

*Universidad de Matanzas. “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ingeniería Química y Mecánica.
Departamento de Química e Ingeniería Química.*



TRABAJO DE DIPLOMA

*Título: “Propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva
y Conservación (SIPAYC) del equipamiento de la
Empresa Salinera de Matanzas”.*

Clasificación: Investigación - Desarrollo

Autor: Eddy Guadalupe De Nazaré

*Tutores: Dr. Carlos Echeverría Lage
Ing. Rogério José Muxlhanga*

Matanzas, Junio, 2010

Declaración de autoridad

Declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma realizado en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, como parte final de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, por tanto autorizo que el mismo sea utilizado en la institución con la finalidad que estima conveniente.

Eddy Guadalupe De Nazaré

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jefe del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Miembro de Tribunal

Firma

Provincia: _____ Fecha: _____ Calificación: _____

Dedicatoria:

Porque siempre me han brindado el apoyo que necesitaba para hacer realidad este sueño, y que hoy sea parte de ellos este triunfo, a mis padres y en especial a mi hermana Ana De Deus Guadalupe De Nazaré.

Con gran admiración y respeto, a todos los profesores que fueron cultivando todos los conocimientos y habilidades que me hicieron un profesional.

Agradecimientos:

El presente trabajo de diploma, no hubiese sido posible sin la valiosa ayuda de un selecto grupo de profesores y amigos a los cuales llegue mi más sincero agradecimiento.

- En primer lugar al estimado Dr. Carlos Echeverría Lage por sus certeras orientaciones y apoyo incondicional.
- A los profesores de la carrera por todo lo que me enseñaron para mi mejor desempeño profesional.
- A mis padres los cuales me apoyaron y me guiaron para lograr mi proyecto de vida.
- A mi familia en especial.
- Al Estado Revolucionario Cubano por las posibilidades de estudio.
- A los trabajadores de la Empresa Salinera de Matanzas por la atención que me han dado.

A todos los que de una forma u otra me apoyaron,

¡Muchas gracias!

Índice :

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION	1
CAPITULO I: Análisis Bibliográficos	5
1.1. Incidencia económica de la corrosión.....	5
1.2. Corrosión y protección del acero.	6
1.2.1. Agresividad corrosiva y protección del acero	6
1.3. Diseño Anticorrosivo y su influencia en la corrosión. Enfoque en sistema.	7
1.4. Tipos de corrosión que se presentan a la atmósfera. Mecanismos. Factores que influyen.	11
1.4.1. Corrosión uniforme o generalizada. Corrosión atmosférica húmeda.	11
1.4.2. Corrosión Atmosférica Mojada.	12
1.4.3. Corrosión galvánica. Celdas de aireación diferencial.....	13
1.4.4. Corrosión interfacial.	14
1.4.5. Corrosión intersticial o corrosión en resquicios.....	14
1.4.6. Corrosión por par metálico.	15
1.4.7. Corrosión Fatiga.....	15
1.4.8. Corrosión Selectiva. Descincificación de los latones.....	16
1.4.9. Corrosión picadura.	18
1.5. La protección anticorrosiva de equipos bajo la influencia de la sal de mar. Enfoque en sistema.	18
1.5.1. Enfoque en sistema de la protección anticorrosiva y conservación con recubrimiento.....	20
1.5.2. Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas.	21
1.5.3. Etapas del sistema para la protección anticorrosiva con pinturas de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 12 944.	22
1.5.3.1. Clasificación de ambientes.....	22
1.5.3.2. Consideraciones de diseño.....	22
1.5.3.3. Tipos y preparación de superficies	23
1.5.3.4. Sistemas de pinturas protectores.....	24

1.5.3.5. Ejecución y supervisión de los trabajos de pintado	26
1.6. Comportamiento de sistemas de pintura en atmósfera marina.	27
1.6.1. Protección anticorrosiva y conservación adicional.	29
1.6.1.1. Materiales compuestos de matriz asfáltica modificados con polímeros.	29
1.6.1.2. Grasas de conservación.	30
1.6.1.3. Ceras impermeabilizantes.	31
1.7. Tecnología de los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) aplicado al equipamiento.	31
1.8. Conclusiones parciales del capítulo.....	32
2. Capítulo 2. Caracterización del equipamiento y diagnóstico del diseño anticorrosivo corrosión protección y conservación.	33
2.1. Materiales y métodos.	33
2.2. Características técnicas del equipamiento en la instalación y diagnóstico.	33
2.2.1. Descripción del proceso tecnológico	34
2.2.2. Características técnicas de la combinada y diagnóstico.	35
2.2.3. Características técnicas del transportador de banda tubular y diagnóstico.	38
2.2.4. Características técnicas de la Carreta para el transporte de sal y diagnóstico.	40
2.2.5. Características técnicas de la Estructura de recepción y lavado y diagnóstico.	42
2.2.6. Características técnicas del Área de Centrifugacion y diagnóstico.....	45
2.2.7. Características técnicas del Área de Molienda y diagnóstico.....	47
2.2.8. Características técnicas del Área de Envase y diagnóstico.....	49
2.2.9. Características técnicas de las Estructuras de las Instalaciones y diagnóstico.	51
2.3. Conclusiones Parciales.	52

3. Capítulo 3. Propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).	54
3.1. Materiales y métodos.	54
3.2. Características de los productos que conforman el sistema	55
3.2.1. Características de los productos para la preparación superficial.	55
3.2.2. Mastiques Asfálticos	56
3.2.3. Grasas Anticorrosivas y de Conservación	57
3.2.4. Ceras Abrillantadoras e Impermeabilizantes.	59
3.2.5. Evaluación de recubrimientos en los Laboratorios Acreditados LABET.	60
3.2.5.1. Ensayo Acelerado en Cámara de Niebla Salina y ensayo en Cámara Climática de Humead - Temperatura.	60
3.2.5.2. Ensayo en Cámara Climática de Humedad – Temperatura	61
3.3. Propuesta del sistema (SIPAYC) y soluciones.	62
3.3.1. Agresividad corrosiva en las instalaciones objeto de estudio	62
3.3.2. Diseño anticorrosivo y corrosión. Soluciones.	63
3.3.2.1. Accesibilidad. Soluciones.	63
3.3.2.2. Problemas de soldadura	64
3.3.2.3. Orificios o resquicios. Soluciones	64
3.3.2.4. Zonas de acumulación y depósitos.	65
3.3.2.5. Uniones con pernos.	65
3.3.2.6. Componentes huecos y áreas cerradas	66
3.3.2.7. Par metálico.	66
3.3.3. Preparación superficial	67
3.3.4. El sistema de pintura propuesto	67
3.3.5. Protección anticorrosiva y conservación adicional.	68
3.3.6. Conservación preventiva	69
3.4. Propuesta de SIPAYC por equipo y gastos.	70
3.4.1. Combinada	72
3.4.2. Transportador de banda tubular.	72
3.4.3. Carreta para el transporte de la sal	73
3.4.4. Estructura de recepción y lavado	73
3.4.5. Área de centrifugas	73
3.4.6. Área de molienda	74

3.4.5. Área de envasado.....	74
3.4.5. Área de las estructuras.....	75
3.5. Conclusiones Parciales.	75
Conclusiones.....	77
Recomendación.....	78
Bibliografía.....	79
Anexos	85

RESUMEN

La Empresa Salinera de Matanzas ubicada en Nordeste del Municipio de Martí, presenta graves problemas de corrosión debido a que toda la maquinaria de la misma, está en contacto con la sal de mar, que se cristaliza en los estanques existentes y se extrae, transporta y procesa con diferentes equipos, todos ellos contruidos en lo fundamental de acero de bajo contenido de carbono. El presente trabajo se realiza con el objetivo de proponer un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC). Con este propósito se realiza la caracterización técnica del equipamiento objeto de estudio, el diagnóstico y la evaluación de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación en los principales equipos, lo que incluye además la propuesta de productos, que permitan disminuir las pérdidas por corrosión en dichas instalaciones. Como resultado del trabajo, se diseña el SIPAYC para cada equipo, demostrándose del análisis realizado que la aplicación del SIPAYC contribuye a la disminución del deterioro del equipamiento.

Palabras claves: Corrosión, Corrosión en Salineras, Sistemas de protección anticorrosiva, conservación.

ABSTRACT

The Company Salter of Matanzas located in Northeast of the District of Martí, presents serious problems of corrosion because the whole machinery of the same one, is in contact with the salt that crystallizes in the existent ponds and it is extracted, transports and processes with different equipments, all them built in the fundamental of the steel of low contain of carbon. The present work is carried out with the objective of proposing a System of Anticorrosive Protection and Conservation (SIPAYC). This purpose fulfills the technical characterization of the equipment study sample, the diagnosis and the evaluation of the problems of anticorrosive design, corrosion, protection and conservation in the principals' equipments, which also includes the application of products that allows of reducing the losses for corrosion in those installations. As a result of the work, the SIPAYC is designed for each one in use. Being demonstrated from the technical point of view that the application of the SIPAYC contributes to the decrease of the deterioration in equipment.

Keywords: Corrosion, Corrosion in Salter, Systems of anticorrosive protection, conservation of materials

INTRODUCCION

Al clasificar las atmósferas atendiendo a las zonas y ubicaciones geográficas, (Echeverría, 1991) argumenta que la agresividad de un lugar determinado, está dado en primer lugar por las condiciones netamente climatológicas y en segundo lugar, por determinadas condiciones de contaminación aeroquímica específica, situación que se presenta específicamente en la Empresa Salinera de Matanzas, ubicada en la costa norte de la provincia de Matanzas y en el interior de una salina.

De acuerdo con (Morcillo, 2002) los principales factores que operan en la corrosión atmosférica son:

- Factores externos, meteorológicos y de contaminación del aire.
- Condiciones de exposición que permitan el libre acceso del medio corrosivo a la superficie expuesta.
- Factores internos, como naturaleza y propiedades electroquímicas del metal, medios de protección entre otros.

A partir de trabajos realizados (Echeverría, 1991) se determinó que la zona más agresiva en la provincia, se encontraba precisamente en la Empresa Salinera de Matanzas, donde se realizaron estudios durante años de la corrosión atmosférica del acero de bajo contenido de carbono.

En el presente trabajo, no es de interés el estudio de la corrosión del acero de bajo contenido de carbono, para determinar la agresividad en la zona en cuestión, ya que se posee suficiente información al respecto, que permite la clasificación de la Agresividad Extrema (Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba, anexo 1), lo que está determinado además, por la contaminación existente en todas las instalaciones, dada la presencia de sales del mar y fundamentalmente cloruros y sulfatos, que son los agentes corrosivos más importantes para el acero expuesto a la acción de la atmósfera.

La Empresa Salinera de Matanzas, se encuentra ubicada en la costa norte de matanzas, en el municipio de Martí, en la bahía de Santa Clara, limitando con los cayos que constituyen el archipiélago Sabana Camagüey.

Su actividad fundamental es la obtención, procesamiento y producción de la sal común o Cloruro de Sodio, aunque se producen algunos subproductos en proceso de desarrollo.

Dentro de sus características climatológicas se encuentran: la dirección de los vientos del este al noroeste con una velocidad promedio de 20 Km/h, el promedio anual de lluvia es de 1200 mm y el promedio de evaporación anual es de 2200 mm.

Toda la maquinaria que realiza estas operaciones, está en contacto con la sal de mar, que se cristaliza en los estanques existentes y se extrae, transporta y procesa con diferentes equipos, todos ellos construidos en lo fundamental de acero de bajo contenido de carbono, muy susceptible a la corrosión y que requiere por tanto de la protección anticorrosiva.

Su situación además se agrava, por estar ubicada en la costa norte, donde se reportan los mayores niveles de corrosividad del acero de bajo contenido de carbono, de acuerdo con el mapa de agresividad corrosiva de la atmósfera de Cuba y trabajos realizados por diferentes investigadores cubanos (Corvo ,1980; Echeverría, 1991; Corvo, et al,1995; Gómez ,1999; Corvo, et al, 2002; Echeverría, et al, 2002; Echeverría, et al, 2004; Corvo, et al, 2005; Echeverría, et al, 2005)

El equipamiento que se emplea en la extracción, transportación y elaboración de la sal en la Empresa Salinera de Matanzas, está sometido a esta agresividad corrosiva imperante, que es la máxima agresividad que se reporta en unos pocos países y zonas geográficas en todo el mundo.

Esta agresividad extrema, provoca el deterioro acelerado de los materiales metálicos de que está construida la maquinaria y sus sistemas de protección, todo lo cual se observa del diagnóstico previo realizado en la Empresa Salinera de Matanzas, que es la única existente en todo el occidente del país.

La agresividad corrosiva, incide directamente en el estado técnico de todo el equipamiento de la empresa, donde se incluye el transporte automotor, la combinada que extrae la sal de los depósitos donde se forma, los transportadores de bandas, las carretas y todo el equipamiento de la industria que procesa y envasa el Cloruro de Sodio para su comercialización. Todo ello, provoca un incremento de los costos de mantenimiento y al mismo tiempo influye en los niveles de producción que se ven

afectados por la falta de disponibilidad técnica del equipamiento existente, afectando en su conjunto, la eficiencia de la empresa. Motivado por un incremento de los gastos de mantenimiento y una disminución de la producción.

