

12



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"



CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
PARA EL MANTENIMIENTO OPTIMO DE PLANTAS  
INDUSTRIALES

MEMORIA DE DESEMPEÑO LABORAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :  
**ISAAC DIAZ AGUILAR**

ASESOR : ING. JORGE Á TALA MOLANO



UNAM  
CAMPUS ACATLAN

MÉXICO, D.F.

MAYO, 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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 esta 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.

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

## OBJETIVO

### 1.- CORROSIÓN.

#### 1.1.- Tipos de Corrosión.

1.1.1 Corrosión General.

1.1.2 Corrosión Localizada.

1.1.3 Corrosión Influenciada Metalúrgicamente.

1.1.4 Corrosión por Degradación Asistida Mecánicamente.

1.1.5 Corrosión por Fractura Inducida Ambientalmente.

#### 1.2.- Mecanismo de Corrosión.

#### 1.3.- Cálculo de la velocidad de corrosión.

#### 1.4.- Efectos producidos por la corrosión no controlada.

#### 1.5.- Formas de protección anticorrosiva.

### 2.- PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.

#### 2.1.- Su importancia.

#### 2.2.- Métodos de Preparación de Superficies.

2.2.1 Superficies metálicas.

2.2.2 Superficies no metálicas.

### 3.- TECNOLOGÍA EN RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.

#### 3.1.- Mecanismos de Protección.

#### 3.2.- Composición y Familias de Recubrimientos.

3.2.1.- Causas y prevención de fallas en los Recubrimientos.

3.2.2.- Fallas inherentes a la formulación de los recubrimientos

3.2.3.- Fallas relativas a la adherencia entre la intercara metal-recubrimiento.

3.2.4.- Fallas inherentes al sustrato.

3.2.5.- Fallas por problemas de aplicación.

3.2.6.- Fallas por problemas de diseño.

3.2.7.- Fallas por fuerzas externas.

#### 3.3.- Sistemas de Recubrimientos de Alto Desempeño.

3.4.- Criterios de Selección y métodos de aplicación.

#### 4.- INSPECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.

4.1.- Objetivo.

4.2.- Equipo de Inspección.

4.3.- Inspección antes de la aplicación.

4.4.- Inspección de Recubrimientos.

#### 5.- PROGRAMACION.

5.1.- Contenido.

5.2.- Etapas.

5.3.- Reconocimiento de las Instalaciones.

5.4.- Clasificación de las áreas genéricas.

5.5.- Determinación de los grados de corrosividad.

5.5.- Presentación de resultados.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA.

# CONSULTORÍA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES PARA EL MANTENIMIENTO ÓPTIMO DE PLANTAS INDUSTRIALES.

## INTRODUCCION.

En la actualidad el fenómeno de la corrosión ha logrado alcanzar insospechados niveles de importancia. Esto se debe fundamentalmente al gran impacto que ejerce en la economía global sobre todo en nuestro país, tomando en cuenta que la incidencia de sus efectos se inicia en una escala pequeña, en la que se puede incluir el deterioro gradual de mobiliario y equipo de uso domestico, automóviles, etc. y concluye en una escala mayor cuando se contempla la destrucción gradual de los grandes complejos industriales estructuras metálicas de dimensiones considerables. plantas nucleares, plantas de suministro eléctrico, barcos, aviones, ferrocarriles, etc. cuyo costo de mantenimiento implica una erogación fuerte de recursos económicos, incrementándose aún más cuando se tienen pérdidas invaluable de vidas humanas al presentarse fallas en los equipos ya mencionados, de ahí la importancia de conocer los mecanismos por las cuáles se genera la corrosión electroquímica en sus diferentes formas, así como las formas en que se puede controlar, tales conceptos se determinan en el Capitulo 1.

Para la mayoría de las grandes compañías de proceso y manufactura, sus instalaciones de producción constituyen el mayor elemento de capital invertido. Proteger esta inversión manteniendo las superficies protegidas, es una labor que debe realizarse en forma correcta y periódica, de lo contrario, ocurren importantes pérdidas por el progresivo deterioro de las superficies, ya que sin un recubrimiento protector el acero comenzará a corroerse a diferentes velocidades dependiendo del ambiente y del clima. Por otro lado, dentro de los diferentes métodos de protección anticorrosiva, los recubrimientos constituyen el método más versátil y costeable, es por ello que en los capitulos 2, 3, 4 se analizan los diferentes tipos de recubrimientos, la correcta aplicación, así como el método más apropiado para preparar las superficies metálicas y no metálicas.

Vivimos en un mundo de números, donde los costos que se generen para realizar cualquier trabajo deben estar perfectamente justificados. Cada decisión de compra debe estar ponderada entre las diferentes alternativas sobre la base de ahorros y el presupuesto de mantenimiento que se contemple para mantener en buen estado los diferentes substratos que componen las plantas industriales. analizar cuidadosamente sobre las alternativas más viables permitirá diseñar un programa de mantenimiento óptimo a mediano y largo plazos, el cuál incidirá directamente sobre costos más bajos que es lo que se busca en la actualidad, en el capítulo 5 se establece un procedimiento sistematizado para realizar estudios en plantas industriales, así como un ejemplo de estudio realizado.

**CONSULTORÍA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
PARA EL MANTENIMIENTO ÓPTIMO DE PLANTAS  
INDUSTRIALES.**

**OBJETIVO.**

- **EL:** Analizar los efectos que produce la corrosión en los substratos metálicos y no metálicos de Plantas Industriales, conociendo cuales son los mecanismos por las cuales se genera así como las principales formas en que se presenta.
- **PARA QUE:** Mediante éste análisis, controlemos sus efectos, a través de anteponer barreras físicas (recubrimientos) entre el substrato y el medio ambiente, estudiando los criterios de selección, los tipos de preparación de superficies y métodos de aplicación adecuados, así como una inspección antes, durante y después de la aplicación, para asegurar un óptimo aprovechamiento de los diferentes Sistemas de Recubrimientos.
- **DE MANERA QUE:** Con éstos conocimientos el ingeniero adquiera la capacidad de diseñar una programación anticorrosiva que permita mantener en buen estado a mediano y largo plazo los equipos e instalaciones con que cuentan las plantas industriales, a un costo menor comparado con los costos que se generan cuando se realiza un mantenimiento de tipo correctivo.

## CAPITULO 1

### CORROSIÓN.

La corrosión metálica es el desgaste superficial que sucede cuando los metales se exponen a ambientes reactivos. Los compuestos químicos que constituyen los productos de tal desgaste son parientes cercanos de las rocas minerales metalíferas que se encuentran en la corteza terrestre. En otras palabras, las reacciones de corrosión ocasionan que los metales regresen a sus menas originales.



CORROSIÓN METÁLICA

A temperaturas superiores a 200 °C existe una reactividad significativa de la mayoría de los metales en humedad relativa baja (menor al 50%) y la rapidez y magnitud de la reacción aumentan progresivamente, tanto si se incrementa la temperatura como si el aire es contaminado por otros gases. En general, puede decirse que el grado de desgaste depende principalmente de las propiedades de conducción iónica del producto de corrosión, en el caso en que esté presente como una capa sólida, y por su resistencia mecánica y adherencia al metal subyacente. El estudio de la corrosión a temperatura elevada es entonces, un estudio de las propiedades semiconductoras de óxidos, sulfuros, etc., y de la influencia de la temperatura, presión y los contaminantes iónicos sobre la coherencia mecánica, estabilidad y permeabilidad de éstos.

A las temperaturas en el que el agua es líquida, el proceso de corrosión que predomina es electroquímico: esto es, el desgaste metálico ocurre por disolución anódica. Así, aún en aire húmedo, en el cual no está presente una masa de agua, puede formarse una capa muy delgada de agua, quizá como resultado de la hidratación de una capa sólida de óxido,

sulfuro o carbonato, formada químicamente al principio de la condensación ocurrirá cuando la presión de saturación del agua en el ambiente exceda a la presión parcial del vapor del agua (esto es, actividad) del agua de cristalización en una sal, por ejemplo. Es esta delgada capa de agua la que proporciona el solvente y el electrólito conectador necesario para la corrosión electroquímica. Cualquiera que sea el origen del agua, ya sea una capa condensada o una masa, los mecanismos básicos de la corrosión son similares. El metal se disuelve primero como iones y los productos sólidos tal como el moho, pueden o no formarse mediante una reacción subsecuente.

Dependiendo de la zona geográfica, temperatura ambiente, el progreso de la corrosión electroquímica estará determinado por un número de factores, de entre los cuales, tiene primordial importancia la naturaleza (agresividad, concentración) de cualesquiera reactivos oxidantes que estén presentes. Empero a diferencia de la corrosión a temperatura elevada, la rapidez de corrosión electroquímica no sólo está determinada por las propiedades conductoras de las capas superficiales formadas por el proceso, sino también por factores cinéticos, tales como la difusión volumétrica y las reacciones de transferencia de electrones, todos los cuales, por supuesto, ocurren más lentamente a bajas temperaturas. El estudio de la corrosión a baja temperatura es entonces un estudio de la electroquímica, la cinética heterogénea del electrodo, y de la influencia de la temperatura, el pH, la concentración y geometría del espécimen sobre la disolución metálica y sobre la formación y propiedades de las capas superficiales.

Se ha invertido mucho esfuerzo en el desarrollo de recubrimientos de alto desempeño que aíslan al metal del ambiente o que disminuyen la rapidez de corrosión hasta proporciones aceptables. Algunas veces este objetivo puede alcanzarse mediante la manipulación del ambiente, añadiéndole "inhibidores" de corrosión solubles que favorecen la formación espontánea de una capa protectora, o bien, mediante la juiciosa adición de elementos susceptibles de aleación del metal.

Resumiendo para que exista la corrosión electroquímica se deben de tener al menos cuatro elementos los cuales son:

- 1.- Anodo
- 2.- Cátodo
- 3.- Conductor metálico
- 4.- Conductor electrolítico.

El término ánodo describe aquella porción de la superficie metálica en que tiene lugar la corrosión y en el cual se producen electrones. El término cátodo se aplica a la porción de una superficie metálica en la cual los electrones producidos en el ánodo se combinan con determinadas especies presentes en el electrólito.

Un electrolito es una sustancia o mezcla química que contienen iones que migran en un campo magnético.

## 1.1 TIPOS DE CORROSION.

La corrosión toma muchas formas, de las cuales la más simple es el ataque uniforme. Esta es quizá la forma más comúnmente encontrada, y se caracteriza por el adelgazamiento progresivo y uniforme del componente metálico. Debido a esta uniformidad, es relativamente fácil para el ingeniero considerar un margen de corrosión al decidir el espesor del recubrimiento a un reactor o el de la pared de un tubo.

Existen además, otros tipos de corrosión cuya clasificación se puede considerar en función a su forma y origen, las cuáles se señalan y se clasifican cada una, en sus respectivas formas.

Corrosion General

Corrosión Localizada.

Corrosión Influenciada metalúrgicamente

Degradación asistida mecánicamente.

Fractura inducida ambientalmente.



I. CORROSION  
GENERAL



II. CORROSION  
LOCALIZADA



III. CORROSION  
INFLUENCIADA  
METALURGICAMENTE

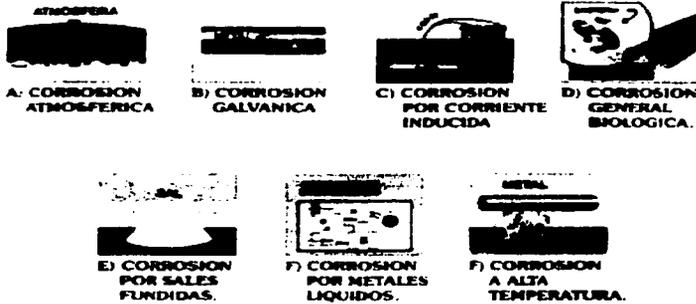


IV. DEGRADACION  
ASISTIDA  
MECANICAMENTE



V. FRACTURA INDUCIDA  
AMBIENTALMENTE

## 1.1.1 CORROSION GENERAL CLASIFICACIÓN



### Corrosión atmosférica:

Es el tipo de corrosión generada a partir de la exposición de los substratos metálicos al intemperismo en el cual se encuentran presentes diversas especies químicas que intervienen en el proceso corrosivo, de manera directa o indirecta, tal es el caso de los  $SO_x$ , (Sulfatos)  $NO_x$  (nitratos) etc.

### Corrosión de atmósferas salinas:

Es el tipo de corrosión generada por la exposición del metal en zonas de alta humedad con alto contenido de salmuera disuelta, lo cual al entrar en contacto con el substrato actúa como electrólito acelerando el proceso corrosivo.

### Corrosión por corriente inducida:

Es el tipo de corrosión en la cual el metal entra en contacto ocasional con corriente eléctrica lo que ocasiona corrosión acelerada, siendo también función del oxígeno y del pH, el punto donde la corriente entra en contacto con el substrato se convertirá en cátodo debido a los cambios de potencial mientras que el sitio donde deja el metal se convertirá en ánodo.

### Corrosión por sales fundidas:

Es el tipo de corrosión acelerada de las superficies metálicas calientes que resulta del efecto combinado de oxidación y reacciones con compuestos de azufre y otros contaminantes, tales como los cloruros, para formar una sal fundida sobre una superficie metálica cuyos fundentes, destruyen, o rompen el óxido protector normal.

### Corrosión Galvánica:

Es el tipo de corrosión asociada con una celda galvánica. Es la corrosión acelerada de un metal debido a un contacto eléctrico con un metal más noble o un conductor no metálico en un electrolito corrosivo.

### Corrosión General biológica:

La corrosión microbiológica no es estrictamente un tipo de corrosión, sino que ocurre como resultado directo o indirecto de la actividad metabólica de los micro-organismos.

### Corrosión en metales líquidos:

Se manifiesta de las siguientes formas:

- a) Disolución de una superficie por disolución directa, reacción con la superficie o ataque intergranular.
- b) Impurezas y reacciones intersticiales.
- c) Aleaciones.
- d) Reducción.

### Corrosión a alta temperatura:

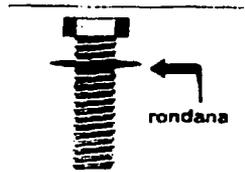
Corrosión que se da a temperaturas lo suficientemente altas para gasificar la atmósfera.

### 1.1.2 CORROSION LOCALIZADA

### CLASIFICACIÓN



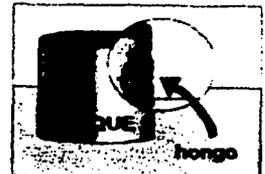
**A) CORROSION FILIFORME**



**B) CORROSION EN ORIFICIOS**



**C) CORROSION POR PICADURA**



**D) CORROSION LOCALIZADA BIOLÓGICA**

### **Corrosión filiforme:**

Corrosión que ocurre sobre superficies bajo recubrimientos de película orgánica de 4 milésimas de espesor. Se caracteriza por la formación de hilos o filamentos fortuitamente distribuidos y que avanzan a través de la superficie del metal.

La causa principal de la formación de estos hilos es que existe un ambiente húmedo y agentes biológicos que forman de hongos entre la intercara metal pintura. La corrosión filiforme ocurre en recubrimientos para el acero, sobre finas laminas de aluminio.

La corrosión filiforme ocurre con una humedad relativa de 65 % al 90 %, los filamentos cambian según el tipo de ambiente, y se caracterizan además por tener un arreglo en formas de túneles.

### **Corrosión en orificios:**

Es la corrosión localizada en forma de hendidura entre dos superficies, donde por lo menos una de ellas es un metal, y una de estas superficies está protegido de la exposición total al medio ambiente.

### **Corrosión por picadura:**

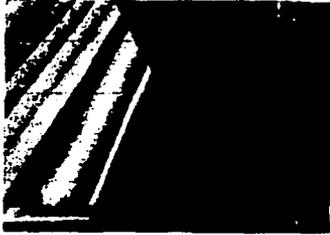
Un picadura es un hoyo que se desarrolla de tal manera que su ancho es comparable o menor que su profundidad.

La corrosión por picadura se caracteriza por un ataque localizado en forma de pequeños agujeros profundos que avanzan rápidamente, llegando a perforar gruesas secciones de estructuras metálicas, haciendo a éstas deficientes en sus propiedades mecánicas e inutilizándolas por completo, cuando se presenta, el picado puede provocar la falla repentina en un componente que de otra manera sería inmune al ataque, por lo tanto es una de las formas de corrosión más destructivas.

### **Corrosión localizada biológicamente:**

El ataque ocurre debajo de depósitos de microorganismos en fase líquida, los microorganismos crecen en lodos generando una especie de burbuja de oxígeno cuando el substrato es acero, y cuando es cobre el metal, los microorganismos generan  $\text{CO}_2$ , bióxido de carbono,  $\text{H}_2\text{S}$  ácido sulfídrico,  $\text{NH}_3$  amoníaco.

### 1.1.3 CORROSION INFLUENCIADA METALURGICAMENTE. CLASIFICACIÓN



**A) CORROSION  
INTERGRANULAR**



**B) CORROSION  
POR DESALEACION  
(LIXIVIACIÓN)**

#### Corrosión intergranular:

Corrosión preferencial en lo adyacente a los límites de grano de un metal o aleación, generada por las diferencias de potencial. También se llama corrosión intercrystalina.

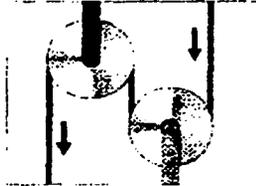
El ataque selectivo en los bordes de grano puede provocar el desprendimiento de granos enteros: esto es especialmente notable cuando en el metal se tiene una fuerte estructura de rolado, puesto que se produce la corrosión en capas (algunas veces denominada "exfoliación" debido a la cáscara en forma de hojas que se produce).

#### Corrosión por desaleación (lixiviación) :

Es el tipo de corrosión en donde un constituyente de la aleación es removido dejando una estructura residual y alterada. Existen 2 teorías del mecanismo de la corrosión por desaleación, la primera es que dos metales en una aleación están disueltos y uno se redeposita en la superficie. En la segunda teoría un metal es disuelto selectivamente proveniente de la aleación, dejando un residuo poroso en la superficie más noble.

## 1.1.4 CORROSIÓN POR DEGRADACION ASISTIDA MECÁNICAMENTE

### CLASIFICACIÓN



#### Corrosión por erosión:

Es el tipo de corrosión en donde interactúan las acciones de corrosión y erosión como resultado de la acción abrasiva de un fluido. ( solución o gas ) moviéndose a alta velocidad causando la pérdida acelerada de material generando una reacción de corrosión acelerada por el movimiento relativo de un fluido corrosivo y la superficie del metal.

#### Corrosión por frotamiento:

Tipo de corrosión del deterioro resultante de fricciones repetitivas en la interfase entre dos superficies (desgaste) en un ambiente corrosivo. Sucede especialmente en cuerdas de alambre, los cuales se frotan unos a otros , y si no están bien lubricados, sus superficies se sueldan localmente en áreas pequeñas, tales soldaduras se rompen con movimientos relativos de pequeña amplitud, produciendo pequeñas partículas sueltas de metal desnudo, siendo más dañino en presencia de cualquier ambiente corrosivo tal como el agua de mar, los fragmentos metálicos se oxidan formando un polvo abrasivo.

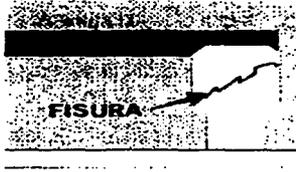
#### Corrosión por fatiga:

Tipo de corrosión generada de la falla por fisuras causadas por tensión cíclica en presencia de un medio corrosivo. Se caracteriza porque presenta una vida mas corta que la que tendría si tuviera solamente el esfuerzo fluctuante o solamente el medio corrosivo.

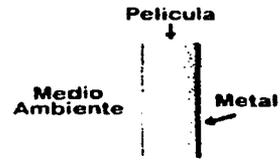
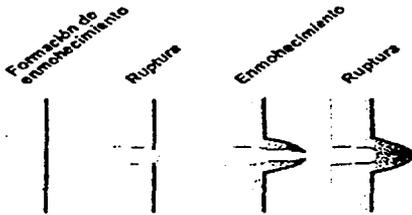
Cuando la tensión es cíclica, la falla por fatiga que resulta también es acelerada a consecuencia de la acción electroquímica. En ausencia de un ambiente reactivo, la deformación cíclica conduce a la formación de grietas superficiales mediante procesos de dislocaciones que han sido relativamente bien comprendidos.

La grieta se propaga subcríticamente puesto que el proceso cíclico en la punta de la grieta conduce a un cierto grado de descohesión , disminuyendo la tensión máxima necesaria para extender la grieta. En la etapa en la que los mecanismos de dislocación superficiales no son ya importantes, la grieta por fatiga se propaga en ángulo recto con la dirección de la tensión principal con una velocidad determinada.

## 1.1.5 CORROSIÓN POR FRACTURA INDUCIDA AMBIENTALMENTE.



### A) FRACTURA POR CORROSION POR ESFUERZO

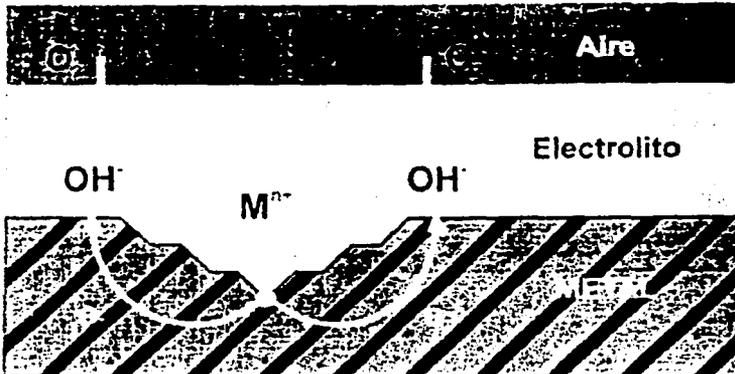


### B) DAÑO POR HIDROGENO

Proceso en el que el metal bajo ciertas condiciones puede formar grietas y romperse catastrófica y subitamente al estar sujeto simultáneamente a un medio agresivo y a un esfuerzo mecánicamente moderado.

El agrietamiento puede ser intergranular (Corrosión bajo tensión) o transgranular (corrosión por fatiga), dependiendo de la combinación de aleación y medio ambiente.

## 1.2.- MECANISMO DE LA CORROSIÓN.



**Básicamente todos los métodos que existen para lograr controlar la corrosión de los materiales metálicos son intentos para interferir con el mecanismo de corrosión de tal manera que se pueda hacer que éste sea lo más eficiente posible. Dado que para que exista un proceso de corrosión debe formarse una pila o celda de corrosión y por tanto un ánodo, un cátodo, un conductor metálico y una solución conductora, además una diferencia de potencial entre los electrodos o zonas anódicas y catódicas, la eliminación de alguno de los componentes esenciales de la mencionada pila, podría llegar a detener el proceso.**

Para analizar el mecanismo de la corrosión del hierro en un clavo de hierro con su superficie parcialmente húmeda expuesta al oxígeno atmosférico. El clavo de hierro es un sólido muy imperfecto. Consiste en microcristales orientados al azar que tienen redes cristalinas imperfectas que incorporan átomos de impurezas. En algunos sitios, dichos átomos pueden entrar fácilmente en fase acuosa en forma de iones.

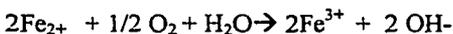
Ciertas zonas actúan como ánodos, donde el hierro se oxida a ion ferroso. Este proceso no puede proseguir mucho tiempo, a menos que se haga algo para eliminar los electrones.

Dado que el hierro es un buen conductor eléctrico, estos electrones adicionales pueden viajar a sitios de la superficie del hierro donde pueden facilitar una reacción de reducción.

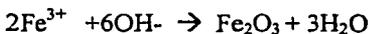
Si hay oxígeno disuelto en la fase acuosa, la reacción:



puede producirse en cátodos microscópicos distribuidos sobre la superficie. El resultado neto es la producción de  $Fe^{2+}$  y  $OH^-$ , con la desaparición de hierro metálico y de oxígeno. Es posible una oxidación directa posterior del ion ferroso:



Finalmente, si el  $Fe^{3+}$  puede difundirse a la región del cátodo donde hay abundancia de  $OH^-$ , puede ocurrir la reacción:

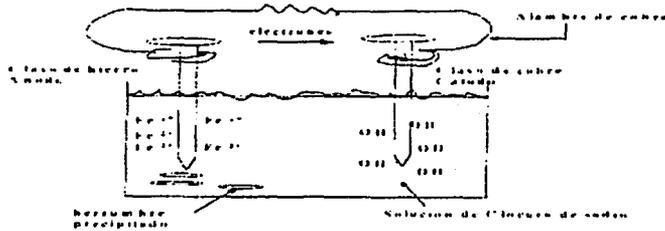


Y se precipita el óxido de hierro sólido e insoluble, o herrumbre.

En los objetos más comunes del hierro, las regiones catódicas y anódica están tan próximas que a simple vista no pueden distinguirse y, aparentemente, la herrumbre se forma en todas partes de una superficie húmeda. Sin embargo, aún en estas circunstancias se observa que la corrosión es mucho más rápida si la fase acuosa contiene electrolitos disueltos.

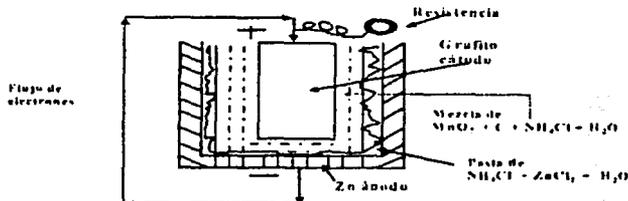
Para la obtención de los metales en estado puro, debemos recurrir a su separación a partir de sus minerales, lo cual supone un gran aporte energético. Sin embargo la tendencia del metal es regresar a su estado original, como óxido, puesto que representa un estado más estable.

Para alcanzar el estado metálico puro, a partir de su existencia en la naturaleza en forma de diferentes compuestos químicos (minerales), es necesario que el metal absorba y almacene una determinada cantidad de energía. Esta energía le permitirá el posterior regreso a su estado original a través de un proceso de oxidación.



El proceso de corrosión involucra tanto la reacción anódica como la catódica, y que si una de las dos reacciones falla, el proceso de corrosión se detiene. A la actividad electroquímica de esta naturaleza se le conoce como acción galvánica, base de cualquier reacción de corrosión.

La acción galvánica constituye también el principio de las llamadas pilas "secas".



### Pila

En este sistema se establece un par galvánico, una diferencia de potencial producida por la presencia de 2 fases diferentes y un electrolito entre ambas fases.

El zinc más activo que el grafito, se disolverá preferencialmente constituyéndose en el ánodo de la pila. Los electrones fluirán externamente a través de una resistencia.

Para mantener esta corriente eléctrica, el zinc continuará disolviéndose y la barra de grafito seguirá sosteniendo reacciones catódicas con la pasta electrolítica. De modo que el par zinc-grafito es una celda productora de energía.

Cualquier par galvánico es capaz de crear energía en forma de una diferencia de potencial capaz de mover electrones y, aún más, que la corrosión es un proceso que produce energía, sin embargo esta energía no puede ser recuperada o usada. Se desperdicia. Esto debido a que los procesos de corrosión ocurren a niveles microscópicos, en donde los pares galvánicos son sistemas tan locales que inclusive el conductor eléctrico externo, necesario en la constitución de una pila de corrosión es la misma estructura metálica que se corroe. Aquí radica la diferencia entre un sistema productor de energía, la cual se puede extraer y usar en linterna, en el encendido de un motor, etc. y un proceso de corrosión, análoga en sus reacciones, donde la energía no puede ser usada.

Entonces la serie galvánica se construye a partir de las mediciones de diferencia de potencial entre pares de distintos metales y aleaciones, teniendo una solución conductora. Los metales se irán ordenando de acuerdo a su mayor o menor tendencia a corroerse. A tal enumeración se le conoce como serie galvánica, en donde el arreglo de los metales dependerá del electrolito escogido.

La tabla siguiente muestra la serie galvánica

**AUMENTA LA PROTECCION**

Extremo base- Magnesio	Aluminio
	Zinc
	Acero, Fierro
	Plomo, soldadura de plomo
	Cobre, bronce
	Plata, soldadura de plata
	Grafito, carbón
	Platino
Extremo noble	Oro.

**AUMENTA LA CORROSION**

El término pasivo se refiere a una superficie metálica que contiene alguna película de óxido protector. El término activo se refiere a la superficie metálica desprovista de tal película.

Las superficies activas siempre están asociadas con potenciales más activos que las superficies pasivas.

Serie galvánica:

**Debido a la diferencia de la naturaleza de los metales, se encuentran los llamados metales nobles como el oro y el platino, que se encuentran usualmente como metales libres en la tierra y no como compuestos. Por otro lado, existen los llamados metales**

activos tales como el sodio, aluminio y magnesio, los cuales jamás se podrán encontrar como metales libres en nuestra atmósfera terrestre, sino como compuestos. Existen ocasiones en que ciertos metales con actividades intermedias a los anteriormente citados, pueden encontrarse en la tierra como elementos libres. Ejemplo son el cobre, la plata y el hierro. Los metales nobles, tales como el oro y el platino son los menos activos y por tanto presentan la mayor resistencia a la corrosión. A éstos metales se les refiere como metales relativamente catódicos. En cambio los metales menos nobles como el caso del aluminio y el magnesio, son más activos y poseen una menor resistencia a la corrosión y se les conoce como metales que son relativamente anódicos.

Entonces es posible construir un cuadro de metales o aleaciones de acuerdo a la tendencia a corroerse.

Estas mediciones de corrosión están basadas en el principio de la acción galvánica que existe, pero la celda galvánica es una pila en la cual la energía química es convertida en energía eléctrica. En general una celda galvánica está constituida por sistemas químicamente diferentes (hierro, cobre). Esto es dos electrodos distintos sumergidos en una solución conductora. (cloruro de sodio) y un conductor para cerrar el circuito que una las 2 fases conductoras (alambre de cobre). Ocurre una reacción electroquímica. El material anódico (hierro) cede electrones al circuito externo (alambre de cobre) debido a la diferencia de potencial creado por el par hierro cobre.

Serie Galvánica en agua salada a 25 °C.

EXTREMO CORROIDO (ANODICO, O METAL MENOS NOBLE).

- Magnesio
- Aleaciones de magnesio
- Zinc
- Acero galvanizado o hierro forjado galvanizado
- Aleaciones de aluminio 5052,3004,3003,1100,6053, en este orden
- Cadmio
- Aleaciones de aluminio 2117,2017,2024, en este orden
- Acero bajo en carbón
- Hierro forjado
- Hierro fundido
- Hierro fundido alto contenido de Níquel
- Acero inoxidable tipo 304 (activo)
- Acero inoxidable tipo 316 (activo)
- Plomo
- Estaño
- Aleación de cobre C28000 (60% Cu, metal Muntz)
- Aleación de cobre C67500 ( Manganese, bronce)
- Aleaciones de cobre (C46400, C46600, C46700 (Latón naval)
- Níquel 200 (activo)

- Inconel aleación 600 (activo)
- Hastelloy aleación B
- Clorimet 2
- Aleación de cobre C27000 (Latón amarillo, 65% Cu)
- Aleación de cobre C44300, C44400, C44500 ( Latón estañoso)
- Aleación de cobre C60800, C61400 (bronce, aluminio)
- Aleación de cobre C23000 ( Latón rojo, 85% Cu)
- Cobre C11000 (Cobre ETP)
- Aleación de cobre C65100, C65500 (bronce silicón)
- Aleación de cobre C71500 (Niquel cobre, 30% Ni)
- Aleación de cobre C92300, fundido (Estaño, plomo, bronce G)
- Aleación de cobre C92200, fundido (Estaño, plomo, bronce M)
- Niquel 200 (pasivo)
- Inconel aleación 600 (pasivo)
- Monel aleación 400
- Acero inoxidable tipo 400 (pasivo)
- Acero inoxidable tipo 304 (pasivo)
- Acero inoxidable tipo 316 (pasivo)
- Incoloy aleación 825
- Inconel aleación 625
- Hastelloy aleación C
- Clorinet 3
- Plata
- Titanio
- Grafito
- Oro
- Platino

EXTREMO PROTEGIDO (CATODICO, O METAL MAS NOBLE

### 1.3.- CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN.

Para calcular la velocidad de corrosión de un sustrato se deben conocer las dimensiones, el peso después de un tiempo de exposición al intemperismo, y obviamente el peso cuando el sustrato esta limpio.

En plantas piloto el tiempo se mide en horas de exposicion, por pérdida de peso de los metales.

Se mide por medio de milésimas de pulgada por año como sigue:

$$\text{Velocidad de corrosión (mpy)} = (534 \times 100 \times W) / (D \times A \times T)$$

En donde : W = peso perdido en gramos

D = densidad del sustrato en gramos/cm<sup>3</sup>

A = Superficie del área en pulgadas cuadradas  
T = Tiempo de exposición en horas.  
MPY= milésimas de pulgada por año.

Si se cuentan con datos en centímetros cuadrados entonces para transformarlos a mpy sigue así el cálculo:

$$\text{Velocidad de corrosión (mpy)} = (3450 \times 1000 \times W) / (D \times A \times T)$$

Si se desea calcular la velocidad de corrosión en (mmpy) milímetros por año el cálculo sigue así:

$$\text{Velocidad de corrosión (mmpy)} = (876 \times 1000 \times W) / (D \times A \times T)$$

1 mmpy es igual a 40 mpy.

La velocidad de corrosión tiene solo significado cuando el sustrato tiene corrosión general, dimensiones medibles, pesos antes y después de haberlos sometido al intemperismo. Si el sustrato presenta corrosión por picaduras o granular el valor de la velocidad de corrosión se toma como referencia es decir no precisa.

Para el acero inoxidable la velocidad de corrosión aceptable es de 5 mpy (0.13 mmpy)

Para material como el acero al carbón diseñado para durar de 10 a 20 años, la velocidad de corrosión aceptable es de 5-25 mpy (0.13-0.61 mmpy).

#### **Ejemplo:**

Calcular la velocidad de corrosión de una placa de acero al carbón que mide 5,500 pulg<sup>2</sup>, cuyo peso antes de estar expuesta al intemperismo era de  $W_1=10,000$  gm. Después de 5 años pesó  $W_2=9,560$  gm. La densidad del sustrato es de 5gm/cm.

$$W = W_1 - W_2 = 10000 - 9560 = 440 \text{ gm}$$

$$T = (5 \text{ años}) (365 \text{ días/año}) (24 \text{ hr/día}) = 43800 \text{ horas}$$

$$V = (534 \times 100 \times 440) / (5 \times 5500 \times 43800) = 0.019 \text{ milésimas de pulgada por año.}$$

#### **1.4.- EFECTOS PRODUCIDOS POR LA CORROSIÓN NO CONTROLADA.**

La producción de metales y sus aleaciones se han visto envueltos en una serie de avances tecnológicos, desde la industria de la extracción hasta la misma siderúrgica, sin embargo este desarrollo va acompañado paralelamente de un aumento en el tributo que cada año se paga a la corrosión. Para tener una pequeña idea de lo que esto pueda suponer, aproximadamente un 25% de la producción anual de acero es destruida por corrosión. La corrosión constituye la pérdida más grande en que incurre la civilización moderna.

## **Daños a la sociedad**

Los efectos producidos por la corrosión no controlada principalmente puede causar daños no solo económicos sino también de índole humano debido a que :

- **La seguridad** no es considerada como un sistema integral que permita evitar fallas repentinas como una explosión, un incendio, desprendimiento de productos tóxicos y hasta un colapso.
- **La salud**, hoy por hoy tenemos que luchar en contra de la contaminación en todos los aspectos que perjudiquen nuestra sociedad y a la comunidad. Si queremos un ambiente más sano debemos empezar desde nuestro propio entorno, para así heredar a las futuras generaciones un mundo digno.
- **Agotamiento de los recursos naturales**: No se trata de generar riqueza a costa de dañar el medio ambiente, el hombre en su afán de reproducir o fabricar materiales para satisfacer sus necesidades realiza costosos procesos que requieren el agotamiento de los recursos naturales, por ejemplo. Para producir una tonelada de acero se requieren 4 toneladas de carbón.
- **Apariencia**, es un factor que habla por sí misma de la imagen de las instalaciones del equipo, del inmobiliario, de la estructura de las plantas, y es un compromiso de todos los involucrados en este ramo de recubrimientos proporcionar una buena imagen.

## **1.5.- FORMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA.**

El buen desempeño de el recubrimiento protector provee un ahorro substancial el evitar o por lo menos disminuir los gastos económicos en los que se incurre por la corrosión. Las técnicas que determinan este desempeño son :

### **Especificación de materiales de construcción:**

Una parte esencial del proceso de diseño es la adecuada selección de materiales como un medio de control de la corrosión. Sin embargo, el objetivo no es seleccionar el material más resistente a la corrosión. La ingeniería de materiales debe satisfacer un número de requisitos (como resistencia mecánica, apariencia, facilidad de fabricación, disponibilidad de datos de diseño, etc.) incluyendo resistencia a la corrosión. La selección final es el resultado de un gran número de comparaciones entre una variedad de consideraciones técnicas y factores económicos.

Los materiales usados en ingeniería no están restringidos a los materiales metálicos, los plásticos, vidrios, hules y las cerámicas, representan otras posibilidades.

Cuando se tiene a la vista un problema de selección de materiales, una política es investigar que se ha hecho antes.

### Sobrediseño:

El buen diseño, puede permitir con éxito el uso de materiales relativamente baratos, en situaciones en que exista el peligro de corrosión, de manera inversa, un mal diseño, puede exponer aún a los materiales más caros, el riesgo de sufrir corrosión.

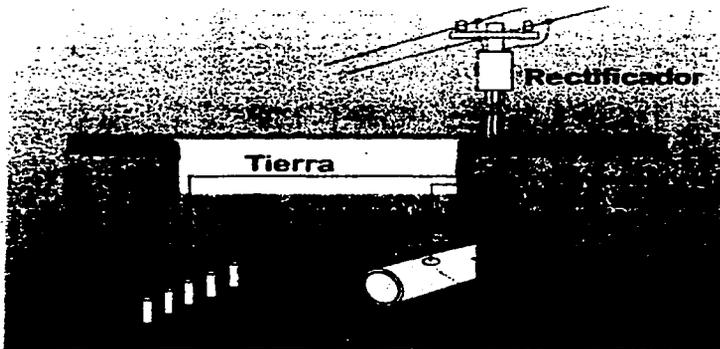
El diseño de cualquier equipo debe hacerse teniendo en mente las necesidades y costos de mantenimiento posterior. Esto también es cierto en el caso del mantenimiento para el control de corrosión, los accesos para el pintado o simplemente para su limpieza y por tanto son también responsabilidad del diseñador.

Generalmente el diseñador especifica estructuras y equipo con espesores utilizando un coeficiente de seguridad más alto que el requerido

### Técnicas Electroquímicas:

La corrosión suele ser un fenómeno electroquímico por lo que se puede intentar combatirlo conectando el metal que se quiere proteger a otro metal menos noble, según la serie galvánica, que actuará entonces como ánodo de sacrificio (también llamado galvánico) o bien conectándolo al polo negativo de una fuente exterior de corriente continua. El primer caso constituye la protección catódica con ánodos galvánicos o de sacrificio y el segundo la protección catódica con corriente impresa.

### Corriente impresa:



Conectando el metal a proteger al polo negativo de una fuente de alimentación de corriente continua, pura o rectificada, y el polo positivo a un electrodo auxiliar que puede estar constituido por chatarra de hierro, ferrosilicio, plomo-plata, grafito, etc., Este sistema se conoce con el nombre de protección catódica con corriente impresa.

## Protección Catódica:



La corrosión en las tuberías enterradas puede causar reparaciones y o sustituciones costosas. Existe, sin embargo un método muy ingenioso para evitar la corrosión de las tuberías de hierro conocido como protección catódica, cercano a la tubería se entierran trozos de un metal mas activo, como el magnesio, y se conectan al tubo por medio de un alambre. En lugar de que el hierro pierda sus electrones directamente con los agentes oxidantes (agentes corrosivos) que lo atacan, recibe por medio del alambre, los electrones del metal más activo. Los trozos de metal activo se corroen y se pierden, pero la tubería queda protegida.

En otras palabras se puede decir que la protección catódica, el potencial de corrosión de un metal, puede llevarse a una región de inmunidad, por medio del uso de un material que sea anódico al metal, el cual debe estar conectado eléctricamente y expuesto al mismo medio.

La protección se gana a expensas de la disolución de este material, al cual se le conoce como ánodo de sacrificio.

### Ánodo de sacrificio contra corriente impresa:

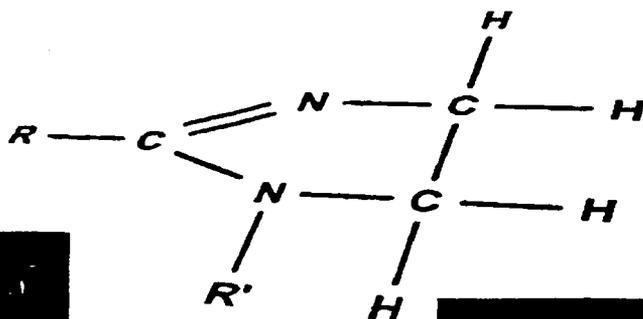
El sistema de protección catódica con corriente impresa se llevó a cabo aproximadamente cien años después que el de ánodos de sacrificio. En este sistema de protección catódica se utiliza la corriente suministrada por una fuente continua para imprimir la corriente necesaria para la protección de una estructura.

Este procedimiento consiste en unir eléctricamente la estructura que se trata de proteger con el polo negativo de una fuente de alimentación de corriente continua (pura o rectificada) y el positivo con un electrodo auxiliar que cierra el circuito. Los electrodos auxiliares se hacen de chatarra de hierro, aleación de ferrosilicio, grafito, titanio platinado, etc.. Es

completamente indispensable la existencia del electrolito (medio agresivo) que completa el conjunto para que se realice el proceso electrolítico.

