

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ZARAGOZA"

17
2ej-

EVALUACION EXPERIMENTAL DE
RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS
MAS UTILIZADOS EN LA REPUBLICA
MEXICANA MEDIANTE EL METODO
DE CAMARA SALINA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

FRANCISCO JAVIER LOPEZ GARCIA

MEXICO, D.F. 1992.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

	pag
INTRODUCCION	2
1.- GENERALIDADES	3
1.1. Etapa histórica	3
1.2. Corrosión	4
1.2.1. Mecanismos	4
1.2.2. Tipos de Corrosión	10
1.2.3. Métodos más usados para combatir la corrosión	13
1.2.4. Evaluación en cámara salina	15
2.- RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	
2.1. Terminología	17
2.2. Clasificación	17
2.3. Adherencia	18
2.3.1. Por valencia primaria	
2.3.2. Por valencia secunddria	
2.4. Caracterfsticas	18
2.4.1. Hule clorado	
2.4.2. Epóxico	
2.4.3. Ricos en zinc	
2.4.4. Vinílicos	
2.4.5. Cromato de zinc	
2.4.6. Alquidales	
3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL	
3.1. Consideraciones previas	26
3.2. Objetivos	30
3.3. Hipótesis	30
3.4. Material	31

3.4.1. Equipo	31
3.4.2. Reactivos	31
3.4.3. Material diverso	31
3.4.4. Recubrimientos a evaluar	31
3.5. Método de niebla salina	32
3.6. Construcción de la cámara	33
4.- RESULTADOS	35
5.- ANALISIS DE RESULTADOS	43
6.- CONCLUSIONES	46
7.- BIBLIOGRAFIA	48

INTRODUCCION

Existen en México y en el mundo un gran número de industrias como son: Ingenios, refinerías, de alimentos, farmacéutica, metalmecánica y automotriz que requiere proteger sus instalaciones del ataque corrosivo, causado por los materiales involucrados en el proceso. Los gastos que puede hacer una compañía por causa de la corrosión son muy grandes si los equipos han sido dañados a tal grado que sea necesario reemplazarlos o bien, gastos requeridos por mantenimiento menor. Ya sea una causa u otra, la compañía no solo tiene ese gasto sino también otros presentes entre los que están las pérdidas por tiempos muertos.

Se estima que actualmente en todo el País, se pierden más de un millón y medio de toneladas de acero por año, por efectos de la corrosión, el acero es escaso en México, por lo que es de suma importancia todo esfuerzo para prolongar la vida útil de los equipos fabricados con este material.

De manera que, surge la necesidad de emplear un recubrimiento anticorrosivo que proteja las instalaciones durante el mayor tiempo posible, aminorando los gastos de mantenimiento e inclusive las pérdidas de equipo.

En este trabajo haremos un estudio para evaluar que recubrimiento de los de mayor uso en la República Mexicana, tiene la mejor resistencia a la corrosión, empleando para ello la cámara salina.

En el primer capítulo hablaremos sobre la corrosión, puntualizando en sus mecanismos y métodos para combatirla. En el segundo capítulo se hará el estudio de algunos recubrimientos anticorrosivos como son: Epóxicos, vinílicos y ricos en zinc, se hace una clasificación y se citan sus principales características. En el tercer capítulo se lleva a cabo la evaluación experimental en cámara salina de los recubrimientos propuestos, para finalizar con un análisis de los resultados obtenidos, que incluye un cuadro comparativo de costos para los materiales evaluados.

GENERALIDADES

1.1 Etapa Histórica.

Desde la antigüedad el hombre ha empleado la pintura como medio de expresión artística (las pinturas rupestres de las cuevas de Altamira en España), y como medio de protección (los acabados de los antiguos sarcófagos Egipcios).

Desde sus primeras apariciones, los antecesores de las pinturas y tintas (combinaciones de tierras de color, grasa y resinas naturales) siguieron una función de comunicación. Ya fuera con la idea de atraer y dominar a los animales que servían de sustento o bien como fines educativos para sus hijos.

Además de su cualidad comunicativa, el hombre descubrió sus propiedades protectoras de las pinturas.

Las superficies pintadas con un color se deterioran menos que las recubiertas con otros y cuando la combinación de materiales era la correcta se obtenía mayor protección.

Observaron que el deterioro en la madera causado por la humedad y el moho se controlaba con materiales fabricados con pigmento, brea, y grasas, así conservaban las antiguas embarcaciones.

Con la edad de hierro se inicia la lucha del hombre contra la herrumbre.

El hombre descubrió que aislando el metal de la agua y limpiándolo con aceites mantenían sus artículos de hierro libres de óxido. Tiempo después recurrirían al uso de pinturas para esa protección.

El aceite de linaza se usa desde hace aproximadamente 2,000 años.

Las resinas alquídicas hacen su aparición por 1930, las dispersiones acuosas de acetato de polivinilo por 1940 y los recubrimientos epóxicos y de poliuretano se introducen por 1950 y 1960.

A través de los siglos la fabricación de pinturas ha evolucionado de un arte gremial que empleaba unos cuantos materiales a la moderna industria de pinturas que hace uso de docenas de productos químicos, materiales y equipo.

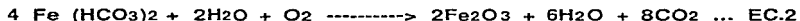
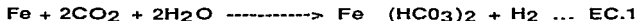
1.2 Corrosión

4

1.2.1 Mecanismos

La corrosión es un proceso por el cual un metal vuelve a una forma más estable, casi como se encuentra en la naturaleza.

La corrosión del hierro se explica de acuerdo a la reacción química entre el hierro, bióxido de carbono, agua y oxígeno, ilustradas en las (ECS. 1 y 2)



En donde el óxido de hierro III se forma de una reacción de dos pasos y el bióxido de carbono regresa al medio ambiente causando nuevos daños de corrosión.

Esta explicación no es satisfactoria por no haberse demostrado la regeneración del bióxido de carbono.

La corrosión del hierro es un proceso electroquímico que se puede explicar de la siguiente manera:

Los metales se disuelven en los ácidos o en el agua como un ión positivo con desprendimiento de hidrógeno y dando lugar a la formación de hidróxidos o sales, como se muestra en la (EC.3)



En este proceso, el hierro, eléctricamente neutro, se disuelve como ión positivo y el hierro sin disolver adquiere carga negativa, estableciéndose una diferencia de potencial entre el hierro y la solución.

Cuando se establece este sistema electroquímico comienza la corrosión con la formación de un compuesto ferroso y el desprendimiento de hidrógeno.

En el cátodo, los electrones chocan y neutralizan algunos iones hidrógeno positivamente cargados, los cuales han llegado a la superficie a través del

electrolito. Al perder su carga, los iones positivos llegan a ser átomos neutros y se combinan para formar gas hidrógeno.

Conforme este proceso avanza la oxidación y la corrosión del hierro se presentan en los ánodos y la producción de hidrógeno en los cátodos, como se muestra en la FIG. 1.

