

PINTURAS ANTICORROSIVAS PARA LA  
PROTECCION DE CARENAS DE BARCOS

VII. OPTIMIZACION DE FORMULACIONES \*

Dr. Vicente J. D. Rascio \*\*

Ing. Quím. Juan J. Caprari \*\*\*

Lic. Beatriz del Amo

Tco. Quím. Roberto D. Ingeniero

- \* Trabajo realizado con subsidios del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), y del Servicio Naval de Investigación y Desarrollo (SENID).
- \*\* Director del CIDEPINT (Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas); Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET, del Comité International Permanent pour la Recherche sur la Préservation des Matériaux en Milieu Marin (COIPM) y del Comité Argentino de Ingeniería de los Recursos Oceánicos (CAIRO).
- \*\*\* Jefe de División del LEMIT y Responsable del Area Propiedades Protectoras de Películas de Pintura del CIDEPINT; Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET.

---

## INTRODUCCION

---

En etapas anteriores de esta serie de investigaciones sobre propiedades de pinturas anticorrosivas para carenas de embarcaciones, se han estudiado numerosas formulaciones de composición muy diversa.

Simultáneamente se ha vinculado el aspecto relativo a la protección que proporcionan las pinturas de fondo, con las características del metal de base, con la influencia que tiene una adecuada limpieza de dicha superficie, y con la pasivación que se logra mediante el empleo de pretratamientos.

En efecto, la influencia del arenado y del granallado ha sido demostrada por los autores (1, 2) y por otros investigadores, así como también el hecho de que la película protectora, de bajo espesor y de elevada adhesividad, que se forma como consecuencia de la reacción química de los "metal primers" o "metal conditioners" con el acero, da lugar a la formación de fosfatos y cromatos complejos con el hierro, que resultan decisivos, por su poder pasivante, sobre el comportamiento de los esquemas protectores.

Con respecto a las pinturas anticorrosivas para carena propiamente dichas, se ha comprobado que la adecuada selección de los componentes, y principalmente de los pigmentos y de los vehículos, permite la obtención de productos de elevada resistencia a electrolitos levemente alcalinos, como es el caso del agua de mar. Las películas obtenidas poseen además buen poder inhibitor, lo que es importante en relación con su acción anticorrosiva, y una dureza satisfactoria, condición esta última muy necesaria en revestimientos para cascos, que deben tener una razonable resistencia mecánica a fin de reducir el deterioro por choque, raspado, impactos de diversa naturaleza, fijación de fouling, etc.

Todo lo expuesto precedentemente se completa con la adecuada selección de los esquemas de pintado, los que deben tener un cierto espesor mínimo para asegurar el efecto de barrera, y que deberán incluir, si ello es posible, capas de pinturas intermedias que contribuyan a aumentar dicho efecto.

El objetivo fundamental de este trabajo es el de realizar el ajuste de todas las composiciones exitosas ensayadas hasta el presente, previo a la iniciación de las experiencias sobre carenas de embarcaciones, que están programadas dentro de los objetivos de un convenio firmado con el Servicio Naval de Investigación y Desarrollo (SENID).

Son conocidas las diferencias existentes entre los resultados que pueden obtenerse en un ensayo estático, como es el que se realiza en una balsa experimental y sobre paneles preparados y pintados en condiciones ideales y por operadores expertos, con los que se logran, con las mismas pinturas, sobre la carena de una embarcación.

El armador tiende a seleccionar aquellas pinturas de mejores propiedades y que le aseguren protección durante lapsos prolongados, pero las mismas no siempre son aplicadas en superficies preparadas adecuadamente, o en las condiciones de temperatura y humedad ambiente aconsejadas por los fabricantes. Algunas pinturas son más sensibles que otras, desde este punto de vista, por lo cual en este trabajo se han incluido formulaciones con vehículos muy variados.

Las pinturas vinílicas son las que presentan mayores exigencias en cuanto a preparación de superficie y aplicación. Las pinturas con vehículos oleorresinosos, con y sin modificación con caucho clorado, y las pinturas a base de caucho clorado de alto espesor, no requieren las exigencias mencionadas para las anteriores, aun cuando también es conveniente tomar precauciones mínimas si se quiere lograr una buena durabilidad en servicio.

No es necesario insistir en el hecho de que estas pinturas anticorrosivas deberán ser complementadas, además, con pinturas antiincrustantes efectivas, que mantengan la superficie de la carena sin fijación de "fouling" por períodos no menores de 12 o 24 meses, según los requerimientos de los diferentes armadores y de las características operativas de las embarcaciones.

Finalmente, el otro aspecto considerado es el relativo al espesor del esquema de pintado, que, para el caso de la protección de carenas no deberá ser inferior a 250 micrones.

---

## VARIABLES ESTUDIADAS

---

Las variables a examinar han sido establecidas tomando en cuenta los resultados obtenidos anteriormente en las balsas experimentales que el Centro posee en Mar del Plata y en Puerto Belgrano (3, 4, 5).

### Pigmentos anticorrosivos

Se utilizaron cinco pigmentos anticorrosivos. Tres de ellos son de carácter básico: minio (orto-plumbato plúmbico), sílicocromato básico de plomo, y una mezcla de sulfato básico de plomo con aluminio no "leafing". Los otros dos son de tipo soluble: tetroxicromato de cinc y amarillo de cinc. Ambos tipos actúan como inhibidores de la corrosión por mecanismos diferentes (6).

### Vehículos

Se emplearon formulaciones con diferente resistencia al agua de mar, desde las menos resistentes, constituidas por barniz de resina fenólica pura y aceite de tung y por mezclas de dicho barniz con caucho clorado de 20 cP (relaciones 3/1, 2/1 y 1/1 en peso), hasta la más resistentes, preparadas con caucho clorado plastificado con parafina clorada (Cereclor 42 %), caucho clorado plastificado con difenilo clorado (Clofen) y, finalmente, un vehículo vinílico (resina VAGH plastificada con fosfato de tricresilo).

### Inertes, aditivos y disolventes

Estos componentes no fueron considerados dentro de las variables a estudiar, por la limitada disponibilidad de lugares en la balsa experimental. Se seleccionaron los materiales más aptos para los fines perseguidos, teniendo en cuenta las conclusiones de trabajos anteriores.

Como extendedores inertes se emplearon barita y óxido férrico (ferrite rojo), principalmente, y como mateante, estearato de aluminio. El aceite de ricino tratado ("castor

oil") fue utilizado como agente tixotrópico, en forma de gel (orgánico) en las dos series de pinturas de alto espesor. Como humectantes y estabilizantes se emplearon respectivamente el aceite de pino y el aceite de soja epoxidado.

Se utilizaron como disolventes hidrocarburos alifáticos, aromáticos y cetonas, y las mezclas solventes se seleccionaron de acuerdo a las resinas constituyentes de los vehículos.

---

#### PREPARACION DE LAS MUESTRAS

---

Se emplearon molinos de laboratorio, de bolas de porcelana, para las pinturas de viscosidad normal, y un molino de arena de alta velocidad para las series tixotrópicas, caracterizadas por su alta viscosidad.

En total se prepararon siete series de pinturas anticorrosivas, con los siguientes vehículos:

- Serie 1: vehículo barniz de resina fenólica pura y aceite de tung (tabla I);
- Serie 2: vehículo barniz de resina fenólica pura y aceite de tung, adicionado de caucho clorado (relación en peso 3/1) (tabla I);
- Serie 3: vehículo barniz de resina fenólica pura y aceite de tung, adicionado de caucho clorado (relación en peso 2/1) (tabla II);
- Serie 4: vehículo barniz de resina fenólica pura y aceite de tung, con caucho clorado (relación en peso 1/1) (tabla II);
- Serie 5: vehículo caucho clorado, con agente gelante de tipo orgánico ("castor oil") y plastificado con parafina clorada;
- Serie 6: vehículo caucho clorado, con el mismo agente gelante citado precedentemente, y plastificado con difenilo clorado;
- Serie 7: vehículo resina a base de cloruro y acetato de polivinilo (VAGH, Union Carbide), plastificada con fosfato de tricresilo.

En todos los casos el caucho clorado utilizado fue Allopreno de 20 cP. Las pinturas tixotrópicas de las series 5 y 6 fueron formuladas para aplicación a pincel.

Cada serie comprende cinco pinturas. En todos los casos las series se distinguen con el número mencionado más arriba, que se indica en primer término, y los cinco pigmentos de cada serie corresponden 1 a minio, 2 a sílicocromato básico de plomo, 3 a la mezcla de sulfato de plomo-aluminio, 4 al tetroxicromato de cinc y 5 al amarillo de cinc. El número de identificación del pigmento se cita en segundo término. De esta manera, una pintura denominada 5.2 corresponde a sílicocromato básico de plomo dispersado en caucho clorado 20 cP, es decir una de las series consideradas de "caucho alto espesor".

En los casos en que se utilizó el molino de bolas de porcelana (series 1, 2, 3, 4 y 7) se fijó un tiempo de molienda de 24 horas; para las series 5 y 6, tixotrópicas elaboradas en molino de arena, se procedió a dispersar agitando durante 15 minutos, y luego se realizó la molienda propiamente dicha (cambiando el agitador del rotor por las placas dispersoras e incorporando bolillas de acero) hasta alcanzar, como mínimo, valores 4-5 en la cuña IRAM.

Para lograr resultados comparativos, todas las muestras se prepararon con concentraciones de pigmento en volumen (CPV) similares; ello significa que las formulaciones poseen diferentes relaciones pigmento/vehículo en peso, como consecuencia de emplear pigmentos con peso específico muy variable.

Con el objeto de completar los esquemas de pintado, se prepararon también dos pinturas intermediarias, una de ellas pigmentada con ferrite rojo y la otra con aluminio de alto "leafing". Como el vehículo utilizado debe ser compatible con el de las formulaciones de fondo, en una de las muestras (la destinada a recubrir los fondos a base de barniz fenólico y de barniz fenólico-caucho) se empleó el vehículo de la serie 4 (barniz/caucho 1/1). Para las series 5 y 6 se utilizó exclusivamente caucho clorado-parafina clorada, con agente tixotrópico, y para la serie 7 el vehículo vinílico. Las composiciones respectivas se presentan en la tabla V.

En los ensayos en balsa se ha comparado el comportamiento de esquemas con estas pinturas y el de aquéllos en que se em-

plea sólo la pintura de fondo.

En línea de flotación, se emplearon tres formulaciones, de color negro, pigmentadas con negro de humo (tabla V). Con respecto a la selección de los vehículos para estas pinturas se utilizó el mismo criterio mencionado precedentemente.

---

## ENSAYOS REALIZADOS

---

### Ensayos en balsa

Para la realización de los mismos se utilizó la balsa experimental de Puerto Belgrano, de la cual 35 bastidores se destinaron al ensayo de las pinturas, y el restante se utilizó como testigo para la recolección del fouling.

A fin de examinar el mayor número de variables en una sola experiencia, y teniendo en cuenta las limitaciones de espacio de la balsa citada (36 bastidores, con 36 paneles de línea de flotación y 108 paneles de carena) se procedió de la siguiente forma:

a) En la línea de flotación se trabajó sobre panel arenado y con tratamiento de "wash-primer" vinílico, y se aplicaron dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura para línea de flotación; los espesores resultaron mayores en las series 5 y 6 (pinturas tixotrópicas), decreciendo en las series con barniz fenólico y caucho clorado (series 1 a 4). Los menores espesores corresponden a la serie vinílica (serie 7).

b) En el primer panel de carena, también arenado, el esquema de pintado se aplicó sobre "wash-primer" en el frente y directamente sobre el acero en el dorso. Se aplicaron cuatro manos de pintura, de las cuales dos corresponden al fondo anticorrosivo y dos a la formulación antiincrustante. En este panel se examinó la influencia del pretratamiento.

