

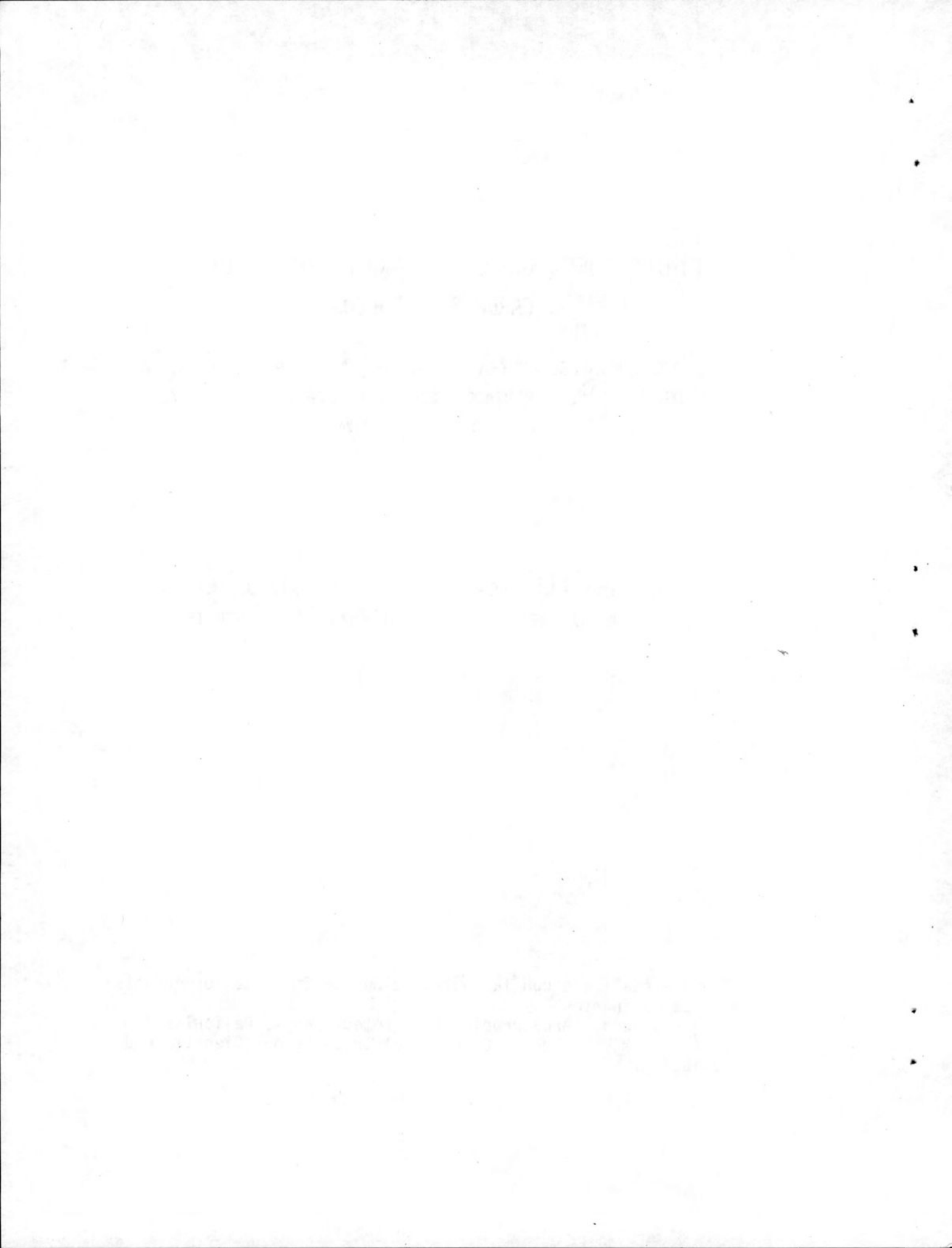
PINTURAS ANTICORROSIVAS PARA LA PROTECCION DE
CARENAS DE BARCOS

X. INFLUENCIA DEL PRETRATAMIENTO DE LA SUPERFICIE METALICA
Y DEL ESQUEMA DE PINTADO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS
REVESTIMIENTOS EPOXIBITUMINOSOS*

ING. QUIM. JUAN J. CAPRARI**, LIC. BEATRIZ DEL AMO,
QCO. MIGUEL J. CHIESA Y TCO. QCO. ROBERTO D. INGENIERO

* Trabajo realizado con la contribución económica de los organismos patrocinantes.

** Responsable del Area Propiedades Protectoras de Películas de Pintura y Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET.



SUMMARY*

The employ of coal tar in the formulation of protective coatings has certain advantages over the employment of petroleum derived products, specially considering the resistance of the film to chemical agents.

The film thus obtained is brittle and fragile at low temperature, very difficult to apply under cold conditions and it tends to sag when the ambient temperature increases. The thermoplastic characteristics of the coal tar may be modified by the incorporation of epoxy resins. After being cured these resins have high mechanic resistance (good adhesion, flexibility, hardness and abrasion resistance) and they show resistance to alkalis, acids and solvents.

The properties of the film are related to the curing agent employed. These agents are amines, polyamides and other resins and they give different characteristics to the coat. It that properties may also influence the temperature and the curing time.

These paints give a physical protection by barrier effect since they do not have inhibitive pigments in the formulation. The substrate will be protected if the paint film neither shows breakdown nor forms pores during drying.

Inquiring into the bibliography on the subject we have found that there is no agreement about the paint system to be used, considering that the most important property is to obtain better protection of the steel immersed in electrolytes or in sea water. So, the influence of the paint system is studied in order to clarify its use, working with paint systems that include different pre-treatments of the surface and the alternative use of intermediate paints. The object is also to establish the adhesion of the intermediate coats over the epoxy coal tar paint on immersed or in water line plates.

