

EFFECTO DEL ENSAYO DE INMERSION ALTERNADA SOBRE LOS  
SISTEMAS ANTICORROSIVOS MARINOS DE ALTA RESISTENCIA\*

ING. QUIM. JUAN J. CAPRARI\*\*, DR. MANUEL MORCILLO\*\*\*  
Y DR. SEBASTIAN FELIU\*\*\*

- \* Trabajo realizado con una beca del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (por intercambio con el CONICET), en el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Madrid.
- \*\* Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET y Responsable del Area Propiedades Protectoras de Películas de Pintura del CIDEPINT.
- \*\*\* Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM).



---

## SUMMARY\*

---

The exposure to a marine environment is one of the most severe conditions for a paint system. In service, paints were directly exposed in coastal or offshore structures, submitted to complete or partial immersion in sea water (ship hulls or boot-topping areas) or may suffer the action of tidal variations.

In the last condition the paint system used must have a greater resistance. In practice this resistance is determined by means of painted plates exposed in the level of medium tide and supported by frames fixed to a wharf. According to the different level of tides the plates were completely or partially immersed or exposed to weather. Every testing area has special conditions which will determine the frequency of exposure to each of these circumstances.

The action of the electrolyte, sweeping or erosion by waves, atmospheric or sea water pollution, salts or sediments settled on the film must be considered. The fouling organisms may attack the immersed zones of the plates, accelerating the corrosion processes.

In this work the behaviour of different high build systems based on chlorinated rubber were studied. Shop-primers pigmented with lead oxide, zinc chromate or tribasic lead sulfate-non leafing aluminium and using chlorinated rubber as binder were employed. Two different intermediate paints were applied: ferric oxide-baryte-chlorinated rubber and titanium dioxide-chlorinated rubber. A finishing coat was also used corresponding to thicknesses of 125  $\mu\text{m}$  in one of the series and 250  $\mu\text{m}$  in the other.

Carbon steel plates were used, and a welding coat has been applied in the longitudinal way. Five different surface treatments were considered: gritblasting, sandblasting, mechanical and manual brushing and washing with tap water.

The plates were exposed 18 months in a natural environment (Bilbao estuary, Spain), and solid contents, pH, salinity and water temperature were periodically recorded:

Two observers evaluated the different defects (checking, blistering and rusting) and the numerical values were treated by means of a factorial design belonging to the type  $3 \times 5 \times 2 \times 2$ .

The following conclusions were obtained:

1. The protection given by the anticorrosive systems depend on the preparation of the metallic surface. The methods which leave a surface absolutely clean such as shotblasting or gritblasting of the

metal (including the treatment of the welded zone) are clearly superior than those which use mechanical brushing. This method may be accepted as an alternative procedure when shotblasting may not be applied. Manual brushing and washing are inefficient and may be discarded.

2. The primer formulated with lead oxide showed the best behaviour in these experiences. The next primer in order of efficiency was that prepared with chlorinated rubber-zinc chromate and then the chlorinated rubber-tribasic lead sulfate-non leafing aluminium. The results obtained are also related to the degree of preparation of the metallic surface.

3. Considering the intermediate coats, the best protection was obtained with the paint prepared with ferric oxide-baryte-chlorinated rubber.

4. Increasing the thickness of the paint system more anti-corrosive protection was obtained only if the metallic surfaces have been adequately prepared and the paints employed have a good resistance to the aggressive environment to which they are exposed.

---

\* Caprarí J.J., Morcillo M. & Feliú S.- Effect of the tide range exposure test on the behaviour of high build anticorrosive marine systems. CIDEPINT-ANALES, 1980, 119-151.

---

## INTRODUCCION

---

Una de las condiciones de exposición más severas para un sistema de pinturas es la que está relacionada con la acción del ambiente marino. En la práctica ello puede manifestarse tanto por la exposición directa a la intemperie en zonas costeras, como por inmersión total (carena de embarcaciones) o parcial (línea de flotación); puede ocurrir también que dichos sistemas estén sometidos, tanto en servicio como en forma experimental, a la variación de las mareas (estructuras fijas de puertos).

Este último caso es, sin duda, el que exige mayores condiciones de resistencia. Experimentalmente la misma se determina colocando paneles de ensayo de dimensiones adecuadas en el nivel correspondiente a la media marea, lo cuál significa que los mismos estarán sujetos a inmersión total (pleamar), inmersión parcial (media marea) o exposición a la intemperie (bajamar). La frecuencia de exposición a cada una de estas circunstancias estará vinculada a las condiciones particulares del lugar de ensayo.

Humble (1) ha realizado un estudio empleando una lámina continua de acero y también paneles separados, colocados a intervalos regulares. Los resultados obtenidos por dicho investigador se resumen en la figura 1 y demuestran claramente que los valores más importantes de corrosión se obtienen en la zona de salpicado y de inmersión alternada.

Los paneles pintados están sometidos a la acción del electrolito, al golpe de las olas, humedad ambiente, presencia de contaminantes atmosféricos, sales o sedimentos depositados sobre la película, etc. De las condiciones hidrológicas y biológicas de la zona depende la posibilidad que actúen también organismos incrustantes ("fouling") y la resistencia de la película puede estar también afectada por la contaminación del agua (sedimentos, grasas o aceites, residuos de petróleo, etc.).

Será necesario emplear entonces pinturas formuladas con resinas que proporcionen una película de alta dureza y resistencia; en las zonas sumergidas en forma permanente se requerirá el empleo de productos antiincrustantes

La acción de la fracción ultravioleta de la luz solar y otros factores son considerados también por Lohr y Barry (2) cuando afirman que el ensayo de inmersión alternada produce el deterioro acelerado de los sistemas de pintura y permite la selección de aquellos que se van a emplear en la protección de la línea de flotación de embarcaciones y de estructuras sometidas a variación de las mareas.

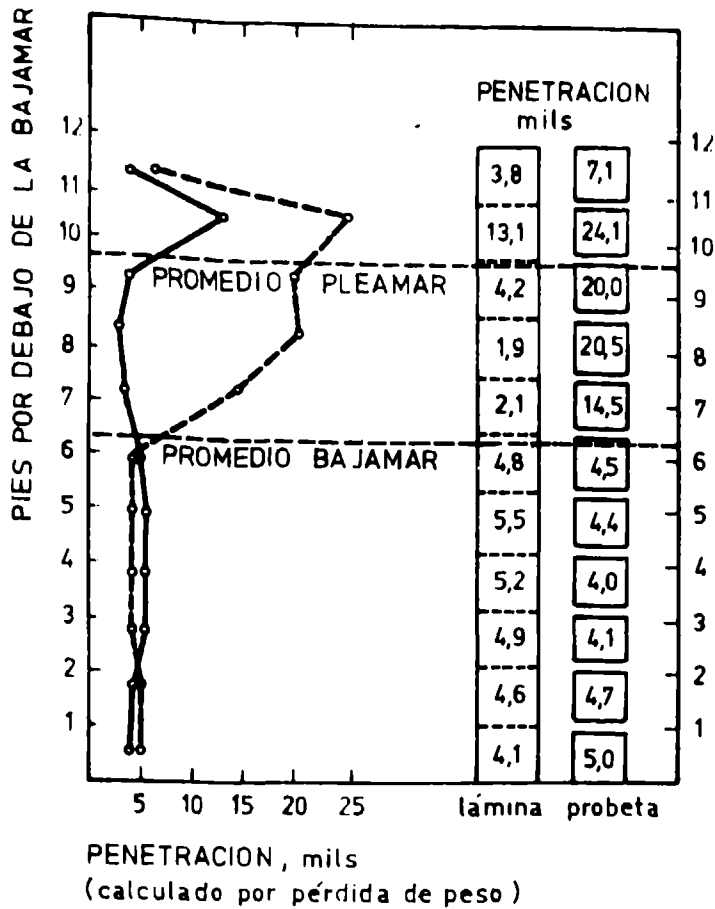


Figura 1.- Corrosión del acero desnudo a nivel de media marea, según Humble (1)

Los sistemas para línea de flotación deben reunir los requisitos siguientes (3):

- Elevada impermeabilidad, a fin de evitar la corrosión del metal por el electrolito (acción del sistema como barrera y del fondo como inhibidor).
- Alta dureza, para resistir los efectos de choque o acciones abrasivas provenientes del medio; la película no deberá sufrir deterioro por acción de algunos organismos incrustantes, como Balanus o Serpúlidos.
- Buena resistencia a la intemperie.

- d) Resistencia a agentes químicos (ácidos o álcalis diluidos) y a disolventes o derivados de petróleo.