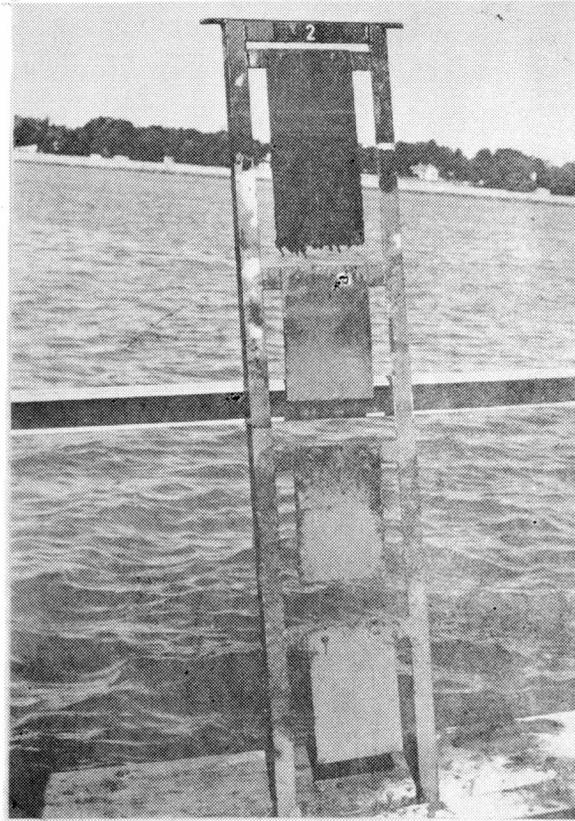


Fig. 1.- Vista de un bastidor, con cuatro niveles: uno para línea de flotación y tres para carena

Primer nivel. Panel arenado; wash-primer vinílico; pintura anticorrosiva (2 manos); pintura línea de flotación (1 mano); total, 3 manos (frente y dorso, esquemas similares).

Segundo nivel. Frente: arenado; wash-primer vinílico; pintura anticorrosiva (2 manos); pintura antiincrustante (2 manos); total, 4 manos. Dorso: similar al frente, sin wash-primer vinílico.

Tercer nivel. Frente: arenado; wash-primer vinílico; pintura anticorrosiva (2 manos); pintura intermedia aluminio (1 mano); pintura antiincrustante (2 manos); total, 5 manos. Dorso: similar al frente, sin wash-primer vinílico.

Cuarto nivel. Frente: arenado; wash-primer vinílico; pintura anticorrosiva (2 manos); pintura intermedia a base de óxido férrico (1 mano); pintura antiincrustante (2 manos); total, 5 manos. Dorso: similar al frente, sin wash-primer vinílico.

c) En el segundo y tercer panel de carena (figura 1) también se procedió de la misma manera en cuanto a determinar la influencia del pretratamiento; en ambos casos el esquema aplicado es de cinco manos (dos de pintura anticorrosiva, una de pintura intermedia y dos de pintura antiincrustante). En el segundo panel se utilizó la pintura intermedia a base de aluminio, y en el tercero la pigmentada con óxido férrico.

El pintado de las muestras se realizó a pincel, con 24 horas de secado entre manos. Luego de aplicada la última mano, en línea de flotación y en carena, se dejó secar 48 horas antes de colocar los paneles en la balsa experimental.

Las observaciones se efectuaron a los 6, 12, 18 y 22 meses de inmersión. La experiencia se inició en setiembre de 1974 y finalizó en junio de 1976.

En la zona de Puerto Belgrano, por ser un área con clima templado, la mayor fijación de "fouling" se registró entre diciembre de 1974 y abril de 1975, y entre diciembre de 1975 y abril de 1976. La fijación de organismos incrustantes en dicha zona había sido previamente estudiada por Bastida y colaboradores (7, 8, 9), y esto se complementó con las observaciones realizadas sobre los paneles inertes expuestos simultáneamente en la balsa experimental (fig. 2 y 3).

Los resultados finales de este ensayo se consignan en la tabla VII. Las pinturas antiincrustantes permanecieron sin fijación de "fouling" durante los 22 meses de inmersión.

#### Ensayos de laboratorio

Se efectuó una serie de ensayos de laboratorio, de acuerdo a las especificaciones vigentes (10, 11, 12) a fin de establecer el comportamiento de estas pinturas. El propósito perseguido es aprovechar la información proporcionada por los mismos a los efectos de mejorar la normalización en la materia.

Se realizaron ensayos de molienda (IRAM 1153), tiempo de secado (IRAM 1109, método B-IV), adhesividad (IRAM 1109, método B-VI), flexibilidad según diferentes técnicas, con doblado sobre mandriles de 3 y 6 mm (IRAM 1109, método B-V), y sobre mandril cónico, con y sin horneado (ASTM D-522-41), embutido Erichsen (DIN 53156) y, finalmente, resistencia al agua destilada (IRAM 1109, método B-VII).

Los resultados obtenidos para las pinturas anticorrosivas se presentan en la tabla VI.

### Ensayos acelerados de corrosión y envejecimiento

Como complemento de las experiencias detalladas precedentemente, se realizaron también ensayos acelerados a fin de determinar la resistencia de los esquemas de pintado en diferentes condiciones experimentales.

La evaluación de la resistencia de los esquemas de línea de flotación se realizó mediante exposición en el Weather-Ometer Sunshine-Arc durante períodos de 350 y 700 horas (equivalentes, respectivamente, a 12 y 24 meses al exterior) de acuerdo con el método de la norma IRAM 1109. En los resultados de las observaciones (tabla VIII) se incluye no sólo la oxidación que se observa en el frente de los paneles sino también la que aparece en el dorso de los mismos. En este último caso, por mantenerse el panel húmedo durante lapsos mayores, en general se registra mayor ataque del metal.

Para establecer la resistencia a la oxidación de las chapas protegidas, tanto en esquemas con pintura de línea de flotación (es decir completos) como con otros donde se ensayó sólo el fondo anticorrosivo, se recurrió a la cámara de niebla salina, y se trabajó con el método IRAM 121, durante 20 días. Se emplearon probetas con y sin "wash-primer" (tabla X).

La pulverización se realizó durante 6 horas diarias, con solución de cloruro de sodio 3%, a 35°C, manteniendo las probetas 18 horas en ambiente saturado, a temperatura de laboratorio. Se ha trabajado con probetas con y sin corte.

La resistencia a la intemperie en clima marino para los esquemas terminados con pintura de línea de flotación, se determinó exponiendo placas pintadas con esquemas similares, durante 2 años en Mar del Plata, en la proximidad de la costa (tabla IX).

Por sus condiciones de agresividad, la zona elegida es aconsejable para lograr resultados e información en lapsos relativamente breves. Por dicho motivo se descartó en esta oportunidad la posibilidad de ubicar paneles en otras condiciones climáticas.

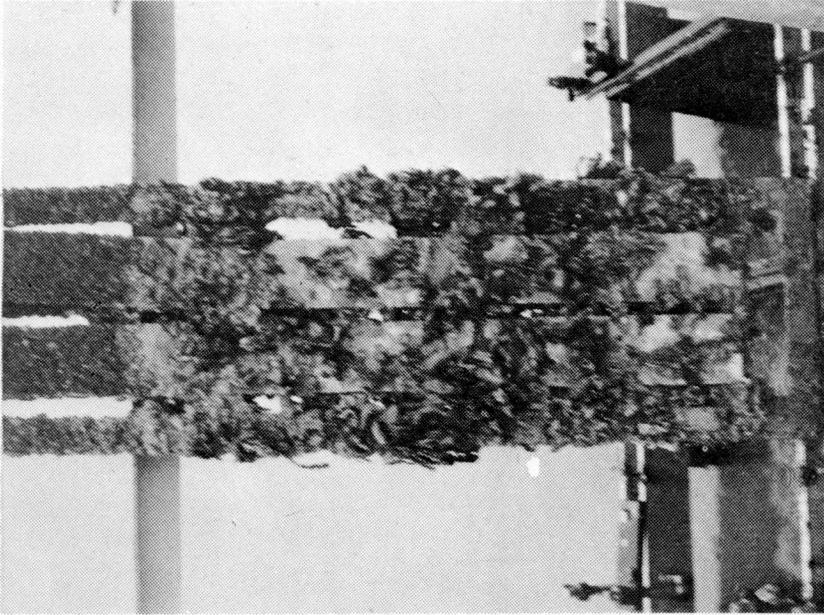


Fig. 2.- Vista general del bastidor con los paneles testigo, mostrando la fijación de "fouling" luego de 10 meses de inmersión

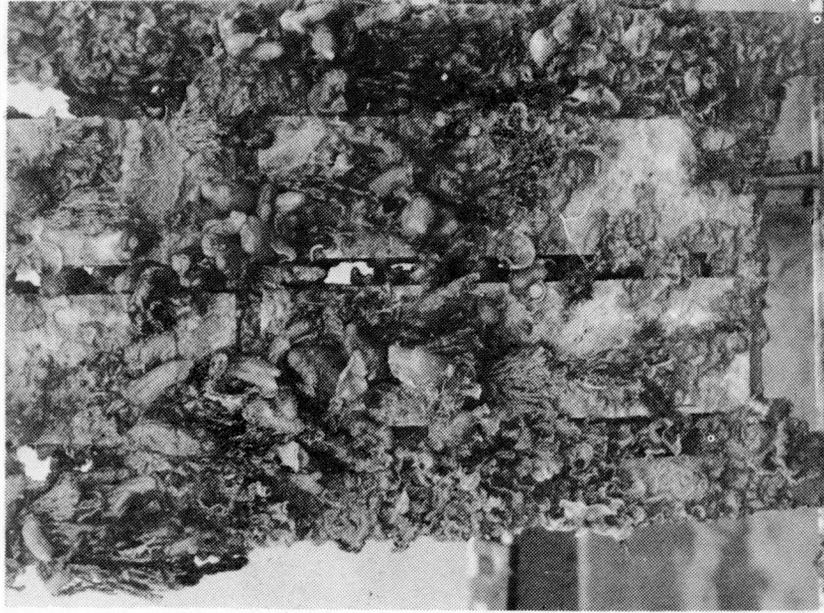


Fig. 3.- Vista general de los paneles testigo ubicados en posición similar al tercer panel de carena (10 meses de inmersión)

---

## DISCUSION DE RESULTADOS

---

### Ensayos en balsa

Los resultados obtenidos en este ensayo se exponen en la tabla VII, tanto en línea de flotación como en carena.

Los paneles de línea de flotación, en la zona de Puerto Belgrano, se ven afectados, tal como se ha puntualizado en una publicación anterior, por las características particulares del "fouling" de dicho puerto. Estos paneles son totalmente colonizados -casi con exclusión de otras especies- por *Balanus*. En esta oportunidad no ha tenido lugar un deterioro significativo, por haberse iniciado la experiencia en el mes de setiembre, cuando todavía el "fouling" es mínimo, por la correcta selección de los vehículos empleados y por los meses transcurridos hasta la iniciación del período de máxima fijación (diciembre), lo que ha permitido el adecuado endurecimiento de las pinturas, especialmente las formuladas con vehículos oleorresinosos.

La acción de estos organismos se caracteriza por implantarse en la película, perforando la misma, y pudiendo llegar la base calcárea de *Balanus*, si aquélla no tiene dureza suficiente, a ponerse en contacto directo con el metal. En estas condiciones se provoca una discontinuidad de la cubierta, quedan zonas sin protección a las que accede el electrolito, y el ataque del metal se ve favorecido por los fenómenos de aireación diferencial que tienen lugar en este nivel, donde los paneles se mantienen en inmersión parcial.