The tests were done on panels exposed in the experimental raft of Mar del Plata and they lasted for 15 months. Two epoxy coal tar paints were used, which were identified with the letters A and B. Their characteristics are shown in the tables included in the paper.

The intermediate coats were formulated keeping constant the binder composition (type and contents of resin and plasticizer). The samples differ in the pigment composition. No leafing type aluminium and red iron oxide were employed as pigments in the intermediate paints.

The boot topping paints (water line) were prepared using as binder chlorinated rubber 10 cP and different resin/plasti-

cizer ratios (10/1, 6/1 and 4/1, W/W). They were pigmented with titanium dioxide and extenders, and the white colour for pigments was chosen in order to detect easily the presence of rust on the painted surface.

An antifouling paint formulated with chlorinated rubber 20 cP, Rosin WW and plasticizer was applied to the immersed plates. Cuprous oxide, mercurous arsenate and zinc oxide were used as toxicants in the antifouling formulations.

Four different paint systems were tested on the water line plates and another four in the immersed plates. Different film thickness were considered and plates with and without vinyl wash-primer were used.

On the basis of the results obtained in this work it is possible to formulate some technical and economical considerations.

It must be pointed out that similar results were reached with and without intermediate coats and with different thickness in all the plates, partially or completely immersed.

It is necessary to sandblast or gritblast the metallic surface before applying the epoxy coaltar coatings, in order to improve the adhesion of the paint to the substrate. The use of vinyl wash-primer is suitable because it increases the protection.

The barrier effect of the paint system depends on the quality of the epoxy coaltar paint employed. The use of intermediate coatings do not improve the anticorrosion effect but it is necessary to assure good adhesion of the antifouling paints in the immersed plates or in ship's bottoms.

The advisable thickness of a paint system for use in sea water immersion oscillates between 300 and 400 μm , and the thickness of the epoxy coaltar films between 180 and 200 μm .

* Caprari J. J., Del Amo B., Chiesa M. and Ingeniero R. D.- Anticorrosion paints for the protection of ship's hulls. X. Influence of the pretreatment of the metallic surface and of the paint system used on the behaviour of epoxy coaltar paints. CIDEPINT-ANALES, 1979, 225-245.

INTRODUCCION

Dentro de las pinturas denominadas *bituminosas* se incluyen las que emplean materias primas derivadas del petróleo, las elaboradas con asfaltos naturales y con productos bituminosos y también las mezclas de las mismas con poliésteres, caucho clorado, resinas epoxídicas, etc.

Un gran porcentaje de los *asfaltos* usados hasta el presente son sustancias residuales de la destilación del petróleo y sus características varían con el tipo, naturaleza y grado de destilación.

El uso de *alquitrán* o *brea de hulla* como constituyente de películas protectoras tiene como ventaja, sobre los productos derivados del petróleo, el hecho de que permite lograr mejores propiedades de resistencia a los agentes químicos. Tiene sin embargo el inconveniente de producir una película quebradiza y frágil a bajas temperaturas, imposible de aplicar en frío y que se torna muy blanda y presenta tendencia al deslizamiento cuando la temperatura ambiente se eleva (1).

Una forma de mejorar las características termoplásticas del alquitrán es mediante la incorporación de resinas epoxídicas a las formulaciones. Estas resinas, luego de curadas, tienen elevada resistencia mecánica (adherencia, flexibilidad, dureza y resistencia a la abrasión) y resistencia química (a los álcalis, ácidos, disolventes, etc.).

Las propiedades de la película final dependen fundamentalmente del agente de curado o catalizador, dado que la resina epoxídica no polimeriza por sí sola. Estos agentes están constituidos por aminas, poliamidas u otras resinas e imparten características diferentes al producto final, influyendo también los factores temperatura y tiempo.

Luego de su aplicación, las resinas epoxídicas se convierten, por reacciones de entrecruzamiento entre cadenas ("cross-linking"), en estructuras tridimensionales enlazadas por uniones covalentes (2). Esta conversión de sólido soluble en un polímero tridimensional se denomina reacción de curado o de endurecimiento de la resina y puede ocurrir en frío o en caliente, según las materias primas que se seleccionen.

La reacción de curado es irreversible. La mezcla de base y catalizador tiene un vida útil ("pot-life") de 1 a 8 horas, para temperaturas entre 5 y 50°C. Por lo tanto debe prepararse sólo la cantidad de producto a utilizar dentro de ese lapso, pues la reacción continúa

hasta que todo el sistema se transforma en un sólido permanente.

La utilización de alquitrán de hulla o de sustancias bituminosas permite obtener un revestimiento que, manteniendo las características de un producto epoxídico, resulta mucho más económico que el formado sólo por resina y pigmento (3). También mejora la resistencia a ciertos disolventes y prolonga su vida útil frente a los agentes atmosféricos, aunque con tendencia a producir tizado de la superficie por acción de la radiación ultravioleta. En cantidades moderadas la resina epoxídica influye sobre la reología del alquitrán y hace posible su aplicación a temperatura ambiente (4).

Las pinturas epoxibituminosas presentan buena adhesividad sobre metal, concreto y mampostería, son muy impermeables, sufren escasa contracción por curado y tienen gran resistencia a la compresión y a los agentes químicos (tabla I) (5).

Están formuladas para proporcionar películas gruesas, de hasta 125 micrones de espesor por mano. Necesitan una muy buena preparación de la superficie, preferentemente por arenado o por granallado, ya que así se logra mejorar la adhesividad al acero.

La protección que ejercen estas pinturas es de tipo físico, por efecto de barrera, ya que no poseen pigmentos inhibidores. Mientras la capa de pintura aplicada no presente poros ni se produzcan en servicio grietas o roturas en la película el sustrato estará protegido; si aparecen las fallas mencionadas el proceso de oxidación se desarrollará rápidamente pues no estarán presentes sustancias que actúen como retardantes del fenómeno.