Este sistema de protección catódica tiene la característica de que utiliza como ánodo dispersor de la corriente (electrodo auxiliar) materiales metálicos que en mayor o en menor grado se consumen con el paso de la corriente con el electrolito tiene lugar a través de reacciones electroquímicas, las cuales dependen tanto del material anódico, como del ambiente que rodea al mismo e incluso de la densidad de corriente que este suministra.

### Inhibidores:



**Imidazol**

Otro método de controlar la corrosión es modificar el medio ambiente. En principio, es posible remover el agente agresivo, aunque comúnmente resulta inconveniente o imposible.

En lugar de esto, pueden añadirse algunas sustancias químicas, las cuales producen una disminución en la velocidad de corrosión del metal. Dichos productos se conocen como inhibidores de corrosión.

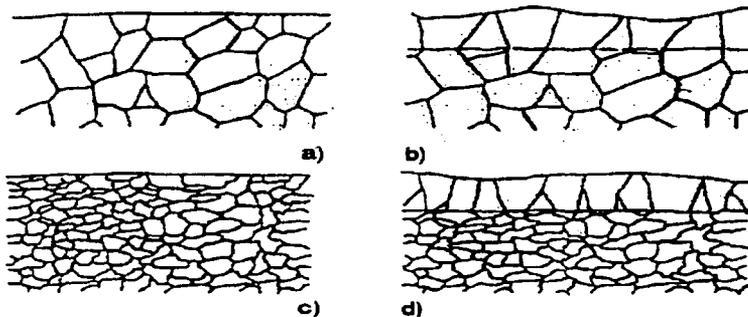
El principio del funcionamiento de los inhibidores, es formar en la superficie misma de los electrodos de la pila causante de la corrosión, un compuesto insoluble, o fijar una determinada materia orgánica, con objeto de polarizar la pila de corrosión.

### Polarización :

Cuando un metal se encuentra sumergido en un electrolito en el que existen varias reacciones que se llevan a cabo al mismo tiempo y que además no hay paso de corriente, el potencial de la interfase metal-electrolito se llama potencial de circuito abierto o de

corrosión. Si se hace circular una corriente por dicho electrodo, el potencial variará y el nuevo valor del potencial dependerá de la corriente. La diferencia entre ambos potenciales se denomina polarización.

### Modificadores de superficie:



**Efecto de la resolidificación en el tamaño del grano  
Por un material de grano originalmente grande  
(a y b) y un material con grano pequeño (c y d)  
comparados con el fondo fusionado.**

Es la alteración de la composición de la superficie o de la estructura a través del uso de energía o partículas de metal que interactúan sobre el sustrato. Ciertos elementos pueden ser utilizados para influenciar las características del metal por la formación de aleaciones metaestables como la amalgamación. Existen dos diferentes métodos, el primero es la implantación de iones es decir, introduciendo especies ionizadas sobre el sustrato como por ejemplo el  $Ti^{+}$  utilizando un megavoltio o kilovoltio para acelerar el potencial.

El segundo método es el proceso de fundición laser con mezcla o sin mezcla de recubrimientos preutilizados en el sustrato.

#### Ventajas:

- Alteración de la superficie sin sacrificio cambio de las propiedades de la materia.
- Conservación de críticas, escasas, o caras aleaciones.
- Producción de una superficie tipo aleación con carácter noble.
- Se evitan problemas de adherencia entre recubrimientos

#### Desventajas:

- El material tratado muestra profundos contornos
- El equipo empleado es de un costo elevado
- El espesor del sustrato sufre daños.

## Barreras Físicas:



**Recubrimientos Anticorrosivos:** Los recubrimientos se utilizan para aislar el metal del medio agresivo a largo plazo. Además son productos que representan el método de control de la corrosión más ampliamente usado.

El recubrimiento actúa como una barrera que impide el contacto de líquidos, sólidos o gases sobre el sustrato.

Clasificación de los recubrimientos:

**Recubrimientos metálicos:** Protegen mediante dos mecanismos

- a) Aplicación de metales más activos que el sustrato, como el zinc o estaño.
- b) Aplicación de metales más nobles que el sustrato. Tal es el caso del cobrizado, niquelado o cromado.

**Recubrimientos inorgánicos:**

Son aquellos recubrimientos producidos por medio de tratamientos químicos y/o anódicos. Entre ellos se encuentran los tratamientos conocidos como: Cromatados, fosfatados y compuestos con silicato.

Son aquellos recubrimientos que en general pueden aplicarse en forma líquida sobre una superficie y después secarse, para dar como resultado una capa sólida y continua. Entre ellos se encuentra la aplicación de las pinturas, barnices, esmaltes y lacas. El secado de estos productos puede involucrar reacciones químicas o simplemente una evaporación del solvente. Existen varios tipos de recubrimientos orgánicos industriales:

- *Recubrimientos fenólicos.*: Se emplean principalmente en latas y recipientes porque resisten a los alcoholes y a los ácidos de los alimentos, su uso en barniz ha descontinuado el uretano y a otros formadores de película.
- *Recubrimientos epóxicos.*: Se emplean donde es esencial la resistencia química. Se adhieren fuertemente a los metales y resisten ataques químicos o abrasivos, pero son costosos porque necesitan un agente catalizador.
- *Recubrimientos alquidáticos.*: Se utilizan para ambientes moderadamente corrosivos, como en tanques, tubería, estructuras y paredes. Se usa como acabado para maquinaria y equipos.

## CAPITULO 2

### PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.

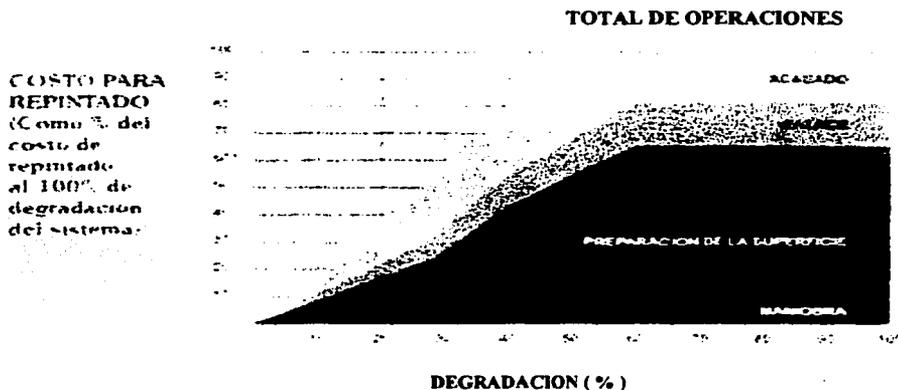
La preparación de superficies se basa en la limpieza completa de contaminantes para permitir la adhesión de los recubrimientos, sólo de esta manera se asegura la protección por largo tiempo. Para obtener una adhesión duradera de los sistemas de recubrimientos, es necesaria la limpieza de la superficie de trazas de aceite, grasa y de cualquier otra impureza por medio del desengrasado, limpieza manual y limpieza mecánica.

#### 2.1 SU IMPORTANCIA.

La manera en que una superficie es preparada es esencial para el buen funcionamiento de un sistema de recubrimientos. Un sistema de recubrimientos está compuesto de la preparación de la superficie a pintar, la aplicación del recubrimiento a diferentes espesores y en cierto orden, los métodos de aplicación y curado.

Una preparación de superficie involucra la limpieza de todos los contaminantes que se encuentran en el sustrato. Esta preparación también toma en consideración los requerimientos de la superficie para que el recubrimiento se adhiera adecuadamente a ella.

De acuerdo a nuestra experiencia, alrededor del 80% de los casos de mal funcionamiento de sistemas de recubrimientos han sido causados por una mala preparación de superficies. Adicional a lo anterior, la preparación de superficies impacta en más del 50%, al costo total de la mayoría de los sistemas de recubrimientos, razón por la cual se ha convertido en uno de los principales focos de atención en la protección anticorrosiva. Una cuidadosa preparación de superficies antes y durante la aplicación de un sistema protector, necesariamente permitirá obtener una mejor protección del sustrato que al final se traducirá en una reducción de costos de mantenimiento.

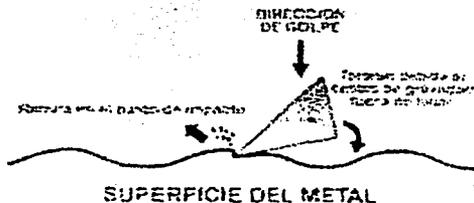


La preparación de superficies, requiere determinadas condiciones para aceptar el recubrimiento:

- Limpieza - remoción de polvo, escamaciones, aceite, grasa, óxido, restos de soldadura, cloros y sales químicas, recubrimientos envejecidos y otros contaminantes. Reparación-eliminar o reparar los defectos de la superficie siempre que sea posible, corregir los efectos de diseño.
- Superficie áspera – proveer un perfil de anclaje para una correcta adhesión del recubrimiento, tal y como se muestra en la imagen, así como los perfiles más típicos.



amplificación



	Tamaño Máximo de Malla U.S.	Altura de Perfil Típico (milímetros de pulgada)	
		Máximo	"Promedio" Máximo
<b>Abrasivos de Acero</b>			
Shot S-230	20	2.9 ± 0.2	2.2 ± 0.3
Shot S-280	18	3.5 ± 0.3	2.5 ± 0.4
Shot S-330	16	3.8 ± 0.4	2.8 ± 0.5
Shot S-390	14	4.6 ± 0.5	3.5 ± 0.7
Grá G-50	30	2.2 ± 0.3	1.6 ± 0.3
Grá G-40	20	3.4 ± 0.4	2.4 ± 0.5
Grá G-25	16	4.6 ± 0.5	3.1 ± 0.7
Grá G-14	12	6.5 ± 0.8	5.1 ± 0.9
<b>Abrasivos Minerales y de Escona</b>			
Arene de Mineral Pesado	Medio-Fino	3.5 ± 0.4	2.6 ± 0.4
Perdígón de Piedemal	Medio-Fino	3.5 ± 0.4	2.7 ± 0.4
Arene Sílica	Medio	4.0 ± 0.5	2.9 ± 0.4
Escona de Acero	Medio	4.6 ± 0.5	3.1 ± 0.5
Escona de Acero	Grueso	6.0 ± 0.7	3.7 ± 0.7
Staurolite	Medio-Fino	7.6 ± 0.4	7.7 ± 0.4
Escona de Cobre (Templada)	Grueso	6.0 ± .7	5.5 ± .5
Escona de Cobre (Templada)	Medio	4.5 ± .5	4.0 ± .5

Cuando se utiliza el equipo de preparación de superficie, es necesario conocer el uso y las limitantes de las herramientas para la preparación de superficie y llevar a cabo todas las medidas de seguridad. Para seleccionar el método mas adecuado de preparación de superficies, así como evaluar las condiciones y operación existentes, deberán ser considerados otros factores como:

- Seguridad
- Accesibilidad
- Protección de Maquinaria y Equipo
- Variables del medio ambiente
- Costos

## **2.2 MÉTODOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES**

Existen métodos de preparación de superficies metálicas especificados por el Steel Structures Painting Council (SSPC) y la National Association of Corrosion Engineers (NACE), que son las principales organizaciones internacionales que han normado los grados de preparación, algunos de éstos métodos también son aplicables a superficies no metálicas.

### **2.2.1 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES METÁLICAS**

#### **SSPC-SP01 Limpieza con solventes.**

Es llamada limpieza con solvente, sin embargo está basado en la utilización de productos tales como: vapor de agua, soluciones alcalinas, emulsiones jabonosas, detergentes y solventes orgánicos. Mediante este método son removidos la mayoría de los contaminantes como: grasa, aceite, polvo y sales solubles con el agente limpiador. La solución limpiadora es aplicada suavemente o mediante equipo de presión, seguido de un lavado con agua natural y secado con equipo de vacío o simplemente utilizando aire seco.

Es de fácil aplicación y requiere un mínimo de equipo de protección personal. Los tipos de solventes que se emplean en esta limpieza pueden ser:

- Orgánicos –queroseno, nafta y esencias minerales
- Limpiadores alcalinos-hidróxido de sodio, agentes humectantes y jabones (humedecen, emulsifican, dispersan y disuelven)
- Ácidos ataque químico
- Detergentes- disuelven contaminantes
- Agua -a presión.

Desventajas: existe riesgo de inflamabilidad y toxicidad, la mano de obra es lenta y costosa y no se obtiene un perfil de anclaje adecuado.

### **SSPC-SP02 Limpieza Manual.**

Este método utiliza herramientas manuales (no eléctricas) para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otros incrustantes que puedan ser removidos con el solo esfuerzo humano.

A través de éste método no es posible desprender completamente todas las incrustaciones. Los bordes de pintura envejecida, deben ser desvanecidos para mejorar la apariencia del repintado que se haga posterior a la limpieza.

El equipo empleado puede ser cepillos, cinceles, lijas y fibras. Esta limpieza debe hacerse solo en áreas pequeñas y de cuidado lento y después hacer un tratamiento previo con solventes. Es un método económico y despide poco polvo.

Es importante tomar en cuenta que el uso incorrecto del equipo de limpieza ocasiona daños al sustrato.

### **SSPC-SPO3 Limpieza Mecánica.**

La limpieza mecánica, es un método que utiliza herramienta eléctrica o neumática, para eliminar impurezas tales como: residuos de soldadura, oxidación, pintura envejecida y otros incrustantes que puedan ser removidos con estas herramientas.

A través de éste método, generalmente no es posible desprender completamente todas las incrustaciones. Las herramientas empleadas en la limpieza mecánica pueden ser:

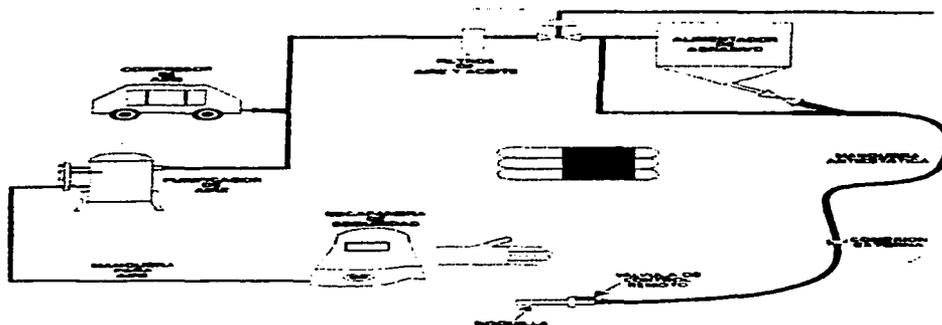
- . Impacto- cincel impulsado, remoción de costras, soldaduras y quebradizos.
- . Rotatorias - cepillado, pulverizado y pulido, cepillos y discos abrasivos.
- . Impacto rotatorio – martillos y navajas.

Los bordes de pintura envejecida, deben ser desvanecidos, para mejorar la apariencia del repintado que se haga posterior a la limpieza.

Este método se emplea como sustituto de abrasivo a metal desnudo. Una de sus principales ventajas es que puede usarse en áreas confinadas, sin embargo su limpieza es lenta y agota al operador, para que ésta limpieza sea efectiva, es necesario hacer una limpieza previa con solventes.

Es importante tener en mente que el metal debe estar en buen estado y las herramientas debe usarse en ambientes húmedos.

## SSPC-SP 05, 06, 07, 10. Limpieza con chorro de abrasivo.



La limpieza con chorro de abrasivo (sandblast) permite obtener el mayor grado de limpieza de la superficie. Es un método rápido y económico garantizando un adecuado perfil de anclaje. El equipo empleado para este tipo de limpieza esta compuesto por: un compresor, olla(separación de humedad) y mangueras. Los abrasivos que pueden emplearse son: no metálicos, metálicos y especiales. Los no metálicos deben usarse una sola vez, mientras que los metálicos pueden volver a usarse siempre que conserven su dureza.

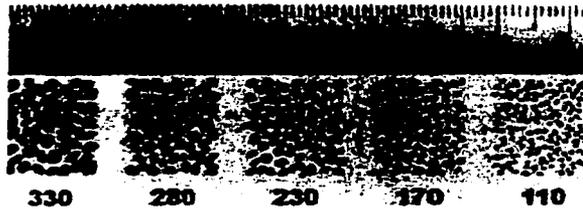
Los abrasivos metálicos de mayor uso son : arena de acero y pelets de acero. Entre los abrasivos especiales empleados se encuentran: cáscara de nuez, perlas de vidrio y hielo seco. Estos abrasivos deben de guardarse en un lugar seco y a condiciones ambientales.

### TIPOS DE ABRASIVOS.

	DUREZA (Escala Mohr)	FORMA	GRAVEDAD ESPECIFICA	DENSIDAD DE MASA (gr/m <sup>3</sup> cubico)	COLOR	SILICA LIBRE por %	GRADO DE POLVEDO	REUSO
<b>Abrasivos Disponibles Naturalmente</b>								
Arenas								
Silica	5	redonde	2-3	100	blanco	90 +	alto	poor
Mineral Perlas	5-7	redonde	3-4	128	variable	<5	medio	bueno
Perlas de	6.5-7	angular	2-3	80	gris-blanca	90 +	medio	bueno
Granate	7-8	angular	4	145	rojo	nada	medio	bueno
Zirconio	7.5	cubica	4.5	184	blanco	nada	bajo	bueno
Neovulcanita	4	angular	2.5	100	blanco	90 +	bajo	bueno
<b>Abrasivos como Subproductos</b>								
Escoria								
Acero	7	angular	2.8	80-90	negro	nada	alto	poor
Cobre	8	angular	2.3	100-120	negro	nada	bajo	bueno
Niquel	8	angular	2.7	84	verde	nada	alto	poor
Cáscara de Nuez	3	cubica	1.3	44	café	nada	bajo	causa poor
Semillas de Dunzio	3	cubica	1.3	44	café	nada	bajo	poor
<b>Abrasivos Manufacturados</b>								
Carburo de Silicio	9	angular	3.2	± 105	negro	nada	bajo	bueno
Oxido de Aluminio	8	bloque	4.0	± 120	café	nada	bajo	bueno

DESCRIPCIÓN DE PROPIEDADES

ABRASIVOS	FORMA	TAMAÑO	DUREZA	GRIT
			SHOT	
Acero Fundido	Shot o Grit	Amplio rango de medidas SAE (SAE J-444)	Específicamente este tipo de abrasivos tienen dureza de medio rango de aproximadamente 35 Rc - 45 Rc - 65Rc	
Hierro Maleable	Shot o Grit	Amplio rango de medidas SAE (SAE J-444)	1 Rango (28 Rc - 40 Rc)	1 Rango (28 Rc - 40 Rc)
Hierro Templado	Shot o Grit	Amplio rango de medidas SAE (SAE J-444)	1 Rango (57 Rc - 68 Rc)	1 Rango (57 Rc - 68 Rc)



S-330 WORK-MIX

El work - mix debe contener todos los tamaños de partículas que se muestran sin que predominen las gruesas ni las finas. Las partículas gruesas proporcionan una fuerza de golpe óptima; las finas ayudan a cubrir buenas extensiones.



ABRASIVO NO METÁLICO (x 8 - Amplificación 8 diámetros)

Al realizar la limpieza es necesario tomar en cuentas ciertas recomendaciones.

- Distancia de pie-cuando se desee remover contaminantes muy adheridos la distancia con el sustrato debe ser de aproximadamente 30 cm, si se pretenden remover contaminantes no adheridos, la distancia puede duplicarse a 60 cm.
- Angulo-cuando de desee remover óxido o costras de laminación se debe aplicar el chorro del abrasivo a 80-90° con respecto a la superficie, si se desea hacer una limpieza general 60-70° y para remover pintura 45-60°.
- Duración-cuando el contaminante o pintura están quebradizos, se empleará un tiempo corto. Para contaminantes adheridos al sustrato se requiere un tiempo largo para su remoción.

La limpieza con chorro de abrasivo permite obtener diferentes grados del metal: blanco, comercial, ráfaga y casi blanco. Cada uno de estos grados varía en como queda el material después de la limpieza. Los grados son :

- Metal blanco-superficie gris - blanca color metálico uniforme, ligeramente rugoso.
- Metal Comercial-las decoloraciones presentes en el sustrato no deben exceder el 33% por cada 2.5 m<sup>2</sup>.
- Metal ráfaga-se somete la superficie al chorro del abrasivo con un barrido.
- Metal casi blanco-pueden presentarse sombras, decoloraciones y pequeñas porciones de óxido o pintura.

#### **SSPC-SP05 Limpieza con chorro de abrasivo (grado metal blanco).** (NACE 1).

Este tipo de limpieza, utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie, a través de éste método. se elimina la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. Una superficie tratada con este método presenta un uniforme color gris claro, ligeramente rugoso, que proporciona un excelente anclaje a los recubrimientos. La pintura primaria debe ser aplicada antes de que el medio ambiente ataque a la superficie.

#### **SSPC-SP06 Limpieza con chorro de abrasivo (grado comercial).** (NACE 3)

Procedimiento para preparar superficies metálicas, mediante abrasivos a presión, a través del cual es eliminado todo el óxido, escama de laminación, pintura y materiales extraños. Es permitido que pintura en buen estado e incrustaciones permanezcan adheridas aún

después de la preparación de la superficie, siempre y cuando éstas no rebasen la tercera parte de cada superficie.

**SSPC-SP07 Limpieza con chorro de abrasivo (grado ráfaga)**  
(NACE 4)

Este tipo de limpieza, utiliza algún abrasivo a presión para preparar superficies metálicas que tengan una cantidad mínima de escoria, pintura, oxidación y otros contaminantes, se conoce generalmente como ráfaga y consiste en una limpieza muy superficial que permite que algunos incrustantes y pintura no sean eliminados del sustrato.

**SSPC-SP10 Limpieza con chorro de abrasivo (grado cercano a blanco)**  
(NACE 2)

Método para preparar superficies metálicas, mediante abrasivos a presión, a través del cual es removido todo el óxido, escama de laminación, pintura y materiales extraños. La superficie debe tener un color gris claro y deben eliminarse sombras de oxidación visibles en un 95%. De hecho la diferencia entre una limpieza con chorro de arena grado metal blanco y metal cercano al blanco radica en el tiempo adecuado para pintar, ya que el metal es atacado por el medio ambiente pasa a ser grado cercano al blanco en poco tiempo.

**SSPC-SP08 Limpieza química**

Método para limpieza de metales, mediante reacción química, electrólisis o por medio de ambos. A través de una reacción química con algún producto específico, superficies metálicas son liberadas de escamas, óxido, pintura y materiales extraños, posteriormente la reacción es neutralizada con alguna otra solución y secada con aire o vacío.

**SSPC- SP09 Limpieza por agentes atmosféricos.**

Consiste en la remoción de pintura, escamas de laminación u óxido, por medio de la acción de agentes atmosféricos, seguido de los métodos de limpieza mencionados anteriormente. La alteración debida a agentes atmosféricos, usualmente no constituye método efectivo en la preparación de superficies por lo que debe ir acompañado de alguno de los métodos sugeridos, ya sea con herramientas mecánicas o mediante la aplicación de chorro de abrasivo.

**SSPC- SP11 Limpieza a metal blanco con herramientas.**

Esta especificación cubre los requerimientos de la limpieza a metal blanco y mantener un perfil de anclaje adecuado. Esta norma se aplica donde se requiere una limpieza a metal blanco, pero el uso de abrasivo no está permitiendo.

La superficie debe tener cierto grado de rugosidad dependiendo de lo especificado (no menor a 1 milésima).

## 2.2.2 PREPARACION DE SUPERFICIES NO METALICAS.

### 1. Metal Galvanizado.

Este tipo de sustrato, usualmente no requiere preparaci3n de superficie exhaustiva y por lo general, es suficiente una limpieza con estopa impregnada de alg3n solvente con el fin de remover aceite o grasa en el sustrato. El metal reci3n galvanizado representa una gran tersura que puede impedir la adherencia con el recubrimiento protector, por lo que se sugiere efectuar una limpieza SSPC-SP07 para asegurar buen anclaje y por lo tanto buena adherencia con el recubrimiento a aplicar. La mayoria de los metales galvanizados forman un polvo blanco sobre la superficie (3xido de zinc) el cual es f3cilmente removido mediante agua y detergente y enjuagado con agua natural.

### 2. Aluminio.

El aluminio puede ser f3cilmente preparado mediante una estopa impregnada de alg3n solvente con el fin de remover aceite o grasa del sustrato. Para una mejor adherencia utilizar ligera limpieza con chorro de abrasivo o un tratamiento con fosfato, el cual proporciona la porosidad necesaria para recibir el recubrimiento protector.

### 2. Madera.

Limpiar perfectamente la madera, mediante estopa impregnada de solvente para remover grasa y aceite, lijar la superficie si es que 3sta se encuentra muy pulida, eliminar residuos de pintura y otras impurezas, y pintar cuando la superficie se encuentre perfectamente seca.

### 3. Miscel3neos.

Dep3sitos de brea o grasa deben ser removidos con una esp3tula. Grasa o aceite deben ser removidos mediante solvente o agua jabonosa. Cuando la superficie presente alto brillo que impida la adherencia de la pintura, lijar, cepillar, fosfatizar o hacer limpieza 3cida a la superficie. Cuando se efect3a limpieza qu3mica o fosfatizada, utilice protecci3n en las manos, piel y ojos.

### 4. Mamposteria, piso o concreto.

El concreto debe estar completamente curado y seco (generalmente requiere de 30 3 60 d3as para curar) antes de pintar. Si se pinta cuando el concreto esta verde o h3medo, los componentes alcalinos del cemento pueden decolorar o desprender algunos recubrimientos protectores. Las grietas y porosidad del concreto deben ser resanados antes de aplicar cualquier tipo de recubrimiento.

Concreto aplanado de poca rugosidad, deber3 ser tratado con 3cido muri3tico antes de pintar con el fin de bajar el brillo y proporcionar adherencia, despu3s lavar con agua natural, dejar secar y aplicar el recubrimiento.

## 5. Concreto.

### Esmerilado:

Se realiza con herramientas mecánicas rotatorias de discos y de presión. El propósito principal del esmerilado es remover cualquier traza de pintura con un espesor menor de 6 mils. depósitos o imperfecciones del concreto. El esmerilado suaviza la superficie, si se requiere un perfil de anclaje, será necesario emplear además otra preparación de superficie. Los esmeriles portátiles pueden emplearse en superficies verticales y horizontales.

### Chorro de abrasivo:

El uso de chorro de abrasivo se emplea para crear un perfil ligero en el concreto o una limpieza y perfil profundo. Generalmente se emplea cuando se requiere retirar un recubrimiento de 4 a 10 mils. De espesor. La desventaja principal de este método de preparación es que despiden grandes cantidades de polvo.

### Descamador de agujas:

Es una herramienta compuesta por varias barras de metal que son impulsadas por aire comprimido. Se emplean para golpear el concreto y provocar un perfil, debido a que estas herramientas son portátiles, se emplean básicamente en áreas pequeñas. Puede remover recubrimientos de aproximadamente 15 mils.. Si el espesor total de película seca es menor de 15 mils. no debe emplearse este método, ya que los cráteres que hacen estas herramientas son muy profundos y no podrán ser tapados por un recubrimiento de menor espesor.

### Escarificadores:

Es una herramienta rotatoria de impacto de barras dentadas que perforan el concreto. No se recomienda para selladores de menos de 15 mils. EPS. La desventaja principal de este método es que puede ocasionar microrupturas en el concreto, reduciendo la fuerza de adhesión entre el sustrato y el recubrimiento.

### Hidroblast:

Se puede emplear este método con presiones de 5.000 hasta 4,5000 psi (libras por pulgada cuadrada) para remover contaminantes solubles en agua, lechada, eflorescencia, concreto mal adherido, etc.

## HIDROBLAST

CONDICION DE SUPERFICIE	Sólo Agua - A Inyección de Arena - IA	0-2,000 PSI @ 5 GPM	3,000-6,000 PSI 6-8 GPM	10,000 PSI 10 GPM
Fácil de limpiar: sedimento polvoso superficie plana	A	150	350	500
Escamosa acidez ligero c grasa	IA	200	450	650
Superficie medianamente corroída en arcos y tubería	A	75	200	250
	IA	100	225	350
Superficie acidez corroída, forma irregular	A	20	75	125
	IA	25	100	175

### Mordentado:

Esta limpieza permite hacer la superficie del concreto un poco rugosa y remover contaminantes y debilitar la lechosidad del concreto. Sólo debe utilizarse este método cuando otros métodos no son factibles, debido a que tenemos desechos. la superficie del concreto se moja y tarda en secar. El mordentado con ácido muriático emplea aproximadamente 10% de la solución de ácido, para obtener un perfil de anclaje que promueva la adhesión.

El procedimiento para el mordentado del ácido es:

Inspección de la superficie para grasa y otros residuos. Estos residuos evitan que el ácido reaccione con el concreto. Remover los residuos con el limpiador apropiado.

Aplicar la solución ácida a la superficie.

Permitir que reaccione hasta que cese el burbujeo.

Lave la superficie completamente para retirar los ácidos.

Los ácidos empleados para esta preparación pueden ser: ácido muriático, cítrico o sulfónico. El ácido cítrico y el fosfórico se emplean cuando el ácido puede estar en contacto con superficies metálicas. Algunas especificaciones requieren una neutralización final de la superficie con una solución de bicarbonato y después enjuagar con abundante agua. Para la neutralización se requiere usar agua con cal, seguida de un lavado con agua limpia. La superficie debe limpiarse con un cepillo para eliminar todos los residuos de sales después de la neutralización. Es importante notar que una neutralización con la solución del ácido muriático deja sales insolubles en agua, por consiguiente será necesario emplear una aspiradora de sales. Para evitar este último paso, la neutralización puede efectuarse con agua en abundancia y verificar la neutralización con papel tornasol. El papel tornasol azul

adquiere un color rojo en ácido y azul en alcalino, no utilizar ácido sulfúrico o nítrico para la mordentación del concreto, el uso de ácidos requiere de ciertas medidas de seguridad, es importante protegerse ojos y piel, emplear respiradores cuando se diluya el ácido, siempre debe adicionarse el ácido al agua.

## CAPITULO 3

### TECNOLOGÍA EN RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.

#### FUNCIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS.

El método más utilizado desde hace mucho tiempo por el hombre en contra de la corrosión es el empleo de recubrimientos anticorrosivos, es decir, pinturas que actúan como barrera en contra de un ambiente agresivo evitando el contacto entre éste y la estructura metálica a proteger. Algunos recubrimientos no sólo actúan como barrera impidiendo el contacto de la humedad con la superficie metálica, sino que poseen una segunda función pueden actuar como inhibidores de la corrosión o bien tener un efecto similar al de los ánodos de sacrificio protegiendo catódicamente a la estructura sobre el cual son aplicados. Su selección, aplicación y mantenimiento son de crucial importancia ya que su efectividad dependerá de estos factores.

#### 3.1 MECANISMOS DE PROTECCIÓN.

El grado de protección de una película depende de la diferencia de potencial entre el ánodo y cátodo así como también de la intensidad de corriente que se genere.

El diagrama de Evans es la representación de E vs  $i_{corr}$ .

$E_c$  = Potencial del cátodo.

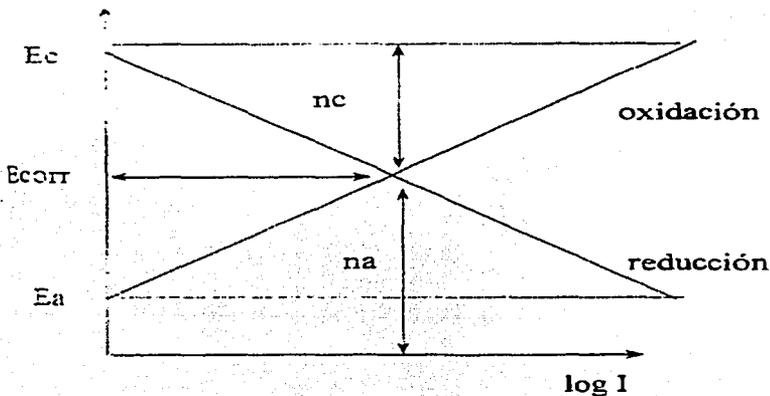
$E_a$  = Potencial del ánodo.

$E_{corr}$  = Potencial de corrosión.

$i_{corr}$  = Densidad de corriente

R = Resistencia

#### DIAGRAMA DE EVANS



$$i_{corr} = \frac{(E_c - E_a) \cdot n_c \cdot n_a}{R}$$

R

## Diagrama de Evans.

- Representación gráfica que relaciona la diferencia de potencial entre cátodo y ánodo con la intensidad de corriente(cantidad de electrones) de corrosión.
- Umbral de intensidad de corriente de corrosión: cantidad mínima de electrones que deben formarse para que se produzca la corrosión.

### Formas de protección anticorrosiva.

- Control de la corrosión dependiendo de la curva de polarización.

Polarización: Consiste en la acumulación de partículas positivas en la superficie anódica dentro de la fase líquida que obstaculizan el flujo libre de iones a través del electrolito.

1. Disminución de la fuerza electromotriz( $E_c - E_a$ ) Ejemplo: protección catódica.
2. Protección por control catódico (Incrementando sobrepotencial catódico  $n_c$ ) Ejem:Zn,Al, Mg
3. Protección por control anódico.(incrementando el sobrepotencial anódico  $n_a$ ) Ejem:Pb,Ni,Cr.
4. Protección por control mezclado (incrementando  $n_a$  y  $n_c$ )
5. Aumento de la Resistencia R Ejem: Plásticos y asfaltos.

### El Zn y el Cr en los Recubrimientos.

- $Cr^0 \rightarrow Cr^{3+}$   $E = -0.74$
- $Fe^0 \rightarrow Fe^{3+}$   $E = -0.036$

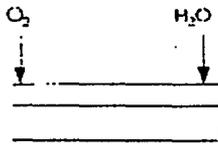
Con el cromo se aumenta el sobrepotencial anódico, y se forma una capa pasivante (no actúa como ánodo de sacrificio).

- $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+}$   $E = -0.762$
- $Fe^0 \rightarrow Fe^{3+}$   $E = -0.036$

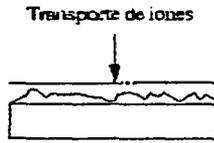
Con el Zn se aumenta el sobrepotencial catódico, actuando como ánodo de sacrificio.

## Protección por película intacta.

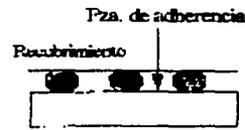
- Se han desarrollado cinco hipótesis al respecto.



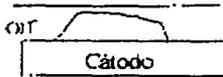
1. Hipótesis  
Estructura impermeable  
Hallazgos:  
La película de recubrimiento  
son permeables al  $H_2O$  y al  
 $O_2$ .



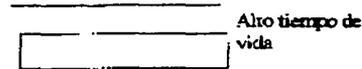
2. Hipótesis  
Conductividad eléctrica  
Hallazgos:  
No hubo relación entre  
las recubrimientos de baja  
conductividad y la protección  
anticorrosiva que impartían



3. Hipótesis  
Adherencia al sustrato en  
presencia de agua  
(adherencia húmeda)  
Hallazgos:  
Coacción de presión  
osmótica

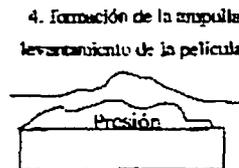
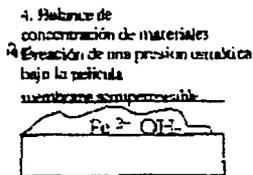
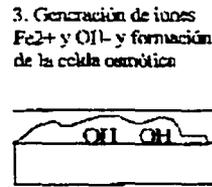
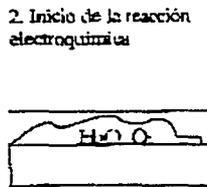
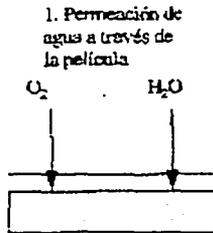


4. Hipótesis  
Resistencia a la saponificación  
Hallazgos:  
Los iones  $OH^-$  catalizan la  
hidrólisis (saponificación)  
de agua del polímero (ésteres)



5. Hipótesis  
Combinación de la buena  
adherencia (junto con la baja  
permeabilidad)  
Hallazgos:  
Menor concentración de iones  
en solución acuosa bajo película  
recubrimiento osmótica.

## Desarrollo de una ampolla a través de una celda osmótica.



## Mecanismo de Funke

La absorción sobre el acero de grupos del polímero que resistan el desplazamiento por agua (adherencia por agua) dará la base para que un recubrimiento brinde una buena protección anticorrosiva. Esta protección será aún mejorada si la permeabilidad y oxígeno a través de la película es baja y si el vehículo del recubrimiento resiste la saponificación.

### Adherencia.

Es la medida de la fuerza aplicada para remover el recubrimiento por unidad de área.

Puesto que una mayor rugosidad de la superficie implica una mayor área superficial a nivel microscópico, la adherencia se mejora con una mayor rugosidad. La superficie de acero limpio no es hierro libre, sino que el hierro se oxida e hidrata casi instantáneamente cuando la superficie entra en contacto con el oxígeno y grupos hidrolitos del ambiente.

La adherencia entre el vehículo del recubrimiento y la superficie de acero, se ve favorecida por la interacción química del acero y del polímero. Por tanto, la velocidad del desplazamiento por agua puede reducirse si las moléculas del polímero absorbido tienen una cadena de estructura rígida y una alta fuerza de interacción química para mantener la adherencia.

Sin embargo, durante la formación de la película es mejor para las moléculas, el que sean muy flexibles para permitir la orientación de sus grupos químicos hacia los grupos químicos del acero.

Esta combinación de requisitos juega un papel importante a favor de los sistemas entrecruzados para lograr una mayor adherencia y por tanto protección anticorrosiva.

Los grupos amino de los polímeros parecen incrementar la adherencia húmeda.

Los grupos amina pueden formar enlaces de hidrógeno con la superficie de óxido del acero (formación de sal).

Si la interacción es lo suficientemente fuerte los grupos amina no serán desplazados por el agua (o al menos fácilmente) y por lo tanto se esperaría una buena adherencia húmeda. Ejemplo : recubrimiento epóxico - amina de dos componentes.

En general, los polímeros modificados con amina no muestran buena rotación de calor, brillo y propiedades mecánicas en exteriores, por tanto, solo se consideran buenos como primarios.

Excepto los casos en donde la protección anticorrosiva es de menor importancia, el acero debe recubrirse con 2 capas de pintura, un primario diseñado específicamente para dar la adherencia húmeda necesaria y acabados que tengan resistencia de barrera a la permeación al agua y al oxígeno además de otras propiedades adicionales al sistema.

La mayor rugosidad de la superficie, no es lo único que lleva a una buena adherencia. Si el vehículo del recubrimiento no penetra en todos los poros y huecos de la superficie de acero habrá áreas de la superficie que no tengan contacto con el del recubrimiento.

En tal caso, cuando el agua y el oxígeno permeen a través de la película, estarán en contacto directo con el acero sin nada que desplazar.

Entonces, qué es lo que controla la acción del vehículo del primario en los poros de la superficie de acero.

Con el objeto de obtener humectación, que es esencial primer paso, es necesario que la tensión superficial del vehículo del recubrimiento sea menor que la tensión superficial del acero. Si el acero ha sido preparado debidamente, no habrá ningún problema de humectación ya que la tensión superficial del acero limpio es más alta que la de cualquier recubrimiento.

El siguiente factor es la viscosidad. La velocidad de penetración de un líquido en un capilar (poro) está controlada por la viscosidad. Esta debe ser suficientemente baja y permanecer así en su suficiente tiempo después de la aplicación, para permitir la penetración en no sólo las depresiones macro sino también en los poros microscópicos.

Muchos de los huecos serán más pequeños en diámetro que el tamaño de partícula de los pigmentos del recubrimiento, y por tanto la viscosidad crítica que controla la penetración no es la viscosidad de todo el recubrimiento sino la viscosidad libre del pigmento, que es la fase continua del recubrimiento.

En el diseño de un primario, se desea usar una viscosidad tan baja como sea posible usar solvente de evaporación lenta que sean consistentes con otros requerimientos y usar sistemas que entrecrucen lentamente para que la viscosidad se incremente lentamente.

#### . Permeabilidad al oxígeno y al agua

Es un hecho que el agua y el oxígeno pueden permear al menos en alguna cantidad, a través de cualquier película de recubrimiento aunque esta no tenga imperfecciones como rupturas o poros a través de la película. El volumen libre se incrementa conforme aumenta la temperatura.

En sistemas entrecruzados una densidad de entrecruzamiento más alta llevará a una alta permeabilidad. La permeabilidad también está afectada por la solubilidad del oxígeno y agua en la película.

La pigmentación tiene un efecto significativo en la permeabilidad de oxígeno y agua.

Las partículas de pigmento no permitirán que las moléculas de oxígeno y agua pasen a través de ello por tanto, la permeabilidad disminuye como función del volumen de pigmento de película seca. (PVC) Volumen de contenido de pigmento sin embargo si el PVC excede el contenido de volumen de pigmento crítico (CPVC), habrá huecos en la película y el paso del agua y oxígeno a través de ella será fácil.

Los pigmentos en forma de placa pueden ser requeridos para reducir la permeabilidad de agua y O<sub>2</sub>. Cuando el solvente del recubrimiento se evapora la película se contrae. La contracción tiende a alinear las placas paralelas a la superficie de la película. Puesto que el O<sub>2</sub> y el vapor de agua no pueden pasar a través de las partículas del pigmento, la presencia de placas alineadas puede reducir su penetración a través de la película.

El espesor de la película afectará el tiempo necesario para la permeación de agua y oxígeno a través de la película. Por tanto, las partículas gruesas retardarán la llegada de agua y oxígeno a la interfase. En el caso de recubrimientos de alto desempeño secados al aire existe un espesor de película comúnmente mayor a 16 mils, que brinda mayor protección anticorrosiva que el incremento proporcional.