Las propiedades mencionadas son impuestas por los factores existentes en el lugar de inmersión del recubrimiento. Sin embargo es necesario tener en cuenta, además, otras tres variables de suma importancia: el tipo de superficie metálica, la preparación de dicha superficie y el espesor de película total logrado.

El tipo de superficie metálica depende fundamentalmente de la historia previa del metal, esto es del grado de deterioro que se ha producido en el parque de almacenaje antes de la aplicación de la pintura de protección temporaria (4). Se debe hacer notar que son lugares particularmente vulnerables aquellos donde están presentes cordones de soldadura o áreas disímiles por la presencia de chapas de distintas partidas, que pueden tener diferencias de composición.

La preparación de la superficie metálica y el espesor de película del sistema ejercen una influencia decisiva sobre el comportamiento del esquema protector, llegando a reducir al mínimo la influencia del tipo de imprimación (5).

El presente trabajo es el tercero de una serie realizada por los autores sobre este tema (4,5) y que han servido para profundizar el estudio del comportamiento de sistemas a base de caucho clorado utilizando distintas composiciones, esquemas de pintado y preparación de superficies, y en los que se ha prestado especial atención a algunas zonas críticas de un casco, como lo son los cordones de soldadura.

---

#### TECNICA EXPERIMENTAL

---

Los ensayos se realizaron en instalaciones de Astilleros Españoles S. A., Factoría de Sestao, sobre la ría de Bilbao, durante 18 meses.

Las probetas fueron construidas en chapa de acero naval de 4 mm de espesor, de 150 x 300 mm. Se expusieron 6 meses a la acción de la intemperie y luego se granallaron (granalla de acero) en máquina automática, aplicándose una mano de imprimación anticorrosiva de protección temporaria de tipo óxido de hierro-resina epoxídica, de uso habitual en dicha Factoría.

Luego del tratamiento mencionado precedentemente, el material volvió al parque de depósito, donde estuvo sometido a la acción de la intemperie durante otro lapso similar.

Se procedió entonces a aplicar sobre la chapa, en forma longitudinal, un cordón de 10 mm de ancho y 2-3 mm de espesor, por procedimiento manual y utilizando electrodo básico E 7018. Como consecuencia de esta operación se quemó la película de shop-primer 5 cm hacia cada lado del cordón, tomando como referencia la línea media o eje central del mismo, tanto en la cara anterior como en la posterior.

Ambas caras de las probetas así preparadas fueron sometidas a la acción directa de la niebla salina artificial, durante 24 horas, a fin de acelerar el proceso de oxidación en esa zona, es decir algo similar a lo que habitualmente ocurre en los astilleros durante la etapa constructiva.

Las probetas fueron lavadas luego con agua potable y se procedió a efectuar cinco tratamientos de superficie diferentes según el siguiente detalle: a) granallado de toda la probeta; b) granallado de la zona del cordón, exclusivamente; c) cepillado mecánico rotativo (1400 r.p.m.); d) cepillado manual vigoroso; y e) simple tratamiento con agua y cepillo de cerdas blandas.

En los cuatro primeros tratamientos el trabajo se realizó sobre ambas caras de la probeta, eliminándose del cordón las escorias y salpicaduras provenientes del proceso de soldadura por picareteado. La preparación indicada en e) se efectuó también sobre ambas caras, pero sin emplear el picareteado previo.

Sobre las probetas así preparadas se aplicaron a pincel los esquemas de pintado que se indican en la tabla I, utilizando las pinturas cuya composición se presenta en las tablas II y III. El control de los espesores se efectuó según el esquema indicado en la figura 2, tomándose el promedio de cuatro lecturas para cada valor previsto (125 ó 250  $\mu$ m), tanto a 3 mm a cada lado del cordón como en el resto de la probeta.

El modo de sujeción de la probeta a los bastidores de ensayo se indica en la figura 3; en la figura 4 se muestra el lugar de emplazamiento de las probetas mencionadas.

La evaluación de resultados se efectuó teniendo en cuenta los tres defectos principales que pueden aparecer en este tipo de ensayo: *cuarteado*, *ampollado* y *oxidación*. Se realizó una observación preliminar "in situ" y los resultados definitivos se establecieron utilizando como referencia de comparación fotografías en color preparadas especialmente a tal efecto.

A cada defecto observado se aplica una escala de evaluación donde el valor 10 indica la ausencia de alteraciones y el valor 0 corresponde al panel completamente alterado. Esta metodología ha permitido obtener un puntaje total que, asignado al sistema, hace que un esquema de pintado de excelente comportamiento reúna un valor total de 30 puntos, escalonándose los otros sistemas según el orden de méritos obtenidos mediante tal mecanismo.

Se analizaron luego los resultados utilizando un diseño estadístico factorial del tipo  $5 \times 3 \times 2 \times 2$ , cuya efectividad ha quedado demostrada en un trabajo anterior (6).

Para tener información sobre las *características del medio experimental*, se realizaron determinaciones de pH, salinidad y materias en suspensión, durante dos períodos: marzo-setiembre de 1977 (primavera-verano) y diciembre 1977-marzo 1978 (invierno). Los resultados obtenidos se resumen en los gráficos de la figura 5. La temperatura durante los períodos mencionados osciló entre 12 y 16 C.

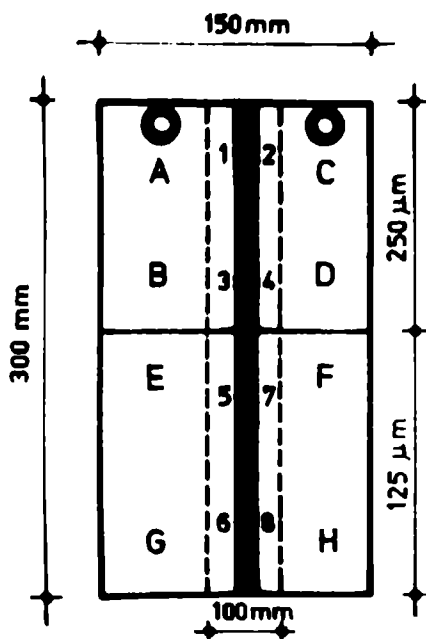


Figura 2.- Control del espesor de película en los paneles de ensayo

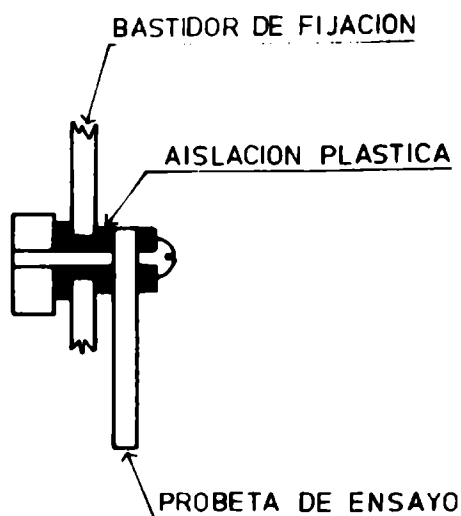


Figura 3.- Forma de sujeción del panel al bastidor

Un panel de acrílico arenado fue colocado para recolectar el "fouling" y determinar qué especies incrustantes caracterizaban la zona. Durante el período del ensayo no se registró fijación, depositándose en cambio sobre dichos paneles una capa apreciable de hidrocarburos y petróleo.