Frecuentemente los productos de los cátodos y ánodos reaccionan, dando lugar a los productos visibles de la corrosión, el ión hidroxilo formado en la reacción catódica al migrar hacia el ánodo por el electrolito se encuentra con iones ferrosos que van en dirección opuesta, formando hidróxido ferroso que se oxida por el oxígeno en solución, formando hidróxido férrico, que es el que precipita en forma de herrumbre de hierro mostrado en la FIG. 2

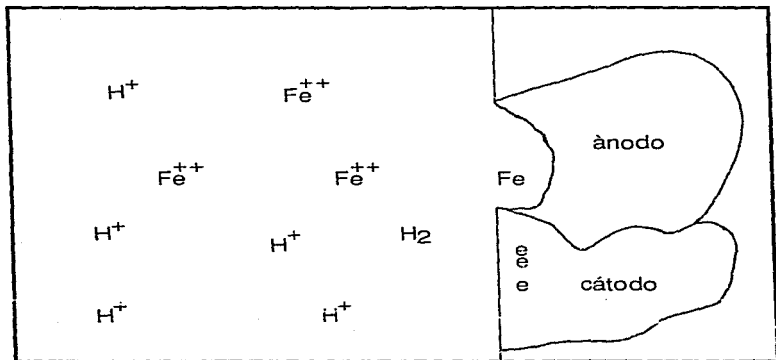
Uno de los factores más importantes que influyen en la corrosión es la diferencia en potencial eléctrico de metales no similares cuando están acoplados y sumergidos en un electrolito. Alguna indicación de cuales metales pueden ser anódicos en comparación con el hidrógeno esta dada por la serie de fuerza electromotriz indicada en la (TABLA 1). La celda patrón de hidrógeno se asigna con un valor de cero y el potencial desarrollado por media celda del metal en cuestión acoplado a media celda patrón se compara con la de la celda hidrógeno. Los metales mas activos se encuentran en la parte superior de la lista y exhiben una tendencia mayor a disolver que aquellos que aparecen al último. La serie electromotriz es válida solo para metales en condiciones en las que esta se determinó, se trabajó a concentraciones específicas del mismo metal, en otros electrolitos su comportamiento es diferente. Dado esto, se emplea una serie galvánica en vez de la electromotriz, la galvánica se basa en la experiencia con combinaciones de metales en gran variedad de ambientes mostrada en la Tabla 2. La diferencia en potencial eléctrico entre dos metales esta relacionado con la distancia entre ellos en la serie galvánica. Un metal acoplado con otro cercano a el sobre esta lista corroerá más lentamente que cuando se acopla con otro más alejado por debajo de el.

El aluminio y el cromo son resistentes a la corrosión ya que el ión metálico se elimina mediante la formación de un compuesto insoluble precipitando en el ánodo con una buena adherencia y siendo impermeable a la solución de corrosión, obteniendose así un aislante y la corrosión se detiene.

El oxígeno disuelto actúa en la formación de óxidos y como despolarizador catódico, en el primer caso reacciona con los iones metálicos del metal y en el segundo elimina el hidrógeno de los alrededores del cátodo. Pero en ambos se incrementa la corrosión.

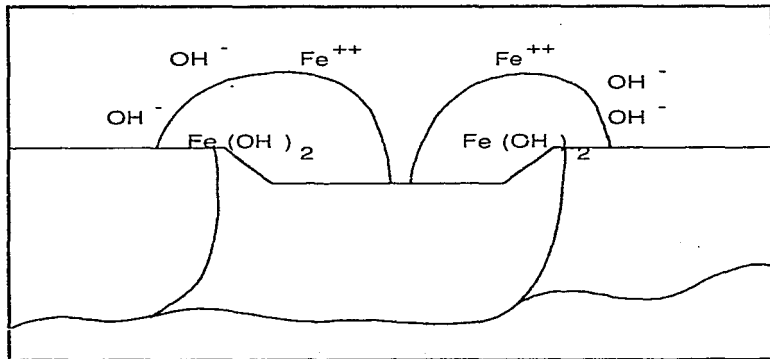
Para un cátodo grande el hidrógeno se esparcirá en un área mayor y será más

FIGURA # 1



Formación de iones en el ánodo y de hidrógeno en el cátodo.

FIGURA # 2



Formación de hidróxido ferroso en la oxidación del hierro.

TABLA 1. SERIE FUERZA ELECTROMOTRIZ.

REACCION DE ELECTRODO	POTENCIAL E ⁰ DEL ELECTRODO ESTANDAR, 25 ⁰ C VOLTS, 25 ⁰ C	REACCION DE ELECTRODO	POTENCIAL E ⁰ DEL ELECTRODO ESTANDAR, 25 ⁰ C VOLTS, 25 ⁰ C
K = K + e-	-2.922	Co = Co++ + 2e-	-0.277
Ca = Ca++ + 2e-	-2.87	Ni = Ni++ + 2e-	-0.250
Na = Na+ + e-	-2.712	Sn = Sn++ + 2e-	-0.136
Mg = Mg++ + 2e-	-2.34	Pb = Pb++ + 2e-	-0.126
Be = Be++ + 2e-	-1.70	1/2H ₂ = H+ + e-	-0.000
Al = Al ³ + + 3e-	-1.67	Cu = Cu++ + 2e-	0.345
Mn = Mn++ + 2e-	-1.05	Cu = Cu+ + e-	0.522
Zn = Zn++ + 2e-	-0.762	Ag = Ag+ + e-	0.800
Cr = Cr ³ + + 3e-	-0.71	Pd = Pd++ + 2e-	0.83
Ga = Ga ³ + + 3e-	-0.52	Hg = Hg++ + 2e-	0.854
Fe = Fe++ + 2e-	-0.440	Pt = Pt++ + 2e-	1.2
Cd = Cd++ + 2e-	-0.402	Au = Au ³ + + 3e-	1.42
In = In ³ + + 3e-	-0.340	Au = Au+ + e-	1.68
Tl = Tl+ + e-	-0.336		

TABLA 2 . SERIE GALVANICA DE METAL Y ALEACIONES EN AGUA DE MAR.

Extremo anódico (corroído)

Magnesio
Zinc
Aluminio
Cadmio
Aleaciones al aluminio
Acero al bajo carbono
Acero aleado
Hierro fundido
Acero inoxidable (activo)
Metal muniz
Latón amarillo
Latón al aluminio
Latón rojo
Cobre
Bronce al aluminio
Aleaciones cobre-níquel
Monel
Níquel (pasivo)
Inconel
Plata
Acero inoxidable (pasivo)
Titanio
oro
Platino

Extremo catódico (protegido)

fácil su combinación con el oxígeno. Por esta razón, no es conveniente acoplar un cátodo grande con un ánodo pequeño por ejemplo al tener una placa de cobre y ponerle remaches de acero, los remaches serán corroidos severamente. Por lo que se prefiere tener placas de acero y usar remaches de cobre, los cuales serán menos atacados por la corrosión.

1.2.2. Tipos de Corrosión.

1.2.2.1 Corrosión uniforme: Es cuando toda la superficie del metal se ataca al mismo grado. Este tipo esta fuera de lo común. Ya que no son tan homogéneos para ser corroidos uniformemente.

1.2.2.2 - Corrosión por formación. O no uniforme, cuando se forman pequeños huecos en la superficie, esto por no ser homogéneo el metal debido a composición variable de cristales a través de la pieza. Estas zonas no homogéneas forman diferencias de potencial y producen huecos profundos y aislados.

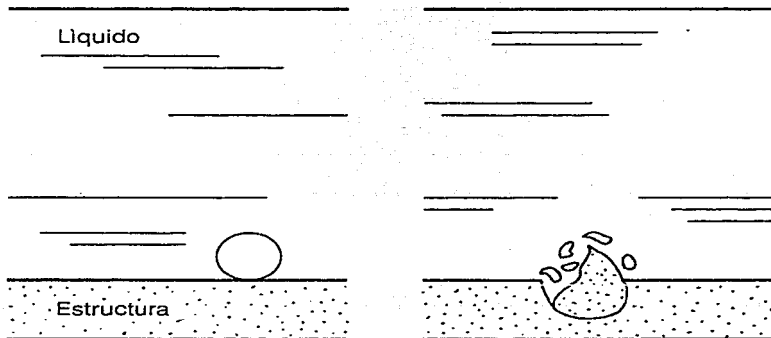
1.2.2.3 - Corrosión por cavitación. Se produce por el choque de burbujas y cavidades dentro de un líquido. Con el movimiento de vibración entre una superficie y un líquido se originan cargas a la superficie, produciendo esfuerzos muy altos cuando se forman las burbujas y chocan regularmente. Con estos choques se producen impactos que eliminan partículas de la superficie, formando gradualmente agujeros.

Este tipo de corrosión puede minimizarse cambiando a un material más resistente o empleando una cubierta protectora. Los bronce, algunos aceros inoxidable y algunos aceros tienen buena resistencia a la cavitación. El hierro fundido y algunos aceros son malos resistentes a la corrosión por cavitación, pero se pueden proteger con cubiertas metalizadas o no metálicas. Este tipo de corrosión se indica en la FIG. 3

1.2.2.4 - Corrosión por grieta. Es el ataque en el punto de unión de dos metales expuestos a un ambiente corrosivo, es más probable que la corrosión ocurra en grietas que retienen las soluciones y les toma más tiempo secarse .