Por debajo de un espesor de película podría haber defectos microscópicos que se extiendan por debajo de la película hasta el sustrato.

La película parece intacta pero podría haber defectos microscópicos grandes con los huecos de volumen libre a través de los cuales ocurre la permeación ordinaria en películas intactas.

Por lo tanto el espesor de película es lo suficientemente grande tales defectos no alcanzarán al sustrato y reduciendo sustancialmente el paso de  $O_2$  y agua. La hipótesis es consistente con la creencia general de que se logra mayor protección mediante la aplicación de más capas para alcanzar el mismo espesor de película.

#### Permeabilidad

- Permeación de oxígeno y agua.
- Aumento de la temperatura = aumento del volumen libre (la permeabilidad aumenta)
- Densidad de entrecruzado
- Solubilidad de agua y oxígeno
- Pigmentación

Permeabilidad =  $f(\text{PVC})$   
Considerar el CPVC

La permeabilidad de algunas resinas al paso de  $O_2$  y vapor de agua.

#### Adherencia

- Es la medida de la fuerza aplicada para remover el recubrimiento por unidad de área.
- Rugosidad
- Estructura química del polímero (orientación)
- Interacción vehículo - sustrato
- Variaciones locales de adherencia = corrosión filiforme
  - Comienza en un borde

- Desplazamiento hacia localidades de adherencia húmeda más pobres.
- Difusión de oxígeno = oxidación del  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$  y formación de  $Fe(OH)_3$ , hidróxido férrico.
- Aumento de presión osmótica = colapso del recubrimiento.

#### Resistencia a la saponificación.

- Saponificación : ruptura de las cadenas poliméricas por la presencia de grupos OH
- Se produce por focos de corrosión microscópicos.
- Ejemplos  
Epoxi - fenólicos resisten.  
Poliamida mod. Con amina resisten.  
Alquidálicas no resisten.

En general se recomienda el uso de resinas que no generen saponificación (hidrólisis catalizada) en los vehículos de los primarios.

Puesto que en cualquier sistema de recubrimientos habrá algún área de la superficie del acero donde no haya adsorción completa de grupos que no pueden ser desplazados por el agua, algo de corrosión comenzará eventualmente bajo la película aún en el mejor sistema.

En el cátodo, los iones  $OH^-$  se generan como resultado de la reacción de corrosión. Si el polímero del vehículo es saponificado, el ion  $OH^-$  catalizará la reacción, llevando a una mayor pérdida de adherencia húmeda y, eventualmente, a una falla grave de la película.

Los primarios epoxi-fenólicos resisten completamente la hidrólisis. Las poliámidas terminadas con amina que son ampliamente usadas en primarios secados al aire para reaccionar con resinas epóxicas, tienen grupos amida, que teóricamente hidrolizan. Sin embargo, las amidas son resistentes a la hidrólisis catalizada.

Las resinas alquidálicas hechas con anhídrido ftálico son particularmente susceptibles a la saponificación y son, en general, vehículos de primarios inferiores. Son empleadas solo cuando se requiere protección anticorrosiva moderada y bajo costo.

Protección por película no intacta.

Si existen estrias a través de la película hasta el metal, el agua y el oxígeno alcanzarán al metal y comenzará la corrosión.

Si la adherencia húmeda del primario al metal no es, excelente, el agua se deslizará por abajo del recubrimiento y este comenzará a desprenderse del metal en áreas cada vez más grandes. En los casos en que la adherencia varíe en una escala local, puede ocurrir corrosión filiforme. La corrosión filiforme se caracteriza por el desarrollo de "filamentos" delgados de corrosión que se desplazan al azar bajo la película.

La formación de esos filamentos puede comenzar en el borde de una marca a través de la película en un punto donde la adherencia es la más pobre y ésta se perderá en esa dirección. Entonces, en lugar de una película generalizada de adherencia, un filamento podría formarse siguiendo las localidades de adherencia húmeda más pobres. Conforme se desarrolla la corrosión filiforme, el oxígeno continuará difundándose a través de la película. En la primera parte de la formación del filamento, el oxígeno puede oxidar a los iones  $Fe^{2+}$  a los iones  $Fe^{3+}$ . Puesto que el  $Fe(OH)_3$ , hidróxido férrico, es muy insoluble, precipitará resultando en una caída de la presión osmótica y el colapso del filamento. La corrosión, sin embargo, continúa, en la punta avanzada del filamento donde la mayor parte del oxígeno es consumida por la reacción de despolarización catódica. Es obvio que el diseño de primarios con buena adherencia húmeda es también crítico para la protección cuando una película no está intacta. Más aún, cuando comienza la corrosión, los iones  $OH^-$  son generados y es entonces importante el uso de primarios resistentes a la saponificación.

#### Pigmentos pasivantes en primarios

El acero puede protegerse contra la corrosión por pasivación, es decir volviendo inactiva a las áreas anódicas. Algunos agentes oxidantes y bases fuertes en presencia de oxígeno actúan como agentes pasivantes. Mucha de la información publicada acerca de este tipo de pigmentos está basada en evaluaciones comparativas de resistencia a la corrosión en cámara salina ( u otras pruebas de laboratorio) más que en el campo real. Todo estos pigmentos son algo solubles en agua y deben usarse en vehículos que permitirán la difusión de agua y pueden disolverse. Por tanto, puede esperarse que el uso de pigmentos pasivantes en primarios lleve al ampollamiento u otras fallas de recubrimientos después de ser expuestos a condiciones de humedad si la formulación no es apropiada.

1. Pigmentos de plomo  $PbO$ , ortoplomatos de calcio, silico - cromato de plomo
2. Pigmentos de Cromato

#### Pigmentos Inorgánicos.

- Amarillo de zinc ( $3ZnCrO_4$ ,  $K_2CrO_4$ ,  $Zn(OH)_2 \cdot 2H_2O$ )
- Tetroxicromato de Zinc ( $ZnCrO_4$ ,  $Zn(OH)_2$ )
- Cromato de estroncio ( $SrCrO_4$ )
- Otros pigmentos:
- Molibdato básico de zinc: alternativa para el amarillo de zinc
- Molibdato zinc - calcio: alternativa para el amarillo de zinc

- Metaborato de bario
- Fosfato de Zinc
- Fosfosilicatos de calcio
- Borosilicatos de bario.

#### Pigmentos Orgánicos

- Sales de zinc de ácidos nitroftálicos.

#### Otros pigmentos inhibidores.

- Los pigmentos comúnmente utilizados eran los de óxido de plomo y cromato pero son tóxicos.
- Se reemplazaron por los fosfatos (fosfatos de zinc), silicatos (borosilicato de calcio) y boratos ( metaborato de bario)

#### Protección catódica por primarios ricos en zinc.

El Zinc metálico usado como pigmento en una pintura brinda la protección de un galvanizado y puede aplicarse a estructuras de acero después de la fabricación.

Los primarios contienen altos niveles de zinc en polvo (el más común del 90% en peso) La cantidad de zinc sobre base volumétrica debe ser mayor que el CPVC del primario para ser efectiva. Solo así se asegurará el contacto eléctrico entre las partículas de zinc y el fierro.

Además, cuando el PVC es mayor que el CPVC, la película será porosa, permitiendo que el agua (con sales disueltas) complete el circuito eléctrico.

El Zinc es anódico en todas partes de la superficie de acero.

La corrosión ocurre, pero sólo la corrosión del zinc, produce cationes de zinc en el ánodo mientras que el acero-cátodo se generan iones OH-

Es evidente que los vehiculos de los primarios ricos en zinc deben ser resistentes a la saponificación.

Los vehiculos, más ampliamente usados son el ortosilicato de tetraetilo u oligómeros derivados de este por hidrólisis parcial controlada con una pequeña cantidad de agua. El etanol se utiliza como solvente principal ya que ayuda a mantener la estabilidad del producto. Después de la aplicación, el etanol se evapora y el agua del aire completa la hidrólisis del oligómero para obtener sales de zinc de ácido polisilícico. El tiempo de vida útil de los inorgánicos de zinc no está limitado por la cantidad de zinc presente como se podría suponer.

Se han encontrado que, inicialmente, la cantidad de zinc libre disminuye relativamente rápido la corrosión debido a la reacción electroquímica. Después, la pérdida de zinc metálico se vuelve lenta pero el primario continua protegiendo al acero. Posiblemente formado en las etapas iniciales de la corrosión del zinc, llene los poros y juntos con el zinc remanente actúan como recubrimiento de barrera para mantener al agua y al oxígeno alojados del sustrato del acero.

El reemplazo de al menos 10% de zinc con pigmento inerte causa una seria disminución en el contacto metal a metal aún cuando PVC esté por arriba de CPVC. Recientemente se ha mostrado que son posibles altos niveles de reemplazo usando un pigmento inerte con alta conductividad eléctrica. El fósforo de hierro, FeP2 es tal el pigmento.

Puesto que el PVC está muy por arriba de CPVC, la resistencia de las películas de primario rico en zinc son relativamente pobres. Deben usarse en aquellos lugares donde habrá pocos impactos que rompan la película.

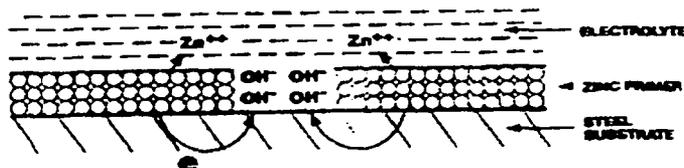
Para proteger al primario rico en zinc de tal forma que no se consuma antes de lo necesario, para minimizar las oportunidades de daño de la película de primario y para propósitos de apariencias se acostumbra aplicar acabados sobre el primario. Si el vehículo del acabado penetra en y a través de los poros de la película de primario rico en zinc, la conductividad del primario se verá reducida substancialmente volviéndolo inefectivo.

#### Protección rica en zinc

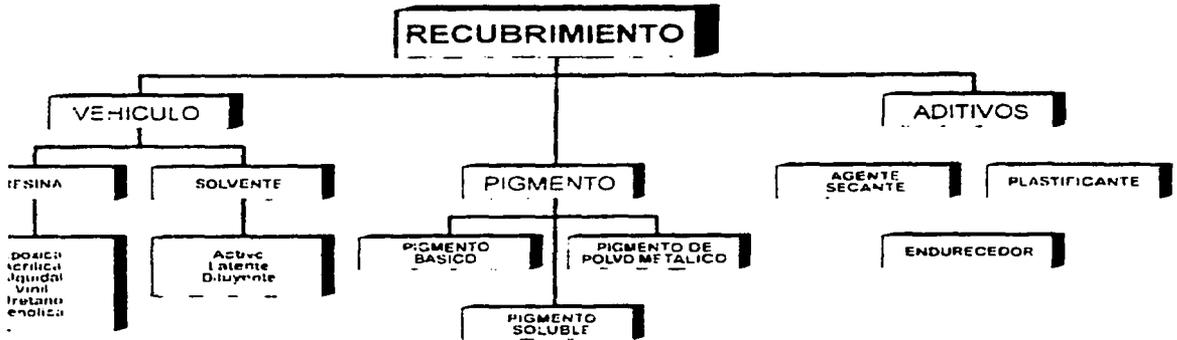
- Altera la naturaleza de la celda adicionando un ánodo más activo que el metal a proteger.
- Se utiliza en los galvanizados de zinc en polvo.

#### Protección catódica.

- El metal es recubierto con primarios ricos en zinc formulando una película discontinua.
- Los ánodos son muy grandes y los cátodos son pequeños.
- Se debe mantener un pH de entre 5.5 hasta 9.5 para aplicar el recubrimiento de zinc, (a otras concentraciones se disuelve el polvo).



### 3.2 COMPOSICIÓN Y FAMILIAS DE RECUBRIMIENTOS.



#### COMPOSICION DE UN RECUBRIMIENTO.

##### VEHICULO

- Es la porción de un recubrimiento que contiene resinas, componentes volátiles.

##### PIGMENTO:

- Productos comúnmente utilizados para mejorar o corregir propiedades de la película, Escurridos, asentamientos, floculación, ojos de pez, nivelación, secados, resistencia a la luz etc.
- Materia colorante que se encuentra en el protoplasma de muchas células vegetales y animales. Substancia pulverizable con la cual se da color a las pinturas.

##### ADITIVOS

- Es un material sólido finamente dividido que cuando se dispersa en una pintura imparte propiedades deseables tales como color, consistencia, lijabilidad, brillo, apariencia etc.

Substancia que se agrega a una solución electrogalvanizante para producir un cambio deseado en las propiedades físicas del electrodepósito siendo agente secante, plastificante, endurecedor.

# FAMILIAS DE RECUBRIMIENTOS

Tipo de resina	Materias primas	Usos
Resinas de Aceite	Pigmento + aceite de linaza o aceite de soya.	Materiales arquitectónicos por su buena adhesión al sustrato y da buena eficiencia.
Resinas Fenólicas	Pigmento + barnices resinosos formados por la reacción de resinas fenólicas con aceites vegetales.	Buena resistencia al agua pero pobre resistencia a álcalis.
Resinas Alquídicas o Ftálico) Secantes Homeo	Acido ftálico + alcoholes polihídricos como glicerol y aceites vegetales (o ácidos grasos)	Buena resistencia al intemperismo y buena adhesión, pero baja resistencia al ataque químico.
Resinas Melamina		No secan a temperaturas normales. Se homean a 120°C. Gran dureza y buena apariencia.
Resinas Vinílicas	Copolimeros de vinilos clorados y otras resinas	Excelente resistencia al agua y a los agentes químicos. Resistentes a ácidos, álcalis y sales en soluciones acuosas abajo de 66°C. TECNOLOGIA ALTOS SOLIDOS (un solo componente) 200m.
Resinas Epóxicas	Epiclorhidrina + Bisfenol A	Buena resistencia al agua, brisa salina y agentes químicos. Adhesión sobresaliente y buena resistencia al impacto, calor y abrasión.
Resinas de Poliuretano	Resinas poliol curadas con isocianato	Buena resistencia al intemperismo, y se aplican cuando se trata de exposición a ambientes severos.
Resinas Acrílicas antes Homeo	Acido acrílico o metacrílico (Esteres de cadena corta)	Buena resistencia al intemperismo, gran dureza y excelente retención de color.
Resina de silicón-alquídica cada	Silicón + resinas alquídicas	Buena resistencia al intemperismo y al calor. Excelente resistencia a la luz solar pero baja para ácidos y álcalis.
Quitrán de hulla	Epóxico + alquitrán	Excelente resistencia al agua y mejor que el promedio de los demás en resistencia a la penetración.
Resinas poliéster	Acido + alcohol polihídrico	Gran dureza y buena resistencia al desgaste. Resistentes a ácidos y solventes.
Orgánicos de zinc	Polvo de zinc + polisiloxanos	Brindan protección galvánica en sustratos sometidos a ambientes severos.
Orgánicos de zinc	I.Z. + Resina orgánica	Protección combinada: galvánica + disminución de EMF.
Emulsión de latex en agua	Latex + agua	Áreas estériles. Industria alimentaria.

Los Recubrimientos Anticorrosivos son sometidos a pruebas de laboratorio para que de acuerdo con sus características particulares, presenten un buen desempeño cuando son aplicados en campo, los cuales son:

## PREPARACIÓN DE PANELES

Consiste en aplicar sistemas de recubrimiento sobre laminas preparadas (paneles) a fin de verificar brillo, color, secado, nivelación, e incluso duración en horas en cámaras salinas y de humedad.



## 1) PREPARACION DE PANELES

### VISCOSIDAD

La viscosidad se define como la resistencia a fluir que presenta un líquido. Existen varios métodos para determinar la viscosidad dependiendo del tipo de pintura. Entre los principales están:

Brookfield (centipoises)

Stormer (unidades Krebs)

Con copas de viscosidad: Ford (segundos), Zahn (segundos)

Parlin (segundos)

Para materiales de viscosidad alta y sin diluir, se recomienda usar métodos mecánicos como Brookfield o Stormer

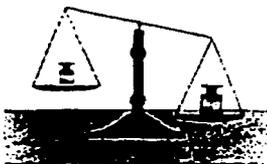
Si se va a verificar la viscosidad de aplicación de algún producto, lo más práctico es utilizar las copas de viscosidad las más conocidas en el campo son la Ford # 4 y la Zahn #2 (equivalente a la copa M-50 de Dupont). Se debe de mantener la temperatura tanto del líquido como de la copa en 25°C para que la prueba sea reproducible.



## 2) VISCOSIDAD

### PESO POR LITRO

Es la determinación de la densidad del recubrimiento tomando en cuenta que la materia prima se mide en unidades de masa (kg) y el recubrimiento que es un fluido en unidades de volumen (l.).

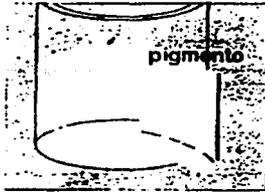


## 3) PESO POR LITRO

### FINURA

La finura se define como el grado de dispersabilidad que presenta una pintura. Esta prueba tiene por objeto controlar el tamaño de las partículas del pigmento, en los productos terminados es además una comprobación de que no hubo una contaminación durante el proceso de fabricación o una incompatibilidad de una pintura.

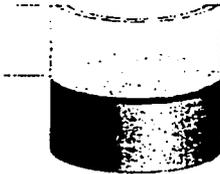
Para realizar esta prueba generalmente se utiliza un medidor de finura Hegman.



#### 4) FINURA

#### CONTENIDO DE AGUA

Método de titulación que determina el contenido de agua en solventes para evitar problemas como: Gelamiento, secado, brillo y ampollas.



#### 5) CONTENIDO DE AGUA

#### DISPERSIÓN.

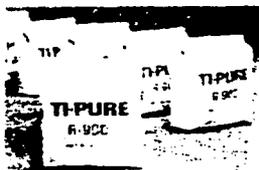
Es la prueba que consiste en observar como se difunde el material sólido ó pigmento en el líquido solvente sobre una superficie.



#### 6) DISPERSION

#### CONTENIDO DE PIGMENTO

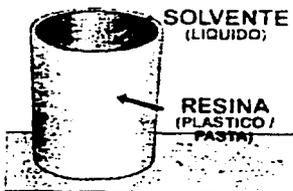
Consiste en la determinación de contenido de pigmentos extenders de acuerdo a la formulación de color de un producto terminado.



## 8) CONTENIDO DE PIGMENTO

### CONTENIDO DE VEHICULO

Es la cantidad de cuanto baste para mantener liquido el recubrimiento, y al mismo tiempo mantener en suspensión todos los ingredientes de la pintura.



## 9) CONTENIDO DE VEHICULO

### CONTENIDO DE SOLIDOS

Consiste en determinar el porcentaje de sólidos suspendidos en el recubrimiento, a fin de asegurar el rendimiento y el contenido de componentes orgánicos volátiles.



## 10) CONTENIDO DE SOLIDOS

## TIEMPO DE SECADO

### Secado al tacto:

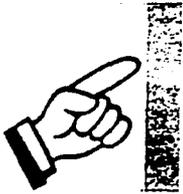
Es la prueba que se realiza sobre el material aplicado y que consiste en presionar el dedo pulgar contra el sustrato, haciendo un giro de 180°.

### Secado para repintar:

Es el tiempo en el cual se puede aplicar una segunda capa del mismo recubrimiento sin que se generen problemas de adherencia o solvente atrapado entre ambas.

### Secado Duro:

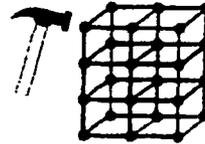
Es cuando ya se puede aplicar el acabado final y puede entrar en operación el sustrato.



a) Secado al Tacto



b) Secado para Repintar



c) Secado Duro



## 7) TIEMPO DE SECADO

## **CURADO TOTAL**

Momento en el cual se pueden hacer sobre el recubrimiento las pruebas de adherencia, y en el cual el recubrimiento ha llegado a su desempeño óptimo bajo el cual fue diseñado.

### **3.2.1.- CAUSAS Y PREVENCIÓN DE FALLAS EN LOS RECUBRIMIENTOS.**

Los recubrimientos o pinturas son los principales materiales para proteger las estructuras metálicas en contra de la corrosión, de aquí la importancia de mantener su integridad lo mejor posible para evitar el desarrollo de celdas que promueven el deterioro de los metales. Sin embargo esto no siempre se logra ya que para el correcto desempeño de una película de recubrimiento se requiere controlar al máximo cada paso desde su diseño, desarrollo y manufactura hasta su aplicación. Las fallas pueden ocurrir por las siguientes razones

Selección inapropiada del recubrimiento.

El utilizar el mismo sistema de recubrimientos para el diversos sustratos como pueden ser acero, concreto o madera puede presentar el sistema de pintura, un desempeño inapropiado, por tal motivo es necesario asesorarse del tipo de sustrato a pintar, así como de los aspectos ambientales a los cuales está sujeto.

Propiedades inherentes de los productos.

Por una inadecuada combinación y/o selección de los materias primas, así como de una inadecuada dispersión de la pintura.

Ejem: Caleo, escurridos, piel de cocodrilo, etc.

Adhesión relativa al sustrato.

Principalmente se debe a una incorrecta aplicación de pintura sobre el sustrato. causadas por películas de pintura muy delgadas , o bien captura de solventes entre la intercara metal pintura. Ejemplo: ampollamiento,descascamiento, escamas, etc.

Incompatibilidad del producto con el sustrato.

Puede generarse una reacción entre la superficie y el recubrimiento o bien no hay perfil de anclaje para generar una buena adhesión.

Exposición a fuerzas externas.

Exposiciones químicas, abrasión,intemperismo severo.

Pobre o inadecuada preparación de superficie y aplicación.

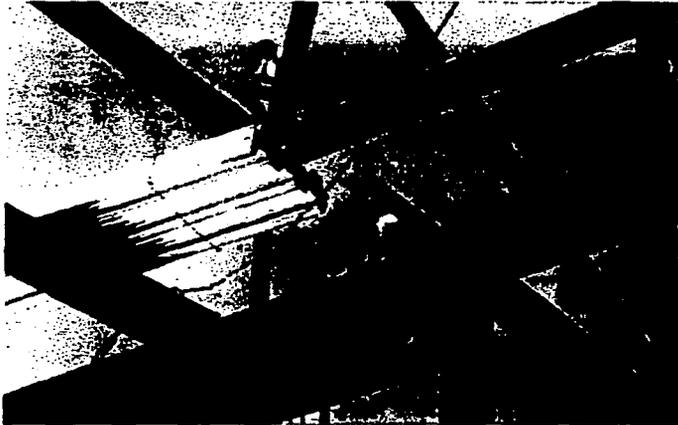
La superficie puede estar contaminada.

No se genera perfil de anclaje.

No se controla el espesor de película seca en relación con el perfil de anclaje (1/3) a 1/4 )

Tiempos de secado de la capa anterior.

Aplicación.

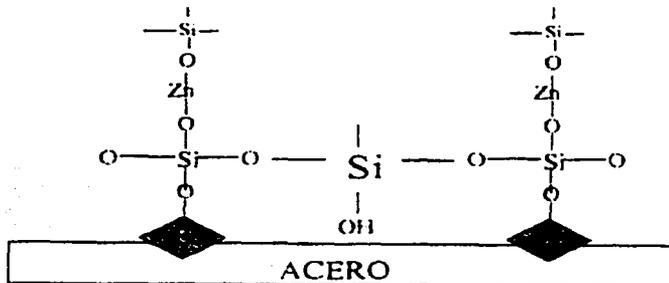


Diseño estructural. Angulos, acabados de soldadura en escamas, puntos de soldadura, filos cortantes en las estructuras, grietas, hoyos, huecos.

- Para seleccionar un recubrimiento se deben considerar los siguientes puntos:
- Conocer el desempeño del recubrimiento en aplicaciones similares.
- Conocer la composición química y las propiedades físicas del recubrimiento.
- Conocer los resultados de exposición del recubrimiento bajo ambientes que sea similares a las condiciones de uso.
- El sistema de recubrimientos seleccionado debe ser el más durable y con el mayor costo-beneficio.
- Para seleccionar un sistema de recubrimientos, es necesario que tanto el primario como el acabado sean del mismo fabricante, para evitar así, problemas de compatibilidad.

- Variables que afectan el desempeño de un recubrimiento.
  - La adherencia de los recubrimientos anticorrosivos sobre las superficies metálicas es clave para la efectividad de los mismos, y también de las variables que pueden producir las fallas. La buena adherencia contribuye a la protección contra la corrosión.
  - Sin adherencia, cualquier recubrimiento sólo es una película plástica sobre la superficie de la estructura o placa de acero.
  - Sin adherencia, la permanencia del recubrimiento es temporal y difícilmente prevendrá que el agua haga contacto con la superficie metálica. no resistirá a los agentes químicos corrosivos ni evitará el daño mecánico.
  - Con la unión adecuada al sustrato, el recubrimiento puede tomar muchas características del mismo. Existen tres procesos principales mediante el cual la película puede unirse a la superficie:
    - Unión química
    - Unión polar
    - Unión mecánica
- 10 Tipos de unión: Unión Química
  - Es una reacción química entre el recubrimiento y el sustrato metálico, y la más efectiva en cuanto a estabilidad y protección contra la corrosión. Ejem. :
    - Inorgánico de Zinc y el acero.
      - Se produce una unión entre el oxígeno proveniente del silicato del recubrimiento inorgánico con un átomo de hierro y zinc.

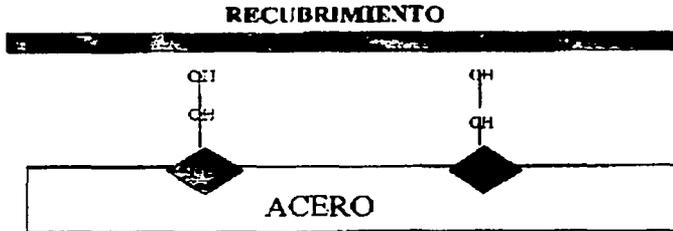
**La adherencia química del inorgánico de zinc**



Otro ejemplo es la reacción que se desarrolla entre los primarios de lavado ( wash primers ) y las superficies galvanizadas, en donde el ácido fosfórico inicia la reacción entre el metal, la resina y los pigmentos inhibidores.

#### Unión polar

- Consiste en una atracción ejercida por los grupos polares que se encuentran en las moléculas de la resina, lo que hace que esta funcione como imán y accione a los grupos polares que están sobre el sustrato.
- El grado de atracción se debe a la acción aglutinante de la resina en contacto con el sustrato.
- Ejemplo son las resinas epóxicas que al curarlas con amina y amidas aumenta la adherencia.
- Las uniones polares pueden ser posibles únicamente entre el recubrimiento orgánico y la superficie metálica a una distancia por debajo a  $5\text{Å}$  (1 X 10 METROS ) ( Los granos de suciedad y aceite son más gruesos que  $5\text{Å}$  ) por ello se requiere una preparación de superficie profunda para la aplicación de estos recubrimientos.



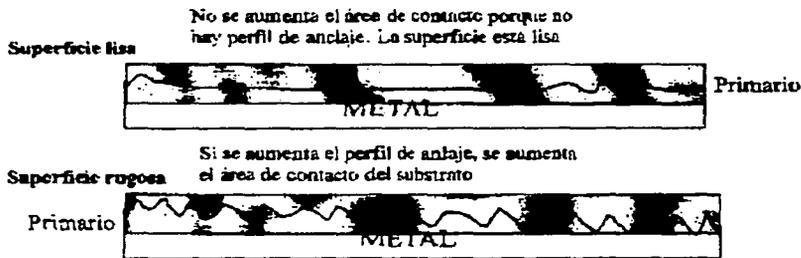
Unión de un recubrimiento Epóxico sobre el metal a través de un enlace de hidrógeno

#### Tipos de Unión.

##### Unión Mecánica:

- Está asociada con la rugosidad de la superficie o perfil de anclaje del sustrato. Entre mejor sea ésta mejor es la unión mecánica ya que el propósito primordial de la rugosidad es el de incrementar el área de contacto real.
- Los recubrimientos obtienen una adecuada adherencia sobre la superficie metálica en el rango de 1 a 2 milésimas de perfil de anclaje (25 a 50 micras de profundidad).

- La fineza de la rugosidad incrementa el área de contacto, sobre la cual el recubrimiento tiene una humectación mayor para adherirse.



### Tipo de unión mecánica

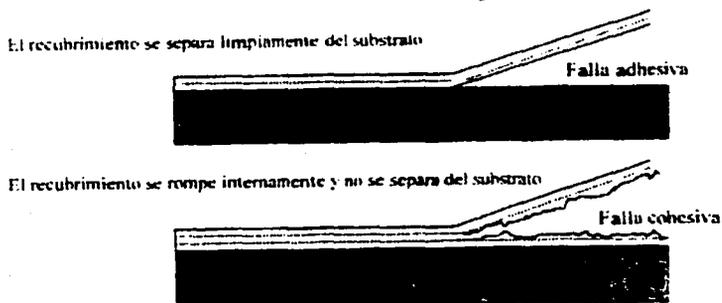
#### Causas de falla en los recubrimientos.

Los recubrimientos fallan en relación directa a su adherencia sobre la superficie, así como las propiedades físicas del mismo.

- Las fuerzas involucradas en la película de un recubrimiento son: de adherencia y de cohesión.
  - Fuerza de adherencia sobre el sustrato.
  - Fuerza de cohesión: es la unión dentro del recubrimiento mismo que lo mantiene como una entidad.

La fuerza de adherencia óptima deberá ser mayor que su fuerza cohesiva. Por lo tanto si el recubrimiento tiene mayor resistencia mecánica y tenacidad romperá la unión adhesiva que existe con la superficie para desprenderse después.

Si la fuerza cohesiva es menor que la adherencia entonces el recubrimiento se romperá dentro de sí mismo.



### Fuerzas de adherencia y de cohesión de un recubrimiento

### 3.2.2 FALLAS INHERENTES A LA FORMULACION DE LOS RECUBRIMIENTOS.

#### CALEO

##### Causa de la falla:

- El vehículo orgánico tiende a desintegrarse gradualmente sobre la superficie desprendiendo los pigmentos y permitiendo que estos permanezcan sobre la superficie como polvo o cal.

##### El proceso de la falla:

- Se forma una capa polvosa sobre una superficie protegida y expuesta a la intemperie originada por la acción de luz ultravioleta proveniente del sol sobre la resina del recubrimiento.



##### Descripción:

- La capa polvosa es blanca en apariencia.
- Las capas de caleo se forman a partir de los productos de la descomposición de los pigmentos así como de las resinas epóxicas.
- Los recubrimientos epóxicos curados con aminas calean a una velocidad de 2.5 a 6.4 micras por año (0.1 mils. a 0.25 mils.)

##### Solución:

- El uso de resinas acrílicas y poliuretanos alifáticos combinado con pigmentos anticaleantes y aditivos absorbedores de luz ultravioleta sirven para evitar la pérdida de brillo.
- Hay acabados que calean como los epóxicos.
- Cuando es inevitable el caleo de un recubrimiento la consideración para su formulación debe ser su resistencia a la erosión, se debe aplicar suficiente espesor para un servicio óptimo.

- La capa de caleo sobre cualquier recubrimiento se erosiona gradualmente por la intemperie y esto es una ventaja para obtener una autolimpieza del mismo recubrimiento, siempre y cuando se mantenga la blancura del caleo, de otra forma se pierde espesor de película. Se recomienda una limpieza química la cual consiste en lavar con ácido acético (vinagre) el sustrato dañado por caleo, dejar secar y aplicar nuevamente el acabado.
- Para un mejor desempeño del acabado se recomienda hacer una limpieza con chorro abrasivo y así se garantiza el maximizar el tiempo de vida útil del recubrimiento.
- Solución práctica(no especificar epóxicos para intemperie).

### DECOLORACION (CAMBIO DE COLOR).

#### Causa de la falla:

- Esta falla es obvia por su nombre, y se debe al tipo de resinas fotosensibles insaturadas que causan amarillamiento, pérdida de brillo, o bien decoloración del vehículo. Esta falla se origina por la reacción del vehículo (resina y solvente) con agentes atmosféricos.

#### El proceso de falla:

- La decoloración se lleva a cabo por la oxidación de las resinas por el hecho de tener dentro de su formulación peróxidos (enlaces de oxígeno y carbón) que mediante los rayos ultravioleta tienden a romperse los enlaces de C-C (carbono, carbono).



#### Comentarios adicionales:

- Un ejemplo clásico son los recubrimientos de acetato de vinilo clorado que toma a un color café hasta negro y algunas resinas epóxicas que toman a amarillo. (recubrimientos de hule clorado).
- El cambio de color no significa que se minimicen las resistencias químicas, simplemente pierde estética. Un ejemplo de ello son los recubrimientos fenólicos blancos que tienden a amarillarse, mientras que los acrílicos permanecen blancos por más tiempo.

- El azul de fierro se degrada por su reacción con los álcalis.
- Los pigmentos de plomo en la pintura en un ambiente atacado por sulfuros toman a un color grisáceo hasta negro.
- Los pigmentos de fierro azulosos, tienden a broncearse o tomar a un café oscuro.

#### Solución:

- La pigmentación apropiada para tintorear la pintura es básica para evitar la decoloración. Otra técnica para evitar esta falla es adicionar a la pintura silicones, acrílicos y poliuretanos alifáticos en su formulación.
- Existen pigmentos que son colores reactivos y una vez adicionados a la pintura la obscurecen, tomando así a colores verdosos o blancos; ejemplo: pigmentos amarillos.
- Solución práctica: Evitar especificar con pigmentos que desarrollan agregando como acabado un poliuretano.

### **DECOLORACION POR SULFUROS.**

#### Causa de la falla:

- Esta falla consiste en el manchado de la película por medio del ataque de ácido sulfhídrico que reacciona principalmente con los recubrimientos que contienen plomo o mercurio volviéndolas grises o negras, en forma de parches o bandas.

#### Descripción de la falla:

Es muy parecida a la decoloración mencionada anteriormente, sin embargo se presenta en áreas más extensas.

#### Comentarios adicionales:

- Los productos antivegetativos basados en cobre se inactivan por la presencia de sulfuros virando a un color negro, esto ocurre más frecuentemente en aguas contaminadas.
- Para saber la presencia de sulfuros se hace una prueba adicionando HCl diluido y debe presentar un vire de color es decir, las manchas negruzcas cambian a un color transparente. Esta prueba se realiza para especificar el producto adecuado.

#### Solución:

- No aplicar recubrimientos con pigmentos de cobre, plomo, mercurio, o aceleradores de secado a base de plomo, si se sabe la existencia de sulfuros.

- Si se requiere un repintado es necesario eliminar el antiguo recubrimiento si este contiene plomo.

## EROSIÓN

### Causas de la falla:

Es el tipo de falla causado por los vientos fuertes, lluvia en forma de granizo, y erosión por arenas.

### Descripción de la falla:

La erosión se observa en recubrimientos aplicados con brocha, en donde se formaron líneas marcadas que gradualmente crecen por la influencia del viento.



### Solución:

Es necesario promover el mantenimiento del sustrato, para evitar el crecimiento de las líneas marcadas por la erosión. O bien reubicar el equipo ( si es posible ) a zonas no tan expuestas a la erosión. Para recubrir la zona erosionada es necesario preparar la superficie manualmente, SSPC-SP 02, o bien utilizar chorro de arena grado metal blanco SSPC-SP 10 para así garantizar la óptima adherencia.

### Comentarios adicionales:

La norma ASTM-D 662 describe al grado de abrasión y erosión.

Defectos de formulación películas orgánicas: Agrietamiento, Fractura y Piei de cocodrilo.

- Estas fallas se agrupan por tener características de envejecimiento de la película.
- Se producen por la contracción que ocurre dentro de una película con el paso del tiempo.
- Las fuerzas de contracción internas se vuelven mayores que las fuerzas de cohesión.
- Las fallas se presentan con ruptura en líneas largas ( corrosión filiforme )

## AGRIETAMIENTO.

### Causa de la falla:

- Este defecto se presenta cuando la viscosidad del pigmento es baja en relación a la viscosidad de la resina Ejemplo: (polvo de zinc).
- Otra causa del agrietamiento es el secado rápido de la película de pintura, por la solvencia rápida de los reductores.
- Las fallas son resultado de la contracción del recubrimiento que ocurre cuando el solvente se evapora rápidamente de la superficie ocasionando una contracción súbita localizada.
- Este defecto se debe también a problemas de una incorrecta aplicación, debido a altos espesores de película seca.

### Descripción de la falla:

- El agrietamiento se caracteriza por la formación de películas no continuas, irregulares y no lineales.
- En las películas irregulares que no están sometidas a las mismas condiciones ( humedad, secado, enfriamiento ) el agrietamiento se observa superficialmente.
- Las fallas no son profundas: las rupturas de película son sólo superficiales.
- La película de pintura se encoge, tiene una flexibilidad limitada.
- Se presenta cuando el espesor de la película es muy grueso.
- El agrietamiento es un defecto que no se extiende por toda la superficie.
- Los recubrimientos de inorgánico de zinc comúnmente son aquellos que presentan agrietamiento si su formulación no es la adecuada.



### Solución:

- Se previene principalmente mediante la selección adecuada de un recubrimiento con bastante flexibilidad para que soporte las fuerzas de atracción de la superficie sujeta a un servicio específico.
- Se recomienda aplicar películas delgadas de pintura y posteriormente aplicar una segunda mano hasta alcanzar el espesor de película recomendado. Excepto para los Inorgánicos de Zinc debido a que se aplican a una sola mano dando un espesor promedio de película seca de 2 a 2.5 mils.
- Cuando se presenta la falla una vez aplicado es necesario preparar la superficie nuevamente y se vuelve a recubrir.
- Para prevenir el agrietamiento es necesario adicionar pigmentos fibrosos, solventes especiales y compuesto a base de silicatos y así es posible controlar la velocidad de secado de la película.
- Si se presenta el agrietamiento sin producir deficiencias en la adherencia se recomienda retocar o recubrir con primarios directamente sobre recubrimiento envejecido.
- Si las fallas se asocian con una adherencia pobre entonces el área completa deberá ser limpiada de acuerdo a la preparación de superficie especificada y recubrirse nuevamente. La norma que evalúa el agrietamiento es la ASTM-D660.

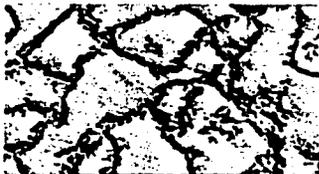
### FRACTURA (CRACKING)

#### Causa de la falla:

- Se produce por la contracción de la película, sin embargo, las fracturas son profundas y llegan al sustrato. El espesor excesivo del recubrimiento también puede causar fracturas.

#### Descripción de la falla:

- La fractura puede ser continua o discontinua. La fractura de recubrimientos se caracteriza por el desprendimiento catastrófico de la película en pedazos.
- La madera se expande y contrae lo que contribuye al agrietamiento.



### Soluciones:

- Se soluciona a través de resinas resistentes al intemperismo así como con pigmentos fibrosos.
- Se adiciona plastificantes para incrementar la elasticidad de la película.
- Generar desde la manufactura una adecuada compatibilidad del primario, enlace y acabado.

### Comentarios adicionales:

- Las pinturas autocurantes, son más susceptibles a presentar fracturas. La norma ASTM-D 661 muestra el grado de fracturas en pinturas exteriores.

## **PIEL DE COCODRILO.**

### Causas.

- Se produce por la aplicación de una capa dura y frágil sobre otra más flexible.
- Es una falla tipo macro fractura causada por fuerzas de contracción-dilatación en la película. También es causado por la rápida polimerización de las resinas sobre la superficie.

### Descripción de la falla:

- La diferencia entre las expansiones de cada película hace que la más frágil se separe en un modelo que se asemeja a la piel de cocodrilo.
- Algunas veces puede resultar de un desprendimiento inadecuado de solventes entre capas de recubrimientos. Los recubrimientos como el alquitran de hulla, aplicado sobre un epóxico presenta este tipo de falla.



### Solución:

- Preparar la superficie eliminando el recubrimiento que presenta esta falla volviendo a recubrir.

## FRACTURA DE LODO.

### Causa de la falla:

- Es un defecto que se presenta por espesor excesivo de película excediendo el recomendado por el fabricante.
- Ocurre cuando el recubrimiento está altamente saturado de pigmento.
- Otra causa es porque la superficie está sometida a altas temperaturas y por ende el recubrimiento seca extremadamente rápido.
- La fractura de lodos se realiza desde la última capa de recubrimiento hasta el metal, en forma catastrófica.

### Descripción de la falla:

- Es una falla considerada como macro fractura, más severa que la piel de cocodrilo.
- La fractura de lodo es un fenómeno de recubrimientos base agua que se aplican sobre primarios orgánicos de zinc que no han curado adecuadamente.
- La fractura de lodo provoca corrosión inmediatamente y resulta del descascaramiento o separación en forma de hojuelas del recubrimiento.
- El volumen de pigmentación es mucho más elevado comparado con el volumen de vehículo en la película de pintura seca.
- En los recubrimientos base agua ricos en zinc, se evaporan rápidamente los ingredientes volátiles, sin embargo, presenta algunas veces encogimiento de película por las reacciones químicas que ocurren entre el zinc y el meta. Algunas áreas no presentan buena adherencia y de un solo roce se puede hacer caer la pintura en forma de hojuelas.



### Solución:

- Es necesario adicionar a las pinturas solventes con una velocidad de evaporación lenta y reforzar la formulación con pigmentos adecuados.

- El inorgánico de zinc ocasionalmente como primario presenta fractura de lodo si se aplica de 4 a 6 mils en adelante. Se debe aplicar a una alta humedad relativa y a una temperatura promedio de 25 °C para que presente un curado óptimo.
- Para eliminar la fractura de lodos es necesario aplicar películas de pintura delgadas sin exceder lo recomendado por el fabricante. Películas de pintura por encima de 6 mils tienden a fracturarse.