TABLA I  
ESQUEMAS DE PINTADO ENSAYADOS

|                                | Esquema 1 (*) |                        | Esquema 2 (**) |                        |
|--------------------------------|---------------|------------------------|----------------|------------------------|
|                                | Capas         | Espesor, $\mu\text{m}$ | Capas          | Espesor, $\mu\text{m}$ |
| Imprimación anticorrosiva..... | 2             | 40-50                  | 2              | 45-50                  |
| Pintura intermedia inerte..... | 1             | 50-55                  | 2              | 125-130                |
| Pintura de terminación.....    | 2             | 40-50                  | 2              | 45-50                  |
| Total.....                     | 5             | 130-155                | 6              | 215-230                |

(\*) Espesor previsto, 125  $\mu\text{m}$

(\*\*) Espesor previsto, 250  $\mu\text{m}$

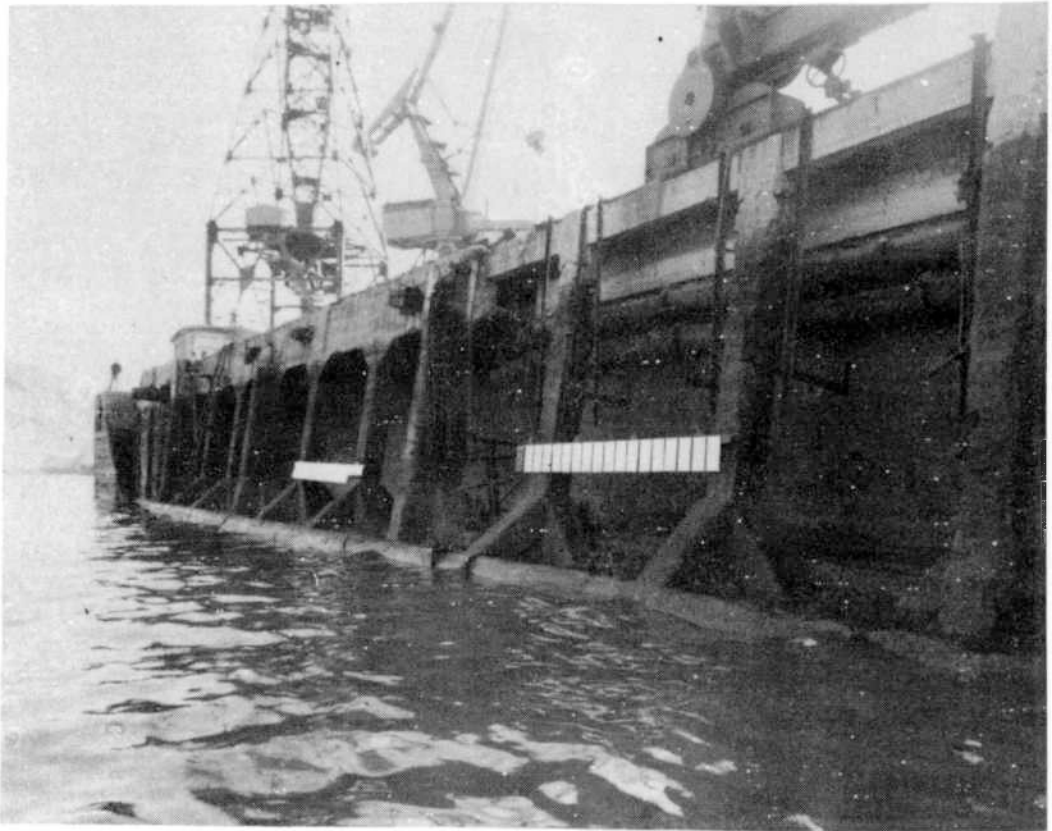


Figura 4.- Vista del lugar de emplazamiento de los bastidores, en la ría de Bilbao (España)

---

## RESULTADOS OBTENIDOS

---

### EFFECTOS DE LAS CARACTERISTICAS DEL MEDIO

En áreas de estuarios y puertos, la composición química del agua suele sufrir alteraciones debido fundamentalmente al aporte de agua dulce (de lluvia o de un río que desemboque en dicho lugar) o a la contaminación <sup>(8)</sup>.

El primer factor altera la salinidad y produce grandes fluctuaciones de la misma. Esto ocurre en la zona experimental por el aporte de agua dulce del río Nervión.

En cuanto al pH, los valores observados a lo largo del período experimental no muestran grandes variaciones, aunque se ubi-

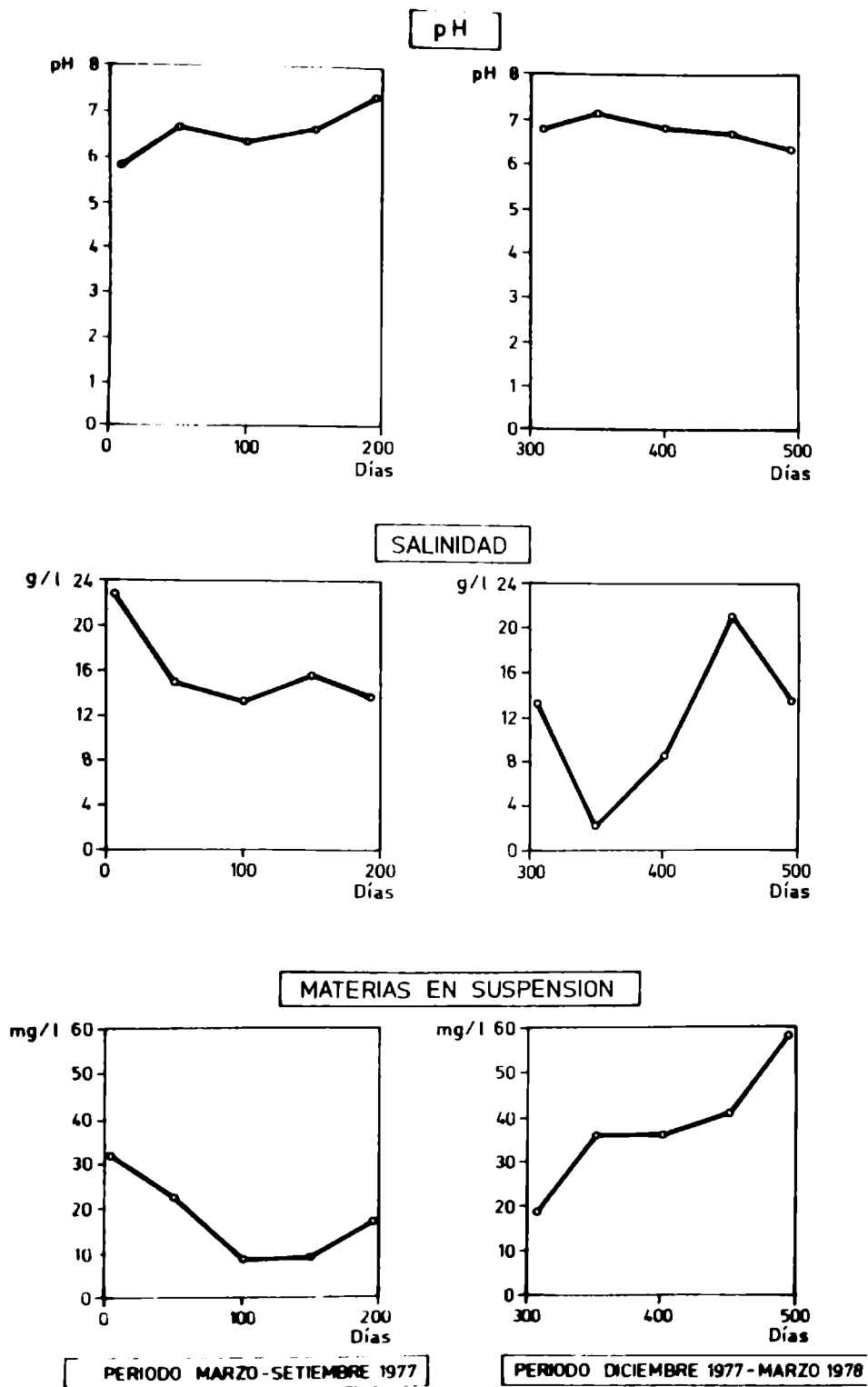


Figura 5.- Características del agua del medio experimental (ría de Bilbao)

TABLA II  
COMPOSICION DE LAS PINTURAS ANTICORROSIVAS A BASE DE  
CAUCHO CLORADO (g/100 g)

|                                  | E-10   | E-20   | E-30   |
|----------------------------------|--------|--------|--------|
| <b>Ligante:</b>                  |        |        |        |
| Caucho clorado 20 cP.....        | 13,8   | 15,7   | --     |
| Caucho clorado 10 cP.....        | --     | --     | 12,3   |
| Parafina clorada 70 %.....       | --     | --     | 7,2    |
| Difenilo clorado 48 %.....       | 7,4    | 7,9    | 4,1    |
| <b>Pigmento:</b>                 |        |        |        |
| Minio 'non setting'.....         | 29,0   | --     | --     |
| Oxido de hierro rojo.....        | 8,9    | 2,5    | 6,7    |
| Barita.....                      | 3,6    | --     | 6,7    |
| Cromato de cinc A.....           | --     | 13,6   | --     |
| Carbonato de calcio y magnesio   | --     | 5,3    | --     |
| Silicato magnesio hidratado...   | --     | 7,7    | --     |
| Sulfato tribásico de plomo....   | --     | --     | 13,3   |
| Aluminio 'no leafing'.....       | --     | --     | 9,2    |
| <b>Agente tixotrópico:</b>       |        |        |        |
| Thixatrol ST.....                | 0,8    | 1,6    | 1,6    |
| <b>Disolventes y diluyentes:</b> |        |        |        |
| Xileno.....                      | 18,2   | 22,8   | 31,1   |
| Aromasol H.....                  | 18,3   | 22,9   | 7,8    |
| PVC.....                         | 31,0   | 35,0   | 30,0   |
| Pigmento, %.....                 | 41,5   | 19,1   | 35,9   |
| Ligante, %.....                  | 22,0   | 25,2   | 25,2   |
| Disolventes y diluyentes, %..... | 36,5   | 45,7   | 38,9   |
| Sólidos totales, en peso, %..... | 63,5   | 54,3   | 60,8   |
| Relación resina/plastificante... | 1/0,53 | 1/0,50 | 1/0,21 |

