

**ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE DISEÑO ANTICORROSIVO,  
PROTECCIÓN Y CORROSIÓN EN EL FILTRO DE INTERCAMBIO  
CATIÓNICO CICLO SODIO DE LA PLANTA PILOTO DE LA  
UNIVERSIDAD DE MATANZAS**

**Ing. Lic. Rommy Ruíz Sosa<sup>1</sup>, Dr. C. Ing. Carlos Echeverría Lage<sup>1</sup>**

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca  
Km.3, Matanzas, Cuba.*

## **Resumen.**

Es objetivo principal en este trabajo el estudio de los problemas de diseño anticorrosivo, y de corrosión presentes en el filtro de intercambio catiónico, ciclo sodio, en la planta piloto de la Universidad de Matanzas, planta encargada de la producción de grasas de conservación, y otros productos químicos. Se expone el grado de corrosividad presente en la instalación, así como la aplicación de productos DISTIN, de acuerdo al tipo de problema de diseño existente, así como el uso de un sistema de pinturas. Se hace uso de la fotografía digital, como herramienta, en el diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos presentes en el Equipo. Se demuestra que los problemas de diseño anticorrosivo, son factores desencadenantes de la corrosión y limitantes de la protección anticorrosiva y la conservación.

**Palabras claves:** Aerosol Marino, corrosión, Corrosión Atmosférica, Diseño Anticorrosivo.

---

## **Introducción.**

El deterioro corrosivo está determinado por la agresividad corrosiva imperante que se clasifica en particular para la zona objeto de estudio (Planta Piloto), en la Universidad de Matanzas, de alta, grado de corrosividad C4, fundamentalmente por la influencia del aerosol marino. Dicho Centro de altos estudios se encuentra cerca de la zona costera. Aunque pueden influir otros factores, como el diseño anticorrosivo, la preparación superficial, la protección anticorrosiva, entre otros, como la preparación del personal encargado de estas tareas. En el presente trabajo se somete a consideración el estudio de los problemas de corrosión, protección y de diseño anticorrosivo, del filtro de intercambio catiónico ciclo sodio en dicha planta, a partir de su caracterización y diagnóstico. Este intercambiador catiónico o filtro catiónico, se encuentra ubicado en el área del Generador de Vapor (Caldera), de la instalación objeto de estudio, en un área techada, afectada por la humedad (vapor de agua de la caldera y procesos de purga y llenado), además de posibles escapes de gases.

## **Desarrollo**

### **1. Caracterización del equipamiento en la instalación y diagnóstico.**

En las Fig. 1 y 2 aparecen fotos del filtro de intercambio catiónico ciclo sodio, objeto de estudio. En las mismas se puede apreciar su ubicación dentro del local del generador de vapor.

### **Características técnicas del equipo.**

El equipo está constituido por un cuerpo cilíndrico de acero de bajo contenido de carbono (acero estructural). En cuyo interior se ubica en su parte inferior, un plato perforado, sobre el cual se coloca una capa de grava y sobre esta se deposita la resina intercambiadora catiónica ciclo sodio.

El cuerpo cilíndrico del equipo con tapa y fondo en forma de semiesfera, está conectado como se observa a tuberías de entrada superior y de salida inferior, de 1.pulgada de diámetro, de acero galvanizado, embridadas. Estas a su vez se conectan con tuberías de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de acero galvanizado, con diferentes válvulas para ejecutar las operaciones de: Tratamiento del agua, lavado del filtro a contracorriente y regeneración de la resina catiónica con cloruro de sodio, entre otras. Ver Fig. 1 y 2 siguientes.

|   |  |  |
|---|--|--|
|                        |                             |                 |
| <p>Fig. 1. Vista filtro de intercambio catiónico ciclo sodio. Observe la entrada superior del agua.</p> | <p>Fig. 2. Salida inferior del agua tratada y drenaje del agua de contra lavado durante la regeneración.</p> | <p>Fig. 3. Tanque auxiliar donde se coloca la disolución de salmuera (NaCl) para regeneración.</p> |

Junto al cuerpo cilíndrico del equipo, se ubica un tanque rectangular con tapa y fondo plano, que cumple la función de tanque disolutor de la salmuera, para la regeneración de la resina catiónica (Fig. 3).

### **Función que realiza.**

La función que realiza el filtro intercambiador catiónico ciclo sodio, es la de suavizar el agua cruda para que esta sea enviada al tanque de alimentación de la caldera.

El suavizamiento consiste en intercambiar los iones sodio que contiene la resina, por los iones calcio y magnesio que contiene el agua cruda y que le proporcionan dureza al agua. Para ello se le introduce el agua cruda por la parte superior y esta pasa a través de una capa de resina catiónica, realizando un proceso de intercambio de masa, con la resina que se encuentra en el interior del filtro. De esta forma el agua que sale del tratamiento, por la parte inferior, puede contener como máximo 2 p.p.m. de dureza de calcio y magnesio, incrementando su contenido en iones sodio. El calcio y magnesio quedan retenidos en la

resina, hasta que la misma intercambia todo el sodio. Es decir, se agota la capacidad de intercambio de la resina.