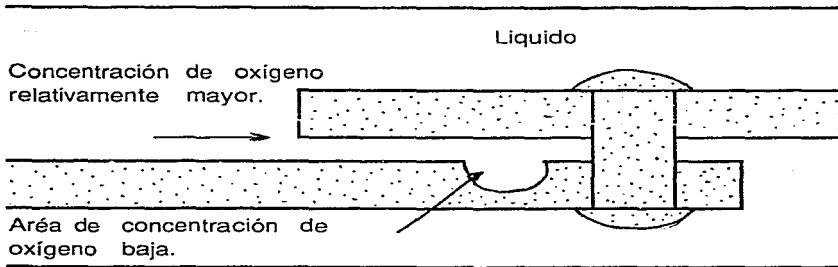
El ataque puede ocurrir debido a un diferencial en la concentración de oxígeno. Mostrado en la FIG. 4a. El oxígeno tiene acceso al exterior de la unión, que es catódica. El metal en la unión es anódico. En tanto que el depósito de producto

FIGURA # 3

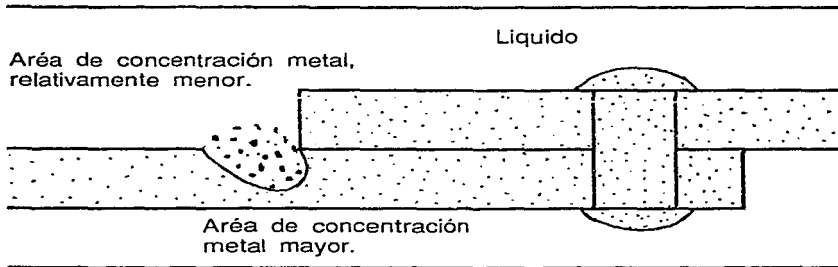


Corrosión por cavitación.

FIGURA # 4



a) Tipo concentración de oxígeno.



b) Tipo de concentración ion metal.

Corrosión por grieta producida por:

a) Diferencia en la concentración de oxígeno

b) Diferencia en la concentración ion-metal.

En cada caso la corrosión se da donde hay diferencia de oxígeno o de iones de metal.

insoluble de corrosión alrededor del centro anódico tiende a excluir oxígeno, resultando en una área de baja concentración de oxígeno y potencial eléctrico incrementado. Si esto continua, se forma un agujero superficial. La corrosión siempre ocurre en la región deficiente en oxígeno. Las grietas también pueden causar diferencias en concentraciones ion-metal en diferentes sitios; p.ej. para un área en una grieta es posible tener una concentración iónico-metálica más alta que la del exterior. Así, la corrosión tiene lugar en la región de deficiencia ion-metal en la orilla de una unión metálica. Como se indica en la Fig. 4b. Para evitar este tipo de corrosión, se deben eliminar las grietas cambiando para ello el diseño o rellenando las uniones que originen problemas.

1.2.2.5 Corrosión por Rozamiento. Es un daño producido por vibración, causando choques o rozamiento en la interfase de superficies sometidas a cargas y estrechamente ajustadas, este tipo de corrosión se presenta en ranuras de cuña, canales para llaves, etc. La manera de evitar este tipo de corrosión es eliminando la fuente de vibración, insertando empaques de hule y aumento de la dureza de las superficies.

1.2.2.6 - Corrosión por esfuerzo - Es la aceleración de la corrosión en ciertos ambientes cuando los metales se someten a esfuerzos externamente. La magnitud del esfuerzo necesario para producir la falla del material depende del medio corrosivo y de la estructura del metal base.

1.2.2.7 - Corrosión galvánica. Ocurre en la interfase donde dos metales están en contacto en un medio de corrosión .

1.2.3. Métodos más usados para combatir la corrosión.

Existen varias formas para combatir la corrosión, siendo necesario hacer un análisis para encontrar el método más apropiado y económico en cada caso.

1.2.3.1. Utilización de metales de alto grado de pureza.

En la mayoría de los casos, tiende a reducir la corrosión por agujeros en la superficie, minimizando las inhomogeneidades, con lo que se mejora la resistencia a la corrosión.

1.2.3.2. Utilización de tratamientos térmicos. Origina la homogenización de soluciones sólidas, especialmente en aleaciones fundidas que están sujetas a una composición variable de cristales a través de la pieza fundida. Los tratamientos térmicos se usan para mejorar la resistencia a la corrosión por esfuerzo.

1.2.3.3. Diseño adecuado. Se debe mantener el contacto con el agente corrosivo al mínimo, sobre todo en las uniones, la que se diseñarán de tal manera que se evite que los líquidos entren y sean retenidos.

Se debe evitar el contacto entre materiales alejados de la serie electromotriz, de no ser posible se deben separar por hule para reducir la posibilidad de corrosión galvánica o bien aplicando un recubrimiento a base de cromato de zinc a todas las superficies de contacto.

1.2.3.4. Protección Catódica. Este tipo de protección se logra colocando el metal que normalmente sera corroído, en contacto eléctrico con uno que esté encima de él en la serie galvánica. De esta manera el más activo será el ánodo y el metal corroible funciona como cátodo. Los materiales más usados para este tipo de protección son el zinc y el magnesio. Las tuberías subterráneas, los cascos de los barcos y las calderas son las instalaciones más protegidas por este método.

1.2.3.5. Empleo de Inhibidores. Son agentes químicos que se añaden a la solución corrosiva para reducir o eliminar su efecto corrosivo. El inhibidor forma una capa protectora sobre la superficie del metal. Los inhibidores se agregan a las mezclas anticongelantes utilizadas en los radiadores de los automóviles.

1.2.3.6. Revestimientos Superficiales. Incluyendo pinturas, películas de óxido y de sal y revestimientos metálicos.

Las pinturas y otros revestimientos orgánicos se utilizan para mejorar la apariencia de las superficies y estructuras y proporciona una película protectora para el metal, siendo efectiva durante el tiempo que se conserve intacta.

Las películas de óxido y de sal se obtienen haciendo reaccionar al metal con una solución que produce la película deseada p.ej , el anodizado en el aluminio y magnesio forma una película gruesa de óxido y la pasivación de los aceros inoxidable también forma una película de óxido.

Los revestimientos metálicos se obtienen mediante una variedad de métodos, como metalizado y revestimiento por inmersión en un baño de metal fundido como estaño o zinc.

En el metalizado se emplea el zinc y el aluminio, sobre superficies de hierro y acero. El chorro de arena se utiliza para preparar la superficie antes del metalizado.

Los revestimientos de zinc o galvanizado incluyen laminas y productos de alambre para exposición al aire libre, así como pernos, tornillos, clavos y herrería. El niquelado y el cromado proporcionan resistencia al desgaste, la plata y el cobre son los mejores para conductividad eléctrica y el cromo y el rodio tienen gran resistencia al manchado.

1.2.4. Evaluación en Cámara Salina.

Es una experimentación acelerada de condiciones corrosivas para evaluar resistencias a la corrosión de recubrimientos. Se emplea una solución al 5% de cloruro de sodio y se vaporiza en una cámara cerrada. La temperatura se mantiene a 35°C durante la realización de la prueba.

Las muestras a evaluar de los recubrimientos, se exponen a la niebla por intervalos determinados de tiempo.

Cuando el recubrimiento falla, en ese momento se detiene el tiempo de exposición y ese se toma como la resistencia a la corrosión en cámara salina. (los reportes se dan en horas). Para recubrimientos de aluminio y zinc. Si su resistencia es mayor de 1,000 horas, generalmente en ese momento se corta la exposición y se reporta que soporta más de 1,000 horas.

En el capítulo 3, se desarrolla más ampliamente el tema, al entrar a la parte experimental.

**RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

2.1 Terminología.

El término "Recubrimientos anticorrosivos" se refiere a todas las pinturas y productos que se usan para prevenir la corrosión de recipientes, tuberías, conexiones y estructuras metálicas por inhibición o aislamiento del medio.

2.2 Clasificación.

Los recubrimientos pueden clasificarse de diversas maneras, atendiendo varios factores:

1.- Según el medio ambiente en que se emplean

- a) Para interiores y
- b) Para exteriores

2.- Según el grado de brillo en:

- a) mate,
- b) semi mate, y
- c) brillante.

3.- Según las condiciones de secado en:

- a) de secado al aire,
- b) de secado forzado, las que pueden secar completamente a una temperatura máxima de 100°C, y
- c) de horneado, las cuales secan a más de 100°C .

4.- Según el medio de aplicación en:

- a) con brocha,
- b) por aspersion,
- c) por inmersión.

5.- Según el uso general a que se destinan en:

- a) industriales,
- b) para uso doméstico,
- c) para usos misceláneos.

6 . - Según la manera en la cual endurecen en:

- a) secado por oxidación,
- b) de secado por polimerización,
- c) de secado por evaporación,
- d) de secado por agente curador.

7 . - Según el uso específico a que se destinan en:

- a) marinas,
- b) para maquinaria,
- c) para pisos,
- d) para implementos agrícolas,
- e) para aparatos domésticos blancos, etc.

2.3 Adherencia de recubrimientos anticorrosivos .

La adherencia de los recubrimientos se explica de dos tipos .

2.3.1 Unión por valencia primaria: Donde el recubrimiento cruza una interfase y se combina con grupos M -OH de la superficie, como se muestra en la fig. 5

2.3.2. Unión por valencia secundaria: Donde la adherencia ocurre vía atracción fisicoquímica (las uniones de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waal ' s entre átomos de los dos componentes) indicado en la . (FIG . 6)

2.4, Características

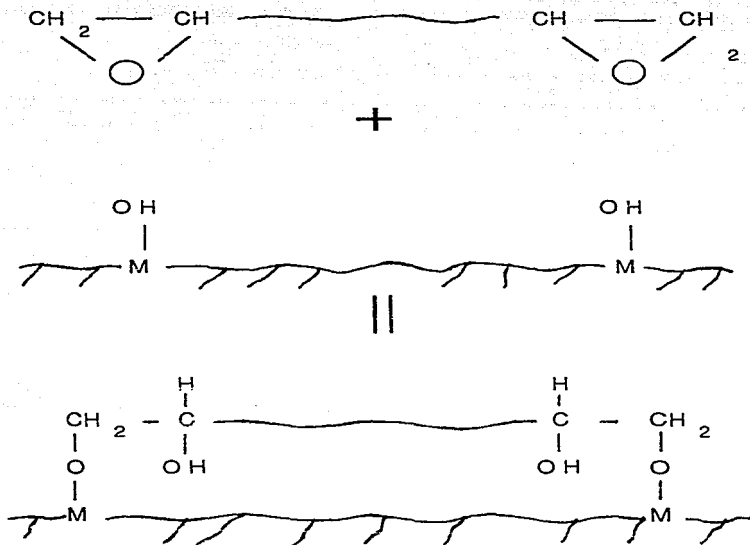
2.4.1 Acabados de hule clorado

Tienen buena resistencia química, es un material que por ser soluble en disolventes económicos se pueden formular acabados de bajo costo. El hule clorado es compatible con muchas resinas y sirve para formular combinaciones con alquidales, resultado excelente en recubrimientos de secado rápido y buena durabilidad. El hule clorado no debe usarse como único formador de película por su mala adherencia.

2.4.2 Acabados Epoxi.

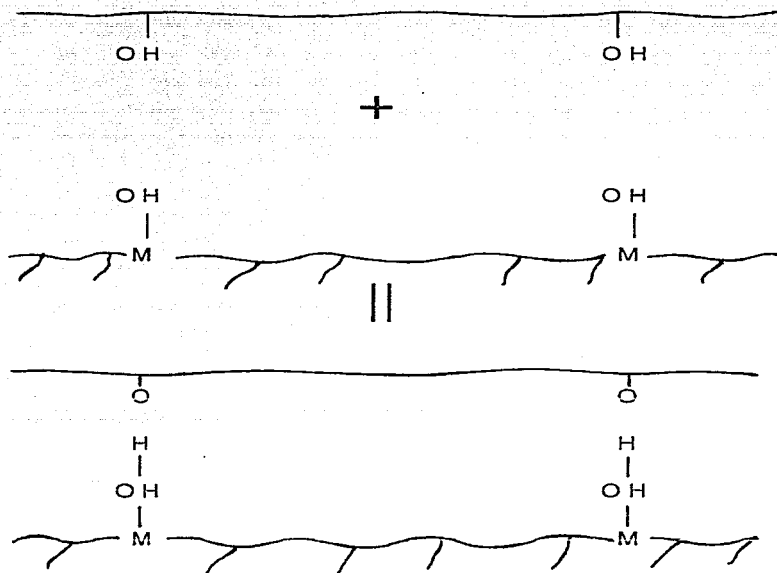
Las resinas epoxi se hacen reaccionar con varios tipos de compuestos y los acabados que resultan tienen propiedades excelentes tales como adherencia, dureza y resistencia a la acción de muchos reactivos. Tienen mala retención de brillo a la intemperie y su elevado costo también limita su consumo. Las resinas epoxi se venden en forma líquida y sólida, que varían en peso molecular y equivalente epóxico, el uso de cada presentación depende de las necesidades en

FIGURA # 5



El recubrimiento epóxico está unido a los grupos M-OH de la superficie metálica vía reacción por condensación

FIGURA # 6



El recubrimiento es unido a los grupos M-OH de la superficie metálica, vía unión de hidrógeno.

particular. Los principales compuestos utilizados para reaccionar con las resinas epoxi son pequeños porcentajes de aminas terciarias y aminas secundarias. De las desventajas que podríamos mencionar de la mezcla son: Un tiempo de residencia corto, en tiempo húmedo los acabados presentan "nublado", muchas personas son alérgicas a las aminas que al manejarlas producen erupciones en la piel muy molestas. Cuando se usan resinas poliamidas para mezclar con las epoxi el tiempo de residencia es de varias horas, lo que da un mayor margen para el manejo. Las poliamidas no son tóxicas, la tendencia a amarillear es mayor al usar poliamidas y la resistencia de los acabados a ciertos disolventes como las cetonas, es limitada. Es importante mezclar la resina epóxica con el endurecedor (poliamida) y dejarlos reposar unas tres horas antes de aplicar el esmalte, para evitar defectos en la película final.

2.4.3 Recubrimientos Ricos en Zinc.

Los hay disponibles en sistemas de uno, dos y tres componentes, en base agua o base solvente. La película seca contiene entre 82 y 92% de zinc metálico por peso. Proporciona una resistencia química similar al galvanizado. Estos recubrimientos resisten el intemperismo por varios meses antes de la aplicación del acabado. Algunos recubrimientos de este tipo pueden resistir temperaturas continuas de hasta 260°C. Tienen buena resistencia al agua salina y se recomiendan como recubrimientos de acabado el epóxico, el hule clorado o el vinílico cuando se tiene una atmósfera corrosiva. Los primarios ricos en zinc se usan generalmente para proteger acero, pero también pueden ser aplicados en otros metales abajo del zinc en la serie electromotriz.

Dependiendo del ligante usado estos primarios pueden clasificarse en orgánicos o inorgánicos. Los tipos silicato son inorgánicos y los epóxicos y similares son orgánicos.

2.4.3.1 Inorgánicos de Zinc. Los recubrimientos inorgánicos silicato-zinc proporcionan la mejor resistencia a la intemperie y a los solventes que cualquier recubrimiento. Las desventajas de este material es su limitada resistencia química y sus propiedades de aplicación críticas, ya que se requiere una buena preparación de superficie y un mínimo de equipo especial.