TABLA III

COMPOSICION DE LAS PINTURAS INTERMEDIAS Y DE TERMINACION (g/100 g)

|                                  | Pinturas intermedias |        | Pintura de terminación |
|----------------------------------|----------------------|--------|------------------------|
|                                  | EI-100               | EI-200 |                        |
| <b>Ligante:</b>                  |                      |        |                        |
| Caucho clorado 20 cP.....        | --                   | --     | 19,5                   |
| Caucho clorado 10 cP.....        | 14,5                 | 19,6   | --                     |
| Parafina clorada 70 %.....       | 9,7                  | 13,0   | --                     |
| Difenilo clorado 48 %.....       | 4,9                  | 6,7    | --                     |
| Difenilo clorado 60 %.....       | --                   | --     | 13,0                   |
| <b>Pigmento:</b>                 |                      |        |                        |
| Tioxide R-CR 2.....              | --                   | 13,3   | 16,5                   |
| Oxido de hierro rojo.....        | 19,1                 | --     | --                     |
| Barita.....                      | 19,1                 | 13,3   | --                     |
| Negro de humo.....               | --                   | 0,2    | --                     |
| Bentone 34.....                  | --                   | 0,1    | --                     |
| <b>Agente tixotrópico:</b>       |                      |        |                        |
| Bentone 34.....                  | 1,9                  | --     | --                     |
| Thixatrol ST.....                | --                   | 1,7    | 0,5                    |
| <b>Disolventes y diluyentes:</b> |                      |        |                        |
| Etanol.....                      | 0,8                  | --     | --                     |
| Xileno.....                      | 15,0                 | 16,0   | 33,7                   |
| Aromasol H.....                  | 15,0                 | 16,1   | 16,8                   |
| PVC.....                         | 33,0                 | 19,0   | 15,0                   |
| Pigmento, %.....                 | 38,2                 | 26,9   | 16,5                   |
| Ligante, %.....                  | 31,0                 | 41,0   | 33,0                   |
| Disolventes y diluyentes.....    | 30,8                 | 32,1   | 50,5                   |
| Sólidos totales (en peso), %     | 69,2                 | 67,9   | 49,5                   |
| Relación resina/plastificante    | 1/0,20               | 1/0,20 | 1/0,66                 |

can dentro de la zona ácida. El pH normal de agua de mar oscila entre 8,2 y 8,3; los valores obtenidos muestran importantes desviaciones, relacionadas con la descomposición de materia orgánica y presencia de apreciables cantidades de ácido sulfhídrico provenientes del mismo proceso. En algunos casos se llega a valores de 7,0 o menores (7).

El agua de la rfa lleva además abundante cantidad de petróleo en su superficie, formándose una capa que aísla el electrolito del aire e impidiendo la oxigenación del medio. Este es un factor que reduce el desarrollo biológico en el lugar.

La falta de información sobre la cantidad de oxígeno disuelto y de ácido sulfhídrico presente, determinaciones que no se realizaron por falta de instrumental adecuado, impide confirmar si este es el motivo que ha provocado la desaparición de especies incrustantes en la zona.

Del análisis de los datos obtenidos se puede observar que el planteo realizado en la introducción del presente trabajo respecto a las condiciones que debe reunir un sistema para línea de flotación o inmersión alternada es acertado. En este caso particular el sistema deberá presentar una apreciable resistencia a los agentes químicos de naturaleza ácida, que aceleran los procesos de corrosión, y además al petróleo y sus derivados.

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE INMERSIÓN ALTERNADA

Los resultados obtenidos al aplicar el criterio de evaluación mencionado anteriormente se trataron estadísticamente, como ya se indicó, mediante un diseño factorial de tipo  $3 \times 5 \times 2 \times 2$ .

Las fotografías en color obtenidas a los 18 meses de ensayo fueron examinadas por dos observadores, que procedieron a calificar los diferentes defectos observados (cuarteado, ampollado y oxidación) en ambas caras del panel. El puntaje total obtenido para cada muestra se resume en los gráficos de las figuras 6 y 7.

Al no realizarse replicaciones, se tomó como estimación de la varianza del error el cuadrado medio resultante de las interacciones triples, cuádruples y quíntuples, cuya influencia en el proceso puede considerarse despreciable. Este criterio fue adoptado por haber quedado demostrado (6) que es acertado.

Aplicando las pruebas de Fisher, resultaron significativos los factores *imprimación anticorrosiva* (A), *preparación de superficies* (B), *pintura intermedia* (C) y en un plano secundario el *espesor de película* (D) y las interacciones AB (*imprimación an-*

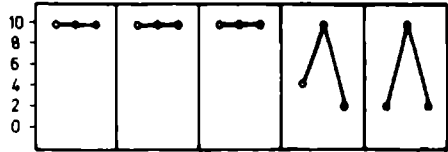
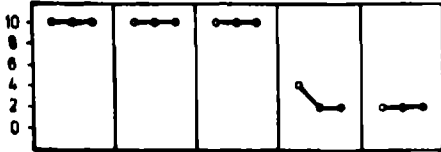
**PINTURA INTERMEDIA : CLOROCAUCHO-OXIDO FERRICO - BARITA**

**ESPESOR DEL SISTEMA · 125 μm**

**ESPESOR DEL SISTEMA 250 μm**

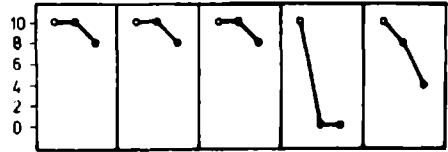
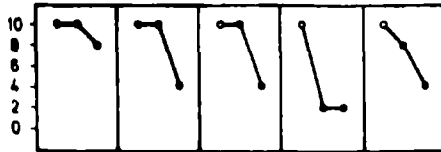
IMPRIMACION : CLOROCAUCHO - MINIO

IMPRIMACION CLOROCAUCHO - MINIO



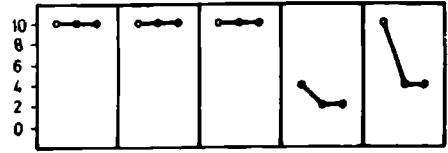
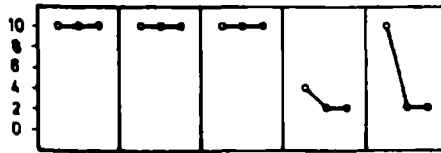
IMPRIMACION : CLOROCAUCHO - CROMATO DE CINC

IMPRIMACION : CLOROCAUCHO - CROMATO DE CINC



IMPRIMACION : SULFATO TRIBASICO DE PLOMO-ALUMINIO "NON LEAFING"

IMPRIMACION : SULFATO TRIBASICO DE PLOMO-ALUMINIO "NON LEAFING"



GRANALLADO TOTAL    GRANALLADO CORDON    CEPILLADO MECANICO    CEPILLADO MANUAL    LAVADO

GRANALLADO TOTAL    GRANALLADO CORDON    CEPILLADO MECANICO    CEPILLADO MANUAL    LAVADO

- CUARTEADO
- AMPOLLADO
- OXIDACION

Figura 6.- Resultados de los ensayos de inmersión alternada (pintura intermedia a base de caucho clorado, óxido férrico y barita)

ticorrosiva-pintura intermedia), BC (preparación de superficie-pintura intermedia) y en menor medida la interacción CD (pintura intermedia-espesor de película).

**ESTUDIO DE LOS EFECTOS PRINCIPALES**

Los resultados obtenidos para el valor de la media de los efectos principales se resumen en la tabla IV.

