01	90,48	2,43	2,20	0,39
H-3	"	2,55	-	-	-	77,61	1,88	1,45	86,19	5,46	4,71	99,60	7,07	6,61	0,38

9.2 Tabla de resistencia a la compresión

Identificac.	Relación aren/com.	Relación agua/com.	Cant. Aditiv. (mlts)	24 hrs.			3 días	
				X	V	S	X	V
Z	1:1,73	0,43	0	-	-	-	-	-
Z-R	"	0,43	0	152,08	4,20	6,66	313,54	4,62
Z-1	"	0,36	1,7	130,78	8,23	10,77	329,63	19,33
Z-2	"	0,35	2,128	161,97	25,55	41,39	396,09	12,66
Z-3	"	0,35	2,55	205,20	5,90	12,12	413,90	9,38
4	1:2	0,40	0	-	-	-	280,20	2,38
4-0	"	0,43	0	-	-	-	266,66	6,15
4-1	"	0,40	1,7	-	-	-	332,81	3,74
4-2	"	0,39	2,128	-	-	-	409,89	6,53
4-3	"	0,38	2,55	-	-	-	393,74	5,24

7 dias			28 dias			
S	X	V	S	X	V	S
-	-	-	-	473,43	13,7	60,14
14,50	-	-	-	514,94	7,73	39,83
63,76	369,	12,21	47,54	468,20	8,76	41,04
66,14	531,8	9,41	50,15	655,93	3,51	23,05
38,94	561,30	10,22	57,41	620,83	5,78	75,93
6,66	405,2	9,31	37,74	487,18	9,12	44,44
16,40	-	-	-	466,40	9,72	45,77
6,77	434,85	12,06	52,49	546,04	8,14	44,14
26,78	513,50	12,40	63,67	627,08	3,97	24,91
20,64	506,87	4,07	20,76	588,93	14,04	82,31

- 22 -

9,3- Tabla de absorción.

No.	Identificación	Relación arena/cemento	Relación agua/cemento
1	Z	1:1,75	0,43
2	Z-P	"	0,43
3	Z-1	"	0,38
4	Z-2	"	0,38
5	Z-3	"	0,38
6	4	1:2	0,43
7	4-0	"	0,43
8	4-1	"	0,40
9	4-2	"	0,39
10	4-3	"	0,38

Cantidad de aditivo (mlts)	% de absorción.
0	8,37
0	8,37
1,7	8,94
2,128	8,34
2,55	8,23
0	9,62
0	10,44
1,7	8,13
2,128	7,87
2,55	7,34

9.4.- Tabla de la disminución de la rel. agua/cemento

No.	Identificación	Cantidad de aditivo (mlts)	Relación arena/cemen.	Relación agua/cemen.	% de disminución de la rel. agua/cemento
1	Z	0	1:1,75	0,43	-
2	Z-P	0	"	"	-
3	Z-1	1,7	"	0,36	16,3
4	Z-2	2,128	"	0,35	18,61
5	Z-3	2,55	"	0,35	18,61
6	H	0	1:2	0,43	-
7	H-0	0	"	"	-
8	H-1	1,7	"	0,40	6,98
9	H-2	2,128	"	0,39	9,31
10	H-3	2,55	"	0,38	11,63

9.5 Fluidez

La fluidez se mantuvo constantemente durante la elaboración del mortero (80-95) con vistas a eliminar esta posible variable.

El intervalo tomado se basó en la experiencia de los trabajadores de los astilleros en cuanto a laborabilidad de la mezcla por parte de los obreros para una mejor penetración del mortero en la malla teniendo en cuenta muestras condiciones. propias.

10.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS

- .- En cuanto a la resistencia a compresión los mejores resultados tanto en la relación cemento/arena 1:1,75 como 1:2 se obtienen con la dosificación No. II que corresponde a 325 mlts. de aditivo por cada 100 Kgs de cemento. La resistencia a compresión es mayor de los 400 Kg/cm² en ambos casos.
- .- Los mejores valores de resistencia a flexión se obtuvieron en ambos casos para la dosificación de aditivo No. III e sea de 390 mlts. de aditivo por cada 100 Kgs de cemento.
- .- En general el aditivo funciona como reductor de agua, disminuyendo los valores de la relación agua/cemento en la medida que se aumenta la cantidad de aditivo.

Es bueno señalar que para la relación cemento/arena 1:1,75 el aditivo disminuyó más la relación agua/cemento que en el caso de la relación 1:2 cemento/arena.

- .- A medida que se aumentaba la cantidad de aditivo se disminuía el % de absorción en ambas relaciones siendo menor este % en la relación cemento/arena 1:2.

11.- CONCLUSIONES

- .- Teniendo en cuenta las altas resistencias a compresión obtenidas (sobrepasan los valores de 400 Kg/cm² a 28 días) en ambas relaciones se recomienda ver la posibilidad de disminuir el contenido de cemento en la mezcla.
- .- Con vistas a aumentar la resistencia a compresión en el mortero se recomienda el empleo de la II dosificación del aditivo (o sea 325 mlts de aditivos por cada 100 Kgs. de cemento)
- .- Se comprobó el funcionamiento del aditivo como reductor de agua y plastificante siendo más influyente en la relación arena/cemento de 1:2.
- .- Se recomienda el empleo de la dosificación No. II (325 mlts. de aditivo por cada 100 Kgs. de cemento) con vistas a lograr los menores valores de absorción en la mezcla del mortero siendo mejor este comportamiento en las relaciones de cemento/arena 1:2.

