

7  
623.848  
ORT

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR**

**"Tratamiento y Protección de Cascos  
de Buques de Acero, Su Optima  
Aplicación para Aguas Ecuatorianas"**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la Obtención del TITULO de:

**INGENIERO NAVAL**

Presentada por:

**FRANCISCO A. ORTEGA LEON**

Guayaquil - Ecuador

**1982**

## AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, Institución por la que recorrí hasta alcanzar este objetivo.

Al Personal Docente del Departamento de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, y de manera especial al ING. NES  
TOR ALEJANDRO OCHOA, por su valiosa ayuda en la dirección de esta tesis.

A los señores Ingeniero Químico Washing  
ton Garnica, Enrique Cabanilla, y Luis  
Villegas, por su ayuda en el desarrollo de las pruebas de sistemas de pin  
turas marinas.

**D E D I C A T O R I A**

**A MIS PADRES**

**ALBERTO**

**Y**

**MANUELA**

**A MIS HERMANOS**

**ESTHER  
CARLOS  
RODOLFO  
MANUEL  
ANTONIO  
KARINA.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N. Ochoa', is positioned above a horizontal dotted line.

NESTOR ALEJANDRO OCHOA  
DIRECTOR DE TESIS

## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



FRANCISCO ORTEGA LEON.

## RESUMEN

En el presente trabajo analizaremos los factores relacionados con el mantenimiento de cascos de buques.

En el Capítulo I, estudiaremos los factores que más influyen en la destrucción de cascos de buques, como son: corrosión, incrustaciones marinas, contaminación marina. En el Capítulo II se verá clasificaciones, composiciones, tipos, etc de las pinturas marinas.

En el Capítulo III analizaremos los métodos existentes de limpieza de cascos de buques, como son el chorreado abrasivo, decapado, limpieza manual y mecánica, limpieza con chorro de agua a alta presión; también veremos en este capítulo los modos de protección catódica de cascos de buques, como son: ánodos de sacrificio, corriente impresa y ánodo de arrastre. En el Capítulo IV probaremos los sistemas epóxico, clorocaucho y bituminoso, de las pinturas que se comercializan en el mercado, las pruebas las haremos en diferentes medios marinos, como son: Fertisa, Muelle Espol, Muelle Flotante de Data. En el capítulo V comprobaremos los resultados obtenidos en las pruebas con los tres sistemas de pinturas, el objetivo de esto, es obtener cual sería el sistema más apropiado para ser usado en aguas ecuatorianas. Como anexos presentaremos una serie de fotografías de los grados de corrosión y limpieza de acuerdo a las normas suecas 05 900 1967.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN . . . . .	I
INDICE GENERAL . . . . .	II
INDICE DE FIGURAS . . . . .	IV
INDICE DE TABLAS . . . . .	VII
INTRODUCCION . . . . .	1
I. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESTRUCCION DEL CASCO.	3
1.1. Corrosión . . . . .	3
1.2. Origen y principios de la corrosión . . . . .	6
1.3. Control de la corrosión . . . . .	16
1.4. Incrustaciones marinas . . . . .	17
1.5. Tipos existentes de incrustaciones . . . . .	18
1.6. Contaminación marina. . . . .	27
II. PINTURAS MARINAS. . . . .	33
2.1. Tipos existentes . . . . .	34
2.2. Características principales . . . . .	41
III. METODOS DE PROTECCION DE CASCOS DE BUQUES . . . . .	46
3.1. Limpieza de superficies de cascos . . . . .	46
3.2. Métodos existentes de limpieza . . . . .	47
3.3. Aplicación de pinturas marinas . . . . .	73

3.4. Protección catódica, sus fundamento y formas de protección . . . . .	90
IV. PRUEBAS CON PINTURAS MARINAS CONVENCIONALES Y AVANZADAS. EN DIFERENTES MEDIOS MARINOS . . . . .	107
4.1. Prueba de durabilidad de las pinturas en acero con grado de corrosión tipo A, normas SIS 05 900. . . . .	107
4.2. Pruebas sin protección catódica.. . . . .	109
4.3. Pruebas con protección catódica . . . . .	117
4.4. Prueba de durabilidad de las pinturas en acero con grado de corrosión tipos B y C, normas SIS 05 900 . . . . .	117
4.5. Pruebas sin protección catódica . . . . .	119
4.6. Pruebas con protección catódica . . . . .	121
4.7. Ensayos a diferentes profundidades . . . . .	125
V. COMPARACION DE RESULTADOS . . . . .	127
5.1. Factores que influyen en la intensidad de corrosión y en la cantidad de incrustaciones . . . . .	127
5.2. Influencia de la salinidad. . . . .	129
5.3. Influencia del tiempo de prueba . . . . .	137
5.4. Influencia de las zonas elegidas . . . . .	137
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	144
ANEXOS . . . . .	147
BIBLIOGRAFIA . . . . .	174



## I N D I C E D E F I G U R A S

	Pág.
FIGURA I . . . . .	5
FIGURA II . . . . .	9
FIGURA III . . . . .	9
FIGURA IV . . . . .	10
FIGURA V . . . . .	10
FIGURA VI . . . . .	15
FIGURA VII . . . . .	15
FIGURA VIII . . . . .	19
FIGURA IX . . . . .	20
FIGURA X . . . . .	21
FIGURA XI . . . . .	22
FIGURA XII . . . . .	23
FIGURA XIII . . . . .	24
FIGURA XIV . . . . .	25
FIGURA XV . . . . .	23
FIGURA XVI . . . . .	50
FIGURA XVII . . . . .	57
FIGURA XVIII . . . . .	60
FIGURA XIX . . . . .	62
FIGURA XX . . . . .	76
FIGURA XXI . . . . .	87
FIGURA XXII . . . . .	88
FIGURA XXIII . . . . .	93

	Pág.
FIGURA XXIV . . . . .	95
FIGURA XXV . . . . .	98
FIGURA XXVI . . . . .	100
FIGURA XXVII . . . . .	103
FIGURA XXVIII . . . . .	105
FIGURA XXIX . . . . .	108
FIGURA XXX . . . . .	112
. . . . .	113
. . . . .	114
. . . . .	115
. . . . .	116
FIGURA XXXI . . . . .	118
FIGURA XXXII . . . . .	120
FIGURA XXXIII . . . . .	122
FIGURA XXXIV . . . . .	123
FIGURA XXXV . . . . .	124
FIGURA XXXVI . . . . .	130
. . . . .	131
. . . . .	132
. . . . .	133
. . . . .	134
FIGURA XXXVII . . . . .	135
FIGURA XXXVIII . . . . .	136
FIGURA XXXIX . . . . .	138

FIGURA XXXIX	. . . . .	139
FIGURA XL	. . . . .	141
	. . . . .	142
FIGURA XLI	. . . . .	143

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA I . . . . .	14
TABLA II . . . . .	31
TABLA III . . . . .	66
TABLA IV . . . . .	68
TABLA V . . . . .	69
TABLA VI . . . . .	70
TABLA VII . . . . .	102
TABLA VIII . . . . .	110
TABLA IX . . . . .	126

## INTRODUCCION

Como es sabido, la tendencia de los últimos tiempos, apunta hacia un incremento gradual de los intervalos entre varadas de buques, debido a una mayor permisibilidad por parte de las sociedades de clasificación, ya que todo ingreso a dique de un buque representa un gasto considerable de dinero para el armador. Y es principalmente por ésta razón que se va a hacer un análisis de los tratamientos y protecciones de cascos de buques, para de ésta manera conocer los óptimos y aplicarlos a nuestro medio.

En éste análisis se verá los factores más importantes que influyen en la destrucción del casco como son: la corrosión, incrustaciones marinas, así como también los diferentes métodos de limpieza de cascos, como son los diversos tipos de chorreado, el decapado, y las formas de poder proteger el casco por medio de pinturas marinas y por protección catódica, por lo que se ha hecho una serie de pruebas en distintos medios marinos, con diferentes tipos de pinturas marinas, y analizar cual es el sistema más apropiado para nuestras aguas.

Podemos resumir que el mantenimiento del casco de un buque tiene dos objetivos fundamentales:

- Proteger principalmente la parte sumergida del casco de los efectos corrosivos e impurezas marinas.
- Controlar cualquier deterioro de la misma, que pueda traer como con-

secuencia una disminución en la velocidad, para una potencia dada.

Ambos objetivos están relacionados entre sí, pudiendo firmarse que los medios que se utilizan para alcanzar el segundo de ellos sirven, al tiempo, para cubrir al citado en primer lugar.

## CAPITULO I

# FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DESTRUCCION DEL CASCO.

### 1.1 CORROSION.

La corrosión tiene para el Químico, Ingeniero Naval, Armador de buques o propietario de algún artefacto metálico una gran importancia, a menos que se puedan mantener las condiciones óptimas de los materiales por un largo tiempo, el deterioramiento ocurre; y cualquier utilidad del equipo no será una inversión bien llevada; por no satisfacer la condición principal; que es la de una utilidad prolongada.

La corrosión, es el ataque dañino, indeseable y heterogéneo de los metales, mediante el cual se desintegran gradualmente por efecto de agentes externos, involucrando reacciones complejas de tipo electroquímicos en la mayoría de los casos, y dando como productos substancias disgregadas y solubles, compuestas por combinación química del metal atacado y del agente corrosivo.

Los productos disgregados y solubles permiten que una capa inmediatamente inferior de la interface metal producto de corrosión prosiga la reacción dando lugar al ataque de una nueva capa metálica y a sí sucesivamente hasta la destrucción de la estructura.

En la cadena de Reacciones Químicas del proceso de corrosión, intervienen un metal, sólido, electrones, iones y un gas.

Tomando como ejemplo el hierro sumergido en un ácido, es oxidado, y el ion hidrógeno es reducido y desplazado como gas hidrógeno.



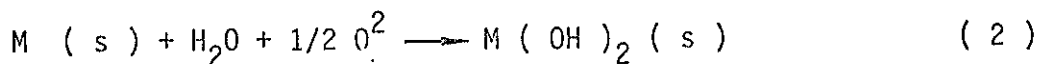
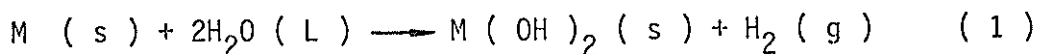
Ocurriendo una reacción espontánea que puede ser considerada como dos medias reacciones de oxidación y reducción que ocurren simultáneamente en diferentes zonas de la superficie metálica.

Es evidente que las condiciones particulares del sistema en consideración decidirán la rapidez de la reacción.

Los metales en presencia de agua y aire producen óxidos hidratados, o un hidróxido. Cuando están presente aniones distintos al ion hidróxido los productos de corrosión pueden formar una sal normal o básica de metal.

En la presencia de dióxido de carbono, carbonatos o bicarbonatos - se producen carbonatos normales o básicos.

En presencia de agua de corrosión puede ser representada por la ecuación ( 1 ) y con óxido presente en el caso ( 2 ).



VER FIGURA I.

De acuerdo a investigadores especialistas en corrosión, la clasifi



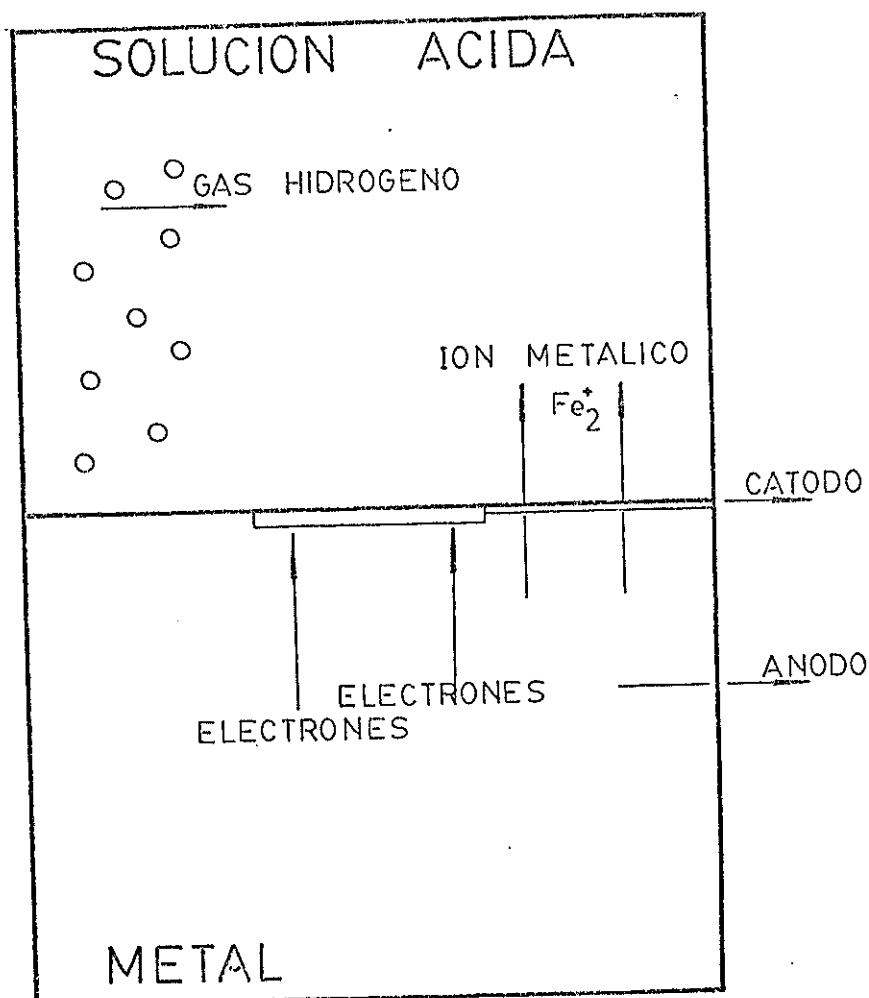
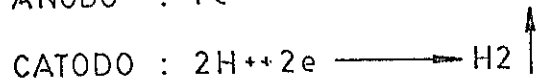


FIGURA I



HIERRO SUMERGIDO EN UN ACIDO

can a ésta de una manera general en:

- a.- Corrosión a altas temperaturas o "corrosión seca" u oxidación; por ejemplo, aquellas que ocurre en los tubos de escape de los motores diesel marinos, y en las chimeneas de las calderas marinas.
  
- b.- Corrosión a baja temperatura o "corrosión húmeda", por ejemplo, aquellas que ocurre cuando existe como medio un líquido, cuales es el caso de los fluidos que circulan por los circuitos de agua dulce, agua de mar, etc; de los comportamientos de máquina en los barcos o en el agua de mar que baña las carenas de éstos.

No obstante esta clasificación demasiado generalizada, metalurgistas especializados en corrosión han tomado en cuenta otros factores para clasificar la corrosión y estos factores son:

- Apariencia física de la superficie de los metales.
  
- Estructura intrínseca
  
- Elementos externos

Considerando estos parámetros tenemos otras formas de corrosión a saber: galvánica, uniforme, por agrietamiento, intergranular, por separación selectiva y por esfuerzos.

## 1.2 ORIGEN Y PRINCIPIO DE LA CORROSION.

## Electroquímica.

Al estudiar los principios de la corrosión, vamos a tener que manejar continuamente los fundamentos básicos de la electroquímica, ya que la corrosión es, en esencia, una combinación de procesos eléctricos y químicos.

### Iones.

Los iones son partículas químicas pequeñas, activas y capaces, entre otras cosas, de transportar una corriente eléctrica. Pueden hacerlo porque llevan una carga eléctrica.

Cuando una disolución acuosa contiene iones recibe el nombre de electrolito, precisamente porque es capaz de conducir electricidad, ya que los iones presentes actúan como transportadores de corriente. En consecuencia, la capacidad del electrolito para transportar corriente depende directamente de la cantidad de iones disponibles.

(Los ácidos minerales, los compuestos alcalinos o caústicos, y las sales solubles, comparten esta capacidad de dividirse en iones activos al ser disueltos o diluidos con agua. Ejemplos de ello son el ácido clorhídrico, el ácido nítrico, y centenares de sales minerales solubles.

Todos los ácidos mencionados liberan, en solución acuosa, el mismo hidrógeno lo que constituye la esencia de la acidez).

Incluso el agua pura contiene en sí misma un muy pequeño número de

iones: iones hidrógeno ( $H^+$ ) e iones hidróxilo, comunmente denominados "iones cáusticos" ( $OH^-$ ) VER FIGURA II, siendo por tanto capaz de transportar una corriente eléctrica. Al adicionar algunos productos con un fuerte poder de disociación, talos como ácidos, sales o álcalis, la conductividad puede ser sustancialmente incrementada.

Cuando el hierro se corroe, algunos átomos de metal pasan al electrolito, liberando dos electrones que permanecen en el material sólido, convirtiéndose entonces en iones hierro cargados positivamente ( $Fe^{++}$ ). VER FIGURA III.

Los electrones comunican carga negativa a la pieza de acero, y las zonas en donde los átomos de hierro están abandonando la superficie del acero, se denominan ánodos. Si el ánodo se conecta a un elemento donde los electrones sobrantes puedan ser consumidos en un proceso electroquímico distinto, la corrosión del ánodo puede continuar. El lugar en donde los electrones son consumidos se denomina cátodo, y en él no tiene lugar ninguna pérdida de material. VER FIGURA IV.

En el agua de mar, normalmente bien aireada, el oxígeno reacciona con el agua, tomando cuatro electrones del cátodo para formar iones hidróxilo VER FIGURA V. Los iones hierro disueltos del ánodo y los iones hidróxilo formados en la reacción catódica se mueven a través del electrolito en direcciones opuestas, y al encontrarse reaccionan formando un producto visible de la corrosión, el hidróxido ferroso,

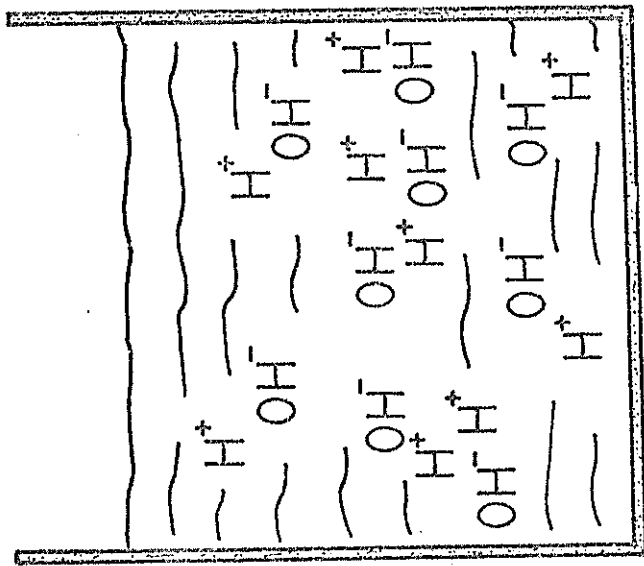


FIGURA II

$H^+$  : iones hidrógeno

$OH^-$  : iones hidróxilo  
("cáusticos en agua pura").

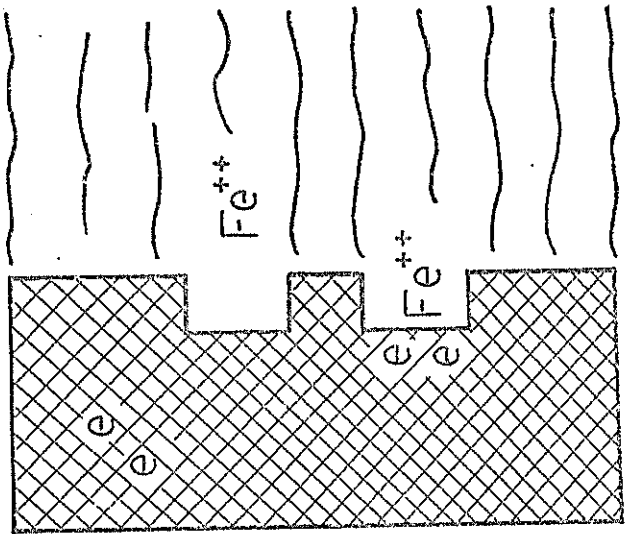


FIGURA III

El hierro pasa a la  
solución como  $Fe^{++}$ ,  
liberando dos elec-  
trones.

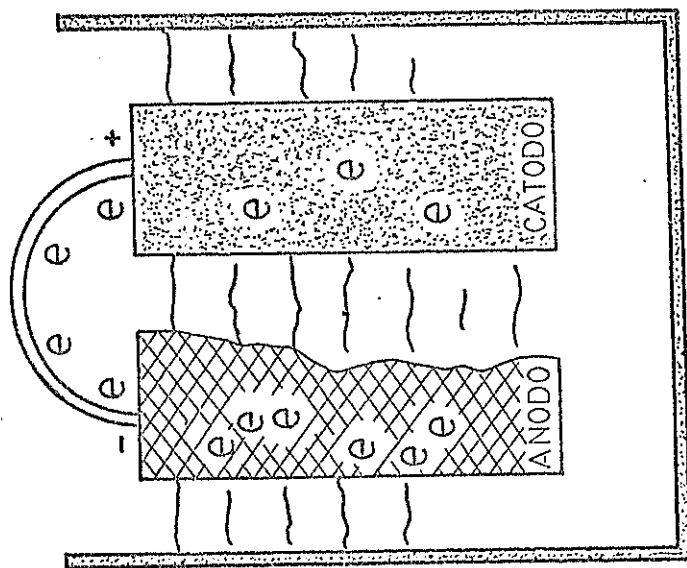


FIGURA IV

El ánodo es consumido, el cátodo se conserva.

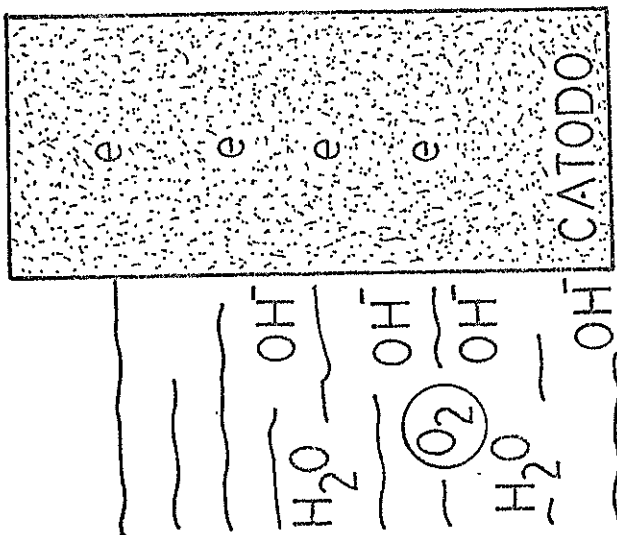
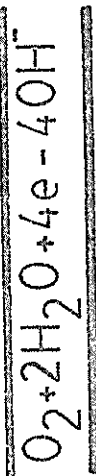


FIGURA V



El oxígeno reacciona con el agua y los electrones, alcalinizando la zona catódica a causa del exceso de iones "cáusticos" (OH<sup>-</sup>).

que precipita.

El oxígeno disuelto en el agua reacciona a su vez con el hidróxido-ferroso formado, que se convierte en hidróxido férrico, conocido comunmente como herrumbre roja. La herrumbre puede formarse junto a la superficie del acero, en donde produce un cierto efecto de bloqueo, ayudando a la protección del mismo contra futuras corrosiones, o puede formarse lejos de la superficie del metal, la cual permanece susceptible a un deterioro progresivo.

El agua de mar es ligeramente alcalina y contiene un pequeño exceso de iones hidróxilo o "cáusticos", en relación a los iones hidrógeno.

Cuando los iones hidrógeno predominan, tal como en todos los ácidos, los procesos en el cátodo son diferentes de lo que se ha explicado anteriormente para la corrosión en agua de mar.

Los problemas relativos a la corrosión en medio ácido se refieren a la protección de tanques para almacenamiento o transporte de ácidos a granel. Además de la protección contra la corrosión, hay que tener en cuenta la contaminación de la carga por el acero.

Los iones hidrógeno toman un electrón cada uno y se unen por parejas formando burbujas de gas. Cuando existe suficiente oxígeno disuelto en el electrolito, éste se combina con el hidrógeno formando agua. (VER FIGURA VI).

El hierro que se disuelve en el ánodo de una pila de corrosión áci-

da, no formará herrumbre (al menos de forma inmediata) sino que quedará disuelto en el líquido como iones hierro, mientras haya suficiente agua y mientras quede exceso de ácido.

Cuando, por ejemplo, un ácido salpica el acero, el ácido disponible se consume, y cuando el agua se haya evaporado, se formará una capiosa cantidad de herrumbre que quedará depositada sobre la superficie del acero.

### Series Galvánicas.

Cada metal y aleación tiene una tendencia característica a ceder electrones y pasar a la disolución acuosa en forma de ión cargado positivamente. Cuando una pieza metálica se sumerge en agua, esta tendencia existe, pero no se pone de manifiesto ni se puede medir, ya que su medición sólo es posible por comparación con la de otro metal. Es decir, que una pieza de metal sumergida en agua forma únicamente una "media pila" o electrodo, siendo necesarios dos electrodos para constituir una pila entera y medir entonces la diferencia de potencial entre ambos.

La tendencia de cada metal y aleación a disolverse en agua y liberar electrones se manifiesta en forma de potencial eléctrico, y se puede medir en voltios o milivoltios, aunque para medirlo hace falta otra "media pila" o electrodo. Lo que se mide, de hecho, en la diferencia de potencial entre los dos electrodos.

El electrodo con potencial más bajo se sitúa como ánodo y sufre co-



rosión, poseyendo energía suficiente para generar una corriente eléctrica.

Los potenciales dependen de las condiciones del líquido, y para estudiar los problemas de la corrosión en ambiente marino es lógico - que se tome el agua de mar como electrolito. Ordenando los metales o aleaciones más corrientemente usados de acuerdo con su potencial, obtenemos la serie galvánica en agua de mar.

Uno de los factores que controlan la velocidad de la corrosión galvánica es la diferencia de potencial entre los dos electrodos. Un metal emparejado con otro vecino a él en la serie galvánica se corroerá, en general, más lentamente que cuando los dos metales se encuentran muy separados en la lista.

De mayor importancia que las diferencias de potencial son, en ciertos aspectos de la corrosión galvánica, las superficies relativas - de los dos metales. Esta correlación es la que gobierna la densidad de corriente galvánica y por tanto el grado de ataque corrosivo.

Si en una pila de corrosión, la superficie del cátodo se incrementa grandemente; la densidad de corriente en el ánodo aumentará y la corrosión se volverá mucho más severa. (VER FIGURA VII).

Las medidas tomadas en los dos diferentes casos expuestos en la Figura VII demuestran la peligrosidad de unir un cátodo grande a un ánodo pequeño.

S É R I E G A L V A N I C A E N A G U A D E M A R

<u>Menos noble</u>	<u>Más anódico</u>	<u>Mayor corrosividad</u>
	Sodio	(No)
	Magnesio	(Mg)
	Cinc	(Zn)
	Aluminio	(Al)
	Acero inoxidable	(Activo)
	Acero (hierro)	(Fe)
	Latón	
	CALAMINA	
	Cobre	(Cu)
	Bronce	
	Niquel	(Ni)
	Plata	(Ag)
	Acero inoxidable	(Pasivado)
	Platino	(Pt)
	Oro	(Au)
<u>Más noble</u>	<u>Más catódico</u>	<u>Menor corrosividad</u>

TABLA I

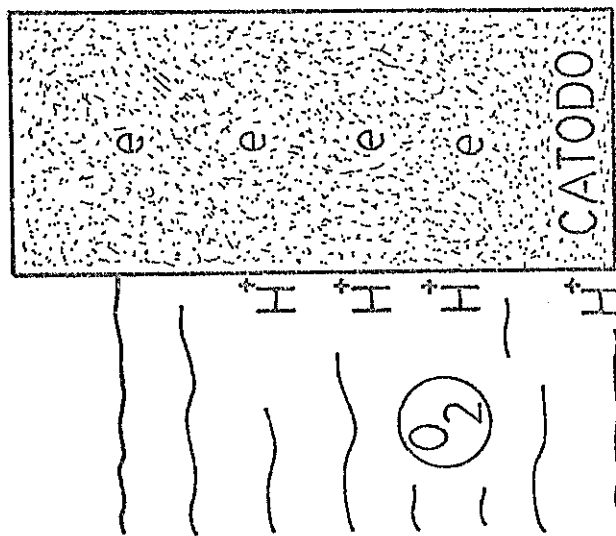
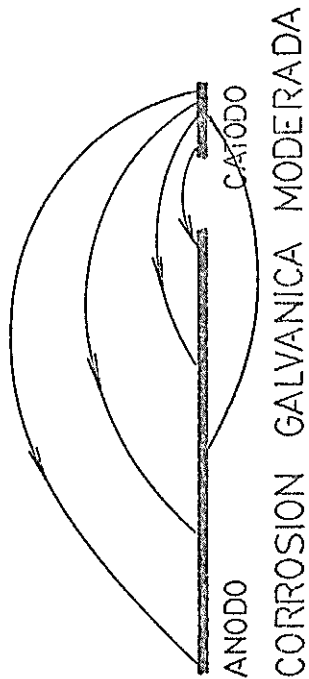


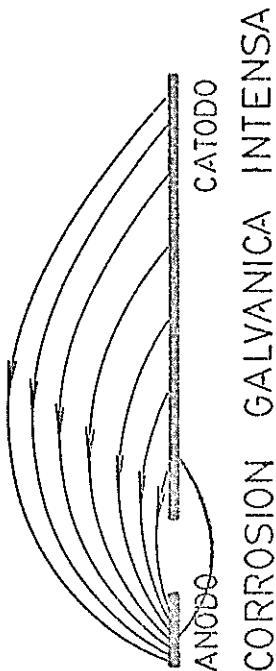
FIGURA VI



Cuando hay oxígeno abundante, los iones hidrógeno reaccionan con oxígeno para formar agua, absorbiendo 4 electrones.



CORROSION GALVANICA MODERADA



CORROSION GALVANICA INTENSA

FIGURA VII

### 1.3 CONTROL DE LA CORROSION.

La corrosión puede ser controlada, por diferentes medios y a continuación haremos un breve comentario de su posibilidad de aplicación en Estructuras Navales, estos medios son:

1. Convertir los agentes corrosivos en otros menos activos. Esto es posible en industrias donde pueden por ejemplo lavarse los gases que van a la atmósfera a tratar con cal los ácidos antes de enviarlos a los desagües etc, ninguno de estos recursos es posible en el mar.
2. Modificar los metales a usar mediante aleaciones especiales. - Esto también se hace en la industria en gran escala, y en la navegación es en forma muy limitada por las razones siguientes:  
Es difícil encontrar aleaciones que por si solas presenten resistencia al ambiente marino y además esto sería un proceso muy caro. Entonces lo que se hace es utilizar las grandes cantidades de acero especial de mayor resistencia a la corrosión que el acero común y protegerlo además mediante pinturas a propósito. Algunas partes se utilizan metales más resistentes como cobre, aluminio y latones.
3. Revestir los materiales corroides con otros más resistentes como cromado, porcelanizado, pintado, etc. En el mar solo se recurre al pintado pue los cromados no mejoran mucho la situación ya que son facilmente atacados por cloruros.

4. Por último la llamada protección catódica que es un sistema eléctrico que se basa en la Teoría Eléctrica. El mecanismo de ésta protección consiste en aplicar una corriente que va del cátodo al ánodo es decir en sentido contrario al de la corriente de corrosión.

Este sistema requiere una regulación exactísima y debe ser complementado con pinturas apropiadas, llamadas anticorrosivas y que se aplican como revestimiento en las primeras manos en contacto con el metal.

En el capítulo tercero se hará un análisis más detallado de ésta forma de control de corrosión.

#### 1.4 INCRUSTACIONES MARINAS.

El primer serio problema que debemos tratar después de la corrosión será sobre incrustaciones y crecimientos marinos. Cuando hablamos sobre crecimientos, impurezas e incrustaciones marinas queremos decir organismos vivos; animales o plantas, que se adhieren a la obra viva de los cascos de los buques; ellos causan un aumento en la resistencia friccional y consecuentemente resulta una reducción de velocidad, también aumenta el consumo de combustibles, y cuando el buque entra a dique aumenta el costo de mantenimiento y pérdua considerable de tiempo; esto representa para los armadores de las compañías navieras, una suma de dinero adicional.

## 1.5 TIPOS EXISTENTES DE INCRUSTACIONES.

Las incrustaciones marinas pueden ser de tipo animal o vegetal, microscópicas o macroscópicas; aunque pueden ser normalmente reconocidas para el primer caso sin el uso de un microscopio porque aparecen en grandes cantidades que se hacen visibles y perceptibles como algo pegajoso; de los dos tipos de incrustaciones, la especie animal es la más molesta.

Como regla general podemos decir que las plantas son de menor importancia dentro de las incrustaciones marinas ya que solo forman aproximadamente el treinta por ciento, es verdad que plantas tales como las enteroformas o las ribbonglass, que son una clase de algas que pueden alcanzar hasta doce pulgadas de largo, son bastantes perjudiciales, pero debido al bajo porcentaje de ellas no se le da mayor importancia. En las Figuras VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, presentamos diferentes tipos de incrustaciones marinas; se dará mayor importancia a la forma animal de las incrustaciones marinas, debido a que es la más difícil de combatir, este tipo de incrustación comienza a atacar generalmente desde la forma de larvas, ellas son criaturas activas que se mueven libremente en los cascos de los buques, hasta cuando alcanzan la madurez.