### ARRUGAMIENTO.

#### Causas de la falla:

- Ocurre cuando la superficie de la pintura (acabado) se expande más rápido durante el secado.

#### Descripción de la falla:

- Es una falla en la cual se forman surcos y cordilleras sobre la pintura. Esta falla es característica de las pinturas a base de aceite y pinturas alquídicas que contienen aceleradores de secado. Los aceleradores de secado son compuestos de cobalto, zinc y plomo.
- Las pinturas están diseñadas para que la película superficial seque al mismo tiempo que las demás películas adheridas al sustrato. Sin embargo, el curado al aire cambia esta velocidad.
- El arrugamiento se agrava por altos espesores, temperatura excesiva, o si son sometidas a horneado.



#### Solución:

- La solución es aplicar la pintura en películas delgadas hasta 1 mil sobre superficies niveladas.

### FALLAS POR MICROORGANISMOS.

#### Causas de la falla:

- Las bacterias y hongos causan fallas porque liberan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el cual queda atrapado en los espacios intersticiales del metal a pesar de haber eliminado los microorganismos, afectando así la adherencia entre el metal y la pintura.

- Los recubrimientos que se ven afectados principalmente por la acción oxidante de las bacterias son: alquidáticos, epóxicos poliamídicos, los cuales utilizan plastificantes biodegradables.

#### Descripción de la falla:

- Cuando se aplica un recubrimiento sobre los microorganismos se presenta un vire a un color oscuro ( gris o verde) por el hecho de asfixiar a las bacterias. Generalmente crecen en áreas húmedas y con sombra adecuada.



#### Solución:

- El ataque de los microorganismos se reduce adicionando oxido de zinc, compuestos cuprosos, fungicidas y/o bactericidas. No utilizar en la formulación de los recubrimientos plastificantes biodegradables.
- El hule clorado y acetatos vinilicos clorados que utilizan plastificantes no biodegradables tienen excelente resistencia a los ataques de microorganismos.
- Las resinas epóxicas, vinilicas y hule clorado deben utilizar modificadores no biodegradables.
- Los recubrimientos epoxi-poliamidicos pueden desintegrarse rápidamente debido al ataque biológico bajo condiciones de agua residual severa.
- Para eliminar las manchas provocadas por microorganismos recubiertos es necesario hacer una limpieza con hipoclorito de sodio comercial y posteriormente eliminar la pintura en mal estado. La norma ASTM\_D\_3274 describe el grado de superficies atacadas por hongos y bacterias.

### ATRAPAMIENTO DE AIRE.

#### Causas de la falla:

- Es la falla que se caracteriza por tener burbujas de aire atrapadas en la pintura, ya sea desde la manufactura o bien por problemas de preparación y/o aplicación.
- Si es desde la manufactura, su origen está en las operaciones de dispersión, vaciado y mezclado. Si es durante la aplicación es en el proceso de bombeo, mezclado y aspersión.

- Las burbujas también se forman por la tendencia de la pintura de hacer espuma y también porque el aire es atrapado en los poros del sustrato. La atomización produce burbujas en la aplicación por aspersión convencional.

Descripción de la falla:

- Las burbujas evolucionan como cráteres hasta provocar focos de corrosión o sitios de falla. Las burbujas atrapadas en la película pueden liberarse si la viscosidad de la película es lo suficientemente baja, es decir que permanezca fluida por un periodo óptimo.



Solución:

- La solución es utilizar solventes de evaporación lenta, retardadores de secado y/o agentes curantes adecuados, controlarán así la velocidad de atrapamiento de aire. Los agentes despumantes o los rompe burbujas promueven la coalescencia o bien la desestabilización de las burbujas. La mejor manera para evitar el atrapamiento es desde su formulación utilizando equipo y recipientes de tamaño adecuado, así como un proceso limpio exento de polvo.

**CELDA DE BÉNARD**

Causas de la falla:

- Estas celdas se manifiestan mientras seca o cura la película del recubrimiento y es posible observarlas dentro del mismo recubrimiento.
- Son celdas con forma hexagonal bien definidas producidas por la circulación del solvente en películas delgadas en su proceso de evaporación como consecuencia de las diferencias de tensión superficial.

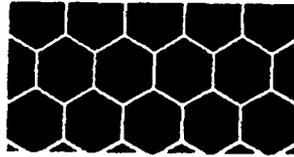
El proceso de falla:

- Toda la celda se encuentra en movimiento a partir de corrientes generadas desde el centro de la misma fluyendo hacia arriba y luego hacia los lados para bajar por las paredes.

- Las celdas son de tamaño variado, pueden ser vistas por el ojo humano, o bien usar microscopio.

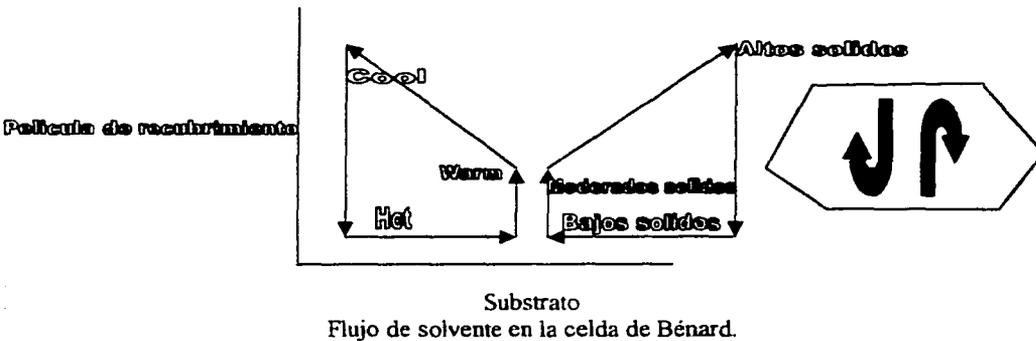
Descripción de las falla:

- La falla se presenta en forma de hexágonos que se localizan sobre el recubrimiento.
- Las características de las celdas pequeñas es que son de aspecto mate, u opaco. En cambio las celdas grandes presentan más de 6 lados ocasionalmente.



Solución:

- Para evitar la formación de las celdas es necesario incrementar la viscosidad del recubrimiento y minimizar los gradientes de tensión superficial, utilizando resinas de alto peso molecular. Otras alternativas para evitar la formación de las celdas es utilizar aceite de silicón en las resinas, sin embargo, ésta genera una pobre adherencia entre películas.



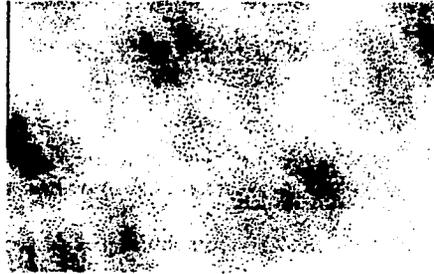
FLORESCENCIA

Causas de la falla:

- Se desarrolla esta falla en pinturas que han sido almacenadas durante un tiempo muy largo donde los aceites y plastificantes no se mezclan adecuadamente. La fluorescencia es una apariencia de niebla que se presenta sobre el metal por la deposición de aceites, o plastificantes de pintura.

### Descripción de la falla.

- La florescencia se marca sobre el acero recubierto con pérdida de brillo, y formación de películas no uniformes.



### Solución :

- La solución consiste en eliminar el material oleoginoso desde la formulación, sin embargo, lo problemático es identificar el tipo de aceite.
- Otra solución es substituir los componentes de alto peso molecular de las resinas en la pintura, así como los plastificantes.

## ERUBESCENCIA

### Descripción de la falla:

- La erubescencia se forma por la evaporación del solvente cuando se esta aplicando la pintura por aspersion, causando que la temperatura de aplicación de película disminuya por debajo del punto de rocío de la carga de agua disuelta en el aire.
- Resultando así la condensación del agua sobre la superficie causando la precipitación de la resina y pigmento o bien la formación de microhuecos.
- Se caracteriza principalmente por la precipitación de la resina y pigmento cuando se aplica por aspersion sobre el sustrato.
- La erubescencia es una apariencias en las lacas y esmaltes de horneado que presenta manchas y/o vetas.
- Las zonas afectadas presentan una apariencia de manchas blancas o descoloridas.



### Solución:

- La solución de la erubescencia es a través de una reparación, removiendo en su totalidad la película, junto con la disminución de la humedad relativa y solventación lenta.

## CRESTAS Y VALLES

### Causas de la falla:

- Este efecto es parecido a la cáscara de naranja, sin embargo las crestas y los valles son causados por los diferentes gradientes de tensión superficial durante el curado.
- Son pequeñas manchas en el recubrimiento causados por una mala nivelación de película.

### Descripción de la falla:

- El resultado es una cordillera irregular de valles y crestas , con una apariencia pobre y mala distinción de imagen.
- Se presenta en el tiempo de curado después de la primera fase de nivelación de la película.



### Solución:

- Reducir o prevenir las diferencias en la tensión superficial adicionando oligómeros activos o bien resinas que incrementen la viscosidad y el espesor de película.
- El uso de compuestos siliconados evitan la formación de valles y crestas.

## CRÁTERES

### Causas de la falla:

- Las causas de la formación de cráteres es debido a que en la formulación de la pintura contiene partículas de gel, así como de pigmentos fibrosos, suciedad, o silicón no disuelto.
- En cuanto a la aplicación por aspersión los equipos están sucios, las mangueras contienen gotitas de aceite o también el sustrato está contaminado con grasa promoviendo la formación de cráteres.

### Descripción de la falla:

- Los cráteres es el problema en pinturas que se caracteriza por la formación de profundas cavidades circulares. Forma una película no continua y al tacto es muy áspera con aspecto rugoso. Los cráteres se deben a las diferencia en la tensión superficial de la película.



### Solución:

- Los cráteres se pueden eliminar a través de una mejor limpieza durante la manufactura así como en la aplicación. Mantener siempre una mezcla de ingredientes óptima. Como es el caso de la resina con solventes y reductores; agitar gentilmente para no promover la formación de burbujas.
- En cuanto a la manufactura es necesario que las operaciones de bombeo y tranvase se realicen con sumo cuidado.
- En el proceso de aplicación es necesario utilizar filtros que puedan retener geles resinosos, pigmentos aglomerados y fibras.
- Se recomienda utilizar coalescedores, trampas de aceite durante la aplicación, así como una adecuada ventilación, para evitar el sobrespray y polvo.
- La limpieza de la superficie debe estar exenta de aceite y grasas, de lo contrario se formarán cráteres.
- La mejor humectación sobre el sustrato se realiza a través de un decremento en la tensión superficial, y así es como se eliminan los problemas formación de cráteres.

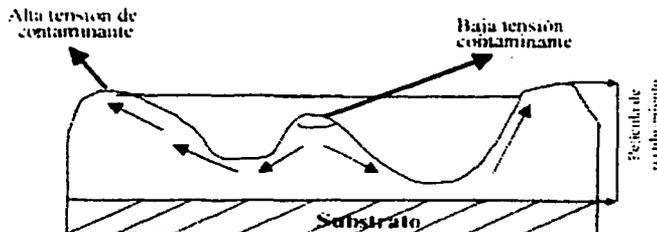


Diagrama esquemático de la sección transversal de un cráter originado por tensiones superficiales.

## RETRACCIÓN

### Causas de la falla:

- Es el defecto que se produce exclusivamente después de la aplicación de la pintura por una pobre limpieza caracterizada por huellas impresas en el sustrato o bien por aceite mordente.

### Descripción de la falla:

- Se caracteriza por el arrastre de pintura en zonas afiladas del sustrato, así como en declives, formando cráteres.
- Además tiene movimiento de arrastre que se desliza por todo el sustrato, pareciendo como una contracción.



### Solución:

- Se elimina la retracción, utilizando surfactantes, resinas con baja tensión superficial y solventes para disminuir la viscosidad.

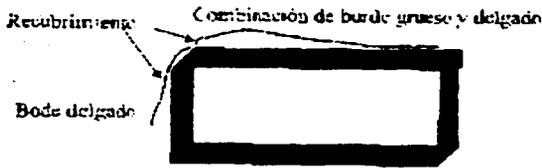
## BORDES GRUESOS

### Causas de la falla:

- Se produce por un exceso de pintura que tiene una alta viscosidad.
- Se caracteriza por el colgado de la pintura para la formación de borde.

### Descripción de la falla:

- El defecto se presenta en los marcos del sustrato, con escurrido de pintura y por una aplicación mal efectuada con rodillo y aspersión.



### Solución:

- La forma de controlar este defecto es utilizando solventes con un grado de solvencia rápido., o aditivos tixotrópicos que ayudan a la nivelación de la película.
- Una solución para minimizar los bordes es desde la manufactura de la pintura adicionando surfactantes o silicones.

### Comentarios adicionales:

- Los solventes se evaporan más rápido en los bordes porque es ahí donde el vehículo mantiene una elevada tensión superficial.
- En superficies planas se forman bordes debido a las estrias formadas por la aplicación con brocha o rodillo.
- Ocurre dicho defecto en las etapas de secado u horneado de la pintura.

## OJOS DE PESCADO

### Causas de la falla:

- Este defecto se presenta debido al material de baja tensión superficial se disuelve lentamente en la pintura.
- Son causados principalmente por una mala dispersión de glóbulos de pintura o bien por diminutas gotas de rocío depositadas en la superficie a pintar.
- Los productos que causan los ojos de pescado son los fluidos de compuesto siliconados, con aceite o con desespumantes.

### Descripción de la falla:

- Es el defecto que se caracteriza por la formación de un cráter de pintura plana, circundado por una depresión, surcada por más pintura.
- Esta descripción suele aplicarse a todos los cráteres pero solamente los ojos de pescado tienen esta característica.

### Comentarios adicionales:

- Este defecto NO se presenta en pinturas envejecidas.
- Ocurre por la disminución de la tensión superficial del material provocando que la pintura se disuelva.



### Solución:

- La solución es utilizando filtros que detengan el material floculante dentro de la fórmula de la pintura.
- El remedio más efectivo, es remover la pintura y preparar la superficie nuevamente aplicar con brocha el primario y posteriormente el acabado.

## FLOTACIÓN

### Causas de la falla:

- El defecto se produce por la preparación o distribución irregular de los pigmentos en la pintura.
- Este defecto se presenta comúnmente al no incorporar correctamente los tintes en el proceso de igualación de colores.
- También se presenta cuando al utilizar tintes incompatibles con las resinas o pigmentos de un material determinado presenta vetas.

### Descripción de la falla:

- Es el defecto que se caracteriza por tener apariencias de manchas o vetas sobre toda la película de pintura. La flotación es precedida por las Celdas de Bernard porque también se generan diferencias en la tensión superficial de la pintura y por tal motivo un indicio de que vire de color se deba a la formación de los hexágonos.



#### Solución:

- La solución es eliminar los gradientes de la tensión superficial con retardantes de secado, y así prevenir la floculación.
- Incrementar la viscosidad para retardar el flujo superficial.
- Disminuir o prevenir la floculación.
- Utilizar compuestos siliconados controla efectivamente la flotación.

### INUNDACIÓN

#### Causas de la falla:

- Se presenta cuando en la formulación de la pintura existe un pigmento enriquecido.
- Ocurre debido a las diferentes velocidades de sedimentación de pigmentación, causada a su vez por la diferentes densidades o tamaños de los pigmentos. Se debe además a las diferentes velocidades de floculación de los pigmentos.

#### Descripción de la falla:

- Es el defecto que denota un cambio de color uniforme que ocurre cuando la película de pintura este fresca.
- Este defecto no es fácil de determinarlo en laboratorio sin embargo en líneas de tuberías es muy común, porque las líneas de vapor de agua condensada, sustancias químicas, líneas de enfriamiento, etc, estan sujetas a diferentes condiciones de temperaturas y en ciertas longitudes cambian esas condiciones y separan en diversas faces a la pintura.( se dice que esta inundada de pigmento floculante).



### Comentarios adicionales:

- El defecto se acentúa por películas muy gruesas de pintura con baja densidad de vehículo y evaporación lenta de solventes, un curado lento de la resina.( lo cual NO permite el ordenamiento correcto del pigmento).

### Solución:

- La solución es utilizar resinas más reactivas, capaces de promover la alta viscosidad así como solventes con velocidades de evaporación rápida. Escoger pigmentos de tamaño adecuado y dar el grado de dispersión óptimo.

## CÁSCARA DE NARANJA

### Causas de la falla:

- Es causada por la pobre nivelación de películas de pintura demasiado delgadas cuando se ha aplicado por aspersión o con rodillo.
- Este defecto es el resultado de la alta viscosidad en la película, así como de los diferentes gradientes de tensión superficial.
- Otra causa es debido a la aplicación, la pistola de aspersión está muy lejos del sustrato.
- La rápida evaporación de los solventes.
- La presión muy baja del equipo de aspersión provoca cáscara de naranja porque no se puede atomizar correctamente.

### Descripción de la falla:

- Es el defecto característico por la formación de diminutas protuberancias sobre la película de pintura simulando la cáscara de naranja.
- La aspersión en seco y una incorrecta mezcla de solventes provoca la cáscara de naranja.
- También se presenta cuando la aspersión convencional la presión de aire es muy baja porque no le da tiempo de nivelar el poco material que se atomizó, y se pinta a una distancia mayor a 30 cm.



### Solución:

- La solución para este defecto es utilizar resinas de bajo peso molecular, así como disminuir la cantidad de sólidos en volumen disueltos en la pintura.
- La viscosidad es el problema que favorece la formación de cáscara de naranja, se debe disminuir la carga de pigmentos.
- Otra solución es utilizar fluidos con silicón para inducir la correcta humectación de la pintura.
- Antes de que seque la película, cepille el exceso de recubrimiento. Después de que haya secado, prepare la superficie y vuélvase a recubrir.

### RETOQUE (floculación)

#### Causas de la falla:

- El retoque se caracteriza por ser una inundación de pigmento sobre la superficie del recubrimiento, virando a un color más intenso. El defecto consiste en la floculación del pigmento del sustrato.

#### Descripción de la falla:

- Se refiere al cambio de color de la pintura por el flotamiento del recubrimiento en una determinada porción, puesto que el flotamiento se hizo con los dedos o con la espátula.
- Las pinturas blancas algunas veces presentan floculación debido a una incorrecta proporción del pigmento.



### Solución:

- la solución es eliminar los productos floculantes desde la fabricación de la pintura, o bien realizar una dispersión adecuada con aditivos estabilizadores de flujo



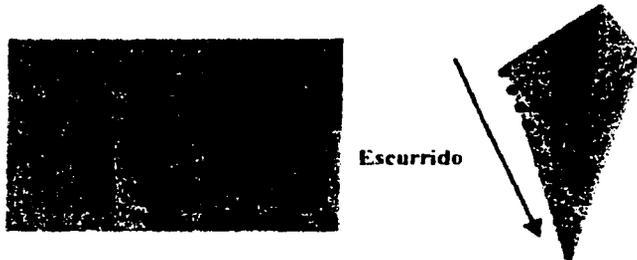
## HUNDIMIENTO, ESCURRIDO O VELO

### Causas de la falla:

- El escurrido se genera por la baja viscosidad de la pintura.
- Es el defecto de pinturas que se caracteriza cuando se aplica en superficies verticales, debido al efecto de gravedad.

### Descripción de la falla:

- Las pinturas que generalmente presenta dicho defecto son aquellas que se homea en forma inadecuada.
- El velo se forma por aplicar a una temperatura ambiente menor a 7°C.



### Solución:

- La solución para el hundimiento de la pintura es adicionando solvente hasta que se detenga un hilo de pintura cuando se verifique la viscosidad.
- Para el escurrido y velo es necesario adicionar a la pintura cargas de arcillas inorgánica, derivados de aceites de castor, o resinas alquidálicas.

## SEDOSIDAD

### Causas de la falla:

- Es el defecto que se caracteriza por una inundación de pigmento, sin embargo involucra varios defectos a la vez, como celdas de Bernard, y la floculación de pigmento.

#### Descripción de la falla:

- Cuando se abusa de los pigmentos "extenders", no sólo nivela la película sino también quedan estrias alineadas dando la apariencia de hilos finamente separados sobre la película de pintura.
- Se presenta además cuando la aplicación del recubrimiento se ha realizado con brocha.



#### Solución:

- La solución es reducir la pigmentación de la pintura, así como una aplicación por aspersión.
- Una vez aplicada la pintura y presenta sedosidad, es necesario limpiar nuevamente la superficie antes de que seque por completo la película, y aplicar nuevamente el recubrimiento.

### SEMILLAS

#### Causa de la falla:

- El granulamiento se forma por una inadecuada dispersión de pigmento.
- También se forma el defecto de semillas por la precipitación de la resina, y partículas, como el óxido de zinc en la pintura, una vez que el solvente se ha evaporado rápidamente.
- Las semillas se pueden originar desde la manufactura de la pintura o bien por largos tiempos de almacenaje de la misma.

#### Descripción de la falla:

- Es el defecto caracterizado por la formación de granulamiento aleatorio sobre la superficie metálica.

#### Solución:

- La solución es filtrar la pintura antes de aplicar sobre el sustrato.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

- Otra solución más efectiva es realizar desde la manufactura una molienda adecuada para dar un tamaño de partícula óptimo.



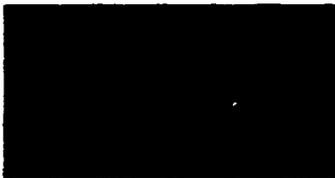
### EXPLOSIÓN DEL SOLVENTE

#### Causas de la falla:

- Este defecto se forma por la violenta evolución del solvente atrapado.
- Se genera este defecto cuando la pintura no seca adecuadamente y puede gelarse.
- Es la falla debido al uso de solventes inadecuados en la formulación de la pintura.

#### Descripción de la falla:

- Las formas que deja la explosión del solvente son agujeros, hoyos, cráteres y burbujas (muchas veces quedan atrapadas en la película de pintura).
- No se debe de confundir la explosión de solvente con semillas (porque son muy similares)



#### Solución de la falla:

- Las formas que deja la explosión del solvente son agujeros, hoyos, cráteres y burbujas (muchas veces quedan atrapadas en la película de pintura).
- No se debe de confundir la explosión de solvente con semillas ( porque son muy similares).



Mecanismo del flujo del solvente cuando se evapora primero sonn atrapados los vapores volátiles en la película y posteriormente estalla estrepitosamente.

- Se resuelve dicho problema aumentando el tiempo de flasheo, a través de retardantes de secado, o bien substituyendo el solvente con una velocidad de evaporación menor.

### TELEGRAFÍA ( marcas)

#### Causas de la falla:

- La telegrafia es una transmisión de carga eléctrica que se presenta en el metal cuando éste trabaja a variaciones de temperatura generando gradientes de concentración de la pintura.
- Se presenta por una inadecuada limpieza de la superficie, por ejemplo: grasas, huellas impresas en el sustrato, marcas del sandblast., Agua atrapada, etc.

#### Descripción de la falla:

- Se caracteriza por la formación de sumideros que contienen material pigmentado una vez aplicada la pintura en el sustrato.
- Es el defecto que se presenta después de curada la película del recubrimiento.



#### Solución:

No es un defecto muy común, sin embargo, cuando se presenta es necesario aumentar la viscosidad a la pintura utilizando silicones para reducir los gradientes térmicos de la superficie.

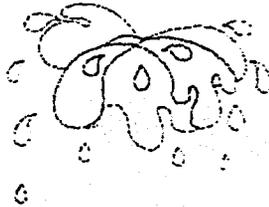
## MANCHAS DE AGUA

### Causas de la falla:

- La principal causa a la sensibilidad del agua por la pintura es que contiene solventes hidrofílicos. aminoras, melaminas y materiales polares que no han reaccionado, para ofrecer un curado óptimo.
- Las manchas de agua son el resultado del atrapamiento del agua entre el sustrato y la pintura o bien entre capas del recubrimiento.

### Descripción de la falla:

- Se caracteriza por la decoloración que se observa sólo en ciertas áreas en las que no se seco previamente el sustrato. Además la decoloración se presenta porque el agua atrapada puede disolver pigmentos, y así presentar manchas características.
- Los acabados son la zona de mayor incidencia que presentan manchas de agua, porque no sólo queda atrapada el agua sino también puede evaporarse.



### Solución:

La solución es retirar los solventes hidrofílicos por hidrofóbicos, incrementar el tiempo de curado, utilizar resinas más hidrofóbicas, o al realizar el pretratamiento verificar que no exista ningún tipo de contaminante.

## OXIDACIÓN POR PUNTOS DE ALFILER

### Causas de la falla:

- Los puntos de alfiler se deben a dos causas, desde la manufactura da la pintura por una incorrecta dispersión hasta la inadecuada relación de aire atomizado en la aplicación por aspersión.

- Se presenta también en películas muy delgadas de pintura, en donde existen puntos de corrosión que no fueron cubiertos adecuadamente-

#### Descripción de la falla:

- Principalmente las áreas donde ocurre este tipo de falla, es donde hay gran exposición de solvente en vez de una película, por la generación de huecos en la película de recubrimiento (irregularidades del sustrato).
- Los puntos de alfiler empiezan a desarrollarse y finalmente crecen para hacer una falla completa, hasta formar una corrosión generalizada.
- Los puntos de alfiler se desarrollan muchos años después de haber sido aplicado el recubrimiento.



- Todos los recubrimientos a base de zinc fallan principalmente por la formación de pequeños puntos en donde no se electrodeposita el zinc, provocando puntos de oxidación.

#### Solución:

- La solución de este tipo de fallas, es el mantenimiento y reparación en áreas de películas delgadas.
- Si no se ha secado la película de recubrimiento que presenta los puntos de alfiler es necesario cepillar el recubrimiento y aplicar una capa adicional. Si ya seco, entonces aplicar una capa adicional.

#### Comentarios adicionales:

- La norma ASTM 610, Evalúa el método para determinar esta falla.
- La preparación de superficie debe realizarse forzosamente con chorro de abrasivo grado SP- 10 ó SP- 05.

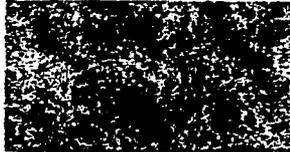
## SALPICADURA POR AGUA SALADA

### Causas de la falla:

- Generalmente los substratos que se encuentran inmersos en agua de mar son recubiertos a base de zinc, el cual actúa como protección catódica.
- Este fenómeno ocurre por la reacción de las sales del agua de mar que reaccionan directamente con el zinc generando una sal de zinc insoluble al agua, por tal motivo se minimizan las propiedades sacrificantes del zinc sobre el metal.
- La superficie metálica con inorgánico de zinc se vuelve inactiva ( $Zn + Cl_2$ ), Sin embargo es conductiva por la presencia de los iones cloro y se forma así las picaduras. El zinc se vuelve catódico y el metal entonces anódico.

### Descripción de la falla:

- El inorgánico de zinc o los recubrimientos galvanizados inmersos en agua de mar, empiezan a desarrollar picaduras después de 12 a 24 meses.
- Se presenta principalmente en puentes y en barcos en las zonas inmersas en el mar.



### Solución:

- La solución es adicionar un sistema reparador como el inorgánico de zinc, ya sea en el galvanizado o en el mismo inorgánico de zinc.
- El inorgánico de zinc está diseñado con resinas epóxicas que pueden sellar cualquier ruptura del inorgánico.

### 3.2.3 FALLAS RELATIVAS A LA ADHERENCIA ENTRE LA INTERCARA METAL - RECUBRIMIENTO.

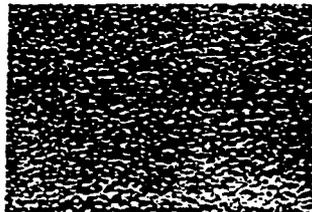


#### AMPOLLAMIENTO

##### Causas de la falla:

- Ocurre principalmente en áreas de alta humedad en donde la superficie presenta en forma continua o intermitente condensación.
- Otra causa del ampollamiento es cuando el solvente queda atrapado en la película del recubrimiento. La película del recubrimiento cura más rápido que la evaporación del solvente.
- El ampollamiento: es la falla característica de los recubrimientos cuando se encuentran inmersos en agua, En agua de mar u otros líquidos. Las ampollas son causadas por gases o líquidos dentro o por debajo del recubrimiento que ejercen presiones más fuertes que las fuerzas de adherencia y cohesión del recubrimiento.
- A) Fuerzas de adherencia: Cualquier área de baja humedad tendrá a acumular humedad en la interfase recubrimiento - sustrato.
- B) Transmisión de vapor de humedad ( TVH). Velocidad a la cual el agua molecular pasa a través de los espacios inter-moleculares del recubrimiento.

La permeación es influenciada no sólo por TVH sino también por el espesor de la película, la pigmentación y el medio de aplicación



Regla Heurística: "Un recubrimiento con excelente adherencia, aún con alta TVH tendrá una baja tendencia a ampollarse".

No hay resina sintética que tenga absorción de agua cero, aunque tenga una TVH muy alta por lo tanto la absorción de humedad no es una buena medida de la tendencia al ampollamiento.

Proceso:

- OSMOSIS: Se da causando el vapor de agua pasa a través de una membrana semi-permeable desde la solución de agua con menor concentración de sólidos disueltos a otra con mayor concentración.
- El recubrimiento puede tener una fuerza de adherencia mayor a la presión osmótica u entonces no se ampolla.

Solución debida a la osmosis:

- No usar en inmersión recubrimientos formulados con pigmentos solubles (ejem: amarillo de zinc o cromato de zinc en agua).

Proceso:

- Electroendosmosis:

El vapor de agua o el agua molecular es forzada a través del recubrimiento por corriente eléctrica en dirección del polo eléctrico con la misma carga que el recubrimiento.

- Muchos recubrimientos tienen carga negativa y la superficie metálica subyacente es catódica, o es una fuente de electrones con lo que el agua es forzada a través del recubrimiento hacia el polo negativo. Bajo estas condiciones, si hay áreas de pobre adherencia, se forman ampollas.

Proceso:

- La protección catódica en exceso de 1.0 volt causa que muchos recubrimientos se ampollen y pierdan adherencia.

C) Mala preparación de superficie

D) Efecto de la pared fría

- Cuando un revestimiento está sujeto a una solución de agua caliente con un sustrato metálico mucho más frío que el líquido. Entonces la humedad pasa a través de la película, se condensa y causa el ampollamiento.

### E) Solventes atrapados

- Solventes que permanecen en el recubrimiento por un periodo de tiempo, por solución en la resina del recubrimiento. Si se eleva la temperatura del sistema de recubrimiento y la velocidad de difusión del vapor de solvente a través de la película ES MENOR que la tasa de la formación de vapor, entonces se formara una ampolla.
- Los recubrimientos que secan rápidamente sobre la superficie, estan sujetos a este tipo de ampollamiento, sobre todo si se aplican en presencia del sol o sobre superficies calientes.
- Es común en acabados de horneeo.

#### Solución para solventes atrapados en pinturas de horneeo:

- Para acabados de horneeo, es necesario pre-hornear a una temperatura lo suficientemente alta para eliminar todo el solvente pero sin curar la superficie de recubrimiento antes de *eliminar* el solvente.

### F) Absorción de hidrogeno en el decapado:

- Si después de aplicar el recubrimiento, se incrementa la temperatura del objeto recubierto, el hidrógeno se liberará del metal y si la tasa de producción de hidrógeno es mayor que la tasa de difusión de éste a través del recubrimiento se formarán áreas de presión en la interfase metal-pintura.

#### SOLUCIÓN para el decapado:

- Después de decapar el acero y antes de aplicar el recubrimiento es necesario calentar la pieza y aplicar el recubrimiento cuando aun este caliente.
- La ósmosis contribuye a la transmisión de agua y la humedad a través del recubrimiento, porque las películas son semipermeables al agua. Si la presión de la ampolla es mas fuerte que las fuerzas de tensión y nivelación, la ampolla se rompe.

#### Soluciones adicionales :

- La solución contra el ampollamiento es tener el metal a una temperatura elevada para así evaporar los agentes iónicos del agua, y los solventes.
- Otra solución es realizar una excelente preparación de superficie SP-05 y así garantizar que no queda atrapado el vapor de agua.

Asi mismo utilizar recubrimientos con una buena adhesión disminuye la velocidad de transferencia.

- La norma de describe el grado de ampollamiento es la ASTM D74.

## DESCASCARAMIENTO

### Causas de la falla:

- El descascaramiento es una falla causada por el gradiente de tensiones, es decir, la tensión en la película es mucho mas grande que las fuerzas de reticulación en la misma película de recubrimiento.
- La película se mantiene entera sin desquebrarse entre ella misma, las fuerzas adhesivas son menores a las fuerzas cohesivas del mismo recubrimiento.

### Descripción de la falla:

- Es el defecto característico de las pinturas vinílicas.
- Ningún recubrimiento presentará descascaramiento si la adhesión es buena sobre metal ( fuerzas de tensión ).
- Da la apariencia de un recubrimiento envejecido.



## ESCAMAS Y HOJUELAS

### Causas de la falla:

- Falla debido al resquebrajamiento que presenta entre la intercara metal pintura, simulando las escamas de pescado.
- Se presenta escamación además cuando se aplica un recubrimiento nuevo sobre un recubrimiento ya envejecido.
- Las hojuelas son fallas que afectan la apariencia de los recubrimientos por que se caracterizan por despegarse en pequeñas piezas, fácilmente removibles y dejan el sustrato desnudo.

### Descripción de la falla:

- Esta falla es característica de superficies de madera recubiertas por pinturas de aceite.

- Las pinturas alquídicas o tipo de aceite aplicadas a superficies galvaniza, envejecen eventualmente y se oxidan al punto de encojer la película y separarla de la superficie.
- Puede haber una reacción química interfacial, creando un jabón de zinc entre el recubrimiento orgánico y el substrato de zinc, lo cual causa pérdida de adherencia y hojuelamiento.



- La escamación es similar al hojuelamiento excepto porque las escamas se presentan en áreas mucho más grandes. Es muy en superficies galvanizadas recubiertas. Las escamas son grandes en diámetro y pueden quebrarse por la tensión de la película formando pequeñas hojuelas.

Solución:

- Realizar una buena preparación de superficie. Eliminando la película de pintura envejecida.
- Limpiar la superficie con un buen perfil de anclaje combinado con recubrimientos de fuerte adherencia.

Comentarios adicionales:

- Para evaluar el grado de escamación de un recubrimiento con buenas fuerzas de adherencia y buena durabilidad se utiliza la norma ASTM D 772-42

**DELAMINACIÓN ENTRE CAPAS**

Causas de la falla:

- Es la falla de adherencia de un recubrimiento cuando se aplica sobre otro ya sea que se aplique una capa seguida de otra o donde el acabado se aplique como recubrimiento de mantenimiento después de un periodo de tiempo.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Los recubrimientos curados con aire así como los que requieren oxígeno o humedad para curar o aquellos que reaccionan internamente por la acción de catalizadores o resinas reactivas están sujetos a este tipo de falla.
- La compatibilidad entre recubrimientos es primordial para escoger un buen sistema.

A) Proceso de curado:

- En recubrimientos curados al aire. Por la absorción de oxígeno o agua, la superficie se hace insoluble y densa rápidamente.
- En los recubrimientos que reaccionan internamente, el recubrimiento completo se hace insoluble y denso.
- En ambos casos los recubrimientos son insolubles en los solventes originales del recubrimiento líquido.

Solución del tipo de curado:

\* La segunda capa debe aplicarse después del secado duro del primer recubrimiento, pero antes de que haya curado por fuerzas interiores y exteriores.

B) Temperatura de aplicación:

- Puesto que las reacciones son dependientes de la temperatura, entre más alta sea esta, el segundo recubrimiento debe aplicarse más rápido sobre el primero.
- Los poliuretanos, epóxicos, alquitran de hulla, epóxico y recubrimientos oxidantes están sujetos a este tipo de falla.
- Cuando se aplican epóxicos catalizados a bajas temperaturas, puede quedar un exudado en la superficie que hace incompatibles las capas subsecuentes.

C) Alquitran de hulla:

- Además del curado interno normal del recubrimiento, las fuerzas externas también crean delaminación intercapas. Aunque el curado del recubrimiento no ha progresado al punto de insolubilidad si el material se sujeta a condensación, lluvia o humedad antes de la segunda capa; la delaminación entre capas es probable.
- Si se aplica bajo la luz del sol, aunque el recubrimiento no haya reaccionado al punto de insolubilidad, la delaminación puede ocurrir debido al calor y a los rayos actínicos del sol, causando que el material cure más allá del punto donde es posible lograr a una buena adherencia de la segunda capa.

D) Contaminación de la primera capa antes de la aplicación de la segunda: contaminante: humedad, polvo, vapores, derrames químicos, aceites y grasas.

### Solución:

- La solución es preventiva porque se requiere eliminar la contaminación durante la aplicación como es el polvo, la grasa además se pueden utilizar aceleradores de secado en las capas intermedias del sistema de pintura y aplicar el acabado lo antes posible.

### **3.2.4 FALLAS INHERENTES AL SUBSTRATO.**

- El sustrato a veces no es considerado como un factor en las fallas de los recubrimientos pero es extremadamente importante. Las superficies que comúnmente se recubre es el acero al carbón, aluminio, zinc, cobre y concreto.

### **ACERO AL CARBON:**

#### Acero al carbón:

- Es necesario preparar con chorro de abrasivo la superficie de metal para generar perfil de anclaje, para aumentar el área de contacto entre pintura y el metal, sin embargo, existe dos tipos de acero:
- El acero nuevo y acero repintado, la limpieza es la misma en los dos casos sin embargo el acero repintado va a corroerse más rápido, porque captura material de la corrosión.

#### I

- 1.- Después de preparar a chorro de abrasivo SSPC - SP 5 al acero es necesario hacer reaccionar el metal con ácido fosfórico al 5%.
- 2.- Dejarlo secar.
- 3.- Sandblastear SSPC - SP 5 nuevamente la superficie

#### II

- 1.- Sandblastear la superficie SP -10.
- 2.- Aplicar el Inorgánico de zinc que reacciona con el metal y con material de corrosión que no fue eliminado en el inciso anterior



### SUPERFICIES GALVANIZADAS E INORGANICOS DE ZINC

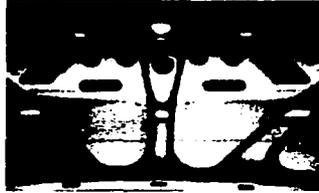
- El zinc una vez que es aplicado ya sea como un galvanizado o bien como un inorgánico; el zinc reacciona todo el tiempo sobre el metal, formando un óxido de color blanco, si este óxido no es removido al aplicar un acabado habrá fallas de deslaminación.
- Hay recubrimientos que reaccionan con varios hidróxidos de Zinc alcalinos para formar jabones de zinc. Por lo tanto las pinturas base de aceite o recubrimientos alquídicos no deben aplicarse directamente sobre galvanizados o Inorgánicos de zinc.
- Los acabados para las superficies de zinc deben ser inertes y completamente compatibles con el zinc, con alta adherencia y baja tasa de TVH.( vinílicos, epóxicos y hule clorado).
- El zinc presenta una superficie lisa, sin embargo, cuando se oxida por intemperismo por un periodo prolongado presenta mejor adherencia. Para recubrir superficies galvanizadas nuevas, es necesario lijar o tratar químicamente.



### SUPERFICIES DE ALUMINIO

- Se produce corrosión por picaduras sobre aluminio por los productos de corrosión que produce el mismo aluminio.
- El aluminio es un material liso por tal motivo la adherencia entre el recubrimiento y el metal es pobre.

- Es necesario preparar el aluminio utilizando arena muy fina, o bien con soluciones que contengan aluminio para eliminar el óxido formado. Aplicar un primario que garantice la compatibilidad entre el aluminio y el recubrimiento.



### SUPERFICIE DE COBRE

- El cobre al intemperie presenta óxido verde, que genera pobre adherencia entre el recubrimiento y el metal, y también genera ampollamiento.
- Se debe favorecer una preparación de superficie química utilizando sustancias mordentes como dioxidine.

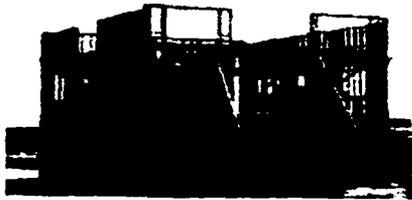


### MADERA



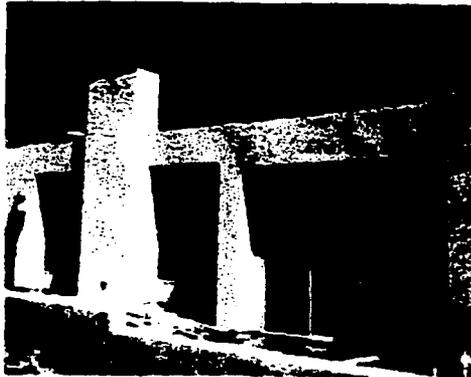
- La madera presenta contracciones y expansiones haciendo que el recubrimiento sufra retracciones y rupturas.
- La madera presenta una alta porosidad por tal motivo es necesario limpiar la superficie y aplicar una pintura de alto grado de penetración como son las pinturas de aceite con una excelente elasticidad.

- La pintura para madera debe ser algo permeable porque necesita respirar la madera.



### CONCRETO

- El concreto forma sales de calcio debajo del recubrimiento promoviendo la falla por ampollamiento.
- Es una estructura muy porosa, con un carácter alcalino no homogéneo.
- Para preparar el concreto es necesario que se limpie y seque perfectamente, se puede mordentar con un ácido acético o hipoclorito de sodio (concreto viejo) y si está en muy malas condiciones hacer un sandblast ligero.
- Para pintar el concreto es necesario usar primarios con alto poder de penetración y con buena resistencia al álcalis como son las pinturas epóxicas.
- Se debe incluir antes del acabado un sellador sobre el concreto para resanar las imperfecciones si el concreto está muy dañado.