Al investigar el estado del arte y la técnica, sobre los sistemas de protección anticorrosiva y conservación, se constató, que existen pocas referencias en la literatura de la especialidad.

La referencia consultada más amplia al respecto lo constituye la (UNE-EN ISO 12 944-8, 1999), que fundamenta la aplicación de un sistema de protección anticorrosiva con pintura, cuando plantea: Un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados, que van a ser aplicados o que ya lo han sido, sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión. Es posible además aplicar medidas de protección adicionales u otras medidas. Al respecto, no precisa varios aspectos del sistema.

No aporta soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo, no incluye la aplicación de otros productos, la preparación de la superficie por métodos químicos como el fosfatado, ni la técnica de conservación. Por todo lo cual hace que pierda en el enfoque en sistema para la solución de los problemas de corrosión y protección y se pueda convertir en una tecnología aplicable para la solución de estos problemas.

Por otra parte, los productos utilizados para la protección anticorrosiva y conservación en la referida empresa son en su gran mayoría de importación, dentro de ellas las pinturas, sin embargo pueden ser incorporados otros productos de producción nacional, de fácil adquisición y de bajo costo, que se producen en la Planta Piloto del Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas. Además de las técnicas desarrolladas para los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), en este centro, que pueden permitir poner a punto las tecnologías específicas de los SIPAYC, aplicables a cada uno de los equipos en estas condiciones.

Precisamente, la falta del enfoque en sistema, la falta de productos anticorrosivos y el desconocimiento del personal técnico directamente relacionado con las labores de mantenimiento y explotación de estos equipos, es lo que ha determinado el deterioro

de los mismos y de los sistemas de protección, fundamentalmente con pinturas, aplicados en la Empresa Salinera de Matanzas.

Problema

¿Cómo disminuir el deterioro por corrosión en el equipamiento que se emplea para la extracción, transportación y procesamiento del Cloruro de Sodio en la Salinera?

Hipótesis

Si se propone el sistema de protección anticorrosiva y conservación, será posible disminuir el deterioro por corrosión en el equipamiento de la Empresa Salinera de Matanzas.

Objetivo General:

Proponer el sistema de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) para el equipamiento de la Empresa Salinera de Matanzas.

Objetivos específicos.

- Analizar el estado del arte en sistemas anticorrosivos, con énfasis en el diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación de equipos de salinas.
- Diagnosticar y evaluar los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, recubrimientos de pinturas, técnicas de conservación y sus soluciones para la implementación del sistema en los equipos.
- Proponer técnicamente la aplicación del sistema de protección anticorrosiva y conservación en el equipamiento.

El trabajo se desarrolla en la Empresa Salinera de Matanzas y abarca la mayoría del equipamiento existente, al cual se le elabora a cada uno de ellos el SIPAYC correspondiente.

CAPITULO I: Análisis Bibliográficos

1.1. Incidencia económica de la corrosión.

De los primeros reportes de la incidencia económica de la corrosión, se encuentra el Reporte Hoar en 1971, que consistió en un informe del Comité de Corrosión y Protección del Ministerio de Comercio e Industria en Londres, presidido por Hoar, según refiere (González, 1989). En el cual se estima las pérdidas anuales causadas por la corrosión, en los países industrializados y en vías de desarrollo, en alrededor del 3,5 % del Producto Nacional Bruto (PNB), cifra en la que se incluye solamente las pérdidas directas. Se expresa además, que los mayores ahorros potenciales en los costos de la corrosión, provienen de un mejor uso de los conocimientos ya adquiridos, cuya correcta aplicación se estima que representaría una reducción de pérdidas del 22,7 %, como resultado de la reducción de los costos en un grupo de sectores industriales. Coincidiendo (NACE Corporation, 2003), con ahorros de un 25-30 %. Sería de interés por tanto producir ahorros de esta magnitud en los costos por mantenimiento que se reportan actualmente por la Empresa Salinera y que se consideran de elevados, afectando directamente la eficiencia de la empresa.

Las acciones que más contribuyen a la disminución de las pérdidas (Espada, 2005), radican en el racional uso de materiales en función del medio, tratamientos anticorrosivos más idóneos y el diseño adecuado desde la etapa del proyecto. Precisamente la tecnología de los SIPAYC está dirigida a cumplimentar estos requisitos que normalmente no se consideran en la protección anticorrosiva.

Para hacer comparaciones entre países, los costos de la corrosión han continuado expresándose usualmente como una proporción del PNB, en un rango entre el 2 y el 5% (Roberge, et al, 2002; Biezna and San Cristobal, 2005), y dependiendo principalmente si las pérdidas indirectas atribuidas a la corrosión han sido consideradas en adición a la pérdidas directas. De un estudio realizado en el CEAT, se utiliza el rango del 3 al 4% del PIB (Echeverría, et al, 2002), se asume para Cuba el 4%, que como se observa no corresponde al mayor nivel de pérdidas reportado, atendiendo a la agresividad corrosiva y la situación económica del país.

Tomashov estima que el 50% de los costos por corrosión corresponden a la corrosión atmosférica (Tomashov, 1979), planteamiento con el que coinciden

investigadores del tema (Betancourt et al, 2002; Echeverría, et al, 2002; Echeverría, et al, 2004; Echeverría, et al, 2005; Echeverría, et al, 2006; Echeverría (hija), et al, 2007).

Resulta de interés por tanto para la presente investigación, determinar los costos del SIPAYC y una vez implementada esta tecnología, determinar los costos de mantenimiento para poder observar la disminución que se produce con esta nueva tecnología.

1.2. Corrosión y protección del acero.

1.2.1 Agresividad corrosiva y protección del acero.

La lucha contra la corrosión o degradación atmosférica reclama la mayor atención, debido a la variedad de materiales y estructuras metálicas utilizadas en las construcciones, que expuestas a la atmósfera, experimentan a través del tiempo serias afectaciones (González, 1989).

El hierro y los aceros son los materiales más versátiles, menos caros y más ampliamente usados para la construcción de muchos sistemas ingenieriles (Gurrappa and Malakondaiah, 2005). Son los más empleados en estructuras y construcciones de todo tipo expuestas a la atmósfera, sin embargo, una de sus principales limitaciones es su gran corrosividad en este medio (Morcillo, et al, 2002).

Un número incontable de construcciones metálicas se instalan actualmente en la vecindad de la costa, de instalaciones portuarias, astilleros de la industria petrolera, etc., así como equipos relacionados con turismo y ocio. Dada la relativamente alta corrosividad de las atmósferas marinas a que están sometidas las construcciones metálicas, la necesidad conduce al desarrollo de recubrimientos anticorrosivos de gran eficiencia (Almeida, et al, 2006).

Los ambientes corrosivos afectan la durabilidad del material, reduciendo así el rendimiento o funcionamiento y vida de servicio de las estructuras metálicas. Por tanto, la habilidad para predecir la velocidad de corrosión proporciona las bases para decidir la extensión de las medidas preventivas requeridas para proteger importantes estructuras (Bhaskar, et al, 2004).

Uno de los factores que más influye en el deterioro de las estructuras y componentes metálicos de los equipos, es el diseño anticorrosivo, aspecto reconocido por algunos investigadores, pero en las condiciones climáticas de alta agresividad, requiere de una mayor atención, de ahí la importancia de su estudio y caracterización en el presente trabajo.

1.3. Diseño Anticorrosivo y su influencia en la corrosión. Enfoque en sistema.

De estudios realizados en la Universidad de Matanzas, se ha demostrado la gran influencia del aerosol marino, en la contaminación de las superficies expuestas, a la adsorción y condensación de humedad, entre otros factores desencadenantes del deterioro por corrosión de las instalaciones y equipos (Echeverría, et al, 1999; Echeverría, et al, 2001; Echeverría, et al, 2005). Incrementan el deterioro y en consecuencia las pérdidas económicas, la no realización del diseño y protección anticorrosiva adecuados a las condiciones de agresividad.

El diseño apropiado constituye un elemento de importancia, que de conjunto con la selección de materiales, determinan que se prolongue o no la vida útil de las estructuras; puesto que puede evitar, demorar o minimizar la ocurrencia de muchas formas de corrosión. Además involucra la selección de materiales que sean compatibles, promoción de geometrías óptimas y procesos de unión que minimicen la corrosión y empleo de medidas de control de la corrosión (Shifler, 2005). De lo planteado por (Shifler, 2005), se reconoce como importante seleccionar los diseños adecuados que eviten la corrosión, sin embargo, no aborda el diseño anticorrosivo tal y como se establece en la norma correspondiente (UNE-EN ISO 12 944-3 1999).

En una reciente investigación (Echeverría, et al, 2008), que se realizó en los Hoteles Puntarenas y Playa Caleta en Varadero, se plantea que para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo hay que consultar de forma obligada la Norma (UNE-EN ISO 12 944-3 1999). Dado que en esta norma, se establecen los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión. Entre ellos, que las superficies de las estructuras de acero expuestas a los agentes corrosivos deben ser pequeñas en extensión y tener el número más pequeño posible de irregularidades (superposiciones, esquinas, bordes). Además, que las uniones deben

ser realizadas preferiblemente mediante soldadura (preferentemente continua), en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible. Sin embargo como se ha destacado en esta norma no se aportan soluciones a los problemas que se relacionan.

Los autores antes citados (Echeverría, et al, 2008), citando a (Roberge, 2000) destacan lo importante del método: “modificaciones del diseño del sistema o componente”. Comenta que la etapa de diseño, probablemente sea la fase más importante en el control de la corrosión. Además que los detalles de diseño son críticos para lograr una adecuada protección de la corrosión de larga duración. Sin embargo, no hay coincidencia con la Norma (UNE-EN ISO 12 944-3 1999), en cuanto a los términos utilizados.

Destacan por ejemplo citando a (Roberge 2000), que sobre la acumulación y depósitos y el tratamiento de orificios, la norma de diseño establece (UNE-EN ISO 12 944-3, 1999), las precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua, donde deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. Con respecto al tratamiento de orificios aborda: orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad. La corrosión de este tipo debe normalmente, evitarse mediante el sellado.

Sobre este último tipo de problema de diseño, (Roberge, 2000) plantea, que en el caso de la corrosión intersticial (corrosión en resquicios), que ocurre en los orificios, solapes, etc., siempre que sea posible, se debe evitar las condiciones que la promueven. Puesto que las modificaciones ambientales no son efectivas una vez que este tipo de corrosión se ha iniciado, porque la corrosión del micro ambiente dentro del intersticio o hendidura no se modifica fácilmente. Ofrece una solución cuando señala el uso de técnicas de “ensamblaje mojado” para crear una barrera sellante efectiva contra el ingreso o entrada de humedad o fluidos en las uniones solapadas.

Otro problema de diseño anticorrosivo son los componentes huecos y áreas cerradas. Al respecto la norma de diseño plantea (UNE-EN ISO 12 944-3, 1999), que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior

inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica y constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación. Que 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. 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. Refuerza aún más lo planteado por la(UNE-EN ISO 12 944-3, 1999), que la norma sobre preparación superficial (UNE-EN ISO 12 944-4 1999), señala que los espacios con cubiertas herméticamente selladas que se abren ocasionalmente se encuentran sometidos a pequeñas cantidades de agentes corrosivos. Expresa también, que el diseño de los componentes huecos sellados y de los espacios cerrados debería asegurar su hermeticidad (no emplear soldaduras discontinuas, uniones con pernos herméticas). Si no, en función de la temperatura externa, la humedad procedente de las precipitaciones o de la condensación puede introducirse y quedar retenida. Si es probable que esto ocurra, deben protegerse las superficies interiores, incluso en espacios cerrados que han sido diseñados con cubiertas herméticamente selladas donde se ha detectado presencia de humedad. Se debe esperar por tanto, que se produzca corrosión en el interior de espacios y en componentes huecos, cuando no se encuentran cerrados en todas sus partes y no se han tomado las medidas oportunas.

De lo planteado anteriormente, se observa la importancia de la protección interior de los componentes huecos por el tiempo de vida de la instalación. Esta acción prácticamente no se realiza en las condiciones climáticas de Cuba, donde se emplea por lo general acero estructural mucho más susceptible a los efectos de la corrosión, que se contamina con aerosol marino o sal de mar como es el caso de la salina objeto de estudio, durante la etapa constructiva. A ello se suma la presencia de humedad en estos interiores no herméticos todo lo cual permite el desarrollo del proceso corrosivo.

(Chico, et al, 2005), reporta que la adopción de diseños que involucran el uso de uniones o juntas solapadas es cada vez más común, provocando corrosión en grietas

(corrosión localizada). Este tipo de corrosión es un factor importante para el diseño de juntas solapadas y la causa fundamental es la retención de humedad en partes ocluidas por mucho más tiempo que sobre superficies libres. Al respecto opinan (Morcillo et al, 2002; Chico, et al, 2005), que se debe buscar una protección efectiva para estas zonas, que pudiera ser utilizar acero galvanizado en caliente (hot-dip galvanized) (HDG) y 55%Al–Zn, creando un par galvánico entre el recubrimiento y el acero. Esta tendencia se observa en las proyecciones que traza la parte técnica de la Empresa Salinera de Matanzas, al desarrollar nuevos diseños de transportadores contruidos con tubos de acero galvanizado.