Para la regeneración de la resina, se utiliza una disolución de salmuera (cloruro de sodio), que se alimenta desde el tanque auxiliar adjunto, por la parte superior, durante el proceso de regeneración. Posterior a la regeneración, se realiza un proceso de lavado a contracorriente.

## **2-El diseño Anticorrosivo y Corrosión**

En el proceso de diseño o creación conceptual de una pieza, se debe establecer una geometría o distribución que evite la acumulación de humedad y contaminantes en las superficies, o también, disminuir las zonas de aceleración de los procesos de corrosión, como los pares bimetálicos. Lo anterior, unido a la lucha contra la agresividad del medio ambiente o a la de los procesos productivos que se desarrollan en instalaciones industriales, evita la aparición de fallos prematuros. •La identificación de errores de diseño anticorrosivo es el primer paso en la conservación de estas estructuras. Su eliminación y la elaboración de un proyecto adaptado a las condiciones propias de las instalaciones, son procedimientos esenciales para prolongar la vida útil del medio con un uso óptimo y racional de los recursos que se destinen para ese fin. (Echeverría et al, 2002; 2004).

### **2.1- Principales problemas de diseño anticorrosivo en el Equipo.**

Para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presenta el equipo, hay que consultar las Normas internacionales, entre las que se encuentran las Normas (UNE-EN ISO 12 944-1 (1998), (UNE-EN ISO 12 944-3 (1998), (UNE-EN ISO 12 944-5 (1998) y (UNE-EN ISO 12 944-8 (1998). Las mismas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión, por su importancia se exponen seguidamente.

#### **2.1.1—Accesibilidad**

Todas las superficies de la estructura que han de ser protegidas deberían ser visibles y encontrarse al alcance del operario mediante un método seguro. El personal involucrado en la preparación de la superficie, pintado e inspección debería poderse desplazar de un modo seguro y fácil por todas las partes de la estructura en buenas condiciones de iluminación. Las superficies que van a ser tratadas deberían ser lo suficientes accesibles como para permitir que el operario tenga un espacio adecuado para trabajar sobre ellas.

Este primer aspecto de la accesibilidad, vinculado al acceso para las labores de mantenimiento de los operarios, se ha modificado con la introducción de nuevas tecnologías en las construcciones y buscando sobre todo variedad de estilos y belleza, las técnicas de mantenimiento se han tenido que ir modificando.

Un segundo aspecto de la accesibilidad, es la accesibilidad de las herramientas y accesorios que se emplean en la protección anticorrosiva, mediante las labores de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos de pintura, entre otras técnicas de protección. En este caso la separación entre partes o estructuras, no puede ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad.

La norma internacional propone lo siguiente:

Los componentes que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del montaje deberían, bien fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión, o bien tener un sistema de pintura protector que debe ser efectivo a lo largo del tiempo en servicio de la estructura. Como alternativa debería considerarse una tolerancia a la corrosión (acero de mayor espesor). Se analiza seguidamente mediante ejemplos prácticos mostrados en las imágenes, donde no se cumple la accesibilidad a las herramientas y accesorios.



Fig. 4. Accesibilidad. Observe el espacio entre las dos bridas, tiene una separación menor que 50 mm.



Fig. 5. Accesibilidad. Observe la corrosión sin pintura en su interior no protegido.

En la Fig. 4 y 5, se observan problemas de accesibilidad en las uniones con bridas, que ocasiona que en el interior de estas áreas, no se pueda aplicar tratamiento superficial, ni protección con pintura. Razón por la cual estamos en presencia de corrosión generalizada sin protección. En estas mismas figuras, se observan problemas de orificios en las uniones entre los pernos y la brida.

### 2.1.2-Tratamiento de orificios.

Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debería normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debería rellenarse con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones. Las superficies en contacto deberían sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.

Los orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas, son conocidos también como resquicios, de lo que se deriva la corrosión en resquicios.



En la Fig. 6, hay problemas de orificios entre la base del soporte del filtro y el piso de hormigón. En todos los casos de orificios (resquicios), se origina en su interior la corrosión en resquicios u orificios, que comienza como una corrosión por celdas de aireación diferencial sobre el acero estructural, que es una corrosión localizada

### **2.1.3-Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.**

Deberían evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y que puedan de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador debería también tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidables austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos. Las precauciones apropiadas para conseguir estos objetivos son:

- a) Los diseños con superficies inclinadas o biseladas.
- b) La eliminación de secciones abiertas en la parte superior o su colocación en posición inclinada.
- c) La supresión de cavidades y huecos en los puede quedar retenida el agua y la suciedad.
- d) El drenaje de agua y líquidos corrosivos lejos de la estructura.

|   |  |  |
|---|--|--|
|    |    |                                       |
| <p>Fig. 7. Acumulación de depósitos y agua. Observe esta tapa plana con este problema de diseño y el deterioro por corrosión.</p> | <p>Fig. 8. Acumulación de depósitos y agua. Observe el deterioro que se va presentando en los soportes del tanque de salmuera.</p> | <p>Fig. 9. Acumulación de depósitos y agua en el registro del filtro. Observe la corrosión por debajo de la pintura.</p> |

En la Fig. 7, se observa por un mal diseño de la tapa del tanque horizontal, una zona de acumulación y depósitos. Compare con la tapa del filtro superior en la Fig. 1.