### 3.2.5 FALLAS POR PROBLEMAS DE APLICACIÓN.

#### MEZCLADO

- Para una excelente aplicación es necesario realizar una mezcla homogénea.
- Los pigmentos deben encontrarse en una dispersión óptima para evitar la separación de fases en la pintura.
- No se debe exceder el tiempo de almacenaje de la pintura debido a que los pigmentos tienden a sedimentarse en el fondo de la cubeta.

(a)            (b)            (c)



(a) = resina  
(b) = catalizador  
(c) = recubrimiento

Mezclado

#### REDUCCIÓN

- No existe el thinner universal. Cada pintura esta diseñada para utilizar el reductor correspondiente.
- Los recubrimientos vinílicos pueden soportar solventes inorgánicos en ciertas cantidades, sin embargo adicionar este solvente a recubrimientos vinílicos genera problemas de adherencia.
- Las pinturas de poliuretano no deben reducirse con solventes que contengan alcohol porque puede presentar gelamiento.
- Los reductores se deben mezclar lentamente con la pintura , y en constante movimiento, si se adiciona más de la cantidad requerida resulta una sobredilución provocando la floculación del solvente.



Reducción

## ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

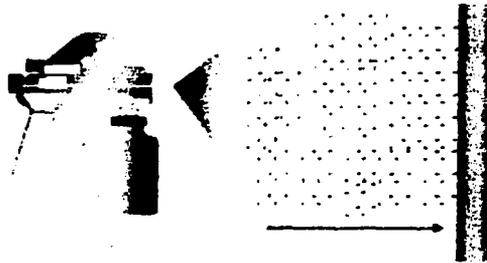
- Las barreras del recubrimiento trabajan eliminando la interacción del medio ambiente y el sustrato.
- El inorgánico de zinc si se aplica a espesores muy delgados tenderá a presentar fracturas de lodo.
- Los recubrimientos base poliuretano y epóxico si se aplican a espesores altos tienden a quebrarse internamente durante el curado.
- Generalmente los fabricantes de pinturas recomiendan los espesores de película mínimos en un sistema de recubrimiento de 10 milésimas.
- Los instrumentos para medir el espesor de película húmeda son necesarios para establecer correctamente el espesor de película seca, así poder evitar los errores más comunes como son los escurridos.



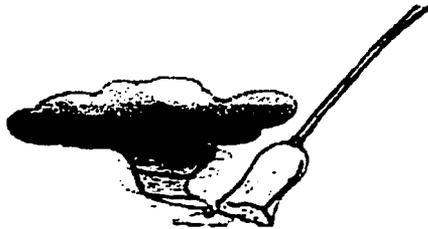
## OVERSPRAY

- El overspray es la mayor causa de las picaduras por corrosión en el acero al carbón.
- El overspray es una mezcla de aire - pintura que forma una nube de polvo cuando se aplica la pintura por aspersión convencional.
- Esta falla se define además como la adherencia de partículas semisecas que se depositan en el metal.
- El polvo o las partículas secas se encuentran entre la boquilla de la pistola de aspersión y el metal cuando se hace la aplicación.

- Las partículas no fluyen juntas en la dispersión de la pintura para formar una película de recubrimiento continuo.
- El overspray resulta de la incorrecta técnica para aplicar una pintura por aspersión, es decir la aplicación se realiza muy retirada del sustrato, o bien la presión no es la correcta.
- La solución es utilizar airless, y si es aspersión convencional es necesario regular la cantidad de aire y pintura que se aplica.
- El traslape de aplicación debe realizarse a un 50%, es decir el abanico de aspersión debe colocarse a la mitad de la primera mano.



- En las áreas brisadas como son las esquinas, ángulos o bien extremos del área a pintar, es necesario barrer el polvo que se formó por el incorrecto corte de la pistola.
- Si el overspray existe antes de que se aplique el Inorgánico de zinc, entonces no basta barrer si no sadblastear.



## CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

- Las condiciones atmosféricas contribuyen al curado óptimo de la película de recubrimiento si son las siguientes: Humedad Relativa de un 80%, la temperatura de rocío debe estar al menos de 3°C debajo de la temperatura del metal o del ambiente.
- Cuando el metal se encuentra arriba de 38°C es necesario tomar precauciones, por ejemplo los recubrimientos orgánicos tienden a fallar por overspray, o ampollamiento: En cambio el inorgánico de zinc el polvo no reacciona con el metal y forma una película quebradiza.
- Las pinturas epóxicas y alquitrán de hulla no deben aplicarse por debajo de 25°C (según el fabricante) porque no se lleva a cabo un curado satisfactorio.



## PUNTOS DE ALFILER

- Los puntos de alfiler son causados principalmente por un incorrecto balance de solvente ocasionando que este se evapore rápido en la primera etapa del secado.
- Otra de las causas de esta falla es una inapropiada aplicación durante la aspersión, es decir, la pistola de aspersión puede estar muy cerca de la superficie y con excesiva presión de atomización.
- La superficie misma puede ser otra causa de la formación de los puntos de alfiler, debido a las imperfecciones del sustrato.
- El inorgánico de zinc provoca puntos de alfiler si es recubierto con un acabado orgánico, puesto que los solventes de los recubrimientos orgánicos pueden penetrar la superficie porosa del inorgánico de zinc.
- La presión de vapor que genera la evaporación del solvente dentro del inorgánico de zinc provoca ampollas o burbujas, las cuales, cuando se rompen causan puntos de alfiler.
- La solución es utilizar solventes de secado lento, como también altos sólidos en las pinturas.

- Los puntos de alfiler son un problema de inmediato. Una vez que ocurren persistirán no importa cuantas capas subsecuentes sean aplicadas.
- La fuerza mecánica es necesaria para llenar los huecos, con recubrimiento líquido, se debe aplicar el recubrimiento con brocha en el área en donde se desarrollan los puntos alfiler.
- Los puntos de alfiler ocurren en lacas y recubrimientos de secado de solvente como son los alquidáticos.



### ROCIADO

- El rociado es provocado por un incorrecto sistema de aplicación (aspersión) donde las partículas sólidas de la pintura chocan con el metal formando una película no continua.
- El rociado prácticamente se desarrolla cuando el pintor no traslapa correctamente las manos de pintura o bien cuando el pintor en los pases de aspersión tiende a brisar los bordes.
- El rociado genera puntos de alfiler.
- La solución es aplicar una mano cruzada para corregir dicha falla.



### SANGRADO

- Es la transferencia de pigmento soluble o vehículo en una película seca a una capa subsecuente de recubrimiento aplicada.
- También puede ser la decoloración causada por la difusión de ingredientes solubles en el sustrato.
- Para corregir esta falla es necesario recubrir la película que contiene el ingrediente de sangrado con dos capas de sellador en el que el compuesto sangrante sea insoluble.
- Un aluminio o un acabado en emulsión sobre vehículos de asfalto produce sangrado.
- También primarios base solvente depositados en sustratos de madera genera dicha falla.
- Es necesario asegurar la adherencia si se aplica un sellador
- Generalmente los primarios epóxicos sangran, sin embargo el primario corlar no presenta esta falla.



## ESCURRIDO

- Los escurridos son movimientos descendentes de la película de pintura como resultado del exceso de material aplicado contra la cantidad de pintura que se ha fijado sobre el metal.
- Los hundimientos son movimientos descendentes de una película de pintura entre los tiempos de aplicación, resultado una película cortada.
- La falla de los recubrimientos puede ocurrir debido a un espesor de material muy delgado por arriba del escurrido o del hundimiento.
- Para evitar este problema se debe de reducir el material de acuerdo con las instrucciones de la etiqueta, además de debe de regular el paso del fluido en la pistola de aspersión para controlar el flujo de material, se debe de asegurar que la temperatura de superficie y del recubrimiento están en un nivel aceptable.



## ADHERENCIA - LEVANTAMIENTO

- Generalmente ocurre cuando los solventes en el acabado atacan y absorben la película previamente aplicada resultando en una distorsión de ampollas o bien formación de un acabado arrugado.
- También puede causarse por la contaminación de la superficie con cera, o bien por el uso de un reductor incorrecto.
- Para corregir, es necesario remover el acabado de las áreas afectadas, y asegurar de que la superficie está limpia y seca.

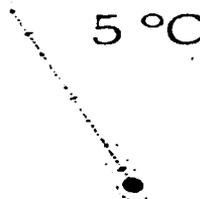
- Permitir mayor tiempo de secado antes de recubrir el recubrimiento inferior. Asegurar de que el solvente en el acabado es compatible con el recubrimiento antes de aplicar.

### PINTURA



### VELO

- Es el empañamiento o emblanquesimiento de un acabado como resultado de la absorción y retención de humedad formada en la película durante o inmediatamente después de la aspersión.
- Se restringe normalmente a las placas, y ocasionalmente a los poliuretanos cuando las temperaturas del medio ambiente y el sustrato son muy frías ( 5°C).
- La corrección de este problema es esperar a que la temperatura del medio ambiente se eleve a un mínimo de 10°C.
- Se puede repintar usando un recubrimiento base drymist (que no haga nube) o un reductor de evaporación lenta.



### CRÁTERES

- Los cráteres se definen como la formación de protuberancias con depresiones formadas por contaminantes sobre la superficie.
- Se forman por los gradientes de tensiones entre el recubrimiento y la superficie a pintar pero contaminada.
- La causa principales de la formación son:
  - Aceite contenido en el aire atomizado, o bien grasa incrustada en la superficie del metal por el sanblast.

TEMAS CON  
FALTA DE ORIGEN

- Diminutas partículas de polvo provenientes de la atmósfera causando hoyos en la superficie.
  - Hollín proveniente de los calentadores, fertilizantes.
  - Uso de cremas durante la preparación de superficie como son las cremas de silicón.
- La solución es: 1) limpiar la superficie, 2) (preparar la superficie según la SSPC 3) utilizar el compresor con filtros 4) utilizar arena con un estricto control de calidad. Una vez que se aplicó la pintura y se generaron cráteres es necesario retocar con brocha los cráteres; así se garantiza que no se volverán focos de corrosión.



### 3.2.6 FALLAS POR PROBLEMAS DE DISEÑO.



### BORDES

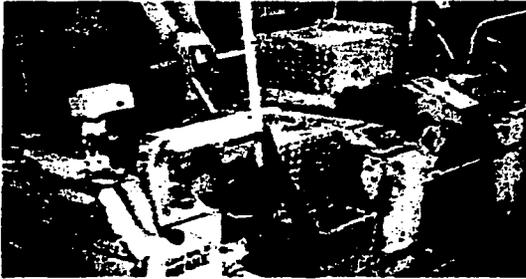
- Los bordes en las estructuras metálicas son lugares de corrosión filiforme, debido a su geometría filosa

### Causas:

- Las pinturas epóxicas, poliuretano y vinílicas tienden a fracturarse en los bordes debido a su elevada tensión superficial.
- En las estructuras metálicas como H, I tienden a acumular polvo y sustancias químicas y se generan cráteres en la zona de bordes.
- Generalmente el pintor deja los bordes al final, después de pintar en las zonas planas de la placa o estructura, generando pobres espesores en las zonas de bordes.

### Solución:

- La solución obvia es pintar primero los bordes, así como realizar el traslape correcto entre zonas planas y los bordes del sustrato.



## ESQUINAS CUADRADAS

### Causas:

- En estas áreas se acumulan polvo y mugre, y aunque la superficie se prepare con chorro de abrasivo, el polvo se acumula más en estas áreas que en las áreas planas y es más difícil de eliminar por ejemplo: interior de ángulos y en las vigas de forma I y H.
- Aunque la superficie esté completamente limpia y libre de polvo, estas áreas a veces reciben mayor espesor de recubrimiento ya que la esquina es el punto de traslape.

### Solución:

- La recomendación es recubrir primero las esquinas y posteriormente las áreas plana

### AREAS DESCONTINUAS

- Estas áreas se localizan alrededor de los remaches, rebabas del mismo metal, que son puntos de corrosión localizada.
- Si es posible quitar estas imperfecciones sobre el metal, y si no es posible entonces es necesario pintar con brocha para evitar los puntos de corrosión.



### SOLDADURAS

- Las soldaduras son puntos de corrosión granular, debido a que son materiales distintos al sustrato.
- Las soldaduras generan un par galvánico.
- Es necesario esmerilar la superficie para alisar las soldaduras.
- Se recomienda pintar con brocha para humectar toda el área de soldadura, así como efectuar este procedimiento antes de pintar el metal por completo.



## SOLDADURAS INCOMPLETAS

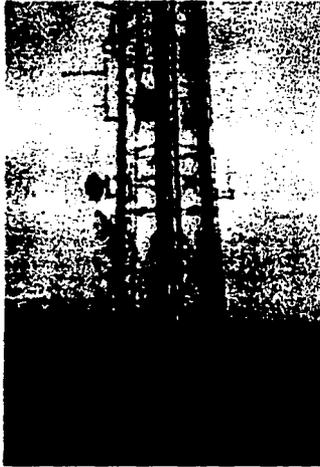
- Se conoce como soldadura incompleta aquella que existe entre dos laminas, que sueldan un solo extremo.
- Existe captación de humedad y crecimiento de hongos, por tal motivo no se recomienda ningún recubrimiento, es imperioso soldar todos los extremos.

## ÁNGULOS ENCONTRADOS

- Se presenta principalmente en estructuras tipo "T" en donde los ángulos estan espalda con espalda.
- Es casi imposible proteger este tipo de estructura, es necesario aplicar un recubrimiento con carga de arena para sellar las áreas cóncavas y convexas.
- Posteriormente se puede aplicar el recubrimiento libre de carga sólida.
- Además se recomienda utilizar lo menos posible estas estructuras compuestas.  
( debe usarse vigas de una sola pieza)



### 3.2.7 FALLAS POR FUERZAS EXTERNAS.



#### Fallas químicas:

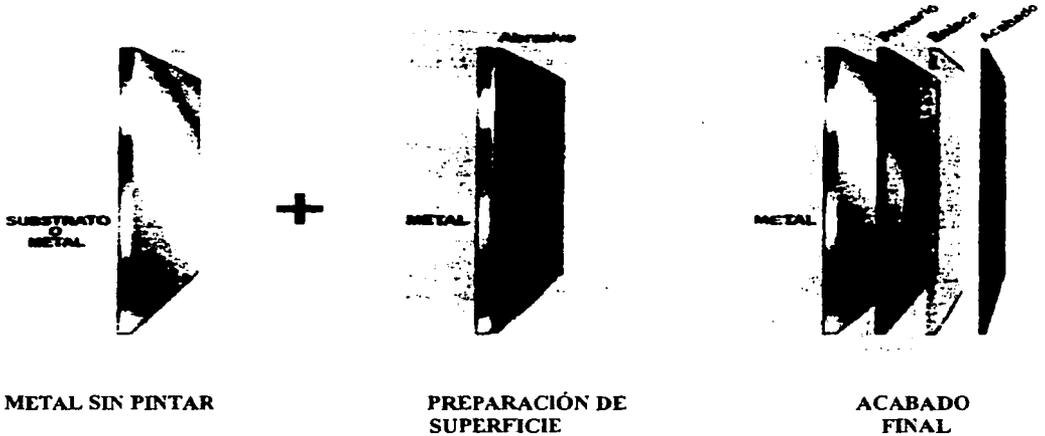
\* No existe la receta para recomendar un recubrimiento que esta bajo la influencia de innumerables compuestos químicos, sin embargo el ataque en la película de recubrimiento es inevitable. Para lo cual es necesario extremar los métodos de aplicación y la limpieza de superficie y así garantizar el óptimo desempeño de la película.



## EROSIÓN Y ABRASIÓN

- No se puede evitar la corrosión por erosión o abrasión si el equipo a recubrir se encuentra al intemperismo, por tal motivo es necesario recurrir a pinturas resistentes a la abrasión como es el caso de los poliuretanos.

### 3.3 SISTEMAS DE RECUBRIMIENTOS DE ALTO DESEMPEÑO.



Los elementos de un sistema de recubrimiento son: El metal, preparación de superficie y la aplicación del sistema de recubrimiento que consiste en primario, enlace y acabado.

Primario:

Es un material que tiene como características principales el adherirse físicamente a un metal u oxidación del mismo y cuyos componentes principales son: óxido de hierro y óxido de zinc los cuales facilitan la estabilización de la oxidación presente en el metal.

Tipos de primarios:

Regulares:

Alquidáticos : Primarios de taller para ambientes de corrosión ligera, aplicable sobre acero, requiere preparación de superficie SSPC-SPO2.

Cromato de Zinc: Primario para ambientes de corrosión mediana aplicable sobre aluminio, níquel o cobre, requiere preparación de superficie SSPC-SPO3 ó SSPC-SPO2.

### Alta durabilidad:

Epóxicos: Primarios para ambientes de corrosión alta, aplicados sobre el acero, requiere preferentemente de una preparación de superficie SSPC-SP06, pero en caso de no ser posible, aplicar la SSPC-SP03 ó SSPC-SP02.

Alquitrán de hulla: Primario resistentes a ambientes de corrosión alta, incluyendo la inmersión, aplicable sobre el acero y requiere una preparación de superficie con chorro de abrasivo.

Inorgánico de Zinc: primario resistente a la humedad y a ambientes de corrosión alta (cuando es recubierto), ofrece también protección galvánica, aplicándose sobre acero y requiere forzosamente de una preparación de superficie a metal blanco (SSPC-SP05).

### **Enlace**

Son productos de diferentes resinas que los hace compatibles con una amplia gama de recubrimientos, son aplicados generalmente después de un primario y antes del acabado final.

Son tres de las razones por las que se aplica un enlace:

- a) Tener un medio de compatibilidad entre el primario y acabado.
- b) Engrosar la película del sistema de pintura.
- c) Reforzar la adherencia entre capas.

### **Acabados:**

Es un material que tiene como característica principal proteger al primario del ambiente corrosivo.

Son productos sintéticos (compuestos orgánicos) con permeabilidad baja y poco reactivos frente a un pH ácido o alcalinos.

Tienen propiedades de dureza muy altas comparados con algunos plásticos, son tersos, brillantes, etc.

## **3.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN Y METODOS DE APLICACIÓN.**

**Para la mayoría de las grandes compañías de proceso y manufactura, sus instalaciones de producción constituyen el mayor capital invertido.**

**Proteger esta inversión, manteniendo las superficies pintadas, es una labor compleja que debe realizarse en forma correcta y periódica, de lo contrario, ocurren importantes pérdidas por el progresivo deterioro de las superficies.**

**Además, una planta protegida anticorrosivamente, protege sus recursos humanos, mejorando la productividad y la seguridad entre sus empleados.**

**Los criterios para la selección de un sistema de recubrimientos consiste en la inspección, preparación y pintado programado de sus instalaciones, incluyendo todas las superficies que se encuentren permanentemente expuestas a los efectos degradantes del clima, procesos químicos, atmósferas, corrosivas y desgaste natural.**

**Las funciones de planeación, programación, supervisión, monitoreo y seguimiento, que son requeridas para mantener adecuadamente éstas superficies.**

**La especificación o selección de un sistema de recubrimientos se determina en base a los siguientes puntos:**

- a) Se definen las condiciones de servicio y de exposición.**
- b) Definir los requerimientos de preparación de superficie.**
- c) Seleccionar el método de aplicación.**
- d) Identificar alternativas genéricas.**
- e) Establecer Relaciones de Costo-Beneficio.**
- f) Selección del Sistema de recubrimientos adecuado.**

#### **METODOS DE APLICACIÓN.**

Después de la preparación de las superficies, el factor más importante es la aplicación del recubrimiento protector. En términos generales, una estructura metálica puede quedar bien protegida del medio ambiente, si cuenta con una película de entre 4 y 6 milésimas de espesor de película seca ( EPS ), y este espesor variará dependiendo de la calidad del recubrimiento, el medio ambiente a que será expuesto y la vida útil deseada del sistema de pintura. En la actualidad existen diferentes tipos de pintura que de una sola aplicación, pueden proporcionar desde 1 a 8 milésimas de película seca. Sin embargo el espesor óptimo de la película de pintura +ésta en función del desempeño esperado y se encuentra especificado para cada recubrimiento en la sección "Sistemas de Pintura Du pont" de este manual.

La aplicación de un recubrimiento puede realizarse con diversas herramientas (brocha, rodillo, cepillo, aspersión con o sin aire, equipo de componente plural, etc.. Al especificar un sistema de recubrimientos se necesita especificar con qué equipo se realizará la aplicación y cual es el espesor que se requiere. Un porcentaje muy alto de las fallas de los recubrimientos en campo se debe a una aplicación deficiente.

Dada la importancia de la aplicación, en un sistema de pinturas, es importante mencionar que aún en el más sofisticado recubrimiento protector tendrá un desempeño malo si no es aplicado en forma apropiado.

Las siguientes condiciones pueden afectar la aplicación de un recubrimiento:

**TEMPERATURA:** El rango de temperatura óptima para la aplicación de recubrimiento oscila entre 15°C y 32°C. Generalmente, los recubrimientos no deben ser aplicados con la temperatura del medio ambiente sea inferior a 4°C o superior a 43°C, durante la aplicación. Si la pintura es aplicada arriba de 32°C puede ocasionar que la película seque demasiado pronto y traiga como consecuencia la falta de uniformidad en la película y mala adherencia. Si la temperatura es inferior a 10°C puede alargarse el tiempo de secado y curado de la película hasta puntos inaceptables. No debe aplicarse la pintura, si existe la posibilidad de que la temperatura baje al punto de congelación., antes de que éste halla secado.

**HUMEDAD:** La adherencia de la mayoría de las pinturas, excepto las de base acuosa, resulta seriamente dañada si la superficie por recubrir es contaminada con agua. En general debe evitarse pintar cuando la humedad relativa sea mayor a 85%. La probabilidad de que se condense la humedad sobre la superficie por pintar, puede predecirse midiendo la temperatura de la superficie y determinando el punto de rocío de la atmósfera circundante. La medida del punto de rocío es conveniente practicarla siempre que el tiempo se presente húmedo, lo que requiere el uso de un termómetro de bulbo seco y bulbo húmedo y una tabla psicométrica. La temperatura de la superficie más fría debe medirse con un termómetro de superficie. Si la temperatura de la superficie está descendiendo y se encuentra dentro de los 5° Fahrenheit (2.7°C) del punto de rocío, debe suspenderse la aplicación porque es probable que se condense el agua sobre la superficie. Así también la humedad excesiva evita que la pintura seque y cure en forma regular, excepto punto de saturación en casos como los inorgánicos de zinc, donde la humedad favorece su curado.

**VIENTO:** Operaciones de pintura, sobre todo las aplicaciones por medio de aspersión, se hace más difícil cuando aumenta la velocidad del viento. Además de la gran cantidad de pintura desperdiciada cuando hay viento fuerte, la apariencia de la superficie pintada generalmente no alcanza la conformidad deseada, porque las partículas atomizadas secan antes de tocar la superficie. Asimismo las partículas de pintura en suspensión en el aire pueden llegar a contaminar áreas adyacentes.

**PRECIPITACIÓN:** Ninguna aplicación de recubrimientos debe ser hecha en presencia de precipitación o cuando ésta es inminente. La precipitación puede causar mala adherencia, erosionar la pintura fresca, depositar contaminantes químicos, causar manchas en la pintura, alterar las propiedades de la película.

**INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN:** Antes de aplicar es conveniente leer con detenimiento las instrucciones de aplicación que se encuentran en las etiquetas de los recipientes de las pinturas, así como en la información técnica de cada una de éstas. Las esquinas y los bordes son lugares de difícil acceso a la pintura y en donde generalmente comienzan los problemas, por lo que es conveniente hacer énfasis en estos lugares durante la aplicación. Cuando se aplican sistemas con más de un recubrimiento, resulta muy práctico utilizar recubrimientos de diferente color entre capa y capa, dado que esto facilita la inspección visual de los acabados. Cuando la exposición a la que estará sometido un sistema de pintura, es considerado como severo, se recomienda hacer una inspección con aparatos de ultrasonido, con el fin de detectar porosidades entre capas. Asimismo se recomienda verificar los espesores, cada vez que se aplique una capa de pintura y de este modo asegurar la funcionalidad del sistema protector.

Debido a que los recubrimientos están compuestos por 2 partes: un vehículo (resinas y solventes) y pigmentos, es necesario mezclar adecuadamente los recubrimientos o pinturas.

Durante el almacenamiento, los ingredientes tienden a separarse. Algunas veces, el pigmento se sedimenta en el fondo del contenedor, o bien, pueden formarse grumos o delgadas capas en la superficie de la pintura. El mezclado es necesario para asegurar un color y textura uniformes de que permiten una aplicación uniforme de la pintura.

Guías de mezclado: La pintura puede mezclarse a mano o con un agitador o paleta y al transferir la pintura de un contenedor a otro. El mezclado mecánico se realiza con mezcladores eléctricos o neumáticos. Antes de comenzar el mezclado, libere el material sedimentado y retire. Remueva completamente las capas que se pueden haber formado en la superficie de la pintura. El mezclado mecánico es el más común, porque es más rápido y eficiente. Los mezcladores mecánicos requieren contenedores grandes de pintura 19 litros (5 galones) o más. Utilice las mezcladoras mecánicas a la velocidad mínima para evitar la formación de remolinos. Las velocidades altas pueden causar espuma.

Reductores: Los adelgazadores se emplean para reducir la viscosidad de la pintura para su aplicación. Estos afectan el poder cubriente, consistencia, secado, adhesión y durabilidad. El aplicador debe seguir las especificaciones de adelgazamiento que se muestran en las hojas técnicas y en la etiqueta. Es necesario recordar que no siempre se necesita agregar la cantidad máxima de reductor. Si la pintura se adelgaza demasiado, puede presentarse un desprendimiento o incrementa la dificultad para obtener el espesor adecuado.

Tiempo de Inducción: Las pinturas de dos componentes necesitan un tiempo de inducción. Este tiempo es el que requieren los dos componentes para reaccionar químicamente antes de que la pintura pueda ser aplicada. Permita que la pintura repose durante todo el tiempo de inducción especificado. Asimismo, tome en cuenta que un cambio en la temperatura puede afectar el tiempo de inducción.

Vida de mezcla: La vida de mezcla es el tiempo que transcurre después del mezclado y que permite una correcta aplicación de la pintura. Una vez transcurrido este tiempo, la pintura ya no puede ser aplicada y debe ser desechada. Mezcle solamente la cantidad de pintura requerida para la aplicación que se use dentro de la vida de mezcla.

Actualmente existen varios métodos para aplicar recubrimientos, tales como: brocha, rodillo, equipo de aspersión con aire y equipo por aspersión sin aire. Cada uno de estos métodos tiene una razón de ser, sus ventajas y desventajas así como sus limitaciones. Es el usuario quien debe evaluar las alternativas existentes respecto a sus necesidades específicas, las razones operativas y las ventajas económicas que el uso de cada método implica, en la elección final.

A continuación se muestra una tabla comparativa de los rendimientos, que de acuerdo a nuestra experiencia y en condiciones óptimas tendría cada uno de estos métodos, con el fin de que el usuario pueda elegir el que más se adapte a sus requerimientos.

METODO	RENDIMIENTO DIARIO (ft <sup>2</sup> )	RENDIMIENTO DIARIO (m <sup>2</sup> )
Brocha	1,000	90
Rodillo	2,000 - 4,000	185 - 370
Aspersión con aire	4,000 - 8000	370 - 740
Airless (sin aire)	8,000 - 12,000	740 - 1,100

## BROCHA

Es el método más lento y por tanto el más costoso. En un principio se pensó que era el método más efectivo para la primera mano, dado que el pintor podía llegar a todos los rincones de la superficie. Dada la irregularidad que deja una aplicación con brocha, este método no es muy preferido.

Las brochas para barniz y esmaltes son planas y están en forma de cincel, esto permite pintar esquinas y superficies planas. Se sugiere emplear brochas más grandes para pintar mampostería, ya que se requiere una mayor cantidad de pintura. Para las aplicaciones en techos, se emplean brochas de 7 pulgadas de ancho con 3.5 pulgadas de longitud de filamentos.

Antes de usar por primera vez, limpieza. Utilice un solvente compatible con la pintura a usar. Después de aplicada la pintura, limpie la brocha con un reductor antes de que se seque la pintura. Para pinturas base agua, remoje la brocha en agua tibia con jabón. Exprima los filamentos con los dedos y raspe con la uña, si la pintura aún queda adherida a las cerdas. Cuando aplique materiales base solvente, shellac o lacas, aplique suficiente solvente en un contenedor para cubrir los filamentos. Cepille la brocha varias veces. Una vez limpia la brocha, retirele la humedad extra.

## RODILLO.

Es un método adecuado para recubrir grandes áreas, de preferencia, planas en donde la aplicación por otros métodos más eficientes como la aspersion, no es factible. La longitud y tipo del mango de un rodillo, puede afectar considerablemente la rapidez de la aplicación, así como reducir el andamiaje y aumentar la producción que con brocha no es posible. Sin embargo su uso está limitado a superficies planas.

Los rodillos se encuentran disponibles en 1-36 pulgadas de ancho. Los tamaños más comunes son 3, 4, 7, 9, 14, 18, 24, 30 y 36 pulgadas. Medidas menores se utilizan para áreas extensas y planas. Las cubiertas son de fibras naturales o sintéticas. Las primeras cubiertas eran de lana, ahora se emplean cubiertas de poliéster. Sin embargo, también se pueden encontrar cubiertas de mohair, lana, espuma, nylon, algodón y plástico.

Para superficies lisas, yeso, madera y metal utilice un rodillo con un espesor de cubierta pequeño. Para superficies rugosas, mampostería, concreto y cercas, utilice mayores espesores ( a mayor espesor de cubierta, mayor retención de pintura).

Los rodillos a presión se emplean con un tanque presurizado conectado al rodillo con una manguera. Esta manguera permita que la pintura fluya a través del armazón hasta el interior del cilindro de la cubierta. La cubierta está perforada para permitir el paso de la pintura hasta la cubierta. La dificultad de limpiado es una de las desventajas principales de estos aplicadores. Sin embargo, la aplicación es más rápida y sencilla.

Los rodillos para tuberías se componen de varios rodillos pequeños que se ponen en contacto con la superficie de la tubería.

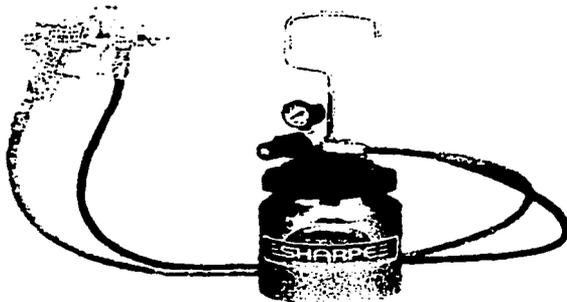
Los rodillos para esquinas tienen una forma circular y planas en las orillas para alcanzar lugares difíciles de aplicación.

### ASPERSIÓN CON AIRE

Es el método más utilizado por su versatilidad en la aplicación de un gran número de recubrimientos. Aunque no es tan eficiente como el método de aspersión sin aire, con una adecuada combinación de presiones y boquillas, pueden ser aplicados productos de alto peso específico y de diferentes viscosidades. Entre las principales consideraciones al efectuar aplicaciones por este método encuentran: la distancia entre la pistola y la superficie, la cual debe oscilar entre 15 y 20 centímetros. La pintura debe ser aplicada a la mínima presión capaz de atomizarla de una manera uniforme. La pistola debe mantenerse siempre perpendicular a la superficie por pintar.

La pérdida de material por aspersión con aire es de 25 a 35%.

La tecnología HVLP ( ALTO VOLUMEN, BAJA PRESION ) permiten reducir notablemente el consumo pintura, debido a que disminuye el porcentaje de neblina producida hasta un 40%, logrando menos desperdicio del material. Uno de los equipos más utilizados se muestra en seguida.



### ASPERSIÓN SIN AIRE

Es el método más evolucionado y eficiente que existe en el mercado de recubrimientos. Este método utiliza una bomba de alta presión, accionada hidráulicamente o por aire, para impulsar pintura sin aire a través de un orificio a muy alta presión. Se utiliza menos adelgazador, proporciona películas más gruesas por aplicación que cualquiera de los métodos anteriores, logra mayor cubrimiento y mejor aplicación en los rincones donde no es fácil llegar con otros métodos.

El gasto de pintura se controla con el tamaño del orificio de la boquilla y por la capacidad de la bomba impulsora.

Las ventajas de la aspersión sin aire sobre la aplicación con aire son las siguientes: aplicación más rápida, menor pérdida de material (5% a 15%) eliminación de contaminación por humedad del aire, menor volumen de aire requerido, mayores espesores con menos manos y mejor productividad en general.

## OTROS MÉTODOS

Existen también otros métodos tales como: la aplicación por inmersión, electrodeposición electrostática, etc., que tienen grandes aplicaciones en la Industria Manufacturera, de línea Blanca, Mueblera y Automotriz, pero que son poco prácticos para ser usados en el mantenimiento industrial y en el ramo de la construcción.

## ANÁLISIS DE COSTOS.

### I. FACTORES DE COSTO

#### 1. ¿Porqué hacer análisis de costos?

Como se menciona en la Introducción de este trabajo vivimos en un mundo de números, costos y "justificación", porque toda decisión de compra debe analizarse entre los diferentes alternativas sobre la base de los ahorros en costo que se obtendrán y la situación de la economía.

#### 2.- ¿Para qué pintar?

Si no pintamos o recubrimos, el acero comenzará a corroerse en diferentes velocidades dependiendo del ambiente y el clima. Por otro lado, dentro de los diferentes métodos de protección anticorrosiva, los recubrimientos constituyen el método más versátil y costeable.

#### 3.- Importancia del pintado inicial

Una vez que una estructura está en operación, resulta impráctico, sino imposible, hacer una limpieza con abrasivo, aplicar pintura u obtener el suficiente "tiempo muerto" para llevar a cabo un trabajo de mantenimiento adecuado.

En la mayoría de las ocasiones, el pintado original es el único momento en la vida de la estructura en que el trabajo puede hacerse efectiva y económicamente.

#### 4.- Diseñar para la vida total de la estructura

Para recubrimientos de mantenimiento o construcción nueva, se debe considerar el costo total y el número de pintados de mantenimiento requeridos dentro de la vida total de la estructura. Si la vida de diseño es de 3 años, se debe seleccionar un sistema de recubrimientos que dure al menos ese tiempo. Sin embargo, si la vida de diseño es de 20 años, el sistema de largo plazo requerirá de un número mínimo de pintados de mantenimiento.

Para hacer un análisis de costos efectivo, el pintado inmediato debe evaluarse tanto desde el punto de vista a corto plazo, impacto económico inmediato, así como de largo plazo, la vida total de la estructura.

#### 5.- ¿Porqué abrasivo?

Las limpiezas manual (SSPC-SP02) o mecánica (SSPC-SP03) no remueven las escamas de laminación. En ambientes severos, las escamas se desprenden en uno a tres años, llevando con ellas a la pintura. La limpieza con abrasivo es el medio más práctico y efectivo de limpiar la superficie. Remueve la escama de laminación y crea un perfil de anclaje, que es esencial para la buena adherencia de la pintura.

Aunque se considera más costosa que la limpieza manual o mecánica, la preparación con abrasivo en taller puede costar menos, ya que alarga la vida de servicio y por tanto, disminuye el costo anualizado.

#### 6.- Preparación y primariado en campo vs. Taller

En construcción nueva, el costo de la preparación en taller se considera la mitad del costo en campo. Además, la preparación con abrasivo y el primariado en taller permite justificar la aplicación de un sistema de recubrimientos adecuado en un momento de la vida de la planta en que el trabajo puede hacerse de manera efectiva y económica. La aplicación es más fácil sobre el piso, las pérdidas por aspersión se reducen y mejora la seguridad del personal.

#### 7.- Se recomienda aplicar más de un recubrimiento en taller?

El pintado puede controlarse mejor en el taller del fabricante que el sitio de operación de la planta.

Teóricamente, el sistema completo o el primario y el enlace se aplican en el taller.

Cuando es impráctico aplicar recubrimientos en el campo, como en una expansión de instalaciones en un ambiente altamente corrosivo, se requiere la aplicación total en taller.

Antes de tomar la decisión de aplicación total o parcial en taller, debe recordarse que muchos fabricantes de estructura tienen capacidad limitada para almacenar la estructura por periodos prolongados.

Si se aplica total o parcialmente en taller, se debe estar seguro de que el fabricante de acero aplique efectivamente todas las capas. Además, hay que asegurarse que el sistema de recubrimientos seleccionado cumple adecuadamente con los tiempos de secado y curado que el fabricante requiere. Sobre una base práctica, se deben aplicar retoques una vez completados los trabajos de reparación y soldadura.

#### 8.- Galvanizado vs. Recubrimientos ricos en zinc

El galvanizado y los recubrimientos ricos en zinc, con su acción galvánica, han revolucionado la protección del acero. El galvanizado con 460g/m<sup>2</sup> de zinc es equivalente en espesor a 2.5 mils secas de recubrimiento rico en zinc. Desde el punto de vista de protección, ambos son equivalentes. El baño de galvanizado es de aplicación más fácil en

partes pequeñas. La resistencia al calor de estos sistemas es un poco más abajo del punto de fusión del zinc (399°C).

Comparados con el galvanizado, los recubrimientos ricos en zinc son de más fácil aplicación a la estructura existente en campo. Tienden a soportar más el intemperismo en ambientes marinos y costeros y aceptan un acabado más fácilmente. Son menos costosos en elementos estructurales grandes.

En costo, el punto de equilibrio es aproximadamente 27.5m<sup>2</sup>/ton. Se recomienda galvanizar si el desarrollo de área es menos y recubrir con inorgánico de zinc si es menor.

9.- Costo por m<sup>2</sup> vs. Costo por tonelada o con base en el trabajo total.

Es impráctico, y normalmente innecesario, el intentar llevar a cabo un levantamiento y una estimación del trabajo total. Para comparación y selección de sistemas, puede estimarse el costo por m<sup>2</sup>.

Para convertir a costo de pintado por tonelada, multiplicar el costo por m<sup>2</sup> por 25. Para elementos estructurales grandes, usar 10 a 25 m<sup>2</sup>/ton; mediados, 20-30 m<sup>2</sup>/ton; para estructura ligera, 30-40 m<sup>2</sup>/ton y para armazones 35-50 m<sup>2</sup>/ton.

10.- Demora del acabado

Muchos proyectos de construcción nueva se salen del presupuesto y los gerentes de construcción buscan partidas que les permitan reducir costos. Una de estas partidas son los acabados. El especificador debe proveer tal situación y por tanto debe seleccionar un sistema que resista los embates del ambiente por un tiempo extenso. Así mismo debe asegurarse de incluir inmediatamente retoques adecuados sobre marcas, fallas y descontaminación del primario antes de aplicar las capas finales.

11.- Prejuicios

El ingeniero normalmente se enfrenta a las preferencias/prejuicios del personal de planta o representantes del cliente acerca de los tipos de recubrimiento o marcas a seleccionar, por ejemplo, seleccionar alquidales en lugar de inorgánicos de zinc o epóxicos con el argumento de "solo puedo pagar alquidales"; o cambiar el tipo de limpieza bajo el argumento "no puedo pagar o tolerar limpieza con abrasivo", etc. Estos prejuicios pueden o no representar sistemas o condiciones aceptables. Inclúvalos en el análisis y haga que el sistema recomendado sea el adecuado conforme a la información preparada.

12.- Procedimientos de Mantenimiento

La secuencia seguida por los usuarios en el pintado de mantenimiento varia ampliamente. Para algunos el único criterio a seguir es: "¿Necesita pintarse?"

La secuencia más común es la siguiente:

- 1) Pintado original
- 2) Retoque y reparación parcial "spot"

3) Repintado de mantenimiento (primario SPOT y acabado FULL)

4) Repintado total

La vida de las etapas de repintado variará de acuerdo a si se utiliza un "approach" I: Ideal/Optimo o P: Práctico.

Operación	Vida aproximada	Costo si el original es en campo	Costo si el original es en taller/campo	Momento del pintado
<b>SECUENCIA IDEAL</b>				
Pintado inicial	I	Costo original (O)	Costo original (O)	año 0
Retoque	50 % I	25 % O	40 % O	año 8
Repintado de Mnto.	75 % I	55 % O	70 % O	año 12
Repintado total	100 % I	115 % O	150 % O	año 18
<b>SECUENCIA PRACTICA</b>				
Pintado inicial	P	Costo original (O)	Costo original (O)	año 0
Retoque	25 % P	40 % O	50 % O	año 12
Repintado de Mnto.	40 % P	70 % O	80 % O	año 15
Repintado total	100 % P	115 % O	150 % O	año 19.8

### 13.-Análisis y justificación Económica

Este aspecto es a veces mal entendido para los sistemas de recubrimientos de protección. Los aspectos de capital requieren de un análisis intrincado para identificar el impacto financiero total. Los sistemas de recubrimientos se consideran básicamente como partidas caras, sin valor de salvamento o consideraciones de depreciación. Se requieren relativamente pocos cálculos para comparar un sistema con otro y medir el valor real de cada uno en unidades monetarias comparables y reflejen el valor del dinero en el tiempo.

Para cada sistema considerado, enlistar el tiempo de durabilidad, número y costo de las operaciones de pintura requeridas para proteger la estructura por el periodo de vida proyectado. Esto debe incluir las partidas de pintado original, retoques, retoque y acabado total y repintados totales. El costo de cada operación de pintura debe calcularse en tres categorías:

- 1) Niveles de costo actuales.
- 2) Niveles de valor futuro neto (VFN) (costa actual más los efectos de la inflación).
- 3) Niveles de valor presente neto (VPN) (valor presente del costo inflado en moneda del hoy invertida a las tasas de interés actuales).