La Norma de diseño anticorrosivo (UNE-EN ISO 12 944-3 1999), propone soluciones a los problemas de diseño para condiciones agresivas. Algunas son: “Cuando los componentes de acero se encuentren en contacto, incrustados o incluidos en otros materiales del edificio, por ejemplo ladrillo, no serán accesibles, por lo que las medidas de protección frente a la corrosión deben ser efectivas a lo largo de toda la vida en servicio de la estructura”. Aborda además: “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).

Al respecto debe precisarse que en esta misma situación se encuentran las áreas cerradas y los componentes huecos, que una vez que la estructura está en explotación, deben poseer una protección efectiva a lo largo de la vida servicio. Ello no se garantiza solo con la aplicación de pinturas y requiere de otra protección adicional, señalada en la Norma (UNE-EN ISO 12 944-5, 1999), pero no precisada, en cuanto a productos que puedan ser empleados. De ahí una de las insuficiencias de la norma antes citada en cuanto al enfoque en sistema de la protección.

Al respecto de soluciones propuestas, se plantea en el trabajo de investigadores del CEAT (Echeverría, et al, 2001; Echeverría, et al, 2003; Echeverría, et al, 2005), se señala la aplicación de productos anticorrosivos, con o sin modificaciones del diseño existente, para los problemas que se detecten durante el servicio del equipo o estructura y no se puedan reparar antes. Los productos que se proponen son

recubrimientos anticorrosivos, diferentes a las pinturas, que confieren una protección adicional efectiva, que permiten además el uso de técnicas de ensamblaje mojado, para crear una barrera sellante efectiva que complementa al sistema de protección anticorrosiva con pintura.

Del análisis se observan muy pocas referencias a soluciones propuestas, que incorporen técnicas y productos con enfoque de sistemas de protección, lo que resulta de interés para el desarrollo del presente trabajo.

1.4. Tipos de corrosión que se presentan a la atmósfera. Mecanismos. Factores que influyen.

1.4.1. Corrosión uniforme o generalizada. Corrosión atmosférica húmeda.

Tipo: Corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica húmeda, se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, refiere (Domínguez, 1987), que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc, lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, según refieren investigadores del tema, entre ellos (Tomashov, 1965), (Feliú, 1986), (Corvo, 1989), (Echeverría, 1991), (Morcillo, 1999), etc.

La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos, provenientes del aerosol marino, influye en la condensación de humedad y que esta se produzca a humedades relativas inferiores incluso a 80%. Lo anterior es sostenido por algunos investigadores entre ellos (Feliú, 1986) y (Echeverría, 1991) y queda demostrado por (Tomashov, 1965) que la humedad relativa a la cual condensa la humedad, estará en función del contaminante sobre la superficie metálica.

Este mecanismo es el que se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año, es por ello que constituye el mecanismo fundamental. A partir de este se pueden producir diferentes situaciones durante el proceso corrosivo, en dependencia del espesor de la película de humedad sobre la superficie metálica.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la condensación de humedad y la presencia de contaminantes.

De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas de humedecimiento y secado periódico, en lo que determina la falta de establecimiento de capas de productos de corrosión protectoras. (Echeverría, 1991).

No obstante se insiste que lo que determina la magnitud de la corrosión atmosférica es el tiempo en que permanece la superficie metálica húmeda, destaca (Domínguez, 1987).

En la corrosión atmosférica la humedad determina para que se produzca el proceso, pero la presencia de los contaminantes es lo que influye en su verdadera magnitud.

1.4.2. Corrosión Atmosférica Mojada.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica mojada se presenta en aquellas zonas donde existe acumulación de agua en la cual pueden o no estar disueltos contaminantes, como cloruros y sulfatos fundamentalmente. En estas condiciones la corrosión es similar a lo que ocurre en el agua o en el agua de mar, aunque ligeramente superior, ya que la difusión de oxígeno es mayor en una película de agua. En estas condiciones y en presencia de depósitos se favorece la formación de celdas de concentración, específicamente de aireación diferencial.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de agua y contaminantes, además de la temperatura.

En presencia de agua un aumento de la temperatura aumenta la velocidad de corrosión, hasta un punto en que se evapora y se detiene la corrosión.

La corrosión atmosférica mojada es menor que la húmeda, ya que en la primera existe una delgada capa de humedad que afecta la difusión del oxígeno. Además cuando se produce la corrosión atmosférica húmeda ella está acompañada de lluvia, rocío, etc., lo cual contribuye al lavado de los contaminantes sobre la superficie metálica, disminuyendo la corrosión.

1.4.3. Corrosión galvánica. Celdas de aireación diferencial.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial. (Domínguez, 1987).

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad adsorbida o de agua, galvánico por diferencia de concentración de oxígeno, que se explica de la forma siguiente:

Cuando surge una grieta, hendidura, intersticio, desprendimiento de la pintura, depósitos de óxido o suciedades, todos ellos son causa de la aparición de celdas de aireación diferencial. Debajo del depósito o en el interior del intersticio se crea un área de difícil acceso para el oxígeno, que se constituye en ánodo, tan pronto como en los alrededores con mayor acceso de oxígeno se crea un cátodo.

Esta diferencia de concentración, origina una diferencia de potencial, donde el ánodo es la zona donde aparece la acumulación o depósito y el cátodo sus alrededores. A la mayor concentración de oxígeno corresponde el mayor potencial (cátodo) y a la menor concentración de oxígeno debajo del depósito o el intersticio corresponde el menor potencial (ánodo), donde tiene lugar la corrosión localizada.

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia de humedad, conjuntamente con el depósito o el problema de diseño anticorrosivo, además de los contaminantes que como el aerosol marino acelera el proceso corrosivo.

En este caso un aumento de la temperatura de la superficie metálica, elimina la humedad adsorbida y detiene el proceso corrosivo.

1.4.4. Corrosión interfacial.

La corrosión interfacial se presenta por debajo del recubrimiento como consecuencia de una mala preparación de la superficie y contaminación de la misma.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad adsorbida que penetra a la pintura, al igual que el oxígeno, pero que se desarrolla únicamente cuando hay contaminantes. Cuando la superficie queda contaminada antes de pintar, fundamentalmente con cloruros y sulfatos, ya están dadas las condiciones para la corrosión interfacial, de lo contrario no ocurre.

Las pinturas son permeables al agua y al oxígeno, los cuales la penetran hasta la superficie metálica, pero ambos no pueden provocar el proceso de corrosión de no existir contaminantes sobre la superficie que aumenten la conductividad en la interface acero – pintura y favorezcan el proceso corrosivo.

1.4.5. Corrosión intersticial o corrosión en resquicios.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Durante el diseño de una pieza, equipo o estructura metálica, el diseñador debe tener especial cuidado en no crear intersticios, ya que estos favorecen la acumulación de depósitos (contaminantes) y humedad, que propician el desarrollo de este tipo de corrosión. La explicación de este mecanismo es similar al de las celdas de concentración, que fue explicado con anterioridad.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de intersticios (grietas, hendiduras, solapes, etc.), conjuntamente con contaminantes y la humedad. Los contaminantes provenientes del aerosol marino constituyen catalizadores del proceso corrosivo. En un intersticio tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y por tanto se dan las condiciones para que se desarrolle la corrosión. El factor determinante es la presencia de orificios.

1.4.6. Corrosión por par metálico.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Galvánico, donde el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la unión de metales de distinta naturaleza, aunque influye también la magnitud de la diferencia de potenciales, la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica.

Al analizar los tipos de corrosión, las causas y los factores que influyen, hay que identificar en primer orden los problemas de diseño anticorrosivo que crean las condiciones para que se presenten los distintos tipos de corrosión.

Entre los factores desencadenantes de los distintos tipos de corrosión se encuentran en primer orden la humedad y la presencia de contaminantes, fundamentalmente el aerosol marino.

1.4.7. Corrosión Fatiga.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme con efectos mecánicos.

Mecanismo: Galvánico con efectos mecánicos, donde la grieta que se forma actúa como ánodo y en ella se concentra la corrosión y en los alrededores de la grieta, en el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo.

Factores que influyen.

En la corrosión fatiga resulta fundamental la presencia de tensiones cíclicas, es decir la fatiga, la que provoca conjuntamente con la corrosión la aparición de la grieta y su rápido crecimiento por la acción combinada de la corrosión y la fatiga.

Otros factores que influyen son los contaminantes que originan la grieta o picadura.

1.4.8. Corrosión Selectiva. Descincificación de los latones.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Galvánico donde el ataque preferente se produce selectivamente sobre el material que actúa como ánodo y se oxida y la reducción tiene lugar sobre las zonas catódicas más nobles del material.

El mecanismo de la descincificación de los latones es ampliamente conocido en la literatura especializada y se identifica de la forma siguiente: Es un mecanismo electroquímico, que tiene lugar en presencia de electrolitos, por formación de celdas galvánicas, donde el Cinc de determinadas aleaciones Cu – Zn (latones) sufre corrosión selectiva. Esto se explica por ser el Zn (metal activo) el que actúa como ánodo en las celdas que se forman por toda la estructura susceptible a este ataque.

La mayoría de los latones con aplicación industrial, son latones α , constituidos por una solución sólida de cinc en cobre, sin embargo puede resultar de interés para algunas aplicaciones, emplear aleaciones bifásicas α/β , tal como ocurre en aquellas que tienen alrededor de un 40% de Cinc.

Es común también que algunos latones por problemas de preparación presenten aleaciones bifásicas α/β .

En las aleaciones bifásicas α/β , la fase β es más rica en Cinc y por tanto es más activa con respecto a la fase α , que es más rica en Cobre, estableciéndose una celda galvánica, donde la fase β actúa como ánodo y se disuelve preferentemente el Cinc y la fase α , actúa como cátodo y sobre la misma tiene lugar la reducción del agente oxidante.

Algunos autores señalan que inicialmente se disuelve el Cinc superficial de la fase β , en la que queda expuesto superficialmente solamente el Cobre, constituyendo esta, la primera etapa del proceso de descincificación o de corrosión selectiva del Cinc.

En una segunda etapa ocurre también la reducción de los iones Cobre (II), que actúan como oxidantes y se reducen sobre la fase β , creando una superficie de cementación de Cobre porosa de color rojo.

El ataque continúa sobre la fase α que se convierte en ánodo, cuando ha desaparecido el Cinc de la fase β y depositado el cobre. Esto se demuestra cuando se analizan muestras del material desintegrado comprobándose que solamente queda Cobre, donde el Cinc ha desaparecido de la aleación.

Este mecanismo electroquímico se desencadena para determinadas composiciones de la aleación y condiciones del medio electrolítico, que son precisamente las condiciones que se favorecieron para que se presentara el fenómeno.

Factores que influyen.

Composición de la aleación de latón.

Latones con más del 15% de Cinc en su composición, son susceptibles a este tipo de corrosión y se conocen como los latones amarillos por el color que toma la aleación.

Presencia de un medio electrolítico.

La presencia del medio electrolítico es condición necesaria para que tenga lugar el mecanismo de corrosión electroquímico. A medida que aumenta el tiempo de permanencia del medio electrolítico se incrementa la corrosión.

El electrolito puede estar formado por humedad adsorbida sobre la superficie del latón, condición que se logra siempre en Cuba, por ser la humedad relativa superior al 80% como promedio anual, pero se requieren condiciones de agresividad específicas.

Presencia del medio agresivo de los gases de escape.

Por ser el Cinc un metal activo, anfótero, que se pasiva solamente en condiciones próximas a la neutralidad, el medio ácido lo disuelve preferentemente.

Favorece la disminución del pH sobre las superficies extendidas de los radiadores la presencia de gases de combustión del diesel, que además de dióxido de carbono (CO₂), presenta dióxido de azufre (SO₂), los cuales en contacto con la humedad forman los ácidos respectivos.

El dióxido de azufre (SO₂) de los gases de combustión, provoca además la corrosión del Cobre.

1.4.9. Corrosión picadura.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, no uniforme, galvánica por picadura. (Domínguez, 1987).

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad condensada o adsorbida o gases condensados, galvánico por diferencia de potencial entre la picadura (más activa) y la superficie del metal menos noble de la forma siguiente:

Cuando se forma una picadura en un metal pasivo, la picadura que tiene un área insignificante actúa como ánodo y toda el área a su alrededor actúa como cátodo, por tanto la densidad de corriente de corrosión sobre el ánodo es muy grande y produce la aparición de la picadura a corto plazo.

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia de humedad condensada, la existencia de metales pasivos o aleaciones susceptibles a este ataque, conjuntamente con la formación de depósitos de sustancias que aceleran este proceso, entre los cuales se encuentran los contaminantes agresivos productos de la corrosión de petróleos con contenidos de azufre y vanadio, entre otros.

1.5. La protección anticorrosiva de equipos bajo la influencia de la sal de mar. Enfoque en sistema.

(Espada, 2005) señala que la corrosión es un fenómeno que afecta a todos, pero el ser humano sólo puede actuar mitigándolo, utilizando para ello medidas anticorrosivas. Por lo que el control de este proceso de reversión es la meta de la ingeniería de corrosión.