En la bibliografía sobre el tema no hay concordancia sobre cuál es el esquema de pintado a utilizar para obtener una mejor protección del acero recubierto con estos productos y sumergido en agua de mar. En algunos casos se la recomienda como pintura de terminación en sistemas con "primers" ricos en cinc con vehículo orgánico o en "primers" de cinc con vehículo inorgánico (silicatos) o su aplicación directa sobre imprimaciones epoxídicas a base de minio (6). En otros se da como conveniente el uso de estos recubrimientos sobre "wash-primer" vinílico, pero se discuten sus condiciones de adherencia sobre el pretratamiento mencionado.

En el presente estudio, se ha tratado de clarificar este punto, trabajando sobre esquemas de pintado que incluyen diferentes *pretratamientos de superficie* y el *uso o no de pinturas intermedias*. Se busca establecer además la adhesión que tienen sobre la pintura epoxibituminosa las pinturas intermedias y los revestimientos aplicados como terminación, tanto en carena como en línea de flotación.

TABLA I. RESISTENCIA COMPARTIVA DE LOS REVESTIMIENTOS EPOXIDICOS Y
Y EPOXIBITUMINOSOS FRENTE A AGENTES QUIMICOS

Reactivo	Esmaltes epoxídicos	Pinturas epoxibituminosas
Agua corriente.....	Regular	Buena
Soluciones salinas.....	Buena	Buena
Soluciones de álcalis:		
a) Hidróxido de sodio diluido.....	Buena	Buena
b) Hidróxido de sodio concentrado.....	*	Buena
c) Hipoclorito de sodio.....	Buena	Buena
d) Detergentes.....	Regular	Buena
Soluciones ácidas:		
a) Acido clorhídrico diluido.....	Regular	Buena
b) Acido clorhídrico concentrado.....	*	Buena
c) Acido sulfúrico diluido.....	Regular	Buena
d) Acido sulfúrico concentrado.....	*	Buena
Disolventes:		
a) Alcohol etílico.....	Buena	Buena **
b) Hidrocarburos alifáticos (kerosene, naftas, agua- rrás mineral, etc.).....	Buena	Buena **
c) Hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, xile- no).....	Buena	Buena **
d) Cetonas, acetatos.....	Regular	Regular
Aceites y grasas vegetales o minerales.....	Buena	Buena

* No aconsejables; ** El líquido colorea en su contacto.

TABLA II. COMPOSICION DE LAS PINTURAS EPOXIBITUMINOSAS

	A	B
<i>Materias volátiles, %:</i>		
de la base.....	21	27
del complemento.....	45	41
<i>Contenido de sólidos, %:</i>		
de la base.....	79	73
del complemento.....	55	59
<i>Composición de los sólidos, %:</i>		
Resina epoxídica.....	44	26
Bitumen (coal-tar pitch).....	28	38
Materiales de carga.....	28	36
Tipo de agente de curado:.....	amina	amina
<i>Tiempo de secado:</i>		
al tacto, minutos.....	35	95
duro, horas.....	5	6

PARTE EXPERIMENTAL

Las experiencias fueron realizadas sobre paneles colocados en balsa experimental de Mar del Plata, durante el período comprendido entre agosto de 1976 y noviembre de 1977 (15 meses).

Se utilizaron dos pinturas epoxibituminosas, que se identificaron con las letras A y B y cuyas características de composición se indican en la tabla II.

Las pinturas intermedias se formularon manteniendo constante la composición del ligante en lo referente al tipo y contenido de resina y plastificante (tabla III). Las muestras se diferencian en la composición del pigmento, habiéndose utilizado aluminio "no leafing" y óxido férrico solos o mezclados en distintas proporciones.

Las pinturas de línea de flotación fueron preparadas empleando caucho clorado de 10 cP y con diferentes relaciones resina/plastificante (10/1, 6/1, 4/1); se pigmentaron con dióxido de titanio y barita (tabla IV). La elección del color blanco se realizó con el objeto de detectar fácilmente la aparición de óxido sobre la superficie pintada.

En carena se empleó una pintura antiincrustante formulada con caucho clorado 20 cP, colofonia (Rosin WW) y un plastificante y pigmentada con óxido cuproso, arseniato mercurioso y óxido de cinc (tabla IV).(7).

Las pinturas mencionadas precedentemente se aplicaron sobre chapas de acero de bajo tenor en carbono, de 1,5 mm de espesor, arenadas a blanco. Los esquemas de pintado ensayados se indican en la tabla V.

En todos los casos el pintado se efectuó a pincel, con 24 horas de secado entre manos. La inmersión se realizó a los siete días de haberse aplicado la última capa de pintura epoxibituminosa, con el objeto de asegurar el correcto curado del revestimiento.

El comportamiento anticorrosivo de los esquemas ensayados fue evaluado de acuerdo con una escala de grados de oxidación elaborada en base a fotografías testigo (8). Dichos grados son: 0 (nada); 1 (muy poco); 2 (poco); 3 (regular); 4 (mucho) y 5 (panel totalmente oxidado).

Se considera que cumplen con el ensayo aquellas muestras que presentan valores no mayores de 2 (poco). La observación se realizó sobre la chapa luego del ensayo y de eliminar la pintura con un removedor adecuado.