De todas las formas de incrustaciones animales, los crustáceos, generalmente llamados caracolillos marinos son los más perjudiciales, la presencia de éstos está condicionada, por la temperatura y clase

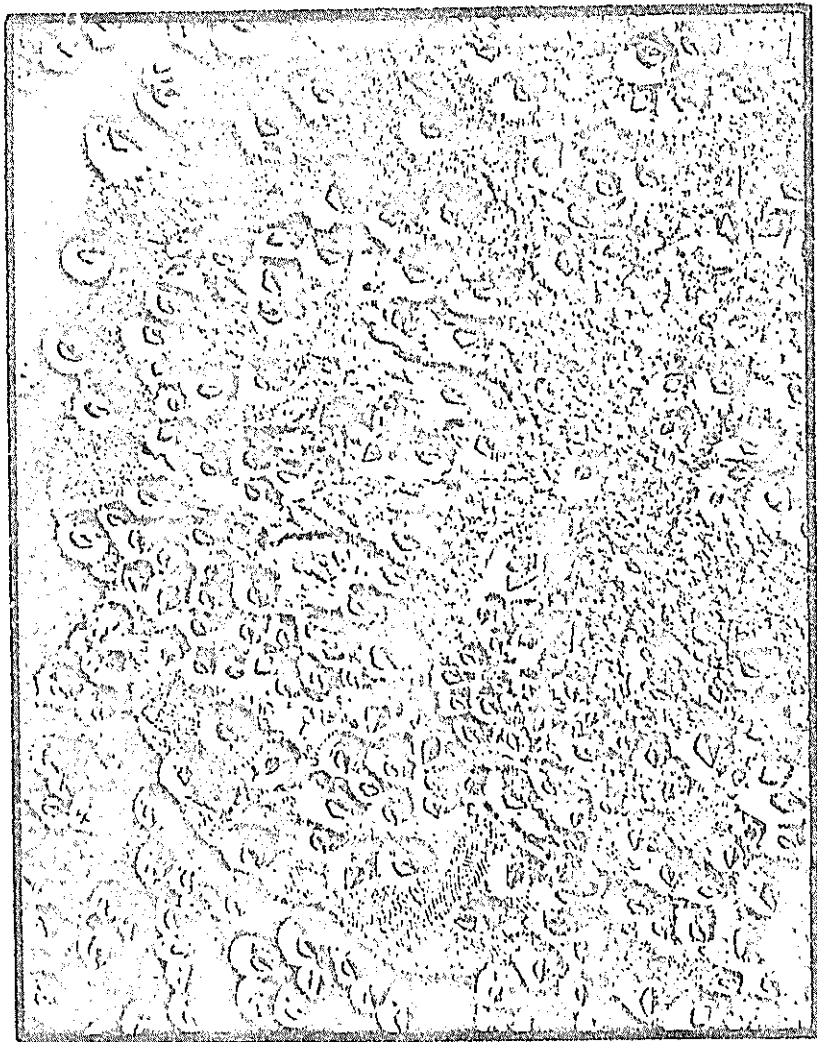


FIGURA VIII

CARACOLILLOS MARINO

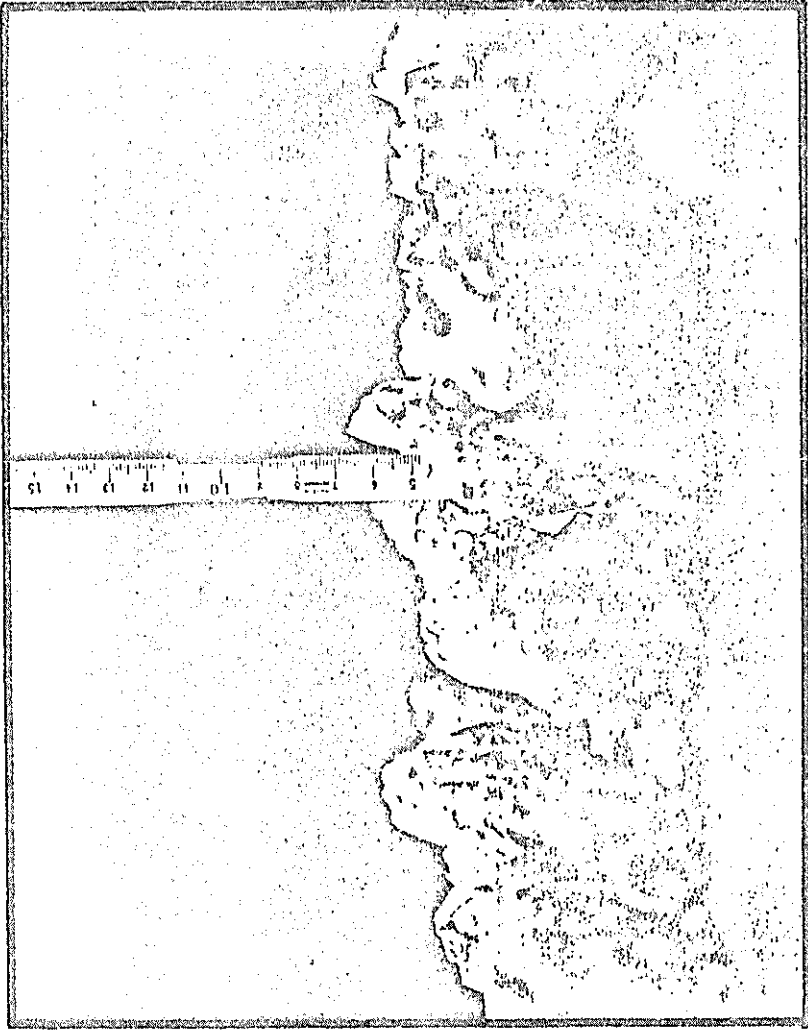


FIGURA IX

CARACOLILLOS MARINO DE CONSIDERABLE TAMAÑO





FIGURA X

ALGAS VERDE

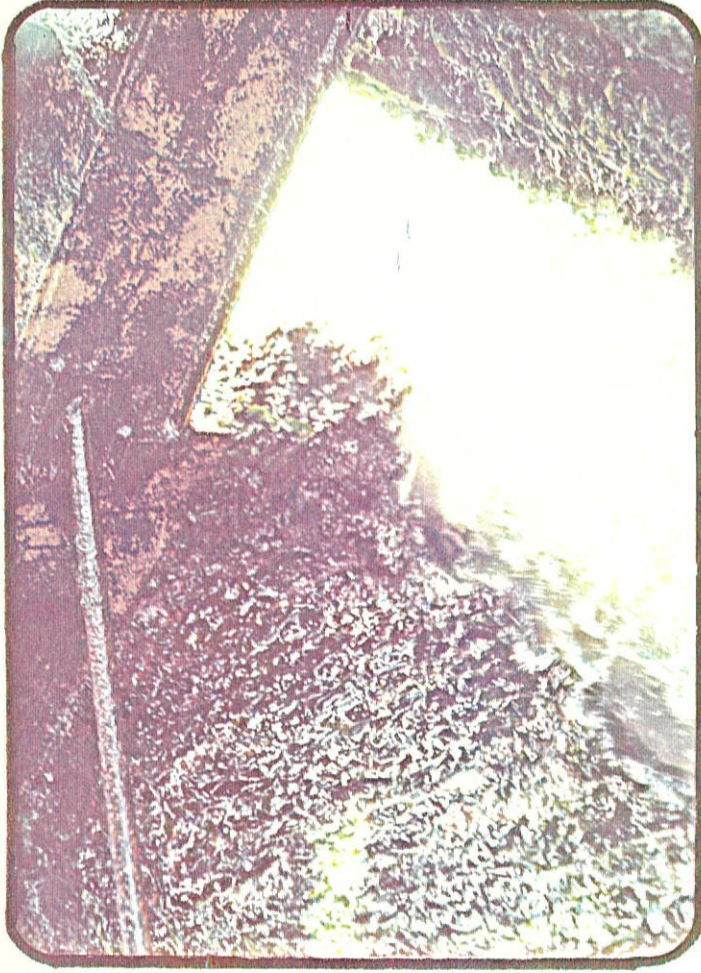


FIGURA XI

ALGAS PARDAS Y VERDE



FIGURA XII

ALGAS VERDE Y CARACOLILLOS MARINO



FIGURA XIII

ALGAS VERDE DE POCO TAMAÑO



FIGURA XIV

ALGAS VERDE, PARDA Y CARACOLILLOS MARINO

de alimento del ambiente. Los caracolillos marinos están presentes sobre todo en los mares tropicales, y por su estructura robusta, crecimiento rápido y habilidad para adaptarse al medio ellos forman la parte principal de las impurezas marinas, como ejemplo podemos decir que de acuerdo a investigaciones hechas por especialistas de pinturas marinas representan aproximadamente el 65 %.

Los caracolillos marinos aunque pertenecen a la clase de los crustáceos no están relacionados con cangrejos, camarones, langostas, etc; ellos son totalmente diferentes.

Los animales pasan por un desarrollo interesante, comenzando, como un huevo microscópico de modo que al nacer son casi invisibles, aunque microscópicos, son pesados para su tamaño, mientras crecen cambian su piel varias veces.

Las etapas de crecimiento de los caracolillos marinos son:

1. Eclosión
2. Nauplius - Forma
3. Estado de Cypris
4. Estado adulto del animal joven.

En la segunda etapa los caracolillos marinos nadan libremente por la obra viva del casco, este período dura aproximadamente cuatro semanas; luego están sujetos a otro cambio que es el llamado estado de Cypris, en ésta etapa el caracolillo no crece y tiene como única

función encontrar un sitio donde establecerse, para este propósito, ahora desarrolla un tipo de glándula adherente que tiene la forma de un disco y se encuentra debajo de su cabeza.

Después de haber examinado cuidadosamente la superficie del casco y encontrar un sitio cómodo donde adherirse se prepara para la etapa final, que es la adulta, en ésta etapa, el caracolillo efectúa una vuelta y se adhiere de la espada, y las patas que utilizó para nado libre en la etapa segunda ahora las utiliza para agarrar los alimentos. Después construye lo que será su "casa" la cual tiene la forma de un cono; siendo el vértice el sitio de admisión de alimentos y al cerrarse se aísla del mundo exterior.

El tiempo total de fecundación y crecimiento dura aproximadamente 8 meses; y la transformación del mismo de larva a la iniciación de la segunda etapa de crecimiento dura 48 horas aproximadamente, después que éstos cambios han pasado rápidamente, en condiciones óptimas - (tropicales) el caracolillo crece hasta 1/2 pulgadas, en un período de seis semanas.

En la Figura XV, representamos las cuatro etapas de crecimientos de los caracolillos.

## 6 CONTAMINACION MARINA.

La contaminación del mar constituye un problema de política internacional de las más alta magnitud, y de mucha notoriedad. Interesa a

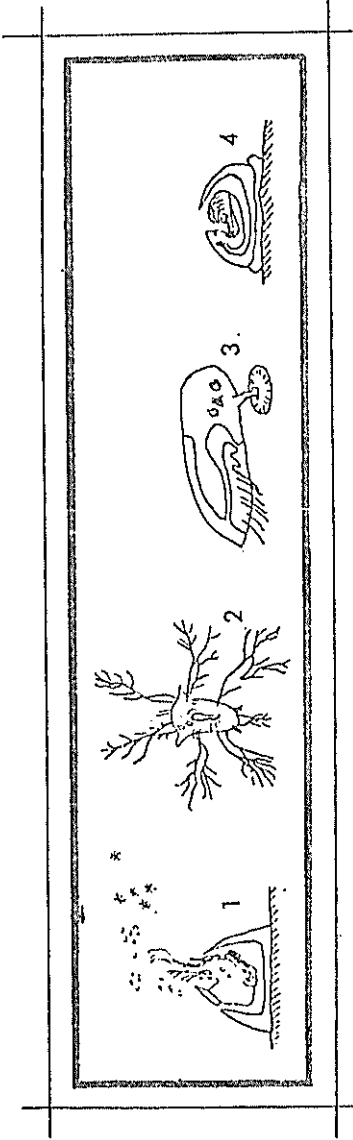


FIGURA XV

ETAPAS DE CRECIMIENTO DE LOS CARACOLILLOS MARINOS



la salud, a los recursos alimenticios y a los posibles empleos de los océanos de todas partes del mundo.

Dado que aún no se ha recibido una amplia atención en el alto nivel internacional, la contaminación marina es uno de los problemas más complejos y menos entendido del siglo XX. Los vacíos e incertidumbres del conocimiento científico en este campo, la variedad de composiciones químicas y comportamientos que presentan las sustancias contaminantes, los múltiples caminos por los cuales llegan al medio marino, y la acción de crudos intereses económicos y políticos, complica y obstaculiza, la formación de una voluntad internacional resuelta a considerar este problema como un problema típico del derecho marítimo. Con razón o sin ella, la contaminación marina ha sido invariablemente, atada y subordinada a otras cuestiones oceánicas y al gran número de propuestas que se formula para gobernar el mar.

Las proposiciones que se formulan para el control de la contaminación marina son complicadas por la variedad de sustancias que la provocan, su comportamiento, las fuentes y caminos por los que entran al medio marino, la índole y amplitud de sus efectos y la mayor o menor gravedad de la amenaza que plantean en el curso del tiempo. Algunos contaminantes conservan su integridad química durante décadas e incluso siglos; otros se tornan inofensivos en cuestión de horas o días. En algunos casos, la fuente de contaminación puede ser localizada; en otros, el rastreo es sólo probable y en algunos

resulta prácticamente imposible. Algunas substancias amenazan en forma evidente e inmediata al medio marino y la salud humana; otras son solo peligrosas por sus efectos acumulativos a largo plazo y aún no se conoce con exactitud la peligrosidad de muchas.

En la Tabla II se dan los principales contaminantes que obstaculizan toda actividad marítima.

Por lo anteriormente dicho, haciendo una comparación de los daños causados, por contaminación marina entre el ser humano y actividades marítimas, para estos últimos es mínimo, es por ello que existen varios organismos, como IMCMM (Investigación Mundial de la Contaminación del Medio Marino), OCMI (Organización Consultiva Marítima Intergubernamental), el GESAMP (Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Contaminación Marina), etc., que luchan contra la contaminación marina en beneficio de la humanidad, y si se hace un análisis más mesurado de la estructura del derecho internacional que controla la contaminación marina, convienen unánimemente en que el actual sistema es peligrosamente inadecuado y en que es preciso elaborar un derecho nuevo. Las tendencias y cantidades de los contaminantes que entran en el medio marino, es hoy en día mucho mayor, por lo que se justifica esa necesidad.

Los contaminantes que más daño causan a las diferentes clases de unidades navales, son de tipo ácidos. En nuestro país una de las zonas de mayor índice de contaminación, es la del Estero del Muerto,

PRINCIPALES CONTAMINANTES QUE OBSTACULIZAN TODA ACTIVIDAD MARITIMA

Resíduos inorgánicos		
Acidos y Alcalis	.....	+
Aguas clocales domésticas		
(incluye resíduos de la elaboración de alimentos).	.....	(+)
Petróleo y dispersantes	.....	+
Sustancias petroquímicas y químicas orgánicas.		
Plásticos	.....	+
Resíduos orgánicos	.....	(+)
Resíduos militares	.....	+
Resíduos inertes	.....	+
+        IMPORTANTE		
( + )    LEVE		

TABLA II

que de acuerdo a estudios realizados por el Departamento de Contaminación de la Marina Mercante y del Litoral, está contaminado con descargas industriales; como lo son:

1. Acido Sulfúrico
2. Acido Fosfórico
3. Super fosfatos.

Descargas de estos tipos ocasionan un deterioro anormal en la protección anticorrosiva de los cascos de buques, principalmente en aquellos en que su protección es a base de cromato de cinc.

P I N T U R A S M A R I N A S

En la actualidad el medio más eficiente para preservar los cascos de los buques, de las incrustaciones, son las pinturas marinas, es por ésta razón que debemos prestarle toda la atención posible a ella, dentro de la industria Naval.

Composición de las pinturas.

Los principales componentes de las pinturas que se aplican en construcción naval son los siguientes:

- Pigmento
- Cargas
- Ligante
- Disolvente
- Secantes y otros aditivos

Los componentes usados, la composición y las cantidades relativas de estos son de especial importancia para las propiedades finales de la pintura. Pequeñas variaciones en la cantidad relativa de los constituyentes pueden dar lugar a variaciones muy grandes en las propiedades finales.

Las partículas de pigmentos tienen un tamaño y forma relativamente iguales, y proporcionan el color de la pintura. También proporcionan el poder cubriente. El pigmento además fortalece la película de pintura y contribuye a darle la consistencia correcta, siendo así mismo muy importante en la protección anticorrosiva.

Las cargas pueden considerarse como un tipo especial de pigmentos, que pueden tener diferentes tamaños y formas. Las cargas añaden para dar a la pintura la consistencia y el aspecto correcto, con el fin de hacerla adecuada para su aplicación por pulverización, rodillo, brocha, etc. La adición de cargas facilita la aplicación de la pintura en capas gruesas sin que se produzcan desprendimientos.

El ligante es el componente más importante en las propiedades de aplicación de las pinturas, dureza, protección, etc.

En los últimos años se ha desarrollado una amplia gama de tipos de ligantes para su empleo en la fabricación de pinturas. Un gran número de estos ligantes se utilizan en la producción de las denominadas pinturas avanzadas.

Los disolventes son aquellos con lo que aumentamos el poder de cubrición de las pinturas, existiendo diferentes clases; y su utilización varía de acuerdo al tipo de pinturas a usarse: avanzada o convencional.

## 1.1 TIPOS EXISTENTES.

A las pinturas marinas podemos clasificarlas: comercialmente y de acuerdo al ligante; comercialmente están divididas en dos grupos principales: el grupo de las pinturas convencionales y el de las avanzadas, y de, acuerdo con el ligante usado podemos dividir las en tres grandes grupos que son:

Pinturas de secado por oxidación (secado al aire)

Pinturas de secado físico

Pinturas de curado químico (de dos componentes).

Todas las pinturas en la industria naval pueden ser seleccionadas - dentro de estos tres grupos.

En el primer grupo están la mayor parte de las pinturas convencionales por ejemplo: las pinturas al aceite, alquídicas, epoxy-ester, etc., al grupo de las pinturas avanzadas pertenecen las de secado físico y las curado químico, por ejemplo: las pinturas clorocaucho, poliuretanos, resinas-epoxy, brea-epoxy, resinas vinílicas, etc.

#### Pinturas de secado por oxidación.

Las pinturas de secado por oxidación o de secado al aire (por ejemplo, pinturas al aceite o alquídicas) están formadas por ligantes cuyas moléculas forman cadenas relativamente cortas. Después de su aplicación, éstas cadenas se combinan con moléculas de oxígeno, dando lugar a la formación de cadenas más largas que se entrelazan haciendo cada vez más difícil separar cada cadena. Simultáneamente - con éste proceso se produce la evaporación del disolvente.

Cuando todo el disolvente se ha evaporado y ha penetrado en la película de pintura, el oxígeno suficiente para la formación de cadenas moleculares largas, enlazan un punto en la cadena completamente inmóvil. Cuando todas estén unidas, la pintura estará seca y se habrá curado convirtiéndose en una materia sólida.

En las pinturas de secado por oxidación, el proceso de curado depende de la penetración de oxígeno a través de la película de pintura. Es decir, el espesor de la película a aplicar tiene un límite.

Si aplicamos una capa de pintura demasiado gruesa, el disolvente se evaporará de la superficie mientras que el oxígeno tendrá también - dificultad en penetrar en el interior de la película. Consecuentemente las pinturas de secado al aire o por oxidación no pueden ser aplicadas con un espesor ilimitado de pintura.

#### Pintura de secado físico.

Consideremos ahora el siguiente grupo de pinturas de secado. En este caso, las cadenas moleculares en las pinturas preparadas por el fabricante son muy largas. Con el fin de guardar estas cadenas separadas en solución, se requieren grandes cantidades de disolventes, que además deben ser fuertes a fin de prevenir la posible unión entre ellas. Esto es necesario para conseguir pintura de una consistencia tal que pueden ser aplicada a brocha o con un equipo de pulverización sin aire. Cuando ésta pintura se aplica a soplete, el disolvente comienza inmediatamente a evaporarse, las largas cadenas se unirán gradualmente hasta su inmovilidad. Habremos obtenido así un material sólido.

Es evidente que no sucede ninguna reacción química en la película de pintura. Este caso concierne a un método muy simple de formación de película.



Esta formación de película sólida sin que tenga lugar a una reacción química, es debida al hecho de que las moléculas fueron preparadas durante la manufacturación bajo condiciones cuidadosamente controladas.

En la práctica esto conduce a ciertas ventajas. Las películas de pinturas de éste tipo pueden ser disueltas de nuevo en disolventes como los utilizados en la pintura original. Esto es hasta cierto punto normal puesto que no habido transformación química en el ligante original y así se vuelve a disolver la película de pintura seca.

Teóricamente deberíamos obtener exáctamente la misma pintura que originalmente aplicamos en el caso. Efectuamos el proceso de endurecimiento a la inversa. De hecho ésta propiedad se utiliza en la práctica.

Son conocidos los problemas que surgen cuando se pinta con una pintura brillante como las de tipo convencional. Si la capa comenzará a saltar en forma de láminas (desconchados). Si utilizamos una pintura perteneciente al grupo de las de secado físico, los disolventes de la capa recién aplicada penetrarán en la película vieja y la disolverán de nuevo. Las dos películas se fusionarán haciendo una masa homogénea y las dos capas se convierten en una.

Este grupo de pinturas consiste principalmente en pinturas al cloro caucho y vinílicas. Sin embargo, las asfálticas o de alquitrán o

Las bituminosas también pertenecen a las de secado físico.

Existe otra ventaja con éste tipo de pinturas. Como no tiene lugar ninguna reacción química durante el proceso de secado, no son sensibles a las condiciones de la temperatura durante este proceso. De hecho ésta pintura puede ser aplicada y secará a satisfacción a pesar de las condiciones externas con tal de que no sean extremas.

La única cosa que variará con la temperatura es la proporción de evaporación de los disolventes. El tiempo de secado variará de acuerdo con la ( temperatura alta = secado rápido ). El resultado final será el mismo, ofreciendo una película de pintura de la misma dureza, a pesar de la temperatura.

#### Pinturas de curado químico.

El tercer grupo de pinturas es el llamado pinturas por curado químico, o pinturas de dos componentes.

El tercer grupo de pinturas es el llamado pinturas en dos recipientes separados. Un recipiente contiene la base o componente A mientras el contenido del segundo recipiente es el agente catalizador o componenete B.

Es muy importante recordar que estos dos componentes utilizados separadamente nunca constituirán una pintura de propiedades aceptables. Aplicando al componente A sobre un soporte, el resultado será una película blanda y pegajosa sin propiedades protectoras.

Los ligantes están constituidos por moléculas estructuradas en cadenas. Cada cadena de la base tiene una estructura ramificada, con varios extremos libres. Las cadenas del catalizador son lineales y cortas con dos extremos libres. El número de éstas moléculas está ajustando proporcionalmente en cada uno de los componentes, y cuando ambos se mezclan, las moléculas se entrelazan formando una especie de malla.

Pertenece a este grupo las pinturas de tipo epoxy y las pinturas de poliuretano.

Lo más característico de éstas pinturas es su gran dureza, ofreciendo gran resistencia al desgaste. Estas propiedades se deben a la malla tridimensional formada durante el curado.

El hecho de que tenga lugar una reacción química hace imposible deteriorar con disolventes la capa de pintura, cosa que ocurrirá con pinturas de secado físico. La mayoría de las pinturas de dos componentes son muy resistentes a los disolventes; por ejemplo, las pinturas epoxy son utilizadas para el pintado de tanques de cargas diferentes. productos: aceites, productos químicos, disolventes, etc. Por su misma dureza y resistencia química pueden crear dificultades para el pintado.

La pintura de poliuretano de dos componentes no es adecuada para el pintado de tanques, pero puede ser usada, por ejemplo, para pintar-

superestructuras.

Otra desventaja de las pinturas por curado química es su dependencia a la necesidad de calor del proceso químico de curado.

Todas las reacciones químicas dependen en cierto grado del calor, a fin de que el proceso ocurra en una proporción satisfactoria.

Es necesaria una temperatura mínima de diez grados centígrados. Con temperaturas por debajo de los mínimos establecidos, la pintura no curará.

De todo lo expresado hasta aquí con respecto a pinturas marinas podemos decir que pertenecen al grupo de los materiales termoplásticos o al de los productos endurecidos, curados o reticulados.

Las pinturas termoplásticas se reblandecen al calentarlas, tal como su nombre lo indica, después de su enfriamiento y solidificación - vuelven a reblandecerse si se calientan de nuevo. Estos cambios térmicos no tienen aparentemente ninguna influencia sobre las demás propiedades.

Las pinturas reticuladas no se reblandecen a temperaturas elevadas, por el contrario, el calentamiento puede acelerar y mejorar el curado y endurecimiento. Un calentamiento excesivo puede provocar finalmente la destrucción de ésta pinturas, tal como sucede con los productos termoplásticos.

### CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

Haciendo una comparación entre los dos tipos de pinturas podemos decir que las pinturas avanzadas se diferencian de las convencionales en que su producción se basa exclusivamente en productos naturales- de la industria química es decir, se ha eliminado la utilización de los productos naturales, con lo que se consigue un mejor control de las propiedades del ligante.

La característica más destacada de las pinturas avanzadas es su mayor capacidad para resistir la acción del sol, la lluvia, el viento, y el mar y los agentes químicos, por lo que es mayor su duración y requieren un menor mantenimiento.

Otra característica de éstas pinturas, que deben tenerse muy presente, es que deben ser usadas de una manera totalmente distinta a las pinturas convencionales, sí se quiere obtener el mejor rendimiento.

En primer lugar requieren un pre-tratamiento mejor que las convencionales. Y en segundo lugar, es de gran importancia seguir las instrucciones del fabricante.

Todas las pinturas convencionales están principalmente basadas en las denominadas resinas alquídicas: éstas forman un ligante que puede considerarse como un desarrollo del tradicional aceite de linaza.

En general para ambos tipos de pinturas, debemos tener presente las

características técnicas como: peso específico, viscosidad, espesor de película seca, rendimiento, intervalo entre aplicaciones, mezcla etc.

A continuación haremos una descripción de las ventajas y desventajas de las principales pinturas, de los dos tipos:

### Pinturas convencionales.

#### Productos bituminosos.

Entre las materias primas que se emplea principalmente para su fabricación, está la gilsonita, que es asfalto natural, que al igual que la hulla, brea, etc.; a partir de estos materiales bases se obtienen distintas mezclas que sirven para la fabricación de pinturas.

#### Ventajas.

Excelente resistencia a la inmersión en agua, buen comportamiento frente a ácidos, minerales, álcalis, disoluciones de sales.

#### Desventajas.

El calor produce su reblandamiento y el consiguiente sangrado de la brea a través de las pinturas que se apliquen encima, los rayos ultravioletas del sol producen un fuerte deterioro de las pinturas bituminosas.

#### Pinturas alquídicas.

Compuestas principalmente por aceites vegetales secantes, tal como-

el aceite de linaza y resinas alquídicas, fabricados mediante la glicerina y ácido naftálico.

#### Ventajas.

Secaje rápido, mayor retención de brillo, y mayor dureza.

#### Desventajas.

No pueden ser utilizadas en inmersión, con excepción de algunos tipos muy solubles, debe resistir a los álcalis-

#### Aceite uretanados.

Pueden usarse para fabricar aceites reforzados a partir del aceite de linaza y otros aceites y algunos sirven para la fabricación de pinturas de poliuretano de dos componentes.

#### Ventajas.

Buena humectación y penetración, pueden aplicarse sobre superficies húmedas, pero no mojadas, retención de brillo, buena resistencia a la exposición intermitente al agua.

#### Desventajas.

Susceptibles de saponificar, no se recomiendan para inmersión, son blandecidas por los disolventes fuertes.

#### Pinturas avanzadas.

### Clorocauchos.

Resina sintética quebradiza, fabricada a base del tratamiento del caucho en solución con cloro en un sesenta y siete por ciento, últimamente ha habido un verdadero auge en la utilización de éste tipo de pintura dentro de la industria naval debido a los excelentes resultados que se obtienen.

### Ventajas.

Resistente a los ácidos sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico y al hidróxido sódico, proporcionan acabado liso duro y fácil de limpiar.

### Desventajas.

No resisten al ácido acético fuerte, aceites vegetales y animal, a las grasas ni a los disolventes fuertes.

A temperaturas de sesenta a setenta grados centígrados, se inicia un proceso lento de desintegración de la resina.

### Poliuretanos.

A base de algunos de los productos químicos que se utilizan en la industria plástica, fibras, sintéticas; se formulan pinturas de dos componentes.

### Ventajas.

Resistentes a los álcalis, hidrocarburos alifáticos, excelente re -



tención de brillo y de calor.

#### Desventajas.

No aconsejables para inmersión, sensibles a la humedad durante la aplicación.

#### Resinas epoxy.

Las resinas epoxy sin modificar tienen una utilización limitada, - combinándolas el resultado es otro, tenemos tres tipos de resinas, a saber:

TIPO 1 : Que es el resultado de modificación con ácidos grasos.

TIPO 2 : Constituída por una combinación capas de curar a temperaturas altas.

TIPO 3 : Constituída por combinaciones de resinas epoxy con resinas fenólicas.

#### Ventajas.

Resistencia a la humedad, ácidos álcalis, disolventes, interperie y a la abrasión.

#### Desventajas.

Por debajo de las quince grados centígrados el curado es muy lento, y por debajo de los cinco grados centígrados, casi se detiene; los intervalos de repintado son críticos para los sistemas curados con amina.

LIMPIEZA DE SUPERFICIES DE CASCOS.

Los pasos más importantes a realizarse antes del pintado de una superficie son: efectuar una correcta preparación y muy buena limpieza de ésta, ya que al no cumplirse con éstos requisitos, la pintura no podrá adherirse firmemente a la superficie.

Si entre la pintura y la superficie quedan impurezas como el polvo, la calamina, herrumbre, aceite y humedad aún en pequeñas cantidades casi invisibles, contribuirán a una imperfecta adherencia de la pintura, y algunas impurezas como las primeras nombradas, perjudicarán en grado mucho mayor, ya que provocan falla de la película de pintura, por absorción de agua a través de la misma, dando lugar a ampollamientos (soplada de la pintura) y corrosión del metal por debajo del recubrimiento.

Como es sabido, el material estructural más ampliamente utilizado es el acero, y el mayor problema de su preparación para el pintado, es la eliminación de la totalidad de la calamina y de la herrumbre, para lo cual contamos con diferentes métodos de limpieza como son: los diferentes tipos de chorreado abrasivo, limpieza a la llama, descapado, limpieza manual, limpieza mecánica, y limpieza con chorro de agua a presión.

El recubrimiento duro y de color negro azulado que se forma durante la fabricación del acero, es lo que se denomina calamina, o cascarilla de laminación o cascarilla azul, la cual está fuertemente adherida al acero; y que se va poco a poco perdiendo con el tiempo, debido a la diferencia de los coeficientes de dilatación y así aplicamos pintura a la superficie no tratada ( sobre la calamina ), se desprenderán juntamente con ella, ya que la calamina en la serie galvánica, se encuentra por debajo del acero, por que acelera su corrosión.

La herrumbre cuyo color va desde un rojo brillante a un marrón oscuro debe también ser eliminada completamente, porque proporciona una base débil para el pintado, contribuye a la falla de la pintura aplicada, y provoca corrosiones adicionales. En conclusión una correcta preparación y una buena limpieza de la superficie de cascos es de vital importancia para obtener buenos resultados de pinturas.

#### METODOS EXISTENTES DE LIMPIEZA.

Los métodos generalmente más usados para preparación y limpieza de cascos de buques son:

- a. Chorreando abrasivo
- b. Decapado
- c. Limpieza a la llama
- d. Limpieza mecánica
- e. Limpieza manual
- f. Limpieza con chorro de agua a alta presión.

### Chorroado abrasivo.

El método más eficaz hasta ahora conocido para eliminar completamente la calamina, herrumbre y otras impurezas del acero, es el chorroado abrasivo, el cual produce una superficie rugosa completamente irregular con abundantes y angulosos valles de tamaño adecuado que permiten una perfecta adherencia de las pinturas del casco, éste trabajo se lo realiza proyectando el abrasivo contra el casco, mediante la utilización de sistemas de aire comprimido.

El suministro de aire comprimido, es el punto crítico del chorroado abrasivo. La rapidéz y calidad del trabajo está en relación directa, al volumen y la presión que llega a la salida del sistema, los valores ideales para que el chorroado abrasivo sea económicamente rentable son de seis a siete atmósferas de presión y un volumen de aire de dos a diez metros cúbicos /min.

El aire comprimido es producido por compresores fijos y portátiles; siendo ambos muy utilizados, en todo tipo de instalaciones navales, si queremos estimar el caudal de aire producido se podrá considerar que para cada caballo de potencia se produce 0.13 metros cúbicos/min. de aire, por ejemplo un compresor de 50HP produce, alrededor de 6.5-metros cúbicos /min. de aire; es práctica común no conectar otras herramientas al compresor, para que no reduzca el caudal ya que para el chorroado abrasivo se requiere de un suministro constante de un elevado volumen de aire a una elevada presión, en forma ininterrumpi-

damente durante todo el trabajo (Ver Figura XVI).

Existen tres tipos de chorreado abrasivo que pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Chorreado seco
- Chorreado húmedo
- Chorreado por turbinas (granallado).

NOTA: El modo de operación de las dos primeras es muy similar.

#### Chorreado seco.

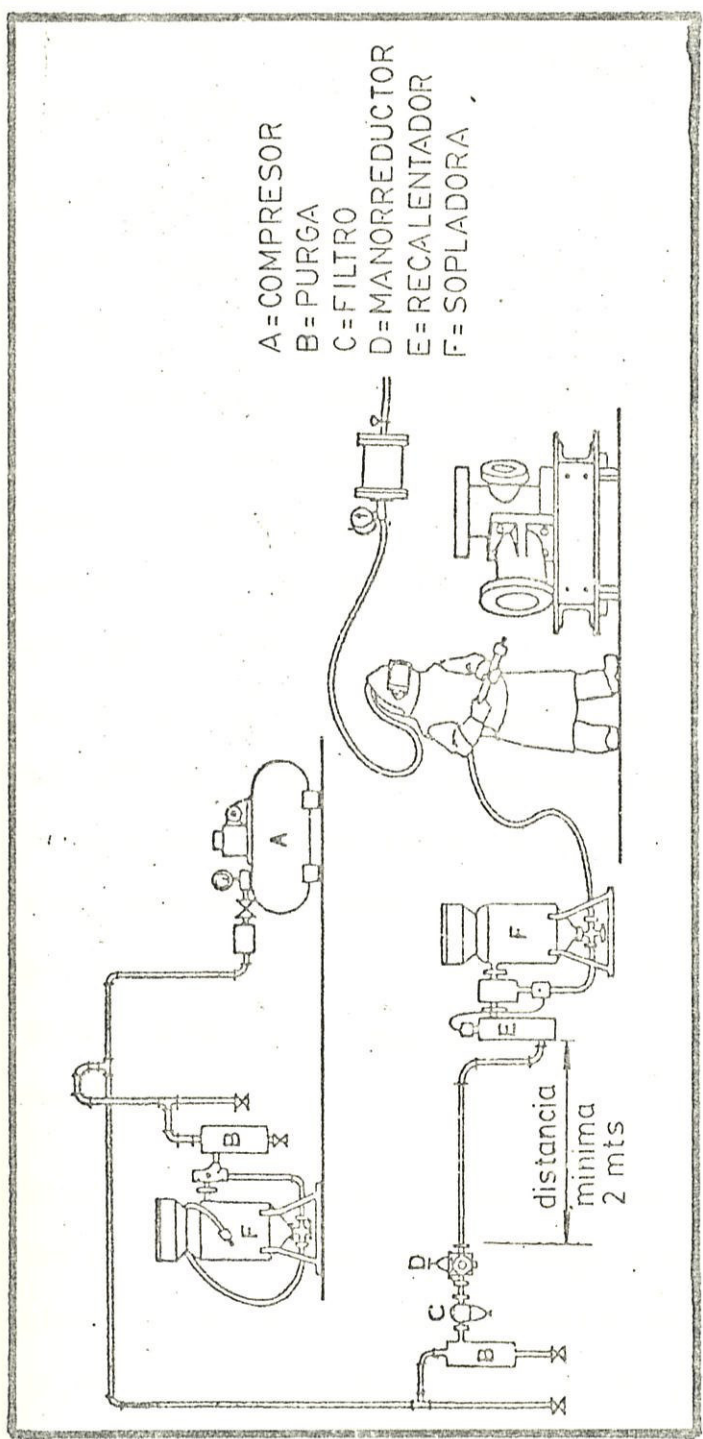
Este método se usa generalmente como abrasivo arena de cuarzo, y puede subdividirse en dos sistemas llamados de:

- Chorreado libre
- Chorreado al vacío

#### Chorreado libre.

Este tipo de chorreado abrasivo, debido a la facilidad que presta para su operación es muy usado, utiliza como abrasivo la arena de cuarzo, la cual se la obtiene generalmente de los ríos; el problema que surge con la aplicación de este método es la gran cantidad de polvo que contamina el ambiente.