Es conveniente mencionar que con este tipo de recubrimiento no se presenta corrosión bajo la película después de 10 años de exposición.

2.4.3.2 Orgánicos de Zinc. Algunos recubrimientos ricos en zinc se fabrican combinando polvo de zinc con resinas orgánicas o elastómeros como son: Epóxicas, hule clorado, vinílicas, acrílicas, ester-epóxico, fenólicas y silicones. No hay reacción entre el polvo de zinc y la resina. La concentración de polvo de zinc puede ser 95% en peso o arriba de 70% en volumen. Los primarios orgánicos ricos en zinc presentan el inconveniente de que los ligantes orgánicos pueden encapsular partículas de zinc limitando así la protección galvánica a la cantidad de zinc libre en la formulación. El zinc metálico se disuelve anódicamente ofreciendo protección catódica al sustrato.

2.4.4 Recubrimientos Vinílicos.

Los hay disponibles como soluciones, dispersiones o emulsiones. Al emplear diferentes monómeros y diferentes pesos moleculares, se obtiene un amplio rango de propiedades pero la composición básica es muy similar. Los nombres comunes de los vehículos vinílicos son: Cloruro de polivinilo, acetato de polivinilo, etc. la mayoría de estos materiales son copolímeros de una mezcla de dos o más monómeros. El cloruro de vinilo y el acetato de polivinilo son resistentes a reactivos, a la intemperie y tienen gran flexibilidad y tenacidad, su única desventaja es que producen soluciones de alta viscosidad con un bajo contenido de sólidos. Casi todos los recubrimientos vinílicos se hornean, porque de no ser así su adherencia es defectuosa, aunque existe en el mercado una resina vinílica modificada con el 1% de ácido maleico, que tiene buena adherencia en secado al aire. También existe otra resina vinílica comercial, que posee grupos oxidrilos libres que contribuyen a mejorar la adherencia. Todas estas resinas son relativamente inestables, ya que el cloruro de polivinilo tiende a liberar ácido clorhídrico principalmente en acabados horneados, de esta manera, es necesario usar estabilizadores, se emplean algunos compuestos metálicos o el aceite de soya que es el de mayor uso por su bajo costo. El acetato de polivinilo tiene muy buena retención del color en exposiciones al exterior pero no es recomendada para inmersiones prolongadas en agua.

2.4.5 Recubrimientos de Cromato de Zinc.

Los recubrimientos fabricados con pigmento de cromato de zinc pueden ser de uno o de dos componentes, para el primer caso se puede formular un recubrimiento a base de resina alquídica y para el segundo una de tipo epoxy-poliámidica. Las cualidades inhibitorias del pigmento se deben a que posee iones cromato que

neutralizan los ácidos que se forman durante la corrosión. Los recubrimientos formulados a base de cromato de zinc no son recomendados para condiciones altamente ácidas.

La pasivación y las propiedades inhibitorias del cromato de zinc están dadas por:

- a) La estructura y distribución del tamaño de partícula que tienen influencia en el grado de dispersión e impermeabilidad de la película.
- b) La formación de capas protectoras pasivadoras, P.ej. complejos cromo-hierro.
- c) El contenido de cromato soluble en agua, el cual permite una reducción de la región catódica. La reducción de los iones cromato de Cr VI a Cr III y Cr previenen la formación de hidróxido de hierro.

2.4.6. Recubrimientos alquidales.

Las resinas alquidáticas se conocen también con los nombres de: alcídicas, alquídicas, alquidáticas, alquid, etc. Siendo todos estos términos derivaciones del término alcid. El nombre proviene de las palabras alcohol y ácido. Las resinas, alquidáticas son el producto de la esterificación de un polialcohol con un poliácido. Este tipo de resinas tiene una gran variedad de aplicaciones, se presentan en formulaciones de esmaltes en donde se emplea solo el alquid o bien modificada con hule clorado o vinílicas. El secado de las alquidales es una combinación de la evaporación del solvente y la absorción de oxígeno atmosférico para originar una reacción cruzada. Con las resinas alquidales se pueden formular recubrimientos de secado al aire o curados al horno y obtener también acabados más flexibles con el empleo de plastificantes. La tabla 3. muestra las características relativas de varios tipos de recubrimientos.

TABLA 3 PROPIEDADES DE PELICULA DE PINTURA

TIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	EXCELENTE	EXCELENTE	FALLA	POBRE	EXCELENTE	2	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	POBRE
B	EXCELENTE	BUENO	FALLA	POBRE	BUENO	1.7	FALLA	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE	BUENO	POBRE
C	EXCELENTE	BUENO	BUENO	BUENO	EXCELENTE	3	BUENO	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE	BUENO	BUENO
D	BUENO	EXCELENTE	BUENO	BUENO	EXCELENTE	1.4	BUENO	EXCELENTE	BUENO	BUENO	FALLA	BUENO
E	BUENO	FALLA	FALLA	BUENO	FALLA	1	FALLA	FALLA	POBRE	BUENO	POBRE	BUENO
F	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE	BUENO	BUENO	1.5	BUENO	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE	BUENO	BUENO
G	BUENO	EXCELENTE	BUENO	BUENO	BUENO	1.5	BUENO	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE	BUENO	BUENO

A: EPOXY POLIAMIDA

B: ESTER EPOXICO

C: ACRILICO

D: POLIESTER

E: ALQUIDAL

F: PVC

G: HULE CLORADO

1: ADHERENCIA

2: DUREZA

3: FLEXIBILIDAD

4: RESISTENCIA A DECOLORACION

5: RESISTENCIA AL RAYADO

6: COSTO RELATIVO ft^2

7: RESISTENCIA A SOLVENTES

8: RESISTENCIA A CAMARA SALINA

9: RESISTENCIA AL MANCHADO

10: RESISTENCIA A LA HUMEDAD

11: RESISTENCIA A ACIDOS Y ALCALIS

12: DURABILIDAD AL EXTERIOR

**DESARROLLO
EXPERIMENTAL**

3.1. Consideraciones Previas

A) Originalmente se seleccionaron cinco tipos de recubrimientos anticorrosivos para su evaluación en cámara salina estos eran:

- Alquidal
- Alquidai / Minio
- Alquidai / Cromato de zinc / Huleclorado
- Epóxico / Cromato de zinc
- Zinc 100%, inorgánico.

Al proceder a la fabricación de cada uno de los recubrimientos, se nos informo que la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), prohibió el uso de pigmentos de minio por el contenido de plomo que presentan.

Así el recubrimiento alquidai / minio quedó excluido de esta evaluación.

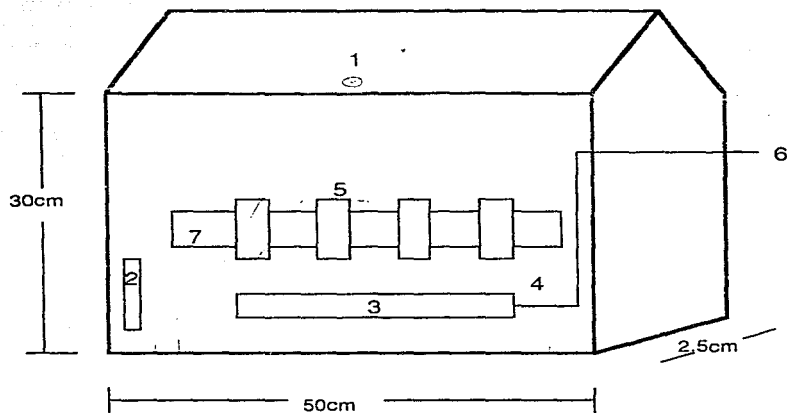
B) Para la evaluación de los recubrimientos propuestos en la cámara de niebla salina se tomó como referencia el método del ASTM B-117 pero haciendo modificaciones en la construcción de la cámara. Ver fig.7

C) Fallas de Recubrimientos :

Cuando los recubrimientos no han protegido de manera efectiva contra la corrosión en el plazo esperado, se puede deber a:

mala preparación de la superficie, mala selección del material, deficiente calidad, incorrecta aplicación y por las condiciones atmosféricas impropias durante la aplicación.