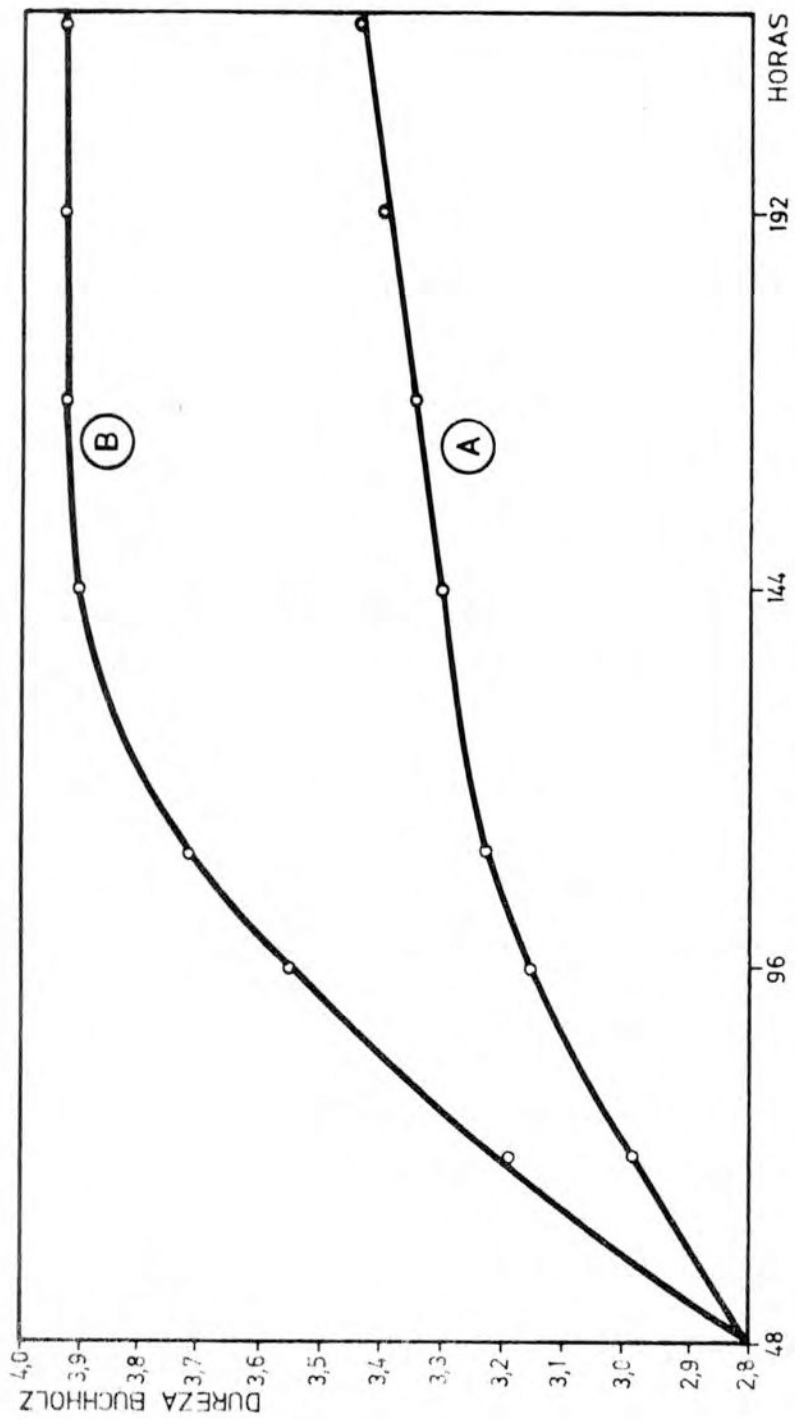


FIGURA 1 - VARIACION DE LA DUREZA BUCHHOLZ EN FUNCION DEL TIEMPO DE CURADO.

TABLA III. COMPOSICION DE LAS PINTURAS INTERMEDIAS

(g/100 g de pintura)

	I1	I2	I3	I4	I5
<i>Composición de la pintura:</i>					
Pigmento.....	26,9	24,3	22,6	21,0	19,3
<i>Vehículo:</i>					
Sólidos (ligante).....	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3
Disolventes y diluyentes....	44,8	47,4	49,1	50,7	52,4
<i>Composición del pigmento:</i>					
Oxido férrico artificial....	-	4,6	9,2	13,8	18,4
Aluminio "no leafing".....	26,0	18,8	12,5	6,3	-
Oxido de cinc.....	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<i>Composición del vehículo:</i>					
Caucho clorado 20 cP.....	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Plastificante.....	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
Solventes y diluyentes.....	44,8	47,4	49,1	50,7	52,4

TABLA IV. COMPOSICION DE LAS PINTURAS DE TERMINACION
(g/100 g de pintura)

Pinturas	LF	LF-1	LF-2	AF
<i>Composición del pigmento:</i>				
Dióxido de titanio.....	22,8	22,1	21,1	-
Barita.....	16,4	15,1	15,6	-
Oxido cuproso.....	-	-	-	45,7
Arseniato mercurioso.....	-	-	-	10,0
Oxido de cinc.....	-	-	-	4,5
<i>Composición del vehículo:</i>				
Caucho clorado 10 CP.....	17,2	17,2	17,2	-
Caucho clorado 20 CP.....	-	-	-	5,7
Rosin WW.....	-	-	-	5,8
Aditivos.....	3,6	4,9	6,2	3,3
Solventes y diluyentes...	40,0	40,7	39,9	25,0

Los ensayos de control de calidad de las dos muestras citadas se efectuaron de acuerdo con lo indicado en la norma IRAM 1197; la dureza de la película de las pinturas A y B se efectuó aplicando el método de Buchholz (Norma DIN 53153).

DISCUSION DE RESULTADOS

El objetivo fundamental del presente trabajo es el de establecer la influencia del *pretratamiento de la superficie metálica* y del *esquema de pintado* elegido, cuando se aplican sistemas protectores que, como en este caso, actúan por *efecto de barrera* e involucran pinturas epoxibituminosas.

En las construcciones navales nuevas y en todas aquellas embarcaciones donde la capacidad operativa debe mantenerse por lapsos prolongados, es necesario aplicar una *imprimación que contenga pigmentos inhibidores* o un *acondicionador de superficies* ("metal conditioner" o "wash primer") que complemente dicho efecto.