Los registros de oxidación que se han obtenido muestran valores altos para las series de pinturas elaboradas con barniz de resina fenólica-aceite de tung, y para las mezclas de este barniz con caucho clorado en las relaciones 5/1 y 2/1 en peso.

En la serie 4, en cambio, donde la relación barniz-caucho es 1/1, los paneles de las pinturas a base de sulfato de plomo-aluminio, tetroxicromato de cinc y amarillo de cinc

(4.3, 4.4 y 4.5) no muestran oxidación. En la pintura pigmentada con minio (4.1) el panel tiene poca oxidación, y ésta varía entre regular y mucho en el correspondiente a la pintura con silicocromato básico de plomo (4.2).

En las dos series de caucho clorado tixotrópicas (identificadas 5 y 6) se observa poca oxidación en casi la totalidad de las placas, y en una de las muestras (pintura 5.2) está circunscripta sólo a los bordes de aquéllas.

La serie vinílica es, sin duda, la que ha proporcionado los mejores resultados; la oxidación de los paneles aparece sólo en los bordes, mientras que el centro está completamente limpio y sin óxido.

Estos resultados son concordantes con los obtenidos anteriormente en otras experiencias en balsa y con la información que suministran diferentes autores y textos especializados. La dureza que caracteriza a la película de las pinturas vinílicas, sumada a su baja permeabilidad y elevada inercia química frente a electrolitos del tipo del agua de mar, son factores que contribuyen en forma decisiva a una buena protección anticorrosiva.

El tipo de pigmento no parece influir en los resultados, ya que en línea de flotación predomina fundamentalmente el efecto de barrera.

En los paneles de carena, ensayados en inmersión total y en tres niveles, el "fouling" no constituye una variable que deba ser tenida en cuenta, ya que el empleo de pinturas tóxicas de buenas características permitió mantener las placas libres de incrustaciones durante los 22 meses de duración de la experiencia. Como consecuencia de lo expuesto precedentemente, este ensayo a nivel de carena resulta menos riguroso que el de línea, ya que no existe la posibilidad de acción de organismos que alteren la continuidad de la película. Además, por tratarse de paneles totalmente sumergidos, los fenómenos de aireación diferencial tienen una significación mucho menor.

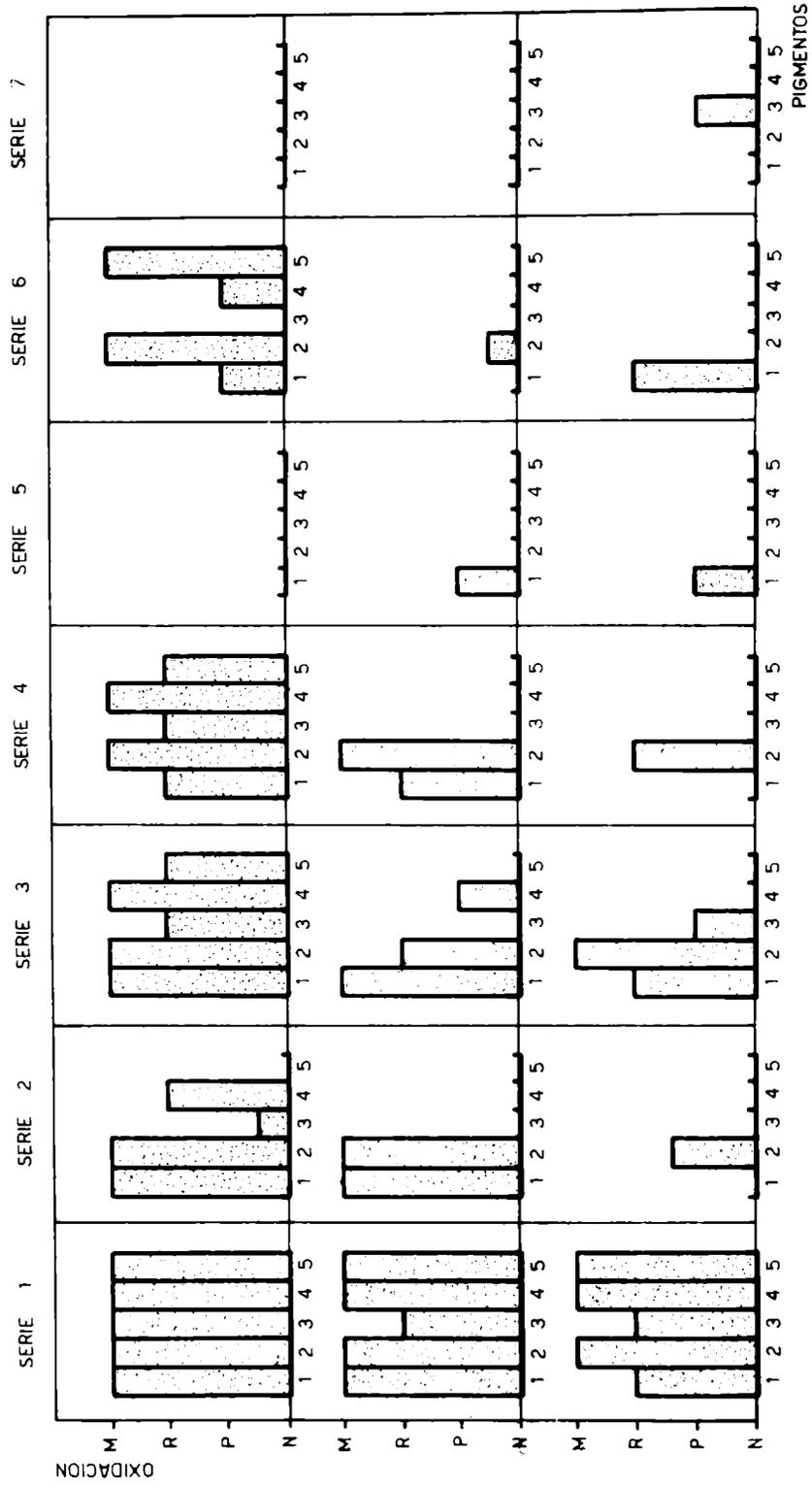
De acuerdo con los resultados que se presentan en la tabla VII se observa, al igual que en línea de flotación, el fracaso total, desde el punto de vista de la protección anticorrosiva, de las pinturas de la serie 1 (vehículo bar-

niz de resina fenólica-aceite de tung), cualquiera sea el tipo de pigmento, forma de preparación de superficie o esquema de pintado elegido. Este tipo de pinturas, que presenta un comportamiento satisfactorio en ensayos de menor duración, fracasa cuando se llega a lapsos de casi dos años, como en el caso de la presente experiencia.

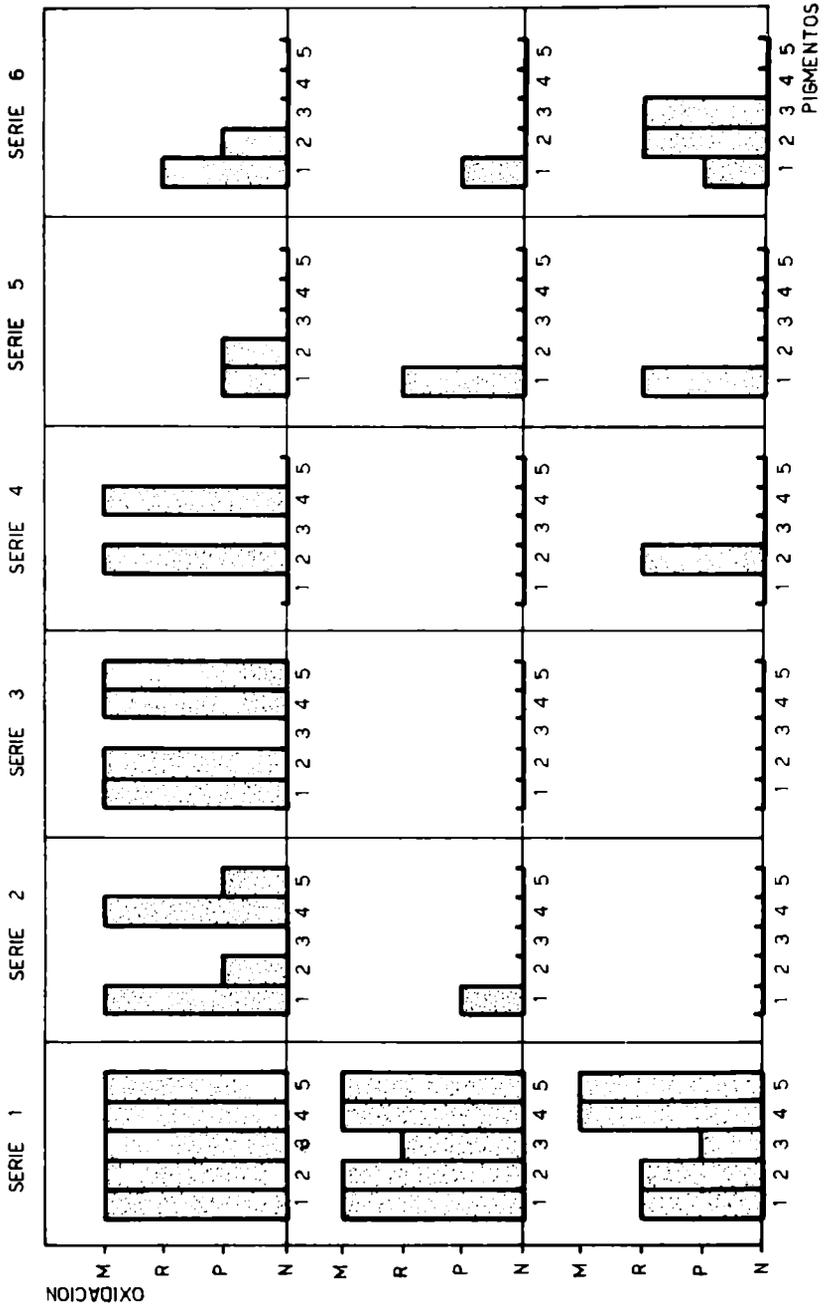
El refuerzo de dicho vehículo con caucho clorado 20 cP en proporciones crecientes (series 2, 3 y 4), mejora las propiedades anticorrosivas de las pinturas. Aunque los resultados obtenidos son algo erráticos, resulta evidente que la variable de mayor influencia es el esquema de pintado elegido. La protección anticorrosiva es mayor en el segundo y en el tercer panel de carena, donde se han utilizado pinturas intermedias a base de aluminio y de óxido férrico, respectivamente. En muchos de los paneles se ha observado ampollado, pero esta falla es más evidente en el primer panel de carena, sin pintura intermedia.

Estos paneles sin pintura intermedia, donde además el esquema tiene menor espesor total, son también los más oxidados, a tal punto de que no puede apreciarse la influencia del uso del "wash-primer" vinílico como pretratamiento. Cuando se emplea la pintura a base de aluminio, siete de los quince paneles ensayados aparecen oxidados en el frente (con "wash-primer") y sólo uno en el dorso (arenado). Con la pintura a base de óxido de hierro, la oxidación en el frente se circunscribe a cinco de los paneles ensayados, y la del dorso a uno. Esto nos está mostrando la importancia que tiene el incremento del espesor de la película, y la incorporación de la capa de pintura intermedia, con elevada resistencia electroquímica, debida a la inercia química de los pigmentos empleados y al aumento del efecto de barrera que producen los pigmentos laminares.