Por medio del método de las comparaciones de Duncan, se pué

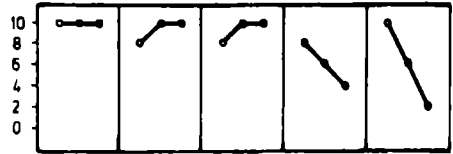
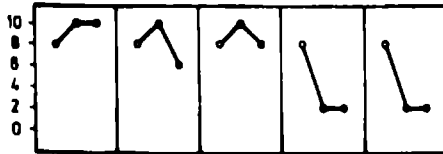
## PINTURA INTERMEDIA : CLOROCAUCHO - BIOXIDO DE TITANIO - BARITA

ESPESOR DEL SISTEMA 125  $\mu\text{m}$

ESPESOR DEL SISTEMA 250  $\mu\text{m}$

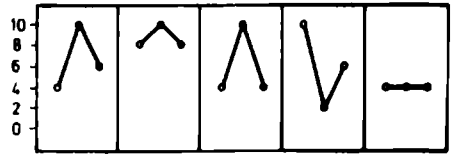
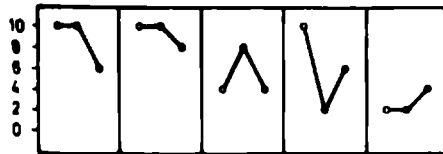
IMPRIMACION · CLOROCAUCHO - MINIO

IMPRIMACION · CLOROCAUCHO - MINIO



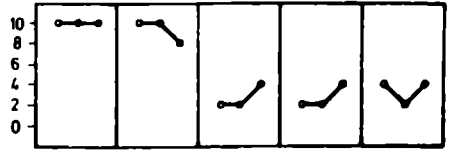
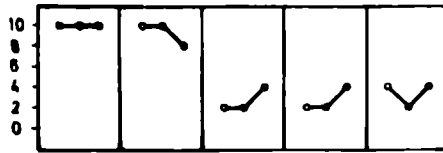
IMPRIMACION · CLOROCAUCHO - CROMATO DE CINC

IMPRIMACION · CLOROCAUCHO - CROMATO DE CINC



IMPRIMACION · SULFATO TRIBASICO DE PLOMO-ALUMINIO "NON LEAFING"

IMPRIMACION · SULFATO TRIBASICO DE PLOMO-ALUMINIO "NON LEAFING"



GRANALLADO TOTAL    GRANALLADO CORDON    CEPILLADO MECANICO    CEPILLADO MANUAL    LAVADO

GRANALLADO TOTAL    GRANALLADO CORDON    CEPILLADO MECANICO    CEPILLADO MANUAL    LAVADO

- CUARTEADO
- AMPOLLADO
- OXIDACION

Figura 7.- Resultados de los ensayos de inmersión alternada (pintura intermedia a base de caucho clorado-bióxido de titanio-barita)

do establecer como significativamente mejores los siguientes niveles de cada factor:

De los pigmentos anticorrosivos (A), el minio de plomo (a.1) es el que muestra el valor más alto de la media de los efectos principales, con respecto al cromato de cinc (a.2) y sulfato tribásico de plomo-aluminio (a.3), que le siguen en ese orden. Si en cambio la comparación se realiza de a pares, no se notan diferencias significativas entre el comportamiento del minio de plomo y del

TABLA IV  
 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANALISIS ESTADISTICO. MEDIA DE LOS EFECTOS PRINCIPALES

| Factor                           | Nivel  |              | Valor media |
|----------------------------------|--|--------------|-------------|
|                                  | Variable   | Denominación |             |
| Imprimación anticorrosiva<br>(A) | Caucho clorado-Minio                               | a.1          | 22,50       |
|                                  | Caucho clorado-Cromato de cinc                     | a.2          | 21,10       |
|                                  | Caucho clorado-Sulfato tribásico de plomo-Aluminio | a.3          | 19,80       |
| Preparación de superficie<br>(B) | Granalado total                                    | b.1          | 28,25       |
|                                  | Granalado cordón                                   | b.2          | 28,50       |
|                                  | Cepillado mecánico                                 | b.3          | 23,42       |
|                                  | Cepillado manual                                   | b.4          | 12,08       |
|                                  | Lavado   | b.5          | 13,42       |
| Pintura intermedia<br>(C)        | Caucho clorado-Oxido férrico-Barita                | c.1          | 22,57       |
|                                  | Caucho clorado-Bióxido de titanio-Barita           | c.2          | 19,70       |
| Espesor de película<br>(D)       | 125 micrones                                       | d.1          | 20,53       |
|                                  | 250 micrones                                       | d.2          | 21,73       |

cromato básico de cinc (dupla a.1-a.2). Estas diferencias, en cambio adquieren significación cuando se comparan las composiciones minio de plomo-sulfato tribásico de plomo-aluminio no leafing (a.1-a.3) y cromato de cinc-sulfato tribásico de plomo-aluminio no leafing (a.2-a.3), siendo altamente significativos los valores de comparación para los dos pigmentos de plomo.

El factor *preparación de superficies* (B) demuestra la importancia de este parámetro sobre el rendimiento del esquema protector. El *granallado total de la probeta* (b.1) y el *granallado del cordón* (b.2) muestran valores significativamente mayores al de los otros tratamientos superficiales y similar comportamiento cuando se compara entre sí el valor de sus medias. En orden de importancia le siguen el *cepillado mecánico* (b.3), el *lavado* (b.5) y el *cepillado manual* (b.4).

El estudio de la variable *pintura intermedia* (C) muestra un mejor comportamiento del intermediario *caucho clorado-óxido ferrico-barita* (c.1) respecto al formulado con *caucho clorado-bióxido de titanio-barita* (c.2), mientras que para el *espesor de película* (D) se puede deducir un mejor comportamiento para los sistemas de 250 micrones de espesor (d.2).

#### ESTUDIO DE LAS INTERACCIONES

Los resultados obtenidos para las diferentes interacciones que han resultado significativas se resumen en gráficos, con el objeto de facilitar su estudio, habiéndose obtenido conclusiones interesantes respecto a la verdadera influencia de cada factor sobre los resultados.

Para la *interacción AB* (imprimación anticorrosiva-preparación de superficies) la diferencia entre pigmentos anticorrosivos existe, pero no es muy significativa para los tratamientos de superficie más eficaces, como el granallado total de la probeta o el de la zona del cordón (figura 8).

En los tres restantes tratamientos se comienzan a notar diferencias sustanciales en el comportamiento de las distintas imprimaciones anticorrosivas de acuerdo con el tipo de pigmento inhibidor utilizado. El cepillado mecánico del cordón puede considerarse un tratamiento más efectivo que el cepillado manual o el lavado, aunque incompleto desde el punto de vista de la remoción total del óxido y de la pintura quemada por efecto de la soldadura.

Como lo indican los gráficos obtenidos, en el punto b.3 la imprimación a base de minio muestra un mejor comportamiento que las otras dos, como si tuviera mayor resistencia al cambio en las condiciones de limpieza de la superficie de base. Luego le siguen el cromato de cinc y el sulfato tribásico de plomo-aluminio no leafing, respectivamente.