El excelente poder inhibidor que se obtiene por el uso de "wash primer" se debe a que, una vez aplicado en muy bajos espesores (máximo 10 micrones), se forman compuestos complejos que actúan pasivando dicha superficie y mejorando la adherencia del resto del sistema.

Lo expuesto precedentemente queda confirmado por el análisis de los resultados obtenidos en los paneles de balsa experimental luego de 15 meses de inmersión.

Para el caso de los esquemas utilizados en *línea de flotación*, los mismos se resumen en la tabla VI, donde se indican los valores máximos de oxidación observados para cada una de las muestras.

No se encuentran diferencias en el comportamiento del sistema, cuando sobre la muestra epoxibituminosa A se aplican pinturas intermedias de diferente composición. Se alcanza un grado de oxidación máximo de 1 (muy poco) para las muestras I₃ (línea de flotación LF y LF-1), I₁ e I₄ (línea de flotación LF-1) y de 2 (poco) para las muestras I₄ e I₅ (línea de flotación LF) y para I₂ (línea de flotación LF-1).

Con la muestra B, se obtienen valores máximos de 2 (poco) para las intermedias I₄ (línea de flotación LF-1 y LF-2) e I₅ (línea de flotación LF-1). La oxidación de los paneles restantes se sitúa entre 0 (nada) y 1 (muy poco); esto pone de manifiesto la *mayor capacidad anticorrosiva* del esquema n° 1 respecto al esquema n° 2, ya que para este último y en ambas muestras, el grado de oxidación lle-

TABLA V. ESPEORES DE PELICULA Y ESQUEMAS DE PINTADO UTILIZADOS EN CARENA Y EN LINEA DE FLOTACION

Esquema	Características	Espesor línea de flotación (μ)			Espesor carena (μ)				
		Fondo	Intermedia	Terminación	Total	Fondo	Intermedia	Terminación	Total
1	A + WP + 3 EB + 2 I + 2 T ...	295	45	190	530	285	45	100	430
2	A + 3 EB + 2 I + 2 T	290	45	190	525	280	45	75	400
3	A + WP + 2 EB + 2 T	185	-	180	365	-	-	-	-
4	A + 2 EB + 2 T	180	-	180	360	-	-	-	-
5	A + WP + 2 EB + 1 I + 2 T....	-	-	-	-	185	25	95	305
6	A + 2 EB + 1 I + 2 T	-	-	-	-	180	25	95	300

Clave de la tabla: A, arenado; WP, "wash primer" vinílico; EB, pintura epoxibituminosa; I, pintura intermedia; T, pintura de terminación (línea de flotación o antiincrustante, según corresponda); el número que se antepone a dicha abreviatura corresponde al de manos aplicadas.

ga a valores que van desde 3 (regular) hasta 4 (mucho). La diferencia entre ambos reside en el tratamiento de superficie realizado: arenado y pintado con "wash-primer" vinílico en el primero (fig. 2) y solamente arenado en el último.

La evaluación de los paneles protegidos con el esquema n° 3 confirma estos resultados y permite establecer la diferente calidad de las pinturas epoxibituminosas ensayadas. La muestra B alcanza un grado de ataque máximo de 1 (muy poco) en comparación con el obtenido para la muestra A, que es de 3 (regular) con terminación LF y LF-2, mientras que dicho valor asciende a 5 (totalmente oxidado) para la terminación LF-1.

Estos resultados indican que el poder protector de este esquema es comparable al que se consigue utilizando el n° 1, aún cuando tiene menor espesor de película (esquema n° 1, 530 micrones; esquema n° 3, 365 micrones), debido a que se ha aplicado una mano menos de pintura epoxibituminosa y a la ausencia de intermedia.

Queda claramente establecido que la composición de la pintura intermedia no influye sobre los resultados, ya que se obtienen valores similares para aquellos esquemas que tienen aplicados productos a base de un pigmento inerte (como es el óxido férrico) o los que contienen un pigmento laminar (aluminio). Este último se introduce en la formulación para aumentar la impermeabilidad del sistema cuando el mismo es sometido a condiciones de inmersión parcial (línea de flotación) o total (carena).

El uso de pinturas intermedias se justifica teniendo en cuenta la forma en que actualmente se trabaja en la industria naval, donde el pintado se realiza a medida que avanza las etapas de construcción del casco (8). En esas condiciones la pintura epoxibituminosa está expuesta a la intemperie durante un lapso prolongado, lo que reduce la adherencia de las manos sucesivas y permite la acción agresiva de la luz solar, que deteriora la película y produce tizado. La pintura intermedia protege el revestimiento epoxibituminoso y lo preserva de la acción mencionada y constituye, además, una excelente base para la aplicación de la pintura antiincrustante.

Comparando los resultados del esquema n° 3 con los del esquema n° 4 surge claramente la importancia que tiene el empleo de "wash-primer" vinílico como pretratamiento de superficie. La muestra B, que tiene un comportamiento excelente en el primer caso (oxidación 1, muy poco) (fig. 3), pasa a valores de 4 (mucho) cuando se la emplea en el esquema n° 4 como consecuencia de que la misma fue aplicada en este último caso directamente sobre la chapa arenada.

Las variantes introducidas en la relación resina-plastificante (10/1, 6/1 y 4/1) para las pinturas de línea de flotación, no influyen sobre el comportamiento del esquema, al obtenerse resultados similares en todos los casos, ya que no se modifica significativamente la permeabilidad del sistema y tampoco, en consecuencia, el efecto de "barrera".