En las zonas de acumulación de depósitos y agua como en este caso, se acumulan los contaminantes. Para este caso particular el contaminante es un agente muy agresivo desde el punto de vista de la corrosión, ya que en ese tanque se deposita disolución de salmuera concentrada. Esto provoca que al contaminarse la superficie por derrame de la salmuera, la corrosión se incremente notablemente. Observe la diferencia del tanque auxiliar de salmuera, con respecto al filtro de intercambio catiónico.

Observe también que se han formado sobre la superficie horizontal muchas celdas de aireación diferencial, que se aprecian por su forma redonda donde se crea el ánodo y por tanto se forma la capa de óxido. En este caso los alrededores son el cátodo donde se reduce el agente oxidante. Debajo de la capa de óxido, al ser una corrosión localizada, se forma una hendidura al retirar el óxido. Esta operación rompe la celda e impide que continúe la penetración (corrosión localizada) del metal. En la Fig. 8 se observa otra zona de acumulación de depósitos y agua por un mal diseño anticorrosivo, ya que los soportes del tanque de salmuera son horizontales, tenían que estar con una mayor protección o superficie inclinada. Favorece el ataque además de la superficie horizontal la contaminación por derrame de la salmuera. En la Fig. 9, se observa otra zona de

acumulación y depósito, donde en su parte inferior ya se aprecia polvo y óxido formado por debajo del recubrimiento de la pintura, aún sin desprendimientos.

#### 2.1.4- Imperfecciones de la soldadura y bordes

Las soldaduras deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector. Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos son también más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
| Fig. 10. Imperfecciones de la soldadura y fallos por corrosión en esas zonas.      | Fig. 11. Imperfecciones de la soldadura y fallos por corrosión.                    | Fig. 12. Efecto de bordes no redondeados y fallos del recubrimiento de pintura.      |

En las Fig. 10, 11 y 12, se observan los problemas que ocasionan un mal diseño anticorrosivo por imperfecciones de la soldadura. En todos los casos se presenta una corrosión localizada, ya que en esas zonas es por donde primero fallan los recubrimientos de pintura por una deficiente preparación superficial, al no estar pareja la superficie.

En la Fig. 11 y 12, se observa además otro problema de diseño, que son los efectos de bordes. Los bordes de las secciones tienen que ser redondeados, de lo contrario en las zonas con filos falla el recubrimiento, como posteriormente se explicará.

En todos los casos tiene lugar un deterioro por corrosión de forma prematura, es decir en las zonas donde existen problemas de diseño anticorrosivo, se producen primero los fallos por corrosión.

En la Fig. 12 se observa además que hay un ataque corrosivo por el fondo, con formación además de celdas de aireación diferencial. Esto está favorecido por la contaminación de la superficie con disolución de salmuera.

### **2.1.5-Conexiones con pernos y conexiones precargadas.**

Los pernos, tuercas y arandelas al estar precargados, acumulan tensiones y por tanto son más susceptibles a la corrosión, al presentarse la corrosión bajo tensión. Los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.



Fig. 13. Problemas en las uniones con pernos. Observe la falta de recubrimiento y la corrosión.

En la Fig. 13, se observan los problemas de corrosión que se originan en las uniones con pernos por un mal diseño anticorrosivo. Por ello no es casual que en estas zonas aparezca la corrosión de forma prematura.

### **2.1.6-Prevención de la corrosión galvánica.**

Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales. La velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas y la naturaleza y período de acción del electrolito. Por consiguiente, debe tenerse cuidado cuando se unan componentes de metal menos noble (es decir, el más electronegativo) con componentes de metal más noble. Debe tenerse un cuidado especial cuando el componente de metal menos noble tenga un área pequeña en comparación con la del metal más noble.

En la figura 7, se observa este problema de diseño, donde se observa un tapón de tubería de 1" de acero galvanizado en contacto con una tubería de acero no galvanizado. En este caso está pintado el material más noble, que es el acero al carbono, en comparación con el Cinc, siendo la solución adecuada.

### **2.1.7-Áreas cerradas y componentes huecos.**

Las áreas cerradas (que se cierran) y los componentes huecos, son cavidades huecas que se crean durante el diseño de perfiles, equipos e instalaciones. La diferencia entre ellos radica en que las áreas cerradas pueden ser accesibles, ya que tienen tapas de diferentes formas y los componentes huecos no.

Al respecto las normas internacionales plantean:

Dado que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación.

Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión, por el tiempo de vida de la instalación.