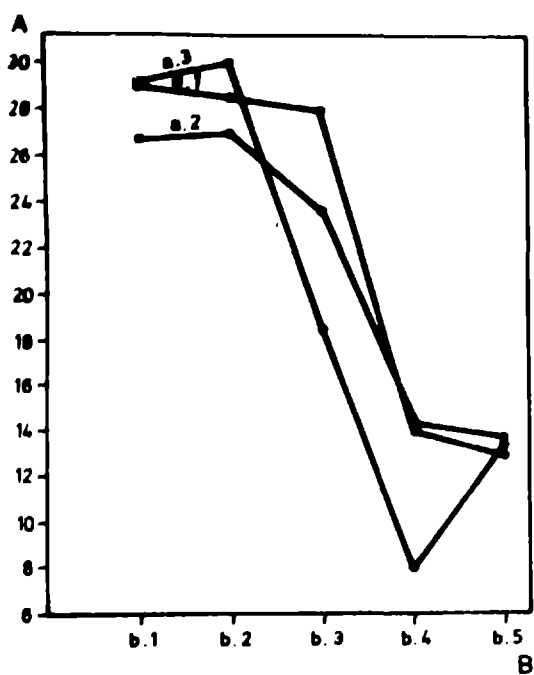


Figura 8

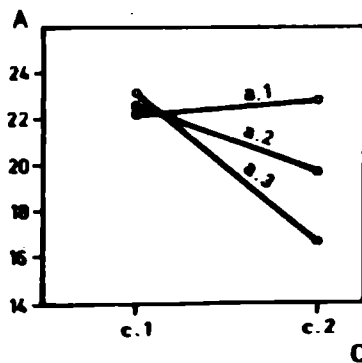


Figura 9

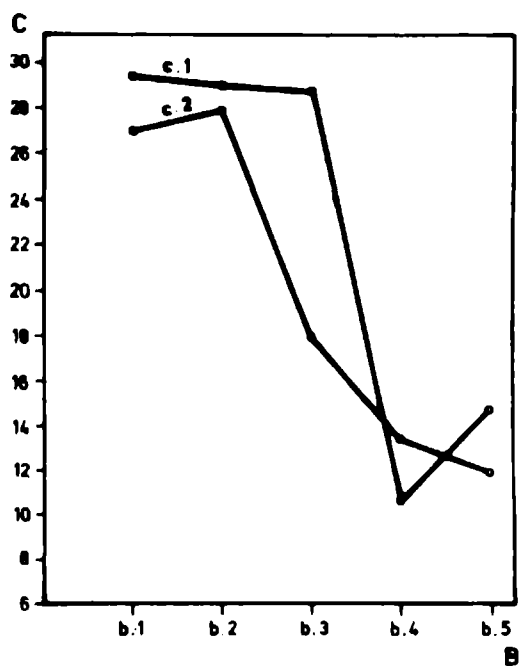


Figura 10

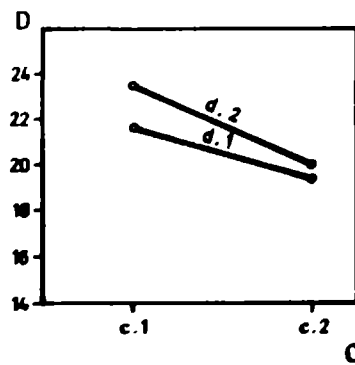


Figura 11

La ineficiencia de los otros dos tratamientos queda evidenciada por el similar comportamiento de todas las imprimaciones utilizadas, lo que indica claramente que los mismos deben ser descartados.

Como resumen del estudio realizado para la *interacción AB* se concluye que la diferencia entre pinturas anticorrosivas existe, pero pierde significación ante la gran influencia que sobre su comportamiento ejerce el grado de limpieza de la superficie de base.

En la *interacción AC* (imprimación anticorrosiva-pintura intermedia) el gráfico obtenido indica que la composición de la imprimación anticorrosiva también pierde significación frente al mismo parámetro de la pintura intermedia (figura 9) cuando el intermedio utilizado está compuesto por caucho clorado-óxido férrico-barita (c.1). Se encuentran diferencias significativas cuando el intermedio inerte está compuesto por caucho clorado-bióxido de titanio-barita (c.2), obteniéndose un mejor rendimiento para el minio de plomo (a.1), seguido por el cromato de cinc (a.2) y ubicándose en último término la pigmentación sulfato tribásico de plomo-aluminio no leafing (a.3).

El estudio de la *interacción BC* (preparación de superficie-pintura intermedia), que se presenta en el gráfico de la figura 10, indica que para los dos tratamientos de superficie de mayor calidad (granallado total y granallado del cordón), el tipo de pintura intermedia no tiene significación, ya que se obtienen valores estadísticamente similares para ambos.

La influencia comienza a notarse en el cepillado mecánico, donde la pintura intermedia a base de caucho clorado-óxido férrico-barita (c.1) muestra un comportamiento superior al de la formulada con caucho clorado-bióxido de titanio-barita (c.2), tal como puede observarse en el punto b.3.

Para los dos tratamientos restantes los resultados que se obtienen muestran que en este caso también la composición del intermedio pierde significación frente a la gran influencia que ejerce la limpieza incorrecta de la superficie.

La *interacción CD* (pintura intermedia-espesor de película) indica que a mayor espesor (c.1-d.2) mejora el resultado obtenido (figura 11). En este caso el efecto que el mencionado parámetro tiene frente al comportamiento del sistema, disminuye frente a la gran importancia que adquieren el grado de preparación de la superficie, la composición de la película intermedia y la composición de la imprimación anticorrosiva.

Lo manifestado precedentemente confirma lo que se menciona con frecuencia en la bibliografía, en el sentido de que el espesor de película del sistema es determinante del rendimiento del sistema protector sólo si el mismo ha sido aplicado sobre superficies

con un grado de limpieza adecuado y si se utilizan productos cuya resistencia sea la adecuada para las condiciones de servicio a las que estarán expuestos.

---

## CONCLUSIONES

---

1. Los resultados obtenidos con un sistema protector anticorrosivo dependen fundamentalmente del grado de preparación de la superficie metálica. Los métodos que proporcionan superficies muy limpias, como el granallado total de la probeta o el granallado de la zona del cordón, para eliminar restos de pintura quemada durante la soldadura, son netamente superiores al cepillado mecánico, alternativa que podría considerarse aceptable en aquellos casos en que no puedan ser aplicados los mencionados en primer término. Debe descartarse en cambio el cepillado manual y el lavado, por la manifiesta ineficiencia de ambos métodos.

2. La imprimación anticorrosiva de mejor comportamiento en estas experiencias es la formulada con caucho clorado-minio de plomo, siguiendo en orden de eficiencia caucho clorado-cromato de cinc y caucho clorado-sulfato tribásico de plomo-aluminio no leafing. Los resultados están relacionados también con el grado de preparación de la superficie metálica.

3. La pintura intermedia de mejor comportamiento es la formulada con caucho clorado-óxido férrico-barita, siendo significativa su influencia sobre el rendimiento del esquema protector para tratamientos de menor calidad como el cepillado mecánico. Por su composición dicha formulación es la de menor costo entre las utilizadas.

4. Un mayor espesor de película redundará en una mayor protección del sistema aplicado sólo si las superficies han sido adecuadamente preparadas y las pinturas utilizadas tienen buena resistencia al medio agresivo frente al cuál están expuestas.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

- (<sup>1</sup>) Allor, W. H.- Handbook on corrosion testing and evaluation. J. Wiley & Sons, New York, 1971.

- (2) Sward, G. G. (editor).- Paint testing manual. ASTM Special Tech. Publ. 04-50000-14, Philadelphia, 1972.
- (3) Rascio, V. y Caprari, J. J.- Sistemas oleorresinosos y vinílicos para línea de flotación. Revista de Ingeniería, 17 (67), 35, 1969.
- (4) Caprari, J. J., Morcillo, M. y Feliú, S.- El estado de la superficie de acero, factor clave en el comportamiento del recubrimiento de pintura. Rev. Iberoam. de Corrosión y Protección, 10 (3), 45, 1979.
- (5) Caprari, J. J., Morcillo, M. y Feliú, S.- Comportamiento en agua de mar del sistema de pintura aplicado sobre soldaduras realizadas en planchas de acero imprimadas. Efecto de la preparación de superficies. Rev. Iberoam. de Corrosión y Protección, 10 (2), 19, 1979.
- (6) Caprari, J. J., Del Amo, B., Rodríguez Presa H. y Rascio V.- Sistemas vinílicos de alto espesor para la protección anticorrosiva de carenas de barcos. Remitido al V Congreso Internacional de corrosión marina e incrustaciones biológicas, Barcelona, 1980.
- (7) Uhlig, H.- Corrosion Handbook. J. Wiley & Sons, 1948.
- (8) Gay, P.- Some features of ship painting. J. Oil Col. Chem. Ass., 51 (4), 287, 1968.