TABLA VI. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS CON LAS PINTURAS EPOXIBITUMINOSAS A Y B
A NIVEL DE LÍNEA DE FLOTACION-GRADO DE OXIDACION, ESCALA 0-5

	Línea de flotación LF		Línea de flotación LF-1		Línea de flotación LF-2	
	A	B	A	B	A	B
1. Con pintura intermedia:						
Esquema 1: I-1	3	0	1	0	3	1
I-2	3	1	2	1	3	1
I-3	1	0	1	1	3	1
I-4	2	1	1	2	3	2
I-5	2	1	3	2	3	1
Esquema 2:						
I-1	3	3	3	3	3	3
I-2	3	3	3	3	3	3
I-3	3	3	3	3	3	3
I-4	3	4	3	3	3	3
I-5	3	4	5	3	3	3
2. Sin pintura intermedia:						
Esquema 3: -	3	1	5	1	3	1
Esquema 4: -	3	3	3	3	3	3

Este parámetro no varía la resistencia mecánica de la película de pintura de terminación, ya que la abundante fijación de fouling observada a este nivel no produjo deterioro de la misma. La dureza de la cubierta que proporcionan las tres muestras es suficiente como para resistir la acción de raspado que tiene lugar cuando con una espátula se remueven los organismos calcáreos firmemente adheridos.

Se ha observado cambio en el color del "film", que se fue oscureciendo paulatinamente en la parte emergida del panel. La composición de las pinturas empleadas no permite suponer alteración de ninguno de sus componentes. Este efecto, que se aceleró durante el verano (es decir en el período diciembre-marzo), debe atribuirse a migración del bitumen desde la pintura epoxibituminosa a través de la intermedia hasta llegar a la pintura de línea de flotación, debido a la acción de la luz solar (fracción infrarroja), que calienta la superficie.

Lo expuesto precedentemente fue confirmado mediante la realización de dos ensayos adicionales: uno de envejecimiento acelerado durante 240 horas (Weather Ometer Atlas XW Sunshine Arc), sometiendo los paneles a la acción de la luz de arco, con elevación de temperatura y choque térmico por pulverización con agua y un ensayo de calentamiento exclusivamente, donde paneles similares se colocaron en una estufa a 60°C durante un lapso similar al anteriormente mencionado.

En ambos casos se reprodujo la alteración observada en servicio. De ello se deduce que el parámetro fundamental que provoca la aparición de dicha falla es el aumento de la temperatura.

Los resultados obtenidos en los *ensayos de carena* (tabla VII) son similares a los de línea de flotación. El mejor comportamiento corresponde también a los esquemas con "wash primer" vinílico (n° 1 y n° 5) (fig. 4). Se ha observado ampollado de la película de pintura epoxibituminosa A en los paneles protegidos con los esquemas n° 2 y n° 6, lo que confirmaría que posee un efecto protector inferior al que se obtiene con la muestra B en estas condiciones de servicio (fig. 5).

El ampollado a que se hace mención está determinado por problemas de permeabilidad, absorción de agua y distensión de la película. La formación de ampollas es índice de un fenómeno osmótico, que permite la llegada del electrolito a la interfase película/sustrato, por transporte del mismo a través del "film". Su presencia en dicha interfase reduce la adhesión de la película a valores tales que permiten la formación de ampollas (9).

La dureza final del revestimiento depende del grado de curado que se alcance. El estudio de los mecanismos involucrados indica que el curado comienza en varios puntos separados de la película, con formación inicial de cadenas lineales y ramificadas y avanza con mayor o menor rapidez (en función de la temperatura ambiente) hasta que se forma un polímero, con entrecruzamiento de cadenas.

TABLA VII. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS CON LAS PINTURAS EPOXIBITUMINOSAS A Y B EN PANELES DE CARENA-GRADO DE OXIDACION, ESCALA 0-5

Esquema n°	Pintura epoxi- tuminosa	Paneles sin pin- tura intermedia	Paneles con pintura intermedia				
			I-1	I-2	I-3	I-4	I-5
1	A	1	1	1	1	1	1
	B	1	0	1	1	0	0
2	A	3 (*)	3 (*)	5 (*)	5 (*)	3 (*)	3 (*)
	B	3	3	2	2	2	2
5	A	1	0	1	1	1	1
	B	1	0	1	1	1	1
6	A	3 (*)	3 (*)	5 (*)	5 (*)	3 (*)	3 (*)
	B	3	2	3	3	2	2

(*) Panel con ampollado.

Se debe considerar la existencia de dos fenómenos asociados: la *conversión* (desaparición de grupos reactivos) y el *entrecruzamiento* (red tridimensional), que determinan las propiedades finales de resistencia del revestimiento (10).

Con el objeto de establecer el grado de curado de cada una de las muestras se evaluó su dureza por el método de Buchholz. La pintura epoxibituminosa B alcanza su valor máximo a los 7 días de aplicada (fig. 1), obteniéndose valores inferiores para la muestra A al cabo del mismo lapso; esta última continúa modificando su dureza luego de las 264 horas. Es particularmente importante este aspecto, ya que un curado incompleto puede dar lugar a un proceso de inhibición más rápido del "film" y mayor pasaje de electrolito. Al no poseer la película alta resistencia se hace factible la distensión del recubrimiento y la formación de ampollas ya mencionada.

Es importante hacer resaltar algunas consideraciones de tipo económico que surgen como consecuencia del presente estudio. En primer lugar tanto en línea de flotación como en carena se han obtenido resultados similares para los esquemas n° 1, n° 3 y n° 5, aplicándose para estos dos últimos 125 micrones menos de espesor en ambos casos, al eliminarse las dos manos de pintura intermedia (esquema n° 3) o una mano de pintura epoxibituminosa y una de intermedia (esquema n° 5).

En segundo término, mencionaremos que el arenado de la superficie metálica debe realizarse siempre antes de aplicar un revestimiento epoxibituminoso, para mejorar la adhesión de la pintura al sustrato. La aplicación de una mano de "wash-primer" vinílico es aconsejable pues aumenta el poder protector del esquema y no incrementa en forma considerable los costos, ya que éstos se compensarán por el empleo de menor cantidad de pintura epoxibituminosa y en consecuencia se ahorrará mano de obra de aplicación.