El compresor de trabajo, que utilizamos para producir aire comprimido puede ser fijo o portátil (de acuerdo a la necesidad), la rapidez de la operación, está en relación directa con el equipo utiliza-



**FIGURA XVI**

MODO DE OPERACION DEL CHORREADO ABRASIVO

do, ya que mientras más grande sea la capacidad del compresor, mayor será la boquilla que utilizamos, por lo que obtendríamos una mayor área trabajada.

Empleamos compresores portátiles cuando necesitamos hacer trabajos - de chorreado especiales "IN-SITU", estos compresores pueden ser de - pistón o rotativos, y están equipados con motores diesel o a gasoli- na, siendo de los dos el más eficaz el compresor rotativo a diesel - ya que con éste podemos producir una caudal constante durante horas. Como el chorreado abrasivo es uno de los trabajos más difíciles que- podemos encomendar a un compresor, por su constante y elevada produc- ción de presión y volumen de aire, vamos a emplear siempre un compre- sor de la mejor calidad, teniendo siempre en cuenta de situarlo lo- más próximo posible a las máquinas de chorrear, para evitar la pérdi- da de presión de aire por fricción en las conducciones, las cuales, - por cierto necesitaremos que sean de un diámetro grande, como ejem- plo podemos citar que una pérdida por fricción en las conducciones - de 0.07 atmósferas, causa una reducción de 1.5 por ciento en la pro- ducción.

Un error que se comete siempre es el de tomar la lectura del manóme- tro del compresor y/o el de la máquina de chorrear, y es así que de- cimos que tomamos una elevada presión pero ésta presión no es la exac- ta, no es la que verdaderamente estamos produciendo en la boquilla y la manera de determinar la correcta producción de presión, es inser- tando una manómetro hipodérmico en la manguera de chorrear lo más -

cerca posible de la boquilla, se presenta un problema, aunque no sea mayor al insertar la aguja hipodérmica en la manguera de chorrear, - por lo que hay que hacerlo con mucho cuidado, con éste método obtenemos una lectura instantánea de la presión de la mezcla de aire y abrasivo.

Si obtenemos lecturas bajas hay que comprobar enseguida lo siguiente:

1. Si el compresor está trabajando bien.
2. Diámetro de las conducciones de aire del compresor a la sopladora.
3. Diámetro de las conducciones de la sopladora.
4. Diámetro de las mangueras de la sopladora a la boquilla (mangueras de chorrear).
5. Si las mangueras de chorrear tienen conexión interna o externas.
6. Diámetro de la boquilla y su correspondencia con la salida del - compresor (en volumen y presión).

#### Chorreado al vacío.

Este es un sistema similar al anteriormente mencionado y se lo considera más como un sistema cerrado, porque el abrasivo se lo recupera en una tolva en casi un cien por ciento después de golpear el casco del buque, el aparato con que se efectúa la limpieza al vacío, tiene el nombre de VACU - BLAST, y los hay de diferentes tamaños, como e - jemplo podemos citar que uno pequeño de un peso aproximado a cinco - kilos puede limpiar tres metros cuadrados por hora a una presión de



6.5 a siete atmósferas con un consumo de aire de uno a dos metros cúbicos por minuto, existen otras de mayor peso que llegan hasta una tonelada o más, llegando éstos a tener un poder de limpieza de hasta treinta metros cuadrados por hora. Generalmente éste método de limpieza es más utilizado, en áreas definidas y limitadas como cordones de soldadura, reparaciones locales.

#### Chorro de agua húmedo.

Se llama húmedo a éste sistema porque al abrasivo se lo mezcla con agua y tiene los mismos principios fundamentales que el sistema de chorro a chorro libre, si bien con éste método evitamos la formación de polvo en mayores proporciones, en cambio tenemos que añadir inhibidores al agua para evitar la corrosión debido a la humedad. Otro problema que se presenta con frecuencia es la constante obturación, de tuberías, mangueras y boquillas.

#### Chorro de agua por turbinas (granallado).

Se emplea éste sistema en instalaciones fijas mediante el cual el abrasivo es proyectado contra la superficie a limpiar por medio de turbinas impulsoras rotativas, el abrasivo que utilizamos es la granalla ya que si utilizamos arena de cuarzo se reduciría a un polvo fino, la capacidad de trabajo de éstas máquinas, fluctúa entre 20-1200 metros cuadrados por hora teniendo un consumo de abrasivo de aproximadamente de una tonelada por hora.

Algo que debemos procurar evitar, es el uso de granalla angular, por

que produciría un desgaste acelerado de la máquina, en este tipo de chorreado el abrasivo (granalla), se lo recupera entre 50 y 100 veces, según los tipos.

Existen dos tipos de granallado a saber: manual y automático, presentando muchas ventajas económicas el automático sobre el manual ya que éste apuradamente llega a los 20 metros cuadrados por hora, mientras que el automático llega hasta 1200 metros cuadrados por hora.

#### Decapado.

Este sistema en la industria naval, es empleado generalmente en la limpieza de cadenas, las cuales son sumergidas en un tanque que contiene la solución decapante, con éste método evitamos la formación de polvo, que obtendríamos con el chorreado abrasivo - así como un gasto excesivo de dicho abrasivo, ahora como bien - la calamina está formada por capas de diferentes composiciones químicas, siendo la externa la de más difícil disolución, entonces el ácido penetra por las grietas existentes en las costras, siendo de ésta manera como llega hasta las capas internas, las cuales reaccionan rápidamente por lo que se produce el desprendimiento y disolución de las costras de la calamina.

El acero que ha quedado libre de herrumbre y calamina se oxida rápidamente por lo que hay necesidad de darle un baño de ácido fosfórico, el cual a su vez sirve de base para la pintura, la-

que debe aplicarsele en cuanto las cadenas empiezan a secarse - en todo caso el acero no debe permanecer sin recubrir más de - cuatro horas. En conclusión se puede resumir los siguientes pasos en el proceso de limpieza por decapado.

1. Eliminación de grasa y aceite con xileno.
2. Bañado en una disolución caliente de ácido sulfúrico al 10% la temperatura más conveniente es de aproximadamente 30 grados centígrados para que de ésta manera disolver la herrumbre y la calamina.
3. Lavado con agua caliente.
4. Bañado en una solución de ácido fosfórico al 5 por ciento a 80 grados centígrados de temperatura, y así reduciremos la velocidad de oxidación.
5. Lavado con agua caliente y secado.

Aunque éste procedimiento ha dado resultados muy satisfactorios no se lo puede considerar como perfecto, porque de no tomar precauciones, las soluciones decapantes con los sucesivos baños se va contaminando, formándose una capa en la superficie, la cual se deposita en las piezas que se están tratando cuando se las extrae del baño, lo que impediría una buena adherencia de la pintura.

#### Limpieza de la Llama.

Este sistema de limpieza no ha ganado la misma reputación que el chorreado como método eficaz para la preparación de cascos -

de buques, ya que no se logra eliminar completamente las impurezas como la herrumbre y la calamina, éste proceso, se consigue haciendo pasar una llama de oxi-acetileno de alta velocidad por encima de la superficie del metal (cascos de buques).

Cuando se trata de acero sin pintar, y dado que estos productos (impureza y metal) poseen diferentes coeficientes de expansión se produce el desprendimiento de la calamina y herrumbre al paso de la llama en superficies pintadas, la pintura es quemada o reblandecida, y luego eliminada por los procesos de rasquetado y cepillado, se consigue un mayor efecto de la llama cuando se inclina la boquilla a un ángulo de cuarenta y cinco grados (Ver Figura XVII), en movimiento hacia adelante teniendo cuidado de que solo la punta de la llama toque el casco del buque.

Entre los inconvenientes de éste método podemos citar los siguientes:

1. Peligro de incendio
2. Costo alto
3. La superficie preparada no es de la mejor calidad
4. Las boquillas metálicas se encorvan debido al intenso calor.

Con la limpieza a la llama no se llega a eliminar completamente la calamina, quedando una remanencia que en mejor de los casos fluctúa entre el diez por ciento y el trece por ciento y en lo peor llega hasta el cincuenta por ciento.

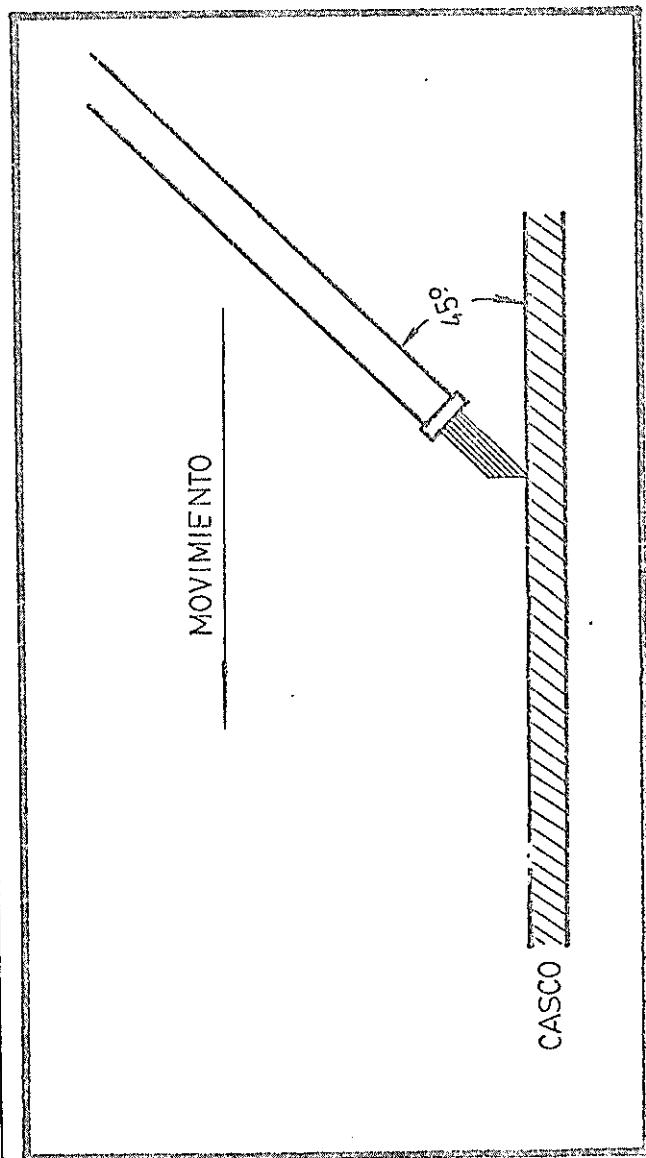


FIGURA XVII

POSICION CORRECTA DE LA BOQUILLA EN LIMPIEZA  
A LA LLAMA

Como sugerencia podemos decir que mejores resultados se obtienen si se aplica pintura cuando el metal todavía está ligeramente caliente, también debemos tener presente de que la limpieza a la llama solamente debe de ser llevada a cabo por operarios capacitados.

### Limpieza mecánica.

Este tipo de limpieza es efectuada por:

1. Cepillos de acero rotativo
2. Lijas y muelas mecánicas
3. Herramientas de percusión.

Con los cepillos mecánicos se consigue producir el desprendimiento de cierta cantidad de calamina pero es considerado un método ineficaz, porque la calamina bien adherida con este método es imposible eliminarla, y también tiene la tendencia a dejar pulida la superficie del metal, o sea que presenta una rugosidad inadecuada para la aplicación de pintura, estos cepillos son accionados neumática o eléctricamente. (Ver Figura XVIII).

Las lijadoras se la utilizan principalmente en áreas muy rugosas, como lo son los cordones de soldadura. Debido a su alto costo de operación se la utiliza solo en superficies pequeñas.

Obtenemos herramientas de percusión montando pequeñas raquetas y cinceles en máquinas neumáticas o eléctricas, éste método se

utiliza en conjunto con el lijado mecánico, ya que con éste rompemos la calamina, y las costras gruesas de la herrumbre, teniendo cuidado de no morder excesivamente el acero, y con el lijado terminamos dando una presentación correcta a la superficie del metal. Cabe anotar además que preparar grandes superficies, - con solo herramientas de percusión es anti-económico, debido a que éste tipo de limpieza es muy lento, por lo que la estadía - en dique de la embarcación se alargaría considerablemente, lo - que ocasionaría un gasto mayor al armador.

#### Limpieza manual.

Solo cuando es imposible chorrear o aplicar cualquiera de los métodos anteriormente descritos, aplicamos este sistema de limpieza que como es lógico es lento, por lo que es inadecuado para la limpieza de grandes superficies, las herramientas que utilizamos son cinceles, cepillos de alambre, raquetas, etc, con éste método solo eliminamos la pintura y las impurezas más adheridas. (Ver Figura XVIII).

Con éste método es imposible eliminar la calamina bien adherida también no se debe utilizar éste método en superficies que van a estar en inmersión constante. Antes de efectuar éste tipo de limpieza es aconsejable limpiar la superficie con un adecuado detergente o disolvente a fin de eliminar la grasa, aceite u otros contaminantes.

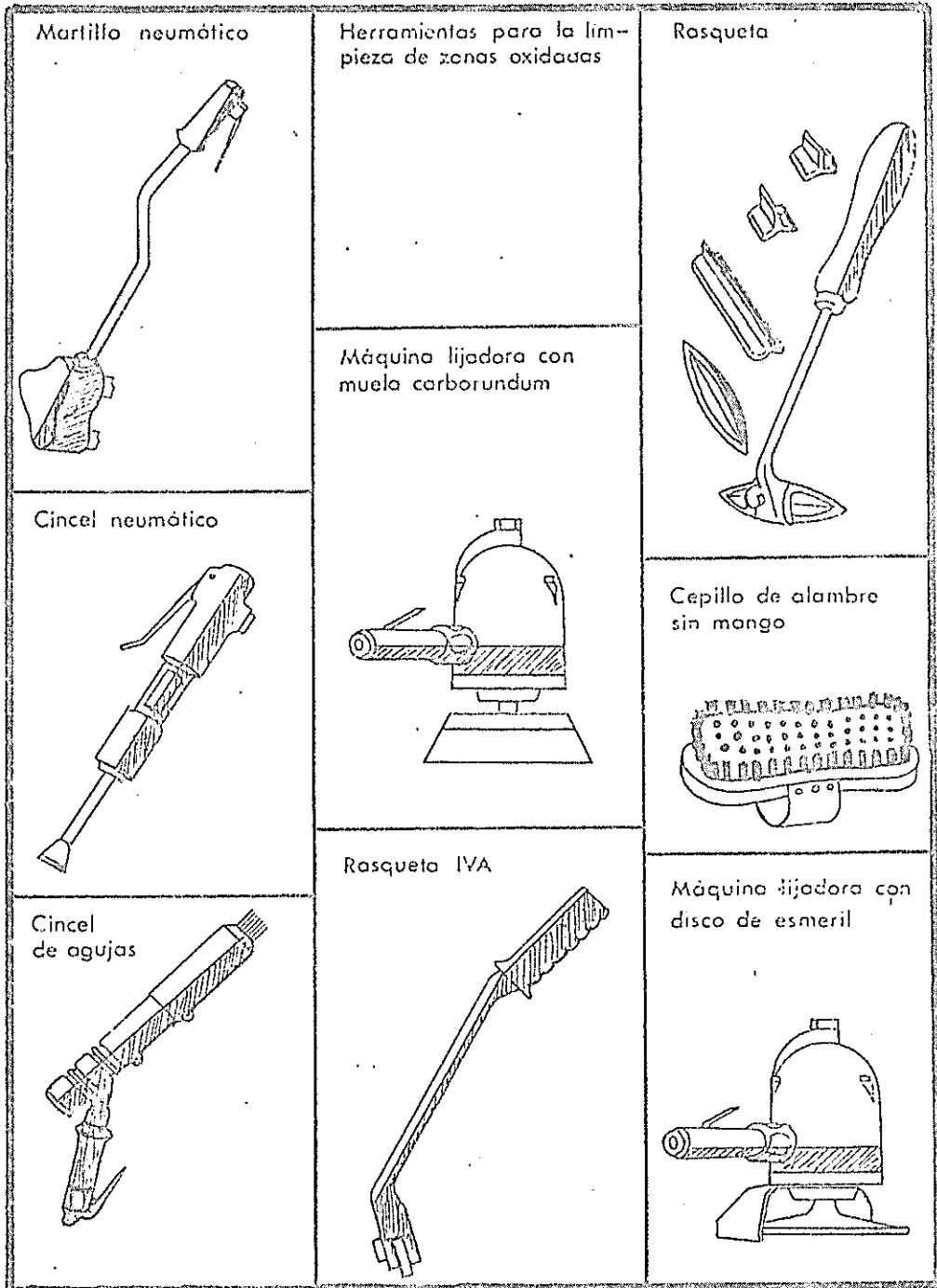


FIGURA XVIII

MAQUINAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LAS LIMPIEZAS MECANICA Y MANUAL



### Limpieza con chorro de agua a alta presión.

Este tipo de limpieza, generalmente más se la utiliza para limpiezas submarinas y particularmente indicado para estructuras irrregulares, tales como las partes sumergidas de plataformas petrolíferas, en las que los métodos tradicionales de limpieza resultan muy lentos y costosos.

El chorro a presión utilizado puede ser de agua dulce o salada, siempre que el lavado final se haga con agua dulce.

Componente clave de éste tipo de limpieza es una bomba de diafragma multicilindro, de pistones radiales; funcionando ésta a elevadas presiones ( presión promedio  $210 \text{ KG/cm}^2$  ), con un caudal de cuarenta a ciento diez litros por minuto, que se aumenta cuando sea necesario utilizando un par de bombas alimentadas por un solo manantial de energía a modo de unidad gemela, resultando el flujo de agua justo el doble del que proporciona una sola bomba pero a la misma presión (presión a la que se está trabajando); en éste caso la mitad del caudal de agua hace el corte y desprendimiento y la otra mitad actúa en dirección opuesta para contrarrestar el posible efecto de reacción del chorro de agua sobre el operario. (Ver Figura XIX).

#### 3.2.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS DIFERENTES METODOS DE LIMPIEZA.

A continuación pasamos a describir los materiales utilizados

Fotografía captada bajo el agua de una superpotente pistola de mano. Nótese la seguridad de orientación inclinada hacia abajo del chorro, proyectado a alta presión para limpiar por impacto una superficie sumergida con incrustaciones.



FIGURA XIX

en los diferentes tipos de chorreado abrasivo.

### CLASES DE ABRASIVOS.

Los principales tipos que existen son:

#### Arena de Cuarzo.

Se presenta como arena de roca o arena de playa; es un abrasivo sumamente barato, de allí que es aconsejable usarlo como máximo dos veces siendo en la segunda vez, cuando mayor efecto produce, porque con el primer impacto las partículas se rompen en partículas más angulares. Es utilizado solo en los diferentes tipos de chorreado abrasivo seco y húmedo.

#### Abrasivos metálicos.

Estos tipos de abrasivos los utilizamos en el chorreado por turbinas (granallado) y los hay de diferentes formas y calidades a saber:

- a. De fundición (pueden ser angulares y esféricos).
- b. De acero tratado (pueden ser angulares y esféricos).
- c. De alambre cortado (cilíndricos).

De los tres los más usados son: el de acero tratado (grana - lla usada) y el de alambre cortado; el primero es poco usado ya que presenta demasiada abrasividad y es de poca duración - por fragmentarse en los primeros impactos, además esa abrasividad destruye y desgasta los órganos internos de la instala

ción.

### Selección de abrasivos.

Las consideraciones que se deben tener en cuenta para seleccionar los abrasivos son:

1. Clase de superficie a preparar.
2. Tipo de equipo a utilizar (fijos o portátiles).
3. Tipo de pintura que se va a aplicar.

En base a las consideraciones anteriores, los abrasivos los podemos clasificar bajo los conceptos de: dureza, tamaño, forma.

### Dureza.

Si queremos tener una limpieza rápida y profunda debemos tener un abrasivo lo más duro posible.

### Tamaño.

El tamaño juega un papel importante dentro del chorreado, ya que mientras mayor sea la partícula del abrasivo, mayor será su impacto sobre la superficie, y cuanto menor sea la partícula del abrasivo, menor también será el impacto.

### Forma.

De acuerdo a su forma las partículas del abrasivo las podemos dividir en: esféricas, angulares y sub-angulares, las primeras lim

pian por impacto, las segundas por acción cortante y las terceras por combinación de impacto y corte de las tres, la más eficaz es la partícula angular. Recientes investigaciones indican que los mejores resultados se los obtiene mediante una mezcla que contenga un diez por ciento de partículas finas, por debajo de 0.2 mm., y un noventa por ciento de partículas de 0.5 mm. En éste tipo de mezclas las partículas grandes sirven para romper y despegar la calamina, mientras que las partículas pequeñas dentro de las rugosidades de las superficie, limpiándolas de la herrumbre.

### 3.2.2 CUADROS TECNICOS.

En la tabla No. III tenemos valores en la cual vemos que el caudal de aire y el consumo de abrasivo están en proporción directa con el diámetro y presión en la boquilla.

Así tenemos que a mayor diámetro y mayor presión en la boquilla, mayor será el caudal de aire y el consumo de abrasivo.

Debido a que la pérdida de carga por fricción a lo largo de la manguera dependen principalmente del diámetro de las conducciones de aire entre el compresor y la sopladora, y de la separación de las mismas.

Por lo que se recomienda usar conducciones de aire de un diámetro mayor, y la separación entre las mismas (compresor-sopladora), lo más cerca posible y así evitaremos esa pérdida de presión a lo lar

CONSUMO DE ABRASIVO (ARENA) POR HORA Y CAUDAL DE AIRE EN METROS CUBICOS  
POR MINUTO.

BOQUILLA (PULGADAS)	<u>PRESION EN LA BOQUILLA</u> (atm)				
	5	5,5	6,3	7	
1/4	1,7	1,9	2,1	2,3	AIRE M <sup>3</sup> /MIN.
	200	231	254	280	ABRASIVO-KG.
5/16	2,8	3,2	2,5	2,8	AIRE M <sup>3</sup> /MIN.
	342	380	420	460	ABRASIVO-KG.
3/8	4	4,5	4,8	5,5	AIRE M <sup>3</sup> /MIN.
	490	545	595	653	ABRASIVO-KG.
7/16	5,4	6,1	6,7	7,2	AIRE M <sup>3</sup> /MIN.
	665	743	820	897	ABRASIVO-KG.
1/2	7,1	7,8	8,6	9,5	AIRE M <sup>3</sup> /MIN.
	857	952	1040	1150	ABRASIVO-KG.

TABLA III

go de la manguera.

En la tabla No. IV, tenemos valores de pérdida de presión en atmósferas que se han obtenido en mangueras de quince metros de largo, y nos podemos dar cuenta que la pérdida de presión va disminuyendo, - conforme vayamos aumentando el diámetro de la manguera.

La presión verdadera que existe en la boquilla es la suma importancia, ya que se dijo anteriormente en chorreado abrasivo libre, de - que generalmente se comete un error al decir que se está trabajando a elevada presión porque el manómetro del compresor así lo indica , pero esa no es la verdadera presión en la boquilla, ya que hay que tomar las pérdidas de presión por fricción como se la indica en la - tabla anterior.

En la Tabla V, se comparan la proporción que se obtendría a diferentes presiones con un mismo equipo, y así nos podemos dar cuenta que la producción está en proporción directa al caudal y a la presión - de aire que pasan a través de la boquilla.

Como las boquillas de chorreado son los elementos de mayor abrasión el rendimiento de éstas estará en función de su diámetro, de la presión de trabajo y del abrasivo a emplear.

Con la ayuda de la Tabla No. VI, podemos determinar el consumo en metros cúbicos por milímetro si conocemos el diámetro de la boquilla en milímetros, la presión en kilogramos por metros cuadrados y la pre -

PERDIDA DE PRESION MANGUERAS DE QUINCE METROS DE LONGITUD.

CAUDAL DE AIRE EN M<sup>3</sup>/MIN.

DIAMETRO MANGUERA	PRESION DE CONDUCCIONES DE AIRE ENTRE COMPRESOR Y SOPLADORA	1,7	2	2,2	2,5	2,8
3/4"	5,6 atm.	0,13 atm.	0,20 atm.	0,25 atm.	0,33 atm	0,41 atm.
	6,3	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35
	7	0,10	0,14	0,19	0,24	0,31
1"	5,6	0,035	0,049	0,056	0,078	
	6,3	0,028	0,042	0,049	0,063	0,085
	7	0,028	0,035	0,042	0,056	0,070
1 1/4"	5,6	0,007	0,014	0,014	0,021	0,028
	6,3	0,007	0,014	0,014	0,021	0,021
	7	0,007	0,014	0,014	0,021	0,021
1 1/2"	5,6	-----	-----	-----	-----	-----
	6,3	-----	-----	-----	-----	-----
	7	-----	-----	-----	-----	-----

TABLA IV



COMPARACION DE PRODUCCION CON UN MISMO EQUIPO A DIFERENTES PRESIONES

<u>BOQUILLA</u>	<u>PRESION EN LA</u> <u>( atm )</u>	<u>PRODUCCION</u> <u>(AREA TRABAJADA)</u>
7	atm	..... 100 % del área
5.6	atm	..... 66 % del área
4.2	atm	..... 50 % del área

TABLA V

CONOCIENDO DIAMETRO DE LA BOQUILLA (MILIMETROS), DETERMINAR CONSUMO (METROS CUBICOS POR MINUTO).

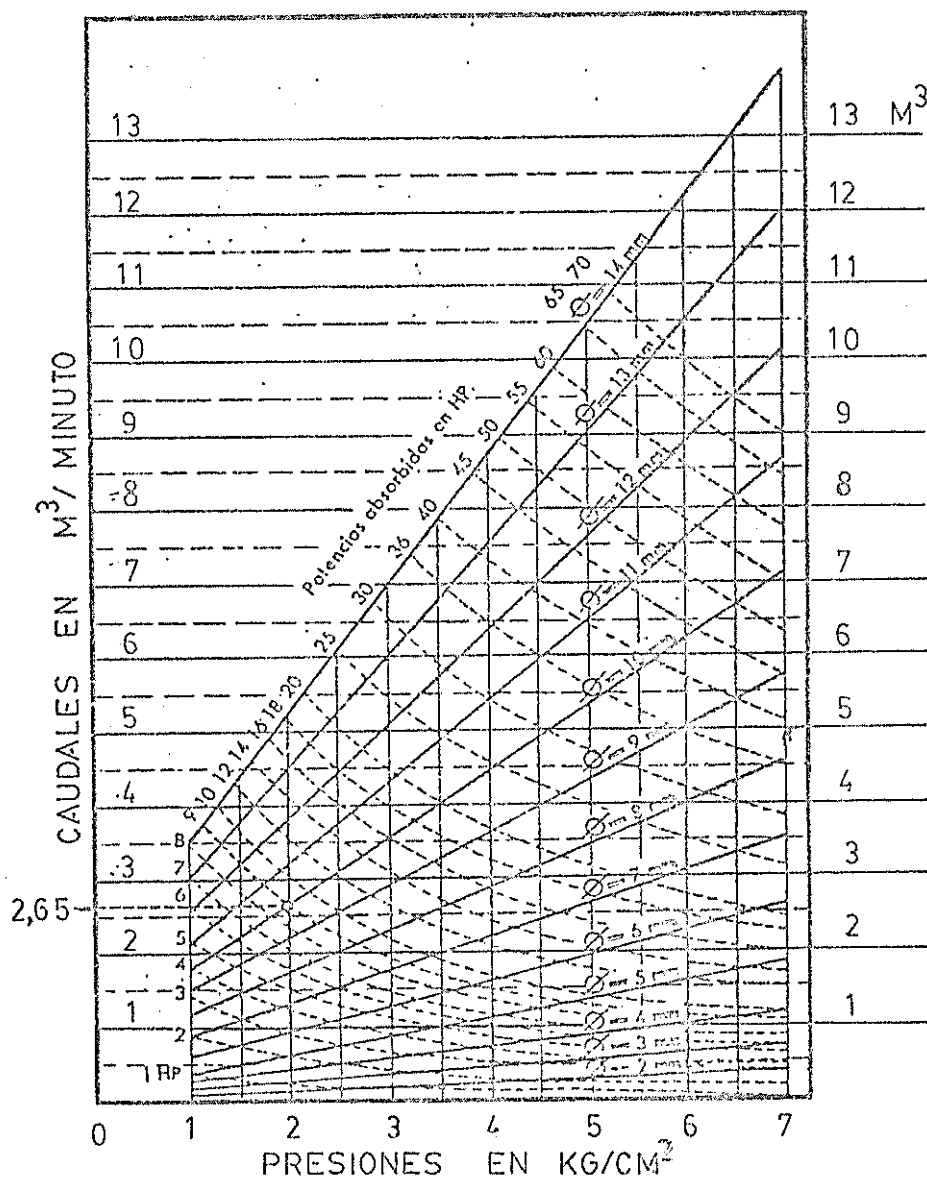


TABLA VI

sión absorbida en caballos de fuerza, así por ejemplo para una boquilla de 10 mm de diámetro, una presión de dos kilogramos por metros cuadrados y una potencia abrasiva de nueve caballos de fuerza tendríamos un consumo de 2,65 metros cúbicos por minuto.

#### GRADOS DE LIMPIEZA ALCANZADOS.

##### Estado inicial de los materiales.

##### Grados de corrosión.

Es importante precisar de una manera clara el grado de preparación deseado para cada caso particular. Como norma se han fijado cuatro grados de herrumbre en superficie de acero, según las normas suecas SIS 05 900 1.967.

- a.- Superficie de acero con capa de laminación intacta.
- b.- Superficie de acero con principio de corrosión y de la que la capa de laminación comienza a desprenderse.
- c.- Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o de la que la capa de laminación puede ser eliminada por rasqueteado, pero en la cual no se han formado cavidades visibles en gran escala.
- d.- Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido eliminada por corrosión y donde se han formado cavidades visibles en gran escala.

GRADOS DE PREPARACION POR LIMPIEZA MANUAL Y MECANICA DE ACUERDO  
A LAS NORMAS SUECAS SIS 05 900 - 1.967.

St-2 Raspado, cepillado manual con cepillo de acero - cepillado a máquina - esmerilado a máquina - etc., de una manera minuciosa. Mediante el tratamiento se quitarán las capas sueltas de laminación, el óxido y las partículas extrañas. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Entonces deberá adquirir un suave brillo metálico.

St-3 Raspado, cepillado manual con cepillo de acero - cepillado a máquina - esmerilado a máquina - etc., una manera muy minuciosa. La superficie se tratará como en el grado St2 pero de una manera mucho más minuciosa. Después de quitar el polvo, la superficie deberá presentar un claro brillo metálico.

GRADOS DE PREPARACION POR CHORREADO DE ACUERDO A LAS NORMAS SUECAS SIS 05 900 - 1.967.

La superficie de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, etc., y las capas gruesas de óxido se sacarán con un cincel antes del tratamiento.

SA-1 CHORREADO LIGERO.

Se quita la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas.

SA-2 CHORREADO MINUCIOSO.

Se quita casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco, o cepillo limpio. Deberá adquirir entonces un color grisáceo.

SA-2<sup>1</sup>/2 CHORREADO MUY MINUCIOSO.

Las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta, que los restos solo aparecen como ligeras manchas o rayas. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo aire comprimido limpio y seco, o cepillo limpio.

SA-3 CHORREADO A METAL BLANCO.

Toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo comprimido, limpio y seco o cepillo limpio. Deberá adquirir un color metálico uniforme.

3.3 APLICACION DE PINTURAS MARINAS.

Ningún tipo de recubrimiento por sí solo posee todas las condiciones necesarias para proteger contra la corrosión, sin embargo, la combinación de dos o más tipos, puede producir un sistema de pintado que reúna la mayor parte de las condiciones idóneas.

El mecanismo de protección contra la corrosión en la atmósfera, es sustancialmente diferente al empleado para la protección de estructuras de acero sumergidas en agua. Este hecho, no siempre es tenido en cuenta, siendo sin embargo muy importante, al considerarse diferentes sistemas de pintado, según la misión que se les encomiende.

Un sistema de pintado para proteger al acero expuesto solamente a la acción atmosférica, consiste en una capa de imprimación que contiene productos químicos antioxidantes y un cierto número de capas de acabado. Cada una de éstas capas desempeñan una función específica dentro del conjunto del sistema de pintado.

Las capas de acabado, actúan como avanzadilla en la defensa contra los "agresores": agua y oxígeno. Cuando se trata de pinturas al aceite, incluidas las de resinas alquídicas, las capas de acabado, bajo ciertas condiciones de humedad, permitirán la penetración del agua a través de las estructuras del ligante (la película de hinchamiento). Durante un período posterior, el agua abandonará la película de pintura.

Durante un largo período de alta humedad, será absorbida gran cantidad de agua a través de las capas de acabado y posteriormente llegará a alcanzar a la imprimación, penetrando hasta la superficie del acero.

Ya en la de imprimación, el agua disolverá parte de las sustan-

cias químicas activas presentes; este hecho contrarresta la agresividad del agua y sirve para mantener al acero protegido durante la infiltración de humedad. Cuanto mayor sea el poder inhibidor del pigmento, mayor y más eficaz será esta capacidad protectora. (Ver Figura XX-A).

Sin las capas de acabado, que minimizan el aporte de agua que tenderá a consumir las cantidades de productos químicos anticorrosivos presente en la imprimación, la vida activa de ésta última se contará sensiblemente, y llegará un momento, en que la reserva de productos químicos anticorrosivos de la imprimación, se agotará. Cuando ésto suceda, el mecanismo de protección se basará únicamente en el efecto de barrera (Ver Figura XX-B), producido por las capas de acabado, las cuales, llegarán también a disgregarse y en éste momento, será necesaria la completa eliminación de todos los residuos de pintura para volver a aplicar otro sistema de pintado anticorrosivo.

En condiciones de inmersión, seamos basar la protección solamente en un efecto de barrera y bajo tales circunstancias podemos disponer de breas y asfaltos como ligantes, debido a su baja permeabilidad y su poca tendencia al hinchamiento. Su falta de resistencia contra las radiaciones ultravioletas y su color negro, no representan ningún inconveniente, debido a que normalmente serán invisibles y no se hallarán expuestas a la luz del sol.

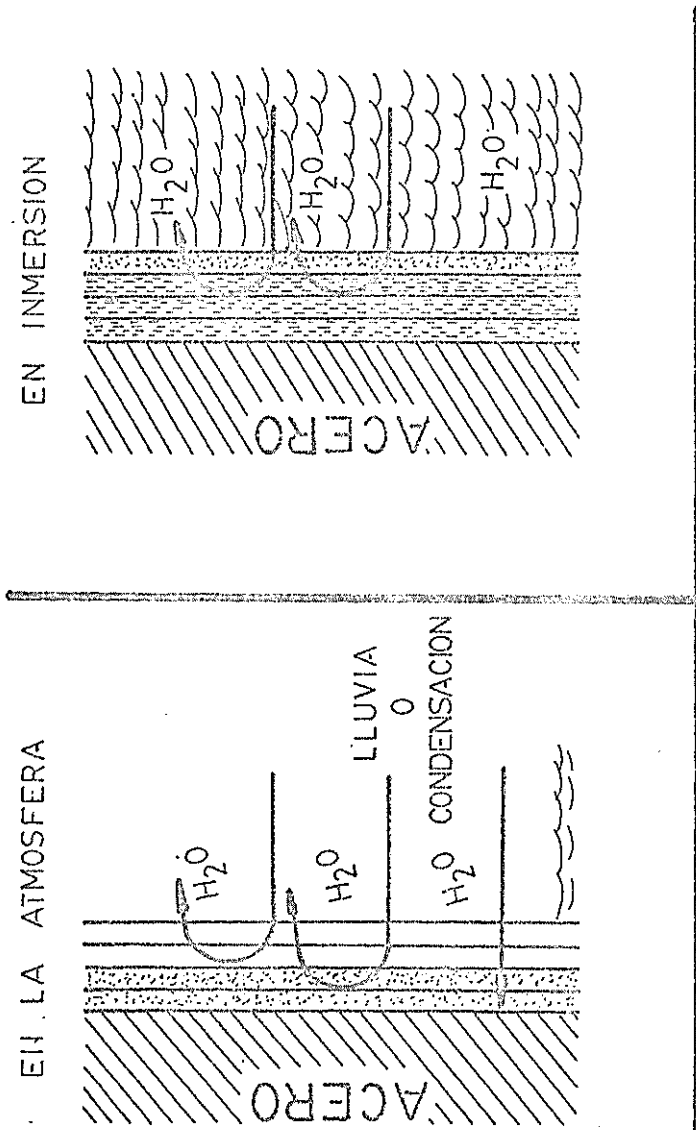


FIGURA XX

a  
EFECTO INHIBIDOR

b  
EFECTO DE BARRERA



Es muy usual reforzar la acción de tales recubrimientos con pigmentos; los pigmentos escamosos en particular son muy efectivos, ya que el trayecto de la humedad a través del recubrimiento, se alarga en su presencia.