---

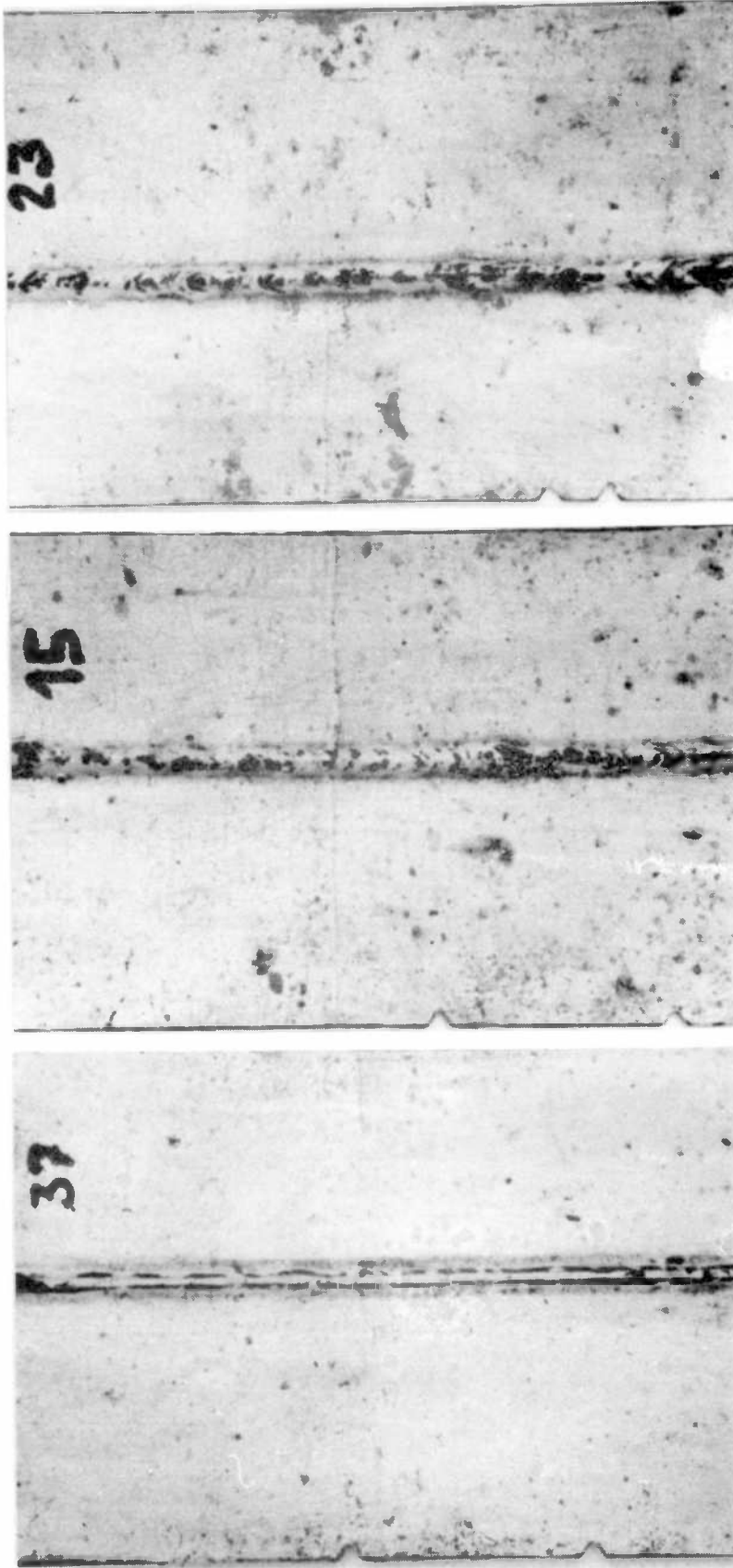
#### AGRADECIMIENTOS

---

Los autores expresan su agradecimiento a Astilleros Españoles S. A., Factoría de Sestao, por haber facilitado la chapa de acero imprimada sobre la que se han llevado a cabo los ensayos y a Industrias de Pinturas Españolas S. A. por la colaboración prestada en la fabricación de las pinturas empleadas en el presente estudio. El Ing. J. J. Caprari agradece además al Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Argentina la Beca de Intercambio que posibilitó la estadía en España y la realización, entre otros, de este trabajo.

.

.



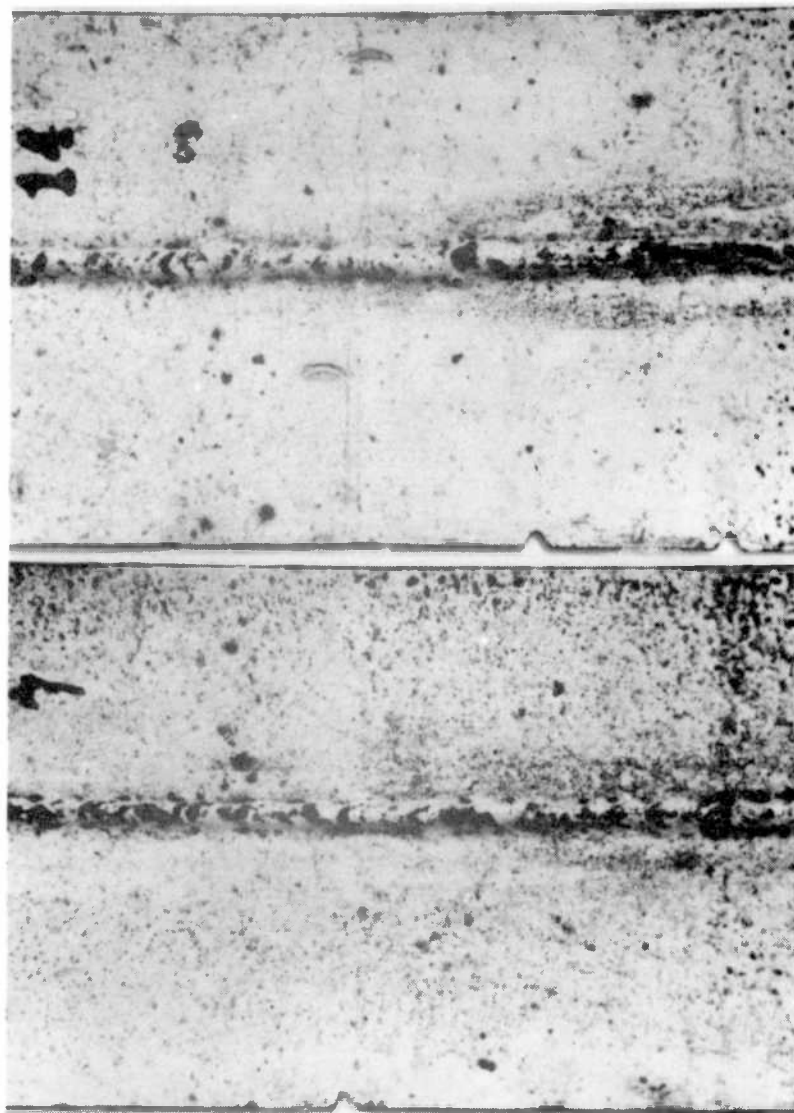
Granallado total de la probeta

Granallado zona del cordón

Cepillado mecánico zona cordón

Fig. 12.- Efecto de la preparación de la superficie (Factor B); imprimación de caucho clorado-minio de plomo; pintura intermedia de caucho clorado-óxido férrico-barita

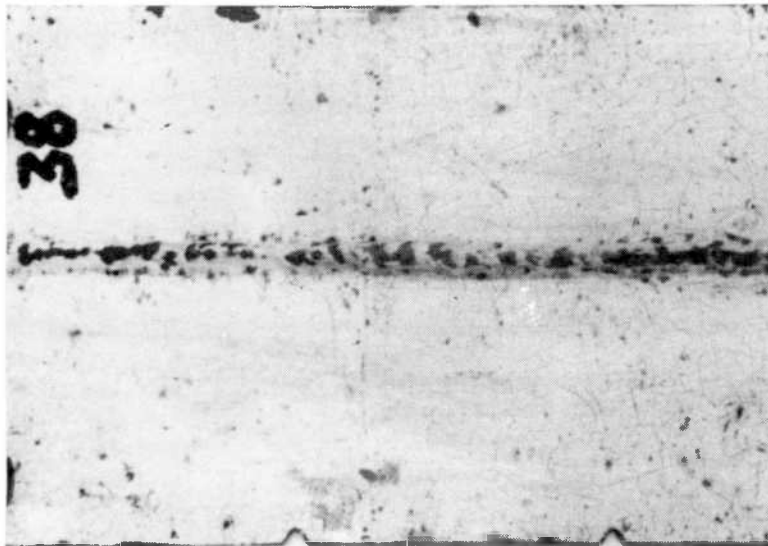




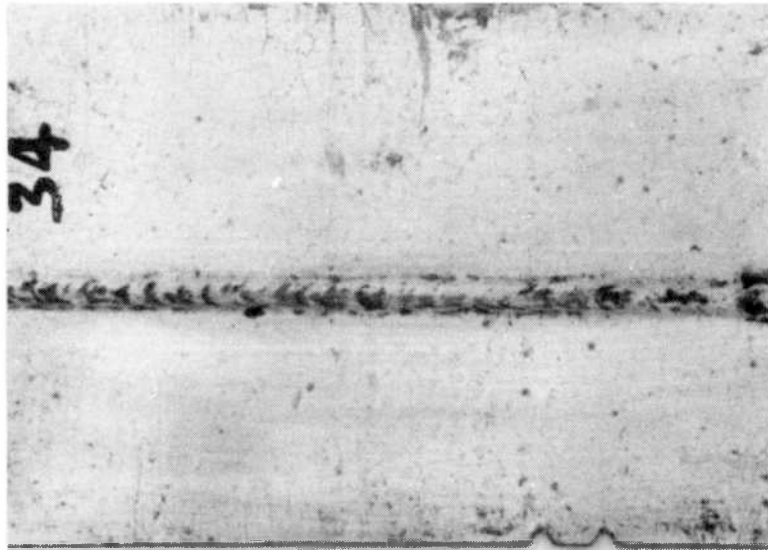
Cepillado manual zona cordón Lavado con agua y cepillo de cerda