Finalmente, dado que la capacidad anticorrosiva y el efecto de barrera del sistema depende del tipo de pretratamiento utilizado y de la calidad de la pintura epoxibituminosa empleada, no se justifica el uso de pinturas intermedias basadas exclusivamente en aluminio como pigmento (muestra I₁) ya que su costo es mayor que el de las formuladas con óxido férrico (muestra I₅).

El desarrollo tecnológico actual en lo relativo a protección de superficies hace que resulte posible elaborar pinturas intermedias a base de pigmentos inertes que poseen excelentes propiedades de resistencia a la intemperie y que cumplen satisfactoriamente con las exigencias de una condición de inmersión parcial o total.

CONCLUSIONES

1. El uso de "wash-primer" vinílico como pretratamiento incre-

menta el poder protector anticorrosivo de los esquemas a base de pinturas epoxibituminosas, introduciendo una acción de pasivación del metal que se suma al efecto de barrera de la pintura. Esto es particularmente importante en todos aquellos casos en que se produce deterioro de la película por acción mecánica.

2. La adherencia de la pintura epoxibituminosa es similar sobre superficie arenada y sobre chapa arenada con posterior pretratamiento.

3. El espesor total de película aconsejable para el sistema oscilaría alrededor de 300 micrones para carena y de 400 micrones para línea de flotación. El espesor mínimo correspondiente a la pintura epoxibituminosa sería de 180-200 micrones.

4. El empleo del mencionado pretratamiento o de pinturas intermedias altamente resistentes al agua permite realizar una importante economía al posibilitar la reducción del espesor de la película de pintura epoxibituminosa.

5. El fenómeno de migración de betún sólo afecta el aspecto decorativo en colores diferentes al negro, pero no influye sobre la resistencia mecánica y resistencia al agua de las pinturas para línea de flotación.

BIBLIOGRAFIA

1. Payne H. F.- Organic Coatings Technology, Vol. II. J. Wiley & Sons, New York, 1961.
2. Potter W. G.- Epoxide Resins. The plastics Institute, London Iliffe Books, 1970.
3. Fancutt F. et al.- Protección por pintura de estructuras metálicas. Editorial Blume. Madrid, 1971.
4. Pinilla A.- Revestimientos de gran espesor de base bituminosa. Corrosión y Protección, 3 (3), 17, 1972.
5. Rascio V. et al.- Protección de superficies metálicas. CIDEPINT, Serie III, Manuales Científicos, n° 1, 1977.
6. Debber T.- Epoxy/Coal-tar high performance coatings. Paint Manufacture, May, 1965.
7. Rascio V. et al.- Contribución al estudio del comportamiento de pinturas antiincrustantes. VIII. Formulaciones con vehículo a base de caucho clorado. LEMIT-ANALES, 3-1975, 161.
8. Caprari J. J.- Informe final al CONICET. Beca de Intercambio, 1977 (inédito).
9. Brunt N. A.- Blistering of paint film layers, as an effect of swelling by water. J. Oil Col. Chem. Assoc., 47, 31, 1964.
10. Lee H. & Neville K.- Handbook of epoxy resins. Mc Graw-Hill Books Co., New York, 1967.