Reconocer los síntomas y el mecanismo de un problema de corrosión es una etapa preliminar importante en el camino de encontrar una solución conveniente. Existen básicamente cinco métodos de control de la corrosión: 1) Cambiar a un material más adecuado, 2) Modificaciones del ambiente, 3) Uso de recubrimientos protectores, 4) Aplicación de protección catódica o anódica y 5) Modificaciones del diseño del sistema o componente (Roberge, 2000). Sin embargo, refiere (Albrecht and Hall, 2003), que existen tres categorías generales de control de la corrosión: Recubrimientos de superficie, sistemas catódicos y el uso de materiales resistentes a la intemperie (aceros de intemperismo). Considera que el tipo de estructura y el

ambiente determinarán cuál de los tres acercamientos es más adecuado y económico.

Los recubrimientos protectores se emplean ampliamente para el control de la corrosión, proporcionando una protección de larga duración bajo un amplio rango de condiciones corrosivas. El principio esencial de acción es aislar o separar al metal del medio corrosivo (Pérez, 1998; Roberge, 2000; Fragata, 2002; Morcillo, 2002; Morcillo, et al, 2002; Rodríguez, 2004; Espada, 2005; Shifler, 2005; Vera and Cañas, 2005; Schmidt, et al, 2006). (Pérez, 1998; Roberge, 2000; Morcillo, 2002) entre otros, coinciden en que existe una gran variedad de recubrimientos protectores, que pueden ser divididos en recubrimientos metálicos, inorgánicos y orgánicos. No obstante considera (Pérez, 1998), que el aislamiento del acero del medio mediante la utilización de recubrimientos y en particular con recubrimientos orgánicos (pinturas), es el método de protección más empleado. Las razones fundamentales son su bajo costo y su facilidad de aplicación. Criterio que comparten la mayoría de los investigadores del tema (Pérez, 1998; Almeida, 2002; Fragata, 2002; Morcillo, 2002) (Roberge, 2000; Morcillo, et al, 2002; Rodríguez, 2004; Ochoa et al, 2005; Santos, et al, 2005).

En la presente investigación se centra el estudio en el empleo de recubrimientos y otras técnicas aplicados como sistema.

Dentro de esas técnicas, se destaca la conservación como sistema de materiales y recubrimientos.

Al respecto de la conservación destaca (Otero, 2000). Los problemas que originan la corrosión y degradación tienen que ser infundidos en el ánimo de los profesionales de todas las disciplinas relacionadas con la ingeniería y las ciencias aplicadas. El concepto "conservación" es sin duda uno de los que hoy poseen mayor vigencia. Se piden medidas para evitar la degradación del medio ambiente, de la naturaleza. ¿Por qué no clamar, simultáneamente, por conservar todo aquello que ha sido obra del hombre y que le ha permitido alcanzar un nivel de desarrollo mayor en los últimos dos siglos que en las decenas de miles de años precedentes? En esta sociedad tecnificada el alargar la vida en servicio de los metales y, en general, de los

materiales debe convertirse en algo prioritario. Tomar conciencia de este hecho es el primer paso que puede ayudar a la conservación.

El Glosario de Términos de conservación (Colectivo de Autores, 2004), define conservación, como acción y efecto de mantener una cosa en buen estado, preservarla de alteraciones.

Como se comprende el concepto conservación es mucho más amplio y abarcador que el término protección anticorrosiva, relacionado con las acciones diversas que se realizan para proteger a los metales de la corrosión. En el presente trabajo se insiste en la protección anticorrosiva y conservación para lograr una mayor efectividad en los sistemas que se apliquen.

1.5.1. Enfoque en sistema de la protección anticorrosiva y conservación con recubrimientos.

Un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados, que van a ser aplicados o que ya lo han sido, sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión. Es posible además aplicar medidas de protección adicionales u otras medidas, pero se requiere el acuerdo entre las partes interesadas (UNE-EN ISO 12 944-1, 1999). Esta definición constituye el enfoque más acabado sobre sistema de protección con recubrimientos, aunque la norma no incluye otros recubrimientos diferentes a las pinturas, no precisa los tipos pueden ser empleados y no hace referencia a la aplicación de las técnicas de conservación.

(Scott, 2000) reporta que las soluciones de mitigación de la corrosión dependerán de lo que haya sido determinado en las fases iniciales, las cuales pobremente diseñadas no tendrán un cumplimiento como es requerido en largos períodos. Estas dependen del material a proteger, calidad del recubrimiento, continuidad eléctrica, localización de la estructura y las mismas pueden involucrar frecuentemente diferentes métodos de protección, que en su conjunto forman un sistema. Pero de igual forma no precisa los componentes del mismo.

Del análisis realizado por (UNE-EN ISO 12 944-1, 1999), (Scott, 2000), se denota que no siempre un único método de protección garantiza que no se deteriore el material, sino que se requiere de la combinación de métodos de protección o

medidas adicionales. Al respecto, (Roberge, 2000) refiere, un sistema de protección suplementario que se aplica a superficies que ya tienen una protección semipermanente o permanente. Ello se logra con la aplicación de un material que puede ser fácilmente aplicado y removido y que será reemplazado periódicamente durante la vida del sistema; los que se clasifican en compuestos de unión y sellantes y compuestos que desplazan el agua. Los primeros se usan para la protección en uniones, (superficies solapadas, juntas o uniones a tope, etc.) donde excluyen o separan la suciedad y la humedad y proporcionan una reserva de pasivadores solubles que actúan como inhibidores. Como ejemplos de los sellantes están los elastoméricos y los más populares son los sellantes de polisulfuros que contienen inhibidores de la corrosión. Los compuestos que desplazan el agua proporcionan una protección suplementaria a los sistemas de pintura que se han deteriorado o se dañan en servicio. Se aplican como fluidos y son usualmente inmiscibles con el agua, desplazándola de las superficies, grietas o hendiduras. Son fluidos que se basan generalmente en la lanolina y contienen varios solventes e inhibidores, los que proporcionan protección de corta duración, por lo que deben exhibir excelentes características de desplazar el agua y crear una capa delgada y oleosa.

Del análisis realizado, se denota que muy pocos autores abordan el enfoque en sistema, para la protección anticorrosiva y conservación de equipos e instalaciones sometidas a los ambientes agresivos, que son los que más necesitan del mismo, como es el objeto de estudio de la presente investigación. Por tanto, constituye un aspecto de interés en el presente trabajo.

1.5.2. Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas.

(Pérez, 1998; Fragata, 2002; Pérez, et al, 2002; Echeverría, 2003; Grupo Consultor, 2004; Ochoa et al, 2005; Santos, et al, 2005; Shifler, 2005; Almeida, et al, 2006; Schmidt, et al, 2006) coinciden que la aplicación de pinturas es un método de protección muy utilizado. En los últimos dos decenios se han producido cambios sustanciales en la composición de los sistemas de pinturas. Al respecto (Almeida, et Al, 2006), destaca que a finales de los años 80 estaban disponibles excelentes formulaciones de pinturas. Sin embargo, la necesidad de la protección ambiental mundial y la protección de la salud humana, condujo a la completa prohibición de muchas de esas tradicionales formulaciones de pinturas, debido a que incluían

productos tóxicos y/o carcinogénicos en su composición. Por tanto, los años 90 vieron un cambio radical en la dirección de las tecnologías de pinturas, lo que hizo necesario reformular la mayoría de estas, apareciendo las pinturas ecológicas.

1.5.3. Etapas del sistema para la protección anticorrosiva con pinturas de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 12 944.

Seguidamente se desarrollan las etapas del sistema de pintura que establece la norma, exceptuando aquellas que por el alcance del presente trabajo no son objeto de estudio.

1.5.3.1. Clasificación de ambientes.

Refieren (Pérez, 1998), (Iglesias, 2000), (Fragata, 2002), (Echeverría, 2003), (Echeverría, 2005), que la determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva, según la norma (UNE-EN ISO 12 944-2:1999), resulta decisivo. Dado que determina las recomendaciones de diseño, tipos y preparación de superficies, posibles esquemas de pintura a seleccionar, tipos de ensayos a realizar en el laboratorio, desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa dentro del sistema, influirá en los posteriores, todo lo cual en su conjunto contribuirá a aumentar la durabilidad del sistema de protección anticorrosiva con pintura.

En la propia Norma UNE-EN ISO 12 944-2:1999, señala los ambientes interiores de los componentes huecos y áreas cerradas, que por sus peculiaridades (mayor humedad relativa y posible presencia de contaminantes) provocan la corrosión por el interior.

Es muy importante definir la estación del año en que se llevará a cabo el sistema de protección con pintura, preferentemente verano o lluvia (atmósfera menos contaminada), para lograr que las superficies queden libres de contaminantes. Ello influirá favorablemente en la durabilidad del recubrimiento.

1.5.3.2. Consideraciones de diseño.

Es importante definir y tener en cuenta, desde la etapa de elaboración del proyecto, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan (UNE-EN ISO 12 944-

3:1999), pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos.

Muchas veces los recubrimientos orgánicos aplicados a estructuras metálicas expuestas al ambiente fallan prematuramente debido al diseño particular de la estructura, por la presencia de áreas con mayor predisposición al ataque corrosivo (zonas de retención o acumulación de lluvia, humedad, partículas de polvo o contaminantes, resquicios, etc.).

1.5.3.3. Tipos de preparación de superficies.

Para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado en cada caso, es necesario un análisis previo considerando el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el carácter y grado de la suciedad y oxidación. Además de consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (UNE-EN ISO 12 944-4:1999).

Esta es una de las etapas más importantes para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado (Fragata, 2002), (Morcillo, 2002), (Ochoa, 2005), (Echeverría, 2005); el cual obedece en un 90% a la preparación de la superficie que se haga que es la causa de los fallos de los recubrimientos protectores sobre acero en el 60 – 70 % de los casos (Ochoa, 2005). Siempre que se pueda se debe utilizar el método a chorro, por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad (Ochoa, 2005). Al respecto refiere (Morcillo, 2002), que tanto el chorreado como el decapado son los más seguros y efectivos y destaca que: “mejor comportamiento ofrece un recubrimiento de pintura de “baja resistencia” que uno de “alta calidad” si se aplican a superficies deficientemente preparadas”. Esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, todo lo cual tiene un objetivo final que es potenciar la adherencia del recubrimiento a la base metálica. Coinciden la mayoría de las fuentes consultadas con la falta de atención a la preparación de superficies (Echeverría, 2000), (Roberje, 2000), (Iglesias, 2000), (Fragata, 2002,), (Morcillo, 2002) (Ochoa, 2005).

Una vez realizado el chorreado de arena (sanblasting) o granallado, se requiere una protección inmediata, ya sea mediante la aplicación de fosfatado, una pintura de

protección temporal, o una imprimación reactiva (Iglesias, 2000), (Ochoa, 2005). El chorreado no se recomienda en instalaciones turísticas por exigencias ambientales.

El fosfatado penetra a fondo en los resquicios u orificios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora temporal y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera, previo a la aplicación del recubrimiento. Puede ser aplicada directamente sobre el metal oxidado o sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura (Ficha Técnica, DISTIN 504).

1.5.3.4. Sistemas de pinturas protectores.

La elección de las pinturas incluye varios aspectos (Ochoa, 2005), pero dentro de los más importantes están la durabilidad (en función de la exposición y superficie a proteger), extensión del trabajo a realizar (grandes superficies), condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura (por litro). (Pérez, 1998) define que habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas que responden a distintos requerimientos. Con lo anterior coinciden (Echeverría, 2003), (Morcillo, 2002) (Ochoa, 2005).

Un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas (Pérez, 1998):

Imprimación: capa en contacto directo con el sustrato metálico y sobre la cual recaen dos funciones muy importantes: la adherencia al sustrato metálico y el control de la corrosión. La adherencia está influenciada además por la preparación superficial del sustrato.

Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal misión es aumentar el espesor total del sistema de pintura, de ahí que su requerimiento más importante sea una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.

Acabado: capa que está en contacto directo con el medio ambiente, por tanto, será la responsable de la resistencia a los agentes atmosféricos: radiación solar, resistencia a la abrasión, lluvia, etc.; además de cumplir exigencias estéticas.

Lo antes expuesto está en concordancia con lo planteado por la Norma (UNE-EN ISO 12944-5:1999) y es criterio compartido de varios autores (Roberje, 2000), (Fragata, 2002), (Rodríguez, 2004), (Echeverría, 2003), (Ochoa, 2005), (Schmidt, 2006).

(Ochoa, 2005) considera, que la incompatibilidad entre las pinturas que conforman el sistema, es un factor determinante en la calidad del recubrimiento con pinturas, lo que conduce a defectos. Aspecto este con el que coinciden todos los autores consultados (Echeverría, 2001,2005), (Fragata,2002).

La Norma (UNE-EN ISO 12 944-5:1999), ofrece varios esquemas de pinturas en función de la agresividad corrosiva del medio, cada uno de los cuales define el grado de preparación superficial, tipo de pintura, número de capas, espesor y durabilidad. La durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como: tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del sustrato antes de la preparación, la efectividad de la preparación de superficie, la calidad de la aplicación y las condiciones de exposición antes y durante la aplicación. Al respecto, se establecen tres niveles de durabilidad de los sistemas de pintura:

- **Durabilidad Baja:** Sistema sin afectación apreciable de 2 a 5 años.
- **Durabilidad Media:** Sistema sin afectación apreciable en un período de 5 a 15 años.
- **Durabilidad Alta:** Sistema sin afectación apreciable por un período superior a 15 años.