Fig. 13.- Efecto de la preparación de la superficie de la imprimación de caucho clorado-minio de plomo; pintura intermedia de caucho clorado-óxido férrico-barita

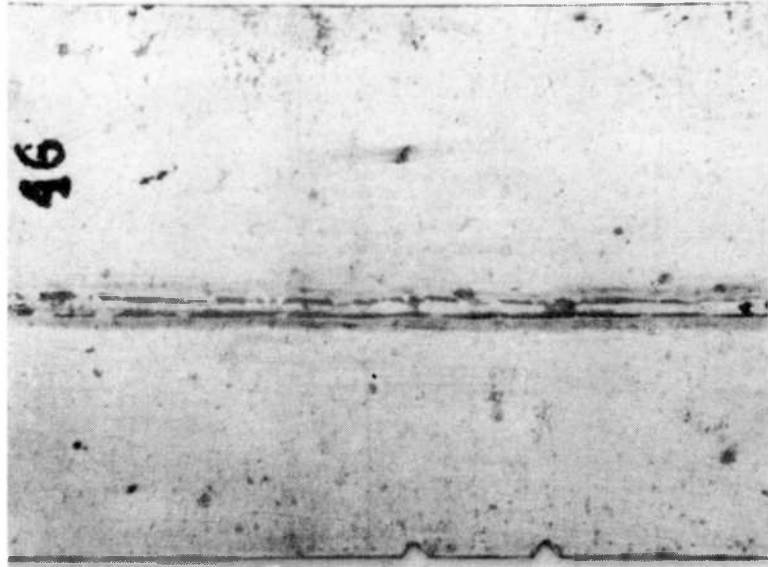




Granallado total; imprimación cau-  
cho clorado-minio de plomo



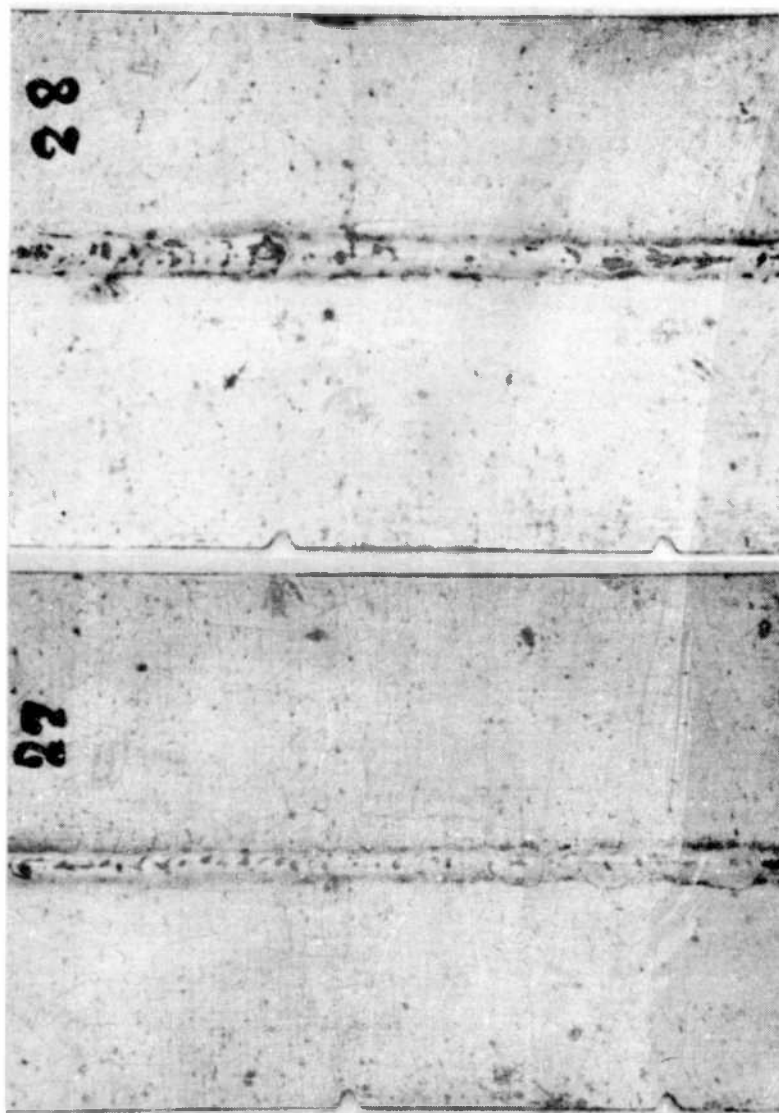
Granallado cordón; imprimación cau-  
clorado-cromato de cinc



Granallado total; imprimación cau-  
cho clorado-sulfato plomo-aluminio

Fig. 14.- Interacción AB (imprimación anticorrosiva-preparación de superficie); paneles con pintura inter-  
media de caucho clorado-óxido férrico-barita

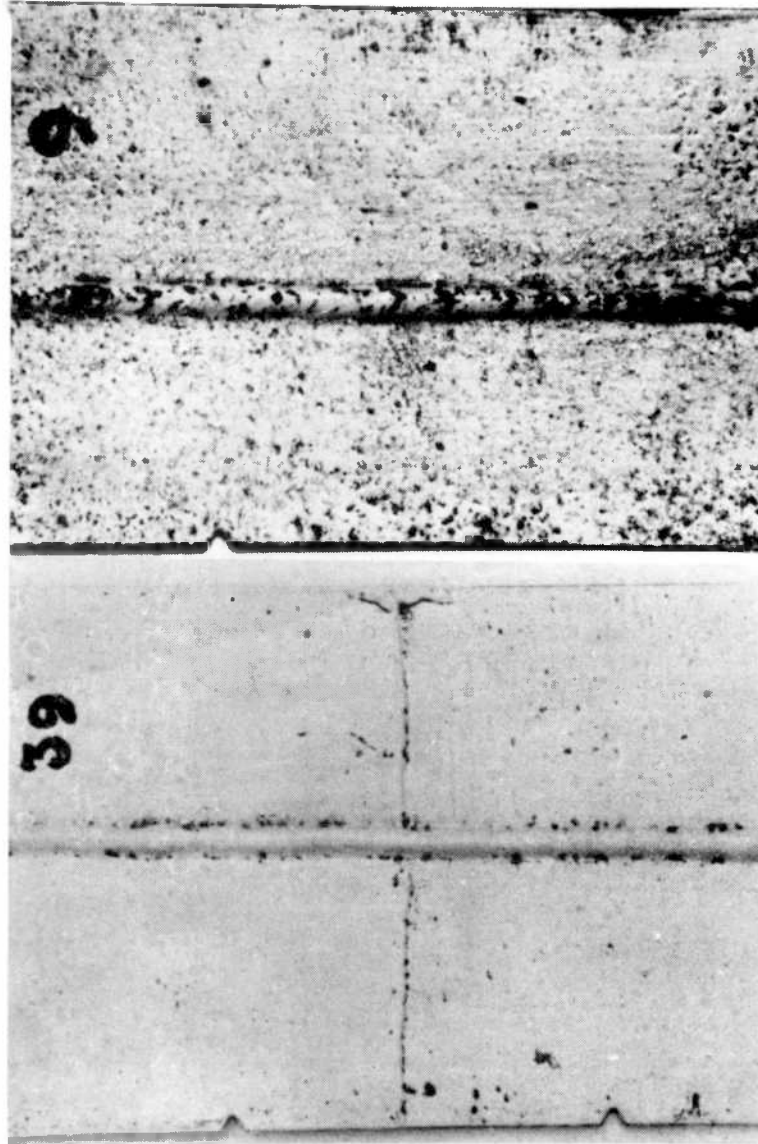




Pintura intermedia de caucho cloro-bióxido de titanio-barita      Pintura intermedia de caucho cloro-óxido férrico-barita

Fig. 15.- Interacción BC (preparación de la superficie-pintura intermedia); granallado de la zona del cordón





Imprimación de caucho clorado-croma-  
 to de cinc; granallado total (parte  
 inferior, 125  $\mu\text{m}$  y superior, 250  $\mu\text{m}$ )

Imprimación de caucho clorado-croma-  
 to de cinc; cepillado manual (parte  
 inferior, 125  $\mu\text{m}$  y superior, 250  $\mu\text{m}$ )

Interacción CD (pintura intermedia-espesor de película); pintura intermedia de caucho-  
 clorado-óxido férrico-barita