Por ejemplo, un costo actual, C, de \$10 de hoy, se infla a \$12.76 en 5 años, suponiendo un 5% de inflación; \$12.76 es VFN. La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$\text{VFN} = \text{Costo actual} \times (1 + i)^n$$

Donde  $i$  = inflación;  $n$  = años

Para calcular el VPN:

$$\text{VPN} = \text{VFN} \times 1/(1+i)^n \text{ o } \$7.92$$

\$7.92 invertidos hoy al 10% de interés por 5 años = \$12.76.

Mientras las tasas de interés y de inflación cambian constantemente, la decisión de seleccionar un recubrimiento normalmente se basa en las tasas actuales. Llevando a cabo estos cálculos para cada sistema, es posible comparar el valor real y el número de operaciones de pintura en el periodo proyectado (costo anualizado).

Pasos a seguir para el Cálculo de un Análisis Económico de un sistema de recubrimientos:

- 1) Para cada sistema candidato (usar una hoja para cada uno), dibujar una línea de tiempo para el tiempo de vida proyectado de la estructura. (Ver figura en la siguiente página).
- 2) Para cada sistema, marcar en la línea de tiempo el momento en que las operaciones de pintado tendrán lugar: pintado original, retoque, repintado de mantenimiento y repintado total. Considerar sus costos actuales.
- 3) Usar la tasa de inflación actual para calcular el VFN y registrarlo para todas las operaciones de pintura.
- 4) Usar la tasa de interés actual para calcular el VPN (del VFN) y registrar para todas las operaciones de pintura.
- 5) Para cada sistema, sumar las tres categorías (Costo actual, VFN y VPN).
- 6) Comparar estos valores, especialmente el VPN, para una comparación directa del costo real de cada sistema en moneda actual.

Un sistema puede ser más barato inicialmente, pero si tiene un tiempo de vida corto y requiere repintados frecuentes, puede medirse su costo financiero que permita reconocer el impacto sobre las operaciones de la planta.

En proyectos de capital nuevos, los costos de recubrimiento se capitalizan, lo cual requiere de la consideración de la depreciación, impuestos, etc. Estos no es necesario para trabajos de mantenimiento. Sin embargo, cuando se requiera, se debe llevar a cabo el mismo análisis de valor presente para hacer la selección del recubrimiento, y considerarse dentro del análisis financiero del proyecto global.

**ANALISIS ECONOMICO**  
**Costo de pintura por m2 para una Planta de 30 años de vida**  
**SP06/Primario epóxico 6 mils/Acabado epóxico 4 mils. Vida del sistema =18 años.**

Operación de pintura	↑	↑	↑	↑	↑	Línea de tiempo
	Pintado Original	Retoque. Año 8	Repintado de Mto. Año 12	Repintado total. Año 18	Retoque. Año 26	
Costos actuales	1.74	0.70	1.22	2.61	0.70	6.97
VFN @ 5 % inflación	1.74	1.03	2.19	6.28	2.49	13.73
VPN @ 10 % interés	1.74	0.48	0.70	1.13	0.21	4.26

## II. ELEMENTOS DE COSTO A CONSIDERAR

Reglas importantes:

a) El comparativo de costos debe contemplarse desde el punto de vista del proyecto total más que sobre una base de costo por metro cuadrado. La magnitud del trabajo debe reconocerse y reflejarse en el estimado de costo.

b) Ciertos aspectos del trabajo tienen diferentes costos por metro cuadrado (acero estructural, tanques, tubería, válvulas, etc.)

c) Los elementos de productividad de operaciones (limpieza con abrasivo, aplicación de recubrimiento, etc.) deben expresarse sobre la base de metros cuadrados.

d) Las operaciones de soporte y equipo se expresan en términos de los requerimientos de la mano de obra de productividad (1 operador de olla por cada 2 pintores o sandblasteros).

e) Las operaciones de traslado, instalación de caseta y similares, deben expresarse en términos del proyecto total.

### Mano de Obra

Las operaciones que incluye todo trabajo de pintura son las siguientes:

- Limpieza antes de la preparación
- Preparación de superficie.
- Aplicación de cada capa de recubrimiento.
- Manejo de la olla de abrasivo.

- Ayudantes de maniobra.
- Remoción del abrasivo gastado.
- Supervisión

La mano de obra debe expresarse en términos de costo por hora-hombre o días-hombre.

Estas operaciones productivas se calculan sobre la base de las productividades para cada clasificación de superficie, ejemplo, estructura pesada, estructura ligera, acero misceláneo (pasamanos, escaleras, etc.), tubería, válvulas, etc.

### **Operador de olla**

- Asiste a los sanblasteros para ajustar las ollas de abrasivo, rellenar las ollas y frecuentemente para las operaciones de aplicación de primario.
- La relación de operadores de olla a sandblasteros depende del tipo de equipo involucrado y de las restricciones de mano de obra.
- Un operador de olla debe manejar al menos dos ollas.
- Cuando se utiliza abrasivo en masa, la operación de olla exige menos tiempo y el sobrestante asume labores de operador de olla.

### **Limpiadores de abrasivo**

- Función-retirar el abrasivo gastado, cuando se requiera.
- Se calcula en términos de Kg/hr ó ton/día.
- Se determina en función de la distancia de donde debe removerse, los obstáculos y el equipo usado.

### **Ayudantes**

- El número varía por los requerimientos del proyecto.
- Deben usarse para hacer las mezclas y ayudar en las maniobras.

### **Colocadores de andamios y soportes**

- Función-despliegue, colocación y remoción de equipo usado para ayudar a los trabajadores a tener acceso a superficies que serán preparadas y pintadas.

### **Supervisores**

- Supervisión en campo.

- Se calcula con base en el número de días de cuadrilla y supervisores requeridos.
- Un solo supervisor no tiene más de 8 a 10 trabajadores a su cargo.
- Un sobrestante productivo debe incluirse en cuadrillas de hasta 6 personas.

Cálculos:

$$CTMO = HH \times CHH$$

donde CTMO: costo total de mano de obra; HH: horas-hombre; CHH: costo horario por clasificación de trabajador.

$$CHH = CMO \times GE$$

donde CMO: costo de la mano de obra; GE: gastos extras.

Para considerar los Gastos Extras existen varias opciones, la más común consiste en aplicar los impuestos de nómina, seguros, equipo individual y gastos varios al CMO.

$$CMO + CE + CM + = CD + CI + U = CT$$

donde CE: costo de equipo; CM: costo de material; CD: costo directo; CI: costo indirecto; U: utilidad y CT: costo total.

### Equipo

El equipo requerido varía por el tipo de trabajo, tamaño y configuración de las estructuras, tipo de preparación de superficie, tipo de recubrimiento, etc.

#### a) Equipo para abrasivo

- El aire comprimido para el chorro de abrasivo está determinado por el tamaño de la boquilla y otros factores. El gasto típico es de 350-450 CFM (9870-12,690 LPM) por boquilla.
- Ollas, mangueras, boquillas, escafandras.

#### b) Aspersión convencional

- Las ollas de aspersión se seleccionan según se requiera; las ollas grandes pueden manejar hasta dos pistolas. Si no se tiene acceso a aire comprimido, puede requerirse de un compresor pequeño.

#### c) Airless

- Las bombas de airless se seleccionan según se requiera. Se requiere una fuente de potencia (electricidad o aire comprimido) para manejar la bomba.

#### d) General

- Transporte: pick ups o doble rodada.
- Maniobra: silletas, guindolas, cabinas, andamios.
- Oficinas, vetidores, almacén. instalaciones sanitarias.

El costo del equipo se calcula considerando el número de días que cada pieza de equipo es usada a una tarifa de renta determinada.

#### Materiales

##### a) Abrasivos

- El costo se calcula aplicando una tasa de consumo al número de horas-hombre o días-hombre de aplicación de abrasivo calculadas.
- La tasa de consumo estimada para arenas, escoria y abrasivos minerales =  $1/4$  a  $1/2$  ton/hr.

##### b) Recubrimientos

- Calcular el costo por metro cuadrado.

#### Cómo hacer Análisis de Costos de Recubrimientos?

##### 1) Vida de Servicio Estimada

Qué tanto durará el sistema de recubrimientos?

La respuesta depende del ambiente de exposición y de la filosofía y mantenimiento de pintura. La protección es lo más importante o hay que considerar la apariencia? La pintura se ve como un mal necesario, o como una inversión efectiva?

La tabla desarrollada por la SSPC establece los estimados de tiempo de servicio para dos secuencias de mantenimiento: Ideal/Optima y P: Práctica.

La secuencia I establece el tiempo hasta que ocurre la falla inicial de los acabados (3 a 5%) antes de que comience la formación de herrumbre y es cuando tiene lugar el primer pintado de mantenimiento.

La secuencia P es el tiempo hasta que ocurre una falla en el 5 a 10 % de la superficie, y existe herrumbre activa.

Muchos usuarios siguen la secuencia práctica, P, pensando en que es la más barata o que no tienen presupuestos o para evitar las "molestias" de pintar demasiado pronto. Haciendo una comparación de las dos secuencias normalmente se demuestra que siguiendo la secuencia I es un método más efectivo en cuanto a costos. En pocas palabras, una vez que se genera

herrumbre agresiva y ocurre una falla del recubrimiento, es más costosa la reparación y se reduce la protección.

Seleccionar aquellos sistemas que tendrán la mayor duración, pero incluir, para propósitos de comparación y análisis, otros sistemas que sean populares o que se cree son económicos. Asegúrese de que su análisis incluya el efecto de la preparación de superficie sobre el tiempo de vida estimado. Incluir, si es posible, una comparación del mismo tipo genérico de sistema con diferentes grados de limpieza.

2) En construcciones nuevas, comparar el costo de pintar en campo vs. el primariado en taller. Como se ha mencionado anteriormente, si se trata de un mínimo de 250 tons de acero, el sandblasteado y primariado es cerca de la mitad del costo del mismo trabajo en campo. El trabajo se hace más eficientemente y se eliminan todos los problemas relativos a los conflictos en el campo.

### 3) Preparación de los Análisis de Precio Unitario.

El análisis de Precio Unitario consiste en la generación de una hoja que describa los costos de cada uno de los elementos que conforman un trabajo determinado, ésta debe contener las siguientes secciones:

#### I. MATERIALES.

##### I.1 Material Permanente

Recubrimientos anticorrosivos propiamente.

(1) Se refiere a la unidad de medida sobre la cual se hacen los cálculos.

(2) Es la cantidad de material que se utilizará con base a la unidad de medida determinada. Para el caso de la pintura, este dato corresponde al inverso del rendimiento práctico.

(3) Costo para la unidad de medida seleccionada. Para el caso de la pintura, corresponde al costo por litro mezcla.

(4) El total es igual al producto de la Cantidad x Costo.

Concepto	Unidad (1)	Cantidad (2)	Costo (3)	Total (4)
25P	LT/M2	0.36	80.00	28.80
326	LT/M2	0.40	54.00	21.60

SUBTOTAL 50.40  
TOTAL

50.40

## 1.2 Material de Consumo

Todo aquel material utilizado para llevar a cabo el acondicionamiento del sustrato de manera directa o indirecta.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Abrasivo	M3 (1)	0.10	480.00	48.00
Thinner std.	Litro	0.04	6.00	0.24
Estopa. trapos	Lote	0.30	7.00	2.10
Filtros y lubr.	Lote	0.60	80.00	48.00

SUBTOTAL 98.34

TOTAL

98.34

(1) La unidad para el abrasivo puede ser M3 o tonelada.

## II. HERRAMIENTA Y EQUIPO

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Compresor	Pza	0.10	790.00	79.00
Equipo de SB	Pza	1.00	150.00	150.00
Equipo de Pintura	Pza	1.00	50.00	50.00

SUBTOTAL 279.00

TOTAL (ST Rend)

7.97

El subtotal de herramienta y equipo se divide entre el rendimiento en metros cuadrados por jornada para la operación específica.

Para conocer el costo del compresor debe llevarse a cabo un Análisis de Costo Hora Máquina.

**RENDIMIENTO/DIA: 35**

## IV. MANO DE OBRA

El cálculo del costo de la mano de obra se lleva a cabo a través de los siguientes pasos:

1) Cálculo del Factor de salario Real, el cual permite conocer los gastos extras aplicables a cada categoría de trabajador.

(2) Dependiendo del volumen de obra y tiempo requerido para completar los trabajos, se deberán configurar las cuadrillas de trabajadores.

Ejemplo:

### CUADRILLA 1

Sandblastero.

Operador de olla.

Limpiador de abrasivo 1.

Limpiador de abrasivo 2.

Ayudante

### CUADRILLA 2

Pintor.

Operador de equipo.

Ayudante 1.

Ayudante 2

(3) Calcular el costo por cuadrilla multiplicando el salario del trabajador por el día por el factor de salario real que considera los gastos extras por prestaciones.

### CUADRILLA 1

Sandblastero	$50 \times 2.3 =$	115
Operador de olla	$30 \times 1.7 =$	51
Limpiador de abrasivo 1	$30 \times 1.7 =$	51
Limpiador de abrasivo 2	$30 \times 1.7 =$	51
Ayudante	$25 \times 1.7 =$	42.50
TOTAL		310.50

Y de manera similar para la cuadrilla 2.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Cuadrilla 1	Jor	1.00	310.50	310.50
Cuadrilla 2	Jor	1.00	420.00	420.00

SUBTOTAL 730.50

TOTAL (SB/Rend) 20.87

#### V.TOTALES

**COSTO DIRECTO = MATERIAL PERMANENTE + MATERIAL DE CONSUMO + HERRAMIENTA Y EQUIPO + MANO DE OBRA**

**COSTO DIRECTO = 177.58**

**COSTO INDIRECTO (20%) = 35.52**

**UTILIDAD (12%) = 21.31**

**PRECIO UNITARIO = 234.41**

En resumen, para hacer un análisis de precio unitario, los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Hacer el cálculo del factor de salario real.
- 2) Hacer la lista de materiales que intervendrán en la obra con sus precios unitarios puestos en obra.
- 2) Hacer la lista del equipo que intervendrá en la obra y su costo horario.
- 4) Formar los tipos de cuadrillas que intervendrán en la obra y sus costos por jornada.
- 5) Tener los rendimientos por cuadrilla para los distintos tipos de limpieza y aplicación de pintura.
- 6) Tener los rendimientos de los distintos materiales que intervienen en la obra.
- 7) Llenar el formato para Análisis de Precio Unitario y calcularlo.

## **CAPITULO 4**

### **INSPECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.**

#### **4.1 OBJETIVO.**

El propósito de la inspección, durante y después de la preparación de la superficie y aplicación de recubrimientos es el de asegurar el cumplimiento de las especificaciones de trabajo y los requerimientos de aplicación de los recubrimientos.

Cualquier recubrimiento o sistema de recubrimientos puede tener un mal desempeño; si no es aplicado en condiciones favorables, si es aplicado en forma incorrecta o si es aplicado sobre una deficiente preparación de superficie.

Una buena inspección, alarga la vida de un recubrimiento protector, proporciona tranquilidad al responsable del área recubierta y evita gastos innecesarios en la operación. Los costos de repintar un equipo usualmente son más bajos que los costos de pintar totalmente un equipo. Sin embargo, arrastran los mismos costos fijos y administrativos que se tendrían si el equipo fuera pintado por primera vez. Por esta razón el ingeniero debe reconocer con claridad las ventajas que tendrá, si se asegura que se hagan los trabajos bien desde la primera vez en todas las etapas de la aplicación.

Son cuatro, los aspectos más importantes a inspeccionar y éstos son:

#### **MANIOBRA**

Esta debe ser la adecuada para el trabajo, evitando que sea colocada sobre superficies frágiles o en movimiento. El equipo de seguridad utilizado durante la maniobra debe ir encaminado a proteger a los operarios que ejecutaron el trabajo de pintura, así como a las personas a éstos y los equipos que son susceptibles de daño causado por las actividades o productos que serán empleados en el proceso de pintar. El área de trabajo debe ser acordonada con el fin de evitar que personas de áreas adyacentes sean lesionadas.

#### **PREPARACIÓN DE SUPERFICIE**

La inspección de la preparación de superficie consiste en un análisis visual, tanto del grado de limpieza como el perfil de anclaje desarrollado en la superficie por el método utilizado. Al hacer la inspección, generalmente son utilizadas placas estandarizadas de la NACE o de la SSPC, las cuales sirven de testigos comparativos para cada grado de limpieza de superficie. Cuando se trata de limpieza con chorro de arena, resulta muy útil medir el perfil de anclaje, mediante un Micrómetro especialmente diseñado para ese fin. El perfil de anclaje debe estar entre 1 y 2 milésimas de pulgadas de profundidad. El equipo de seguridad empleado debe ser seleccionado de acuerdo al método de preparación de superficie a realizar. Es importante hacer un fuerte énfasis en el uso de equipo de protección personal sobre todo en los casos de limpieza química o con chorro de arena, dada su peligrosidad

## APLICACIÓN

Durante la aplicación de los recubrimientos, es importante asegurarse que la preparación del producto se haga de acuerdo a las especificaciones del mismo. El espesor de película puede medirse inmediatamente después de su aplicación, mediante el medidor de espesor de película húmeda, debe multiplicarse la lectura del medidor de película húmeda por el % de sólidos en volumen y por el porcentaje de dilución. Los rincones de poca accesibilidad deben ser inspeccionados con más detalle, ya que es en estos lugares donde usualmente ocurren las fallas de los sistemas de recubrimientos. Los aplicadores de recubrimientos deben contar con mascarillas de carbón activado, gafas y guantes, con el fin de protegerse de los vapores de solventes que pueden irritar la piel y mucosas.

## INSPECCIÓN SISTEMA TOTAL

Además de las inspecciones efectuadas durante la ejecución de la maniobra, preparación de superficie y aplicación, es conveniente hacer una inspección final a todo el sistema aplicado. Esta evaluación debe comprender observaciones tales como: que el espesor de película seca del sistema total sea el especificado; que el color del acabado sea el que se especificó inicialmente, que franjas y estensilados hayan sido colocados adecuadamente, la maniobra haya sido retirada en su totalidad y que, el orden y limpieza en el área sea satisfactoria para el encargado de ésta. También es muy usual el practicar algunas pruebas destructivas de adherencia en algunos puntos escogidos al azar sobre todo cuando se tienen sospechas de contaminación entre capas de pintura.

### 4.2 EQUIPO DE INSPECCION.

Existen actualmente en el mercado, un sinnúmero de equipos que ayudan a efectuar una buena inspección de los sistemas de recubrimientos, que van desde la preparación hasta la aplicación. A continuación se listan algunos de éstos y sus aplicaciones.

#### ESTANDARES VISUALES.

Son placas metálica, preparadas con diferentes grados de limpieza por la NACE o la SSPC. El grado de limpieza es determinado, mediante una comparación visual de los estándares y el metal tratado.

#### PSICRÓMETRO SLING.

Es un instrumento que cuenta con dos termómetros, uno de bulbo seco y otro de bulbo húmedo. Este aparato sirve para determinar la humedad relativa del Aire y junto con un termómetro de superficie, puede determinarse la posibilidad de condensación en el sustrato.

#### MICRÓMETRO

Es un instrumento que mide el perfil de anclaje que un abrasivo es capaz de hacer en el sustrato.

## TERMÓMETRO DE SUPERFICIE

Constituye una herramienta útil para conocer las temperaturas del sustrato y asegurarse de que la pintura sea aplicada dentro del rango de temperatura permisible.

## MANÓMETRO HIPODÉRMICO.

Consiste en un manómetro con una aguja hipodérmica acoplada, el cual es muy útil para medir la presión en la salida del chorro de abrasivo, así como en la salida de aire y pintura cuando se aplican materiales por aspersión.

## MEDIDOR DE PELÍCULA HUMEDA

Es un instrumento que permite obtener lectura del espesor de película húmeda, durante la aplicación. Es un método muy usado, ya que constituye una herramienta no destructiva para medir el espesor que tendrá la película una vez seca y curada.

## MEDIDOR DE PELÍCULA SECA

Es un instrumento a base de elementos magnéticos, que permiten conocer el espesor de película seca, una vez que la pintura ha endurecido totalmente y constituye también un método no destructivo de medición.

## MEDIDOR DE PELÍCULA SECA "TOOKE"

Es un medidor de precisión del espesor de cada película aún en el interior del sistema, consiste en hacer una pequeña incisión a través del sistema y observar por medio de una lente especialmente graduada para medir el espesor, utilizando el contraste de color entre capas. Después de la medición debe protegerse la superficie con algún recubrimiento que evite oxidación en donde se efectuó la prueba destructiva.

## LENTE DE AUMENTO.

Es utilizado en diferentes etapas del pintado. Mediante la amplificación de la imagen es posible observar perfiles de anclaje de abrasivos, contaminantes, humedad, porosidad, etc.

## PEINE DE RANURA

Es como se conoce normalmente a un utensilio que tiene diez navajas, con una separación estándar entre cada una de ellas. La superficie es rayada vertical y horizontalmente, mediante una cinta adhesiva que se pega a la ralladura y se desprende posteriormente, es posible medir el % de adherencia que tiene el recubrimiento.

## DETECTOR DE POROSIDAD

Es un instrumento de bajo voltaje, no destructivo, adecuado para probar películas no conductoras de hasta 20 milésimas de pulgada. Es conveniente probar la porosidad de recubrimientos de equipos, expuesto a constantes derrames, inmersión o salpicaduras de productos químicos.

### 4.3 INSPECCIÓN ANTES DE LA APLICACIÓN.

#### PREPARACIÓN PARA LA INSPECCIÓN.

- Para prepararse para la inspección se requiere la siguiente información que deberá registrarse en una bitácora, el inspector deberá contar con las hojas de seguridad del producto para cada uno de los productos utilizados en su proyecto.
  - Tipo de recubrimiento.
  - Reductor a ser usado.
  - Espesor de película seca especificado.
  - Relaciones de mezcla.
  - Primario.
  - Enlace.
  - Acabado.
  - Tiempo entre capas.
  - Preparación de superficie.
  - Método de aplicación.
  - Precauciones especiales (Seguridad, Límites por condiciones ambientales, etc.).
- Esta información deberá registrarse en una bitácora.
- El inspector deberá obtener copias de las Hojas de Seguridad del Producto para cada uno de los productos utilizados en su proyecto.

#### **4.4.-INSPECCIÓN DE RECUBRIMIENTOS.**

**GUIA ESTÁNDAR PARA INSPECTORES DE PINTURA ( SUBSTRATOS METÁLICOS) SEGÚN NORMA ASTM-D 3276-96.**

##### **MÉTODOS Y REQUERIMIENTOS PARA LA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE**

Estándar fotográfico D 2200 ( SSPC - Vis 1 - 89 ).

- Para trabajos que involucren limpieza con chorro de abrasivo.
- Se usa para determinar si el trabajo desarrollado por el contratista cumple con la especificación.

##### **FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE UN RECUBRIMIENTO**

- Limpieza:
  - Existen muchos materiales, que si no se remueven de la superficie, afectarán la vida del recubrimiento. Estos incluyen aceite, grasas, tierra, manchas y escorias de soldaduras que hacen imposible la adherencia adecuada del recubrimiento.
  - Deben eliminarse los depósitos de sales ( cloruros y sulfatos ).

##### **FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE UN RECUBRIMIENTO**

- Escama de laminación:
  - El oxido negro - azulado que se forma como resultado de los procesos de rolado, es constantemente una fuente de problemas que lleva a la falla de los recubrimientos.
  - Esta escama es muy dura y puede romperse o desgastarse como resultado de los cambios en la temperatura ( tanto en la fabricación como en la exposición en campo ) llevando a la falla del recubrimiento.

- Perfil de superficie:
  - La textura de la superficie del metal tiene un efecto significativo en el desempeño de los recubrimientos puesto que incrementa el área de superficie en la que los recubrimientos pueden desarrollar adherencia.
  - El perfil de anclaje varía con el tipo y tamaño del abrasivo usado.
  - Recomendación general: El perfil de superficie debe ser de 1/4 a 1/3 del EPS del sistema. Esta regla no aplica si el perfil de superficie es muy grande.
  - La angularidad ( corte ) y densidad del perfil pueden afectar la adherencia.
  - Método para medir el perfil de superficie: ASTM D 44 17

#### LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE VARIAS SUPERFICIES

- Procedimiento de limpieza:
  - Limpieza química.
  - Limpieza con vapor de solvente.
  - Limpieza manual.
  - Limpieza mecánica.
  - Limpieza con abrasivo.
  - Limpieza con agua presurizada

#### Limpieza y preparación de varias superficies:

- Superficies de acero.
- Superficies galvanizadas.
- Superficies de aluminio.
- Precauciones en la preparación de superficies sin pintar o previamente pintadas.

#### Inspección de superficies antes de la aplicación en campo:

- Construcción nueva.

- Repintado de mantenimiento

### ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE RECUBRIMIENTOS

- Almacenaje de Recubrimientos y Reductores.
- Mezclado de Recubrimientos.
- Reducción.
- Calentamiento de Recubrimientos

### CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS

- Secado.
- Baja Temperatura.
- Alta Temperatura.
- Humedad.
- Viento

### APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

- Contaminantes Residuales.
- Aseguramiento de Calidad.
- Aplicación con Brocha.
- Aplicación por Aspersión.
- Aplicación con Rodillo.
- Métodos Misceláneos.
- Velocidad de Aplicación 16

## CONSIDERACIONES ADICIONALES

- Ventilación.
- Reparación de Taller.
- Programación de Pintado.
- Integridad de la Película.
- Tiempo para Recubrir.
- Falla del Sistema de Recubrimiento

## EQUIPO DE INSPECCIÓN

- General :
  - Medidores de Perfil de Superficie
  - Adherencia de la Película Existente.
  - Probadores de adherencia Portátiles de Desprendimiento.
- Equipo de Inspección de Campo:
  - Tiempos de Secado y Curado.
  - Termómetros.
  - Humedad Relativa y Punto de Rocío.
  - Consistencia del Recubrimiento.
  - Peso por Galón.
  - Medidores de EPH
  - Medidores de EPS
  - Detectores de Poros o Huecos

## LIMPIEZA CON SOLVENTES

- Los solventes se utilizan para eliminar aceite, grasas y materiales relacionados.
- El solvente se aplica sobre la superficie mediante frotamiento o restregado con trapos o brochas.
- Los contaminantes deben eliminarse (no solamente esparcirse ) a través de frotamiento completo por un paño saturado con solvente limpio.
- Debe repetirse la limpieza con trapos limpios y solvente limpio.
- Pueden usarse emulsiones, compuestos de limpieza, vapor o métodos similares.
- Cuando se utilicen limpiadores en emulsión, jabones o detergentes, estos deben eliminarse completamente lavando con exceso de agua caliente.

## LIMPIEZA CON VAPOR DE SOLVENTE

- La limpieza con vapor elimina todos los contaminantes soluble pero no afecta la película natural de óxido.
- Si debe eliminarse esta película, será necesaria la limpieza mecánica.
- La parte a ser limpiada se coloca en el vapor saturado sobre el solvente caliente de tal forma que el vapor de solvente condense sobre la superficie metálica.
- El desengrasado con vapor no elimina materia particulada o partes que deben restregarse para eliminar cualquier tierra insoluble.

## LIMPIEZA MANUAL ( SSPC - SP02 )

- Método usado para la eliminación de escama de laminación, herrumbre o recubrimiento desprendido, resto de soldadura, escoria y rebabas de superficies metálicas mediante cepillado manual, astillado o raspado usando cepillos de alambre, fibra o cerdas, lija, espátula o martillos de astillado.
- El material se considera fuertemente adherido si no es posible levantarlo con una navaja.
- Requiere que se eliminen los restos de soldadura, aceite, grasa y materiales relacionados mediante limpieza con solvente.

- Los cepillos de alambre deben ser lo suficientemente rígidos para limpiar completamente la superficie y con una forma que les permita penetrar en todas las esquinas y juntas. Deben mantenerse lejos de materiales que puedan bloquear los alambres.
- Las espátulas deben ser hechas de acero atemperado y con extremo cortante y de tamaño adecuado.

#### LIMPIEZA MECÁNICA ( SSPC - SP 03 )

- Método usado para la eliminación de escama de laminación, herrumbre o recubrimiento desprendido, restos de soldadura, escoria y rebabas de superficies metálicas mediante el cepillado manual, astillado o raspado usando cepillos de alambre, fibra o cerdas, lija, espátulas o martillos de astillado.
- El material se considera fuertemente adherido si no es posible levantarlo con una navaja.
- Requiere que se eliminen los restos de soldadura, aceite, grasa y materiales relacionados mediante limpieza con solvente.
- Los cepillos de alambre deben ser lo suficientemente rígidos para limpiar completamente la superficie y con una forma que les permita penetrar en todas las esquinas y juntas. Deben mantenerse lejos de materiales que puedan bloquear los alambres.
- Las espátulas deben ser hechas de acero atemperado y con extremo cortante y de tamaño adecuado.

#### LIMPIEZA MECÁNICA A METAL BLANCO

- Es un método usado para la total eliminación del recubrimiento, herrumbre y escama de laminación.
- Requiere un mínimo de 1 milésima de perfil de anclaje. Se utilizan medios de limpieza de superficie y de creación de perfil de anclaje para obtener el acabado deseado.
- Las herramientas mecánicas para la limpieza de superficie consisten en ruedas o discos abrasivo o lijas o bandas recubiertas con abrasivo.

Las herramientas mecánicas productoras de perfil de anclaje pueden ser la rueda de paletas de impacto rotatorias o la pistola de agujas.

### LIMPIEZA CON CHORRO DE ABRASIVO

- Se utiliza para eliminar recubrimiento, herrumbre o escamas de laminación de una superficie metálica y proveer una superficie rugosa mediante el impacto con una corriente de partículas de abrasivo pequeñas y duras tales como la arena, escorias o escamas.
- Estos métodos utilizan aire comprimido, boquillas especiales y abrasivo. Es posible inyectar agua para lograr el control del polvo.
- Existe un método de propulsión centrífuga del abrasivo utilizado a nivel de taller.
- El tamaño de partícula máximo y mínimo puede especificarse como un medio para controlar el perfil de anclaje.
- La limpieza con abrasivo requiere que se eliminen la grasa, aceite y restos de soldadura mediante limpieza con solvente.
- El aire comprimido deberá estar libre de agua condensada y aceites mediante el funcionamiento correcto de los separadores y trampas. El aire comprimido puede probarse siguiendo la norma ASTM D 4885.
- Las operaciones de limpieza con abrasivo deben llevarse a cabo de tal forma que no dañen e área de trabajo. Se debe llevar a cabo de la parte superior de la estructura hacia abajo y en la dirección del viento desde las áreas recién pintadas.
- La limpieza con abrasivo seco no debe llevarse a cabo en superficies que pueden mojarse después de esta limpieza antes de ser pintadas. El punto de rocío debe estar al menos 3°C arriba de la temperatura del substrato metálico.

### GRADO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

- El grado de preparación de superficie deberá ser al menos igual a la especificada y al estándar visual aplicable.
- La norma ASTM D 2200 establece dos métodos.
  - Método A : Describe los estándares fotográfico de la ISO/Estándar Sueco.
  - Método B : Describe los estándares fotográfico de la SSPC. ( SSPC VIS 1-89 )

- El estándar fotográfico Sa 2 presenta escama de laminación y entra en conflicto con la definición de la SSPC para el grado comercial ( SP - 06 ), el cual no presenta escama de laminación.

### COMPARACIÓN DE LOS ESTANDARES DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Preparación	SSPC	ASTM D 2200		NACE
		Método A	Método B	
Metal Blanco	SP-05	Sa 3	SP-05	1
Blanco cercano al B	SP-10	Sa 2 1/2	SP-10	2
Comercial	SP -06	Sa 2 1/2	SP-06	SP-06
Ráfaga	SP-07	Sa 1	SP-07	4

### INSPECCIÓN DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN

- Las superficies recién preparadas con chorro de abrasivo deberán examinarse con el objeto de eliminar cualquier traza de aceite, grasa o lodo que deberán limpiarse con solvente.
- Las superficies limpiadas con abrasivo seco podrán limpiarse con brochas limpias y sopleteadas con aire comprimido seco y libre de aceite, para eliminar cualquier traza de abrasivo, polvo o mugre de la superficie. Esto también sirve para eliminar abrasivo de los huecos y esquinas.
- Las superficies preparadas con abrasivo deben ser primariadas o pintadas en el mismo día de la preparación, dentro de las 8 horas siguientes, o antes de que ocurra cualquier evento que produzca herrumbre.
- Si se llega a formar herrumbre es indispensable que se vuelva a preparar la superficie con abrasivo.

## LIMPIEZA CON AGUA PRESURIZADA

- El uso de agua potable a alta presión con o sin inyección de abrasivo, es usado como alternativa al uso de abrasivo seco para reducir la generación de polvo hacia la atmósfera.
- Cuando se utiliza solamente agua se requieren presiones de más de 20,000 psi para asegurar la completa eliminación de pintura.
- El agua presurizada por sí sola no elimina eficazmente cualquier resto de herrumbre y menos aún imparte perfil de anclaje.
- Se pueden agregar inhibidores de corrosión en la corriente de agua para prevenir la formación de herrumbre.
- Debe dejarse que seque la superficie antes de ser recubierta.
- La norma SSPC-SP12/ NACE 5 establece los niveles de preparación de superficie utilizando agua presurizada.

## LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE VARIAS SUPERFICIES

- Las superficies sin pintar y/o previamente pintadas deben mantenerse libres de polvo, mugre, aceite, humedad u otros contaminantes así como de pintura deteriorada.
- Superficies de Acero.
  - Limpieza manual, mecánica o con abrasivo.
- Superficies Galvanizadas.
  - Prepara y tratar conforme a la norma ASTM D 2092.
  - La superficie debe estar expuesta al ambiente por 6 meses como mínimo antes de limpiarse y tratarse .
- Superficies de Aluminio.
  - Eliminar completamente aceite y grasa.
  - Para aluminio anodizado, el tratamiento es esencial.
  - Lavar con agua seguido por un lavado con solvente, vapor o detergente.

- El primario de lavado vinílico es uno de los tratamiento comúnmente usados sobre aluminio anodizado. Este material se describe en la norma ASTM D 1730, Tipo B, Método 8 y en la norma SSPC Paint 27.
- Los primarios pigmentados con plomo nunca deben usarse sobre superficies de aluminio.
- El tratamiento mínimo para aluminio es utilizando un agente limpiador de ácido fosfórico en solución alcohólica. ( ASTM D 1730, Tipo B, Método 3).

#### PRECAUCIONES EN LA PREPARACIÓN DE SUPERFICIES SIN PINTAR Y PREVIAMENTE PINTADAS

- La limpieza debe seguir una secuencia de secciones, pisos u otra parte identificable del área de trabajo.
- La limpieza de cada una de esta partes debe estar totalmente completada, inspeccionada y aceptada antes de que el recubrimiento sea aplicado.
- La especificación debe contener limites sobre la máxima cantidad de área que puede limpiarse o pintarse de una vez.
- Tomar las precauciones necesarias para evitar la contaminación de áreas recién pintadas.
- Algunas áreas a ser pintadas o repintadas pueden estar expuestas a vapores químicos, para lo cual deberán lavarse con agua antes de pintar.
- Los contaminantes residuales en acero picado deben eliminarse. Los cloruros provenientes de la descomposición de sales o del ambiente marino o los sulfatos provenientes de la contaminación atmosférica son cruciales en la falla de los sistemas de recubrimientos existentes. Usar agua a alta presión.

#### - INSPECCION DE SUPERFICIES ANTES DE SER PINTADAS ( REPINTADO DE MANTENIMIENTO )

- En la mayoría de los casos, el repintado de mantenimiento consiste en la limpieza y primariado de áreas parciales (spot) que han sufrido deterioro, seguido de la aplicación de una capa completa de acabado nuevo en toda la superficie de la estructura.
- Tener cuidado de no dañar el recubrimiento en buen estado por las operaciones de limpieza en áreas adyacentes.
- Las uniones entre áreas preparadas y áreas con recubrimiento en buen estado, deben presentar una apariencia lisa. La aplicación de recubrimiento en las áreas de reparación

debe traslaparse un poco con el recubrimiento adyacente viejo para asegurar el recubrimiento completo de áreas preparadas.

- Comprobar cuidadosamente la adherencia de una capa de recubrimiento nueva sobre recubrimiento existente. (ASTM D 5064 ).
- Cualquier efecto que tenga el recubrimiento nuevo aplicado sobre otro, debe ser notificado. Cualquier parte del recubrimiento que presente enchinamiento, levantamiento o arrugamiento debe ser reportada ya que si se presenta de manera generalizada, el área debe ser repintada con otro tipo de recubrimiento.

#### ALMACENAMIENTO DE RECUBRIMIENTOS Y REDUCTORES

- Todos los recubrimientos y reductores deben almacenarse en áreas o estructuras que estén bien ventiladas y fuera de cualquier exposición al calor excesivo áreas abiertas, descargas eléctricas o rayos del sol de manera directa.
- Las temperaturas de almacenamiento muy altas reducen tiempo de vida del recubrimiento.
- Si el recubrimiento se almacena por periodos de tiempo prolongados ( varios meses ), se recomienda invertir los envases en intervalos mensuales. Esto prevendrá la sedimentación y hará la mezcla más fácil y rápida.
- Los envases deben o permanecer cerrados hasta que requieran y deben consumirse primero los que tengan más tiempo almacenados. Si algún material presenta gelamiento, floculación o alguna otra señal de deterioro no debe usarse.
- Si se detecta la formación de una película sobre la superficie, esta debe cortarse y retirarse, incluyendo los bordes. Si esta es demasiado gruesa, y se presume la afectación de las propiedades del producto, la pintura que resta no debe usarse hasta que se determine si es apta o no.

#### MEZCLADO DE RECUBRIMIENTOS

- Todo recubrimiento debe mezclarse completamente en envases limpios, antes de usarse.
- Cuando se detecte sedimentación y se lleve a cabo el mezclado ya sea con agitador de potencia o manual, la mayor parte del vehículo debe transvasarse a un envase limpio. El pigmento remanente se levanta del fondo del envase con una espátula limpia, se eliminan los grumos y se mezcla con el vehículo presente. El vehículo transvasado se regresa lentamente al contenedor original con agitación simultánea.

- También útil mezclar o transvasar repetidamente de un contenedor a otro hasta que la composición sea uniforme. El fondo del contenedor original debe revisarse para descartar pigmento sin mezclar.
- Los componentes de la pintura deben mezclarse exclusivamente mediante agitación y no por transvase.
- Una vez que cada componente individual presente una apariencia homogénea, estos deben mezclarse en el orden indicado en la etiqueta y/o información técnica. No mezclar con corriente de burbujas de aire bajo la superficie del recubrimiento.
- Algunos recubrimientos requieren ser colocados después de mezclarse para asegurar homogeneidad y eliminar películas y materias extrañas. Los coladores pueden ser del tipo que eliminen películas, etc. pero nunca para eliminar pigmento. Colador tamaño estándar: malla 50 ( 297 micras ).
- Siempre cubrir los envase que contengan pintura cuando no estén en uso, para reducir las pérdidas de volátiles o evitar la formación de películas.

#### CALENTAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO

- Cuando la temperatura del recubrimiento es muy baja ( abajo de 10°C , la consistencia ( viscosidad ) se puede incrementar al punto de hacer difícil la aplicación.
- Cuando no se permite la reducción, el recubrimiento puede calentarse.
- Los medios para calentar son:
  - Calentar los envases en agua caliente, en radiadores de vapor, o almacenamiento en cuartos calientes o algún otro medio indirecto.

#### CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS: SECADO

- En general los recubrimientos no secan adecuadamente a bajas temperaturas y a altas humedades relativas, ni se desempeñarán adecuadamente correctamente si se aplican sobre superficies húmedas.

#### CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS: BAJA TEMPERATURA

- La temperatura mínima típica para la aplicación de cualquier recubrimiento ( en aire, material y superficie ) es 5°C, pero puede ser tan baja como -18°C para sistemas de uno

o dos componentes de " secado frío " o 10°C para sistemas de dos componentes convencionales.

- No pintar cuando la temperatura esté bajando y dentro de los 3°C del límite inferior.
- El requisito más importante es que la superficie se encuentre totalmente seca.

#### CONSIDERACIONES CLIMATOLOGICAS: ALTA TEMPERATURA

- La temperatura de superficie máxima razonable para aplicar pintura es 50°C a menos que se especifique otra cosa.
- Una superficie que esté muy caliente puede provocar que los solventes del recubrimiento se evaporen tan rápido que hacen difícil la aplicación, se genera ampollamiento o se produce una película porosa.

#### CONSIDERACIONES CLIMATOLOGICAS: HUMEDAD

- No debe pintarse en medio de la neblina, nieve o rocío, o cuando la temperatura de la superficie sea menor a 3°C arriba del punto de rocío.
- No aplicar sobre superficies húmedas.
- La humedad relativa es una medida de las condiciones de condensación. Las especificaciones normalmente establecen 85% como límite superior.
- La humedad puede afectar el curado de algunos recubrimientos.

#### CONSIDERACIONES CLIMATOLOGICA VIENTO

- Cuando se pueda afectar automóviles, edificios u otras estructuras por briseado, se debe considerar la dirección y la velocidad del viento.
- Los vientos fuertes provocan pérdida de material considerables y secado excesivo de las gotas que alcanzan la superficie. Cáscara de naranja.
- El uso de reductores con solventes de secado más lento puede reducir el spray seco produciendo una superficie tersa y lisa.
- Otras soluciones son hacer la aplicación con brocha o rodillo en lugar de Spray, programar la aplicación para condiciones de viento menos desfavorables o cambiar a materiales de secado rápido.

## APLICACIÓN CONTAMINANTES RESIDUALES

- Realizar una inspección visual de la superficie inmediatamente antes de proceder a pintar para asegurar la eliminación completa de abrasivo usado, polvo o residuos.
- La eliminación del polvo se considera satisfactoria cuando al pasar la mano con guante por la superficie, no se nota marca alguna a una distancia de 1 m.