No se ha detectado tampoco en el caso de estas pinturas una influencia significativa en relación con el tipo de pigmento, aunque sí ha podido observarse que los cromatos de cinc y la mezcla de sulfato básico de plomo-aluminio no "leafing" cumple satisfactoriamente en casi todos los casos, mientras que la mayor proporción de fallas corresponde a las pinturas pigmentadas con minio y con sílicocromato básico de plomo.



- REFERENCIAS**
- 1.-Silicromato básico de plomo.
  - 2.-Minio.
  - 3.-Sulfato de plomo-aluminio.
  - 4.-Tetroxicromato de cinc.
  - 5.-Amarillo de cinc.



En las dos series de caucho clorado tixotrópicas, cuya diferencia de composición estriba en el tipo de plastificante empleado (parafina clorada 42 % en la serie 5, difenilo clorado en la serie 6), es donde se tiene el menor número de paneles con ataque.

En la serie 5 las placas oxidadas son las correspondientes a las formulaciones a base de minio, y en uno de los casos aparece oxidación con sílicocromato básico de plomo. La protección que se logra con las diferentes formulaciones es prácticamente similar tanto en las superficies arenadas como en las pretratadas con "wash-primer" vinílico, se emplee o no pintura intermedia. Los resultados son ligeramente inferiores en las muestras de la serie 6, con difenilo clorado; la menor protección corresponde a las pinturas formuladas con minio y con sílicocromato básico de plomo; los tres restantes pigmentos son los que muestran el mayor poder inhibidor. También en este caso el mejor comportamiento se observa en los paneles donde se ha empleado como intermediario la pintura pigmentada con aluminio (fig. 4, 5 y 6).

Con las formulaciones de la serie 7, vinílicas, y de manera concordante con lo que ocurre en línea de flotación, se obtiene el mayor poder protector. En este caso todos los esquemas fueron ensayados sobre "wash-primer", y la protección anticorrosiva es prácticamente total con cualquiera de las muestras. Las pocas fallas de ampollado o de oxidación que aparecen, están restringidas a los bordes de los paneles, y deben ser asociadas con defectos de preparación de las probetas en dichas zonas (fig. 7 y 8).

El examen global de estos resultados, a nivel de carena nos está indicando que, en general, la influencia del pigmento es secundaria frente a la importancia que tiene el empleo de un vehículo de elevada resistencia al agua de mar, especialmente en ensayos de larga duración como el que estamos considerando.

El agregado de caucho clorado a los barnices fenólicos mejora marcadamente la resistencia de los vehículos de tipo oleorresinoso. Los vehículos a base de caucho clorado exclusivamente (pinturas tixotrópicas), por su gran inercia química, superan en su comportamiento a los anteriores en los

t

ensayos en agua de mar, especialmente cuando se utiliza parafina clorada como plastificante, con una relación 2/1 caucho/plastificante.

Finalmente, las resinas vinílicas son las que proporcionan las pinturas de mayor resistencia electroquímica y mayor poder protector contra la corrosión.

Con referencia a los pigmentos, los mayores problemas se han observado en las pinturas a base de minio y de sílicocromato básico de plomo, que, en las proporciones utilizadas muestran un poder inhibidor claramente inferior al de los restantes pigmentos experimentados.

El uso de pinturas intermedias, especialmente en el caso de la pigmentada con aluminio, favorece la obtención de esquemas de larga vida útil y contribuye a una mejor protección de las superficies metálicas sumergidas en agua de mar.

El empleo de "wash-primer" vinílico como pretratamiento, en una exposición de 22 meses como la realizada, no es suficiente para mejorar la protección de los paneles si falla el revestimiento protector, y es así que las diferencias entre paneles con y sin pretratamiento no tienen la significación observada en experiencias anteriores en balsa o a la intemperie.

### Ensayos de laboratorio

Se ha realizado una tarea de recolección de datos, de acuerdo con los métodos de las normas IRAM citadas anteriormente, con el objeto de verificar si las pinturas preparadas satisfacían las exigencias de las mismas, y también para correlacionar dichos resultados con los obtenidos en la balsa experimental, en la exposición a la intemperie y en la cámara de niebla salina. Además se han incorporado otros ensayos, tales como doblado sobre mandril cónico o embutido Erichsen, que no figuran en normas IRAM.

Con respecto a molienda, todas las muestras presentan valores inferiores a 5, que es la exigencia establecida en IRAM 1110.

El tiempo de secado, al tacto y duro, que se especifica, es de 3 y 12 horas, respectivamente. En las muestras estudiadas, los valores más altos de tiempo de secado correspon-

den a las pinturas de la serie 1 (vehículo barniz fenólico-aceite de tung), pero en ningún caso excede los 70 minutos para el secado duro. Con la incorporación de caucho clorado en la relación 3/1, el tiempo de secado duro se reduce a la mitad, con relación 2/1 oscila entre 15 y 20 minutos y con 1/1 entre 10 y 15. Las pinturas de caucho tixotrópicas tienen valores similares a los últimos citados, y en las vinílicas el tiempo de secado es de 4 minutos.

El ensayo de adhesividad proporciona resultados contradictorios, observándose que el 65 por ciento de las muestras no lo cumple. La única serie que satisface completamente la especificación es la vinílica. En las pinturas ensayadas en la balsa experimental se observan problemas de desprendimiento fundamentalmente en la serie 1. En las series 2, 3 y 4, dicha falla queda localizada fundamentalmente en el panel sin pintura intermedia (que es en general el que presenta mayor deterioro); en las series 5 y 6 los casos de desprendimiento son aislados, y en la 7 no se presentan.

En cuanto a la determinación de la flexibilidad de la película, se han ejecutado tanto las técnicas de la norma IRAM 1110 como la de mandril cónico (ASTM D-522-41) y de embutido Erichsen (DIN 53156), a fin de establecer la posible correlación entre las mismas. Se observa, con respecto al doblado, que la totalidad de las formulaciones cumple con el ensayo sobre mandril de 3 y 6 mm de diámetro, a temperatura ambiente y sin horneado (es decir sin envejecimiento). La exigencia del doblado con calentamiento previo a 105-110°C, la cumple el 77 por ciento de las muestras, cuando se emplea varilla de 6 mm, y el 51 por ciento con varilla de 3 mm. Las muestras de mayor flexibilidad, con diferentes vehículos, son las pigmentadas con sulfato básico de plomo-aluminio no "leafing". Sólo en el caso de las pinturas vinílicas se cumplen en todos los casos las exigencias de las diferentes especificaciones.

Extremando las condiciones experimentales, es decir doblando las chapas a temperatura de 5°C, sin hornear, cumple satisfactoriamente el requisito sobre 6 mm el 94 por ciento de las pinturas, y sobre 3 mm el 80 por ciento; en cambio cuando se hornea a 105-110°C y se dobla a 5°C, sólo cumple el ensayo el 62 por ciento de las muestras sobre 6 mm y el 34 por ciento sobre 3 mm. Las pinturas vinílicas, también en este caso, satisfacen la totalidad de las exigencias.

Respecto al ensayo de doblado sobre mandril cónico, se estima que éste no muestra ninguna correlación con los anteriores, aún cuando siempre se verifica que la condición de horneado previo al doblado aumenta la exigencia experimental. Los valores más altos obtenidos (mayor flexibilidad) con el mandril cónico se encuentran en los dos extremos: en las pinturas fenólicas y en las vinílicas. En las pinturas fenólicas modificadas con caucho clorado, 11 de las 15 muestras preparadas, presentan valores mayores a 18,08 (máximo de la escala), lo que es índice de que la incorporación de caucho clorado, conjuntamente con un plastificante adecuado, no afecta sensiblemente esta propiedad. Los valores más bajos, sobre mandril cónico, corresponden a las series 5 y 6.

Los resultados del embutido Erichsen son totalmente erráticos y no puede obtenerse ninguna conclusión de los mismos.

En lo relativo a resistencia al agua, la mayor parte de las muestras cumple con este requisito (88 por ciento del total) y esto es concordante con los resultados que proporciona la experiencia en la balsa experimental.

#### Ensayos acelerados de corrosión y envejecimiento

Los resultados del ensayo de envejecimiento en Weather-Ometer se presentan en la tabla VIII. Las probetas expuestas correspondían a esquemas de línea de flotación (pintura anticorrosiva y pintura negra de terminación). Considerando el frente de los paneles, tanto con 350 como con 700 horas (equivalentes a 1 y 2 años al exterior), no se observa aparición de óxido. En el dorso de las placas, que se mantiene húmedo durante lapsos más prolongados, se observan puntos aislados de oxidación en algunos casos; el mayor poder protector parece corresponder a las muestras a base de sulfato básico de plomo-aluminio no "leafing", en primer término, y al minio en segundo término. Esto último está en abierta contradicción con los resultados observados en la balsa de Puerto Belgrano, pero cabe hacer la acotación de que se trata de condiciones experimentales totalmente diferentes.

En la exposición a la intemperie, realizada en Mar del Plata, a pocos metros de la costa, durante dos años, se ob-

tuvieron los resultados expuestos en la tabla X. Las diferencias de comportamiento, si se compara con lo observado en la balsa experimental, deben atribuirse a las particulares condiciones de exposición y a que los espesores de estos esquemas son inferiores a los utilizados en los ensayos de inmersión (tabla IX).

En efecto, por una parte se someten a la acción de la intemperie paneles protegidos exclusivamente con pintura anticorrosiva: sólo las muestras 1.1, 2.1, 4.1, 4.2 y 4.4, sobre panel pretratado con "wash-primer", resisten el ensayo sin presentar oxidación; en los demás casos la oxidación varía entre poco y demasiado, y el mayor ataque aparece cuando las películas se aplican directamente sobre la chapa arenada.

En los esquemas completos, también la diferencia es clara, correspondiendo la mayor protección a los paneles con "wash-primer". Se observa que los cuatro vehículos oleorresinosos proporcionan pinturas de mayor poder protector que las de caucho clorado y vinílicas, es decir un resultado inverso al obtenido en la balsa experimental. Dentro de estas pinturas oleorresinosas, la incorporación de cantidades crecientes de caucho clorado mejora la resistencia y las propiedades anticorrosivas, y es así que los paneles correspondientes a las muestras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 no presentan oxidación (con "wash-primer"), y con la pintura 4.5 se tiene poca oxidación.

En la exposición a la intemperie puede observarse que el vehículo es el factor decisivo, y cuando éste no resiste la acción del medio, el pigmento no alcanza a contrarrestar dicha deficiencia. Además el pretratamiento tiene también importancia sobre los resultados finales.

El ensayo en la cámara de niebla salina (tabla X) durante 20 días no resulta suficiente para evaluar las propiedades anticorrosivas de estas pinturas, por cuanto la mayor parte de los esquemas completos (86 % sin "wash-primer" y 97 % sobre pretratamiento) lo cumple. La exigencia es mayor si se consideran los paneles pintados exclusivamente con el fondo anticorrosivo: en estas condiciones sólo el 17 por ciento de los paneles aparece sin oxidación cuando no se emplea pretratamiento, mientras que el 60 por ciento satisface

el ensayo aplicando "wash-primer". Tampoco aquí se observan diferencias claras en cuanto a la influencia del pigmento.

Los resultados comentados están indicando que tanto los ensayos acelerados como los de laboratorio, si bien aportan información complementaria en cuanto a las propiedades de las pinturas, no siempre sus resultados son concordantes con lo observado en la balsa experimental. De ahí el cuidado que debe ponerse en la elaboración de normas, donde se tiende a acumular ensayos, sin haber realizado antes un estudio exhaustivo acerca de la correlación de los mismos con las condiciones de servicio que se han previsto para un determinado material.