### 3.3.1 PROTECCION PREVENTIVA.

#### Imprimaciones (análisis).

Las primeras capas que se aplican directamente sobre el acero, serán las imprimaciones, y deberán escogerse cuidadosamente según la calidad de la preparación de superficie, tipo de capas posteriores a aplicar y otros factores. Una imprimación adecuada para el uso como parte de un sistema de mantenimiento deberá poseer las siguientes cualidades:

1. Inhibición de la corrosión: o sea, la capacidad de detener o retardar las reacciones de corrosión del acero, ya sea en los poros o grietas o bajo la misma película.
2. Buena adherencia a la superficie metálica aunque ésta no se haya en un estado ideal de preparación, es decir tolerancia a impurezas en la superficie, residuos de oxígeno, calamina, etc.
3. Resistencia a los ampollamientos y desprendimientos en grietas y poros.
4. Buena adherencia con respecto a las capas posteriores para

evitar posibles desprendimientos entre capas.

5. Buena resistencia al agua, oxígeno y a los iones, con objeto de impedir la corrosión bajo película, durante tanto tiempo como sea posible.
6. Buena resistencia a la humedad y a las agentes atmosféricos para proporcionar una buena protección al metal, aunque dicho metal permanezca temporalmente con la imprimación como único recubrimiento.
7. Resistencia química igual, si es posible, a la de las capas de acabado. De ésta forma el sistema de pintado no será sensible a los ataques químicos en condiciones severas.

Por todo lo anteriormente expuesto podemos resumir, diciendo que los objetivos principales de las imprimaciones son:

1. Ayudar a proporcionar buena adherencia a las capas de pinturas posteriores.
2. Inhibir la corrosión.

### 3.3.2 PROTECCION ANTICORROSIVA.

#### Pinturas ricas en cinc.

Las primeras referencias de la utilización del cinc para la protección anticorrosiva del acero datan del año 1.840. Desde en-

tonces, se realizaron numerosos intentos para su aplicación en forma de recubrimiento y fue hacia 1.930 cuando se empezó a emplear polvo de cinc como pigmento en pinturas. En ese momento, es cuando puede empezar a hablar propiamente de las pinturas ricas en cinc.

### Protección activa contra la corrosión.

La aplicación de pinturas ricas en cinc constituyen una forma eficáz de protección activa contra la corrosión, en este sistema, cada partícula de cinc adherida al casco mediante el ligante de la pintura actúa como un diminuto ánodo de sacrificio, de manera que el cinc se oxida mientras el acero permanece inatacado.

Para poder actuar, éstas partículas necesitan el contacto eléctrico completo con el acero. Ello es solamente posible si el acero ha sido previamente tratado y que presente un grado de limpieza de SA 2 1/2. No tiene objeto aplicar pinturas ricas en cinc a una superficie, que no haya sido bien tratada, porque incluso cantidades microscópicas de óxido u otras impurezas evitarán el contacto eléctrico haciendo la pintura inactiva.

Dos propiedades fundamentales hacen del cinc un material para la protección del acero contra la corrosión. En primer lugar, el hecho de ser más electronegativo que el hierro, le sitúa en posición anódica frente a él cuando se ponen en contacto, y así el hierro queda protegido en perjuicio del cinc.

Por otra parte, una vez en contacto con atmósfera, en la superficie del cinc se produce una abundante formación de sales blancas, que tienden a protegerlo del ataque posterior de los elementos atmosféricos.

La superposición de ambas propiedades de como resultado una protección duradera del acero por parte del recubrimiento.

El efecto deseado se puede obtener mediante la aplicación sobre la superficie del acero de las pinturas ricas en cinc.

#### MECANISMO DE LA PROTECCION.

Las pinturas ricas en cinc contienen 93-94 % de cinc metálico y solo un bajo porcentaje de ligante. Por ello se muestran porosas en el momento de la aplicación.

El cinc se oxidará y se formará óxido de cinc, el cual es un componente blanco que tiene la misma composición química que el pigmento conocido como blanco de cinc.

El óxido de cinc es completamente insoluble en agua y se acumula entre las partículas de cinc como en la mezcla del cemento. La totalidad de la película será de nuevo impermeable.

Si se formara un deterioro en la película, agua y humedad penetrarán tomando contacto directamente con el acero. Sin embargo, no se producirá corrosión alguna ya que el metal cinc será el a

tacado. Por consiguiente, se formará nuevo óxido de cinc, el cual cerrará la película.

### 3.3.3 PROTECCION ANTI-INCORUSTANTE.

Durante más de 2000 años, la cera, la brea y los asfaltos se han utilizado en los fondos de los buques para impermeabilizarla madera y obtener superficies más lisas.

Los principales enemigos de los buques de madera, imperantes hasta finales del siglo XIX, eran los perforadores marinos. Estos organismos se fijaban en los fondos de los buques y abrían canales en las planchas de madera, provocando su perforación y destrucción.

Los forros de plomo se utilizaron durante varios siglos para impedir el acceso de los perforadores marinos a la madera. El plomo metálico no tiene ningún efecto tóxico contra estas especies de organismos marinos. Cuando se introdujeron los ferros de cobre la eliminación inesperada de todos los tipos de incrustación. En 1824, Sir Humphrey Davy dió la explicación al hecho: el cobre se disuelve lentamente en el agua de mar y actúa como veneno contra todos los organismos marinos en general. Observó además que cuando se utilizaban clavos de hierro para fijar las planchas de cobre, éste perdía su efectividad, porque dejaba de disolverse, mientras que los clavos de hierro se corroían rápidamente.

Desgraciadamente, este remedio fue echado completamente en el olvido al aparecer los buques de acero, ya que cuando estos empezaron a navegar por los Siete Mares, llevando planchas de cobre sobre sus cascos para evitar la incrustación, se obtuvieron resultados catastróficos, debido a las violentas corrosiones que aparecían en los cascos de acero.

#### COMPOSICIONES ANTI-INCUSTANTES.

Se pensaba que mediante la adición de un veneno a la pintura, se podrían evitar las incrustaciones, y se suponía que los compuestos de cobre se convertirían, en tales circunstancias, en "verai gris", la pátina verde que se formaba sobre los techos de cobre, fuertemente venenosa. Sin embargo, esta suposición era falsa, ya que el "verdigris" no es eficaz para combatir la incrustación por la sencilla razón de que es insoluble en agua de mar.

En cambio, uno de los compuestos de cobre empleados, el óxido cuproso, dió en el clavo, y todavía hoy es el veneno más universalmente utilizado, con la adición ocasional de otros compuestos, especialmente óxido de mercurio.

Se utilizaron también enérgicos venenos orgánicos (pesticidas y herbicidas, tales como el DDT) aunque con un éxito muy limitado. Los compuestos órgano-metálicos que se han empezado a utilizar recientemente, y que contienen plomo o estaño, están dando excelentes resultados.

### OTROS TIPOS DE ANTI-INCORUSTANTES.

Además de las composiciones anti-incrustantes en forma de recubrimiento, que contienen un veneno que se va liberando por disolución paulatina en el agua del mar, se ha sugerido la utilización de otros procedimientos, tales como la radioactividad, las vibraciones ultrasónicas y los sistemas conocidos comercialmente como "Taxion" y "Anfo". Estos últimos sistemas consisten en la liberación de veneno disuelto en kerosene, en el agua de mar, a través de tubos perforados, mientras el buque permanece en el puerto.

Ninguno de estos sistemas ha hecho, sin embargo, impacto alguna en el mercado. Las pinturas anti-incrustantes, incluso en su versión convencional, siguen predominando. Los nuevos productos, fabricados de acuerdo con nuevas ideas, solo han empezado a entrar en el mercado.

### MECANISMO DE LA ACCIÓN ANTI-INCORUSTANTE.

Los organismos marinos no se comen la pintura (al contrario de lo que se opinaba generalmente de forma errónea). El veneno debe disolverse en el agua de mar, de forma que en el momento de producirse la fijación de los organismos, se encuentra rodeado el buque de una concentración de tóxico lo suficientemente alta como para provocar la muerte de las esporas o larvas.

El veneno se va disolviendo tanto cuando el buque está parado, como cuando navega y no está sujeto al ataque de los organismos. Por lo tanto, la lucha contra la incrustación implica un proceso de desgaste de la misma. Hay que añadir que la disolución del veneno lleva consigo, en los anti-incrustantes convencionales, la disolución de otros componentes de la pintura.

Si con ocasión de la estancia en dique seco de un buque, se observa que la pintura anti-incrustante se ha gastado totalmente, esto no es una señal de fallo, sino que significa que ha llevado a cabo el trabajo para el que había sido diseñado.

Los organismos marinos tienen distinta sensibilidad a los venenos empleados en las composiciones anti-incrustantes.

Los moluscos, elaterios, y algas pardas (laminaria), están entre los más sensibles. Los escaramujos, tubículos, algas verdes, e hidroides, así como algunos tipos de algas pardas, son mucho más resistentes.

El grado de lexivación es una forma adecuada de clasificar los organismos marinos según su sensibilidad al veneno. El grado de lexivación se define como la cantidad mínima de cobre necesaria para evitar la incrustación, bajo condiciones específicas de laboratorio.

Los escaramujos, los hidroides, y algunas algas, no toleran un-



grado de lexiviación mayor de diez microgramos por centímetros-cuadrados, y por día. Algunos tipos de algas verdes de las que se fijan en la línea de flotación toleran un grado de lexiviación de 20 y 30, lo que explica que sean mucho más difíciles de combatir.

### FACTORES QUE DETERMINAN EL GRADO DE LEXIVIACION (G.L.).

#### Salinidad.

El G.L. varía con la salinidad, si, por ejemplo, se produce una disolución de la salinidad mediante un aporte de agua dulce, reduciéndose a la mitad de lo normal, el G.L. será solamente la cuarta parte de lo usual.

#### Temperatura.

Por cada grado de disminución o de aumento de la temperatura, el G.L. disminuye o aumenta un 5 %.

#### Espesor de película.

Al duplicar al espesor de película, no se dobla la vida efectiva de una anti-incrustante. El G.L., sin embargo, no es influenciado en gran extensión por el espesor de película.

### LOS CONCEPTOS CLASICOS.

Tradicionalmente, las composiciones anti-incrustantes se subdividen en dos grupos, de acuerdo con su aglutinante, que en el -

campo de anti-incrustantes, se acostumbra a denominar "matríz".

- Anti-incrustante con matríz soluble.
- Anti-incrustante con matríz insoluble.

#### ANTI-INCrustANTES CON MATRIZ SOLUBLE.

El mecanismo de liberación de veneno tiene lugar gracias a una continua disolución del aglutinante, por lo que siempre se encuentran partículas susceptibles de disolverse bajo la acción del agua en sustitución de aquellas que, situadas en la superficie original, se habían disuelto anteriormente (Ver Figura XXI).

#### ANTI-INCrustANTES DE MATRIZ INSOLUBLE.

En ésta clase de anti-incrustantes, representados por el tipo vinílico americano, las partículas tóxicas están empaquetadas de forma tan compacta que cuando una partícula de veneno se disuelve, existe otra que ocupa su lugar inmediatamente, quedando dispuesta para su disolución.

Se considera necesario que exista un "contacto continuo" entre las partículas tóxicas para que tenga lugar la disolución continua (Ver Figura XXII). Una vez que el veneno ha lixiviado, queda un "esqueleto" de resina insoluble.

### 3.3.4 COSTO REAL DE LAS PINTURAS MARINAS.

Muchas veces se introducen un un producto mejoras de orden téc-

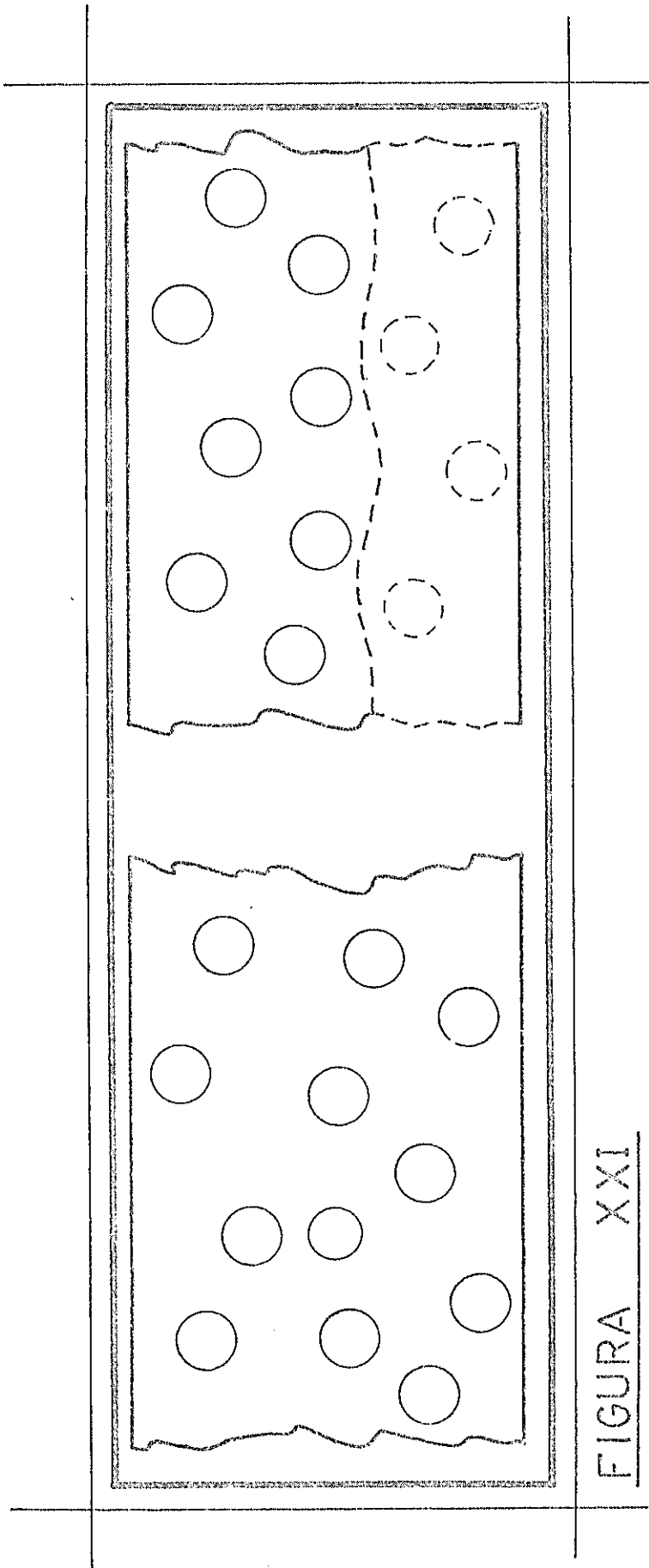
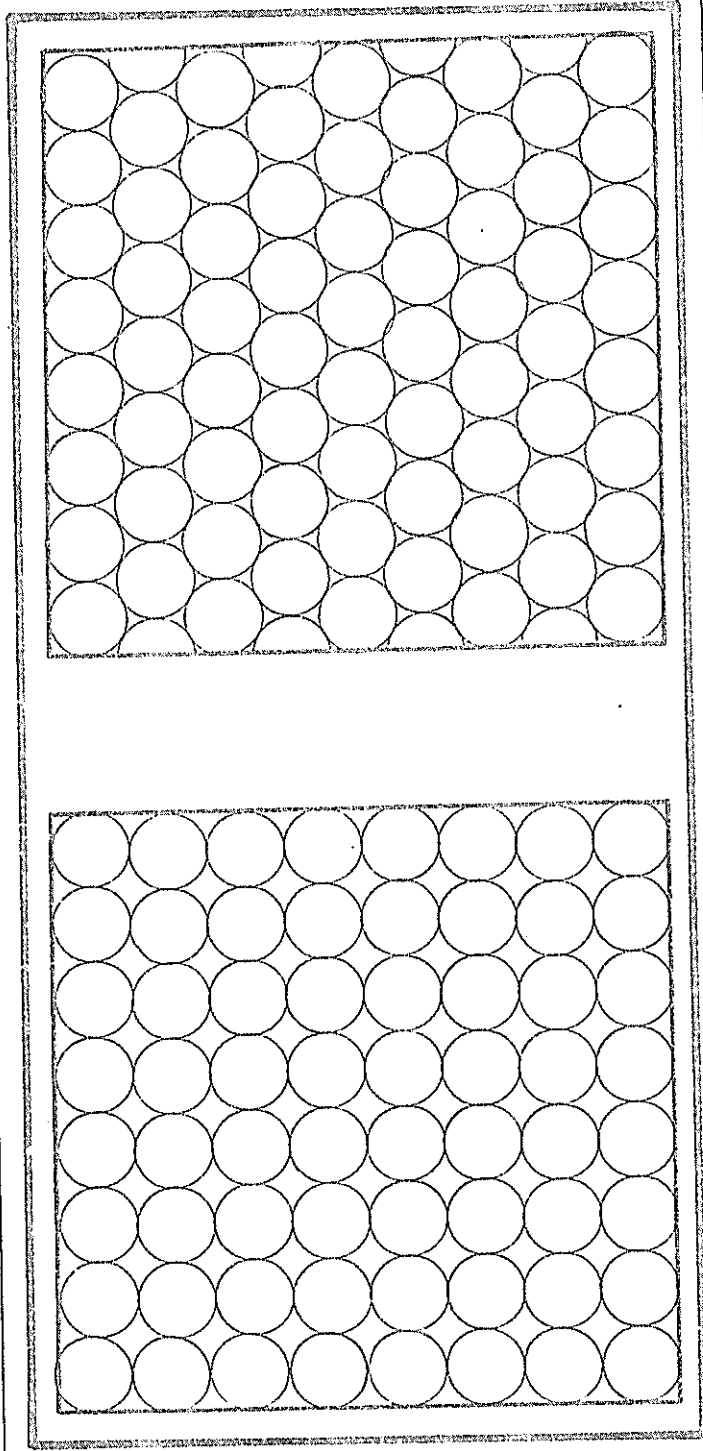


FIGURA XXI

MECANISMO TEORICO DE LIBERACION DE VENENO A PARTIR DE UNA  
MATRIZ SOLUBLE



**FIGURA XXII**

OCUPACION DEL 74% DEL VOLUMEN  
EMPAQUETAMIENTO HEXAGONAL

OCUPACION DEL 52,4% DEL VOLUMEN  
EMPAQUETAMIENTO CUBICO

EMPAQUETAMIENTO DE PARTICULAS VENENOSAS EN UNA  
MATRIZ INSOLUBLE

nico-práctico que permiten un mayor rendimiento y mejor comportamiento. Esto requiere un aumento de precio por unidad, pero el hecho es, que el costo de una pintura no está dado por el precio que se paga al llevar el galón, sino que es un costo compuesto, fácil de calcular, pero que no es el que se ve a simple vista. Para llegar a él es necesario considerar dos factores más - a saber: rendimiento y duración.

$$\text{COSTO REAL} = \frac{\text{Precio por unidad más costo diluyente}}{\text{Rendimiento en m}^2 \text{ por tiempo de duración}} \quad (19)$$

Es decir, que es necesario dividir el precio por galón para los metros cuadrados pintados y por los meses que dure la pintura - en buen estado.

Por ejemplo, supongamos que un galón cuesta al comprarlo S/.500, el diluyente S/. 150,00, el rendimiento es de cuarenta metros cuadrados por galón y la duración de diez meses, el costo será:

$$\text{COSTO REAL} = \frac{\text{S/. 500,00} + \text{S/. 150,00}}{40 \text{ metros} \times 10 \text{ meses}} = 1.62 \text{ por metros y por mes}$$

Es decir, que un metro cuadrado cuesta S/. 1,62 por cada mes.

Obsérvese también que la cantidad de diluyente influye negativamente en el costo real, ya que se evapora y no contribuye ni al cubrimiento ni a la duración.

Ahora supongamos una mejora en la duración del cincuenta por -

ciento y en el cubrimiento del veinte por ciento; supongamos también que esto requiere un aumento del precio de venta de la pintura de un veinte y cinco por ciento. Entonces tenemos costo del galón de 625; duración quince meses y cubrimiento 4.8 metros cuadrados.

$$\text{COSTO REAL} = \frac{625 + 150}{48 \text{ metros} \times 15 \text{ meses}} = 1.07 \text{ por mt}^2 \text{ y por mes.}$$

Este es un ejemplo de como se calcula una mejora que redunde en beneficio del armador, pero que no se ve al comprar un galón, sino que solo se aprecia el aumento de costo aparente y lo que en realidad fue un abaratamiento tal como se demuestra en el ejemplo, de un treinta y cuatro por ciento parece todo lo contrario si no se analiza un poco los resultados.

#### 3.4 PROTECCION CATODICA, SUS FUNDAMENTOS Y FORMAS DE PROTECCION.

El hierro es conocido por el hombre desde tiempos remotos, incluso se ha llamado a una época como la EDAD DEL HIERRO, pero es solamente desde la segunda mitad del siglo XIX en que se convierte en un material barato.

En los últimos años se han habido progresos importantes en la Tecnología de la Fabricación del Acero, pero aún no ha sido desarrollado ningún tipo de acero económico, con mejor resistencia a la corrosión en agua de mar por lo cual se hace necesario que un buque tenga una debida protección anticorrosiva en caso contrario -

éste sería inservible para la construcción de buques.

La corrosión de cascos de buques ocurre por procesos electroquímicos de variada naturaleza. Pueda presentarse como corrosión generalizada, afectando a gran parte de la superficie, o en forma de picaduras localizadas, afectando tan solo a pequeñas zonas de la superficie metálica. Esta última forma de deterioro es la más grave ya que puede provocar la perforación de la plancha en un período de tiempo relativamente corto, en especial si se tiene en cuenta que la filosofía actual es la de emplear delgados espesores de planchas.

De todos es conocido que la pintura, por una serie de razones tanto técnicas como económicas, es el medio de protección más ampliamente usado en la lucha contra la corrosión del acero. Sin embargo, la protección que suministran las capas de pinturas pueden no ser suficiente; las películas de pinturas no son totalmente impermeables y presentan poros y defectos, por donde el agua de mar se pone en contacto con el metal del casco.

Las uniones soldadas fondos de proa, zonas de codaste y timón son regiones del casco sensibles a la corrosión, en especial éstas últimas, por el par galvánico hélice-casco que se forma y fenómenos de cavitación producidos por la hélice.

La corriente que suministra el sistema de protección catódica se reduce tan solo a la necesaria para proteger los poros e im

perfecciones del sistema de pintura, así como las zonas dañadas y desprovistas de pintura. Asimismo la protección catódica evita la pila electroquímica que induce la hélice. Una protección catódica bien llevada a cabo puede suponer un ahorro a apreciable en los costos de mantenimiento de buque.

#### FUNDAMENTOS DE LA PROTECCION CATODICA.

El principio de la protección catódica está basada en la existencia de un potencial de inmunidad, al cual es suficiente llevar el metal a proteger para detener la corrosión; el diagrama de Pourbaix, Ver Figura XXIII, sitúa éste potencial en 0.62 V con relación al electrodo de hidrógeno normal, para un PH del medio comprendido entre 0 y 9. En el caso del agua de mar, que tiene un PH 8.2, el potencial de inmunidad será pues de 0.62 V con relación al electrodo normal de hidrógeno, que equivale a -0.87 V con relación a un electrodo de Ag/Ag.Cl.

Teniendo en cuenta el diagrama de Pourbaix, podrán actuar como ánodos de sacrificio todos aquellos metales o aleaciones que tengan un potencial sensiblemente inferior al potencial de protección de hierro, es decir, situado en el dominio de inmunidad de éste metal.

Ahora bien si limitamos nuestra atención a las corrientes electrónicas y convencionales, formadas en las pilas galvánicas (pilas de corrosión), los principios de la corrosión catódica-



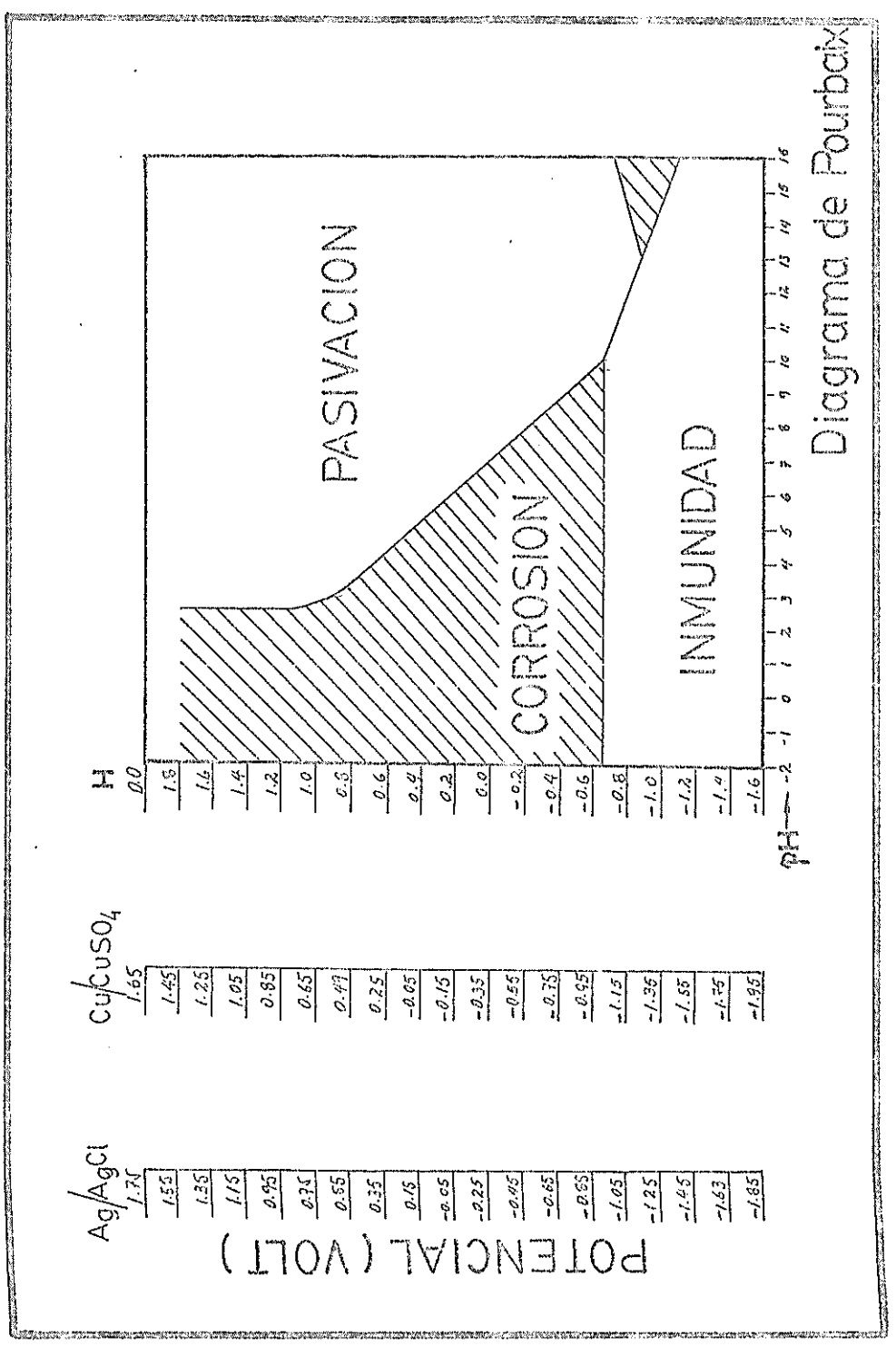


FIGURA XXIII

pueden explicarse fácilmente. Ver Figura XXIV. En donde las figuras a y b muestran respectivamente, en forma simplificada las dos partes de la corriente de corrosión y de que manera - pueden sobre imponerse otras corrientes en dirección opuesta a las corrientes de corrosión.

En la Figura C veremos que magnitud de la corriente de protección debe ser solo lo suficiente para extinguir la corriente de corrosión, pero se acostumbra en la práctica producir sobre protección.

- a. Corrientes de corrosión
- b. Corrientes de protección
- c. Corrosión detenida por una contra-corriente.

#### FORMAS DE PROTECCION CATODICA.

Se lleva a caso la protección catódica de un buque de tres maneras distintas:

- a. Anodos de sacrificio
- b. Corriente impresa
- c. Anodo de arrastre.

#### A. ANODOS DE SACRIFICIO.

En la protección catódica por ánodos de sacrificio, o debajo salida, la corriente polarizante la suministran los á

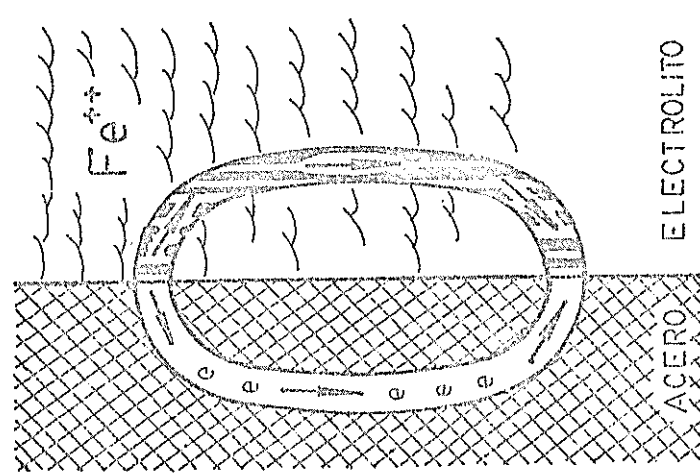
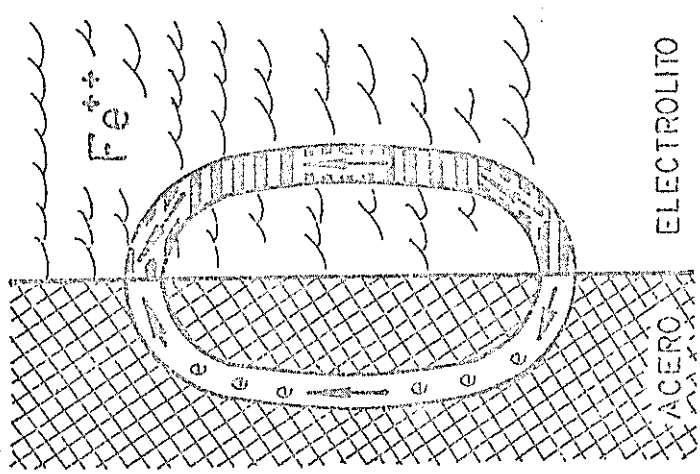
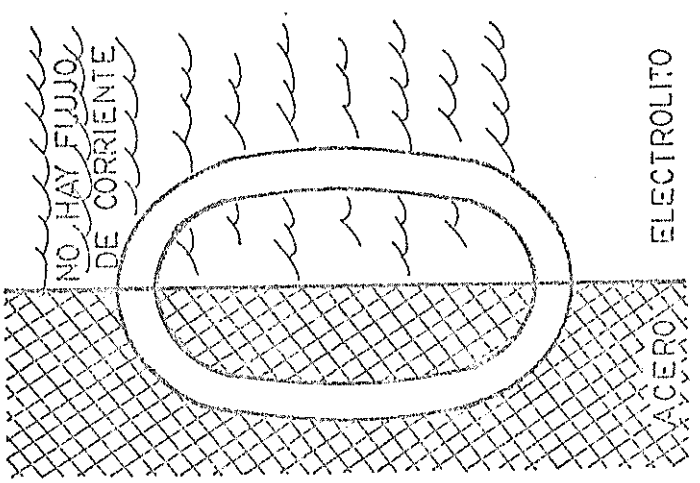


FIGURA XXIV

a  
b  
c

CORRIENTES DE CORROSION  
 CORRIENTES DE PROTECCION  
 CORROSION DETENIDA POR UNA CONTRA-CORRIENTE

nodos (metales más activos que el acero de la estructura) que están fijos al casco, y que se desgastan en beneficio de la estructura (cátodo), que permanece inalterable.

Son diversos los materiales utilizados como ánodos; sin embargo, las aleaciones de magnesio, cinc y aluminio son las que más corrientemente se emplean. El magnesio sin alea- no puede utilizarse en sistemas de protección catódica en- agua de mar debido a su rápido deterioro, sin embargo, no ocurre lo mismo con algunas de sus aleaciones (por ejemplo, la aleación Mg - 5 al 7% de Al - 2 al 4% de Zn).

El alto voltaje entre ánodo de magnesio y acero permite usar un pequeño número de ellos a la hora de proteger el - casco, lo cual es una ventaja no solo económica, sino tam- bién hidrodinámica, pero se corre el riesgo de sobreprote- ger grandes zonas de la estructura vecinas a los ánodos, - con la consiguiente destrucción de las capas de pintura.

Con objeto de evitar los desperfectos de la pintura a cau- sa de la sobreprotección es necesario intercalar resisten- cia que disminuyan la diferencia de potencial acero-ánodo.

También se emplean ciertas aleaciones de aluminio para pro- teger catódicamente el casco, pero los ánodos de sacrifi- cio más utilizados son los de cinc, que no es necesario -

controlar y que además suministran una corriente continua y eficiente. El inconveniente reside en el elevado número de ánodos que es necesario instalar para proteger totalmente la carena; en la Figura XXV presentamos la disposición de ánodos de sacrificios en un buque petrolero.

Un imperante de éstos ánodos es su pureza; composición acorde con las especificaciones que actualmente hay al respecto.

El hierro es una impureza extramadamente perjudicial para la actividad anódica del cinc; se tolera un máximo de 50ppm; de hierro si al mismo tiempo existen ciertos contenidos de cadmio y aluminio (especificación US, Mil-A- 18001 G).

#### B. CORRIENTE IMPRESA.

En la protección catódica por corriente impresa, o de alta salida la estructura que se desea proteger se conecta al polo negativo de una fuente de corriente continua, con lo que logramos polarizar los cátodos locales de las pilas galvánicas de corrosión presentes en el metal hasta el potencial en circuito abierto de los ánodos locales.

El uso de sistemas por corriente impresa ha aumentado mucho en éstos últimos años, en particular en el caso de barcos nuevos.