FIGURA # 7



- 1.- Compuerta de la camara
- 2.- Termometro
- 3.- Aereador
- 4.- Nivel de solución salina
- 5.- Muestra en evaluación
- 6.- Suministro de aire
- 7.- Soporte de las muestras.

Las características de las fallas de los recubrimientos mas comunes son:

1) Discontinuidades de la película.

La corrosión se presenta en puntos de oxidación más o menos extendidos debido a una mala aplicación del material, ya que no penetró perfectamente en las irregularidades de la superficie.

2) Ampollamiento.

Se origina por gases o líquidos en o bajo la pintura, que ejercen una presión mayor que la adhesión del recubrimiento. Se presenta cuando las pinturas se encuentran en ambientes húmedos y contaminación entre capas o cuando seca con rapidez.

3) Agrietamiento.

Se origina por esfuerzos mecánicos que actúan en la película del recubrimiento el grado de agrietamiento depende de la flexibilidad y adhesión de los recubrimientos.

4) Corrugado.

Cuando los recubrimientos han sido aplicados en espesores gruesos y secan rápidamente por efecto de la temperatura o de agentes secantes en la superficie.

5) Caleo.

Se origina por la destrucción del vehículo a consecuencia de los rayos solares y el oxígeno, consiste en la flotación de polvo sobre la superficie del recubrimiento.

6) Corrosión bajo película.

Se presenta en dos formas: granular y filiforme.

En la primera se presentan áreas granuladas e irregulares y la segunda tiene aspecto de filamentos. Es ocasionada por defectos en la preparación de la superficie, permeabilidad del recubrimiento o falta de adherencia.

7) Pérdidas de adherencia.

Para evitar la pérdida de adherencia se deben emplear recubrimientos a base de materiales que tengan buena adherencia sobre la superficie metálica y que esta se prepare de una manera adecuada para eliminar cualquier material extraño que impida el contacto íntimo entre ambos.

También puede ocurrir pérdida de adherencia entre diferentes capas de recubrimientos; ésto se presenta cuando:

- a) Se repinta una superficie
- b) Hay incompatibilidad de recubrimientos
- c) Hay contaminación entre capas

D) Costos relativos a recubrimientos :

Una evaluación económica para los recubrimientos anticorrosivos incluye los costos de:

- a) Preparación de superficie
- b) La compra del recubrimiento
- c) La aplicación
- d) El mantenimiento de la pintura
- e) Gastos generales

a) Preparación de la superficie:

El gasto que se hace para dejar la superficie en condiciones para poder recubrirla, el método de limpieza puede ser manual, con solventes, con herramientas, con productos químicos o con chorro de arena, la elección del método de limpieza esta en función del recubrimiento a emplear. Es una parte económicamente importante ya que representa aproximadamente el 50% del costo total del trabajo.

b) Compra del recubrimiento:

Incluye el costo de todas las pinturas que se aplicaran sobre la superficie previamente preparada y además material que se tendra en almacenamiento.

c) Aplicación :

Además del costo de aplicación deben incluirse otros como son: enmascarado, limpieza durante y después de la aplicación, renta de equipo e inspecciones.

d) Mantenimiento de la pintura:

Toma en cuenta los gastos a realizar para mantener la superficie recubierta en condiciones óptimas. Debe tenerse cuidado en hacer una elección correcta del recubrimiento a emplear, tomando en cuenta también si se tiene planeado una demora entre la aplicación de la capa del primario y del acabado; así evitando que cuando se proceda a la aplicación del acabado, resulte que la capa del primario se encuentra en malas condiciones e implique un gasto extra de limpieza.

e) Gastos generales :

Se refiere a los gastos de garantía del material, así como al análisis de compra de equipo que se pudiera necesitar en aplicaciones futuras.

3.2 OBJETIVOS :

- Llevar a cabo evaluación en cámara salina de los recubrimientos propuestos.
- Determinar la durabilidad esperada de los recubrimientos analizados.
- Realizar un análisis comparativo de los costos para cada uno de los materiales evaluados.

3.3 HIPOTESIS :

Los recubrimientos anticorrosivos a base de polvo de zinc son los que poseen la mejor resistencia a la corrosión.

3.4 Material :

3.4.1 Equipo:

- Potenciómetro
- Cronómetro
- Cámara de prueba de niebla salina.
- Cámara fotográfica
- Balanza granatar;a
- Pistola de aire para aplicación de muestra.
- Medidor magnético de espesor de película.

3.4.2 Reactivos :

- Cloruro de sodio
- Agua destilada

3.4.3 Material diverso :

- Espátula
- Navajas de un filo
- Escuadras
- Cinta adhesiva
- Lámina de ensaye de fierro al carbón

3.4.4 Recubrimientos a evaluar:

- Cromato de zinc / alquidal / hule clorado
- Cromato de zinc / epóxico
- Zinc 100% inorgánico
- Alquidal

3.5 Método de niebla salina

1) Preparación de la muestra.

1.1 La limpieza de las láminas se puede llevar a cabo por cualquier método, pero no emplear materiales que puedan funcionar como pasivadores.

1.2 La aplicación de los recubrimientos se hará atendiendo las indicaciones para cada tipo.

1.3 Las láminas recubiertas para la evaluación serán marcadas y punzonadas con una "X" y los bordes protegidos con cera o material epóxico.

2) Posición de las muestras durante la prueba.

2.1 Los paneles son colocados en el gabinete de prueba de 15 a 30° de la vertical.

2.2 Las muestras se colocan de tal manera que se permita el flujo de nieblas entre ellas, evitando el contacto entre los paneles y el goteo de una muestra a otra.

3) Solución salina.

3.1 La solución salina se prepara disolviendo 5+-1 partes en peso de cloruro de sodio en 95 partes de agua destilada, que no contenga más de 200 ppm de sólidos totales. El cloruro de sodio a emplear deberá estar libre de níquel y cobre y contener en base seca, no más de 0.1% de yoduro de sodio.

3.2 El pH de la solución salina estará comprendido en el rango de 6.5 a 7.2 a unas condiciones de temperatura de 33.3 a 36.1 °C

4) Suministro de aire comprimido.

4.1 El suministro de aire comprimido para atomizar la solución salina deberá estar libre de aceite y basura y mantenerse entre 10 y 25 PSI.

5) Condiciones en la cámara salina .

5.1 Temperatura . La zona de exposición se mantendrá de 33.3 a 36.1 °C

6) Continuidad de la prueba.

6.1 La prueba debera ser continua durante el periodo de exposición, excepto las interrupciones necesarias para inspeccionar, remover las muestras y checar la solución.

7) Periodo de prueba.

7.1 Se llevará a cabo periodos de prueba de 24 hrs. para la inspección de las muestras en evaluación.

8) Limpieza y evaluación de muestra al final de la prueba.

8.1 Las muestras deberán ser cuidadosamente removidas.

8.2 Se lavará en agua corriente limpia, con una temperatura no mayor de 38°C y secadas inmediatamente con una corriente de aire comprimido seco y limpio.

9) Evaluación de resultados.

9.1 Después de la limpieza final se hara inmediatamente una evaluación cuidadosa de extensión de corrosión u otra falla.

3.6 Construcción de la cámara

1) El gabinete

1.1 El gabinete tendrá las dimensiones indicadas en la Fig. 7

1.2 La cámara será de material inerte en este caso vidrio, pero también puede ser metálico y recubierta con hule o material de tipo epóxico.

2) Control de temperatura.