12.- AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración ofrecida por los Compañeros del Centro Técnico de la Construcción y los Materiales y muy particularmente a la Ing. Elena Téllez Girón y el Arquitecto Francisco Urrutia.

A su vez queremos hacer patente la ayuda prestada por los Compañeros de la Cooperativa Pesquera de Cojimar.

13.- BIBLIOGRAFIA

- Informe sobre el estudio de los áridos para embarcaciones de ferrocemento. Caracterización y composición de mezclas de máxima compacidad.

C.T.C.M - CEPRONA

- Informe sobre caracterización del mortero para embarcaciones de ferrocemento.

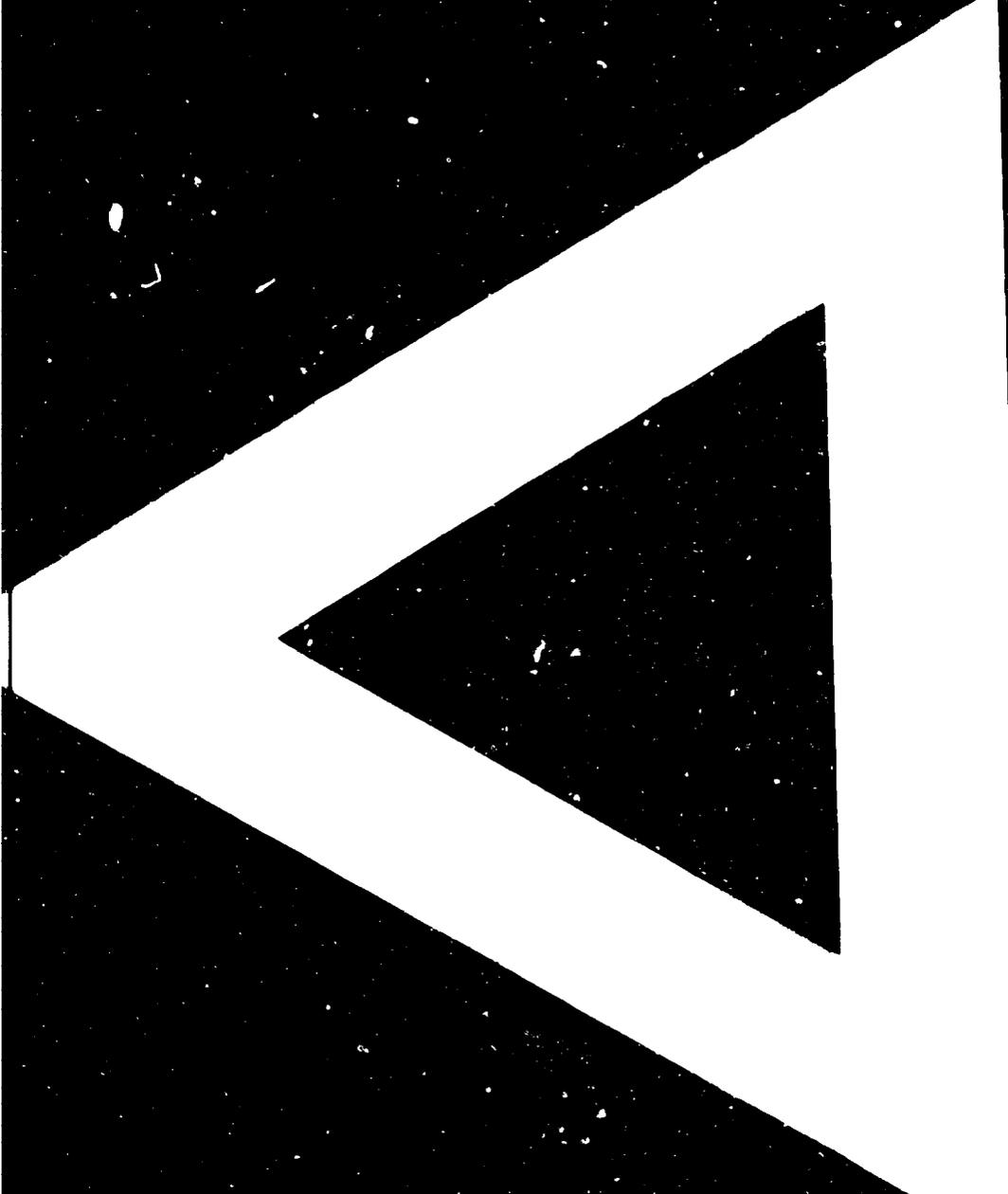
C.T.C.M - CEPRONA

- Materiales para la construcción de los cascos de ferrocementos. Requisitos técnicos. Norma Ramal CDU 625.12.011.12 (Cuba).
- Informe sobre el empleo de aditivos plastificantes en el hormigón. Autor Ing. Elena Téllez.

C.T.C.M - MICONS

- Métodos de ensayos de los cementos. Recomendación ISO-R-679
- Norma: Requerimientos técnicos ASTM C494 tipo A.





...the ...

...the ...