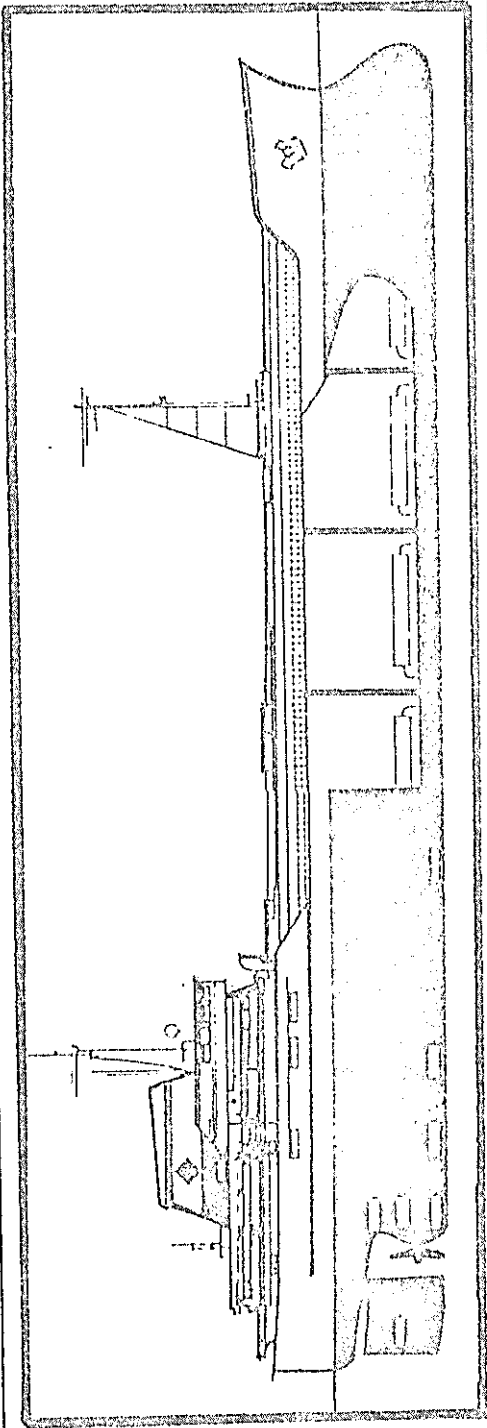


FIGURA XXV

DISPOSICION DE ANODOS EN UN BUQUE-TANQUE (PETROLERO)

Los circuitos eléctricos son inicialmente más caros en instalación pero ofrecen, además de su posible control automático ventajas económicas a largo plazo durante toda la vida del buque.

Estos sistemas automáticos van equipados con un dispositivo de control que vigila el potencial del casco mediante varios electrodos de referencia situados en puntos adecuados. Automáticamente se hacen ajustes de la corriente para mantener el potencial a un valor requerido.

Se han usado gran número de materiales, a menudo en forma de discos y a nivel con el casco para que no aumente el rozamiento. El número de ánodos es usualmente pequeño (tres o cuatro).

Funcionando todos ellos conjuntamente pueden suministrar en un momento determinado una elevada corriente, caso de que el barco esté fondeado en puerto, donde el nivel de protección catódica debe ser más alto, debido a la influencia despolarizante de los sulfuros presentes en las aguas portuarias que desplazan el potencial hacia valores electronegativos.

Los tipos que comprenden el sistema de corriente impresa son dos: el sistema controlado manualmente y el controlado automáticamente, en ambos casos se toma en cuenta el objetivo principal, que es el de reducir el programa de mantenimiento de los buques; en la Figura XXVI, presentamos la disposición





general de los elementos necesarios en éste sistema de protección catódica.

Con respecto a los ánodos de corrientes impresas deben tomarse las debidas consideraciones sobre los materiales para su fabricación y el diseño del sistema. Los siguientes materiales anódicos han sido usado o están bajo consideración para el uso en sistemas de Corrientes Impresas.

1. Grafito
2. Durión
3. Acero
4. Plomo-Platino (Pb/Pt)
5. Plomo-Plata (Pb/Ag)
6. Platino-Titanio (Pt/Ti)
7. Platino-Paladio (Pt/Pd)
8. Platino-Tantalio-Niobio (Pt/Ta/Nb).

Además de la capacidad de funcionamiento, en el criterio de rendimiento se debe incluir también el costo. En la Tabla - No. VII, está subdividiendo el criterio de costo.

En la Figura XXVII hacemos una comparación de los costos relativos de la instalación y mantenimiento de los dos métodos de protección catódica anteriormente descritos, en la cual - los costos relativos del sistema de protección catódica por ánodos de sacrificio, han sido tomados usando los costos ini

TIPO DE ANODO	COSTOS APROXIMADO DEL MATERIAL.	PERDIDA DE PESO EN LBS. (-3 AÑOS).	TIEMPO DE REEMPLAZO EN AÑOS.	COSTO TOTAL (20 AÑOS) 1.960-1980
(1) Grafito	100	50	5	2.700
(2) Durión	100	200	2	5.400
(3) Acero	100	4.500	1/2	200.000
(4) Pb/Pt	1.000	50	3	9.000
(5) Pb/Ag	1.000	50	3	9.000
(6) Pb/Ti	800	NO IMPORTANTE	6	3.400
(7) Pt/Pd	5.000	NO IMPORTANTE	20	5.000
(8) Pt/Ta/Nb	1.000	NO IMPORTANTE	20	1.000

De la Tabla anterior vemos que el Platino/Tantalio/Niobio da el costo total más bajo para veinte años de servicio.  
(El estudio de la tabla anterior fue realizado por la Marina de Guerra de Los Estados Unidos).

## TABLA VII

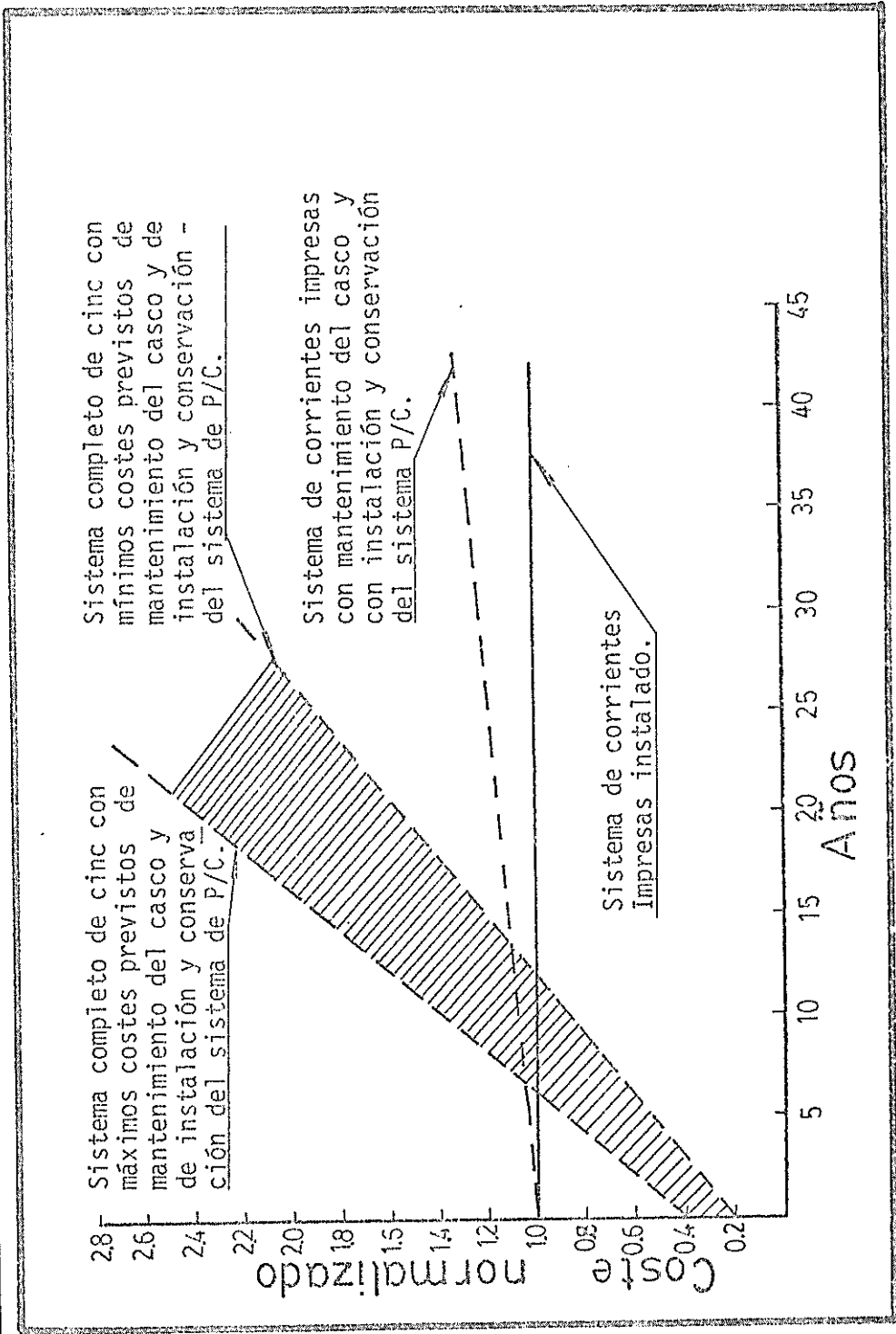


FIGURA XXVII

ciales de instalación para un control automático de protección catódica por corrientes impresas como base (1.0). De todas formas; aunque los costos iniciales de instalación de un sistema de protección por ánodos de sacrificio son más bajas al principio, las ventajas en el costo del sistema de corrientes impresas empieza después de 3 y 4 años de servicio.

### C. ANODO DE ARRASTRE.

Este sistema es una modalidad del sistema de ánodos de sacrificio, consiste en un ánodo situado en la zona de popa del buque y alejado aproximadamente cincuenta metros de él mediante un cable de arrastre. Las grandes ventajas de este sistema son su economía y la buena uniformidad en la distribución del campo eléctrico, lo que hace que el potencial del casco sea muy regular. El inconveniente radica en su imposibilidad de utilización cuando el barco está parado, aunque en éste caso la protección la podrían conjerir ánodos (chatarra) situados a cierta distancia del buque a babor y estribor, o bien abandonados en el fondo de la ría o mar. (Ver Figura XXVIII).

El potencial de la protección del casco es aproximadamente de 0,80 V (Ag/ClAg), no siendo conveniente utilizar potenciales mayores de 1,0 V, en valor absoluto, por los problemas de pérdida de adherencia, ampollamiento, etc, del recubrimiento de pintura. No se puede esperar que las pinturas corrijan fallos de diseño-

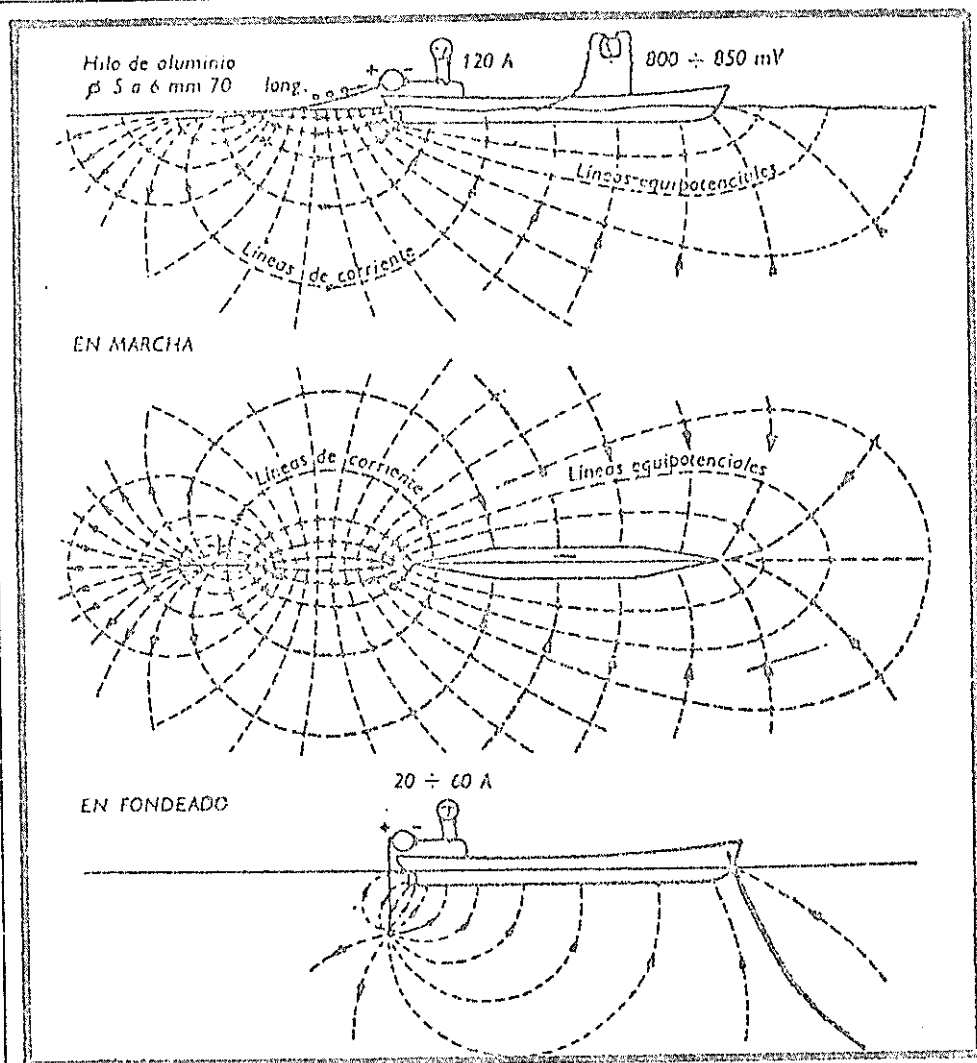


FIGURA XXVIII

SISTEMA DE PROTECCION CATODICA  
 POR ANODO DE ARRASTRE

del sistema de protección catódica, conducentes a un reparto muy desigual del potencial aplicado; hay un umbral de protección catódica, variable según el sistema de pintura, a partir del cual aparecen ampollas en el recubrimiento, con pérdida más o menos total de la adherencia.

Con respecto a las influencias de la protección catódica en el rendimiento de las pinturas anti-incrustantes, algunos especialistas señalan que la protección catódica puede suprimir la lixiviación del cobre en las pigmentadas con este metal; sin embargo, son muchos los que opinan en sentido contrario, demostrándolo con una amplia experimentación.

Puede decirse que, en la práctica, no se han observado problemas de éste tipo. Las pinturas anti-incrustantes cumplen bien su misión, que es imprescindible, pues la protección catódica de por sí, a las densidades de corrientes normales de trabajo, no ejerce una acción anti-incrustante importante.

## CAPITULO IV

### PRUEBAS CON PINTURAS MARINAS CONVENCIONALES Y AVANZADAS EN DIFERENTES- MEDIOS MARINOS.

En éste capítulo se analizará por medio de una serie de pruebas, tres sistemas de protección con pinturas marinas, de las diferentes marcas que existen en el mercado.

Las pruebas se las realizará en diferentes medios marinos de salinidad distintas; para visualizar de ésta forma hasta que grado influye éste factor en la destrucción de cascos de buques; estas se las hará alternativamente en materiales nuevos y corroídos; con y sin protección catódica.

La preparación del material y aplicación de pintura; se hará siguiendo uno de los métodos de limpieza de cascos de buques descrito en el sub-capítulo 3-2 y de acuerdo a las recomendaciones dadas por el fabricante de pintura, para cada sistema; respectivamente.

#### 4.1 PRUEBA DE DURABILIDAD DE LAS PINTURAS EN ACERO CON GRADO DE CORROSION TIPO A, NORMAS SIS 05 900.

Para la realización de éstas pruebas de durabilidad de las pinturas marinas que se comercializan en nuestro medio; llámese estas pinturas convencionales o avanzadas, de acuerdo al sistema de protección utilizado.

El acero que estamos empleando tiene un grado de corrosión tipo A

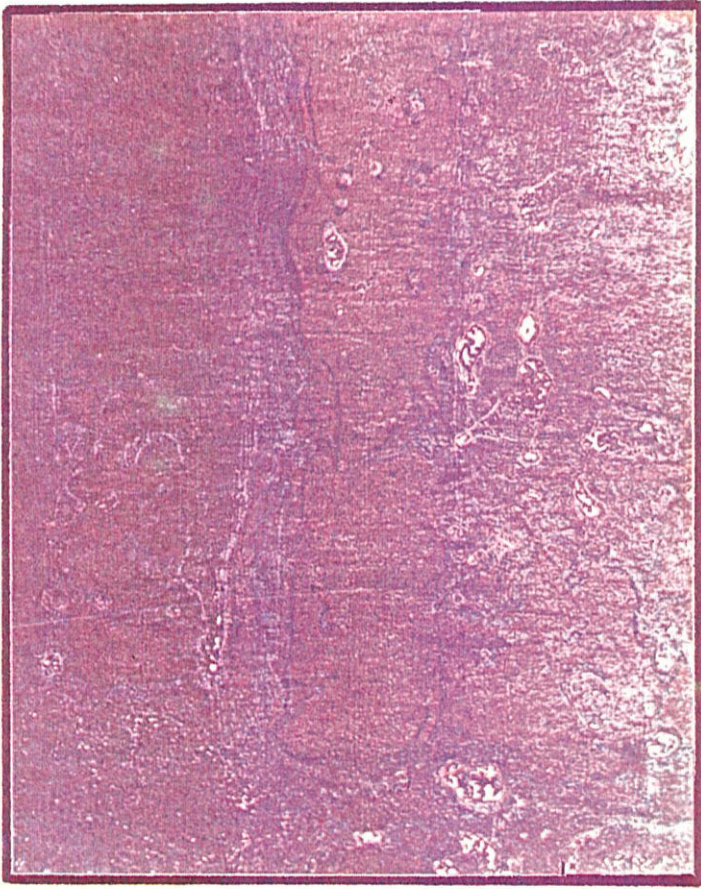


FIGURA XXIX

MATERIAL CON CORROSION TIPO A



de acuerdo a las normas suecas 05 900 1967. En la Figura No. XXIX se muestra el material a utilizar en las pruebas, que como se puede ver en la fotografía, es material nuevo.

De las diferentes pinturas marinas que existen en el mercado, vamos a probar tres sistemas de protección, para investigar cual es el óptimo en cada uno de los diferentes medios, en diferentes medios, diferentes condiciones; los sistemas a probar son:

Sistema epóxico

Sistema bituminoso

Sistema clorocaucho.

Las pruebas las realizamos en diferentes medios marinos, para analizar hasta que punto influye la salinidad; en la Tabla No. 8, se dan las salinidades promedio, de las distintas zonas elegidas.

#### 4.2 PRUEBAS SIN PROTECCION CATODICA.

Preparación del material.

Cortamos varias placas de acero naval de 8" x 8" x 1/8" de espesor, luego le pasamos cepillo de acero, para eliminar cualquier impureza que existiera; posteriormente limpiamos el material para quitar residuos de polvo, ya que todo esto nos implica una adherencia deficiente de las capas de pinturas a aplicarse.

#### APLICACION DE PINTURAS.

Listas las placas de ensayo, procedemos a la aplicación de pintu-

SITIO DE PRUEBA

SALINIDADES S 0/00

ESTACION SECA (AGOSTO)                      ESTACION LLUVIOSA (FEBRERO)

Muelle Flotante de Data A.P.G.	34.510	34.170
Muelle de Fertisa	27.600	20.570
Puerto Marítimo	28.149	20.180
Esclusas	23.005	19.530
Muelle Espol	9.845	0.092

LAS SALINIDADES DADAS, SON EL PROMEDIO DE UN MES: EN CADA EPOCA DEL AÑO.

TABLA VIII

ras; primeramente aplicamos la protección preventiva, y por último la protección anti-corrosiva y por último la protección anti-incrustante; todas ellas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, para cada sistema de protección.

En la Figura No. XXX, se muestra fotografías de las placas de ensayo con la protección completa de cada uno de los sistemas a probar; podemos notar que en la aplicación de pinturas, sobre todo de las anti-incrustante en el sistema bituminoso, el poder de cubrición es pobre.

Se debe tener presente en la protección anti-incrustante; que existen dos tipos de éste producto, los de matriz soluble y matriz insoluble; los del primer tipo, después de aplicados, no pueden estar mucho tiempo sin el contacto con el agua, ya que serían insertibles; cosa que no sucede con los anti-incrustantes del segundo tipo que pueden estar un período mayor de tiempo sin el contacto con el agua; una vez que lo están comienzan sus reacciones sin el más mínimo perjuicio para ellas; conforme se indica en el Capítulo tercero.

Terminadas de pintar las placas con los diferentes sistemas de protección las llevamos a los sitios que elegimos para la realización de las pruebas.



FIGURA XXX

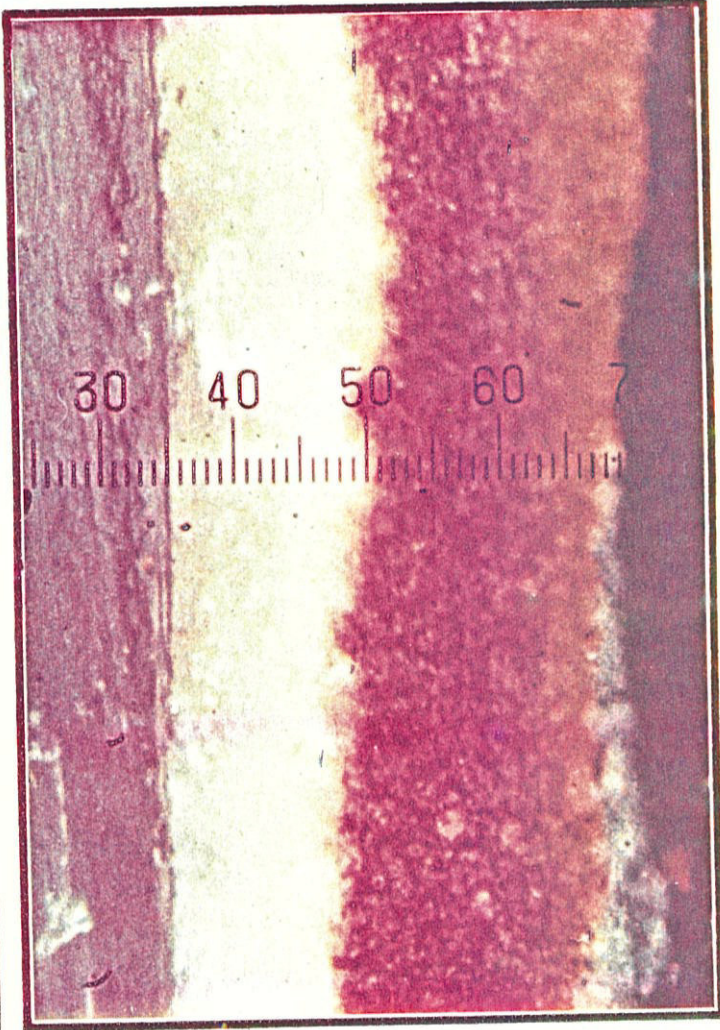


FIGURA XXX

VISTA DE PERFIL DE LAS CAPAS DE PINTURAS  
EN EL SISTEMA BITUMINOSO

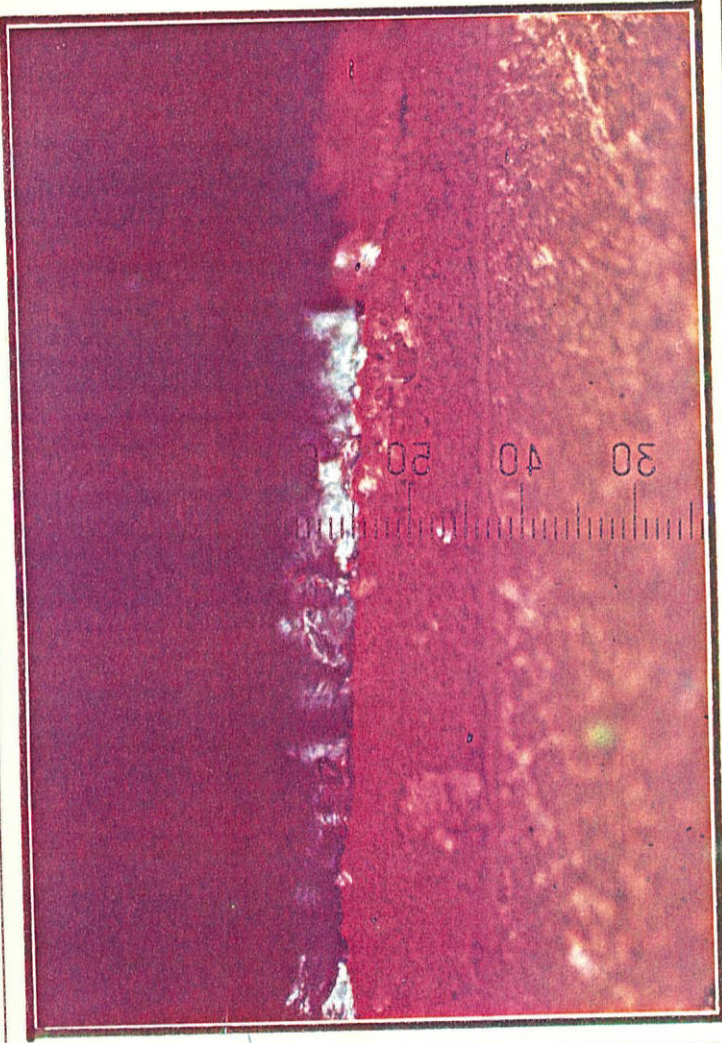


FIGURA XXX

VISTA DE PERFIL DE LAS CAPAS DE PINTURAS  
EN EL SISTEMA EPOXICO

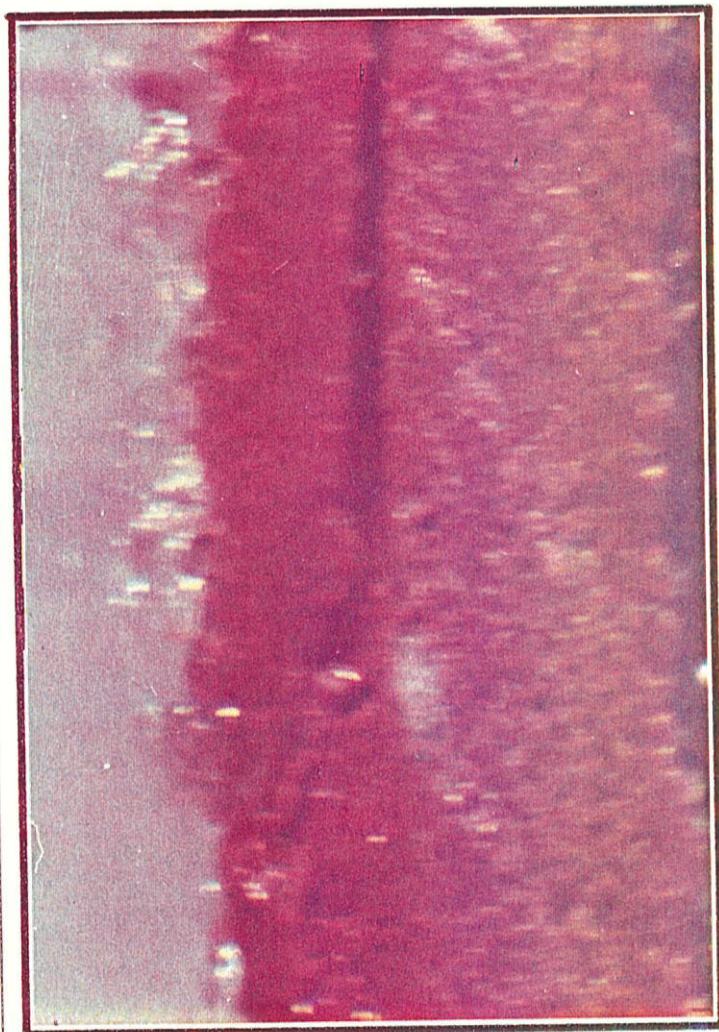


FIGURA XXX

VISTA DE PERFIL DE LAS CAPAS DE PINTURAS  
EN EL SISTEMA CLOROCAUCHO

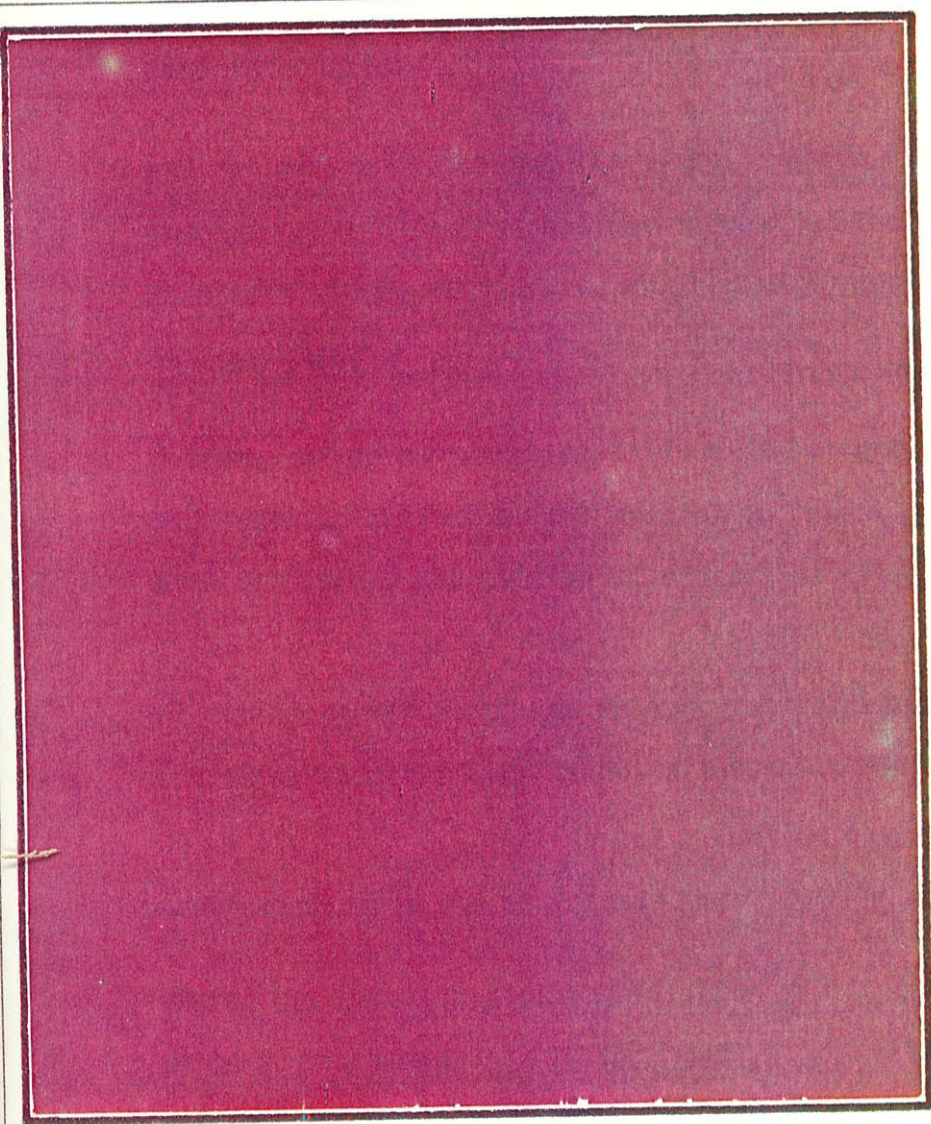


FIGURA XXX

SISTEMA CLOROCAUCHO



#### 4.3 PRUEBAS CON PROTECCION CATODICA.

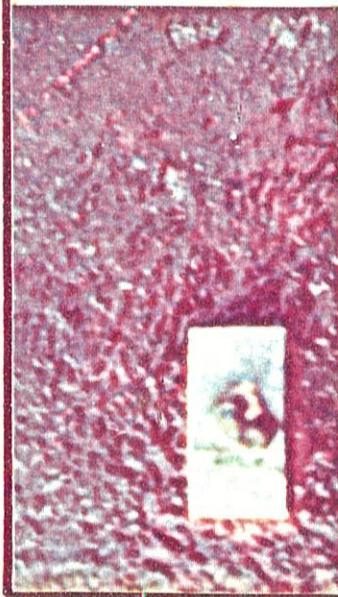
En la preparación del material y aplicación de pinturas se siguen pasos descritos en el sub-capítulo anterior, por lo que no es necesario repetirlos.

Los sistemas a probar son los mismos. Ahora bien elegimos el método de protección catódica por ánodos de cinc, debido a que éste método es el que presenta en nuestro medio mayor facilidad para su operación.

Queremos hacer notar que el cálculo de la cantidad de cinc necesario, solo es estimativo del efectos de investigación y visualización del efecto del cinc en la protección catódica; ya que si calculamos por cualquier fórmula, la cantidad necesaria, de acuerdo al tamaño de las placas de ensayo, resultará muy pequeña; y ello podría dar lugar a otro tipo de investigación. Las fotografías de la Figura XXXI, muestran las placas de ensayo con la protección completa de cada uno de los sistemas.

#### 4.4 PRUEBA DE DURABILIDAD DE LAS PINTURAS EN ACERO CON GRADO DE CORRO TIPOS B Y C, NORMAS SIS 05 900 1967.

En la realización de éstas pruebas utilizamos pinturas de tipo convencional y avanzado de diferentes marcas que se comercializan en nuestro medio; los sistemas de protección a probar son los mismos son los mismos que probamos en acero con corrosión tipo A, estos-



SISTEMA BITUMINOSO



SISTEMA EPOXICO



SISTEMA CLOROCAUCHO

PLACAS DE ENSAYO  
CON PROTECCION  
CATODICA

FIGURA XXXI

son: epóxico, bituminoso y clorocaucho.

El acero empleado para realizar éstas series de pruebas; tiene los grados de corrosión tipos B y C, de acuerdo a las normas suecas - SIS 05 900 1967; o sea que es material, para el primer caso con principio de corrosión, esto es: que la capa de laminación comienza a desprenderse; y para el segundo caso, material con la capa de laminación eliminada por efecto de la corrosión, cavidades en pequeña escala. En las Figuras No. XXII se muestran fotografías del material a utilizarse con los dos tipos de corrosión.

Las pruebas las realizamos, en diferentes medios marinos, y las zonas elegidas son las mismas que las que probamos con acero con corrosión tipo A, estas son:

Muelle flotante de Data de A.P.G.

Muelle de Fertisa

Puerto Marítimo

Muelle Espol.