Las partes cerradas selladas y los componentes huecos sellados deben ser impermeables al aire y la humedad. Con este fin, sus bordes deben sellarse por medio de soldaduras continuas, y cualquier abertura debe estar provista de cubiertas selladas. Durante el ensamblaje de tales componentes, debe ponerse cuidado en asegurar que no quede agua atrapada.

Se puede observar que en la Fig. 1 del filtro y Fig. 7 del tanque de salmuera, estamos en presencia de componentes huecos.

Como se ha demostrado en Cuba, la corrosión atmosférica, es decir en contacto con el aire, es mayor que la corrosión en agua, además, si el tanque de salmuera se deja contaminado con salmuera y no se lava con abundante agua, el efecto es mayor.

### **3-Preparación superficial**

La preparación de la superficie, ejerce una influencia determinante sobre el posterior comportamiento y durabilidad de los sistemas de pintura o recubrimiento que se apliquen. Una buena preparación con una pintura de baja de calidad tiene una mayor durabilidad que una mala preparación, con una pintura de calidad.

**Los métodos de preparación previa de la superficie dependen de muchos factores, entre los cuales podemos señalar:**

- Agresividad corrosiva de la atmósfera.
- Tipo de metal y estado superficial.
- Forma y tamaño de la pieza o instalación.
- Tipo de recubrimiento a aplicar.
- Medios técnicos disponibles.
- Tiempo de duración deseado.

No obstante todos los estudios sobre el tema insisten en la importancia de la preparación previa. En las Normas UNE-EN ISO sobre recubrimientos de pintura, se vincula la calidad de la preparación previa con la agresividad corrosiva de la atmósfera y la durabilidad de los esquemas de pintura. Para esquemas de pintura de durabilidad baja, que se formulan para un período de 2 a 5 años, se exige una preparación previa de acuerdo con la Norma (UNE-EN ISO 12 944-4 ,998), clasificada de Sa 2 ½. Este grado de preparación se muestra en la Fig. 18 siguiente, se observa el grado de acabado.

Observe que este grado de preparación implica una superficie completamente libre de óxido, por lo que este patrón fotográfico empleado internacionalmente, se utiliza para comparar visualmente con la superficie que se prepara para que alcance ese grado. Se emplea además en el control de calidad durante la preparación previa.

Para lograr esta preparación hay que emplear métodos a chorro o métodos químicos que no son del todo factibles en la instalación de la Planta Piloto.



Fig. 14. grado de preparación Sa 2 ½, de acuerdo con la Norma (UNE-EN ISO 12 944-4 ,998)

En general todos los métodos de preparación superficial conllevan los siguientes pasos:

- Desengrasado.
- Decapado.

- Se incluyen enjuagues intermedios y finales.
- Se incluye en dependencia de la situación el pasivado y el fosfatado, como posteriormente se analizará.

Los enjuagues cumplen la función de eliminar los contaminantes sobre la superficie metálica, que son los causantes de la corrosión interfaseal.

En todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia.

Para alcanzar el grado de preparación de Sa 2 ½, que requieren los Equipos de la Planta Piloto, de la Universidad de Matanzas, por encontrarse la misma en un grado de corrosividad de la Atmósfera de C4, primeramente, aplicaremos un decapado manual mecanizado, para alcanzar un grado de preparación Sa 2, para posteriormente, por medio de un decapado químico, la fosfatación, alcanzar el grado Sa 2 ½.

### **3.1. Métodos manuales mecanizados.**

Estos métodos están basados en el empleo de cepillos de alambre con taladros, lijas y discos abrasivos, los que tienen un mayor rendimiento que los manuales pero no logran una superficie bien preparada para recibir posteriormente el recubrimiento. Es necesario completar la preparación con otros métodos. Con estos métodos como máximo se logra una superficie Sa 2, como se observa en la Fig. 15. siguiente, de acuerdo con el patrón fotográfico de la Norma ISO.



Fig. 15. Grado de preparación superficial Sa 2, de acuerdo con el patrón fotográfico de la norma ISO.

### **3.2- Preparación de la superficie metálica. Fosfatación.**

La ventaja del fosfatado, es la formación de capas protectoras, adherentes e impermeables, que crean una base ideal para la aplicación posterior del recubrimiento de pintura. Cuando una superficie se ha preparado ligeramente con los métodos manuales mecanizados, el fosfatado decapante, completa la preparación y forma la capa antes señalada. Esta capa permite esperar un tiempo sin que se oxide el metal, lo que no se logra con otros métodos de preparación superficial. El acero es el material base más importante para la fosfatación y pintado final, por ello no es sorprendente que la mayoría de las experiencias se hayan realizado con este material y existen también muchos procesos que consiguen capas de fosfato de buena calidad sobre el acero.

La formación de películas fosfóricas consiste en tratar las piezas con una solución compuesta por ácido fosfórico y algunas de sus sales, de la que precipita una fina película cristalina compuesta por fosfatos metálicos que quedan perfectamente adheridos al metal base y posee un elevado poder protector, el cual puede ser incrementado mediante tratamientos complementarios.