Lo anterior lo establece la Norma Internacional (UNE-EN ISO 12 944-5:1999). En la actualidad, los sistemas que más se emplean en Cuba, sobre la base de la literatura consultada, son los de durabilidad Baja, en lo que incide la falta de cultura, experiencia y condiciones de agresividad existente.

Ensayos de comportamiento en laboratorio.

La evaluación de la calidad de las pinturas elegidas debe ser una etapa previa a la selección del sistema de pintura y para ello es necesario analizar no sólo su aporte estético, también sus características técnicas y su comportamiento frente a los agentes agresivos (Ochoa, 2005).

La Norma UNE-EN ISO 4628-1:2003 aborda los aspectos generales en cuanto a la evaluación de la degradación de los recubrimientos a la intemperie (designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos). En concordancia con un estudio realizado (Santos, 2005), acerca del comportamiento de varios sistemas de pintura en condiciones de exposición artificial y natural, se señala que los resultados obtenidos deben considerarse como una ayuda en la comprobación o evaluación de los sistemas de pintura para el uso en varias categorías de corrosividad y no como una información exacta para determinar la durabilidad.

1.5.3.5. Ejecución y supervisión de los trabajos de pintado.

Esta etapa de gran importancia en la aplicación de los sistemas de pintura, no es objeto de investigación en el presente trabajo dado su alcance, no obstante por su importancia, como etapa dentro del sistema, se relacionan algunos aspectos de interés.

Las empresas contratadas para la ejecución de los trabajos de pintura en estructuras de acero, y su personal, deben disponer de un sistema de aseguramiento de la calidad para la ejecución de los trabajos de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 12 944-8:1999, a no ser que se acuerde lo contrario UNE-EN ISO 12 944-8:1999.

Las áreas de referencia son áreas apropiadas de las estructuras utilizadas para establecer un patrón mínimo aceptable para el trabajo, para comprobar que los datos proporcionados por un fabricante o contratista son correctos y para posibilitar la evaluación. Pueden ser utilizadas con propósitos de comprobar las garantías, en este caso deben seleccionarse donde los agentes de corrosión sean típicos para la estructura en cuestión. Todos los trabajos en las áreas de garantías deben de realizarse en presencia de representantes de todas las partes interesadas. Estas áreas deben estar documentadas e identificadas UNE-EN ISO 12 944-8:1999.

Los principales pasos para el control de la calidad son los siguientes (Iglesias, 2000): Inspección y pruebas previas a la preparación de la superficie, Inspección de la preparación de la superficie, Inspección y aceptación de la superficie preparada, Inspección y prueba, previo y durante la aplicación del primario, Inspección, prueba y aceptación de la capa de primario y su curado, Inspección y prueba previa durante la

aplicación del acabado, Inspección, prueba y aceptación de la capa de acabado y curado y Aceptación final del sistema.

Al respecto del control de la calidad es importante reconocer que no se realiza frecuentemente con todas las exigencias, en lo que influye la falta de normalización de los procedimientos, la falta de preparación del personal encargado, entre otros aspectos, todo lo cual será objeto de análisis en el desarrollo del trabajo.

1.6. Comportamiento de sistemas de pintura en atmósfera marina.

En un valioso estudio realizado por (Pérez, 1998), se expresa que existen dos mecanismos fundamentales a través de los cuales las pinturas protegen a los metales frente a la corrosión: el mecanismo electroquímico y el mecanismo barrera. Cada uno de ellos dependerá de las características físico-químicas de la pintura, sin olvidar que las propiedades no sólo dependen de la resina sino de todos los componentes (pigmentos, aditivos, disolventes), y de la naturaleza del sustrato metálico. Estos dos mecanismos incluyen cuatro efectos reconocidos por (Morcillo, 2002). Puesto que en la práctica se utilizan sistemas de pintura, es habitual que el mecanismo electroquímico le corresponda a la capa de imprimación, mientras que las propiedades barreras son características de la capa de acabado. Los pigmentos que cumplen con este mecanismo son por lo general inorgánicos, que además del efecto pasivante pueden formar compuestos insolubles básicos.

El efecto de protección catódica, refiere (Morcillo, 2002), lo proporcionan pigmentos metálicos, usualmente el zinc, señalando al respecto (Pérez, 1998), que el pigmento anticorrosivo es polvo de zinc en elevadas concentraciones, superiores al 90% en peso, actuando como protección catódica, de forma análoga al acero galvanizado.

Los componentes de las pinturas juegan un papel importante en el mecanismo de actuación, por lo que resulta de interés conocer sus constituyentes básicos, que según refiere (Pérez, 1998), son cuatro: resina o vehículo fijo, pigmentos, disolvente o vehículo volátil y aditivos, criterio con el que coinciden la mayoría de los investigadores (Roberje, 2000), (Morcillo, 2002), (Fragata, 2002), (Rodríguez, 2004), (Ochoa, 2005). Refiere además (Pérez, 1998), que cada uno de ellos tiene una función específica, pero por la importancia que tienen las resinas, definen las características de la pintura en mayor medida que el resto de los componentes. En

consecuencia, será el principal responsable, tanto de las propiedades físicas como químicas de la pintura, las que habitualmente se clasifican según el mecanismo de curado que da lugar a la formación de la película sólida.

En investigaciones realizadas por la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-Centro) (Iglesias, 2000) y por el Centro Investigaciones del Petróleo (CEINPET), se evaluó el comportamiento de diferentes sistemas de pinturas sobre acero en zonas de Alta y Muy Alta agresividad corrosiva con influencia marina. Siendo los de mejores resultados el sistema epoxi – poliuretano.

Del análisis del comportamiento de diferentes sistemas de pinturas en ambientes con influencia marina (en zonas de Alta, Muy Alta y Extrema agresividad corrosiva), se concluye que los sistemas con primarios ricos en zinc ofrecen una excelente protección al sustrato base (protección catódica adicional a la protección barrera del sistema en conjunto) incluso en zonas con agresividad superior a Muy Alta,

La mayoría de los sistemas en estas atmósferas tan agresivas, no superan los 5 años sin afectación alguna, lo que significa que ofrecen una baja durabilidad según la Norma UNE-EN ISO 12 944-5:1999.

(Iglesias, 2000) y (Fragata, 2002) coinciden en que los recubrimientos epóxicos por naturaleza calean expuestos al exterior, es decir, presentan un proceso de degradación superficial ocasionada por el sol y el oxígeno. Sin embargo este proceso no altera las propiedades de protección del sistema, sólo es un defecto estético, por eso se le aplica preferentemente como acabado una pintura de poliuretano. Refiere (Fragata, 2002) además, que específicamente el poliuretano alifático ofrece excelente resistencia a los rayos ultravioletas, razón por la cual retienen mejor el color y el brillo cuando se expone al intemperismo natural y que un experimento realizado para tener una idea de la resistencia a los rayos solares de diferentes pinturas de acabado (poliuretano, alquídica y epoxi), se observó la bajísima retención del color de las epóxicas, seguidas de las alquídicas y por último el poliuretano. Otro aspecto de gran importancia en el diseño de los esquemas de pintura es la compatibilidad entre las pinturas que conforman el sistema, en la Tabla 8 Anexo 2, se relacionan las compatibilidades entre los sistemas más usados.

Como resultado del análisis se infiere, que las pinturas son uno de los componentes del sistema de mayor importancia, que los sistemas de pintura que ofrecen el mejor comportamiento están constituidos por un primario rico en cinc y un acabado de poliuretano alifático, con preparación superficial y espesor en correspondencia con la agresividad corrosiva de la atmósfera. No obstante son permeables al agua y al oxígeno, presentan una durabilidad limitada en atmósferas agresivas, entre otras limitaciones.

La mayor limitación que presentan estos sistemas es que se dificulta su reparación, ya que son recubrimientos de curado químico, que no admiten la aplicación posterior de capas de recubrimiento si no se logra una buena preparación de la superficie.

1.6.1. Protección anticorrosiva y conservación adicional.

Como se ha señalado con anterioridad, los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios agresivos y la presencia de problemas de diseño anticorrosivo obliga a emplear en los sistemas protectores una protección adicional.

1.6.1.1. Materiales compuestos de matriz asfáltica modificados con polímeros.

Uno de los materiales más utilizados como matriz en los materiales compuestos es el asfalto y una de las formas de mejorar sus propiedades es oxidándolo (Rodríguez, 2004); y si se desea mejorar substancialmente sus propiedades mecánicas, en especial su recuperación elástica, ello se logra mediante la modificación con relleno de polímero.

Los polímeros son sustancias macromoleculares naturales o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas más sencillas por reacciones poliméricas. Por lo tanto, un polímero es un compuesto con un elevado peso molecular, con propiedades vinculadas a su composición (Reyes, 2006), (Tonda, 2006).

En la presente investigación el material polimérico que se emplea es el polvo y viruta de goma reciclada de los neumáticos de los automóviles. Los elastómeros o cauchos son polímeros lineales amorfos, generalmente insaturados.

Con estas características se producen en el CEAT, dos tipo de recubrimientos: Mástique Asfáltico con Goma Tipo Solvente DISTIN 403 L, que se aplica por proyección y resulta muy resistente a la penetración de agua con sales y el producto

Mástique Asfáltico Semisólido con virutas de goma DISTIN 403. Ambos tienen como principales características que proporcionan un recubrimiento flexible y resistente a los impactos, propiedades que no poseen las pinturas (Anexo 5.5 y 5.6).

1.6.1.2. Grasas de conservación.

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Con resultados de evaluaciones a la intemperie y bajo techo en condiciones de alta y muy alta agresividad corrosiva, por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas lo que no han logrado otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo. Estos experimentos de conservación, han continuado hasta la actualidad, (Echeverría, 2008).

Otra propiedades importantes de estas grasas son su alta resistencia al agua, medios salinos y ácidos, la no afectación a los recubrimientos de pintura y la formación de una capa protectora que se endurece con el tiempo por curado y no se cuartea ni chorrea, resistiendo temperaturas superiores a 80° Celsius sobre la superficie metálica (Echeverría, 2008).

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos en general. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y los recubrimientos de pintura. Proporciona una barrera al agua y otros agentes, en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en las condiciones climáticas de Cuba de gran agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos (Ficha Técnica DISTIN 314 L). Por sus propiedades y aplicaciones, existe una creciente demanda en el transporte y en los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación, por la protección adicional que ofrece en componentes huecos, áreas

cerradas, orificios y zonas de difícil acceso, al poderse aplicar directamente sobre las superficies oxidadas, en las que se dificulta la preparación previa. (Echeverría, 2003,2008).

Por lo antes analizado, las grasas encuentran aplicación dentro de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación de estructuras metálicas, en el tratamiento de problemas de diseño anticorrosivo.

1.6.1.3. Ceras impermeabilizantes.

Desarrollar este contenido con la ficha técnica y otras bibliografías.

Como resultado del análisis bibliográfico sobre las ceras impermeabilizantes y abrillantadoras, se concluye que encuentran aplicación en la conservación de los recubrimientos de pinturas, al proporcionarle impermeabilidad al agua, resistencia a la radiación ultravioleta, entre otras propiedades.

1.7. Tecnología de los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) aplicado al equipamiento.

La única experiencia consultada sobre aplicación de la tecnología de los SIPAYC a los equipos, proviene de la experiencia del CEAT que se aplica actualmente en grupos electrógenos y en el transporte automotor. Forma parte de una metodología o tecnología general que se imparte en los cursos de postgrado y que contiene como aspectos fundamentales los siguientes:

- Caracterización del problema en base a diagnóstico.
- Selección de materiales. Identificar problemas.
- Diseño anticorrosivo. Identificación de los problemas que se presentan y se tratan en dos etapas.
- Tipos de corrosión y factores que influyen.
- Evaluación de la magnitud del daño con criterio técnico y económico.
- Medidas que se aplican o pueden aplicarse.
- Métodos de protección.
- Métodos de conservación.
- Enfoque en sistema y propuesta de SIPAYC.

1.8. Conclusiones parciales del capítulo.

1. A mayor agresividad del ambiente mayor atención al diseño anticorrosivo, lo que exige de soluciones con técnicas y productos con enfoque de sistemas de protección, existiendo al respecto, muy pocas referencias en la bibliografía consultada.
2. En los sistemas de protección con recubrimientos, las pinturas constituyen un componente fundamental, obteniéndose que los sistemas que mejores resultados ofrecen para atmósferas marinas son aquellos con primario rico en cinc y un acabado de poliuretano alifático y con preparación superficial y espesor en correspondencia con la agresividad corrosiva de la atmósfera.
3. Las pinturas de curado químico como las epóxicas y el poliuretano, requieren ser aplicadas sobre el metal limpio y bien preparado, son muy difíciles de reparar y aplicar sobre ellas otras capas de pintura y no siempre se encuentran disponibles por las limitaciones en las importaciones.
4. Los materiales compuestos de matriz asfáltica con goma poseen propiedades que superan en algunas aplicaciones a las pinturas, entre ellas la elasticidad, adherencia, resistencia a los microorganismos, impermeabilidad al agua y resistencia a los impactos.
5. Las grasas de conservación temporal encuentran aplicación en el tratamiento del diseño anticorrosivo como componentes huecos, áreas cerradas y otros.
6. Las ceras impermeabilizantes encuentran aplicación en la conservación de los recubrimientos de pinturas al proporcionarle impermeabilidad al agua y sales, resistencia a la radiación ultravioleta entre otras propiedades.
7. La tecnología de los SIPAYC integra como sistema la selección de los materiales, el diseño anticorrosivo, la aplicación de recubrimientos y las técnicas de conservación, que tiene que ser desarrollada para cada equipo en específico y en las condiciones de explotación existentes.