#### 4.5 PRUEBAS SIN PROTECCION CATODICA.

##### Preparación del material.

A dos planchas de acero naval de un espesor de 1/4" de las siguientes dimensiones: 43" x 30" y 40" x 40" y que presentan los grados de corrosión tipos B y C, respectivamente, las limpiamos con el método de chorreado abrasivo húmedo, el grado de preparación que obtenemos es el Sa 2 1/2, o sea lo que se llama chorreado muy mi-

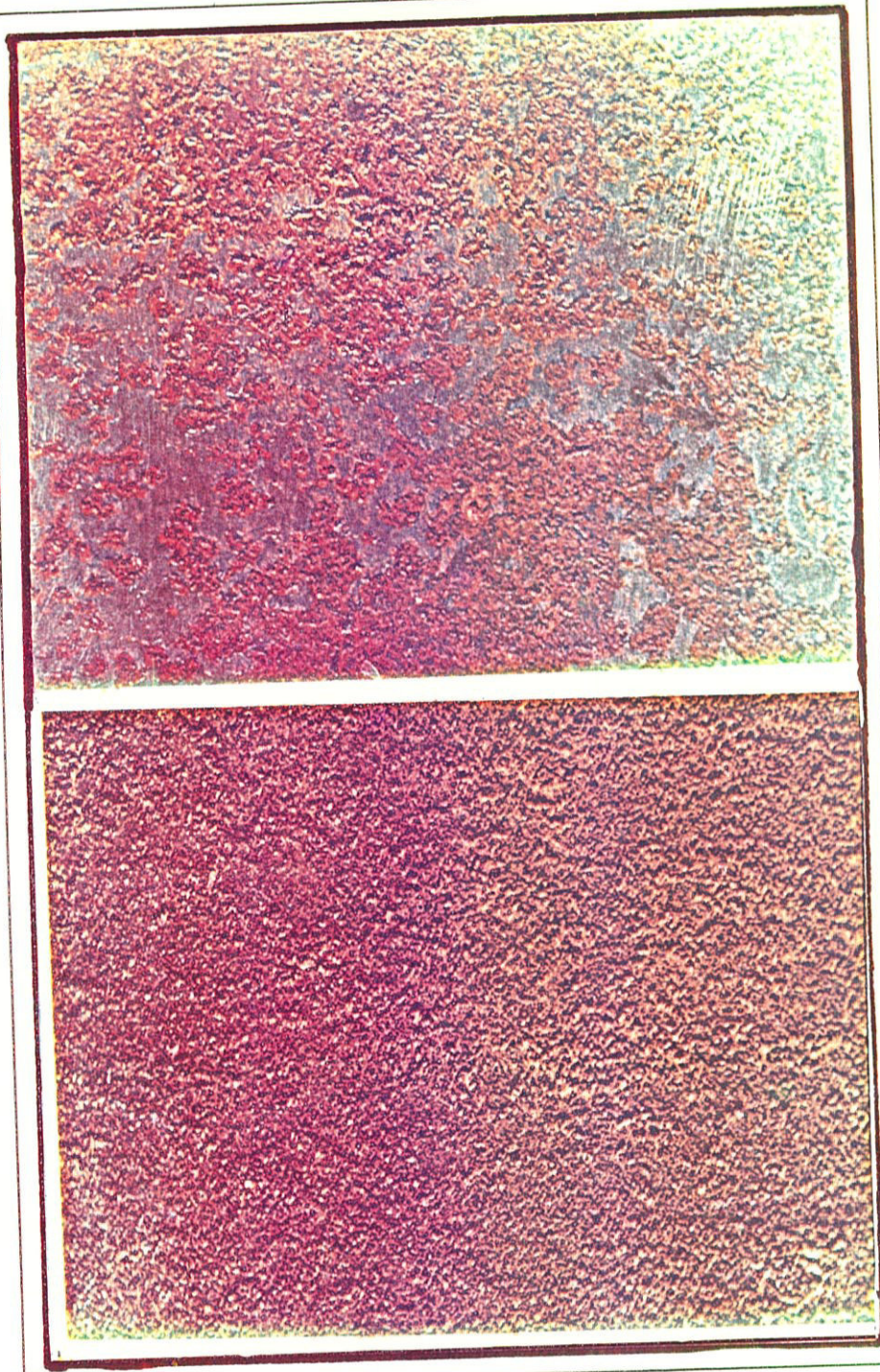


FIGURA XXXII  
MATERIAL CON CORROSION TIPOS B y C

nucioso de acuerdo a las normas suecas SIS 05 900 1967; posteriormente cortamos de las planchas varias placas de ensayo de 8" x 8". (Ver Fotografías de la Figura No. XXXIII, de las planchas con el grado de limpieza alcanzado).

#### APLICACION DE PINTURAS.

Antes de aplicar alguna capa de pintura a las placas de ensayo, - se las lava con agua dulce para quitar todo residuo que halla que dado de arena, la aplicación de pintura las realizamos de acuerdo al plan de pintar todas las placas de ensayo, con los diferentes sistemas, las llevamos a los sitios elegidos para realizar éstas pruebas.

En la Figura No. XXXIV, se muestra fotografías de las placas de ensayo con la protección completa de cada uno de los sistemas a probar.

#### 4.6 PRUEBAS CON PROTECCION CATODICA.

La preparación del material, aplicación de pintura, sistemas a probar y sitios de pruebas, son los mismos que en el sub-capítulo anterior; la diferencia radica en que aquí utilizamos protección catódica por ánodos de cinc, y la cantidad necesaria de éste, es solo estimativo para efecto de investigación; tal como se dijo en el sub-capítulo 4.3. En las fotografías de la Figura No. XXXV, - se ven las placas de ensayo con su respectiva protección completa de pintura y protección catódica.

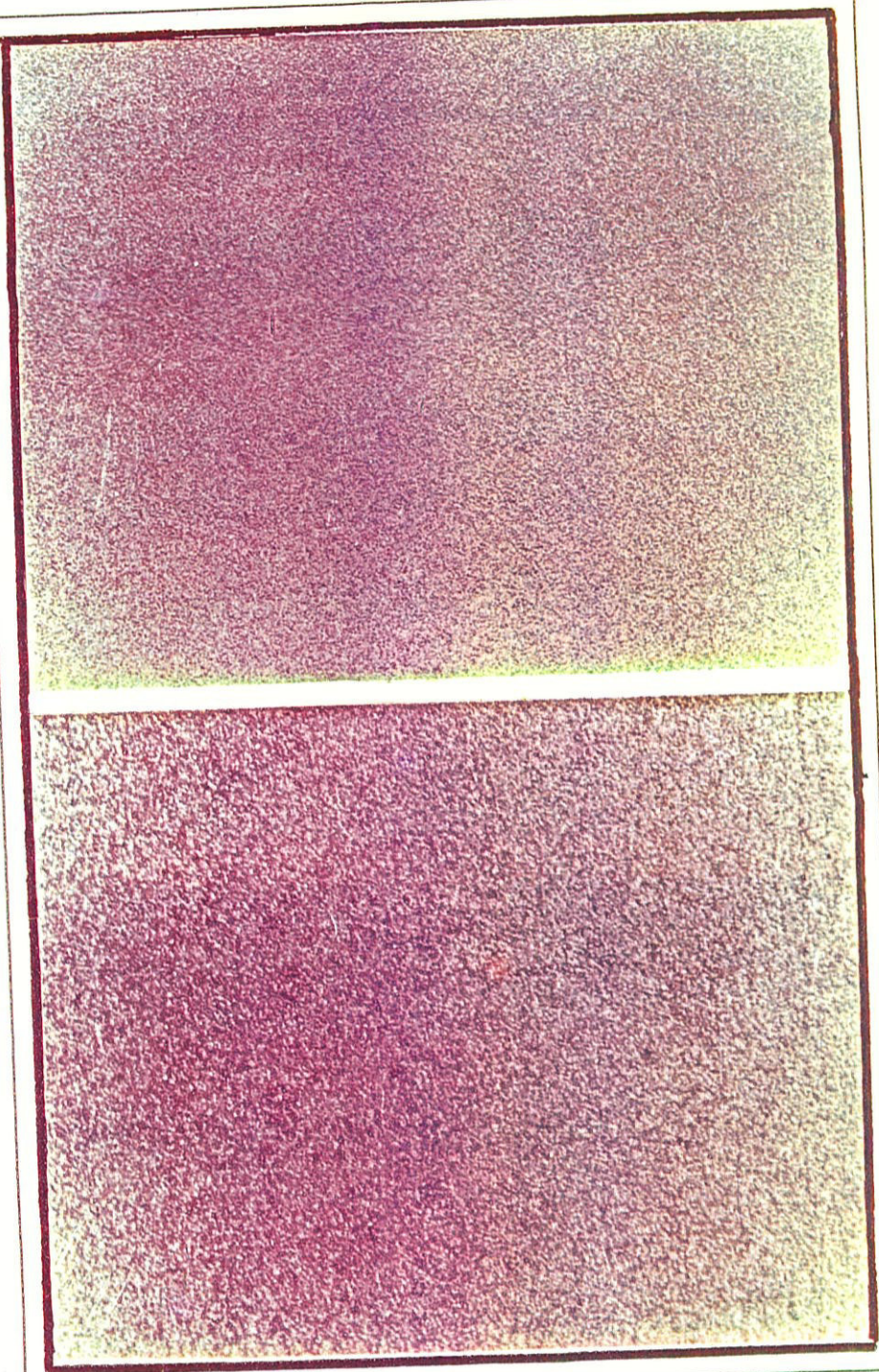


FIGURA XXXIII

MATERIAL CON GRADO DE LIMPIEZA Sa 2 $\frac{1}{2}$



FIGURA XXXIV

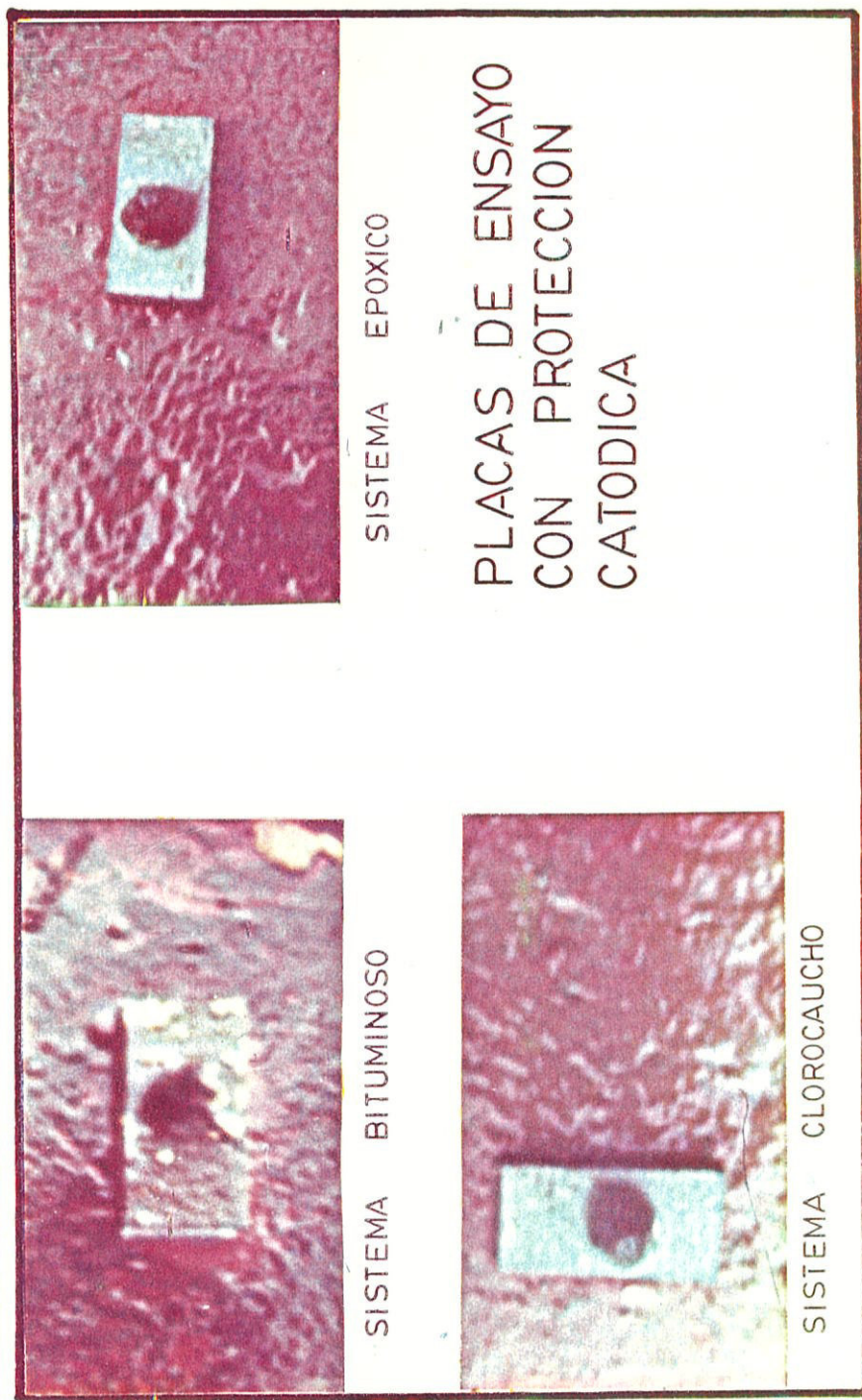


FIGURA XXXV



#### 4.7 ENSAYOS A DIFERENTES PROFUNDIDADES.

Todas las pruebas en los diferentes sitios elegidos las realizamos a diferentes profundidades; el objetivo de esto es visualizar si éste factor influye o no en los resultados de las pruebas de sistemas de protección con pinturas marinas; como es el caso de las incrustaciones marinas, en que su crecimiento según tenemos conocimiento varía de acuerdo con las profundidades.

En las zonas de mayor salinidad y mayor contaminación son donde se realizan las pruebas a menos profundidad; porque suponemos que estos sitios van a influir en una proporción mayor en la destrucción de cascos de buques.

En la Tabla No. IX, presentamos todo el trabajo realizado en una forma resumida.

SISTEMA DE PROTECCION	SITIO DE PRUEBA	PROFUNDIDAD	SALINIDAD EN ESTACION SECA (PROMEDIO)	CON PROTECCION CATIONICA	SIN PROTECCION CATIONICA	TIEMPO DE PRUEBA	GRADO DE CORROSION
EPOXICO	MUELLE FLOTANTE DE DATA	0,60 mts. 3,70 mts.	34.510	X	X	5 meses 6 meses	A B
	MUELLE FERTISA	0,50 mts. 3,65 mts.	27.600	X	X	5 meses 6 meses	B A
	PUERTO MARITIMO	0,55 mts. 3,60 mts.	28.149	X	X	5 meses 6 meses	A C
	ESCLUSAS	0,40 mts. 3,50 mts.	23.005	X	X	5 meses 6 meses	B C
	MUELLE ESPOL	0,45 mts. 3,55 mts.	9.845	X	X	5 meses 6 meses	A B
	MUELLE FLOTANTE DE DATA	0,70 mts. 3,75 mts.	34.510	X	X	5 meses 6 meses	B A
	MUELLE FERTISA	0,70 mts. 3,65 mts.	27.600	X	X	5 meses 6 meses	C A
	PUERTO MARITIMO	0,60 mts. 3,50 mts.	28.149	X	X	5 meses 6 meses	B A
	ESCLUSAS	0,50 mts. 3,40 mts.	23.005	X	X	5 meses 6 meses	A C
	MUELLE ESPOL	3,70 mts. 0,40 mts.	9.845	X	X	5 meses 6 meses	B A
	MUELLE FLOTANTE DE DATA	0,60 mts. 3,80 mts.	34.510	X	X	5 meses 6 meses	C A
	MUELLE FERTISA	0,40 mts. 3,50 mts.	27.600	X	X	5 meses 6 meses	A B
BITUMINOSO	PUERTO MARITIMO	0,45 mts. 3,70 mts.	28.149	X	X	5 meses 6 meses	A C
	ESCLUSAS	0,50 mts. 3,40 mts.	23.005	X	X	5 meses 6 meses	B C
	MUELLE ESPOL	0,42 mts. 3,55 mts.	9.845	X	X	5 meses 6 meses	A B
	PUERTO MARITIMO	0,45 mts. 3,70 mts.	28.149	X	X	5 meses 6 meses	A C
	ESCLUSAS	0,50 mts. 3,60 mts.	23.005	X	X	5 meses 6 meses	B C
	MUELLE ESPOL	0,42 mts. 3,55 mts.	9.845	X	X	5 meses 6 meses	A B
CLOROCAUCHO	PUERTO MARITIMO	0,45 mts. 3,70 mts.	28.149	X	X	5 meses 6 meses	A C
	ESCLUSAS	0,50 mts. 3,60 mts.	23.005	X	X	5 meses 6 meses	B C
	MUELLE ESPOL	0,42 mts. 3,55 mts.	9.845	X	X	5 meses 6 meses	A B
	PUERTO MARITIMO	0,45 mts. 3,70 mts.	28.149	X	X	5 meses 6 meses	A C
	ESCLUSAS	0,50 mts. 3,60 mts.	23.005	X	X	5 meses 6 meses	B C
	MUELLE ESPOL	0,42 mts. 3,55 mts.	9.845	X	X	5 meses 6 meses	A B

## CAPITULO V

### COMPARACION DE RESULTADOS.

#### 5.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INTENSIDAD DE CORROSION Y EN LA CANTIDAD DE INCRUSTACIONES.

A continuación pasaremos hacer una breve descripción de los resultados obtenidos en las placas de ensayo en cada uno de los sitios de pruebas. (Ver Figura XXXVI).

##### MUELLE FLOTANTE DE DATA.

En éste sitio de prueba las placas de ensayo en los tres sistemas de protección, es donde presentan una mayor destrucción por efecto de la corrosión; con respecto a las incrustaciones, se manifiestan en los dos tipos: animal y vegetal (caracolillo y alga verde respectivamente), y se presentan en una mayor proporción a menor profundidad; siendo los sistemas epóxico y clorocaucho con los que se obtienen mejores resultados; sin que importe el grado de corrosión del metal.

##### MUELLE FERTISA.

Aunque en este sitio de prueba, la salinidad no es alta, existe el problema de que sus aguas están contaminadas con residuos inorgánicos industriales como son los tipos de ácidos sul

fúrico y ellos afectan a la protección anticorrosiva de las -  
placas; la presencia de ambos tipos de incrustaciones, animal  
y vegetal es relativamente baja, ello se debe a que los resí-  
duos industriales anteriormente mencionados actúan como vene-  
no, lo que impiden un crecimiento mayor de ellos; los mejores  
resultados se obtuvieron en los sistemas bituminoso y cloro-  
caucho.

#### PUERTO MARITIMO.

Aquí, la mayor parte de las placas de ensayo se presentan de  
una forma muy similar, con respecto a la corrosión; sin dis-  
tinción del sistema de protección; aunque las placas protegi-  
das con el sistema bituminoso presentan en ligero grado, una  
mayor destrucción; las incrustaciones del tipo vegetal, como  
las algas pardas se hacen presentes en una mayor proporción,  
que las del tipo animal, como son los caracolillos.

#### ESCLUSAS.

En éste sitio de prueba los problemas de corrosión en las -  
placas de ensayo se presentan en una forma mínima, existien-  
do mayor problema con las incrustaciones; sobre todo con la  
especie animal, como son los caracolillos que atacan a las -  
placas en un porcentaje bastante elevado. El sistema cloro-  
caucho, es el que mayor resistencia presenta a ellos.

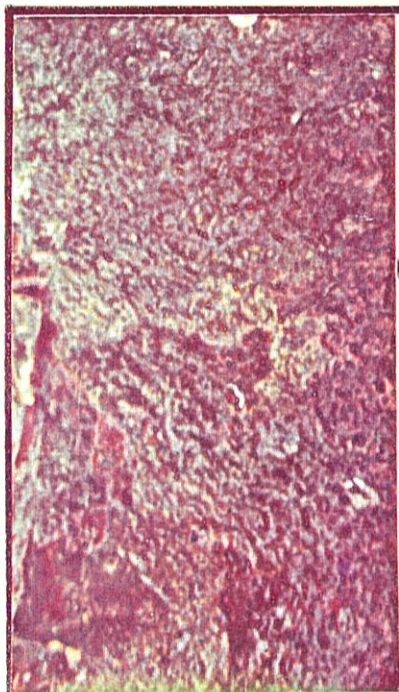
### MUELLE ESPOL.

Aquí, que es el sitio de prueba con menor salinidad, no existe prácticamente problemas de corrosión, el mayor problema surge con las incrustaciones de tipo animal; ya que existe una especie de caracolillos, que aunque pequeño resulta difícil combatirlo, debido a la cantidad en que se presentan. De los tres sistemas de protección, con el que obtenemos mejores resultados, es con el sistema clorocaucho.

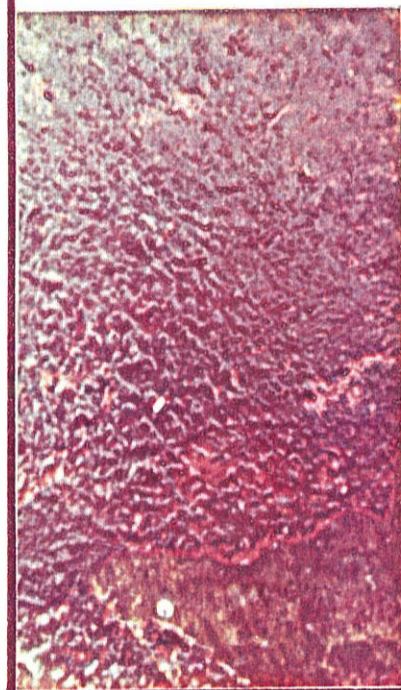
### 5.2 INFLUENCIA DE LA SALINIDAD.

Para poder visualizar mejor el efecto de la salinidad en las placas de ensayo, elegimos para hacer las comparaciones, las zonas de mayor y menor salinidad o sea muelle flotante de Danta y Muelle de la Espol respectivamente, vemos que en el primer caso en donde se presenta una mayor destrucción de las placas de ensayo; sobre todo sino existe una debida protección catódica, siendo el sistema clorocaucho el que mejor se comporta. Podríamos decir que la destrucción de las placas está en relación directa con la salinidad. (Ver Figura XXXVII).

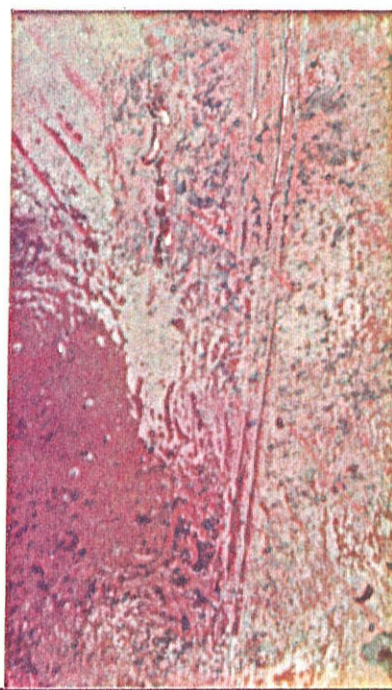
En los demás sitios de pruebas (Fertisa, Puerto Marítimo, Esclusas), que poseen salinidades bastantes parecidas, el grado de destrucción de las placas de ensayo, por efecto de corrosión es muy similar; por lo que no se puede realizar una comparación entre ellos. (Ver Figura XXXVIII). A ello se debe -



SISTEMA EPOXICO



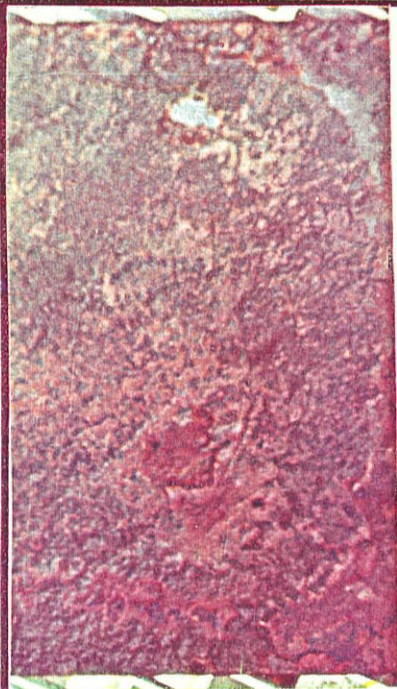
SISTEMA BITUMINOSO



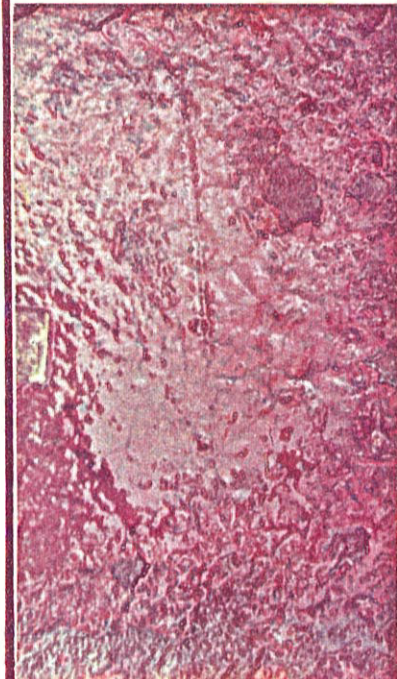
SISTEMA CLOROCAUCHO

SITIO DE PRUEBA  
MUELLE FLOTANTE  
DE DATA DE A.P.G.

FIGURA XXXVI



SISTEMA EPOXICO



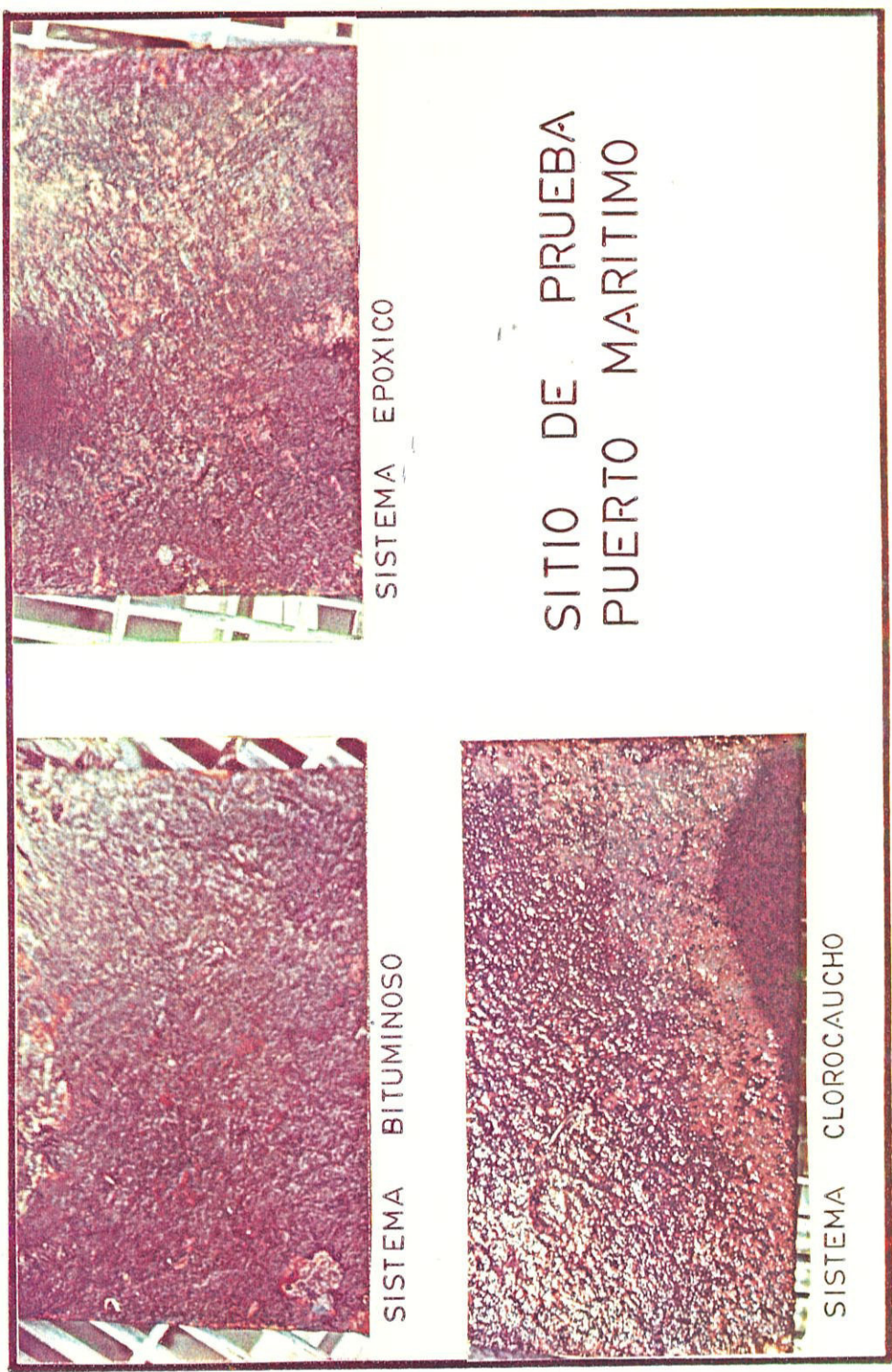
SISTEMA BITUMINOSO



SISTEMA CLOROCAUCHO

SITIO DE PRUEBA  
FERTISA

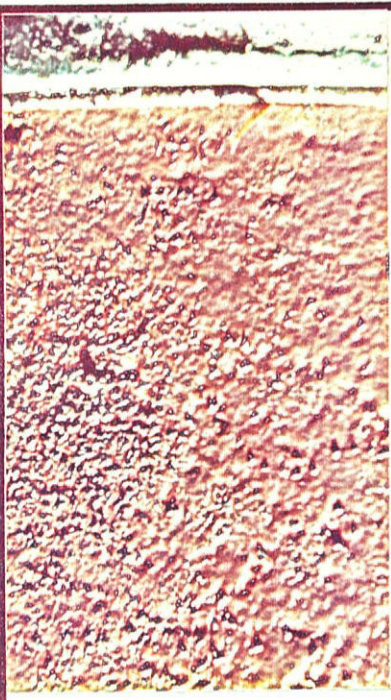
FIGURA XXXVI



SITIO DE PRUEBA  
PUERTO MARITIMO

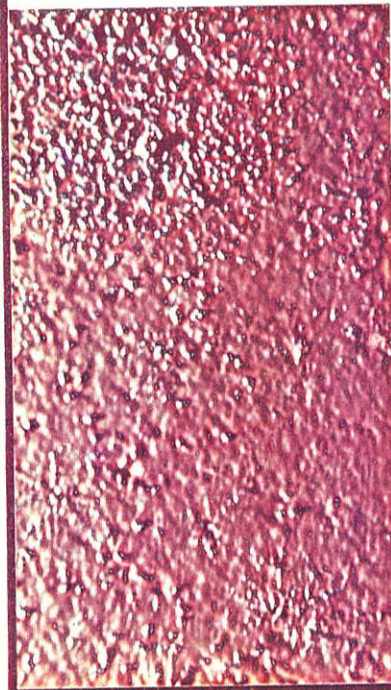
FIGURA XXXVI



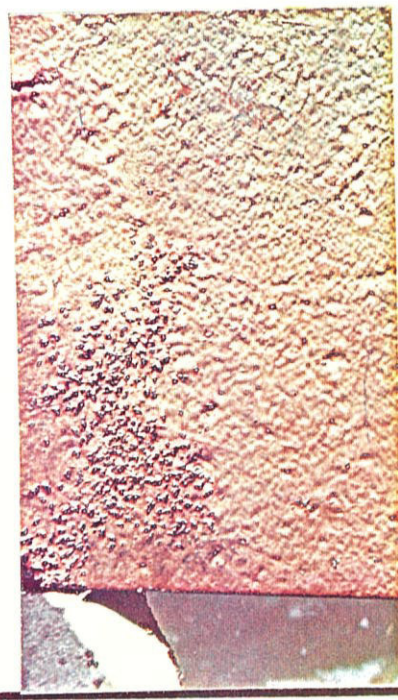


SISTEMA EPOXICO

SITIO DE PRUEBA  
ESCLUSAS

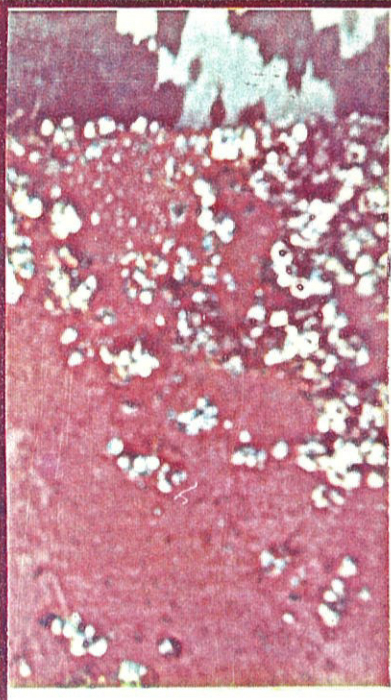


SISTEMA BITUMINOSO

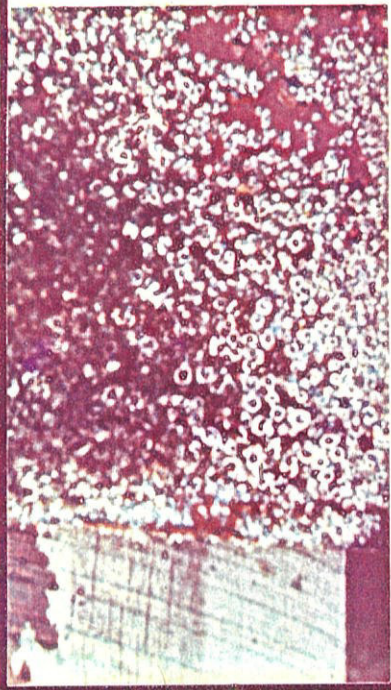


SISTEMA CLOROCAUCHO

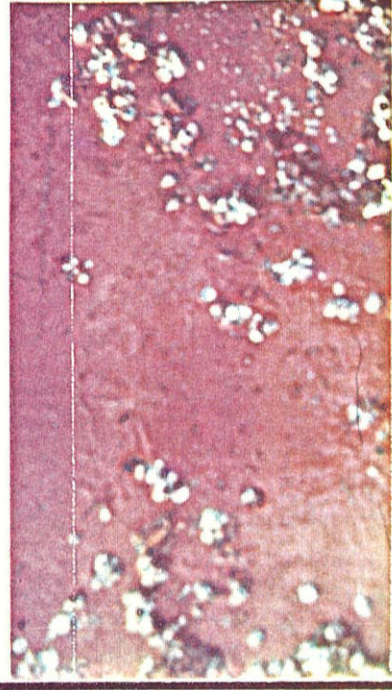
FIGURA XXXVI



SISTEMA EPOXICO



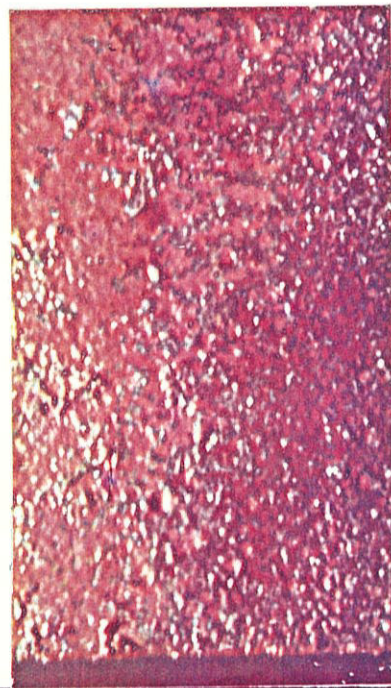
SISTEMA BITUMINOSO



SISTEMA CLOROCAUCHO

SITIO DE PRUEBA  
MUELLE DE ESPOL

FIGURA XXXVI



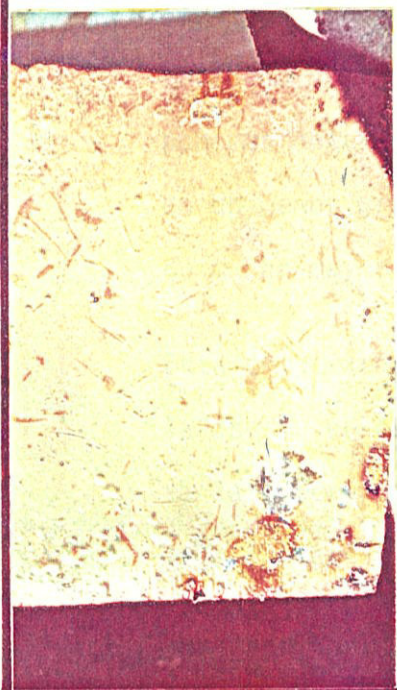
MUELLE FLOTANTE DE DATA



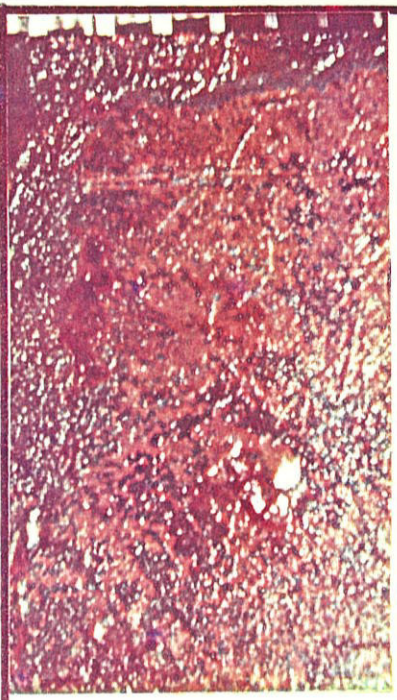
MUELLE ESPOL

GRADO DE DESTRUCCION DE LAS  
PLACAS EN ZONAS DE MAYOR Y  
MENOR SALINIDAD

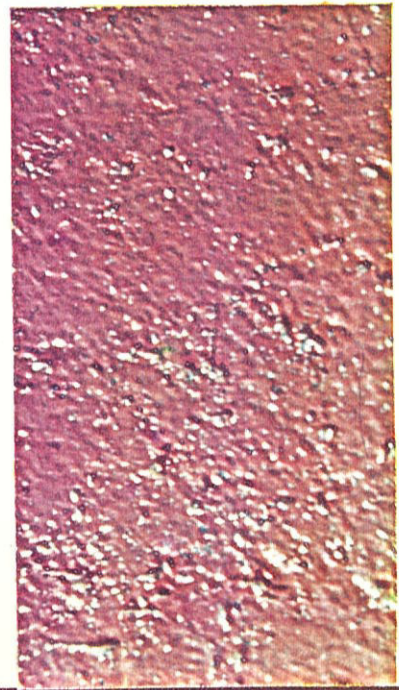
FIGURA XXXVII



FERTISA



PUERTO MARITIMO



ESCLUSAS

GRADO DE DESTRUCCION  
DE LAS PLACAS EN  
ZONAS DE SALINIDADES  
PARECIDAS

FIGURA XXXVIII

que elegimos los sitios de mayor y menor salinidad para hacer una comparación de resultados.