---

## CONCLUSIONES

---

1. Las resinas vinílicas son las que proporcionaron las pinturas de mayor resistencia y poder inhibidor de la corrosión, en ensayos en balsa de 22 meses de duración.

2. El agregado de caucho clorado a barnices de resina fenólica y aceite de tung mejora marcadamente la resistencia de este vehículo al agua de mar; los vehículos a base de caucho clorado (pinturas tixotrópicas), por su gran inercia química presentan, en la balsa experimental, mejor comportamiento que los anteriores, especialmente cuando se utiliza como plastificante parafina clorada 42 por ciento y una relación caucho/plastificante de 2 partes a 1 en peso.

3. El uso de esquemas que incluyen pinturas intermedias, especialmente si están formuladas con pigmentos laminares, contribuye a una mejor protección de las superficies metálicas sumergidas en agua de mar.

4. El empleo de "wash-primer" vinílico como pretratamiento, en ensayos prolongados, no resulta suficiente para mejorar la protección del acero si falla el revestimiento protector.

5. Con relación a los pigmentos, la mezcla de sulfato

básico de plomo-aluminio no "leafing" y los cromatos utilizados (tetroxicromato de cinc y amarillo de cinc), muestran mayor poder inhibidor que el minio y que el sílicocromato básico de plomo, con las concentraciones de pigmento en volumen empleadas y en las condiciones experimentales descriptas.

6. Los resultados de los ensayos de laboratorio y los acelerados de corrosión y envejecimiento no son siempre concordantes con los obtenidos en la balsa experimental; la inclusión de los mismos en las especificaciones sólo deberá hacerse después de un exhaustivo estudio del problema.

---

#### REFERENCIAS

---

1. Rascio, V. - Importancia de la elección del método de pintado y de preparación de superficies sobre el comportamiento de las pinturas para carena. *Navitecnia*, 21 (6), 437-444, 1967.
2. Rascio, V. y Caprari, J. J. - Pinturas anticorrosivas para la protección de carenas de barcos. III. Influencia del pretratamiento del acero y del esquema de pintado utilizado. *Corrosión y Protección (España)*, Número Extraordinario 1970, *Protección de superficies metálicas*, 15-25.
3. Rascio, V. y Caprari, J. J. - Pinturas anticorrosivas para la protección de carenas de barcos. II. Sistemas oleorresinosos y vinílicos para línea de flotación. *LEMIT*, 4-1969, 111; *Revista de Ingeniería*, 27 (67), 35-47, 1969.
4. Rascio, V. y Caprari, J. J. - Pinturas anticorrosivas para la protección de carenas de barcos. V. Estudio preliminar sobre sistemas anticorrosivos de alto espesor a base de caucho clorado. *LEMIT-ANALES*, 4-1973, 1-51; *Corrosión y Protección (España)*, 2 (3), 145-165, 1974.
5. Rascio, V. y Caprari, J. J. - Pinturas anticorrosivas para la protección de carenas de barcos. VI. Influencia del tipo y proporción del plastificante sobre las propiedades de los sistemas anticorrosivos de alto espesor a base de cau-

- cho clorado. LEMIT-ANALES, 5-1974, 1-39; Corrosión y Protección (España), 6 (2), 75-83, 1975.
6. Rascio, V. Bruzzoni, W. O., Bastida, R. y Rozados, E. - Protección de Superficies Metálicas. LEMIT, Serie de Manuales Científicos, nº 1, 1976.
  7. Bastida, R., Spivak, E., L'Hoste, S. G. y Adabbo, H. E. - Las incrustaciones biológicas de Puerto Belgrano. I. Estudio de la fijación sobre paneles mensuales. LEMIT-ANALES, 5-1974, 97-166.
  8. Bastida, R., L'Hoste, S. G., Spivak, E. y Adabbo, E. E. - Las incrustaciones biológicas de Puerto Belgrano. II. Estudio de los procesos de epibiosis registrados sobre paneles mensuales. LEMIT-ANALES, 5-1974, 167-196.
  9. Bastida, R. y Adabbo, H. E. - Las incrustaciones biológicas de Puerto Belgrano. III. Estudio de la fijación y de los procesos de epibiosis sobre paneles acumulativos. No publicado.
  10. Normas IRAM 1109, 1110, 1153, 1053 y 121. - Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.
  11. Norma DIN 53153. - Ensayo de embutido Erichsen.
  12. Norma ASTM D-522-41. - Ensayo de flexibilidad sobre mandril cónico.

T A B L A I

PINTURAS A BASE DE BARNIZ FENOLICO (SERIE 1) Y DE BARNIZ FENOLICO-CAUCHO CLORADO, RELACION 2/1 (SERIE 2)  
(g/100 g)

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
<b>Pigmento:</b> Minio.....	27,0	-	-	-	-	24,7	-	-	-	-
Silicocromato básico de plomo	-	18,0	-	-	-	-	18,0	-	-	-
Sulfato basico de plomo....	-	-	15,0	-	-	-	-	14,6	-	-
Aluminio no "leafing" .....	-	-	5,0	-	-	-	-	4,9	-	-
Tetroxicromato de cinc .....	-	-	-	8,0	-	-	-	-	8,6	-
Cromato básico de cinc .....	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-	10,5
Barita .....	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,2	10,0	9,8	10,7	10,5
Oxido férrico .....	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,2	10,0	9,8	10,7	10,5
Estearato de aluminio.....	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0	1,9	2,1	2,1
<b>Vehículo:</b> Barniz fenólico (sólidos) .	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	18,9	20,6	20,2	22,1	21,6
Caucho clorado 20 cP.....	-	-	-	-	-	6,3	6,9	6,7	7,4	7,3
Acete de pino .....	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Disolventes y secantes:</b>										
Tolueno/aguarrás (1/1) .....	22,8	31,8	29,8	41,8	39,8	-	-	-	-	-
Tolueno/Solvesso 100 (2/1).	-	-	-	-	-	29,3	31,8	31,4	37,7	36,8
<b>Relaciones:</b>										
P/V (en peso) .....	1/0,57	1/0,70	1/0,67	1/0,94	1/0,88	1/0,57	1/0,70	1/0,67	1/0,94	1/0,88
P/V (en volumen) .....	1/0,98	1/0,92	1/0,70	1/0,91	1/1,02	1/0,98	1/0,92	1/0,70	1/0,91	1/1,02
PVC .....	50	52	51	52	52	50	52	51	52	49

## T A B L A II

PINTURAS A BASE DE BARNIZ FENÓLICO-CAUCHO CLORADO, RELACIONES 2/1 (SERIE 2) Y 1/1 (SERIE 4)  
(g/100 g)

	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
<b>Pigmento:</b> Minio.....	24,7	-	-	-	-	24,7	-	-	-	-
Silicocromato básico de plomo -	-	18,0	-	-	-	-	18,0	-	-	-
Sulfato básico plomo .....	-	-	14,6	-	-	-	-	14,6	-	-
Aluminio no "leafing" .....	-	-	4,9	-	-	-	-	4,9	-	-
Tetroxido de cinc.....	-	-	-	8,6	-	-	-	-	8,6	-
Cromato básico de cinc.....	-	-	-	-	10,5	-	-	-	-	10,5
Barita .....	9,2	10,0	9,8	10,7	10,5	9,2	10,0	9,8	10,7	10,5
Oxido férrico .....	9,2	10,0	9,8	10,7	10,5	9,2	10,0	9,8	10,7	10,5
Estearato de aluminio.....	1,8	2,0	1,9	2,1	2,1	1,8	2,0	1,9	2,1	2,1
<b>Vehículo:</b> Barniz fenólico (sólidos) .	14,8	16,0	16,0	17,2	17,0	10,3	11,5	11,2	12,2	12,0
Caucho clorado 20 cP .....	7,4	8,0	8,0	8,6	8,5	10,3	11,5	11,2	12,2	12,0
Parafina clorada 42 % .....	3,2	3,5	3,4	3,7	3,6	4,4	4,9	4,8	5,2	5,2
Aceite de pino .....	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
<b>Disolventes y secantes:</b>										
Tolueno/Solvesso 100 (2/1) .	29,1	31,8	31,0	37,8	36,7	29,5	31,5	31,2	37,7	36,8
<b>Relaciones:</b>										
P/V (en peso) .....	1/0,57	1/0,70	1/0,67	1/0,94	1/0,88	1/0,57	1/0,70	1/0,67	1/0,94	1/0,88
P/V (en volumen) .....	1/0,98	1/0,92	1/0,70	1/0,91	1/1,02	1/0,98	1/0,92	1/0,70	1/0,91	1/1,02
PVC .....	50	52	51	52	49	50	52	51	52	49

T A B L A III

PINTURAS DE CAUCHO CLORADO TIPO ALTO ESPESOR ("HIGH-BUILD") (SERIES 2 Y 6)  
(g/100 g)

	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
<b>Pigmento:</b> Minio .....	23,4	-	-	-	-	23,4	-	-	-	-
Sulfato básico de plomo ..	-	18,1	-	-	-	-	18,1	-	-	-
Sulfato básico de plomo ...	-	-	14,8	-	-	-	-	14,8	-	-
Aluminio no "leafing" .....	-	-	4,9	-	-	-	-	4,9	-	-
Tetroxicromato de cinc .....	-	-	-	12,0	-	-	-	-	12,0	-
Cromato básico de cinc .....	-	-	-	-	17,0	-	-	-	-	17,0
Barita .....	8,4	9,1	8,9	6,0	5,7	8,4	9,1	8,9	6,0	5,7
Oxido férrico .....	8,4	9,1	8,9	6,0	5,7	8,4	9,1	8,9	6,0	5,7
Estearato de aluminio .....	1,9	2,0	2,0	2,4	2,3	1,9	2,0	2,0	2,4	2,3
<b>Vehículo:</b> Caucho clorado 20 cP .....	14,6	15,6	15,2	18,7	17,7	14,6	15,6	15,2	18,7	17,7
Parafina clorada 42 % .....	6,2	6,4	6,2	7,5	7,1	-	-	-	-	-
Difenilo clorado (Clofen) ..	-	-	-	-	-	6,2	6,4	6,2	7,5	7,1
Castor oil, gel al 12 % .....	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
Aceite soja epoxidado .....	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Aceite de pino .....	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
<b>Disolventes:</b>										
Solvesso 100/aguarrás (4/1)	35,4	38,0	37,3	45,4	42,6	35,4	38,0	37,3	45,4	42,6
<b>Relaciones:</b>										
P/V (en peso) .....	1/0,53	1/0,61	1/0,58	1/1,06	1/1,15	1/0,53	1/0,61	1/0,58	1/1,06	1/1,15
P/V (en volumen) .....	1/0,75	1/0,64	1/0,50	1/0,72	1/0,69	1/0,75	1/0,64	1/0,50	1/0,72	1/0,69
PVC .....	57	61	68	58	59	57	61	68	58	59

T A B L A IV

PINTURAS VINILICAS (SERIE I)  
(g/100 g)

	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
Pigmento: Minio .....	22,1	-	-	-	-
Silicocromato básico de plomo ...	-	15,9	-	-	-
Sulfato básico de plomo .....	-	-	15,1	-	-
Aluminio no "leafing" .....	-	-	5,1	-	-
Tetroxicromato de cinc .....	-	-	-	8,1	-
Cromato básico de cinc .....	-	-	-	-	10,2
Oxido férrico .....	4,9	5,5	5,0	5,8	5,7
Talco micronizado .....	2,5	2,6	2,5	2,9	2,8
Vehículo: Resina vinilica (VAGH) .....	15,8	17,0	16,1	18,6	18,1
Fosfato de tricresilo .....	1,6	1,7	1,6	1,9	1,8
Disolventes:					
Metil-isobutil-cetona (MIBK) ..	55,4	58,4	56,4	41,8	40,9
Tolueno .....	17,7	19,1	18,2	54,6	20,5
Relaciones:					
P/V (en peso) .....	1/0,58	1/0,78	1/0,64	1/1,22	1/1,06
P/V (en volumen) .....	1/0,78	1/0,72	1/0,75	1/0,82	1/0,78
PVC .....	56	58	56	59	56