Existen diferentes formulaciones de disoluciones de fosfatado, que pueden ser producidas en el CEAT y que dan solución a las diferentes situaciones que se presenten.

### **3.3 -Solución a la preparación superficial.**

De lo expuesto queda claro que la preparación superficial que se puede aplicar en la instalación, dicho anteriormente, es una combinación de los métodos manuales mecanizados con cepillos de alambre y lijas, hasta lograr un grado Sa 2 y posterior fosfatación de las superficies metálicas por frotado, hasta lograr un acabado Sa 2 ½.

Para la piezas pequeñas como pernos, tuercas y arandelas y similares, se puede emplear directamente el fosfatado por inmersión, lográndose un acabado Sa 2 1/2, con una superficie completamente fosfatada.

En el primer caso, como la superficie está oxidada y el proceso por frotado es lento, de debe aplicar el producto DISTIN 504, es decir disolución de fosfatado decapante de acción rápida. En el segundo caso por inmersión, se puede aplicar el mismo producto anterior, pero hay que cuidar no dejar mucho tiempo la pieza, ya que recibe mucho más ataque el metal.

## **4-Sistema de Pintura**

Como resultado del diagnóstico, se ha constatado que el sistema de pintura empleado en el año 1994 fue el siguiente:

- Previo al proceso de pintado las superficies preparadas superficialmente. En este caso fueron tratadas con método manual mecanizado y posteriormente fosfatadas. No obstante si demora la aplicación de la pintura, deben ser cuidadosamente lavadas para eliminar las sales provenientes del aerosol marino y polvo.
- Se aplicó en la zona ya preparada, dos capas de primario HEMPATEX HI-BUILD 4633 con espesor de 80 micras/capa, para un espesor total de 160 micras.
- Una vez transcurrido el intervalo de repintado, se aplicaron dos capas de acabado HEMPATEX ENAMEL, de 35 micras cada una con un intervalo de repintado como mínimo de 6 horas, para un espesor total del acabado de 70 micras.
- El espesor total del sistema considerando el primario y el acabado alcanzó la cifra de 230 micras, suficiente para garantizar 5 años en un ambiente de alta agresividad corrosiva.
- Se utilizó como diluyente el HEMPEL'S THINNER 08230, todos de la firma HEMPEL.

El sistema empleado garantizó en la práctica más de 5 años sin afectaciones serias, sin embargo actualmente lleva sin ser reparado 14 años.

#### **4.1-Propuesta de solución a la pintura.**

El sistema empleado en la Planta Piloto, presentó en la práctica un buen comportamiento, siendo un sistema tipo solvente. Por tanto se propone un sistema igual, para no tener que eliminar toda la pintura en los equipos atendiendo a la compatibilidad de los sistemas. Para proteger a la pintura de los contaminantes atmosféricos, impidiendo la penetración de agua y oxígeno, aplicaremos Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida. DISTIN 603 L. A continuación, brindamos algunos datos de las dos pinturas, que conforman el esquema de pinturas. Para más información ver fichas técnicas.

##### **Pintura HEMPATEX HI-BUILD 46330:**

Descripción: Es una pintura a base de caucho clorado. De secado físico. Es resistente al agua de mar, salpicaduras de aceites minerales, solventes alifáticos y a un amplio rango de químicos, pero no a los aceites minerales ni vegetales, ni a los solventes aromáticos.

Uso recomendado: Como revestimiento autoimprimante, o como capa intermedia o de terminación sobre estructuras de acero en ambientes moderados a severamente corrosivos, inclusive sobre superficies permanentemente sumergidas.

Sólidos por volumen: 42%+-1

Rendimiento teórico: 5.3m<sup>2</sup>/litro - 80 micrones

##### **Pintura ENAMEL 56360:**

Descripción: Pintura de acabado basada en una resina acrílica sin plastificante clorado que garantiza una excelente retención de brillo y color, de secado físico, resistente al agua salada, a las salpicaduras de hidrocarburos alifáticos y a los aceites vegetales y animales.

Uso recomendado: Esmalte de acabado para interiores y exteriores en sistemas de clorocaucho en ambientes fuertemente corrosivos.

Volumen de sólidos: 31±2%

Rendimiento Teórico: 8.9 m<sup>2</sup>/litro - 35 micras.

#### **5- Solución a los problemas de Diseño Anticorrosivo.**

##### **5.1-Accesibilidad.**

###### **5.1.1-Falta de accesibilidad en las bridas.**

Como se observa en las figuras la falta de accesibilidad en las bridas, una vez instaladas, provoca falta de tratamiento a las superficies interiores, insuficiente aplicación del recubrimiento de pintura y en consecuencia el daño que se observa.

La mejor solución es preparación superficial, aplicación del recubrimiento de pintura y aplicación de mástique asfáltico con goma DISTIN 403 para rellenar el área inaccesible.