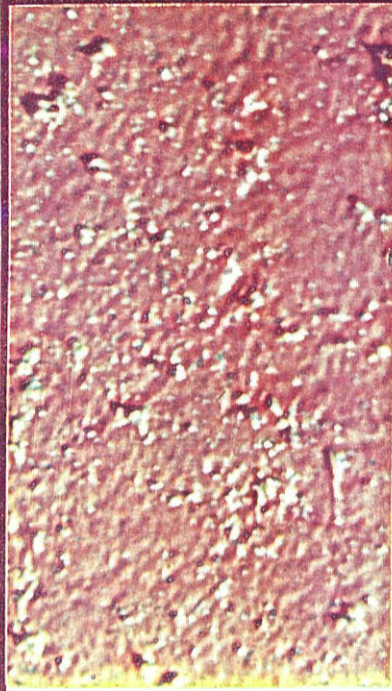
### 5.3. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE PRUEBA.

El tiempo de duración de las pruebas de los sistemas de protección está entre cinco y seis meses, que de acuerdo a experiencias previas se estima que, es tiempo suficiente para poder obtener resultados. Los primeros cambios que se comenzó a notar en las placas de ensayo, fue a raíz del primer mes - en todos los sitios de pruebas; siendo el sistema clorocaucho el que percibió un cambio menor, al término del período de prueba, para afirmar lo anteriormente dicho presentamos en la Figura No. XXXIX, fotos de dos sistemas de protección (Clorocaucho y bituminoso), a lo largo del tiempo de prueba; y podemos notar que mientras en el primero han existido cambios en un menor grado, en el segundo sistema los cambios han sido mucho mayor.

Esta comparación de resultados, es realizada en el muelle de la Espol, en éste sitio de prueba visualizamos, en forma clara la diferencia existente entre los dos sistemas; con respecto a la cantidad de incrustaciones.

### 5.4. INFLUENCIA DE LAS ZONAS ELEGIDAS.

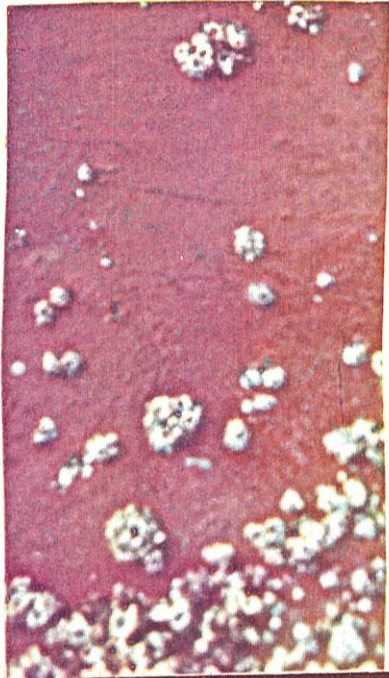
De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas, en ca-



SEGUNDO MES



PRIMER MES



FINAL DE LAS PRUEBAS

SITIO DE PRUEBA  
MUELLE DE ESPOL  
SISTEMA CLOROCAUCHO

FIGURA XXXIX

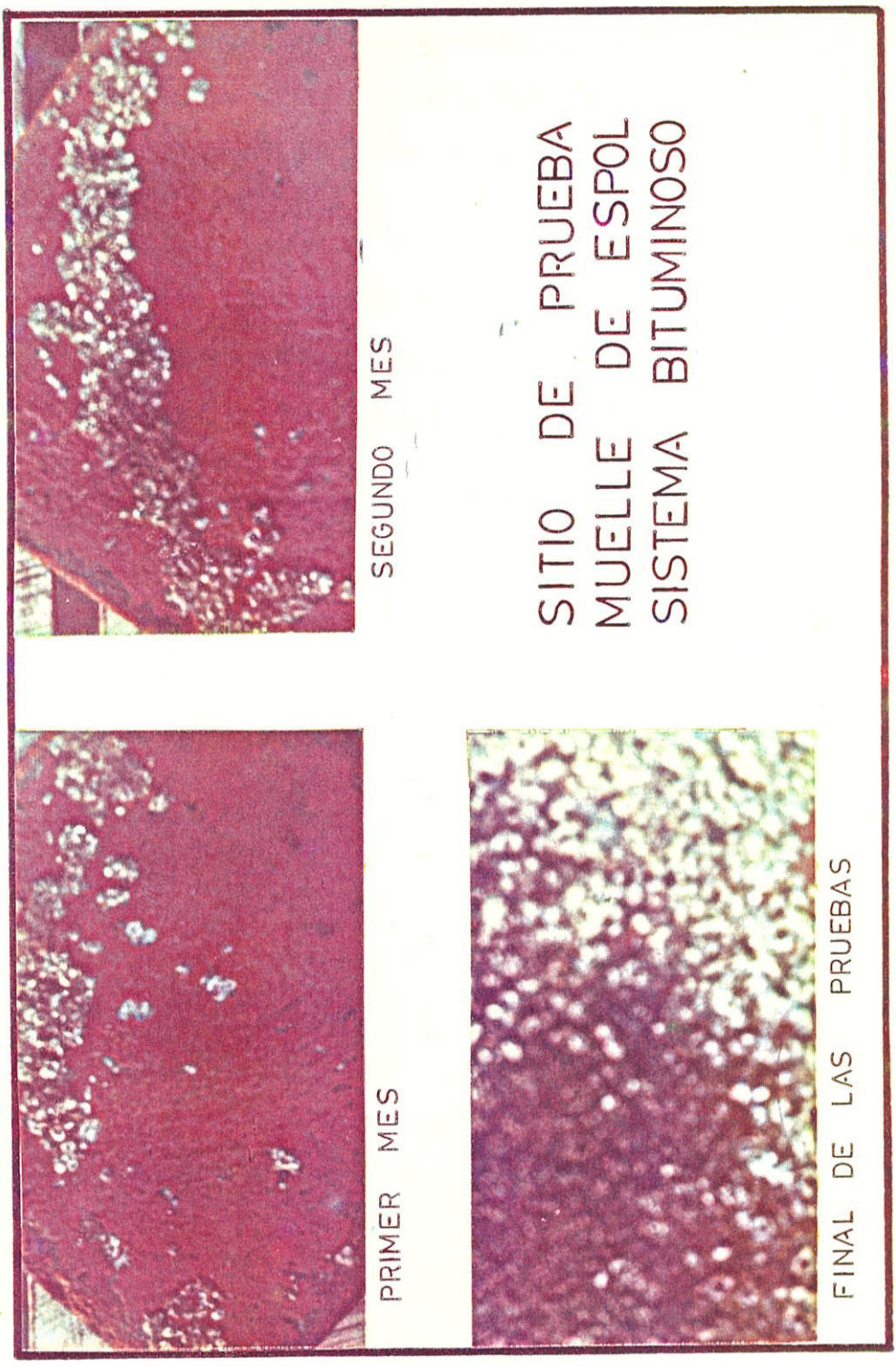


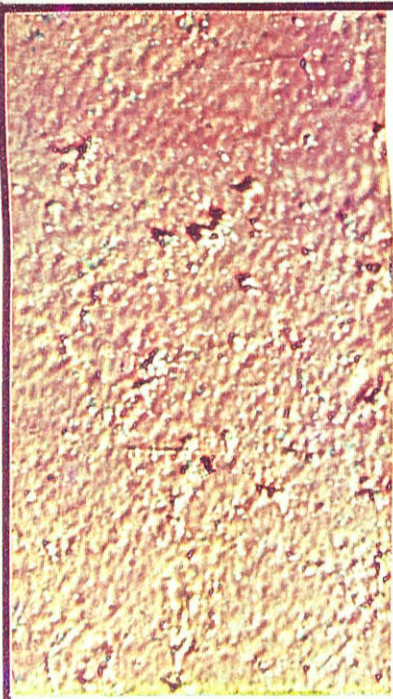
FIGURA XXXIX

da una de las zonas elegidas, podemos decir que la salinidad es un factor que juega un papel importante en la obtención de resultados finales.

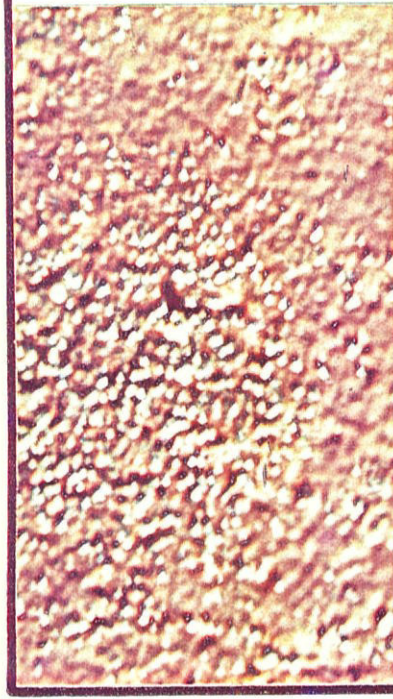
Se comprobó que en unas zonas de salinidades bajas como son las Esclusas de A.P.G. y Fertisa, mayormente no hubieron cambios en las placas de ensayo al término de las pruebas, tal como lo muestra las fotos de la Figura No. XL.

Caso contrario ocurrió en el muelle de Data de A.P.G. que es la zona de mayor salinidad, los cambios que se percibieron en las placas de ensayo fueron mayor, que los cambios que hubieron en las dos zonas anteriormente mencionadas (Ver Figura No. XLI





EPOXICO



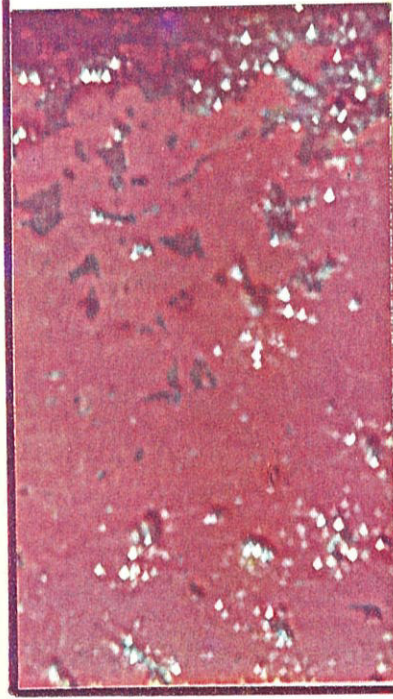
BITUMINOSO



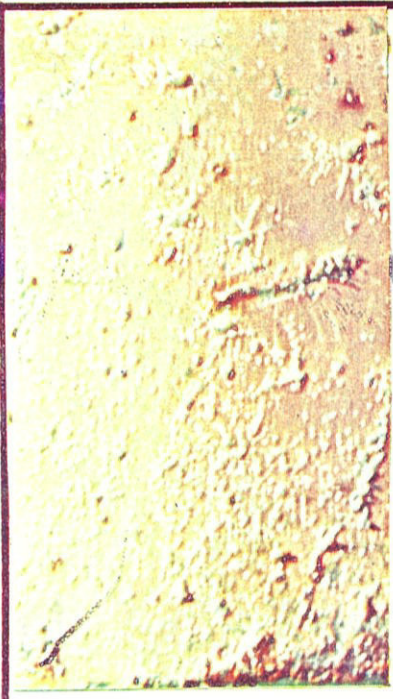
CLOROCAUCHO

INFLUENCIA DE LA  
 ZONA ELEGIDA  
 ( ESCLASAS )  
 CAMBIOS EN CADA  
 SISTEMA AL FINALIZAR  
 LAS PRUEBAS

FIGURA XL



BITUMINOSO



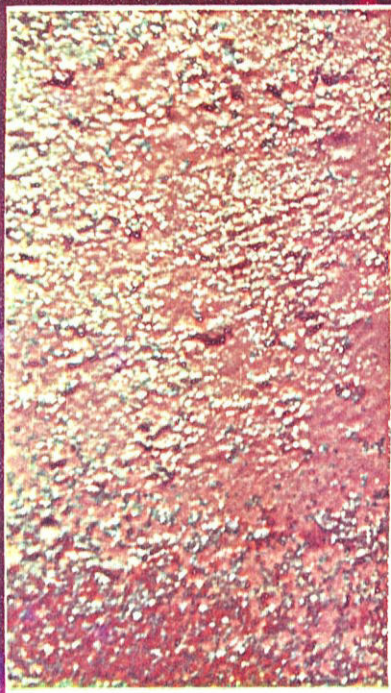
EPOXICO



CLOROCAUCHO

INFLUENCIA DE LA  
 ZONA ELEGIDA  
 ( FERTISA )  
 CAMBIOS EN CADA  
 SISTEMA AL FINALIZAR  
 LAS PRUEBAS

FIGURA XL



EPOXICO



BITUMINOSO



CLOROCAUCHO

INFLUENCIA DE LA  
ZONA ELEGIDA  
(MUELLE DE DATA)  
CAMBIOS EN CADA  
SISTEMA AL FINALIZAR  
LAS PRUEBAS

FIGURA XLI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES.

- 1.- De acuerdo a las pruebas realizadas obtenemos, que las incrustaciones marinas de tipo animal; como son los caracolillos, - crecen más a menor profundidad. Ello se debe a que la luz solar es un factor, que ayuda al crecimiento de ellos.
- 2.- El grado de corrosión inicial de las placas de ensayo, no es una factor, de mayor incidencia en los resultados de las pruebas.
- 3.- La contaminación marina producida en nuestras aguas territoriales, mayormente no inciden en la destrucción de cascos de buques, ya que las descargas producidas generalmente están dentro del rango permitido; solo cuando éstas son soluciones ácidas afectan a la protección anti-corrosiva de los buques.
- 4.- Se ha obtenido en las pruebas realizadas; que las placas de ensayo se destruyen en una proporción mayor, sin importar el estado inicial del material por efecto de la corrosión, en las -

zonas de salinidad más alta.

Las incrustaciones marinas varían de acuerdo al medio en que se desarrollan. (agua y época del año); y así lo hemos comprobado con los caracolillos, que desarrollan más en un mismo período de tiempo en el muelle de Data de Autoridad Portuaria de Guayaquil, que en el muelle de la Espol, siendo la época del año de julio a septiembre la que presentó mayor actividad.

- 5.- En la obtención de mejores resultados; un factor de gran importancia es el grado de limpieza alcanzado en la preparación del material.

#### RECOMENDACIONES.

- 1.- Debido a la facilidad que presta en nuestro medio para su operación, esto es: fácil obtención del abrasivo (arena de cuarzo, obtenida generalmente de ríos); y principalmente alcanzar un buen grado de limpieza; recomendamos utilizar en la limpieza de cascos de buques; el chorreado abrasivo; con respecto a la limpieza de anclas y cadenas, recomendamos utilizar, el decapado, ya que con él evitamos toda formación de polvo, que obtendríamos con el chorreado abrasivo.
- 2.- Aunque en nuestro medio el sistema de protección catódica por corriente impresa no es difundido sugerimos que en un futuro, se lo considere en un mayor grado, ya que se ha comprobado (VER FIGURA XXVII) que aunque su costo original es mayor; al trans-

currir de los años es cuando verdaderamente se observa el beneficio de él.

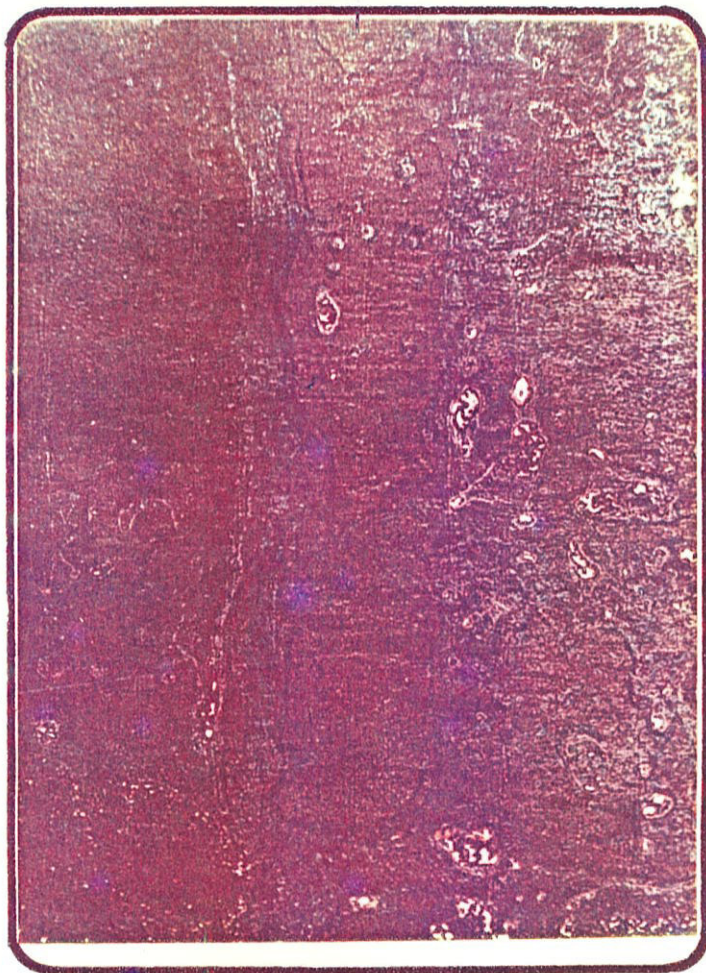
- 3.- Hay que tener presente en la protección anti-incrustante; que existen a tipos de anti-fouling, reaccionando cada uno de maneras distintas, por lo que hay que seguir minuciosamente las recomendaciones dadas por el fabricante.
- 4.- Durante la aplicación de pinturas se aconseja controlar la temperatura ambiente y humedad relativa; ya que temperaturas altas puede causar ampollamientos, lo que deberíamos evitarlos.
- 5.- De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de los sistemas de protección de pinturas marinas, recomendamos utilizar para nuestras aguas el sistema clorocaucho, que fue el que mejor se comportó en los distintos sitios de pruebas.

ANEXOS

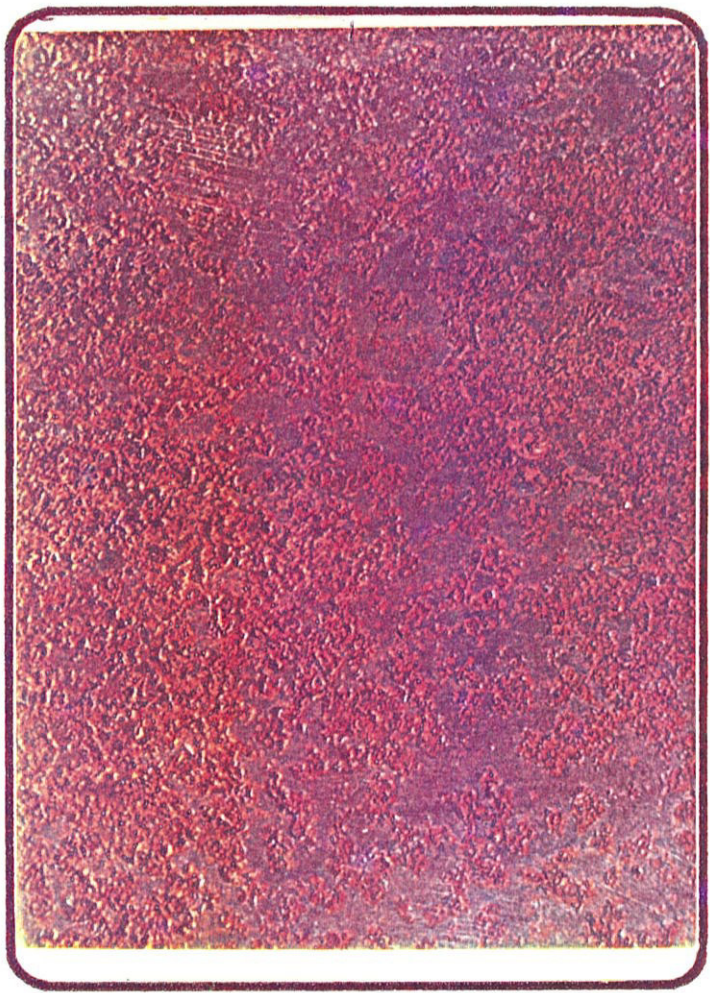
---ANEXO A---

FOTOS DEL ESTADO INICIAL DE LOS MATERIALES  
( DE ACUERDO A LAS NORMAS SUECAS  
SIS 05 900 1967 )

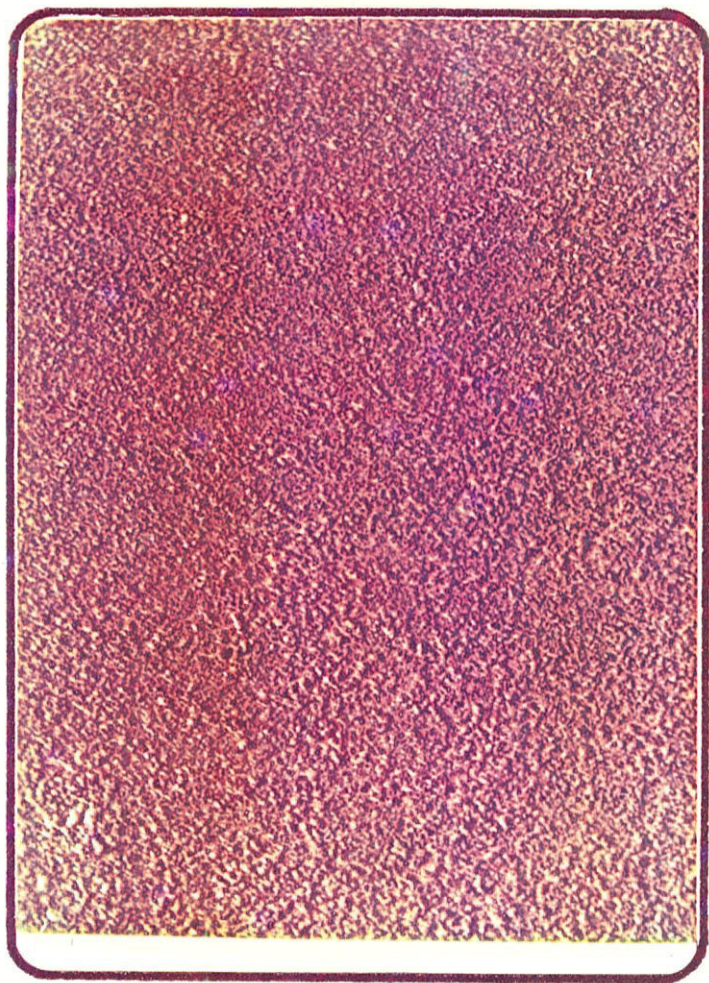




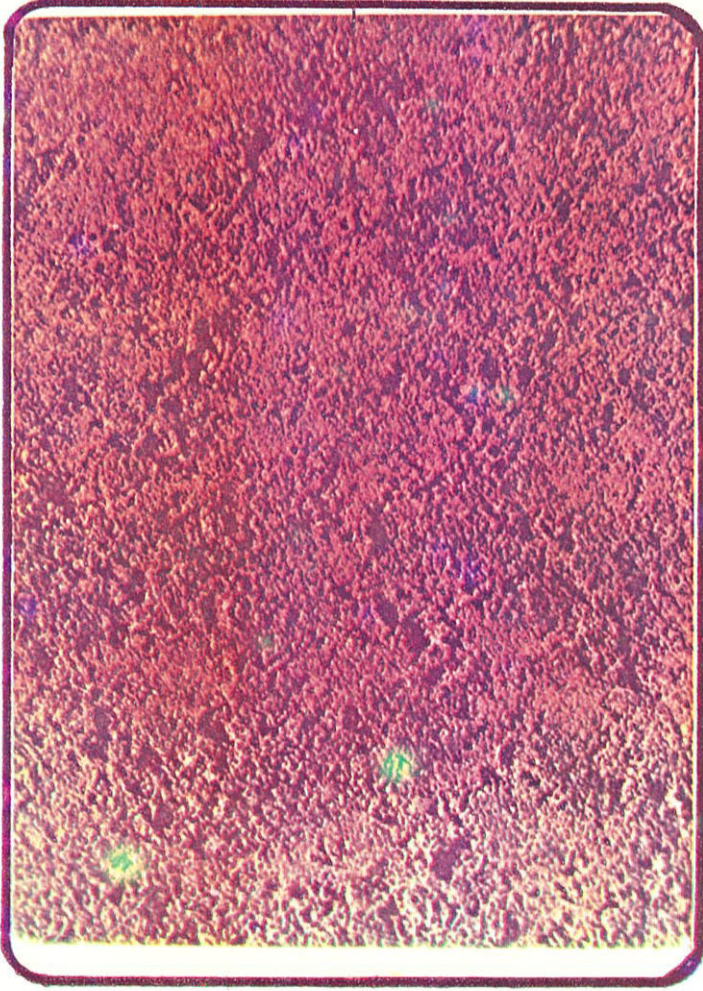
GRADO DE CORROSION TIPO A



GRADO DE CORROSION TIPO B



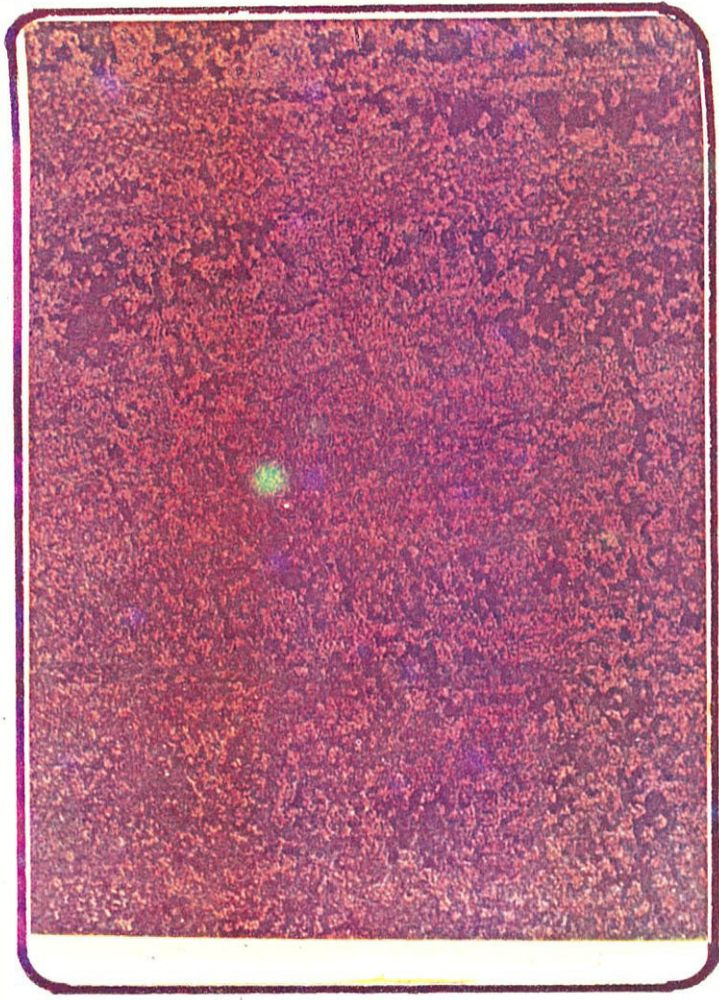
GRADO DE CORROSION TIPO C



GRADO DE CORROSION TIPO D

---\_ANEXO\_B\_---

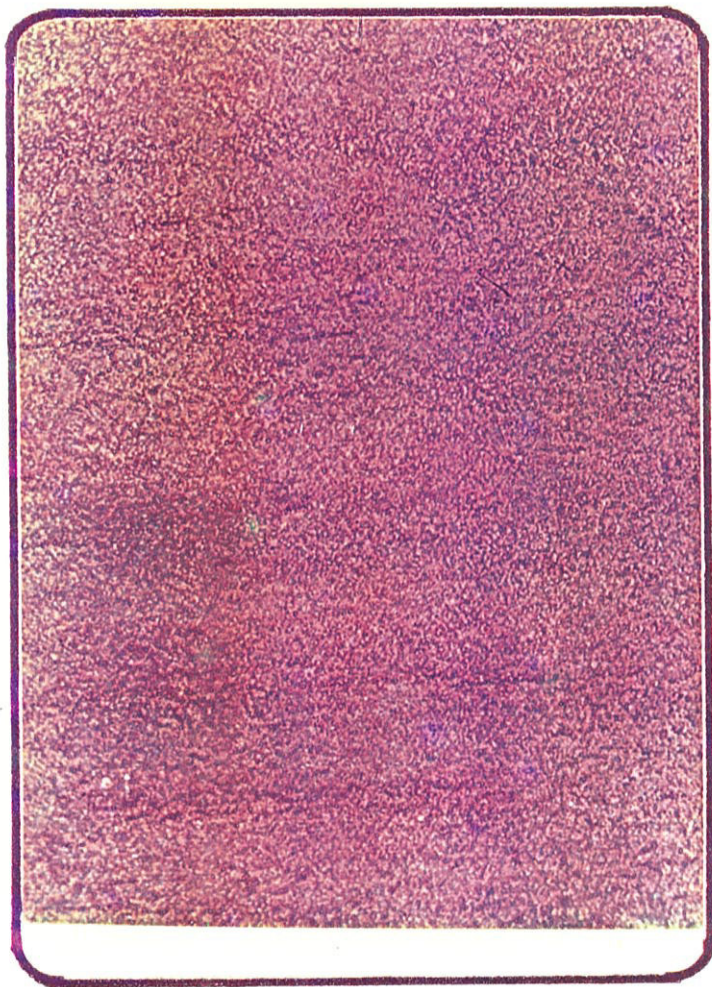
FOTOS DEL GRADO DE PREPARACION POR  
LIMPIEZA MANUAL, MECANICA Y CHORREADO  
( DE ACUERDO A LAS NORMAS SUECAS  
SIS 05 900 1967 )