**T A B L A V**  
**PINTURAS INTERMEDIAS Y PARA LINEA DE FLUJACION**  
 (g/100 g)

	4,6	4,7	4,8	5,6	5,7	5,8	7,6	7,7	7,8
	Intermedia	Intermedia	Línea flotación	Intermedia	Intermedia	Línea flotación	Intermedia	Intermedia	Línea flotación
Oxido férrico .....	25,0	-	-	20,0	-	-	12,0	-	-
Dióxido de titanio .....	-	-	5,0	-	-	5,0	-	-	-
Aluminio Alto "leafing" .....	-	17,0	-	-	17,2	-	-	8,0	-
Oxido de cinc .....	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-
Negro de humo .....	-	-	5,0	-	-	5,0	-	-	5,0
Barita .....	8,2	-	25,0	12,0	-	20,0	-	-	10,0
Estearato de aluminio .....	1,8	-	-	2,0	-	-	2,0	2,0	-
Barniz fenólico (sólidos) ..	12,5	20,0	12,5	-	-	-	-	-	-
caucho clorado (20 cp) ....	12,5	20,0	12,5	20,0	28,6	20,0	-	-	-
Resina vinílica (VYHH) ....	-	-	-	-	-	-	16,0	16,0	16,0
Parafino clorado 42 % .....	-	-	-	8,5	12,2	8,5	-	-	-
Difenilo clorado (Clofen) ..	5,3	8,5	5,3	-	-	-	-	-	-
Fosfato de tricresilo .....	-	-	-	-	-	-	1,6	1,6	1,6
Castor oil .....	-	-	-	0,6	0,7	0,5	-	-	-
Aceite de soja epoxidado ..	-	-	-	0,5	0,6	0,5	-	-	-
Aceite de pino .....	-	-	-	0,5	0,6	0,5	-	-	-
Tolueno .....	17,4	17,3	17,4	28,6	32,1	26,2	34,2	36,2	33,7
Aguares mineral .....	-	-	-	7,3	8,0	-	-	-	-
Solveco 100 .....	17,3	17,2	17,3	-	-	8,8	-	-	-
Metil-isobutil-cetona .....	-	-	-	-	-	-	34,2	36,2	33,7
Relación P/V (en peso) ....	1/0,86	1/2,85	1/0,86	1/0,88	1/2,48	1/0,85	1/4,26	1/1,76	1/1,17

Nota.- Las pinturas 4,6, 4,7 y 4,8 complementan los esquemas de las pinturas anticorrosivas series 1, 2, 3 y 4 (tablas I y II); las pinturas 5,6, 5,7 y 5,8 las de tipo alto espesor, series 5 y 6 (tabla III); las pinturas 7,6, 7,7 y 7,8 complementan las pinturas anticorrosivas vinílicas de la serie 7 (tabla IV).



	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
MOLIENDA .....	2-3	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	3-4	4-5	4-5	1-2	1-2	2-3	2-3	2-3
TIEMPO DE SECADO:															
Tacto (minutos) .....	12	10	13	10	12	12	15	12	15	10	2	2	2	2	2
Duro (minutos) .....	20	15	20	20	20	25	20	15	20	20	4	4	4	4	4
ADHESIVIDAD .....	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	B	B	D	B	B
FLEXIBILIDAD:															
Doblado 6 mm, 20°C:															
Con horneado .....	B	B	B	R	B	B	R	B	M	R	B	B	B	B	B
Sin horneado .....	R	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Doblado 6 mm, 5°C:															
Con horneado .....	B	B	B	B	B	R	R	M	B	R	B	B	B	B	B
Sin horneado .....	R	H	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Doblado 3 mm, 20°C:															
Con horneado .....	B	R	B	R	B	R	M	R	M	R	B	B	B	B	B
Sin horneado .....	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Doblado 3 mm, 5°C:															
Con horneado .....	R	R	R	R	B	M	M	R	M	R	B	R	B	B	B
Sin horneado .....	B	B	R	R	R	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Mandril cónico:															
Con horneado, \$ .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	>18,08	>18,08	>18,08	>18,08	>18,08
Sin horneado, \$ .....	10,86	5,6	4,4	6,6	5,7	14,31	10,29	4,94	10,29	10,84	>18,08	>18,08	>18,08	>18,08	>18,08
Embudo Erichsen:															
Con horneado, mm .....	1,0	0,4	0,8	0,4	0,5	0,9	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7	0,7	2,8	0,6	0,8
Sin horneado, mm .....	4,4	2,8	0,8	2,1	1,5	6,0	4,2	0,7	3,4	1,6	1,2	3,2	5,0	1,2	1,2
RESISTENCIA AL AGUA .....	B	B	B	B	M	B	M	B	M	M	B	B	B	B	M

Referencias: Bueno (B); Regular (R); Malo (M)

## T A B L A VII

## RESULTADOS DE ENSAYOS EN BALSA - PUERTO DELGANO 1974/76 (20 MESES)

Nivel	Tipo de falla	1.1	1.2	1.5	1.4	1.5	2.1	2.2	2.5	2.6	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
1F (frente): Oxidación		M	M	M	M	M	R	M	M	P	M	R	M	M	R	R	P	R	-	-	-
1F (dorso): Oxidación		M	M	M	M	M	M	M	M	R	M	R	M	M	R	R	P	M	-	-	-
1°C (frente): Ampollado		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	R	R*
Desprendimiento		M	M	M	M	M	N	M	P	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Oxidación		M	M	M	M	M	M	N	P	R	-	M	M	R	M	R	R	M	R	R	-
1°C (dorso): Ampollado		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M*	M
Desprendimiento		M	M	M	M	M	M	P	R	P	R	M	M	-	M	M	-	R	M	-	M
Oxidación		M	M	M	M	M	M	P	-	M	P	M	M	-	M	M	-	M	-	M	-
2°C (frente): Ampollado		M	M	M	M	M	M	M	R	R	R	M	R	M	R	M	M	M	R*	-	-
Desprendimiento		M	M	M	M	M	R	M	-	-	M	-	-	-	-	-	R	M	-	M*	-
Oxidación		M	M	R	M	M	M	M	-	-	M	R	-	P	-	-	R	M	-	-	-
2°C (dorso): Ampollado		M	R	M	M	M	M	M	R	R	R	M	R	M	P	R	M	P	R	P*	P
Desprendimiento		M	M	M	M	M	R	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxidación		M	M	R	M	M	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3°C (frente): Ampollado		R	M	M	R	M	-	-	R*	-	R	P	M	M	R	R	R	P	-	-	-
Desprendimiento		R	M	R	M	M	-	R	-	-	-	-	M	-	-	-	R	-	-	-	-
Oxidación		R	M	R	M	M	-	R	-	-	-	R	M	P	-	-	R	-	-	-	-
3°C (dorso): Ampollado		M	R	N	M	M	R	M	M*	R	R	M	R	M	R*	M	P*	R	P*	R*	-
Desprendimiento		M	R	R	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxidación		R	R	P	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-

Nivel	Tipo de falla	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
1F (frente): oxidación		R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
1F (dorso): oxidación		R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
1 <sup>o</sup> C (frente): Ampollado		-	R	-	P	P	M	M	-	P*	-	-	-	-	R*	-
Desprendimiento oxidación		-	-	-	-	-	M	M	-	M	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	P*	M	-	P*	M	-	-	-	-	-
1 <sup>o</sup> C (dorso): Ampollado		M	M	-	M	P	M	M	-	R	P	-	-	-	R*	-
Desprendimiento oxidación		P	P	-	R	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		P	P	-	-	-	R	P*	-	-	-	-	-	-	-	-
2 <sup>o</sup> C (frente): Ampollado		R	P	-	R	P	-	P*	-	P*	P	-	-	M*	P*	R*
Desprendimiento oxidación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		P	-	-	-	-	-	P*	-	-	-	-	-	-	-	-
2 <sup>o</sup> C (dorso): Ampollado		M	M	-	R	M	M	M	-	R	M	-	-	M*	P*	-
Desprendimiento oxidación		M	P	-	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		R	-	-	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 <sup>o</sup> C (frente): Ampollado		-	-	-	-	P	-	R*	-	R*	R	-	-	R*	-	R*
Desprendimiento oxidación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		P	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	R*	-	-
3 <sup>o</sup> C (dorso): Ampollado		M	R	-	P	P	M	R	-	P*	P	-	-	H*	-	-
Desprendimiento oxidación		R	P	-	-	-	R	P	R	-	-	-	-	-	-	-
		R	-	-	-	-	P	R	R	-	-	-	-	R*	-	-

Referencias: Nada (-); Poco (P); Regular (R); Mucho (M); (·) falla localizada en los bordes del panel

**TABLA VIII. RESULTADOS DEL ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO**

(Weather-Ometer Sunshine Arc)

Pintura	700 horas (equivalente a 2 años)			350 horas (equivalente a 1 año)		
	Cuarateado	Oxidación frente	Oxidación dorso	Cuarateado	Oxidación frente	Oxidación dorso
1.1	Regular *	Nada	Nada	Regular	Nada	Nada
1.2	Poco	Nada	Muy poco **	Poco	Nada	Muy poco **
1.3	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
1.4	Regular	Nada	Nada	Regular	Nada	Nada
1.5	Regular	Nada	Muy poco **	Poco	Nada	Muy poco **
2.1	Poco*	Nada	Nada	Poco	Nada	Nada
2.2	Muy poco	Nada	Nada	Muy poco	Nada	Nada
2.3	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
2.4	Regular	Nada	Nada	Poco	Nada	Nada
2.5	Muy poco	Nada	Nada	Muy poco	Nada	Nada
3.1	Nada *	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
3.2	Muy poco	Nada	Nada	Muy poco	Nada	Nada
3.3	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
3.4	Poco	Nada	Nada	Poco	Nada	Nada
3.5	Muy poco	Nada	Muy poco **	Muy poco	Nada	Nada
4.1	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
4.2	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
4.3	Nada *	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
4.4	Nada	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Muy poco **
4.5	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
5.1	Muy poco	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
5.2	Nada	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Regular ***
5.3	Nada	Nada	Muy poco **	Nada	Nada	Nada
5.4	Nada *	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Regular ***
5.5	Nada	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Nada
6.1	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
6.2	Nada *	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Nada
6.3	Nada *	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
6.4	Nada *	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Nada
6.5	Nada *	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Regular ***
7.1	Nada	Nada	Muy poco **	Nada	Nada	Muy poco **
7.2	Nada	Nada	Muy poco **	Nada	Nada	Nada
7.3	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
7.4	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
7.5	Nada	Nada	Regular ***	Nada	Nada	Regular ***

Nota.- \* Se observa cuarateado de la pintura negra de terminación.

\*\* Pocos puntos aislados de oxidación.

\*\*\* Regular cantidad de puntos aislados de oxidación.