2. Capítulo 2. Caracterización del equipamiento y diagnóstico del diseño anticorrosivo corrosión protección y conservación.

2.1 Materiales y métodos.

Para el desarrollo del trabajo se realiza un diagnóstico técnico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación que se emplea en cada uno de los equipos de la Empresa Salinera de Matanzas, utilizando la fotografía digital y observación directa en los medios que intervienen en todo el proceso productivo y que son objeto de estudio en el presente trabajo.

Con relación a los materiales se caracterizan los materiales metálicos utilizados, los recubrimientos utilizados.

Dadas las características técnicas del equipamiento existente en la Empresa Salinera, el material que principalmente se emplea en la construcción, es el acero estructural de bajo contenido de carbono, aunque en algunos equipos en específico aparecen otros materiales que se detallan en el diagnóstico que se realiza.

Con relación a los métodos, se emplea en el trabajo, la Norma UNE-EN ISO 12944: 1 – 8: 1998, en todas sus partes, la cual constituye una guía en cuanto a la protección con recubrimientos de pinturas, no obstante a las insuficiencias que se le señalan en el análisis bibliográfico.

2.2. Características técnicas del equipamiento en la instalación y diagnóstico.

Las características técnicas del equipamiento incluye en general la función que realiza el equipo en la Empresa Salinera de Matanzas, los principales materiales de que están constituidos y los métodos de protección y conservación que se han aplicado.

En cuanto al diagnóstico se abordan los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación que presentan en general, sobre todo aquellos que se identifican en las fotografías digitales que se muestran.

A continuación se analizan los principales equipos de la Empresa Salinera de Matanzas, objeto de estudio en la presente investigación.

2.2.1. Descripción del proceso tecnológico

El agua del mar se introduce a la salinera por bombeo eléctrico o diesel con una densidad de 3,5 a 4,5 Be. Posteriormente esta salmuera es recogida por diferentes lagunas de las áreas de evaporación, concentración y finalmente el área de cristalización donde se produce la sal. La misma es extraída mediante la combinada, bandas transportadoras y carretas.

La sal extraída es transportada al área de lavado, almacenándose en forma de cono para la protección contra la lluvia. Posteriormente, se realiza el primer lavado proceso que garantiza la calidad de la materia prima para la elaboración de sal.

La planta para la elaboración de sal es donde se preparan diferentes surtidos de sal para el consumo humano, animal e industrial. Este proceso está definido por las siguientes fases: lavado, centrifugado, molienda y envase.

El equipamiento que participa en todo este proceso es el siguiente:

Extracción de sal:

- 1 combinada
- 8 carretas
- 16 bandas transportadoras
- 5 tractores

Planta de elaboración:

- 1 carreta
- 1 tractor
- 1 cargador
- 1 retro excavadora

Bombeo de salmuera:

- 1 bomba de 1800 m³/h, motor eléctrico de 42,5 KW.
- 1 bomba de 900 m³/h, motor eléctrico de 25 KW.
- 2 bombas de 850 m³/h, motor eléctrico de 37 KW.

- 1 bomba de desagüe de 600 m³/h, motor diesel de 130 caballos de fuerza.

La empresa dispone de una planta eléctrica.

2.2.2. Características técnicas de la combinada y diagnóstico.

Características técnicas.

La Combinada es el equipo fundamental en la Empresa Salinera de Matanzas, ya que de su funcionamiento depende la extracción de la sal de los estanques, una vez que se complete el proceso de cristalización.

Los principales materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural, pero además tiene componente que son de acero al cromo – níquel, tal y como se observa en el transportador helicoidal y en las cadenas.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura, sin ningún otro producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza del equipo, cuando no está funcionando, pero carece de un plan concreto al respecto, que se incorpore como sistema de conservación preventiva. No se observa la aplicación de otros productos para la conservación de los materiales, componentes y recubrimientos de pintura.



Fig. 1. Combinada para la extracción de la sal de los estanques.



Fig. 2. Vista de parte de la combinada objeto de estudio.

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

En la combinada se detectaron los siguientes problemas de diseño anticorrosivo: problemas de accesibilidad, zonas de acumulación y depósito, soldadura discontinua e irregular, resquicios y par metálico, entre otros. Más adelante se particulariza en cada uno de ellos.

Los tipos de corrosión presentes son: corrosión atmosférica generalizada, corrosión en resquicios, corrosión interfacial, corrosión por celdas de aireación diferencial y la corrosión galvánica.

La preparación superficial es insuficiente y el sistema de pintura es inadecuado, como se explica más adelante.

En las figuras 3, 4 y 5 del Anexo 3 se señalan los problemas de diseño anticorrosivo que originan diferentes problemas de corrosión.

En la figura 3 se observa la presencia de problemas resquicios y soldadura (1) entre el angular y la plancha debido a que las mismas se encuentran solapadas y unidas por medio de soldaduras discontinuas. También se observa una zona donde favorece la acumulación de depósitos y agua (2), por el interior del conducto y por tanto aparece el daño por corrosión. En esta figura la corrosión que más se desarrolla es la corrosión en resquicio, señalado por 1 y 2.

Solución: Una solución sería, reemplazar las soldaduras discontinuas existentes entre el angular y la plancha por las continuas, de modo que se puedan eliminar los resquicios. Otra variante es realizar la unión entre la plancha y el angular con pernos, aplicando un producto que permita una unión blanda y flexible que elimine el resquicio del solape, tal como los mastique asfálticos.

En la zona de acumulación y deposito (2), por el interior del conductor, se puede aplicar drenaje de no existir y grasa líquida para la protección interior en la zona inaccesible y de depósito.

En la figura 4 se observa problemas de accesibilidad (3) en el lugar donde está la cadena, y orificio en los eslabones, que se encuentran sin protección. En (4)

resquicios entre dos planchas solapadas unidas con pernos y también en la conexión con pernos sin protección. En la misma se desarrolla la corrosión en resquicios.

Solución: La solución al problema (3) se logra aplicando a la cadena la grasa semisólida y a la cavidad la grasa líquida. Al problema (4), aplicar mastique asfáltico semisólido entre las planchas de modo que elimine los orificios o resquicios, antes de la unión.

La figura 5 presenta una zona de acumulación y depósito y agua (5), así como problemas de resquicio en solape y unión con pernos. Por estos problemas de diseño se origina la corrosión resquicio y la corrosión por celdas de aireación diferencial.

La corrosión interfacial en la interface acero pintura, se observa claramente en (6), provocado por la mala preparación superficial antes de aplicar la pintura o insuficiente esquema de pintura al no alcanzarse el espesor adecuado.

Solución: En la zona de acumulación y depósito, practicar orificios de drenaje, preparar la superficie utilizando los métodos mecánicos y la disolución de fosfatado decapante y después pintar.

En las figuras 6 y 7 del Anexo 3, presentan como problema de diseño anticorrosivo, soldadura discontinua que originan resquicios, donde se desarrolla la corrosión resquicio, debido a la penetración de los agentes agresivos y la humedad.

En (7), que es un piso, hay acumulación y depósitos y abrasión que requiere de una solución particular.

La preparación superficial es insuficiente y el sistema de pintura utilizado es de un espesor insuficiente de acuerdo con la agresividad, el que debe superar los 200 μm y no los supera.

Solución: Reemplazar las soldaduras discontinuas por las continuas y uniformes. La solución al piso es prepararle la superficie con métodos mecánicos y la disolución de fosfatado decapante y aplicarle mastique semisólido y posteriormente taparlo con una banda de goma, de las que se desechan de las conductoras de bandas, unidas con pernos y tuercas.

En la figura 8 del Anexo 3 se observa claramente el problema de diseño anticorrosivo por par metálico donde se desarrolla la corrosión galvánica. El metal menos noble se

encuentra fuertemente afectado. En la misma figura también se desarrolla la corrosión interfacial (10), producto de una mala preparación superficial o del esquema de pintura utilizado con espesor insuficiente.

Solución: Para eliminar el par metálico hay que soldar materiales con soldadura de la misma naturaleza, para este caso específico hay que utilizar el acero al cromo o al cromo níquel que tiene una mayor resistencia a la corrosión.

La solución al problema de la corrosión interfacial es preparar adecuadamente la superficie utilizando la combinación de métodos mecánicos con la disolución de fosfatado decapante y aplicarle un sistema de pintura según la norma.

2.2.3. Características técnicas del transportador de banda tubular y diagnóstico.

Características técnicas.

Los transportadores a bandas son equipos de gran uso en la Empresa Salinera de Matanzas, ya que de su funcionamiento depende la transportación de la sal de la combinada a las carretas, una vez que se realice la extracción desde los estanques.

Los principales materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural, que es el constituyente fundamental de los laminados y perfiles utilizados en su construcción.

Tiene componentes que son de otros materiales como son: Materiales compuesto de goma y textil, que son las bandas transportadoras, además de rodillo de goma sobre los cuales se mueve la banda de material compuesto.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura, sin ningún otro producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza del equipo, cuando no está funcionando, pero carece de un plan concreto al respecto, que se incorpore como sistema de conservación preventiva. No se observa la aplicación de otros productos para la conservación de los materiales, componentes y recubrimientos de pintura.



Fig. 9 Transportador a bandas tubular de reciente adquisición.



Fig. 10. Transportador a bandas tubular de los empleados en la empresa.

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

En el transportador de banda tubular se detectaron los siguientes problemas de diseño anticorrosivo: problemas de accesibilidad, zonas de acumulación y depósito, resquicios, componente hueco y entre otros. Más adelante se particulariza en cada uno de ellos.

Los tipos de corrosión presentes son: corrosión atmosférica generalizada, corrosión en resquicios, corrosión interfacial y corrosión por celdas de aireación diferencial.

La preparación superficial es insuficiente y el sistema de pintura es inadecuado, como se explica más adelante.

En las figuras 11, 12 y 13 del Anexo 3 se señalan los problemas de diseño anticorrosivo que originan diferentes problemas de corrosión en este equipo.

En la figura 11 se observa un área inaccesible (11) en la hora de aplicar un tratamiento anticorrosivo. También se aprecia la soldadura irregular que origina orificios por donde se penetran los contaminantes, lo que pueden traer graves problemas de corrosión en resquicio.

Solución: Sustituir la soldadura irregular por la continua uniforme. Aplicar grasa semisólida.

En las figuras 12 y 13 se observa zonas de acumulación y depósito donde queda retenida el aerosol marino, el agua, el polvo y otros contaminantes que provocan el deterioro por la corrosión. Ahí se desarrolla la corrosión por celdas de aireación diferencial.

Solución: practicar orificios de drenaje o convertirlas en áreas cerradas y protegidas.

En la figura 14 del anexo 3 se muestra componente hueco sin protección interior. Los componentes huecos son por lo general los menos atendidos en cuanto a la protección contra la corrosión, esto se debe a que las normas que se aplican en Cuba, no se han adaptado a las exigencias de la agresividad corrosiva existente. Por ello se habla en estos casos de una protección adicional, por el tiempo de vida de la estructura o de un sobre espesor, para garantizar la durabilidad.

En la figura 15 del anexo 3 se observa una viga de perfil circular perforada, afectada gravemente por la corrosión resquicio.

De la figura 16 del anexo 3 se puede apreciar claramente la corrosión interfacial debido a la mala preparación superficial.

2.2.4. Características técnicas de la Carreta para el transporte de la sal y diagnóstico.

Características técnicas.

La Carreta para el transporte de la sal es un equipo de gran importancia en la Empresa Salinera de Matanzas, ya que recibe la sal de los transportadores de banda y la transporta hasta las estructuras de recepción y lavado.

Los principales materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural y madera.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura sobre la superficie metálica, y no se aplica ningún producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza del equipo, cuando no está funcionando, pero carece de un plan concreto al respecto, que se incorpore como sistema de conservación preventiva. No se

observa la aplicación de otros productos para la conservación de los materiales y recubrimientos de pintura.



Fig. 17 Carreta para el transporte de sal. Vista frontal.



Fig. 18 Carreta para el transporte de sal. Vista lateral

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

En la carreta para el transporte de la sal se detecto los siguientes problemas de diseño anticorrosivo: Orificios sin sellar, soldaduras discontinuas y conexión con pernos y tuercas sin protección. Más adelante se particulariza en cada uno de ellos.

Los tipos de corrosión presentes son: corrosión atmosférica generalizada, corrosión en resquicios y corrosión por celdas de aireación diferencial.

La preparación superficial es insuficiente como se observa y el sistema de pintura es inadecuado, porque no se utiliza.

Mediante las figuras 19, 20 y 21 del anexo 3 se puede apreciar claramente que en la carreta están presentes varios tipos de problemas de diseño anticorrosivo.