2.1 Se usara un calentador de inmersión para obtener la temperatura indicada.

RESULTADOS

1) Características de los recubrimientos evaluados

	Pe	% Sv	% Sp	P V C	Color	M
Alquidial	1.0069	27.48	43.76	20.09	Rojo óxido	100
Alquidial/ Hule clorado/ Cromato de zinc	1.2367	42.93	59.49	38.32	Rojo óxido	100
Epóxico/ cromato de zinc	1.2935	48.44	66.08	43.33	Rojo óxido	150
Inorgánico de zinc.	2.500	56.50	79.00	47.25	Gris	50

P.e : Peso Específico

%Sv : % de sólidos en volúmen

%Sp : % de sólidos en pesos

PVC : Concentración volumétrica del pigmento

M : Viscosidad, segundos copa Ford #4 (25°C)

2) Se practicó limpieza manual (con lija de esmeril), a las láminas que fueron recubiertas con alquidal, alquidal/hule clorado/cromato de zinc y epóxico/ cromato de zinc. A las recubiertas con el inorgánico de zinc, se utilizó limpieza con chorro de arena.

3) Los espesores de película aplicados a las láminas de ensaye son: dados en milésimas de pulgada

<u>RECUBRIMIENTOS</u>	<u>Nº DE APLICACIONES</u>	<u>ESPESOR MILS</u> <u>SECA POR APLICACION</u>
Alquidal	2	1.5
Alquidal/ Hule clorado/ Cromato de zinc	2	1.5
Epóxico/ Cromato de zinc	1	2.0
Inorgánico de zinc.	1	3

4) Los recubrimientos se aplicaron con equipo de aspersión (pistola de aire).

5) Los bordes y las partes posteriores de las láminas se recubrieron con un material de tipo epóxico.

6) Se dejaron reposar una semana las láminas ya aplicadas, antes de introducirlas en la cámara salina.

7) Los criterios que consideramos para las evaluaciones de los recubrimientos son:

- Al llevar acabo las evaluaciones de las láminas en la cámara salina cada 24 hrs, no deben presentar cualquier pérdida de adherencia o ampollamiento a más de 1/8 de pulgada de la marca en "X".
- Al aparecer ampollas o manchas de corrosión a simple vista, también fue un criterio para considerar la falla del recubrimiento.

8) Durante la evaluación de los recubrimientos, solo se presentó una interrupción, por causa del mal funcionamiento del calentador esta interrupción fue de 10 hrs. en el día 29.

9) Las observaciones efectuadas a los recubrimientos en el periodo de prueba son las mostradas en la tabla 4.

10) Periodo de exposición

<u>RECUBRIMIENTO</u>	<u>CAMARA SALINA (HORAS)</u>
Alquidal	168
Alquidal/ Hule clorado/ Cromato de zinc	336
Epóxico/ Cromato de zinc	552
Inorgánico de zinc	Más de 1,000

11) Al llegar al día de exposición # 42 el recubrimiento inorgánico de zinc no presentó algún cambio, por lo que se decidió parar la prueba y reportar una resistencia mayor a 1,000 hrs de cámara salina para dicho recubrimiento.

TABLA 4

OBSERVACIONES EFECTUADAS

DIA DE EXPOSICION	TIPO DE RECUBRIMIENTO			
	ALQUIDAL	ALQUIDAL/ HULE CLORADO/ CROMATO DE ZINC	EPOXICO/ CROMATO DE ZINC	INORGANICO DE ZINC
1	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
2	Empieza oxidación en marca "X"	Idem	Idem	Idem
3	Idem	Idem	Idem	Idem
4	Mayor oxidación en marca "X"	Empieza oxidación en marca "X"	Empieza oxidación en marca "X"	Idem
5	Idem	Idem	Idem	Idem
6	Idem	Idem	Idem	Idem
7	Presencia de ampollas en marca "X" y en los bordes, falla del recubrimiento alquidal". Fig. 8-C	Mayor oxidación en marca "X"	Mayor oxidación en marca "X"	Idem
8		Idem	Idem	Idem
9		Idem	Idem	Idem
10		Idem	Idem	Idem
11		Idem	Idem	Idem
12		La corrosión va más allá de la marca "X". aprox. 2mm.	Idem	Idem
13		Idem	Idem	Idem
14		La corrosión va más allá de la marca "X" aprox. 5mm. y presenta ampollamiento en la parte inferior de la placa "falla del recubrimiento" Fig. 8-A	Idem	Idem
15			Idem	Idem
16			Idem	Idem
17			Idem	Idem
18			La corrosión va más allá de la marca "X", aprox. 2mm.	Idem
19			Idem	Idem
20			Idem	Idem
21			Idem	Idem
22			Idem	Idem
23			La corrosión va más allá de los 2 mm. de la marca, además de presentar ampollamiento en esta zona, falla del recubrimiento" Fig. 8-D	Idem
24				Idem
25				Idem
.				.
.				.
.				.
42				Idem

Fig. 8-B

12) La durabilidad esperada para cada uno de los recubrimientos es:

<u>RECUBRIMIENTO</u>	<u>CAMARA SALINA (HORAS)</u>	<u>DUARBILIDAD ESPERADA (AÑOS)</u>
Alquidal	168	1.7
Alquidal/ Hule clorado/ Cromato de zinc	336	3.4
Epóxico/ Cromato de zinc	552	5.5
Inorgánico de zinc	Más de 1,000	Más de 10

se considera, por experiencia de la práctica que cada 100 hrs. de resistencia en cámara salina de un recubrimiento, equivalen a una durabilidad de un año en una atmósfera moderada. Lo que reporta la literatura se muestra en la tabla 5.

TABLA 5 DURABILIDAD ESPERADA DE RECUBRIMIENTOS

RECUBRIMIENTO	ESPESOR MILS SECA	VIDA EN AÑOS		
		LIGERA	MODERADA	SEVERA
Alquidal	3.5	2	1	1/2
Epóxico	6.0	7	6	5
Inorgánico de zinc/ epóxico	8.0	12	10	7

Ligera: Atmósfera residencial, con humos industriales despreciables.

Moderada: Presencia de plantas industriales con una contaminación de humos regular.

Severa: Plantas químicas en gran cantidad, con alto nivel de contaminación de humos. Incluye también la atmósfera de brisa marina.

T A B L A 6:

COSTOS RELATIVOS APROXIMADOS A RECUBRIMIENTOS EVALUADOS

RECUBRIMIENTO	ESPEJOR MILS. SECA	COSTO DE PREPARACION DE SUPERFICIE M ² (\$)	COSTO DE APLICACION M ² (\$)	COSTO DEL RECUBRIMIENTO M ² (\$)
ALQUIDAL	3.0	2,500.00	1,500.00	2,000.00
ALQUIDAL/ HULE CLORADO/ CROMATO DE ZINC	3.0	18,000.00	3,500.00	5,000.00
EPOXICO/ CROMATO DE ZINC	2.0	18,000.00	3,500.00	8,000.00
INORGANICO DE ZINC	3.0	28,000.00	5,000.00	16,300.00

FUENTE: INFORMACION DIRECTA DE CONTRATISTAS DE OBRA (ACABADOS TRIDIMENSIONALES, S.A. DE C.V.),
SE CONSIDERA TRABAJO EN LAMINA (P.EJ. TANQUES DE ALMACENAMIENTO), A UNA ALTURA DE 4 MTS.