## APLICACIÓN ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

- Consultar la hoja técnica. Asegurarse que se está recibiendo el material especificado conforme a lo establecido por el cliente y/o el aplicador.
- El material debe estar listo en cuanto a mezcla y reducción.
- Comparar contra un estándar visual cuando este exista.
- Tomar las precauciones necesarias para evitar el daño de áreas adyacentes.
- Programar el trabajo de tal forma que las áreas recién pintadas no se vean afectadas.
- Checar que el equipo de aplicación sea el adecuado en cuanto al tipo, limpieza y forma de uso.
- Condiciones de clima.
- Equipo de inspección en campo.
- Métodos de aplicación.

## APLICACIÓN DEFECTOS DE PELÍCULA

- Todos los recubrimientos deben tener superficies lisas, libres de spray seco, overspray, cáscara de naranja. Ojos de pescado, puntos de alfiler, cráteres, burbujas u otro defecto significativo.
- No aceptar sangrado, bajo poder cubriente, huecos o poros.
- Los escurridos deben esparcirse durante la aplicación o eliminarse mediante lijado si la pintura ha curado.
- El abrasivo, polvo u otro residuo deben eliminarse si se han adherido a la pintura antes de aplicar capas subsecuentes.

## APLICACIÓN CON BROCHA

- Técnica: De seco a húmedo, Es decir, aplicar el recubrimiento en la superficie, y esparcirlo de regreso al extremo húmedo de los pase previos.
- El material debe impregnarse en todas las irregularidades de la superficie, huecos y esquinas.
- Esparcir escurrimientos, hundimientos o cortinas.
- Aplicar la pintura previamente en bordes, esquinas, tornillería, tuercas y miembros estructurales individuales.
- Brochas de buena calidad con cerdas plegables, compatibles con el recubrimiento y del tamaño adecuado para la superficie a recubrir. No deben exceder de 4 in. ( 100 mm) de ancho y no menos de 3.5 in ( 90 mm) en el largo de la cerda.

## APLICACIÓN POR ASPERSIÓN

- Este tipo de aplicación puede o no ser conveniente en ciertas condiciones.
- Tipos de aspersión.
  - Con aire
  - Sin aire.
  - Sin aire asistida con aire.
  - Aspersión electrostática.
  - HVLP
- El equipo debe ser el adecuado para el trabajo, capaz de atomizar el recubrimiento y equipado con medidores y reguladores de presión
- El suministro de aire para la aspersión convencional y en caliente debe estar libre de humedad o aceite. Esto puede checarsse con la prueba del papel blanco (ASTM D4285).
- El equipo airless debe aterrizarse adecuadamente.
- Los ingredientes del recubrimiento deben mantenerse mezclados en ollas durante la aplicación mediante la agitación mecánica continua o intermitente.

- El recubrimiento debe aplicarse uniformemente con traslape en el borde del abanico.
- Durante la aplicación, la pistola debe mantenerse en ángulos rectos ( perpendicular ) a la superficie y a una distancia que asegure la aplicación de una capa húmeda sobre el sustrato.
- El gatillo de la pistola debe soltarse al fina de cada pase.
- No debe aceptarse overspray como consecuencia de una mala técnica de aplicación.
- Esparcir todos los hundimientos, escurrimientos y cortinas con la ayuda de una brocha o lijando si el recubrimiento ya curó

#### APLICACIÓN CON RODILLO

- Los rodillos deben estar limpios de material no soluble en el recubrimiento.
- La longitud de fibra usada para superficies metálicas varía de un 1/4 a 3/4 in. ( 6 a 19 mm ). Las fibras más largas retienen más pintura pero no crean un acabado liso. Por ello su uso está restringido a superficies más rugosas y recubrimientos de secado rápido.
- La cubierta del rodillo debe mojarse en el recubrimiento debe aplicarse presionando para eliminar las burbujas de aire atrapadas.
- La técnica adecuada es en forma V o W dependiendo del tamaño del área a ser recubierta. Después aplicar en forma transversal para cubrir el cuadrado.
- Utilizar sólo presión moderada ya que al aplicar más presión puede causar espuma y posibles cráteres por el aire atrapado.
- La aplicación debe terminarse con pases perpendiculares ligeros en una dirección (normalmente vertical) para dar un acabado liso y uniforme.

#### VELOCIDAD DE APLICACIÓN

- Las especificaciones de cada material establecen el espesor mínimo y máximo por capa que debe aplicarse.
- La medición de los espesores de película húmeda son útiles para que conforme se desarrolle el trabajo confirme la cantidad de material aplicado.
- Cuando la película esté seca ,el inspector debe hacer chequeos parciales con un micrómetro para determinar la aceptabilidad del recubrimiento.

## CONSIDERACIONES ADICIONALES.

- **Ventilación.**
- **Reparación del Primario del Taller.**
- **Programación del Trabajo de Pintura.**
- **Integridad de la Película.**
- **Tiempo para Recubrir.**
- **Falla del Sistema de Recubrimientos.**

## CAPITULO 5

### PROGRAMACIÓN.

Este capítulo tiene el propósito de concentrar toda la información obtenida en campo sobre el estado actual de las instalaciones y equipos de la empresa en estudio, para así mediante un análisis establecer una programación óptima a largo plazo para mantener en buen estado las instalaciones y equipos, en base a las necesidades específicas de la gerencia de planta, esto se logra mediante la implementación de 5 etapas que se enuncian en esta sección.

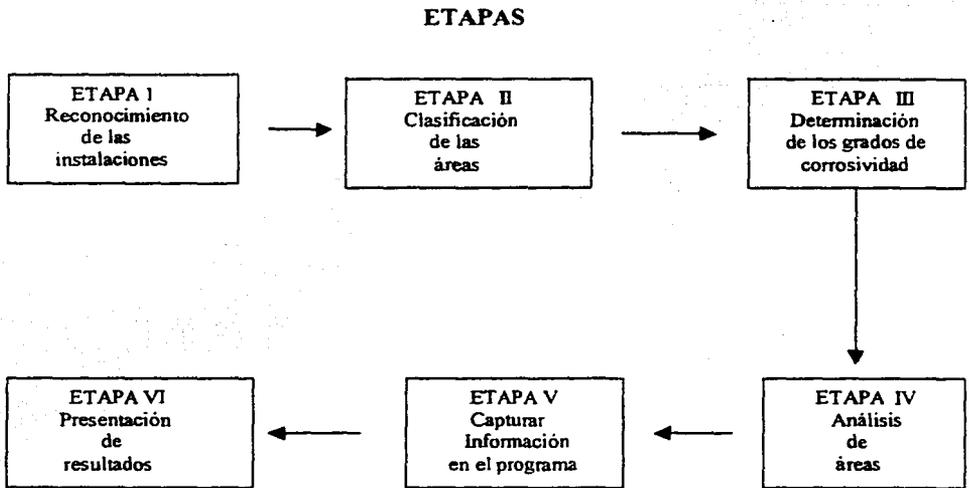
#### 5.1 CONTENIDO.

En el contenido del estudio se integran datos de la compañía, como son su razón social, el personal involucrado en él, así como la fecha en que se realizó. También se proporciona el nombre de la compañía que realizó el estudio, el ingeniero responsable del mismo, mediante una carta de presentación del informe de resultados.

Enseguida se presenta los resultados del estudio, donde se señala:

- 1.-Estructura jerárquica de la planta.
  - Áreas genéricas.
  - Áreas operacionales.
  - Equipos.
- 2.-Inventarios de equipos y piezas.
- 3.-Condición actual y recomendación.
  - 3.1.- Condición actual.
  - 3.2.- Recomendación
    - 3.2.1.- Prioridad de mantenimiento.
    - 3.2.2.- Sistemas de recubrimientos y especificación  
- según exposición-
    - 3.2.3.- Método de aplicación del recubrimiento.
    - 3.2.4.- Método de preparación/limpieza de la superficie
- 4.-Recomendación de mantenimiento a equipos y piezas por orden de prioridad.
- 5.- Recomendación de mantenimiento a equipos y piezas por sistemas del recubrimiento.

## 5.2 ETAPAS DEL PROCESO.



### 5.3.- RECONOCIMIENTO DE LA INSTALACIONES

- Convocar a una junta donde acudan las personas involucradas en el proceso de mantenimiento de pintura de la planta.
- Determinar el alcance del trabajo.
- Manifestar las limitaciones del trabajo: Preparación de superficie y aplicación del recubrimiento.
- Consultar o investigar el historial de pintura de alto desempeño.
- Preguntar cuál es el giro de la empresa, así como la materia prima que utilizan. Hacer saber al cliente que el manejo de esta información tendrá un carácter estrictamente profesional y confidencial.
- Establecer los lineamientos para seguir un código de colores.
- Visita guiada con el personal calificado que tenga amplio conocimiento del área..
- Solicitar un diagrama de flujo de proceso DFP junto con un plano de áreas genéricas Layout.
- Identificar en el recorrido las zonas que presentan mayor índice de corrosión.

#### 5.4.- CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS GENÉRICAS.

- Visita guiada a las instalaciones por personal calificado, con el fin de dividir las diferentes áreas del proceso como son:
  - Proceso.
  - Servicios.
  - Almacenamiento.
  - Arquitectónicos.
  - Rack's de tubería.

Es de suma importancia antes de la visita para delimitar las áreas , solicitar de ser posible por escrito la información sobre las restricciones de ingreso a la Planta, horarios de ingreso, permanencia en la planta, restricciones por el tipo de proceso de producción, la aprobación del Sindicato local, las reglas de seguridad, equipo de seguridad requerido.

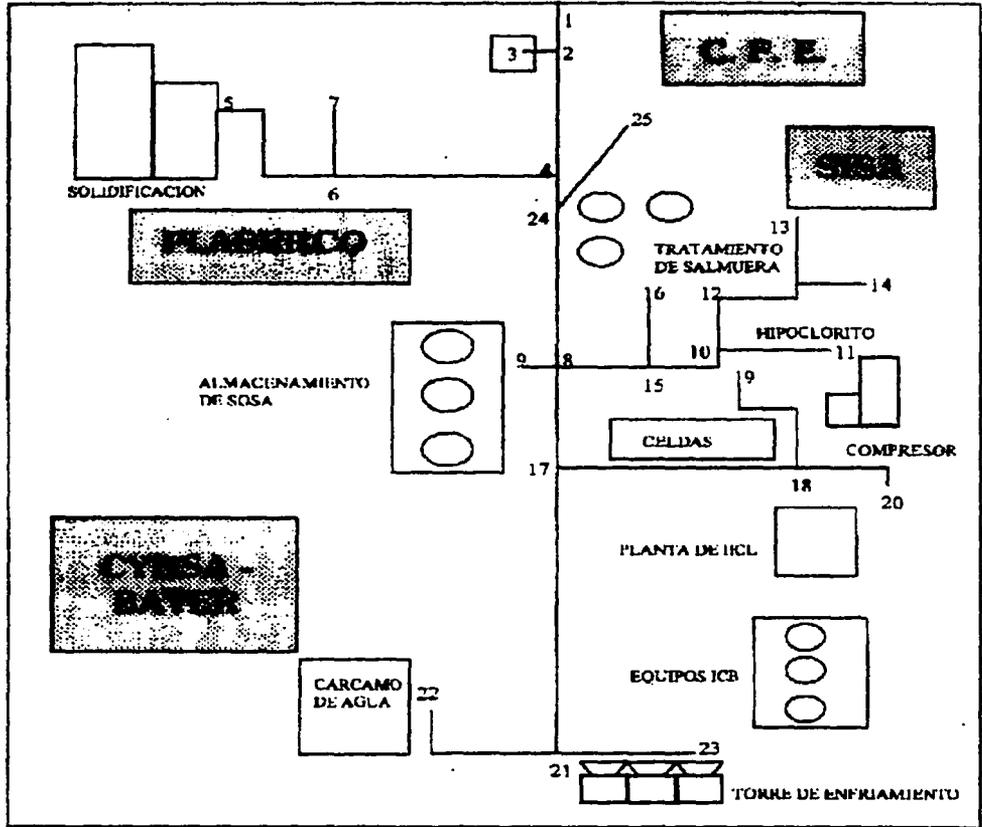
- Utilizar el Layout de la planta para identificarlas áreas genéricas. Ejemplo:

Nombre del cliente	Grupo XXX.
Planta	Acido Nítrico.
Area genérica	Procesos.
<i>Área Operacional</i>	<i>Recuperados.</i>
Equipo	TQ-02.
Exposición	D 1 abrasivo. Corrosivo

Es preciso señalar la importancia de mencionar que toda la información recibida será utilizada exclusivamente para el desarrollo del estudio, el ingeniero deberá hacer tal mención por escrito ya que algunas empresas que mantienen alta tecnología en la elaboración de sus productos o simplemente son únicos en su genero, no desean proporcionar información acerca de su proceso de producción, de ahí la importancia de la confidencialidad.

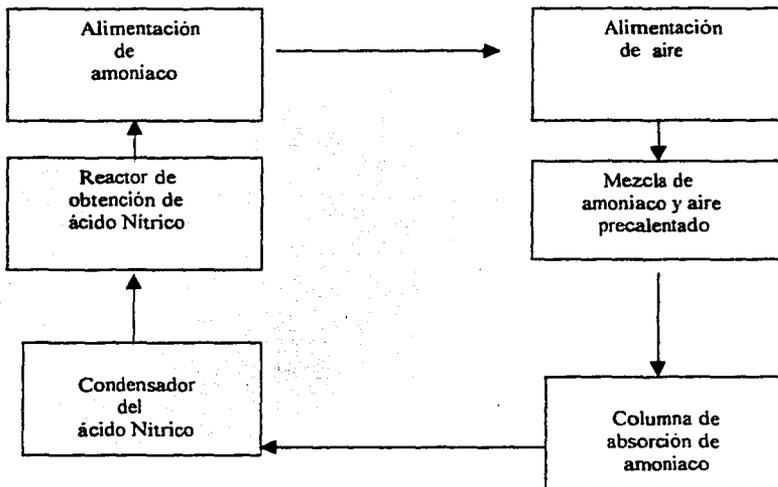
Para la integración de la estructura jerárquica se recomienda utilizar un diagrama de árbol donde se observe en su conjunto el número de plantas, áreas genéricas, operacionales, equipos y piezas de cada planta, mediante este diagrama es posible determinar con precisión qué pieza o componente de un equipo perteneciente a un área genérica o operacional requiere urgentemente mantenimiento

**Ejemplo de layout de una planta.**



- El área operacional se refiere a la ejecución o maniobra del proceso.
- El área operacional delimita una etapa del proceso que se caracteriza por un equipo que sobresale dentro de ella, Ya sea por importancia dentro del mismo proceso o por tamaño.
- Para clasificar las áreas operacionales es necesario conocer los nombres comunes de cada área según la planta, por ejemplo: en el área de ajuste de especificaciones es conocida comúnmente como Laboratorio de calidad. Utilizar el Layout de la planta para identificarlas áreas genéricas. Ejemplo

**PROCESO DE LA FABRICACIÓN  
DEL ACIDO NITRICO**



**5.5.- DETERMINACIÓN DE LOS GRADOS DE CORROSIVIDAD.**

- De acuerdo a los factores atmosféricos, factores del proceso, operacionales y por el efecto de temperatura se determinan los grados de corrosión clasificados como:

SEVERO	S
MUY CORROSIVO	VC
CORROSIVO	C
MODERADO	M
NO CORROSIVO	NC

## Representación del grado de corrosividad.

CLAVE	MEDIO DE EXPOSICIÓN
A1	ACIDO/ALCALINO VAPOR
A2	ACIDO ALCALINO SALPICADURA
B1	HUMEDAD RELATIVA ALTA
B2	HUMEDAD CONDENSADO VAPOR
B3	HUMEDAD RELATIVA BAJA
C1	SOLVENTE-SALPICADURA
C2	SOLVENTE-INMERSION
D1	ABRASIVO CORROSIVO
D2	ABRASIVO NO CORROSIVO
E1	INMERSION- AGUA DE MAR
E2	INMERSION- AGUA DULCE
E3	INMERSION- AGUA CLARIFICADA
E4	INMERSION- AGUA POTABLE
F1	NORMAL- NO CORROSIVO
GO	ALTA TEMPERATURA- MENOS DE 100 °C
G1	ALTA TEMPERATURA- MENOS DE 240 °C

Para determinar la corrosividad a la que se encuentra una planta o un equipo, es necesario establecer una serie de parámetros medibles para generar una base de datos que fundamenten la recomendación de un mantenimiento industrial. Una vez especificada la planta o los equipos a pintar por medio de las visitas de carácter técnico, el ingeniero debe considerar los siguientes cuestionamientos.

### 1. ¿Qué tipo de proceso y que se fabrica?.

Si es Batch (por lote) o si es continuo, esto es de utilidad debido a que si el proceso es de Batch se tendrán tiempos en donde algunos equipos están fuera de operación, y no es necesario esperar hasta que la planta salga de operación por completo, como es el caso del proceso continuo, la información sobre la fabricación de producto, nos indica el giro de la empresa (petroquímico, farmacéutico, alimenticio, químico, textil y una vez determinado es imperioso entender el proceso de manufactura a través de un diagrama de flujo donde se indiquen, las áreas de carga de materia prima, mezcla de materiales, proceso de manufactura, producto, ajuste de especificaciones, envasado y salida de producto terminado.

### 2. ¿Qué tiempo tiene la planta y su ubicación?.

Esto nos indica de que si es una planta o equipo viejo, lo cual requerirá un mantenimiento urgente y también si es joven se pueden planear con más eficiencia los repintados, es de suma importancia el ubicar la planta o equipo a pintar, debido a que no solo los factores del mismo proceso contaminan la superficie, sino también existen factores ajenos que no se consideran, como es el ambiente colindante, es decir ¿qué plantas vecinas afectan al equipo o a la misma planta a pintar. A continuación se muestra una guía para determinar el código de corrosividad.



### Análisis de áreas.

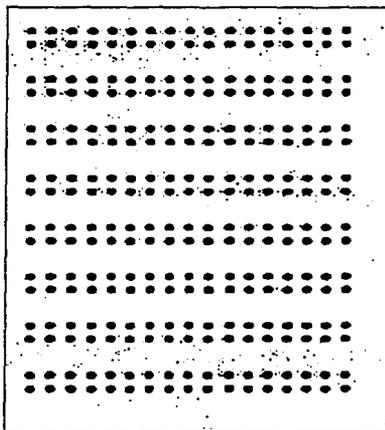
- Hacer inventario de equipos partiendo de lo general hasta el más mínimo detalle.
- Una vez llevado a cabo el inventario al detalle se deberá contemplar la siguiente información:
  - Restricciones de proceso: Se debe definir el tipo de preparación de superficie y el método de aplicación a utilizar.
  - Condición actual que presenta el equipo de acuerdo a tabla de valores clasificado por grado de falla o por pérdida de espesor total del sistema.

CONDICION DEL RECUBRIMIENTO			PRIORIDAD DEL MANTENIMIENTO		
-----------------------------	--	--	-----------------------------	--	--

CLAVE	DESCRIPCION	PREP. SUPERFICIE.	CLAVE	DESCRIPCION	RECOMENDACION
1	EXCELENTE	MAXIMO 6%	L	LARGO PLAZO	PINTAR DESPUES DE 12 MESES
2	MUY BIEN	MAXIMO 20%	L	LARGO PLAZO	PINTAR DESPUES DE 12 MESES
3	BIEN	MAXIMO 35%	I	INMEDIATO	PINTAR ANTES DE 6 MESES
4	REGULAR	MAXIMO 60%	M	MEDIANO PLAZO	PINTAR ENTRE 6 Y 12 MESES
5	MALO	MAS DE 60 %	I	INMEDIATO	PINTAR ANTES DE 6 MESES

6%	SPOT	ACABADO FULL
20%	SPOT	ACABADO FULL
35%	SPOT	ACABADO FULL
60%	SPOT	ACABADO FULL

### PORCENTAJE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE REQUERIDA



**CÓDIGO DE SUBSTRATOS**

DESCRIPCION DEL SUBSTRATO	CLAVE
ACERO	AC
ACERO GALVANIZADO	AG
ACERO INOXIDABLE	AI
ALUMINIO	AL
MANPOSTERIA Y CONCRETO	MC
MISCELANEOS	MI
OTROS	OT

**CODIGO DE ESTRUCTURAS**

CLAVE	TIPO DE ESTRUCTURA
AN	ANDADOR
BA	BASE
BO	BOMBA
BM	BOMBA Y MOTORES
BR	BRIDA
CO	COLUMNA
CA	CUBIERTA DE AISLAMIENTO
CU	CUBIERTA DEL EQUIPO
CH	CHIMENEA
DI	DIQUE
EQ	EQUIPO
EB	ESCALERAS Y BARANDALES
ES	ESTRUCTURA
GP	GUARDAS PROTECTORAS
IC	INTERCAMBIADORAS DE CALOR
LA	LAMPARA
MA	MALLA
RA	RAMPA
MI	MISCELANEOS
MO	MOTOR
MU	MURO
PA	PASAMANOS
PI	PISO
PL	PLATAFORMA
PU	PUERTA
RK	RACK
RI	REJILLA IRVING
SO	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS
TC	TABLERO DE CONTROL
TA	TANQUE
TE	TECHO
TO	TOLVA
TR	TRABE
TU	TUBERIA
VA	VALVULA

**DESCRIPCION Y CODIFICACION DEL MÉTODO DE PREPARACIÓN Y LIMPIEZA.**

CLAVE	COD. INTERNACIONAL	DESCRIPCION
2	SSPC-SP02	MANUAL
3	SSPC-SP03	MECANICA
5	SSPC-SP05	CHORRO DE ABRASIVO METAL BLANCO
6	SSPC-SPO6	CHORRO DE ABRASIVO METAL COMERCIAL
7	SSPC-SP07	CHORRO DE ABRASIVO GRADO RAFAGA
8	SSPC-SP08	QUIMICA
10	SSPC-SP10	CHORRO DE ABRASIVO GRADO CERCANO A BLANCO
11	SSPC-SP11	CARDA GRADO METAL BLANCO

**CODIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE APLICACIÓN.**

CLAVE	DESCRIPCION
AA	ASPERSIÓN CON AIRE
BR	BROCHA
OM	OTROS MÉTODOS
RB	RODILLO Y BROCHA

**EJEMPLO DE ALGUNOS SISTEMAS DE RECUBRIMIENTOS.**

NUM	DESCRIPCION	PREP/SUP.	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO
5	INOZ+EAS+E	SSPC-SP10	A 3 MILS	EAS A 5 MILS	PO A 2 MIL
14	EAS ó PE + PO	SSPC-SP6	A 2 MILS	N/R	PO A 2 MIL
15	PE + PO	SSPC-SP6	A 2 MILS	N/R	PO A 2 MIL
74	PE + EAS + PO	SSPC-SP3	A 4 MILS	EAS A 5 MILS	PO A 2 MIL
125	PCZ + EA	SSPC-SP3	A 2 MILS	N/R	EA A 2 MIL

**EJEMPLO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION**

ESTRUCTURA				SIST. PRIMARIO					ENLACE		ACABADO		APLIC	MET
NO	DESCRIPCION	STO.	TE	COND.	PRIOR.	NUM.	Linea	EPS	Linea	EPS	Linea	EPS	Clave	Prep
1	Antador	AC	AN	4	M	15	825	2	N/R	0	326	2	AA	SSPC
2	Soportes	AC	SO	5	1	79	525	8	N/R	0	333	2	AA	SSPC

**CAPTURAR INFORMACIÓN EN EL PROGRAMA**

- Contar con la base de datos.

- **Alimentar la información al programa de consultoría en recubrimientos y Especificaciones.**
- **Procurar realizar un levantamiento de información claro, ordenado y legible.**
- **Llevar el formato adecuado según el área**

#### **5.5.-PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.**

- **Integrar la información de acuerdo a:**
  - **Información general.**
  - **Apéndices.**
- **Presentar los resultados al cliente.**
- **Definir con el cliente el camino a seguir.**
  - **Programa de suministro conforme a las prioridades.**

#### **EJEMPLO DE ESTUDIO REALIZADO.**

**A continuación se presenta un ejemplo de un estudio realizado en una planta de fundición, en él se muestran todos los conceptos citados en éste capítulo.**

**Es importante mencionar que el presente estudio se realiza mediante el levantamiento de datos directamente en planta y posteriormente se capturan en un programa especial de computadora .**

**DUVAMEX, S.A. DE C.V.**  
**CRE / Servicio de Consultoría en Recubrimientos y Especificaciones**

**NOMBRE DEL CLIENTE :**  
**PLANTA DE FUNDICION**

**LOCALIDAD / PLANTA :**  
**PLANTA RECUPERADORA DE ARENA**

Referencia : 8 / 8

**C O N T E N I D O :**

1. Estructura Jerárquica de Planta, Áreas Genéricas, Áreas Operacionales y Equipos
2. Inventario de equipos y piezas
3. Condición Actual y Recomendación
  - 3.1 Condición Actual
  - 3.2 Recomendación
    - 3.2.1 Prioridad de Mantenimiento
    - 3.2.2 Sistema de Recubrimiento y Especificaciones de este -según exposición-
    - 3.2.3 Método de aplicación del recubrimiento
    - 3.2.4 Método de preparación / limpieza de superficie
4. Recomendación de Mantenimiento a Equipos y Piezas por orden de Prioridad
5. Recomendación de Mantenimiento a Equipos y Piezas por Sistema de Recubrimiento
6. Anexos - Interpretación de Claves y / o números utilizados en los reportes
  - 6.1 Estructura Jerárquica - Áreas Genéricas
  - 6.2 Tipo y Grado de Exposición a Corrosión
  - 6.3 Tipos de Sustrato
  - 6.4 Tipos de Estructura
  - 6.5 Condición y Prioridad de Mantenimiento al Recubrimiento
  - 6.6 Sistemas de Recubrimiento
  - 6.7 Métodos de Preparación y Limpieza de Superficies
  - 6.8 Métodos de Aplicación de Recubrimientos

**1. ESTRUCTURA JERARQUICA DE PLANTA, AREAS GENÉRICAS, AREAS OPERACIONALES Y EQUIPOS.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

PLANTA DE FUNDICION

16/10/2001

ESTRUCTURA JERARQUICA : PLANTA - AREA GENERICA - AREA OPERACIONAL - EQUIPO

Referencia : 8 / 8

PLANTA	AREA GENERICA	AREA OPERACIONAL	EQUIPO
--------	---------------	------------------	--------

TIPO DE EXPOSICION A LA CORROSION

3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA

1 PROCESOS

1 MALLAS DE ADMISION

- 1 MALLAS DE ADMISION
- B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

2 LINEA DE TRITURADO

- 1 LINEA DE TRITURADO
- B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

3 FOSA TOLVA DE ADMISION

- 1 FOSA TOLVA DE ADMISION
- B2 HUMEDAD - CONDENSADO VAPOR

4 CRIBAS PRIMARIAS

- 1 CRIBAS PRIMARIAS
- B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

5 LINEA DE RECUPERACION

- 1 LINEA DE RECUPERACION
- B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

6 ATRICIONADO

- 1 ATRICIONADO
- B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

7 CRIBAS DE CLASIFICACION

- 1 CRIBAS DE CLASIFICACION
- B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

8 SILOS DE ALMACENAMIENTO

- 1 SILOS DE ALMACENAMIENTO
- B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

## 2. INVENTARIO DE EQUIPOS

REFERENCIA 8 / 8  
 NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 REPORTE INVENTARIO DE EQUIPOS Y PIEZAS

AREA GENERICA	AREA OPERACIONAL	EQUIPO NUM	P I E Z A NUM DESCRIPCION
1	1	1	1 BARANDAL DE PROTECCIÓN
1	1	1	2 MUROS DE CONCRETO
1	1	1	3 COLADERAS DE CONCRETO
1	1	1	4 ESTRUCTURA MET. DE ADMISIÓN
1	1	1	5 PISO
1	1	1	6 PUERTA DE ACCESO
1	1	1	7 EXTRACTOR DE POLVOS
1	2	1	1 TRITURADOR DE ARENA
1	2	1	2 TOLVA DE DESCARGA A TRITURADOR
1	2	1	3 MOTOR
1	2	1	4 GUARDAS PROTECTORAS
1	2	1	5 ESTRUCTURA DE ACERO
1	2	1	6 ESCALERAS Y BARANDALES
1	2	1	7 ANDADOR SUP. REJILLA IRVING
1	2	1	8 BARANDAL DE PROTECCIÓN
1	2	1	9 TABLEROS DE CONTROL
1	2	1	10 TUBERIA CONDUIT
1	2	1	11 SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS
1	2	1	12 PISO
1	2	1	13 REGULADOR DE CORRIENTE
1	2	1	14 BANDA TRANSPORTADORA No. 3
1	2	1	15 PUERTAS DE ACCESO
1	2	1	16 DUCTOS EXTRACTORES
1	2	1	17 SEPARADOR MAGNETCO LJK-622
1	2	1	18 BASES DE CONCRETO
1	3	1	1 BANDA No. 4
1	3	1	2 TOLVA LJK-604
1	3	1	3 BANDA No. 1
1	3	1	4 DUCTOS EXTRACTORES
1	3	1	5 ESTRUCTURA METALICA
1	3	1	6 PISO
1	3	1	7 ESCALERAS Y BARANDALES
1	3	1	8 BASES DE CONCRETO
1	3	1	9 PUERTA DE ACCESO
1	3	1	10 TUBERIA CONDUIT
1	3	1	11 MOTORES
1	3	1	12 GUARDAS PROTECTORAS
1	3	1	13 TABLERO INTERRUPTOR
1	3	1	14 ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE
1	4	1	1 SEPARADOR MAGNETICO LJK-620
1	4	1	2 TOLVA DE DESCARGA No. LJK-601/605
1	4	1	3 CRIBA PRIMARIA 1-1 Y 1-2
1	4	1	4 BANDAS DE DESCARGA 17 Y 18
1	4	1	5 BANDA No. 5
1	4	1	6 TOLVA DE DESCARGA A CRIBA No.2
1	4	1	7 BANDA No. 2
1	4	1	8 BANDA No.7
1	4	1	9 TOLVA DE DESCARGA A ELEVADOR CANGIL
1	4	1	10 DUCTO AL DESVIADOR DE ARENA

REFERENCIA 8 / 8  
 NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 REPORTE INVENTARIO DE EQUIPOS Y PIEZAS

AREA GENERICA	AREA OPERACIONAL	EQUIPO NUM	P I E Z A NUM DESCRIPCION
1	4	1	11 SILO DE ALMACENAMIENTO
1	4	1	12 COLECTOR DE POLVOS No.1
1	4	1	13 ESTRUCTURA DEL COLECTOR No. 1
1	4	1	14 PUERTAS DE ACCESO
1	4	1	15 ESTRUCTURA
1	4	1	16 TUBERIA CONDUIT
1	4	1	17 ESCALERAS Y BARANDALES
1	4	1	18 ANDADOR REJILLA IRVING
1	4	1	19 PISO
1	4	1	20 TUBERIA RED VS INCENDIO
1	4	1	21 MOTORES
1	4	1	22 GUARDAS PROTECTORAS
1	4	1	23 BARANDAL DE PROTECCION
1	4	1	24 SOPORTE DE LINEAS Y EQUIPOS.
1	4	1	25 TUBERIA DE ACERO AL CARBON
1	4	1	26 BASES DE CONCRETO
1	5	1	1 TRANSPORTADORES DE BANDAS 8,9,10
1	5	1	2 DUCTOS EXTRACTORES DE BANDA No. 15
1	5	1	3 DUCTOS DE DESCARGA
1	5	1	4 DUCTO DE DESCARGA SECUNDARIA No. 2
1	5	1	5 ESTRUCTURA METALICA
1	5	1	6 ESTRUCTURA DE CONCRETO
1	5	1	7 BASES DE CONCRETO
1	5	1	8 BOMBAS Y MOTORES
1	5	1	9 GUARDAS PROTECTORAS
1	5	1	10 SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS
1	5	1	11 TUBERIA CONDUIT
1	5	1	12 ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE
1	5	1	13 ESCALERAS Y BARANDALES
1	5	1	14 BARANDAL DE PROTECCION
1	5	1	15 BANDA No. 12 LQS-722
1	5	1	16 ESTRUCTURA DE LA BANDA
1	5	1	17 PUERTAS DE ACCESO
1	6	1	1 BANDA No. 12
1	6	1	2 TOLVA DE DESCARGA
1	6	1	3 DUCTO DE EXTRACCION
1	6	1	4 ELEVADOR DE CANGILONES No.4
1	6	1	5 TOLVA DE DISTRIBUCION
1	6	1	6 ELEVADORES NEUMATICOS(3)
1	6	1	7 DUCTOS DE EXTRACCION
1	6	1	8 ATRICIONADORES (15)
1	6	1	9 EXTRACTORES DE FINOS (15)
1	6	1	10 LECHOS PRESURIZADOS
1	6	1	11 TRANSPORTADOR DE GUSANO LJK-624
1	6	1	12 DESCARGA A BANDA No. 13
1	6	1	13 PISO
1	6	1	14 BASES DE CONCRETO
1	6	1	15 ESTRUCTURA DE ACERO
1	6	1	16 BASES DE CONCRETO

REFERENCIA 8 / 8  
 NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 REPORTE INVENTARIO DE EQUIPOS Y PIEZAS

AREA GENERICA	AREA OPERACIONAL	EQUIPO NUM	P I E Z A NUM DESCRIPCION
1	6	1	17 BOMBAS Y MOTORES
1	6	1	18 GUARDAS PROTECTORAS
1	6	1	19 ESCALERAS Y BARANDALES
1	6	1	20 BARANDAL DE PROTECCION
1	6	1	21 ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE
1	6	1	22 SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS
1	6	1	23 TUBERIA CONDUIT
1	6	1	24 TUBERIA RED VS INCENDIO
1	6	1	25 TUBERIA DE ACERO AL CARBON
1	6	1	26 TABLERO DE CONTROL
1	6	1	27 MUROS EXTERIORES
1	6	1	28 ESCALERA MARINA EXTERIOR
1	7	1	1 TOLVA DE DESCARGA No. 13
1	7	1	2 DUCTOS DE EXTRACCION
1	7	1	3 ELEVADOR DE CANGILONES No. 5
1	7	1	4 SEPARADOR MAGNETICO DE TAMBOR
1	7	1	5 DISTRIBUIDOR DE ARENA
1	7	1	6 CRIBAS DE CLASIFICACION 3, 4 Y 5
1	7	1	7 BANDAS 14, 15 Y 16
1	7	1	8 DUCTOS DE EXTRACCION
1	7	1	9 ESTRUCTURA DE BANDAS
1	7	1	10 CRIBA PARTICULAS GRUESAS No.6
1	7	1	11 TOLVAS DE DESCARGA
1	7	1	12 ELEVADOR DE CANGILONES 6, 7 Y 8
1	7	1	13 COLECTOR DE POLVOS No.2
1	7	1	14 ESCALERA MARINA
1	7	1	15 ESTRUCTURA DEL COLECTOR
1	7	1	16 BASES DE CONCRETO DEL COLECTOR
1	7	1	17 DUCTOS DE ELEV. DE CANGILONES
1	7	1	18 DESCARGA DE ARENA A SILOS
1	8	1	1 ESTRUCTURA DE ACERO
1	8	1	2 COLUMNAS DE ACERO
1	8	1	3 PISO
1	8	1	4 BASES DE CONCRETO
1	8	1	5 ESCALERAS Y BARANDALES
1	8	1	6 ANDADOR REJILLA IRVING
1	8	1	7 PUERTAS DE ACCESO
1	8	1	8 TABLEROS DE CONTROL
1	8	1	9 TUBERIA CONDUIT
1	8	1	10 TUBERIA DE ACERO AL CARBON
1	8	1	11 TUBERIA RED VS INCENDIO
1	8	1	12 BOMBAS Y MOTORES
1	8	1	13 MUROS EXTERIORES
1	8	1	14 GUARDAS PROTECTORAS
1	8	1	15 DESCARGA A SILOS 1 2 3
1	8	1	16 DUCTOS EXTRACTORES
1	8	1	17 COLECTOR DE POLVOS No.3
1	8	1	18 ESTRUCTURA DE ACERO
1	8	1	19 ESTRUCTURA DE CONCRETO

REFERENCIA 8 / 8  
 NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 REPORTE INVENTARIO DE EQUIPOS Y PIEZAS

AREA GENERICA	AREA OPERACIONAL	EQUIPO NUM	P I E Z A NUM DESCRIPCION
1	8	1	20 MUROS
1	8	1	21 ESCALERAS Y BARANDALES
1	8	1	22 PUERTAS DE ACCESO
1	8	1	23 ANDADORES PISO ANTIDERRAPANTE
1	8	1	24 SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS
1	8	1	25 TABLEROS DE CONTROL
1	8	1	26 BOMBAS Y MOTORES
1	8	1	27 BARANDAL DE PROTECCION
1	8	1	28 TUBERIA CONDUIT
1	8	1	29 TUBERIA ACERO AL CARBON
1	8	1	30 POSTES DE LUZ EN GENERAL
1	8	1	31 TAPAS DE SILOS

### 3. CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 1 MALLAS DE ADMISION  
 EQUIPO 1 MALLAS DE ADMISION  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA		SISTEMA	RECUBRIMIENTO						METODO PREPARAR SUPERFICIE	FECHA DE MANTTO
		ESTRUCTURA	COND PRIOR		NUM.	PRIMARIO LINEA	ENLACE EPS	ACABADO LINEA	EPS	APLICACION CLAVE		
1	BARANDAL DE PROTECCIÓN	AC EB	2 L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	_____	
2	MUROS DE CONCRETO	MC MU	4 M	127	N/R	N/R	80	3.0	BR	SSPC-SP-2	_____	
3	COLADERAS DE CONCRETO	MC CN	4 M	127	N/R	N/R	80	3.0	BR	SSPC-SP-2	_____	
4	ESTRUCTURA MET. DE ADMISION	AC ES	2 L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	_____	
5	PISO	MC PI	3 I	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7	_____
6	PUERTA DE ACCESO	AC PU	2 L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	_____	
7	EXTRACTOR DE POLVOS	AC EQ	5 I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 2 LINEA DE TRITURADO  
 EQUIPO 1 LINEA DE TRITURADO  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA			RECUBRIMIENTO							METODO		FECHA DE MANTTO
		ESTRUCTURA		SISTEMA	PRIMARIO		ENLACE		ACABADO		APLICACION	PREPARAR		
		STO	TE		COND	PRIOR	NUM.	LINEA	EPS	LINEA			EPS	
1	TRITURADOR DE ARENA	AC	EP	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
2	TOLVA DE DESCARGA A TRITURADOR	AC	TO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
3	MOTOR	AC	MO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
4	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
5	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
6	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
7	ANDADOR SUP. REJILLA IRVING	AC	AN	3	I	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
8	BARANDAL DE PROTECCIÓN	AC	EB	3	I	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
9	TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
10	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
11	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	4	M	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
12	PISO	MC	PI	2	L	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7	
13	REGULADOR DE CORRIENTE	AC	EQ	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
14	BANDA TRANSPORTADORA No. 3	AC	TG	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
15	PUERTAS DE ACCESO	AC	EB	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
16	DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	

**NOMBRE DEL CLIENTE**  
**PLANTA**  
**AREA GENERICA**  
**AREA OPERACIONAL**  
**EQUIPO**  
**EXPOSICION**

**PLANTA DE FUNDICION**  
**3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA**  
**1 PROCESOS**  
**2 LINEA DE TRITURADO**  
**1 LINEA DE TRITURADO**  
**B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA**

**CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION**

Referencia : 8 / 8  
16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA				SISTEMA NUM.	RECUBRIMIENTO				APLICACION CLAVE	METODO PREPARAR SUPERFICIE	FECHA DE MANTTO
		ESTRUCTURA STO TE	COND	PRIOR			PRIMARIO LINEA	ENLACE EPS	ACABADO LINEA	EPS			
17	SEPARADOR MAGNETCO LJK-622	AC EQ	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
18	BASES DE CONCRETO	MC BA	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	RB	SSPC-SP-6	

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
AREA GENERICA  
AREA OPERACIONAL  
EQUIPO  
EXPOSICION

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
1 PROCESOS  
3 FOSA TOLVA DE ADMISION  
1 FOSA TOLVA DE ADMISION  
B2 HUMEDAD - CONDENSADO VAPOR

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION  
Referencia : 8 / 8  
16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA		RECUBRIMIENTO							METODO		FECHA DE MANTTO	
		ESTRUCTURA		SISTEMA NUM.	PRIMARIO		ENLACE		ACABADO		APLICACION CLAVE	PREPARAR SUPERFICIE		
		STO	TE		COND	PRIOR	LINEA	EPS	LINEA	EPS				LINEA
1	BANDA No. 4	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
2	TOLVA LJK-604	AC	TO	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
3	BANDA No. 1	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
4	DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
5	ESTRUCTURA METALICA	AC	ES	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
6	PISO	MC	PI	3	I	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7	
7	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
8	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
9	PUERTA DE ACCESO	AC	PU	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
10	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
11	MOTORES	AC	MO	3	I	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
12	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
13	TABLERO INTERRUPTOR	AC	TA	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
14	ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	3	I	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 4 CRIBAS PRIMARIAS  
 EQUIPO 1 CRIBAS PRIMARIAS  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA		RECUBRIMIENTO							METODO		FECHA DE MANTTO	
		ESTRUCTURA		SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE		ACABADO		APLICACION	PREPARAR			
		STO	COND			LINEA	EPS	LINEA	EPS			LINEA		EPS
1	SEPARADOR MAGNETICO LJK-620	AC	EQ	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
2	TOLVA DE DESCARGA No. LJK-601/605	AC	TO	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
3	CRIBA PRIMARIA 1-1 Y 1-2	AC	EQ	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
4	BANDAS DE DESCARGA 17 Y 18	AC	TG	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
5	BANDA No. 5	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
6	TOLVA DE DESCARGA A CRIBA No.2	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
7	BANDA No. 2	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
8	BANDA No.7	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
9	TOLVA DE DESCARGA A ELEVADOR CANGIL	AC	TG	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
10	DUCTO AL DESVIADOR DE ARENA	AC	DU	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
11	SILO DE ALMACENAMIENTO	AC	TA	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
12	COLECTOR DE POLVOS No.1	AC	EQ	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
13	ESTRUCTURA DEL COLECTOR No. 1	AC	ES	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
14	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
15	ESTRUCTURA	AC	ES	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
16	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 4 CRIBAS PRIMARIAS  
 EQUIPO 1 CRIBAS PRIMARIAS  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia : 8 / 8  
 16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA				RECUBRIMIENTO					METODO		FECHA DE MANTTO	
		ESTRUCTURA		SISTEMA NUM.	PRIMARIO LINEA EPS	ENLACE LINEA EPS	ACABADO		APLICACION CLAVE	PREPARAR SUPERFICIE				
		STO	TE				COND	PRIOR			LINEA	EPS		
17	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
18	ANDADOR REJILLA IRVING	AC	AN	5	I	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
19	PISO	MC	PI	2	L	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7	
20	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
21	MOTORES	AC	MO	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
22	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	3	I	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
23	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
24	SOPORTE DE LINEAS Y EQUIPOS.	AC	SO	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
25	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	5	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
26	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2		