### **5.1.2-Falta de accesibilidad en el registro del filtro catiónico.**

Aunque no señalado en el diagnóstico en la Fig. 9, se observa en la tapa lateral del registro del filtro intercambiador, que esta tiene que ser desarmada para poder efectuar un buen tratamiento, por problemas de accesibilidad.

En este caso, es factible quitar la tapa del registro, realizar el tratamiento superficial, aplicar los recubrimientos de pintura y posteriormente colocarlo, con el mantenimiento correspondiente a los daños que se ocasione al recubrimiento de pintura.

### **5.1.3-Insuficiente accesibilidad en el área comprendida entre el filtro catiónico y el tanque de salmuera.**

En la Fig. 11, que existe muy poca separación entre el cuerpo del filtro y el tanque de salmuera, lo que dificulta la preparación superficial de ambos y sobre todo éste último, que requiere un tratamiento especial por el daño que ya presenta.

Como la unión mediante los soportes es soldada, una primera solución al respecto sería dar un tratamiento especial a esta área.

Otra solución futura pudiera ser la colocación de un soporte que logre una mayor separación entre el tanque de salmuera y el filtro. Esto ayudaría además a disminuir la contaminación de la superficie del filtro con salmuera.

## **5.2-Tratamiento de orificios.**

### **5.2.1-Problemas de orificios en uniones con pernos en las bridas del intercambiador catiónico.**

En la Fig. 4 y 5 se observa en las uniones entre bridas, sin pintar interiormente. También se presentan orificios entre cada uno de los pernos y los orificios de las bridas los que fueron colocados sin pintar. Es evidente que en este caso se produce un rápido deterioro desde el interior, con la formación del celdas de aireación diferencial, propias de la corrosión intersticial o corrosión en resquicios, que provoca en la mayoría de los casos la sustitución de los pernos por nuevos cuando se desmonta la unión.

La mejor solución, consiste en: Preparación superficial de la brida y los pernos, aplicación del recubrimiento de pintura y aplicación de mástique asfáltico con goma, para rellenar la zona de falta de accesibilidad entre bridas. Esto se completa además con la colocación de mástique asfáltico con goma DISTIN 403 en los orificios entre bridas, entre los pernos y la brida y entre las arandelas, las tuercas y las bridas. Esta solución puede ser común para muchas uniones con bridas.

### **5.2.2-Problemas de orificios en la unión metal hormigón, de la base del soporte del filtro.**

En la Fig. 6 se observa en la unión acero – hormigón, orificios en el solape de la base del soporte del filtro catiónico, provocado la corrosión en resquicios. Esto está afectado además

por un mal diseño, ya que debió prepararse una base de hormigón de al menos unos 15 cm de altura, indicado por las normas internacionales.

Una primera solución, es preparar superficialmente la base del soporte, incluso por su parte inferior, pintarla y posteriormente colocar mástique asfáltico con goma DISTIN 403 entre el acero y el hormigón, desapareciendo el resquicio y por tanto la corrosión.

La solución más completa es fundir en hormigón una base para los soportes del filtro, de acuerdo con las normas, colocar los soportes sobre la base, procediendo con su preparación superficial, pintura y colocación del mástique asfáltico con goma DISTIN 403.

### **5.3-Prevención de la corrosión galvánica.**

En el filtro catiónico se presenta este tipo de problema de diseño en la Fig. 7, donde se observa un tapón de tubería de 1" de acero galvanizado en contacto con una tubería de acero no galvanizado. En este caso está pintado el material más noble, que es el acero al carbono, en comparación con el Cinc, siendo la solución adecuada.

Otro problema pudiera presentarse entre una superficie y la soldadura, cuando no se selecciona el material adecuado del electrodo de soldar. Esto no se pudo apreciar en la instalación objeto de estudio.

### **5.4-Retención de humedad, depósitos y agua.**

Que en los soportes del tanque de salmuera y en la base de los soportes del filtro, se pueden lograr superficies inclinadas, disminuyendo los efectos corrosivos, de igual forma en la parte superior de la tapa del tanque de salmuera, que es horizontal. Esto es factible a corto plazo mediante la aplicación de mástique asfáltico con goma DISTIN 403, conformando una superficie inclinada sobre las planchas extremas del soporte del filtro, una vez tratadas superficialmente y pintadas. Con posterioridad se pinta nuevamente.

Otro problema y solución como ya fue señalado y se observa en las Fig. 2, 6 y 16, son los soportes directamente sobre el piso, lo cual facilita la acumulación de depósitos y agua. En este caso ya se indicó la construcción de una base de hormigón, como establecen las normas.

Otra solución ante la acumulación de líquidos corrosivos como la salmuera, son medidas de conservación preventiva como el lavado con abundante agua para eliminar la contaminación con salmuera y la aplicación de ceras impermeabilizantes y abrillantadoras sobre las pinturas para lograr su impermeabilidad.

El polvo que se observa sobre los soportes en la Fig. 8 y el registro Fig. 9 tiene que ser eliminado con medidas de conservación preventiva de forma frecuente y que tienen que implementarse.