**TABLA IX. RESULTADOS DEL ENSAYO DE EXPOSICION A LA INTEMPERIE**

(Mar del Plata, clima marino, 2 años)

Pintura	Oxidación paneles arenados		Oxidación paneles arenados con pretratamiento	
	Con LF	Con AC	Con LF	Con AC
1.1	Regular	Mucho	Nada	Nada
1.2	Poco	Mucho	Poco	Poco
1.3	Poco	Mucho	Poco	Mucho
1.4	Poco	Mucho	Poco	Regular
1.5	Regular	Mucho	Poco	Mucho
2.1	Mucho	Demasiado	Nada	Nada
2.2	Poco	Poco	Poco	Poco
2.3	Poco	Regular	Poco	Regular
2.4	Poco	Poco	Poco	Regular
2.5	Poco	Mucho	Poco	Regular
3.1	Regular	Mucho	Nada	Poco
3.2	Poco	Regular	Nada	Poco
3.3	Regular	Mucho	Poco	Regular
3.4	Poco	Poco	Nada	Poco
3.5	Regular	Mucho	Nada	Poco
4.1	Poco	Mucho	Nada	Nada
4.2	Poco	Regular	Nada	Nada
4.3	Regular	Mucho	Nada	Poco
4.4	Poco	Mucho	Nada	Nada
4.5	Poco	Regular	Poco	Regular
5.1	Demasiado	Demasiado	Regular	Mucho
5.2	Demasiado	Demasiado	Regular	Demasiado
5.3	Mucho	Demasiado	Regular	Mucho
5.4	Mucho	Demasiado	Regular	Mucho
5.5	Demasiado	Demasiado	Regular	Demasiado
6.1	Mucho	Demasiado	Poco	Mucho
6.2	Mucho	Demasiado	Poco	Mucho
6.3	Mucho	Demasiado	Poco	Mucho
6.4	Regular	Demasiado	Poco	Mucho
6.5	Mucho	Demasiado	Mucho	Mucho
7.1			Mucho	Demasiado
7.2			Regular	Mucho
7.3			Poco	Regular
7.4			Poco	Mucho
7.5			Regular	Demasiado

TABLA X. RESULTADOS DEL ENSAYO EN CAMARA DE NIEBLA SALINA (IRAM 121)

Pinturas	Oxidación del panel		Oxidación de los bordes		Oxidación en el corte	
	Con LF	Con AC	Con LF	Con AC	Con LF	Con AC
<b>1. Pinturas aplicadas sobre paneles arenados</b>						
1.1	-	R	-	P	-	R
1.2	-	M	-	R	P	M
1.3	-	P	-	P	P	R
1.4	-	M	-	R	P	M*
1.5	P	D	-	M	R	D
2.1	-	P	-	P	P	R*
2.2	-	R	-	P	P	R
2.3	-	-	-	-	P	R*
2.4	-	-	-	P	P	R*
2.5	-	M*	-	R	R*	M
3.1	-	-	-	-	-	R*
3.2	-	P	-	P	-	P
3.3	-	-	-	-	P	P*
3.4	-	P	-	P	P	P
3.5	-	R	-	R	R	R*
4.1	-	P	-	R	P	R
4.2	-	P	-	P	P	R
4.3	-	-	-	P	P	R
4.4	-	P	-	P	P	R
4.5	-	P	-	P	P	R
5.1	R	D	M	D	M	M
5.2	-	M	R	M	R	M
5.3	-	R	-	P	-	P
5.4	P	R	R	R	P*	R*
5.5	M*	D	M	D	M	D
6.1	P	R	P	R	P	R
6.2	-	M	-	R	P	R
6.3	-	M	-	R	P	R
6.4	-	M	-	R	P	R
6.5	-	M	R	M	R	M

2. Pinturas aplicadas sobre paneles arenados y con pretratamiento

1.1	-	P	-	P	M*
1.2	-	P	-	P	R
1.3	-	-	-	P	M
1.4	-	R	-	P	D*
1.5	-	R	-	R	D*
2.1	-	-	-	P	P
2.2	-	-	-	P	R*
2.3	-	-	-	-	P
2.4	-	-	-	-	P*
2.5	-	-	-	-	R*
3.1	-	-	-	P	-
3.2	-	-	-	P	-
3.3	-	-	-	P	-
3.4	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	P	-
4.1	-	-	-	-	P
4.2	-	-	-	-	P
4.3	-	-	-	-	P
4.4	-	-	-	-	P
4.5	-	-	-	-	P
5.1	-	P*	-	P	P*
5.2	-	P*	-	R	P
5.3	-	-	-	P	P
5.4	-	R	-	R	P
5.5	-	R	-	R	R
6.1	-	-	-	-	P
6.2	-	-	-	P	P*
6.3	-	R*	-	-	P
6.4	-	P*	-	R	P*
6.5	P*	R*	R	M	M
7.1	-	-	-	P	R*
7.2	-	-	-	-	R*
7.3	-	R	-	P	P
7.4	-	P	-	P	R
7.5	-	-	-	P	R

Clave de la tabla: (-) paneles sin deterioro; (P) poca oxidación; (R) regular oxidación; (M) mucha oxidación; (D) demasiado o deterioro total; (\*) aspollado de la pintura.

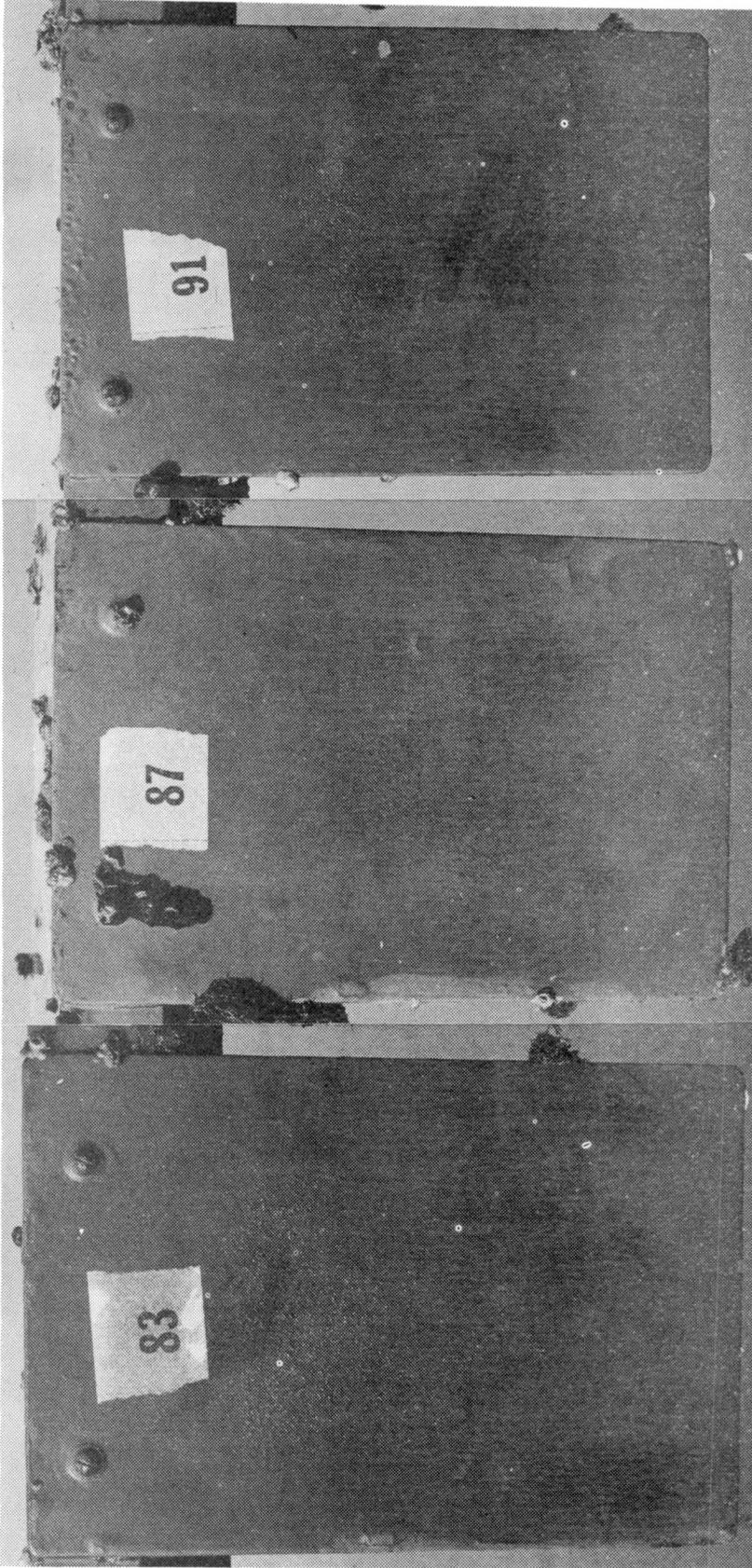


Figura 4.- Paneles correspondientes a las pinturas anticorrosivas 5.1, 5.2 y 5.3, a base de caucho clorado, esquemas con pintura intermedia aluminio (22 meses de inmersión en Puerto Belgrano)

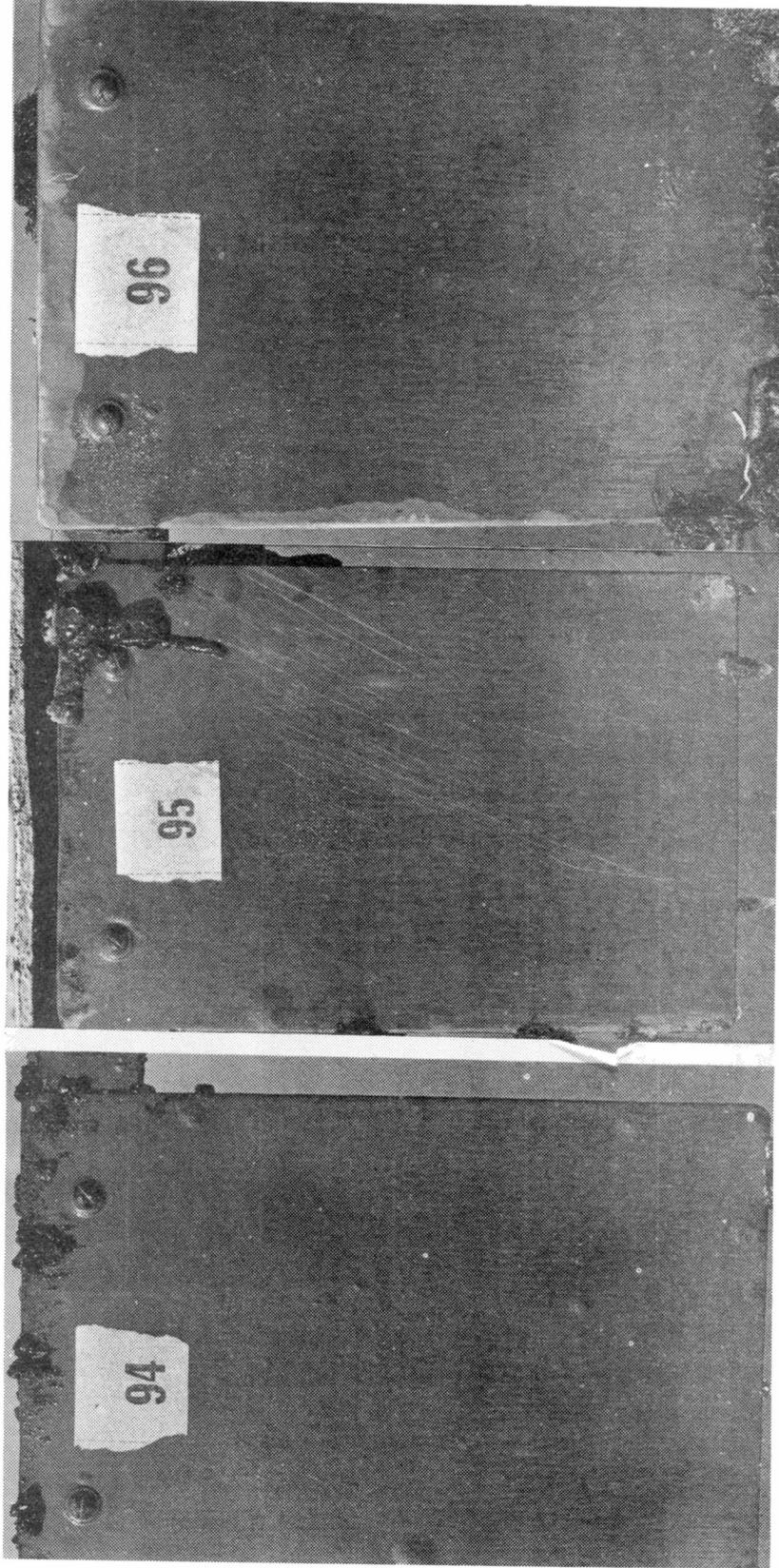


Figura 5.- Paneles correspondientes a la pintura anticorrosiva 5,4, a base de caucho clorado, pigmentada con tetroxicromato de cinc; primero, segundo y tercer panel de carena (22 meses de inmersión en Puerto Belgrano)