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 5 LINEA DE RECUPERACION  
 EQUIPO 1 LINEA DE RECUPERACION  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA				SISTEMA	RECUBRIMIENTO				APLICACION	METODO PREPARAR SUPERFICIE	FECHA DE MANTTO	
		ESTRUCTURA	STO TE	COND	PRIOR		NUM.	PRIMARIO LINEA	ENLACE LINEA	ACABADO LINEA				EPS
1	TRANSPORTADORES DE BANDAS 8,9,10	AC	TG	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
2	DUCTOS EXTRACTORES DE BANDA No. 15	AC	DU	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
3	DUCTOS DE DESCARGA	AC	DU	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
4	DUCTO DE DESCARGA SECUNDARIA No. 2	AC	DU	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
5	ESTRUCTURA METALICA	AC	ES	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
6	ESTRUCTURA DE CONCRETO	MC	ES	3	I	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	
7	BASES DE CONCRETO	MC	BA	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	
8	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
9	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
10	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
11	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
12	ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
13	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
14	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
15	BANDA No. 12 LQS-722	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
16	ESTRUCTURA DE LA BANDA	AC	ES	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	

NOMBRE DEL CLIENTE  
 PLANTA  
 AREA GENERICA  
 AREA OPERACIONAL  
 EQUIPO  
 EXPOSICION

PLANTA DE FUNDICION  
 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 1 PROCESOS  
 5 LINEA DE RECUPERACION  
 1 LINEA DE RECUPERACION  
 B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION  
 Referencia: 8 / 8  
 16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA		RECUBRIMIENTO						METODO		FECHA DE MANTTO
		ESTRUCTURA	SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR				
		STO TE	COND PRIOR	NUM.	LINEA EPS	LINEA EPS	LINEA EPS	CLAVE	SUPERFICIE			
17	PUERTAS DE ACCESO	AC PU	2 L	127	N/R	N/R	80 3.0	AA	SSPC-SP-2			

NOMBRE DEL CLIENTE  
 PLANTA  
 AREA GENERICA  
 AREA OPERACIONAL  
 EQUIPO  
 EXPOSICION

PLANTA DE FUNDICION  
 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 1 PROCESOS  
 6 ATRICIONADO  
 1 ATRICIONADO  
 B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA		RECUBRIMIENTO								METODO		FECHA DE MANTTO
		ESTRUCTURA	SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR	FECHA DE MANTTO					
		STO	COND	NUM.	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE		
1	BANDA No. 12	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
2	TOLVA DE DESCARGA	AC	TO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
3	DUCTO DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
4	ELEVADOR DE CANGILONES No.4	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
5	TOLVA DE DISTRIBUCION	AC	TO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
6	ELEVADORES NEUMATICOS(3)	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
7	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
8	ATRICIONADORES (15)	AC	EQ	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
9	EXTRACTORES DE FINOS (15)	AC	EP	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
10	LECHOS PRESURIZADOS	AC	EQ	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
11	TRANSPORTADOR DE GUSANO LJK-624	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
12	DESCARGA A BANDA No. 13	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
13	PISO	MC	PI	2	L	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7	
14	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	
15	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
16	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 6 ATRICIONADO  
 EQUIPO 1 ATRICIONADO  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA				RECUBRIMIENTO						METODO		
		STO	TE	COND	PRIOR	SISTEMA	NUM.	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR	FECHA DE MANTTO	
						LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE	
17	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
18	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
19	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
20	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
21	ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
22	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
23	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
24	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
25	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
26	TABLERO DE CONTROL	AC	TA	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
27	MUROS EXTERIORES	MC	MU	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
28	ESCALERA MARINA EXTERIOR	AC	EB	4	M	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 7 CRIBAS DE CLASIFICACION  
 EQUIPO 1 CRIBAS DE CLASIFICACION  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA			RECUBRIMIENTO						METODO		FECHA DE MANTTO	
		ESTRUCTURA		SISTEMA NUM.	PRIMARIO LINEA	EPS	ENLACE		ACABADO		APLICACION CLAVE	PREPARAR SUPERFICIE		
		STO	TE				COND	PRIOR	LINEA	EPS				LINEA
1	TOLVA DE DESCARGA No. 13	AC	TO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
2	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
3	ELEVADOR DE CANGILONES No. 5	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
4	SEPARADOR MAGNETICO DE TAMBOR	AC	EQ	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
5	DISTRIBUIDOR DE ARENA	AC	EP	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
6	CRIBAS DE CLASIFICACION 3, 4 Y 5	AC	EP	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
7	BANDAS 14, 15 Y 16	AC	TG	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
8	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
9	ESTRUCTURA DE BANDAS	AC	EB	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
10	CRIBA PARTICULAS GRUESAS No.6	AC	EP	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
11	TOLVAS DE DESCARGA	AC	TO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
12	ELEVADOR DE CANGILONES 6, 7 Y 8	AC	TG	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
13	COLECTOR DE POLVOS No.2	AC	EQ	1	L	15	825	2.0	N/R	328	2.0	AA	SSPC-SP-6	
14	ESCALERA MARINA	AC	EB	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
15	ESTRUCTURA DEL COLECTOR	AC	ES	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
16	BASES DE CONCRETO DEL COLECTOR	MC	BA	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 7 CRIBAS DE CLASIFICACIÓN  
 EQUIPO 1 CRIBAS DE CLASIFICACIÓN  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia : 8 / 8  
 16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA	ESTRUCTURA		SISTEMA	RECUBRIMIENTO				METODO		FECHA DE MANTTO	
			STO TE	COND PRIOR		NUM.	PRIMARIO LINEA EPS	ENLACE LINEA EPS	ACABADO LINEA EPS	APLICACION CLAVE	PREPARAR SUPERFICIE		
17	DUCTOS DE ELEV. DE CANGILONES		AC DU	1 L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	
18	DESCARGA DE ARENA A SILOS		AC TG	1 L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
AREA GENERICA  
AREA OPERACIONAL  
EQUIPO  
EXPOSICION

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
1 PROCESOS  
8 SILOS DE ALMACENAMIENTO  
1 SILOS DE ALMACENAMIENTO  
B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION  
Referencia : 8 / 8  
16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA		RECUBRIMIENTO							METODO		FECHA DE MANTTO	
		ESTRUCTURA	SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR	FECHA DE MANTTO					
		STO TE	COND	PRIOR	NUM.	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE	
1	ESTRUCTURA DE ACERO	AC ES	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2			
2	COLUMNAS DE ACERO	AC CO	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2			
3	PISO	MC PI	2	L	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7		
4	BASES DE CONCRETO	MC BA	2	L	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7		
5	ESCALERAS Y BARANDALES	AC EB	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2			
6	ANDADOR REJILLA IRVING	AC AN	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2			
7	PUERTAS DE ACCESO	AC PU	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2			
8	TABLEROS DE CONTROL	AC TA	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
9	TUBERIA CONDUIT	AG TU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
10	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC TU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
11	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC TU	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
12	BOMBAS Y MOTORES	AC BO	2	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
13	MUROS EXTERIORES	MC MU	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2			
14	GUARDAS PROTECTORAS	AC GP	2	L	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2			
15	DESCARGA A SILOS 1 2 3	AC TG	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
16	DUCTOS EXTRACTORES	AC DU	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 AREA GENERICA 1 PROCESOS  
 AREA OPERACIONAL 8 SILOS DE ALMACENAMIENTO  
 EQUIPO 1 SILOS DE ALMACENAMIENTO  
 EXPOSICION B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

CONDICION ACTUAL Y RECOMENDACION

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

No.	DESCRIPCION	PIEZA		RECUBRIMIENTO						METODO		FECHA DE MANTTO		
		ESTRUCTURA		SISTEMA	PRIMARIO		ENLACE		ACABADO		APLICACION		PREPARAR	
		STO	COND		TE	PRIOR	LINEA	EPS	LINEA	EPS				LINEA
17	COLECTOR DE POLVOS No.3	AC	EQ	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
18	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
19	ESTRUCTURA DE CONCRETO	MC	ES	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	_____
20	MUROS	MC	MU	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	_____
21	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
22	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	_____
23	ANDADORES PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	1	L	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	_____
24	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
25	TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
26	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
27	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
28	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
29	TUBERIA ACERO AL CARBON	AC	TU	1	L	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
30	POSTES DE LUZ EN GENERAL	AC	PO	5	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____
31	TAPAS DE SILOS	AC	CU	3	I	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6	_____

#### **4. RECOMENDACIÓN DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS Y PIEZAS POR ORDEN DE PRIORIDAD**

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
PRIORIDAD DE MANTTO.

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
1 INMEDIATO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA			RECUBRIMIENTO						METODO		
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA	SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR					
					STO	TE	COND	NUM.	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE
1	1	1	5 PISO	MC	PI	3	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7		
1	1	1	7 EXTRACTOR DE POLVOS	AC	EQ	5	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	2	1	7 ANDADOR SUP. REJILLA IRVING	AC	AN	3	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
1	2	1	8 BARANDAL DE PROTECCIÓN	AC	EB	3	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
1	2	1	10 TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	3	1	2 TOLVA LJK-604	AC	TO	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	3	1	6 PISO	MC	PI	3	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7		
1	3	1	10 TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	3	1	11 MOTORES	AC	MO	3	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
1	3	1	14 ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	3	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
1	4	1	1 SEPARADOR MAGNETICO LJK-620	AC	EQ	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	4	1	2 TOLVA DE DESCARGA No. LJK-601/605	AC	TO	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	4	1	4 BANDAS DE DESCARGA 17 Y 18	AC	TG	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	4	1	16 TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	4	1	18 ANDADOR REJILLA IRVING	AC	AN	5	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
1	4	1	20 TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	4	1	21 MOTORES	AC	MO	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	4	1	22 GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	3	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2		
1	4	1	25 TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	5	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	5	1	5 ESTRUCTURA METALICA	AC	ES	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6		
1	5	1	6 ESTRUCTURA DE CONCRETO	MC	ES	3	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2		

NOMBRE DEL CLIENTE      PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA                      3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 PRIORIDAD DE MANTTO.    1 INMEDIATO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia:    8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA		SISTEMA	PRIMARIO	RECUBRIMIENTO		APLICACION	METODO			
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA	COND			ENLACE	ACABADO			LINEA	EPS	PREPARAR
					STO	TE	NUM.	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE		
1	8	1		16 DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1		30 POSTES DE LUZ EN GENERAL	AC	PO	5	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1		31 TAPAS DE SILOS	AC	CU	3	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
PRIORIDAD DE MANTTO.

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
M MEDIANO PLAZO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERAROUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA			SISTEMA NUM.	PRIMARIO LINEA	RECUBRIMIENTO			APLICACION CLAVE	METODO PREPARAR SUPERFICIE	
A / G	A / O	EQUIPO			ESTRUCTURA STO TE COND	COND	NUM.			LINEA	EPS	ENLACE LINEA			EPS
1	1	1	2	MUROS DE CONCRETO	MC	MU	4	127	N/R	N/R	80	3.0	BR	SSPC-SP-2	
1	1	1	3	COLADERAS DE CONCRETO	MC	CN	4	127	N/R	N/R	80	3.0	BR	SSPC-SP-2	
1	2	1	11	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	4	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	28	ESCALERA MARINA EXTERIOR	AC	EB	4	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
PRIORIDAD DE MANTTO.

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
L LARGO PLAZO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA A/G	JERARQUICA A/O	EQUIPO	No.	DESCRIPCION	PIEZA			RECUBRIMIENTO				METODO PREPARAR SUPERFICIE			
					ESTRUCTURA STO	TE	COND	SISTEMA NUM.	PRIMARIO LINEA	ENLACE EPS	ACABADO LINEA		APLICACION EPS		
1	1	1	1	1 BARANDAL DE PROTECCIÓN	AC	EB	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	1	1	4	ESTRUCTURA MET. DE ADMISIÓN	AC	ES	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	1	1	6	PUERTA DE ACCESO	AC	PU	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	TRITURADOR DE ARENA	AC	EP	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1	2	TOLVA DE DESCARGA A TRITURADOR	AC	TO	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1	3	MOTOR	AC	MO	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1	4	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	5	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	6	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	9	TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	1	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	12	PISO	MC	PI	2	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	2	1	13	REGULADOR DE CORRIENTE	AC	EQ	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	14	BANDA TRANSPORTADORA No. 3	AC	TG	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1	15	PUERTAS DE ACCESO	AC	EB	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	16	DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1	17	SEPARADOR MAGNETCO LJK-622	AC	EQ	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1	18	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	RB	SSPC-SP-6
1	3	1	1	BANDA No. 4	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	3	1	3	BANDA No. 1	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	3	1	4	DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	3	1	5	ESTRUCTURA METALICA	AC	ES	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	7	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
PRIORIDAD DE MANTTO.

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
L LARGO PLAZO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA			RECUBRIMIENTO						METODO			
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA	SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR						
			STO	TE	COND	NUM.	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE			
1	3	1				8 BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1				9 PUERTA DE ACCESO	AC	PU	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1				12 GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1				13 TABLERO INTERRUPTOR	AC	TA	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1				3 CRIBA PRIMARIA 1-1 Y 1-2	AC	EQ	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				5 BANDA No. 5	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				6 TOLVA DE DESCARGA A CRIBA No.2	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				7 BANDA No. 2	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				8 BANDA No.7	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				9 TOLVA DE DESCARGA A ELEVADOR CANGIL	AC	TG	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				10 DUCTO AL DESVIADOR DE ARENA	AC	DU	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				11 SILO DE ALMACENAMIENTO	AC	TA	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				12 COLECTOR DE POLVOS No.1	AC	EQ	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1				13 ESTRUCTURA DEL COLECTOR No. 1	AC	ES	1	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1				14 PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1				15 ESTRUCTURA	AC	ES	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1				17 ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1				19 PISO	MC	PI	2	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	4	1				23 BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1				24 SOPORTE DE LINEAS Y EQUIPOS.	AC	SO	2	127	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1				26 BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	127	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2	
1	5	1				1 TRANSPORTADORES DE BANDAS 8,9,10	AC	TG	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 PRIORIDAD DE MANTTO. L LARGO PLAZO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA			RECUBRIMIENTO						METODO PREPARAR SUPERFICIE	
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA	SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR				
			STO	TE	COND	NUM.	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE	
1	5	1	2	DUCTOS EXTRACTORES DE BANDA No. 15	AC	DU	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	3	DUCTOS DE DESCARGA	AC	DU	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	4	DUCTO DE DESCARGA SECUNDARIA No. 2	AC	DU	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	7	BASES DE CONCRETO	MC	BA	1	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	5	1	8	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	9	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	10	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	11	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	12	ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	1	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	5	1	13	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	1	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	5	1	14	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	1	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	5	1	15	BANDA No. 12 LQS-722	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	16	ESTRUCTURA DE LA BANDA	AC	ES	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	17	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	1	BANDA No. 12	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	2	TOLVA DE DESCARGA	AC	TO	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	3	DUCTO DE EXTRACCION	AC	DU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	4	ELEVADOR DE CANGILONES No.4	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	5	TOLVA DE DISTRIBUCION	AC	TO	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	6	ELEVADORES NEUMATICOS(3)	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	7	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	8	ATRACIONADORES (15)	AC	EQ	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	9	EXTRACTORES DE FINOS (15)	AC	EP	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
PRIORIDAD DE MANTTO.

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
L LARGO PLAZO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA A/G	JERARQUICA A/O	EQUIPO	No.	DESCRIPCION	PIEZA			RECURRIMIENTO						METODO PREPARAR SUPERFICIE	
					ESTRUCTURA STO	TE	COND	SISTEMA NUM.	PRIMARIO LINEA	ENLACE EPS	ACABADO LINEA	EPS	APLICACION CLAVE		
1	6	1	10	LECHOS PRESURIZADOS	AC	EQ	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	11	TRANSPORTADOR DE GUSANO LJK-624	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	12	DESCARGA A BANDA No. 13	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	13	PISO	MC	PI	2	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	6	1	14	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	6	1	15	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	16	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	6	1	17	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	18	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	19	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	20	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	21	ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	22	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	23	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	24	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	25	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	26	TABLERO DE CONTROL	AC	TA	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	27	MUROS EXTERIORES	MC	MU	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	7	1	1	TOLVA DE DESCARGA No. 13	AC	TO	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	2	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	3	ELEVADOR DE CANGILONES No. 5	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	4	SEPARADOR MAGNETICO DE TAMBOR	AC	EQ	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	5	DISTRIBUIDOR DE ARENA	AC	EP	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 PRIORIDAD DE MANTTO. L LARGO PLAZO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA			ESTRUCTURA	SISTEMA	RECUBRIMIENTO						METODO
A/G	A/O	EQUIPO			STO	TE	COND			NUM.	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR	
								LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE	
1	7	1		6	CRIBAS DE CLASIFICACION 3, 4 Y 5	AC	EP	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		7	BANDAS 14, 15 Y 16	AC	TG	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		8	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		9	ESTRUCTURA DE BANDAS	AC	EB	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		10	CRIBA PARTICULAS GRUESAS No.6	AC	EP	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		11	TOLVAS DE DESCARGA	AC	TO	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		12	ELEVADOR DE CANGILONES 6, 7 Y 8	AC	TG	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		13	COLECTOR DE POLVOS No.2	AC	EQ	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		14	ESCALERA MARINA	AC	EB	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		15	ESTRUCTURA DEL COLECTOR	AC	ES	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		16	BASES DE CONCRETO DEL COLECTOR	MC	BA	1	127	N/R		N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	7	1		17	DUCTOS DE ELEV. DE CANGILONES	AC	DU	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1		18	DESCARGA DE ARENA A SILOS	AC	TG	1	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1		1	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1		2	COLUMNAS DE ACERO	AC	CO	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1		3	PISO	MC	PI	2	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	8	1		4	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	117	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	8	1		5	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1		6	ANDADOR REJILLA IRVING	AC	AN	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1		7	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	127	N/R		N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1		8	TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1		9	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1		10	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	2	15	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE  
PLANTA  
PRIORIDAD DE MANTTO.

PLANTA DE FUNDICION  
3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
L LARGO PLAZO

RECOMENDACION POR ORDEN DE PRIORIDAD

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA		RECUBRIMIENTO						METODO PREPARAR SUPERFICIE			
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA	SISTEMA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION						
					STO	TE	COND	NUM.	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	
1	8	1	11	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	2	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	12	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	2	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	13	MUROS EXTERIORES	MC	MU	2	127	N/R		N/R		80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	8	1	14	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	127	N/R		N/R		80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	15	DESCARGA A SILOS 1 2 3	AC	TG	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	17	COLECTOR DE POLVOS No.3	AC	EQ	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	18	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	19	ESTRUCTURA DE CONCRETO	MC	ES	2	127	N/R		N/R		80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	8	1	20	MUROS	MC	MU	2	127	N/R		N/R		80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	8	1	21	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	22	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	127	N/R		N/R		80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	23	ANDADORES PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	1	127	N/R		N/R		80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	24	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	25	TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	26	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	27	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	28	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	29	TUBERIA ACERO AL CARBON	AC	TU	1	15	825	2.0	N/R		326	2.0	AA	SSPC-SP-6

## **5. RECOMENDACIÓN DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS Y PIEZAS POR SISTEMA DE RECUBRIMIENTO**

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD / PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 15 E-P

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE				RECUBRIMIENTO						METODO	
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA				PRIMARIO		ENLACE		ACABADO		APLICACION	PREPARAR
					STO	TE	COND	P/M	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE
1	1	1		7	EXTRACTOR DE POLVOS	AC	EQ	5	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		1	TRITURADOR DE ARENA	AC	EP	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		2	TOLVA DE DESCARGA A TRITURADOR	AC	TO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		3	MOTOR	AC	MO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		10	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		11	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	4	M	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		14	BANDA TRANSPORTADORA No. 3	AC	TG	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		16	DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		17	SEPARADOR MAGNETCO LJK-622	AC	EQ	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	2	1		18	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	RB	SSPC-SP-6
1	3	1		1	BANDA No. 4	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	3	1		2	TOLVA LJK-604	AC	TO	3	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	3	1		3	BANDA No. 1	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	3	1		4	DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	3	1		10	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		1	SEPARADOR MAGNETICO LJK-620	AC	EQ	3	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		2	TOLVA DE DESCARGA No. LJK-601/605	AC	TO	3	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		3	CRIBA PRIMARIA 1-1 Y 1-2	AC	EQ	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		4	BANDAS DE DESCARGA 17 Y 18	AC	TG	3	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		5	BANDA No. 5	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		6	TOLVA DE DESCARGA A CRIBA No.2	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		7	BANDA No. 2	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		8	BANDA No.7	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		9	TOLVA DE DESCARGA A ELEVADOR CANGIL	AC	TG	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		10	DUCTO AL DESVIADOR DE ARENA	AC	DU	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		11	SILO DE ALMACENAMIENTO	AC	TA	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		12	COLECTOR DE POLVOS No.1	AC	EQ	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		16	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	5	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1		20	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	3	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE: PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD / PLANTA: 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 16 E-P

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE				RECUBRIMIENTO				METODO		
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA	COND	P/M	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR			
							LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE	
1	4	1	21	MOTORES	AC	MO	3	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	4	1	25	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	5	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	1	TRANSPORTADORES DE BANDAS 8,9,10	AC	TG	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	2	DUCTOS EXTRACTORES DE BANDA No. 15	AC	DU	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	3	DUCTOS DE DESCARGA	AC	DU	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	4	DUCTO DE DESCARGA SECUNDARIA No. 2	AC	DU	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	5	ESTRUCTURA METALICA	AC	ES	3	I	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	8	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	9	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	10	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	11	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	15	BANDA No. 12 LQS-722	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	5	1	16	ESTRUCTURA DE LA BANDA	AC	ES	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	1	BANDA No. 12	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	2	TOLVA DE DESCARGA	AC	TO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	3	DUCTO DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	4	ELEVADOR DE CANGILONES No.4	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	5	TOLVA DE DISTRIBUCION	AC	TO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	6	ELEVADORES NEUMATICOS(3)	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	7	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	8	ATRICIONADORES (15)	AC	EQ	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	9	EXTRACTORES DE FINOS (15)	AC	EP	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	10	LECHOS PRESURIZADOS	AC	EQ	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	11	TRANSPORTADOR DE GUSANO LJK-624	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	12	DESCARGA A BANDA No. 13	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	17	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	23	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	24	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	25	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	26	TABLERO DE CONTROL	AC	TA	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	6	1	28	ESCALERA MARINA EXTERIOR	AC	EB	4	M	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD / PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 16 E-P

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE	ESTRUCTURA			RECUBRIMIENTO			METODO				
A/G	A/O	EQUIPO				STO	TE	COND	P/M	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR		
								LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE	
1	7	1	1	1	TOLVA DE DESCARGA No. 13	AC	TO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	2	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	3	ELEVADOR DE CANGILONES No. 5	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	4	SEPARADOR MAGNETICO DE TAMBOR	AC	EQ	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	5	DISTRIBUIDOR DE ARENA	AC	EP	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	6	CRIBAS DE CLASIFICACION 3, 4 Y 5	AC	EP	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	7	BANDAS 14, 15 Y 16	AC	TG	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	8	DUCTOS DE EXTRACCION	AC	DU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	9	ESTRUCTURA DE BANDAS	AC	EB	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	10	CRIBA PARTICULAS GRUESAS No.6	AC	EP	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	11	TOLVAS DE DESCARGA	AC	TO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	12	ELEVADOR DE CANGILONES 6, 7 Y 8	AC	TG	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	13	COLECTOR DE POLVOS No.2	AC	EQ	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	14	ESCALERA MARINA	AC	EB	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	15	ESTRUCTURA DEL COLECTOR	AC	ES	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	17	DUCTOS DE ELEV. DE CANGILONES	AC	DU	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	7	1	1	18	DESCARGA DE ARENA A SILOS	AC	TG	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	8	TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	9	TUBERIA CONDUIT	AG	TU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	10	TUBERIA DE ACERO AL CARBON	AC	TU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	11	TUBERIA RED VS INCENDIO	AC	TU	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	12	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	2	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	15	DESCARGA A SILOS 1 2 3	AC	TG	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	16	DUCTOS EXTRACTORES	AC	DU	3	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	17	COLECTOR DE POLVOS No.3	AC	EQ	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	18	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	21	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	24	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	25	TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	26	BOMBAS Y MOTORES	AC	BO	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6
1	8	1	1	27	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	1	L	825	2.0	N/R	326	2.0	AA	SSPC-SP-6

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD/PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 15 E-P

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia: B / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE	RECUBRIMIENTO						METODO	
A/G	A/O	EQUIPO				ESTRUCTURA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR		
						LINEA	LINEA	LINEA	CLAVE	SUPERFICIE			
						EPS	EPS	EPS					
1	8	1		28 TUBERIA CONDUIT	AG TU 1 L	825 2.0	N/R	326 2.0	AA	SSPC-SP-6			
1	8	1		29 TUBERIA ACERO AL CARBON	AC TU 1 L	825 2.0	N/R	326 2.0	AA	SSPC-SP-6			
1	8	1		30 POSTES DE LUZ EN GENERAL	AC PO 5 I	825 2.0	N/R	326 2.0	AA	SSPC-SP-6			
1	8	1		31 TAPAS DE SILOS	AC CU 3 I	825 2.0	N/R	326 2.0	AA	SSPC-SP-6			

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD / PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 117 P-P

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia: 8 / 8  
 16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE	ESTRUCTURA				RECUBRIMIENTO				METODO		
A/G	A/O	EQUIPO				STO	TE	COND	P/M	LINEA	EPS	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR	
											CLAVE	SUPERFICIE				
1	1	1		5 PISO		MC	PI	3	I	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	2	1		12 PISO		MC	PI	2	L	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	3	1		6 PISO		MC	PI	3	I	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	4	1		19 PISO		MC	PI	2	L	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	6	1		13 PISO		MC	PI	2	L	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	8	1		3 PISO		MC	PI	2	L	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7
1	8	1		4 BASES DE CONCRETO		MC	BA	2	L	326	2.0	N/R	RKP	2.0	RB	SSPC-SP-7

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD / PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 127 A

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERAROUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE				RECUBRIMIENTO				METODO PREPARAR SUPERFICIE		
A / G	A / O	EQUIPO			ESTRUCTURA	PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	ENLACE	ACABADO	APLICACION			
					STO	TE	COND	P / M	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE
1	1	1	1	1 BARANDAL DE PROTECCIÓN	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	1	1	1	2 MUROS DE CONCRETO	MC	MU	4	M	N/R	N/R	80	3.0	BR	SSPC-SP-2	
1	1	1	1	3 COLADERAS DE CONCRETO	MC	CN	4	M	N/R	N/R	80	3.0	BR	SSPC-SP-2	
1	1	1	1	4 ESTRUCTURA MET. DE ADMISIÓN	AC	ES	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	1	1	1	6 PUERTA DE ACCESO	AC	PU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	4 GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	5 ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	6 ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	7 ANDADOR SUP. REJILLA IRVING	AC	AN	3	I	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	8 BARANDAL DE PROTECCIÓN	AC	EB	3	I	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	9 TABLEROS DE CONTROL	AC	TA	1	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	13 REGULADOR DE CORRIENTE	AC	EQ	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	2	1	1	15 PUERTAS DE ACCESO	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	5 ESTRUCTURA METALICA	AC	ES	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	7 ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	8 BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	9 PUERTA DE ACCESO	AC	PU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	11 MOTORES	AC	MO	3	I	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	12 GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	13 TABLERO INTERRUPTOR	AC	TA	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	3	1	1	14 ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	3	I	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	13 ESTRUCTURA DEL COLECTOR No. 1	AC	ES	1	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	14 PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	15 ESTRUCTURA	AC	ES	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	17 ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	18 ANDADOR REJILLA IRVING	AC	AN	5	I	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	22 GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	3	I	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	23 BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	
1	4	1	1	24 SOPORTE DE LINEAS Y EQUIPOS.	AC	SO	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2	

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD / PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 127 A

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia: 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA			No.	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE				RECUBRIMIENTO				METODO	
A/G	A/O	EQUIPO			ESTRUCTURA		PRIMARIO	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR			
A/G	A/O	EQUIPO			STO	TE	COND	P/M	LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS
1	4	1	26	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	5	1	6	ESTRUCTURA DE CONCRETO	MC	ES	3	I	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	5	1	7	BASES DE CONCRETO	MC	BA	1	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	5	1	12	ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	1	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	5	1	13	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	1	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	5	1	14	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	1	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	5	1	17	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	14	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	6	1	15	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	16	BASES DE CONCRETO	MC	BA	2	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	6	1	18	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	19	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	20	BARANDAL DE PROTECCION	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	21	ANDADOR PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	22	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS	AC	SO	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	6	1	27	MUROS EXTERIORES	MC	MU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	7	1	16	BASES DE CONCRETO DEL COLECTOR	MC	BA	1	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	8	1	1	ESTRUCTURA DE ACERO	AC	ES	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	2	COLUMNAS DE ACERO	AC	CO	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	5	ESCALERAS Y BARANDALES	AC	EB	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	6	ANDADOR REJILLA IRVING	AC	AN	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	7	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	13	MUROS EXTERIORES	MC	MU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	8	1	14	GUARDAS PROTECTORAS	AC	GP	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	19	ESTRUCTURA DE CONCRETO	MC	ES	2	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	8	1	20	MUROS	MC	MU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	RB	SSPC-SP-2
1	8	1	22	PUERTAS DE ACCESO	AC	PU	2	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2
1	8	1	23	ANDADORES PISO ANTIDERRAPANTE	AC	AN	1	L	N/R	N/R	80	3.0	AA	SSPC-SP-2

NOMBRE DEL CLIENTE PLANTA DE FUNDICION  
 LOCALIDAD / PLANTA 3 PLANTA RECUPERADORA DE ARENA  
 SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 127 A

RECOMENDACION POR SISTEMA DE RECMTO

Referencia : 8 / 8

16/10/2001

REFERENCIA JERARQUICA	No	DESCRIPCION	PIEZA ó PARTE	ESTRUCTURA			RECUBRIMIENTO			METODO	
				STO	TE	COND	P/M	ENLACE	ACABADO	APLICACION	PREPARAR
A/G	A/O	EQUIPO		LINEA	EPS	LINEA	EPS	LINEA	EPS	CLAVE	SUPERFICIE

**6. ANEXOS - INTERPRETACIÓN DE CLAVES Y / O NÚMEROS UTILIZADOS EN  
LOS REPORTES**

**CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES**  
**ESTRUCTURA JERARQUICA - AREAS GENERICAS**

<b>CLAVE</b>	<b>N O M B R E</b>
<b>1</b>	<b>PROCESOS</b>
<b>2</b>	<b>SERVICIOS</b>
<b>3</b>	<b>ARQUITECTONICOS</b>
<b>4</b>	<b>RACKS DE TUBERIAS</b>
<b>5</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>

CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
TIPO Y GRADO DE EXPOSICION A CORROSION

CLAVE EXPOSICION A:

B1 HUMEDAD - RELATIVA ALTA

**CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
TIPOS DE SUSTRATOS**

**ANEXO # 3.0**

<b>DESCRIPCION DEL TIPO DE SUSTRATO</b>	<b>CLAVE</b>
<b>ACERO</b>	<b>AC</b>
<b>ACERO GALVANIZADO</b>	<b>AG</b>
<b>MAMPOSTERIA Y CONCRETO</b>	<b>MC</b>

CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
TIPOS DE ESTRUCTURA

ANEXO # 4

CLAVE	DESCRIPCION DEL TIPO DE ESTRUCTURA
AN	ANDADOR
BA	BASE
BO	BOMBA
CN	CANAL
CO	COLUMNA
CU	CUERPO DEL EQUIPO
DU	DUCTO
EQ	EQUIPO
EP	EQUIPO DE PROCESO
EB	ESCALERAS Y BARANDALES
ES	ESTRUCTURA
GP	GUARDAS PROTECTORAS
MO	MOTOR
MU	MURO
PI	PISO
PO	POSTE
PU	PUERTA
SO	SOPORTES DE LINEAS Y EQUIPOS
TA	TANQUE
TO	TOLVA
TG	TRANSPORTADORES EN GENERAL
TU	TUBERIA

CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
CONDICION Y PRIORIDAD DE MANTENIMIENTO AL RECUBRIMIENTO

ANEXO # 5.0

CONDICION DEL RECUBRIMIENTO			PRIORIDAD DE MANTENIMIENTO		
CLAVE	DESCRIPCION	DETERIORO	CLAVE	DESCRIPCION	RECOMENDACION
1	EXCELENTE	MAXIMO 6%	L	LARGO PLAZO	PINTAR DESPUES DE 12 MESES
2	MUY BIEN	MAXIMO 20%	L	LARGO PLAZO	PINTAR DESPUES DE 12 MESES
3	BIEN	MAXIMO 35%	I	INMEDIATO	PINTAR ANTES DE 6 MESES
4	REGULAR	MAXIMO 50%	M	MEDIANO PLAZO	PINTAR ENTRE 6 Y 12 MESES
5	MALO	MAS DE 60%	I	INMEDIATO	PINTAR ANTES DE 6 MESES

CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
DIRECTORIO DE SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO

ANEXO # 6.0

SISTEMA		PREP SUPERFICIE	COMPONENTES					
NUM	DESCRIPCION		PRIMARIO LINEA	EPS	ENLACE LINEA	EPS	ACABADO LINEA	EPS
15	DUPONT-EPOXICO + IMRON*	SSPC-SP-6	825	2.0	N/R	0.0	326	2.0
117	IMRON* + IMRON*	SSPC-SP-7	326	2.0	N/R	0.0	RKP	2.0
127	DUCO*	SSPC-SP-2	N/R	0.0	N/R	0.0	80	3.0

**OBSERVACION :**

ESTE SERVICIO ESPECIFICA LOS SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO IDONEOS PARA LA PROTECCION DE SUS INSTALACIONES Y / O EQUIPOS; CUALQUIER CAMBIO EN LAS ESPECIFICACIONES ORIGINALES SERA EN BASE A LAS RESTRICCIONES Y / O NECESIDADES DE OPERACION.

CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
DIRECTORIO DE LINEAS DE PRODUCTOS

LINEA	N O M B R E
252	ESMALTE DE HORNEO
326	IMRON* - ESMALTE DE POLIURETANO
333	POLIURETANO ALTOS SOLIDOS
347	PRIMARIO INORGANICO DE ZINC GANICIN II*
360	RECUBRIMIENTOS MARINOS
373	PRIMARIO ALQUIDAL
525	EPOXI-MASTIC DE ALTOS SOLIDOS DU PONT 25P
612	ALUMNIO ALTA TEMPERATURA - 540° C
67	PRIMARIO CROMATO DE ZINC
685	SUPER-NOVI* - VINILICA
80	DUCO* - ESMALTE ALQUIDALICO
802	ESMALTE VINILICO DE ALTOS SOLIDOS
825	PRIMARIO EPOXICO CORLAR*
A80	ALUMNIO ALTA TEMPERATURA - 240° C
CAE	CORLAR* - ESMALTE EPOXICO A.E.
CEN	CORLAR* - ESMALTE EPOXICO E.N.
CTL	CORLAR 525 TL EPOXY TANK LINING
ENC	CORMAX EN EPOXY NOVOLAC COATING
ENP	CORMAX ENP EPOXY NOVOLAC PRIMER
EPC	CORMAX EP EPOXY PHENOLIC COATING/LINING
ERZ	PRIMARIO EPOXICO RICO EN ZINC
I62	IMRON 62 PRIMARIO DE POLIURETANO
N/R	NO REQUERIDO
PAH	PRIMARIO ALQUITRAN DE HULLA

**CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
DIRECTORIO DE LINEAS DE PRODUCTOS**

<b>LINEA</b>	<b>N O M B R E</b>
<b>PCA</b>	<b>PRIMARIO EPOXICO CORLAR* - A. E.</b>
<b>PRZ</b>	<b>PRIMARIO DE POLIURETANO RICO EN ZINC</b>
<b>PSE</b>	<b>CORMAX PS ELASTOMERICO</b>
<b>RKE</b>	<b>EPOXICO-RECUBRIMIENTO TRANSPARENTE</b>
<b>RKP</b>	<b>POLIURETANO-RECUBRIMIENTO TRANSPARENTE</b>

CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES  
METODOS DE PREPARACION / LIMPIEZA DE SUPERFICIES METALICAS

CLAVE	CODIGO INTERNACIONAL*	DESCRIPCION DEL METODO DE PREPARACION / LIMPIEZA
2	SSPC-SP-2	MANUAL
6	SSPC-SP-6	CHORRO DE ABRASIVO GRADO COMERCIAL
7	SSPC-SP-7	CHORRO DE ABRASIVO GRADO RAFAGA

\*SSPC: STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL

**CRE / CONSULTORIA EN RECUBRIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES**  
**METODOS DE APLICACION DE RECUBRIMIENTOS.**

<b>CLAVE</b>	<b>DESCRIPCION DEL METODO</b>
<b>AA</b>	<b>ASPERSION CON AIRE</b>
<b>BR</b>	<b>BROCHA</b>
<b>RB</b>	<b>RODILLO / BROCHA</b>

## CONCLUSIONES.

Es un hecho que mantener con una apariencia aceptable las instalaciones en los diferentes tipos de industria (química, farmacéutica, automotriz, eléctrica, etc.) requiere de un estudio exhaustivo sobre las distintas exposiciones a que están sujetas las superficies metálicas y no metálicas, dentro de la ingeniería se ha considerado como muy importante realizar mantenimiento preventivo en lugar de un mantenimiento correctivo, ya que éste último resulta mucho más caro debido a que se requiere de más mano de obra y materiales, el ejemplo de estudio realizado ha permitido ahorros anualizados hasta del 40%, por lo que resulta una alternativa muy importante para la reducción de costos en éste rubro, ello implica la utilización de recubrimientos con tecnología de punta, los cuales demuestran que el costo del producto por litro, no es lo mas importante sobre el costo real del sistema de recubrimientos cuando se toman en cuenta los factores de rendimiento y durabilidad.

Los conocimientos sobre el mecanismo con que actúa el fenómeno de la corrosión en sus diferentes formas, nos permiten especificar el sistema de recubrimientos más adecuado de acuerdo al medio de exposición, así como el tipo de preparación de superficie y métodos de aplicación más apropiados, y teniendo en cuenta la vida útil del sistema de recubrimiento y el tiempo de diseño.

En efecto, de acuerdo al análisis de costo desarrollado, quedó demostrado que utilizar un producto económico por razones de costo, a la larga resulta mas caro, debido al número de repintado que se requerirá hacer durante la vida útil de una estructura, lo que sin duda representará un gasto mayor en volumen de pintura y en mano de obra.

Finalmente con la tecnología existente en computación, es posible realizar estudios en plantas industriales con mayor rapidez y efectividad.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### **DEFECTOS DE LAS CAPAS DE RECUBRIMIENTOS.**

Editorial blume.

Tuset, 17- Barcelona-6

Rosario,17-Madrid 8. 1989.

Versión española de la segunda edición inglesa.

Autor: Manfred Hess.

### **TRATADO ELEMENTAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA.**

Raymundo, Bañez Manuel.

Segunda Edición.

Barcelona, Editorial Vincens-vives, S.A. 1979

### **CORROSIÓN EN TUBERIAS Y PROTECCION.**

I. Biczok.4ª. Edición. España. Ediciones URMO 1988.

### **CORROSIÓN Y OXIDACIÓN.**

John Michael West.

Editorial Limusa.

1ª. Edición 1986.

### **FUNDAMENTOS DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.**

Dupont, S.A. de C.V.

División Mantenimiento Industrial.

1999.

### **INSPECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.**

Dupont, S.A. de C.V.

División de Mantenimiento Industrial.

1999.

### **SELECCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE ALTO DESEMPEÑO.**

Dupont, S.A. de C.V.

División de Mantenimiento Industrial.

1999.

**Craig B.D. Handbook of Corrosión Data. AMS International, Ohio, 1989**  
**Shreir, J.B.(2 vols).**  
**3ª. Edición**  
**B.H. 1994.**

**Uhlig, Herbert H. Corrosión y Control de la Corrosión.**  
**Urmo, Bilbo, 1979.**

**NACE, Corrosión Basics**  
**An introduction.**  
**NACE Houston. 1994.**

**Metals Handbook**  
**9ª Edición. Vol.13;**  
**Corrosión. ASM International.**  
**Ohio, 1987.**

**Mun R.S.**  
**Editor, Computer Modeling in Corrosión, ASTM, STP 1154**  
**Philadelphia, 1992.**

**J.Avila y J. Genesca.**  
**Termodinámica y cinética de la corrosión.**  
**SITESA, México, 1998.**