En la figura 19 en particular, hay problema de soldadura discontinua (19) que originan resquicios y también hay orificios (20) entre la plancha y madera que favorecen la penetración de contaminantes. En esta figura está presente la corrosión en resquicio.

Solución: Reemplazar la soldadura discontinua por la continua uniforme y aplicar mastique asfaltico en la interface plancha madera de modo a eliminar orificios ahí presentes.

En la figura 20 se observa claramente el problema de diseño por la unión con pernos y tuercas (21) sin protección ninguna. Además hay una zona de acumulación y depósito (22) donde queda retenida el agua y el aerosol marino, entre otros contaminantes. Los tipos de corrosión presentes en la misma son: corrosión en resquicio y corrosión por celda de aireación diferencial.

Solución: Realizar la preparación superficial de los pernos, pintarlos y después aplicarlos con mástique semisólido, para rellenar los orificios que quedan y posteriormente pintar nuevamente y aplicar grasa semisólida. En la zona de acumulación y depósito, aplicar la disolución de fosfatado como preparación superficial, pintar y posteriormente aplicar mastique semisólidos para dar una inclinación de modo que no se acumule ni se deposite los contaminantes.

La figura 21 se puede apercibir que no se sello las entallas que se quedaron entre las maderas lo que originan orificios que facilitan el contacto directo de la sal con el metal lo que acelera considerablemente el deterioro por corrosión del metal. En esa zona en específico se desarrolla la corrosión en resquicio.

Solución: Aplicar mastique semisólido para eliminar las entallas existentes entre las maderas.

2.2.5. Características técnicas de la Estructura de recepción y lavado y diagnóstico.

Características técnicas.

La Estructura de Recepción y Lavado es una área importantísima en la Empresa Salinera de Matanzas, ya que en la misma se eleva la calidad del producto, eliminando impurezas químicas, como las sales solubles de magnesio e insolubles de calcio en forma de sulfato que se cristalizan simultáneamente en el rango de precipitación del cloruro de sodio, e impurezas mecánicas que se producen en el cristizador durante la cristalización y la extracción de la sal.

Los principales materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural, que es el constituyente fundamental de los laminados y perfiles utilizados en su construcción.

Tiene componentes que son del concreto y de otros materiales como son: Materiales compuesto de goma y textil, que son las bandas transportadoras, además de rodillo de goma sobre los cuales se mueve la banda de material compuesto.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura, sin ningún otro producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza del equipo, cuando no está funcionando, pero carece de un plan concreto al respecto, que se incorpore como sistema de conservación preventiva. No se observa la aplicación de otros productos para la conservación de los materiales, componentes y recubrimientos de pintura.



Fig. 22 Estructura de recepción y lavado. Vista frontal.



Fig. 23 Estructura de recepción y lavado. Vista lateral

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

En la estructura de recepción y lavado esta presentes los siguientes tipos de problemas de diseño anticorrosivo: Problemas de accesibilidad, orificios y conexión

con pernos y tuercas sin protección. Más adelante se particulariza en cada uno de ellos.

Los tipos de corrosión presentes son: corrosión atmosférica generalizada, corrosión en resquicios, corrosión interfacial y corrosión por celdas de aireación diferencial.

La preparación superficial es insuficiente porque se emplea solamente métodos manuales mecanizados y el sistema de pintura es inadecuado por bajo espesor.

En la figura 24 del anexo 3 se observa el problema de accesibilidad en la base del motor (25) y en las rejillas (24) que se encuentran en la parte trasera del mismo lo que dificulta la aplicación de un tratamiento anticorrosivo en esta área, facilitando de este modo el deterioro prematuro de la misma. En esta figura se desarrollan la corrosión en resquicio y la corrosión interfacial. La preparación superficial es insuficiente. El esquema de pintura, presente, es inadecuado de una sola capa.

Solución: Aplicar mastique asfáltico semisólido entre la estructura metálica y la base de hormigón. Aplicar grasa líquida en las zonas inaccesibles del motor.

Como se puede observar en la figura 25 del anexo 3, hay orificios sin sellar (27) entre la estructura metálica y la base de concreto lo que permite la penetración de la humedad, agua, aerosol marino y otros contaminantes. Además hay conexión con pernos y tuercas (26) sin protección alguna. En esa zona se desarrolla la corrosión en resquicio. La preparación superficial es insuficiente y el esquema de pintura de una sola capa.

Solución: Aplicar mastique asfáltico semisólido entre la estructura metálica y el hormigón. Realizar la preparación superficial de los pernos, pintarlos y después aplicarlos con mástique semisólido, para rellenar los orificios que quedan y posteriormente pintar nuevamente y aplicar grasa semisólida.

En la figura 26 del anexo 3, también se observa el problema de conexión con pernos y tuercas (28) sin protección alguna, lo que provoca graves problemas de corrosión. Otro problema presente en la misma figura, es orificio (29) presente entre bridas. Ahí se desarrolla la corrosión en resquicio, la preparación superficial es insuficiente y el esquema de pintura de una sola capa.

Solución: Aplicar mastique asfáltico semisólido en las bridas de modo que cuando se une con los perno no quede orificios entre las mismas. Realizar la preparación superficial de los pernos, pintarlos y después aplicarlos con mástique asfáltico semisólido, para rellenar los orificios que quedan y posteriormente pintar nuevamente y aplicar grasa semisólida.

2.2.6. Características técnicas del Área de Centrifugación y diagnóstico.

Características técnicas.

Como se puede apreciar en la Fig. 27 siguiente el área de centrifugación consta de una estructura metálica compuesta fundamentalmente de perfiles de acero, sobre bases de hormigón, que sostienen una centrífuga (Fig. 28), tolvas de alimentación en la parte superior y conductos de alimentación y descarga constituidos por estructuras rectangulares de acero por los que fluye la sal previamente lavada.

La centrífuga separa el agua de la sal y esta última se descarga a una estera conductora que la traslada hasta el área de molienda.



Fig. 27 Área de Centrifugación.



Fig. 28 Centrifuga. Vista superior

Los principales materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural, que es el constituyente fundamental de los laminados, perfiles, tolva y conductos rectangulares de alimentación a la centrífuga.

La centrífuga tiene un canasto de acero inoxidable al cromo níquel, el cuerpo de la centrífuga es de acero estructural de bajo contenidos en carbono, así como la tapa y conducto de descarga.

La centrífuga se sostiene en la estructura mediante uniones con pernos y tiene juntas de material compuesto con goma y textil en forma de láminas. Las bases de la estructura son del concreto que separan la estructura de acero del nivel del piso más de 15 cm.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura, sin ningún otro producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza del equipo, que se realiza con agua cruda frecuentemente, cuando no está funcionando, pero carece de un plan concreto al respecto, que se incorpore como sistema de conservación preventiva.

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

Como se puede observar en la figura 27 y 28, así como en las figuras 29, 30 y 31 del anexo 3, hay orificios sin sellar entre las estructuras metálicas, ya sea por uniones solapadas como por uniones con pernos, lo que permite la penetración de la sal, humedad y otros contaminantes. En esas zonas se desarrolla la corrosión en resquicios, que se observa claramente, no obstante a la constante aplicación de pintura que se realiza.

Solución: Aplicar mastique asfáltico semisólido entre las estructuras metálicas solapadas, previamente pintadas. Realizar la preparación superficial de los pernos, pintarlos y después colocarlos con mástique semisólido, para rellenar los orificios que quedan y posteriormente pintar nuevamente. En los pernos y tuercas que se manipulan frecuentemente, aplicar grasa semisólida.

En la tapa de la centrífuga, en la base y en las estructuras del piso, tiene lugar la acumulación de depósitos de sal común, lo que ocasiona como se observa en las figuras 28 anterior y en la figura 29 del Anexo 3.

Soluciones: Hay que evitar la acumulación y depósito con el lavado frecuente de esas zonas, además se debe reforzar la preparación previa, la aplicación de pintura y la protección adicional con ceras sobre la tapa y cuerpo de la centrífuga.

Toda la superficie de la centrífuga y las tolvas más accesibles, que se pintan frecuentemente, es posible protegerlas adicionalmente con ceras, disminuyendo así el consumo frecuente de pinturas.

2.2.7. Características técnicas del Área de Molienda y diagnóstico.

Características técnicas.



Fig. 32 Molino. Vista lateral



Fig. 33 Parte inferior del molino

Los principales materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural, que es el constituyente fundamental de los laminados y perfiles utilizados en su construcción.

Tiene componentes que son del concreto y de otros materiales como son: Materiales compuesto de goma y textil, que son las bandas transportadoras, además de rodillo de goma sobre los cuales se mueve la banda de material compuesto.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura, sin ningún otro producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza del equipo, cuando no está funcionando, pero carece de un plan concreto al respecto, que se incorpore como sistema de conservación preventiva. No se observa la aplicación de otros productos para la conservación de los materiales, componentes y recubrimientos de pintura.

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

Como se puede observar en la figura 32 y 33, así como en la figura 34 del anexo 3, hay orificios sin sellar entre las estructuras metálicas, ya sea por uniones solapadas como por uniones con pernos, lo que permite la penetración de la sal, con humedad. En esas zonas se desarrolla la corrosión en resquicios, que se observa claramente en las uniones con pernos y en las solapadas metal – metal y metal - hormigón, no obstante a la constante aplicación de pintura que se realiza.

Solución: Aplicar mastique asfáltico semisólido entre las estructuras metálicas solapadas, previamente pintadas. Realizar la preparación superficial de los pernos, pintarlos y después colocarlos con mástique semisólido, para rellenar los orificios que quedan y posteriormente pintar nuevamente. En los pernos y tuercas que se manipulan frecuentemente, aplicar grasa semisólida.

En la base del molino se crea un área inaccesible que no está protegida, siendo una zona por la que sale del molino la sal para depositarse en la estera transportadora. En esa zona además tiene lugar la acumulación y depósito de sal sobre las estructuras metálicas.

Soluciones: Hay que evitar la acumulación y depósito con el lavado frecuente de esas zonas, además se debe reforzar la preparación previa, la aplicación de pintura y se puede aplicar además grasas líquidas, ya que por ser un área inaccesible no es posible lograr un buen tratamiento superficial.

En general no se observa ninguna conservación, sin embargo se aplica frecuentemente pintura, con un gasto elevado, lo que podría disminuirse con la conservación de la pintura aplicando ceras fundamentalmente a las superficies exteriores de tolvas, conductos y el molino, como se observa en las figuras.

2.2.8. Características técnicas del Área de Envase y diagnóstico.

Características técnicas.



Fig. 35. Área de Envase

Fig. 36 Área de Envase

Los principales materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural, que es el constituyente fundamental de los laminados y perfiles utilizados en su construcción. Observe en las fotos las tolvas y estructuras de que está constituida la instalación.

Se ha propuesto para disminuir el contenido de hierro en la sal la construcción de los conductos de acero inoxidable, al cromo – níquel, pero no se ha logrado en todos los casos por lo costoso del material.

Tiene componentes que son de concreto y otros materiales como son: Materiales compuesto de goma y textil, que son las bandas transportadoras, además de rodillo de goma sobre los cuales se mueve la banda de material compuesto.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura, sin ningún otro producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza del equipo, cuando no está funcionando, pero carece de un plan concreto y no se observa la aplicación de otros productos para la conservación de los materiales, componentes y recubrimientos de pintura.

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

Como se puede observar en las figuras 35 y 36, así como en las figuras 37 y 38 del anexo 3, hay orificios sin sellar entre las estructuras metálicas, ya sea por uniones solapadas y por uniones con pernos, lo que permite la penetración de la sal, con humedad. En esas zonas se desarrolla la corrosión en resquicios, que se observa claramente las uniones solapadas metal – metal y metal - hormigón, no obstante a la constante aplicación de pintura que se realiza en la instalación.

Solución: Aplicar mastique asfáltico semisólido entre las estructuras metálicas solapadas, las uniones metal – hormigón, previamente pintadas. Realizar la preparación superficial de los pernos, pintarlos y después colocarlos con mástique semisólido, para rellenar los orificios que quedan y posteriormente pintar nuevamente. En los pernos y tuercas que se manipulan frecuentemente, aplicar grasa semisólida, para proteger temporalmente las tuercas y sobre todo la rosca de los pernos que se afectan rápidamente.

En la base del conducto que eleva la sal para la tolva que descarga en el área de envase, hay acumulación y depósitos de sal y se crea un área inaccesible.

Soluciones: Hay que evitar la acumulación y depósito con el lavado frecuente de esas zonas, además se debe reforzar la preparación previa, la aplicación de pintura y se puede aplicar además grasas, por ser un área inaccesible.

En el área de envase Fig. 35, los sacos se transportan por un conductor a bandas, entre pasarelas pintadas de amarillo, que se encuentra en la parte inferior y no se observa bien. Esto constituye un área inaccesible, además la pintura de la pasarela se deteriora frecuentemente.

Solución: Se puede reforzar la protección de la cesta que mueve la estera con grasa líquida y los pasamanos pintados de amarillo con ceras, evitando así el deterioro frecuente de la pintura.

En la Fig. 38 se observa un motor eléctrico con superficie oxidada, con una transmisión por cadenas, en un área con problemas de accesibilidad.