FIGURA # 8

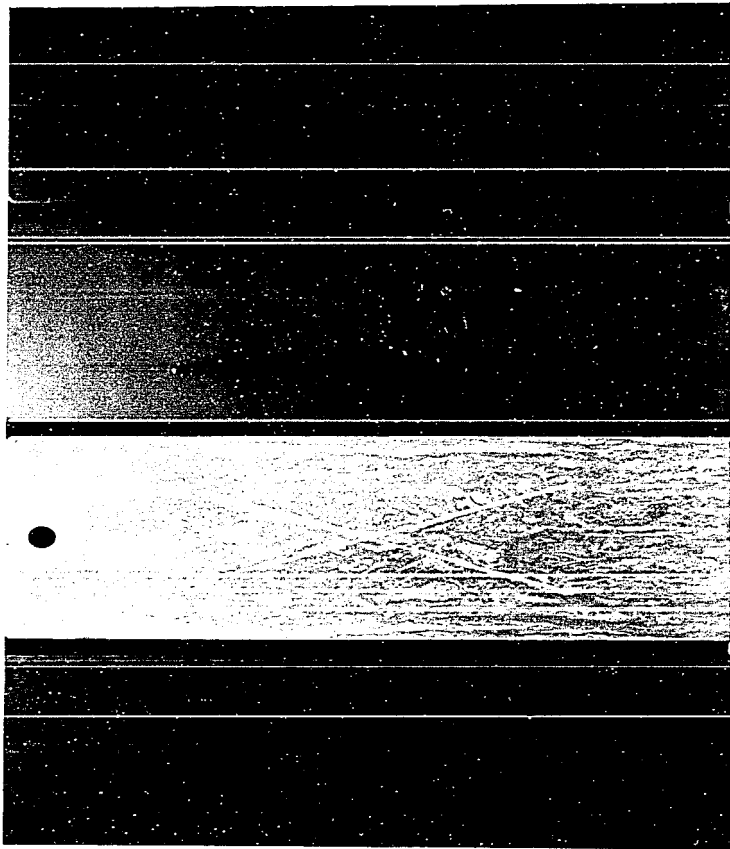


FIGURA 8A : Exposición de 336 hrs. del recubrimiento alquidal/
clorado/cromato de zinc.
(falta del recubrimiento)

FIGURA 8B : Exposición de más de 1,000 hrs. del recubrimiento
inorgánico de zinc
(sin falla)

FIGURA 8C : Exposición de 168 hrs. del recubrimiento alquidal
(falta del recubrimiento)

FIGURA 8D : Exposición de 552 hrs. del recubrimiento epóxico/
cromato de zinc
(falta del recubrimiento).

ANALISIS DE RESULTADOS

- Las características de los recubrimientos evaluados corresponden a especificaciones que solicita Petróleos Mexicanos (PEMEX), para el inorgánico de zinc, especificación RP-4B; La Comisión Federal de Electricidad (CFE), para el epóxico / cromato de zinc, especificación P.3 y para los recubrimientos: alquidal / hule clorado / cromato de zinc y alquidal, corresponden a características comerciales.

- Todos los recubrimientos se fabricaron en el laboratorio de Permasol s.a. de c.v.

- Los espesores de película que se emplearon en la evaluación, son los requeridos en la industria.

- Las láminas se dejaron reposar una semana, antes de introducirlas en la cámara de niebla salina, para que de esta manera, adquieran sus cualidades. Industrialmente se siguen los mismos pasos, esto es, cuando un equipo se recubre, se deja en reposo unos días antes de ponerlo en servicio.

- Los criterios que se establecieron para la evaluación de la resistencia de los recubrimientos en la cámara salina, están tomados referentes a los que se consideran en los laboratorios de prueba industriales.

- En la tabla # 4, correspondiente al periodo de prueba, se observa el ataque que sufre el recubrimiento alquidal, esto porque la película no tiene ningún material inhibidor a la corrosión, solo posee la propia resina alquidal, pero esta es fácilmente atacada por la niebla salina. El recubrimiento alquidal/ hule clorado/ cromato de zinc, presenta una resistencia mayor a la niebla salina, en este recubrimiento ya esta presente un pigmento inhibidor a la corrosión como es el cromato de zinc, que neutraliza los ácidos que se forman durante la corrosión. Para el recubrimiento epoxico/cromato de zinc se presenta una resistencia aún mayor al medio corrosivo, esto principalmente por:

- 1) El aumento en la concentración del cromato de zinc
- 2) El recubrimiento epoxy-poliamida forma películas muy duras, comparadas con los acabados de cerámica.

Finalmente el recubrimiento inorgánico de zinc está formulado con polvo de zinc, que se sacrifica por el hierro y con un vehículo de silicato que al aplicarse forma una película sumamente dura. Vease fig. 8.

- Para el periodo de exposición, los resultados que se obtuvieron concuerdan con los reportados en la literatura, para epóxico / cromato de zinc que establece un mínimo de resistencia de 300 hrs, para el inorgánico de zinc, un mínimo de 2000 hrs y para el recubrimiento alquidal/hule clorado/ cromato de zinc, que si se considera como contra tipo del recubrimiento primario # 2 (RP-2) que reporta un mínimo de resistencia de 200 hrs, podemos asumir que estos tres recubrimientos cumplen con la especificación de resistencia a la niebla salina marcada por Petróleos Mexicanos (PEMEX). El resultado del recubrimiento alquidal podemos compararlo con el de la tabla 5, reportado en la literatura, observándose la congruencia de datos.

- La tabla 5 reporta un dato de durabilidad esperada del recubrimiento inorgánico de zinc / epóxico, es conveniente hacer notar que en este caso se refiere al sistema, es decir, a una película aplicada de inorgánico de zinc que funciona como primario y a una capa de acabado, en este caso un recubrimiento de tipo epóxico.

- En la tabla 6 se presenta un cuadro comparativo de costos aproximados para cada uno de los recubrimientos evaluados. Es importante hacer notar que para tomar una decisión de que recubrimiento es el que empleará depende, como se mencionó anteriormente, del medio en la que se mantendrá la pintura y si se presentan alternativas, se evaluarán los aspectos marcados en la tabla 6, considerando además, los resultados obtenidos de la niebla salina.

CONCLUSIONES

- El recubrimiento inorgánico de zinc, resultó ser el que tiene una resistencia mayor a la niebla salina, parándose la prueba al tener más de 1,000 hrs. sin presentar alguna huella de corrosión. Posteriormente resultó el recubrimiento epóxico/cromato de zinc, con una resistencia de 552 hrs, en tercer lugar el recubrimiento alquidial/hule clorado/cromato de zinc con 336 hrs y el que resultó con un soporte menor fue el alquidial con 168 hrs. Con lo anterior se comprueba la hipótesis presentada al principio del desarrollo experimental.

- La resistencia a la corrosión de los recubrimientos en acero se ve favorecida por algunos factores como son: la impermeabilidad de los recubrimientos al agua y a los iones. Así como a la inclusión de inhibidores de corrosión en la formulación de la pintura.

- En base a los resultados que se han obtenido para una sola capa de recubrimiento, se propone que se lleven a cabo evaluaciones en cámara salina de sistemas como pueden ser:

PRIMARIO	ACABADO
Alquidial/ Hule clorado/ Cromato de zinc	Alquidial
Epóxico/ Cromato de zinc	Epóxico
Inorgánico de zinc	Epóxico de altos sólidos

Para de esta manera obtener resultados del sistema en conjunto, que es de suma importancia a nivel industrial.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Blanco, A., Ives, L. "Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos", Química s.a., México D.F., 1966.
- 2) Raymon, B., Seymour, "Recent Advances in Coatings Science Technology", Journal of Coatings Technology, (USA, April 1988), vol. 60 nº 759.
- 3) Sydney, H. "Introduction to Physical Metallurgy", Mc Graw Hill, USA 1974.
- 4) Weismantel, G., "Paint Handbook" , Mc Graw Hill, USA 1981.
- 5) Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPyT), "Semblanza de la Industria de Pinturas y Tintas de Impresión en México", México, Junio 1983.
- 6) Petróleos Mexicanos (PEMEX), "Protección Anticorrosiva a Base de Recubrimientos", México, 1980.
- 7) ASTM Referencia B-117.
- 8) Payne, "Organic Coating Technology", Wiley, vol. I y II, USA. 1965.
- 9) Skerry, B., et al, "Environmental and Electrochemical Test Methods for de Evaluation of Protective Organic Coatings", Journal of Coatings Technology, (USA, October 1988), vol. 60 nº 765, pp. 97-106.
- 10) Bigos, J. , "Steel Structures Paintings Council", SSPC, vol. I y II, Pittsburgh, USA, 1966.

11) Annegret, B., "Advance Phosphate Anticorrosive Pigments for Compliant Primers", Journal of Coatings Technology, (USA, October 1989), vol. 61 n° 777, pp.111-112.

12) Hare, C., "Anti-corrosive Barrier and Inhibitive Primers", Federation Series on Coatings Technology, Unit twenty- seven, USA, March 1979.

13) Hare, C., "Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting", Federation Series on Coatings Technology, Unit. twenty-six, USA, 1978.