Con respecto a los drenajes de agua y líquidos corrosivos, en este caso la salmuera, se encuentran mal diseñados, muy próximos al equipo, como se puede observar en la Fig. 16,

donde la descarga de la salmuera o el agua de contralavado salpican los soportes del filtro, uno de los cuales se muestra a la derecha.



Fig. 16. Observe descargas inadecuadas que provocan salpicaduras sobre el equipo.

Hay que considerar además que en aquellos casos donde tenga lugar la acumulación de agua, hay que practicar orificios de drenaje con ángulo de caída para que el agua corra y no se estanque, de no existir algunas de las alternativas anteriores.

#### **5.5-Bordes.**

La solución a los problemas de bordes es el biselado de los contornos agudos durante el proceso de tratamiento de los problemas de diseño anticorrosivo.

#### **5.6-Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.**

Una solución a todos estos problemas que son numerosos sobre todo en el tanque de salmuera, es la eliminación con un método manual mecanizado por lijado de todas las irregularidades, conformando una superficie uniforme.

#### **5.7-Conexiones con pernos y conexiones precargadas.**

Los pernos, tuercas y arandelas tienen que tener un tratamiento especial. Tienen que ser tratados superficialmente. Esto se logra en la actual instalación sacándolos y tratándolos por inmersión una vez lavados, en disolución de fosfato DISTIN 504. Una vez libres de óxido y secos durante unas 72 horas, se procede a pintarlos y para colocarlos se aplica sobre la pintura para eliminar orificios, el mástique asfáltico con goma DISTIN 403. Posteriormente tienen que ser pintados nuevamente al efectuar el apriete con herramientas, ya que esto destruye los recubrimientos.

### 5.8-Áreas cerradas y componentes huecos.

En estos casos la solución es dejar estos equipos llenos de agua para que la corrosión sea mínima. Hay que agregar además, que la causa principal del vencimiento de la resina intercambiadora catiónica es el contacto de la misma con iones Hierro III, los cuales por tener una mayor carga que el Calcio II y el Magnesio II, sustituyen al Sodio I de la resina y son casi imposibles de eliminar, bajando la eficiencia de la misma.

Por tanto la mejor solución es la limpieza después de la regeneración y dejar el interior de los mismos llenos de agua.

### 6-Costo de aplicación de los productos DISTIN y el Sistema de Pintura.

| Producto DISTIN | Precio       | Rendimiento              | Costo (cuc) |
|-----------------|--------------|--------------------------|-------------|
| DISTIN 403      | 0.56 cuc /kg | -                        | 1.12        |
| DISTIN 504      | 0.31 cuc/L   | 10 m <sup>2</sup> /Litro | 10.52       |
| DISTIN 603 L    | 0.47 cuc/L   | 10 m <sup>2</sup> /Litro | 15.95       |
| Costo Total     | -            | -                        | 27.59       |

| Pintura                   | Precio   | Rendimiento               | Costo (€) |
|---------------------------|----------|---------------------------|-----------|
| HEMPATEX HI-BUILD<br>4633 | 8.03 €/L | 8.9 m <sup>2</sup> /litro | 306.25    |
| HEMPATEX ENAMEL<br>5636   | 7.72 €/L | 5.3 m <sup>2</sup> /litro | 494.42    |
| Costo Total               | -        | -                         | 854.67    |

## **Conclusiones.**

Del estudio realizado al Equipo, en cuanto al diseño anticorrosivo. Utilizando como base la fotografía digital, se detectaron deficiencias en correspondencia con las exigencias de las normas ISO. También se propusieron productos DISTIN, y un sistema de pintura para resolver estos problemas de diseño y corrosión.

## **Bibliografía**

Echeverría C. A; Rodríguez J. E; Agüero J; González A; Beatón M. 2002. La corrosión por problemas de diseño anticorrosivo en condiciones climáticas de Cuba. Soluciones con productos y tecnologías nacionales. Memorias. ANTICORROSION'2001. ISBN 959 – 16 – 0190 – 5. T 21.

Echeverría C.; Echeverría M; Echeverría C. A.; Rodríguez J. E. 2004. Los problemas de diseño anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba. Monografías UMCC, (ISBN: 959 - 16 - 0295 - 8).

UNE-EN ISO 12 944-1 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 1: Introducción general.

UNE-EN ISO 12 944-3 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño.

UNE-EN ISO 12 944-5 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.

UNE-EN ISO 12 944-8 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 8.Desarrollo de especificaciones para trabajos nuevos y mantenimiento.

## **ANEXOS**

Fichas técnicas de productos del CEAT

**Anexo 1.** FICHA TECNICA: Mástique asfáltico semisólido con goma.

### **FICHA TÉCNICA DISTIN 403**

Mástique asfáltico de consistencia semisólida con goma, de alta flexibilidad, resistencia a la corrosión y adherencia, especialmente preparado para las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de

la aplicación específica que se requiera, tanto para sellar cavidades, formar recubrimientos, etc. Especialmente preparado para sellar orificios.