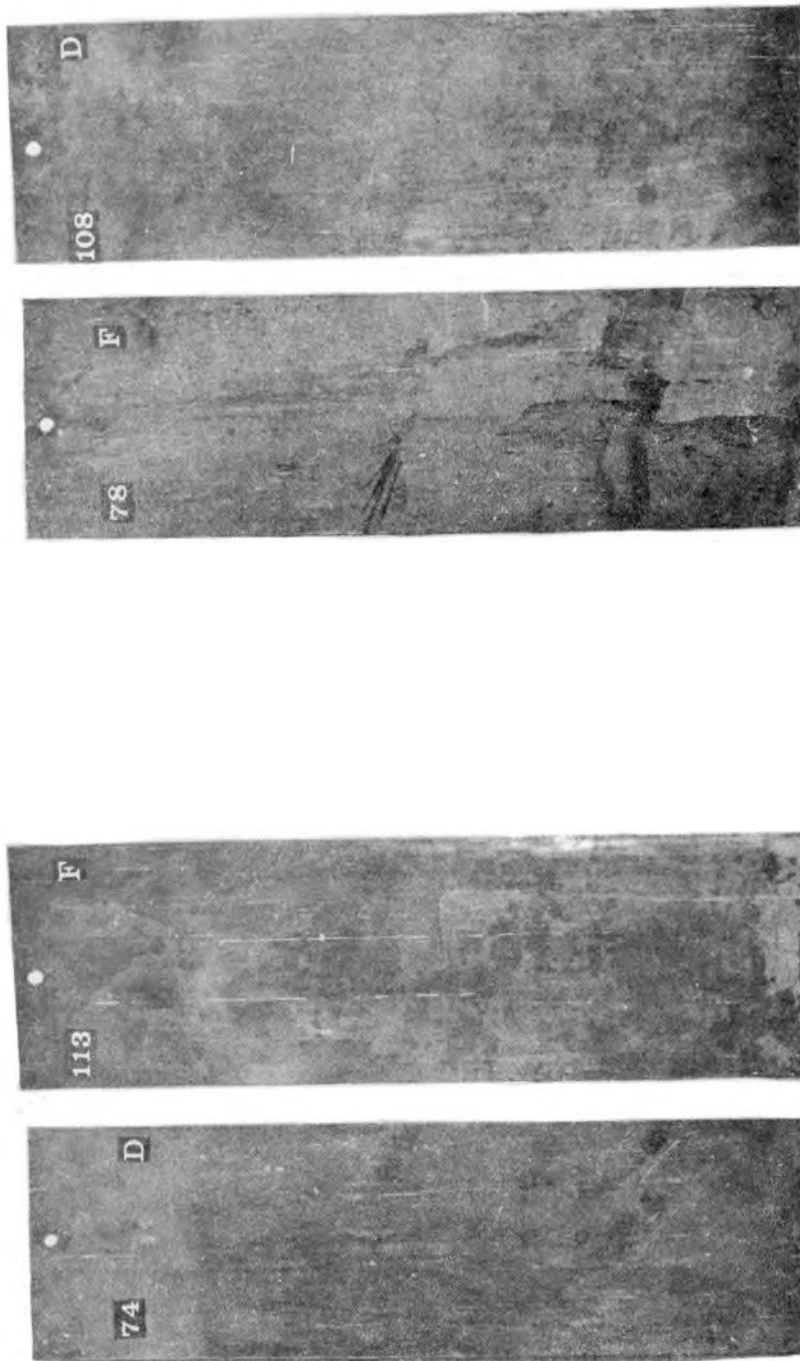


Fig. 2.- Paneles de línea de flotación, muestra B: esquema n° 1 (izquierda), con pretratamiento (oxidación 1) y esquema n° 2 (derecha), aplicación sobre superficie arenada (oxidación 4)

Fig. 3.- Paneles de línea de flotación, muestra B: esquema n° 3 (izquierda), con pretratamiento (oxidación 1) y esquema n° 4 (derecha), aplicación sobre superficie arenada (oxidación 4)

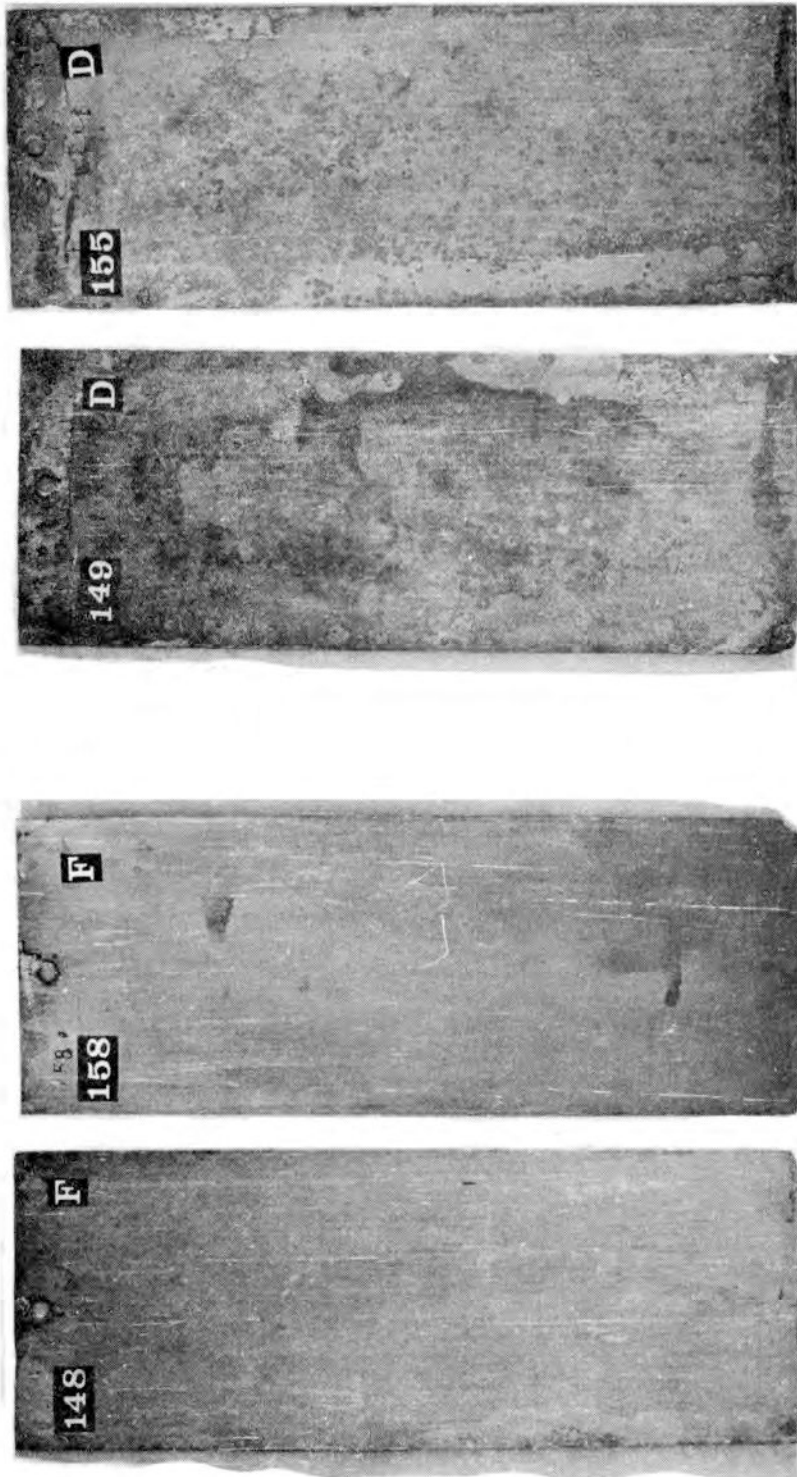


Fig. 4.- Paneles de carena, muestra B; esquema n° 1 (izquierda) y esquema n° 5 (derecha), ambos con pretratamiento; oxidación 0 en ambos casos

Fig. 5.- Aspecto que presenta el panel de base en el caso de los esquemas n° 2 (izquierda) y n° 6 (derecha); el ampollado del sistema protector ha provocado la oxidación total del metal