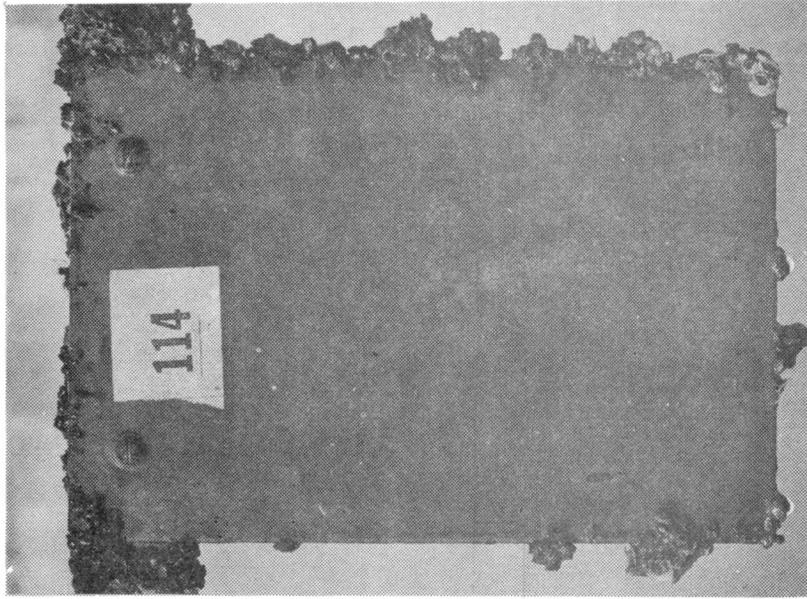
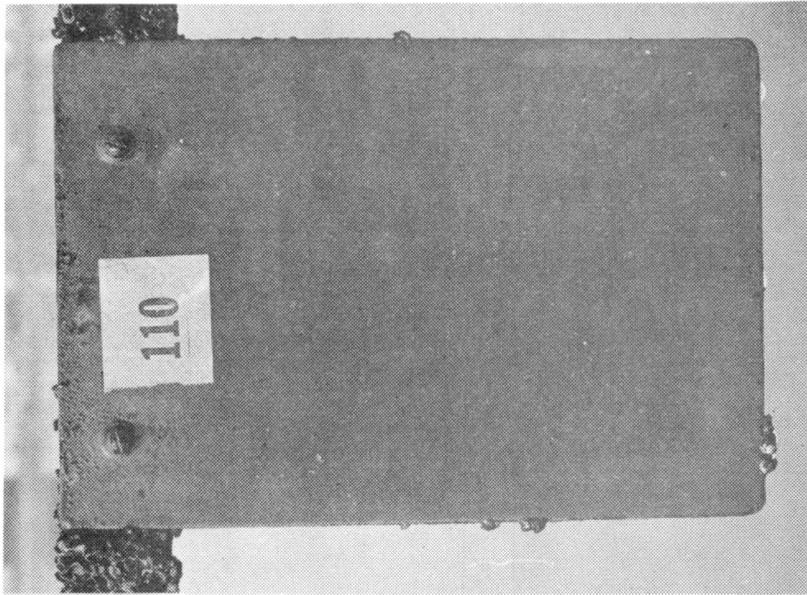


Figura 6.- Paneles correspondientes a las pinturas anticorrosivas 6.3 y 6.4, a base de caucho clorado, primer nivel de carena, sin pintura intermedia (22 meses de inmersión en Puerto Belgrano)

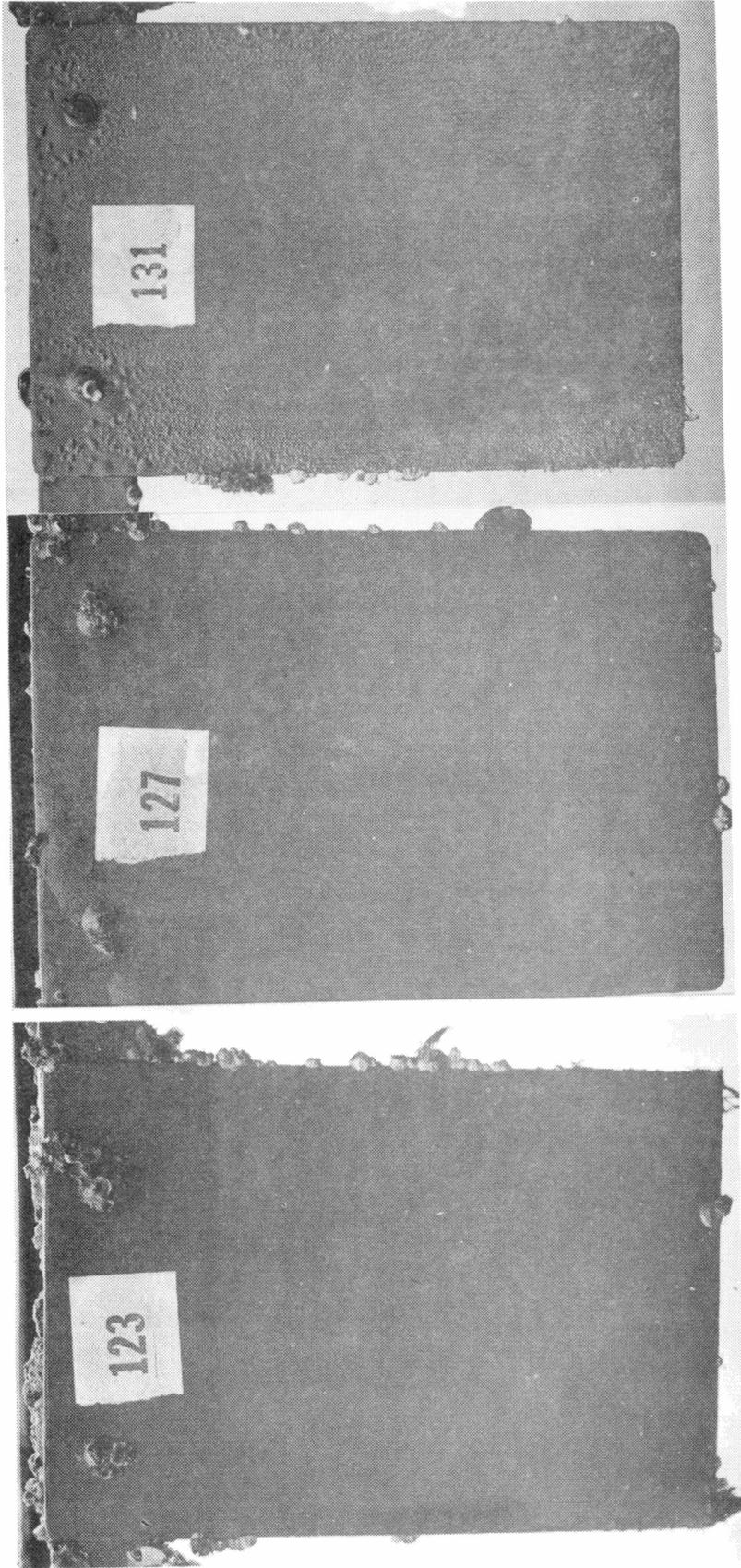


Figura 7.- Paneles correspondientes a las pinturas anticorrosivas vinílicas 7.1, 7.2 y 7.3, segundo nivel de carena, con pintura intermedia aluminio (22 meses de inmersión en Puerto Belgrano)

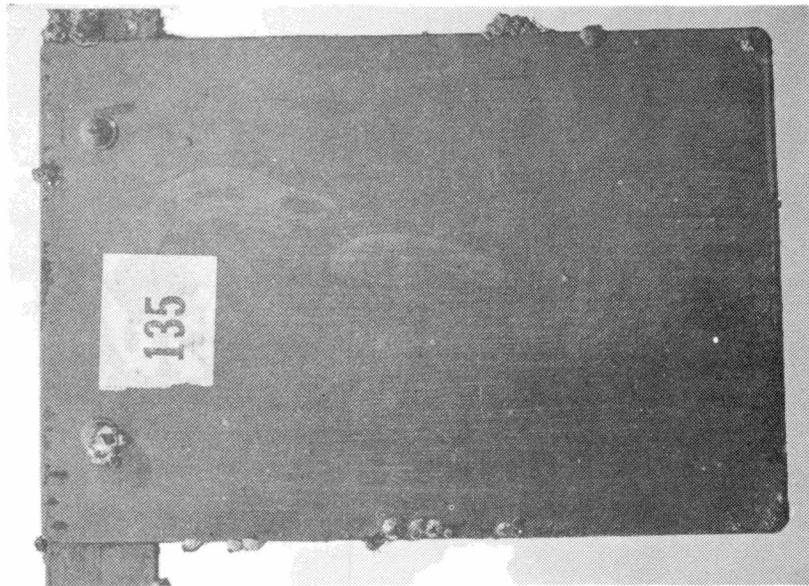
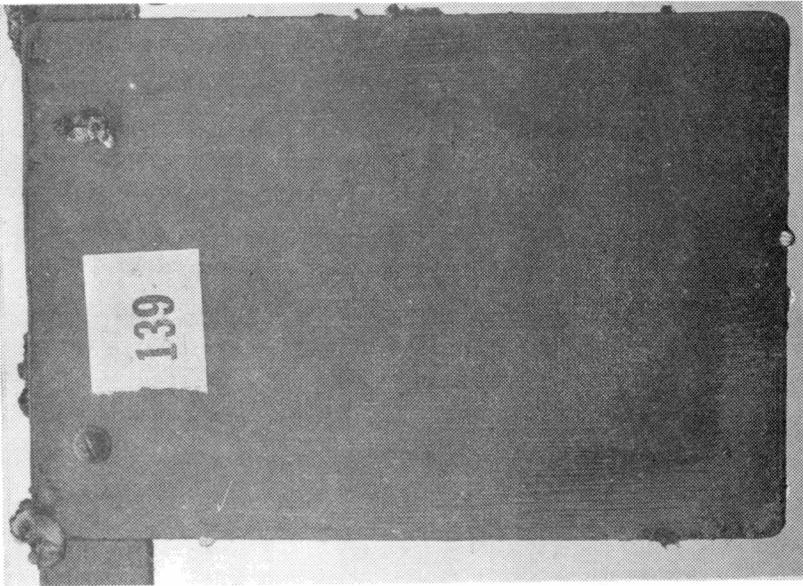


Figura 8.- Paneles correspondientes a las pinturas anticorrosivas vinílicas 7.4 y 7.5, segundo nivel de carena, con pintura intermedia aluminio (22 meses de inmersión en Puerto Belgrano)