#### **Modo de Aplicación:**

- **Proyección:** Pudiera aplicarse cuando se prepara de forma líquida, en este caso se recomienda el producto DISTIN 403 L.

- **Esparcimiento:** Se recomienda el esparcimiento con espátula del producto en frío o en caliente donde mejora la aplicación.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo y los óxidos desprendibles. Puede ser aplicado directamente sobre superficies fosfatadas y secas con DISTIN 504.

**Rendimiento:** Como es un producto semisólido que puede aplicarse con diferentes espesores de recubrimiento, ello determina el rendimiento del producto.

**Protección Anticorrosiva:** Garantiza la protección anticorrosiva durante años, por ser un producto flexible, asimila las vibraciones, no parte. Tiene alta resistencia a la humedad de la atmósfera en las condiciones climáticas de Cuba, es resistente al biodeterioro.

#### **Condiciones de Conservación:**

- **Intemperie:** Por ser un producto elaborado con goma se ve afectado por la radiación ultravioleta, aunque se tienen resultados de protección sin afectaciones sobre acero por períodos de hasta 5 años.

- **Bajo techo:** Garantiza la protección por un mayor período.

**Almacenamiento:** El producto debe ser almacenado en cajas de cartón, para facilitar su aplicación. No cambia sus propiedades con el tiempo.

**Medidas de Protección:** Por ser un producto semisólido elaborado con asfalto oxidado y goma entre otras materias primas, estos productos le confieren combustibilidad, por tal motivo cuando se trabaje con oxicorte o sopletes, debe ser retirado con espátula y colocado nuevamente en caliente.

**Anexo 2 FICHA TECNICA:** Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida

#### **FICHA TÉCNICA DISTIN 504**

Disolución de fosfatado decapante para la preparación rápida de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Forma una capa protectora con sales insolubles, requiere del enjuague y secado posterior si va a aplicar algún recubrimiento antes de las

72 horas. El recubrimiento penetra en la capa de fosfato logrando un excelente anclaje.

### **Modo de Aplicación:**

**Proyección:** Pudiera aplicarse en áreas de difícil acceso, pero no resulta el método más adecuado por su carácter ácido, que requiere de protección.

**Inmersión:** Se introduce la pieza desde 5 a 15 minutos en dependencia del grado de oxidación de la superficie a tratar, lográndose un alto rendimiento del baño, no requiere enjuague ni neutralización posterior si se espera al menos 72 horas para completamiento de la reacción.

**Frotado:** Se emplea este método cuando no pueden ser empleado el método de inmersión, sobre todo en estructuras montadas, en el tratamiento de superficies oxidadas. Se recomienda para el aluminio y el zinc frotados ligeros.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo, los óxidos desprendibles y descontaminar con agua.

**Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m<sup>2</sup> /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m<sup>2</sup>/litro.

**Protección anticorrosiva:** Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

### **Condiciones de Conservación:**

**Intemperie:** De no encontrarse contaminada la superficie con aerosol marino, puede proteger la estructura por un período de hasta una semana.

**Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por varias semanas.

**Almacén cerrado:** Puede mantener las piezas protegidas hasta un mes o más, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.

**Interior de tanques:** Puede utilizarse para preparar la superficie no pintada y protege la superficie durante meses si se logra un buen secado y sellaje. Procedimiento indicado especialmente para instalación de tanques de combustible.

**Almacenamiento:** El producto debe ser almacenado en tanques plásticos de diferentes capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

**Medidas de protección:** Por constituir una solución ácida deben tomarse todas las medidas que evite contactos con ojos, cortaduras. El producto no daña la piel y no contamina el ambiente del área de trabajo.

### **Anexo 3: FICHA TECNICA: Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.**

#### **FICHA TÉCNICA DISTIN 603 L**

Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro de los recubrimiento de pintura. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas.

#### **Método de aplicación:**

**Proyección:** Pudiera aplicarse pero no se recomienda, ya que se pierde mucho producto.

**Frotado:** Es el método más recomendado, para producir una fina capa sobre la superficie de pintura.

**Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 8 a 10 m<sup>2</sup> /Litro.

**Protección Anticorrosiva:** El recubrimiento proporciona una protección adicional y temporal de las superficies metálicas pintadas e incrementa su durabilidad en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar por salpicaduras. Como recubrimiento temporal debe ser aplicado con la frecuencia que requiera el tipo de técnica. En automóviles cuando se observe que el agua moja la pintura debe ser aplicado.

#### **Condiciones de Conservación:**

**Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar, no se chorrea hasta uno 100 ° C, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y del espesor de la capa.

**Aplicaciones derivadas de sus propiedades:** Por sus características está especialmente formulada para la protección adicional de recubrimientos de pinturas, ya que las impermeabiliza contra la acción del agua, el oxígeno y los contaminantes que la penetran, le proporciona protección adicional contra la radiación ultravioleta y brillo.

**Transportación y almacenamiento:** El producto se suministra en frascos de 1 litro de capacidad.