GRADO DE LIMPIEZA B St 2

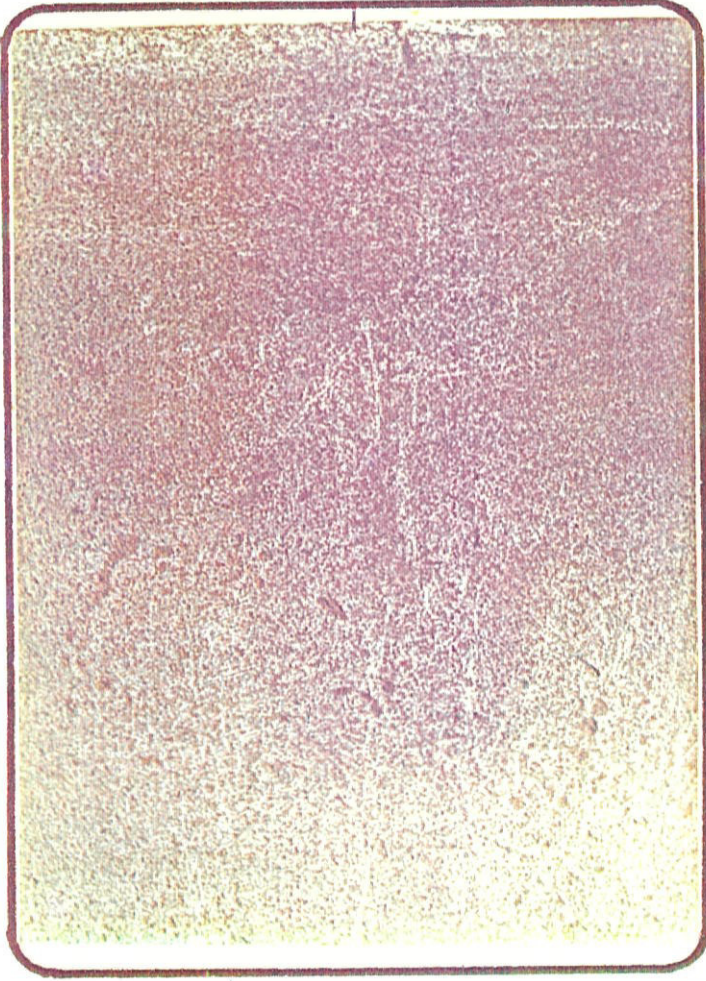


GRADO DE LIMPIEZA B St 3

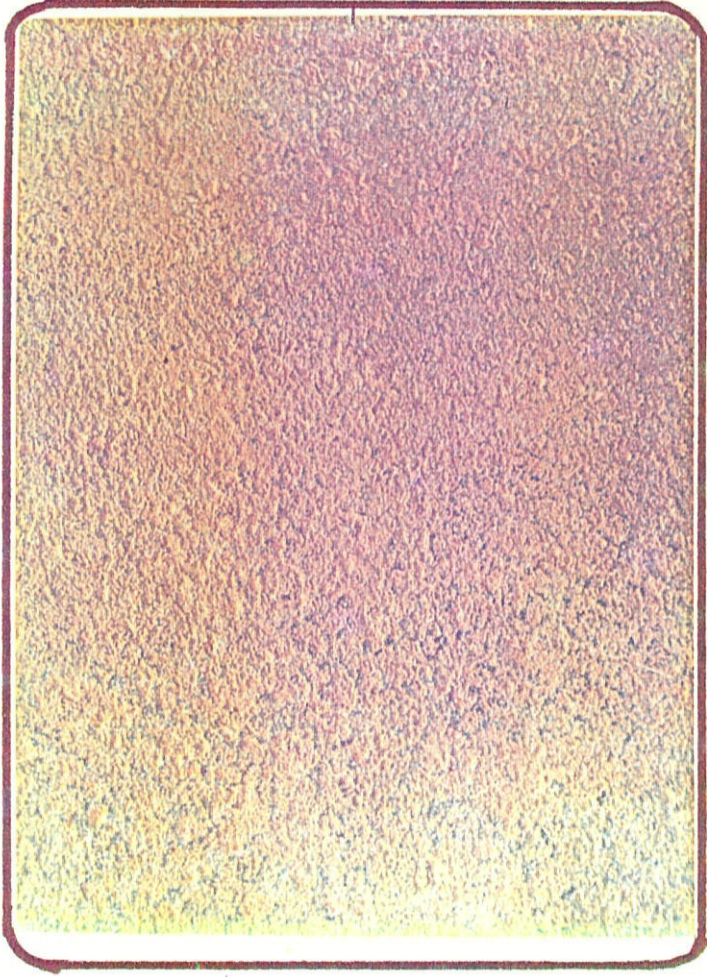


GRADO DE LIMPIEZA C St 2

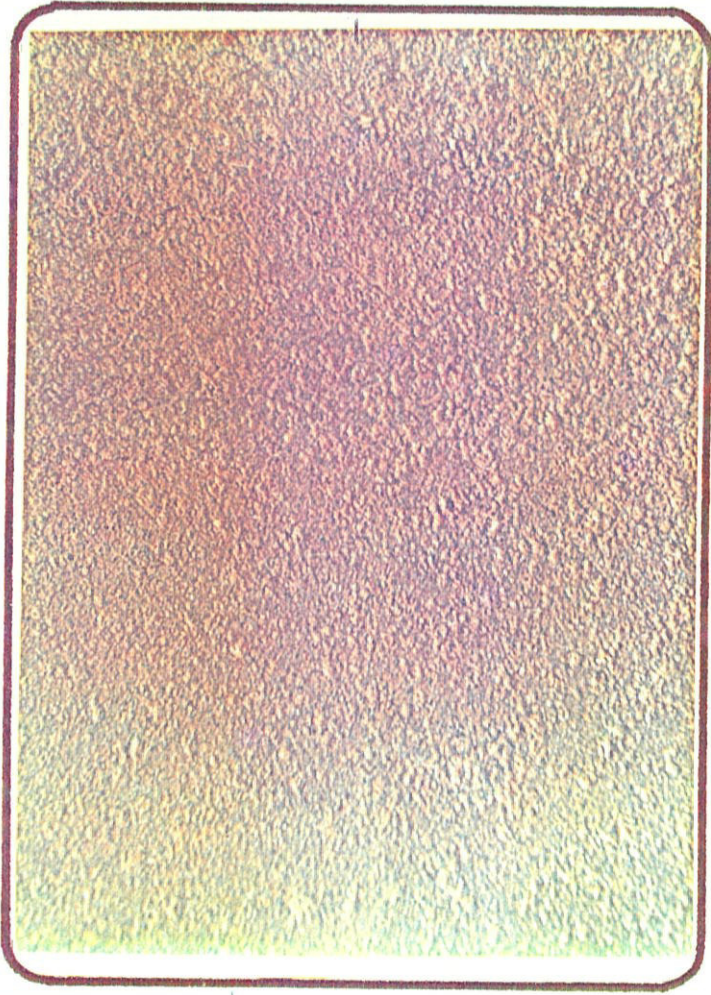




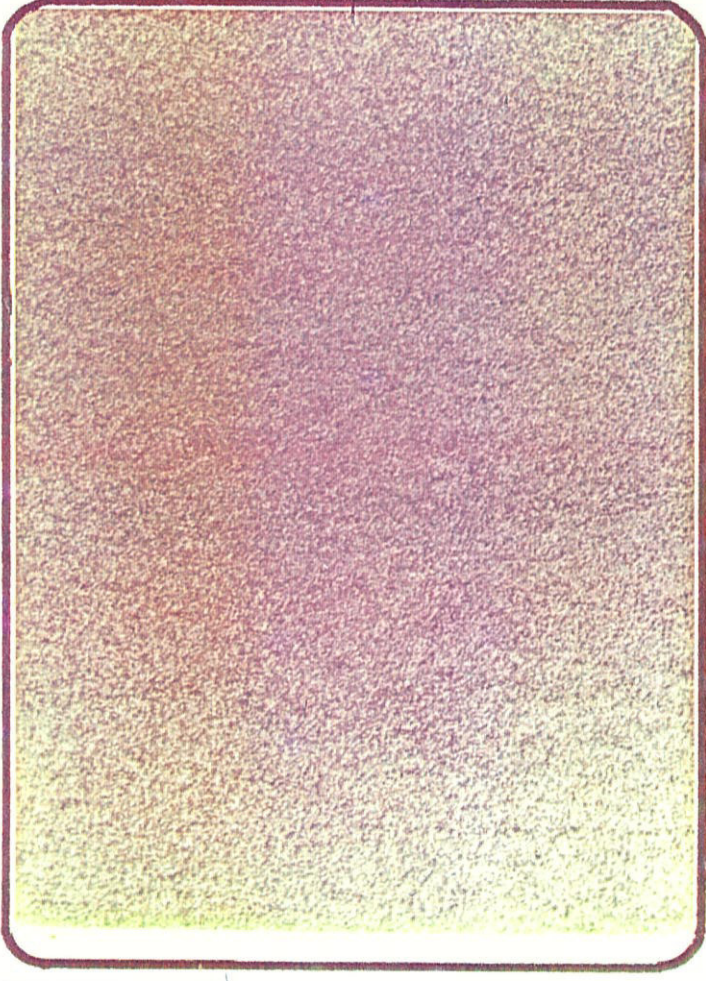
GRADO DE LIMPIEZA C St 3



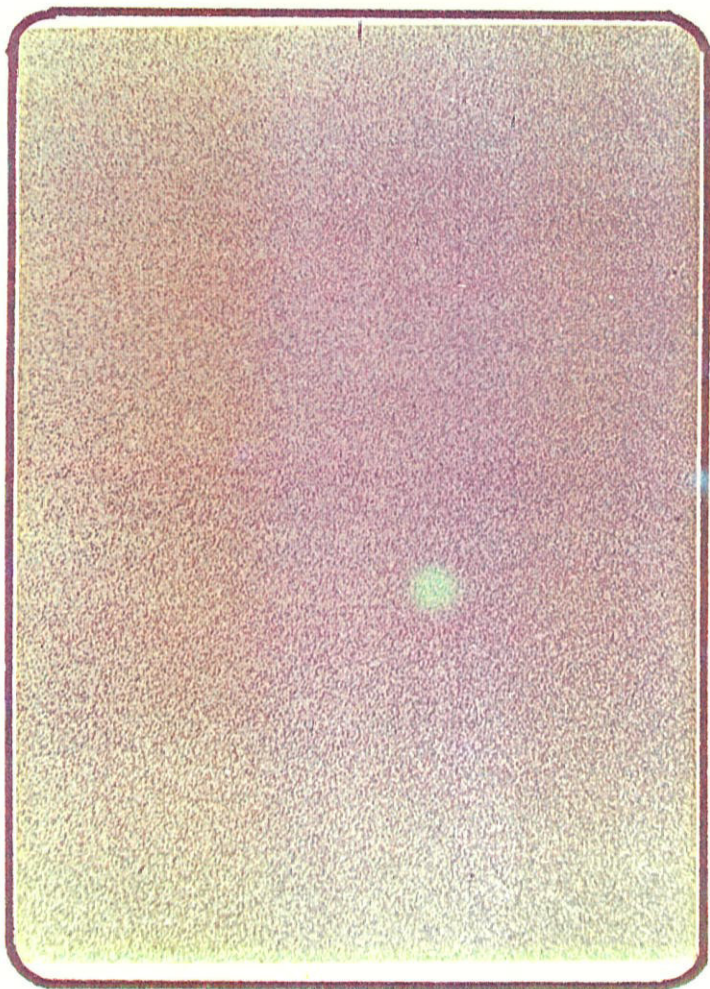
GRADO DE LIMPIEZA D St 2



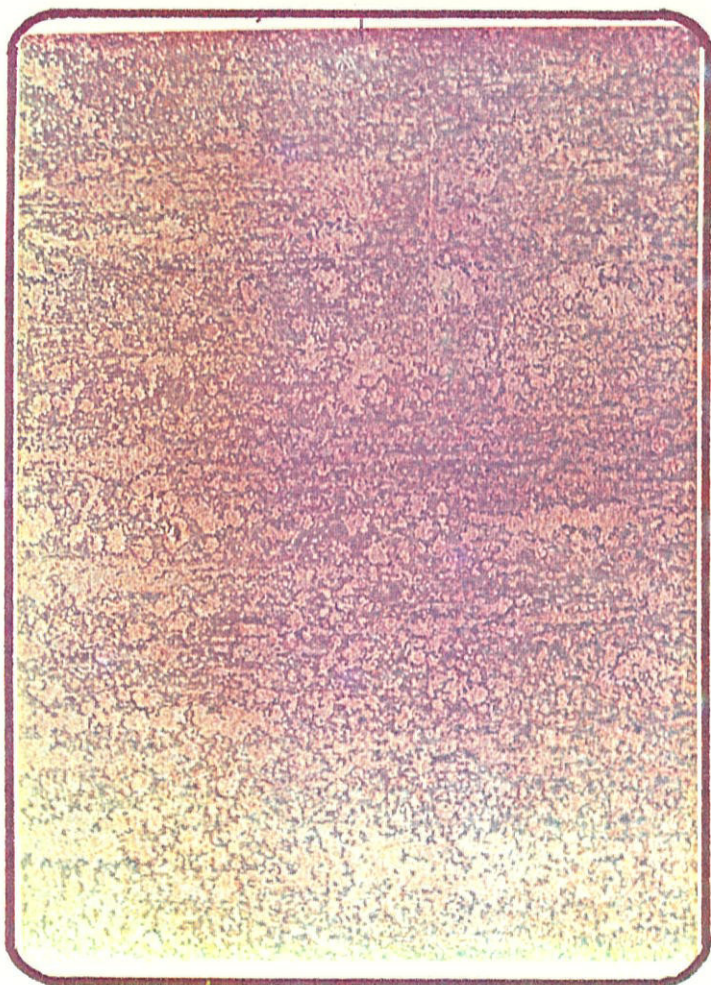
GRADO DE LIMPIEZA D St 3



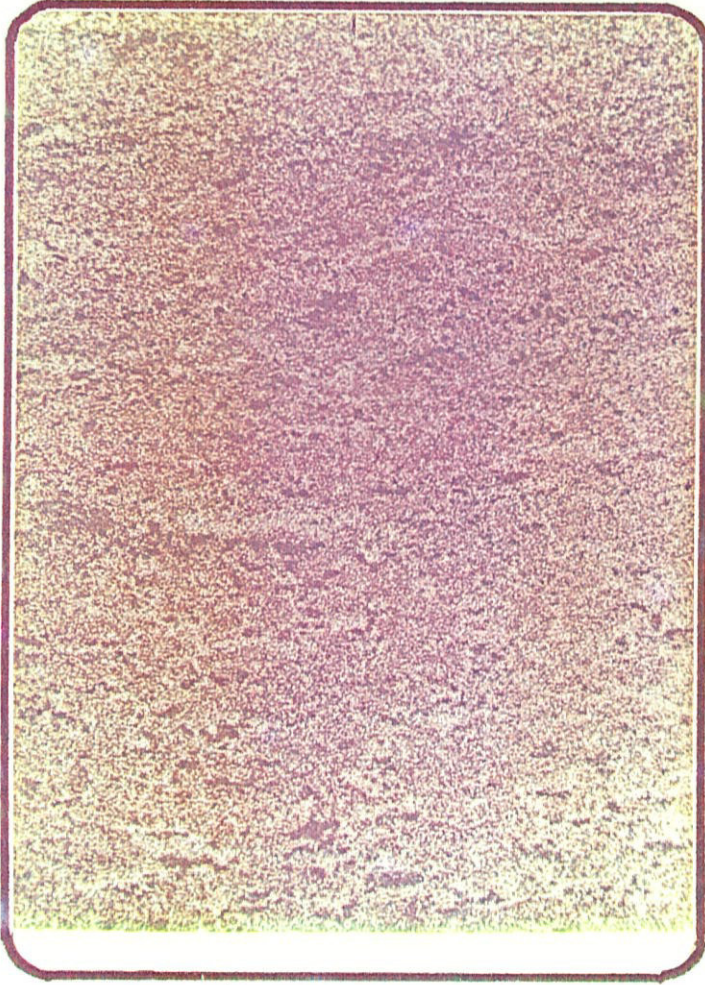
GRADO DE LIMPIEZA A Sa 2 1/2



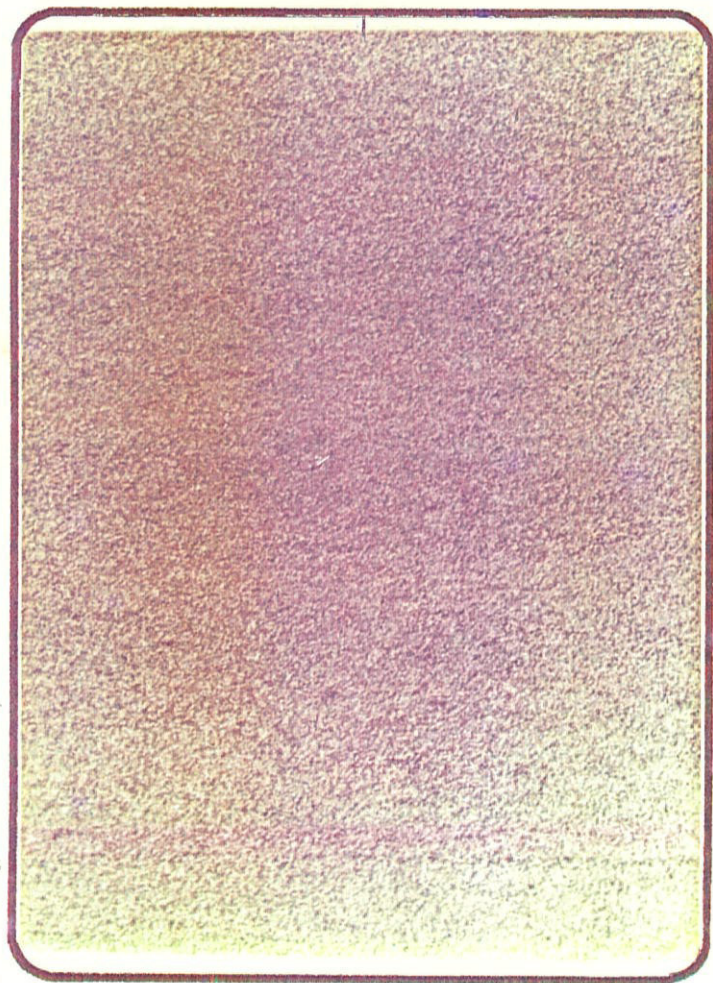
GRADO DE LIMPIEZA A Sa 3



GRADO DE LIMPIEZA B Sa 1

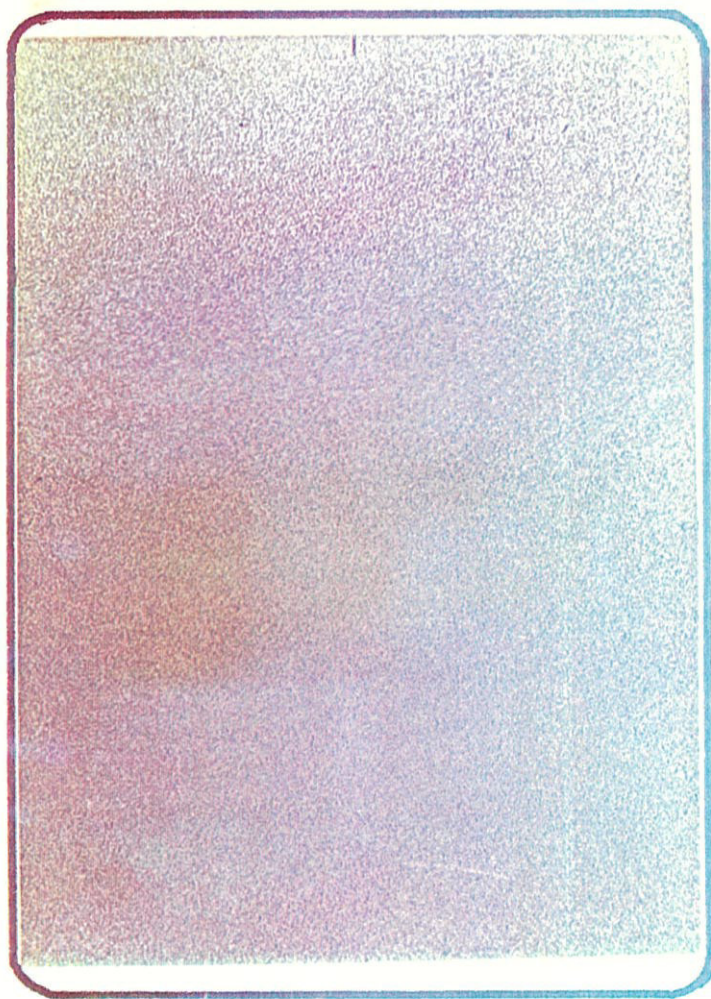


GRADO DE LIMPIEZA B Sa 2

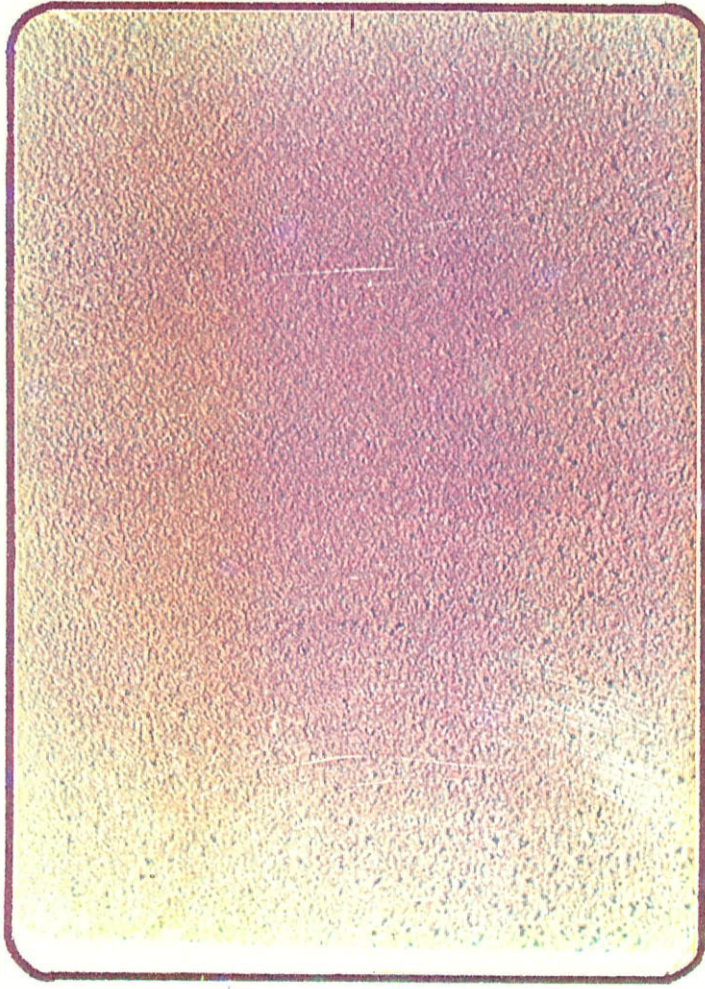


GRADO DE LIMPIEZA B Sa  $2\frac{1}{2}$

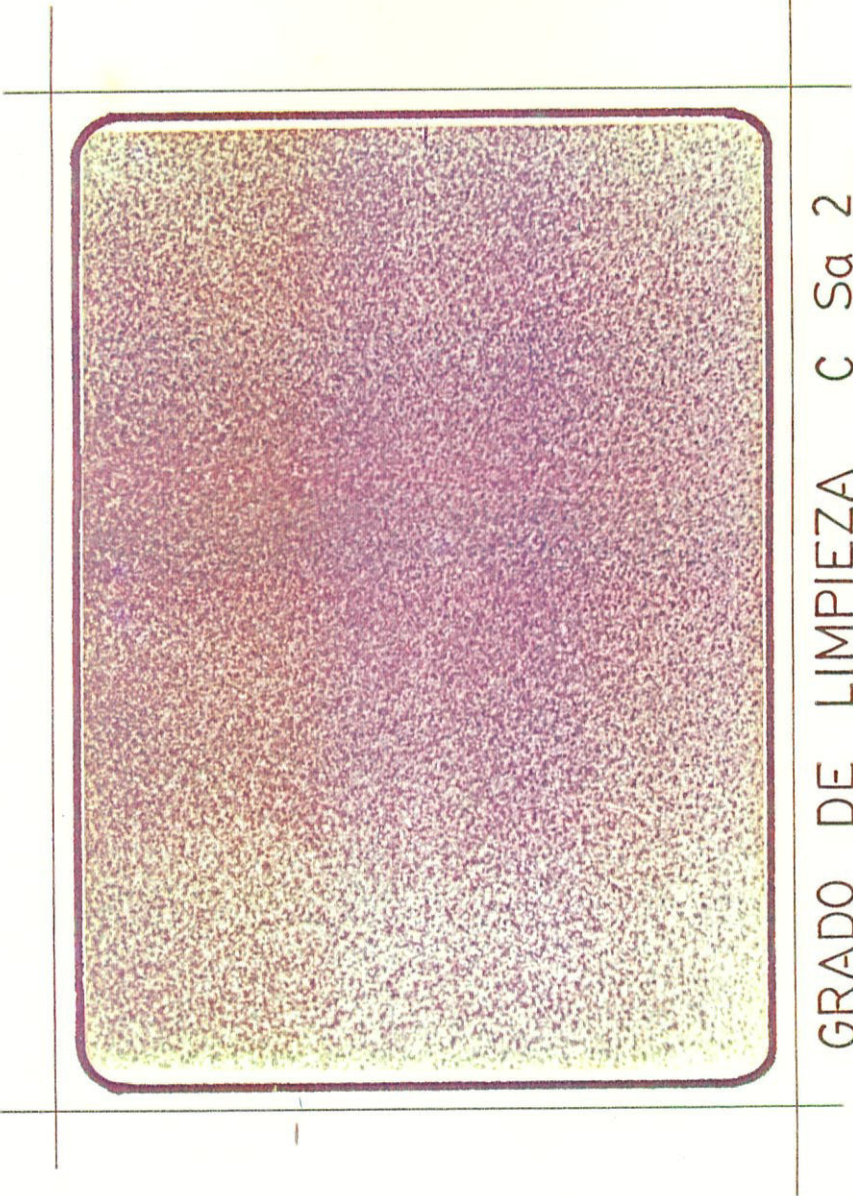




GRADO DE LIMPIEZA B Sa 3



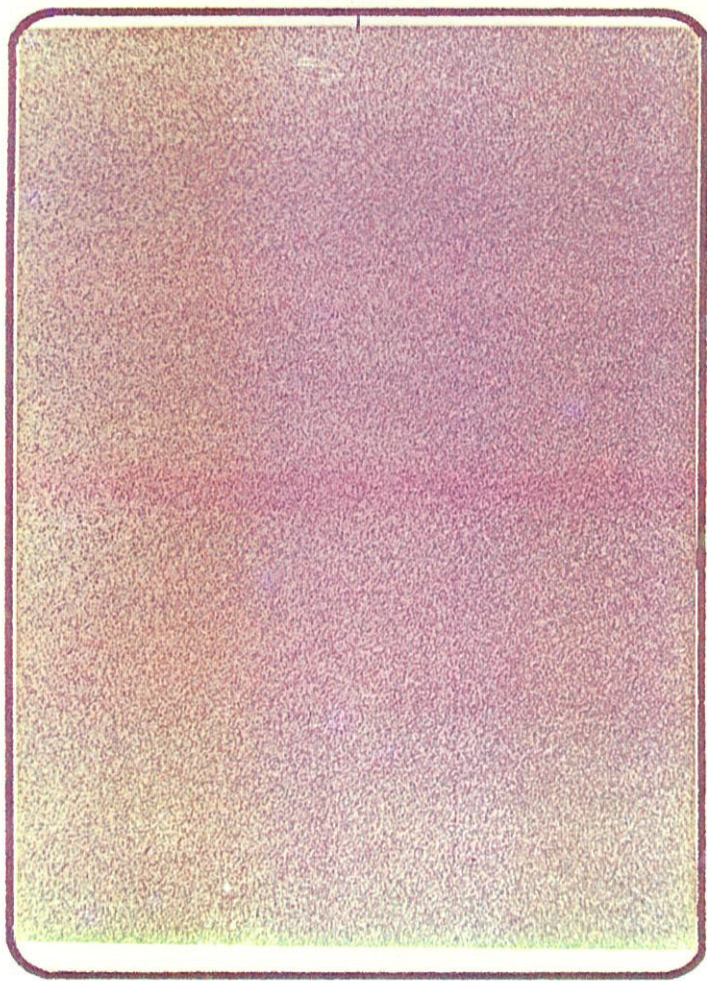
GRADO DE LIMPIEZA C Sa 1



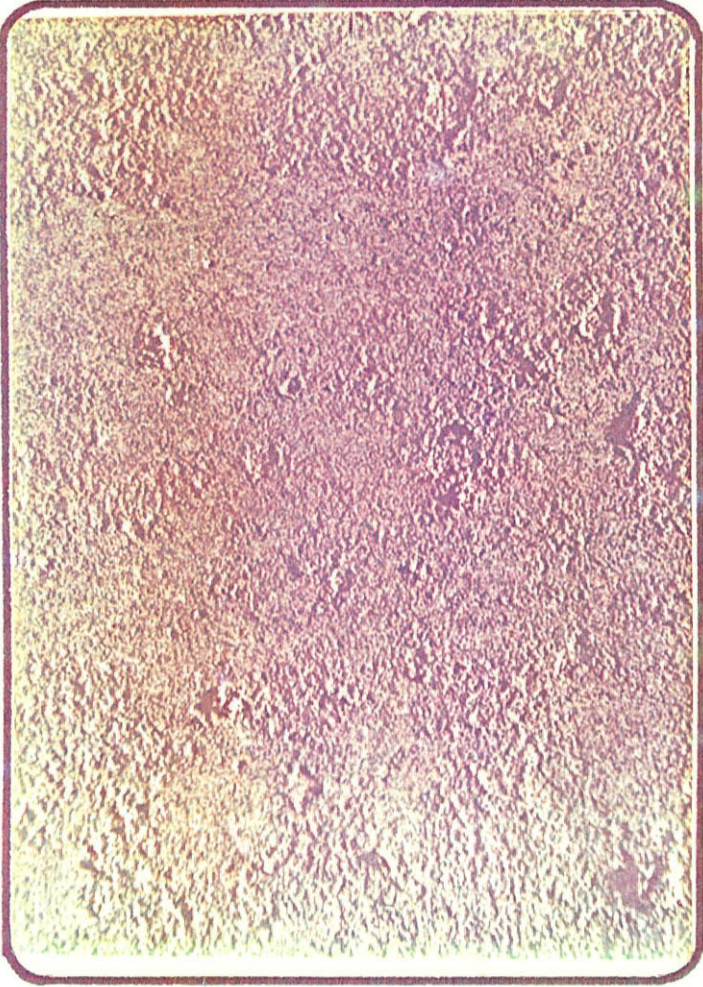
GRADO DE LIMPIEZA C Sa 2



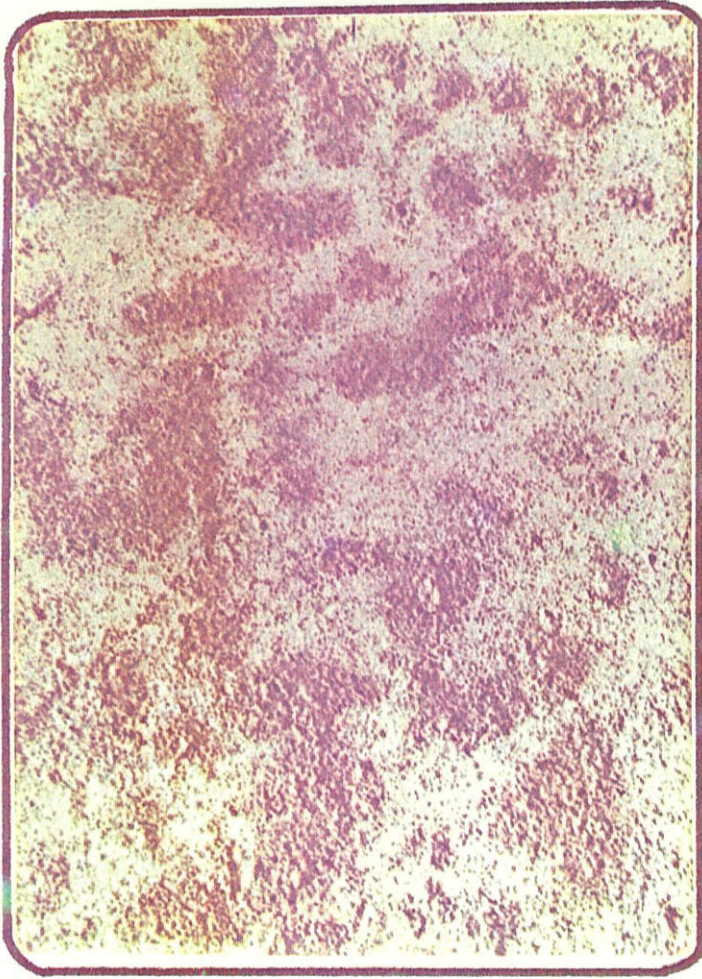
GRADO DE LIMPIEZA C Sa 2 1/2



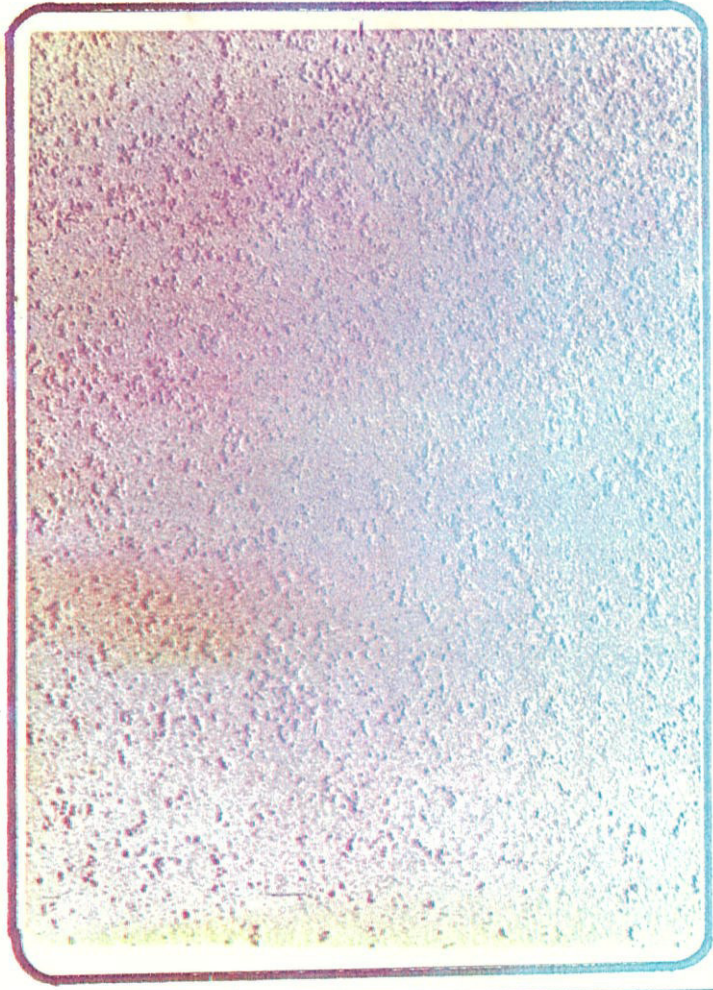
GRADO DE LIMPIEZA C Sa 3



GRADO DE LIMPIEZA D Sa 1



GRADO DE LIMPIEZA D Sa 2



GRADO DE LIMPIEZA D Sa 2 1/2





GRADO DE LIMPIEZA D Sa 3

B I B L I O G R A F I A

1. P.H. BENSON, D.L. AND D.W. PERRIN "Marine Fouling and Its Prevention" Pág 30-36.
2. J.C. HEMPEL'S FOUNDATION COPENHAGEN 1963 "Your Ship And IT'S - Maintenance" Pág. 67-77.
3. MALONE JOHN AUSTIN "EFFECTS OF HULL FOULANTS AND CLEANING/COATING PRACTICES ON SHIP PERFORMANCE AND ECONOMICS" Pág. 1-22.
4. MORCILLO MANUEL-FELIU SEBASTIAN "Protección Catódica" Ingeniería Naval. Julio-1975 Pág. 360-374.
5. PANADERO PASTRANA JESUS-DE RAMON MARTINEZ JOSE IGNACIO. "Técnicas de Mantenimiento" Capítulo Séptimo.
6. RIOFRIO SANTIAGO. "CONSTRUCCION NAVAL II" Pág 165-193.
7. ROTACION ABRIL 1976. "Nuevo sistema de corrientes Impresas para Protección Catódica de Estructuras Marinas".
8. ROTACION OCTUBRE 1976 "Materiales-Equipos"
9. ROTACION ABRIL 1977. "Pinturas, Tratamiento de superficies: - Materiales, Equipos, Instalaciones.
10. ROTACION OCTUBRE "La Protección Catódica y algunas aplicaciones en construcción naval.

11. ROTACION ABRIL 1978. "El granallado en la Industria Naval".
12. ROTACION ABRIL 1979. "Protección Catódica"; "Pinturas Anti-incrustante de larga duración"; "Pinturas ricas en cinc"; - "Instalación típica de un sistema automático de protección-catódica por corriente impresa".
13. ROTACION SEPTIEMBRE 1979. "Nueva Protección Contra la corrosión en la Industria Naval".
14. SHINN ROBERT. A. "Contaminación de los Mares". Pág. 11-18; 187-191.
15. UNESCO VOLUMEN XVIII "La Contaminación mundial del mar". Pág 40-56.
16. ANGEL VARGAS ZURIGA. "Protección Anticorrosiva de Buques". Polipesca Octubre 1978.
17. ANGEL VARGAS ZURIGA. "Fundamentos de corrosión marina". Polipesca Volumen II.
18. R.W. WILSON - J.J. ZONVELD. "Corrosión control and Paint Systems" Pág. 275-290.
- 19 WESCO " Boletin técnico "