Solución: En la cadena es posible la aplicación de grasa semisólida y en el área inaccesible la aplicación de grasas líquidas de conservación.

2.2.9. Características técnicas de las Estructuras de las Instalaciones y diagnóstico.

Características técnicas.

Como se observa en las Fig. 39 y 40 siguientes, las estructuras de las instalaciones del área de producción y talleres, son naves con estructuras de acero, techos de fibrocemento y pisos de hormigón.

Las columnas que soportan a las estructuras de la nave tienen como base unas columnas de hormigón que evitan el contacto de la sal con las bases de planchas de acero unidas con pernos, tuercas y arandelas, no obstante se observa el deterioro por el polvo de sal que se proyecta sobre las superficies de la instalación.



Los materiales de que está constituida, como se observa en las fotos, es el acero de bajo contenido de carbono estructural, que es el constituyente fundamental de los perfiles tubos y cabillas, utilizados en su construcción.

Tiene componentes que son del concreto, con un buen diseño de los drenajes para evacuar el agua cruda que se aplica frecuentemente en las limpiezas.

Con respecto a los métodos de protección, se emplea fundamentalmente los recubrimientos de pintura, sin ningún otro producto anticorrosivo adicional.

Con relación a la aplicación de las técnicas de conservación, solamente se observa la limpieza, pero carece de un plan concreto al respecto, que se incorpore como sistema de conservación preventiva.

Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación. Soluciones.

Como se puede observar en la figura 39 y 40, hay orificios sin sellar entre las estructuras metálicas y las bases de hormigón, ya sea por uniones solapadas como por uniones con pernos, lo que permite la penetración de la sal, con humedad. En esas zonas se desarrolla la corrosión en resquicios, que se observa claramente en las uniones con pernos y en las uniones metal – metal, no obstante a la constante aplicación de pintura que se realiza.

Solución: Aplicar mastique asfáltico semisólido entre las estructuras metálicas solapadas, previamente pintadas. Realizar la preparación superficial de los pernos, pintarlos y después colocarlos con mástique semisólido, para rellenar los orificios que quedan y posteriormente pintar nuevamente.

La nave se sustenta por columnas de tubos, que no están protegidos interiormente y por tanto sufren corrosión.

Solución: Aplicar por atomización preparado accesos y drenajes en los tubos, grasa líquida de conservación.

Como se observa de las diferentes soluciones que se proponen, las mismas contribuyen en su conjunto al perfeccionamiento del sistema de protección anticorrosiva y conservación, que supera a la Norma ISO 12944: 1 – 8: 1999.

2.3. Conclusiones Parciales.

2.3.1. Las principales características técnicas de los diferentes equipos de la Empresa Salinera de Matanzas se resumen en el trabajo.

2.3.2. El diagnóstico realizado a los diferentes equipos de la Empresa Salinera de Matanzas reporta que la principal causa de corrosión son los problemas de diseño anticorrosivo.

- 2.3.3. El diagnóstico de los diferentes equipos del proceso reporta además que se presentan variados problemas de corrosión y protección por el fallo del sistema de pintura y por la falta de aplicación de la protección adicional y conservación.
- 2.3.4. La propuesta de soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación, debe contribuir a la solución en sistema de los problemas de deterioro que presentan los equipos.

3. Capítulo 3. Propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).

3.1. Materiales y métodos.

Para el desarrollo del trabajo se elabora la propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), de los principales equipos de la Empresa Salinera de Matanzas, utilizando la tecnología señalada del CEAT.

El primer paso de esta tecnología es la clasificación de la Agresividad Corrosiva de la Atmósfera, en la zona en cuestión, lo cual se realiza en correspondencia con el Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba.

Con relación a los materiales se caracterizan en el presente capítulo los recubrimientos utilizados y propuestos, constituidos en primer orden por las pinturas ferroprotectoras, así como los diferentes productos de producción nacional que se incorporan para conformar la Tecnología del SIPAYC en cada uno de los equipos objeto de estudio en el trabajo.

Para la selección de las pinturas, se emplea el procedimiento descrito en la Norma UNE EN ISO 12944 - 5: 1999.

Los productos de producción nacional que forman parte del SIPAYC, son los siguientes:

- Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504.
- Disolución de Fosfatado No Decapante DISTIN 506.
- Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.
- Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L.
- Grasa Semisólida DISTIN 314.
- Grasa de consistencia dura DISTIN 314S.
- Grasa Semisólida DISTIN 316.
- Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404.
- Mastique Asfáltico Líquido Tipo Solvente con Goma DISTIN 404 L.
- Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L.

Su campo de aplicación, resistencia a la corrosión, formas de empleo, rendimiento, entre otras características, se precisan en la Fichas Técnicas correspondientes que aparecen en el Anexo 5 del trabajo.

Con relación a los métodos, se emplea en el trabajo, el procedimiento descrito en la Norma UNE EN ISO 12944: 1 – 8: 1999, en todas sus partes, la cual constituye una guía en cuanto a la protección con recubrimientos de pinturas, no obstante a las insuficiencias que se le señalan en el análisis bibliográfico.

Para elaborar la tecnología de los SIPAYC en cada uno de los equipos, se emplea la tecnología desarrollada en el CEAT al respecto y que es resultado de su aplicación exitosa en el transporte y otros equipos, que se reporta en el material: Introducción a los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) del CEAT (Echeverría C.A, 2008).

3.2. Características de los productos que conforman el sistema.

3.2.1. Características de los productos para la preparación superficial.

La preparación de la superficie, resulta fundamental para la durabilidad de los recubrimientos de pinturas, metálicos y similares. La mayoría de los investigadores del tema coinciden en plantear que una buena pintura dura mucho menos si no se prepara la superficie, que una pintura de menor calidad sobre una superficie bien preparada.

➤ Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida (DISTIN 504):

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.

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.

Más detalle del producto se encuentra en la ficha técnica que se encuentra en el anexo 5.7.

➤ **Disolución de Fosfatado no Decapante (DISTIN 506):**

Disolución de fosfatado no decapante para la preparación de superficies metálicas no oxidadas. Forma una capa de fosfatos de metales sobre la superficie, penetra en los intersticios, 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 de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos.

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas de días a semanas en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de la 4 a la 6, en dependencia de las condiciones de almacenamiento. Si se contamina la superficie con aerosol marino, esta debe ser lavada con agua antes de pintar, de lo contrario puede ser aplicada la pintura, mástique o grasa directamente. Más detalle del producto se encuentra en la ficha técnica, anexo 5.8.

3.2.2. Mastiques Asfálticos

El mástique semisólido DISTIN 404 y el mástique líquido tipo solvente DISTIN 404 L, encuentran aplicación en la atenuación de los problemas de diseño anticorrosivo que presenta la instalación y que serán objeto de análisis en las soluciones que se proponen.

De manera general los mástiques asfálticos, superan a las pinturas por su flexibilidad, lo que evita que partan por golpes y por el efecto de dilatación y contracción que se produce en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón. Lo anterior los hace insustituibles para evitar la corrosión en resquicios.

➤ **Mastique Asfáltico Semisólido con Goma (DISTIN 404):**

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.

Garantiza la protección anticorrosiva durante años. Tiene alta resistencia a la humedad de la atmósfera en las condiciones climáticas de Cuba, es resistente al biodeterioro. Más detalle se encuentra en el anexo 5.6.

➤ **Mastique Asfáltico Líquido (DISTIN 404L):**

Mástique asfáltico de consistencia líquida para la protección anticorrosiva y conservación de superficies metálicas. Ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc. la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraña para la protección de la parte inferior y exterior del piso de los automóviles, contenedores, equipos ferroviarios y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana. Más detalle se encuentra en el anexo 5.5.

3.2.3. Grasas Anticorrosivas y de Conservación.

➤ **Grasa Semisólida Conservante y Lubricante (DISTIN 314):**

Es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos.

Es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico. Garantiza la protección temporal de las superficies

metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Más detalle del producto se encuentra en la ficha técnica, anexo 5.2.

➤ **Grasa Líquida Tipo Solvente (DISTIN 314L)**

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y a los recubrimientos de pintura. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. El recubrimiento que se forma por evaporación del solvente, es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

El recubrimiento formado toma el espesor por proyección por capas, proporciona una protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas del componente estructural del transporte por más de 10 años sin afectaciones por corrosión. Más detalle del producto se encuentra en la ficha técnica, anexo 5.1.

➤ **Grasa Semisólida Conservante y Lubricante (DISTIN 316):**

Es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas y no oxidadas, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. Afecta los recubrimientos de pintura, por su color

negro. Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Más detalle del producto se encuentra en la ficha técnica, anexo 5.4.

➤ **Grasa Líquida Tipo Solvente (DISTIN 316L):**

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas de tuberías, laminados y perfiles almacenados a la intemperie. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. Afecta los recubrimientos de pintura, por su composición negra, por lo que se recomienda para materiales no pintados almacenados. No se inflama, en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente. El recubrimiento formado toma el espesor por proyección por capas, proporciona una protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas. Más detalle se encuentra en el anexo 5.3.

3.2.4. Ceras Abrillantadoras e Impermeabilizantes.

➤ **Cera abrillantadora e Impermeabilizante Líquida (DISTIN 603L)**

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 causantes 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 recubrimientos 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. 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. Más detalle del producto se encuentra en la ficha técnica, anexo 5.9.

3.2.5. Evaluación de recubrimientos en los Laboratorios Acreditados LABET.

3.2.5.1. Ensayo Acelerado en Cámara de Niebla Salina y ensayo en Cámara Climática de Humedad - Temperatura.

Los resultados de los ensayos son los siguientes:

ENSAYOS REALIZADOS	EXIGENCIAS	RESULTADOS
RESISTENCIA A LA NIEBLA SALINA Solución de Cloruro de Sodio P.A. (50 ± 5) g/l densidad de la solución a 25°C : 1,0255 – 1,0400 pH 6,5 – 7,2. Temperatura $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ Evaluación cada 1 ciclo de 100 horas. ISO 9 227:07 sección 1, 2 y 3 (apartado 3.1, 3.2, 3.2.2, y 3.3), sección 4, sección 5 apartado (5.2) Sección 6 al 12 Anexo A.	500 HORAS SIN AFECTACIONES	VER ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y TEMPERATURA CON CONDENSACIÓN CONSTANTE. Temperatura (40 ± 2) $^\circ\text{C}$ Humedad Relativa Aprox. 100% con condensación constante sobre las probetas. DIN 50017: 82. UNE – EN – ISO 6 270: 06	1600 HORAS SIN AFECTACIONES	CONFORME

Tabla 1: Resultados de los ensayos.

De todas las grasas y mástiques propuestos, pasan ambos ensayos las siguientes:

- Grasa Semisólida DISTIN 316.
- Grasa Semisólida DISTIN 314.
- Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L.
- Mástique Líquido Tipo Solvente DISTIN 403 L.
- El resto de las grasas y mástiques, se encuentran en el ensayo actualmente.

Análisis de los resultados:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA NIEBLA SALINA NEUTRA.

✓ Los materiales de conservación se comportan de manera satisfactoria frente a las condiciones de este ensayo. Las afectaciones presentes en las probetas pueden ser consideradas mínimas.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y TEMPERATURA

✓ Todos los materiales de conservación ensayados se comportaron de manera satisfactoria en las condiciones de temperatura y humedad expuestas en la sección 2.

3.2.5.2. Ensayo en Cámara Climática de Humedad – Temperatura.

Los materiales que no serán expuestos a los ambientes bajo la influencia del aerosol marino, es decir, a la intemperie y que se emplean fundamentalmente en interiores o son recubrimientos anticorrosivos de protección temporal, se someten solamente a este ensayo.

Los resultados del ensayo son los siguientes:

ENSAYOS REALIZADOS	EXIGENCIAS	RESULTADOS
RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y TEMPERATURA CON CONDENSACIÓN CONSTANTE. Temperatura (40 ± 2) ° C Humedad Relativa Aprox. 100% con condensación constante sobre las probetas.	1600 HORAS SIN AFECTACIONES	CONFORME

DIN 50017: 82.		
UNE – EN – ISO 6 270: 06		

Tabla 2: resultado del ensayo resistencia a la humedad y temperatura.

Pasan este ensayo los siguientes productos que no estarán expuestos a la atmósfera marina por tiempos prolongados.

- Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504.
- Disolución de Fosfatado No Decapante DISTIN 506.
- Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L.

Análisis de los resultados:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y TEMPERATURA

✓ Todos los materiales de conservación ensayados se comportaron de manera satisfactoria en las condiciones de temperatura y humedad expuestas, durante 1000 horas de exposición. El estado de los mismos una vez concluido el ensayo denota que pueden garantizar la protección por mucho más tiempo que el indicado.

En el Anexo... se observa el estado satisfactorio de las probetas de ensayo una vez concluido el mismo, para los productos antes señalados.

3.3. Propuesta del sistema (SIPAYC) y soluciones.

La propuesta del sistema incluye todas las operaciones que se tienen que ejecutar para la aplicación de los diferentes productos y técnicas, de acuerdo con un orden lógico, que se corresponde con los pasos que se tienen que realizar en la protección anticorrosiva y conservación.

3.3.1. Agresividad corrosiva en las instalaciones objeto de estudio.

Se parte para la fundamentación de la propuesta del SIPAYC, de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada las instalaciones de la Empresa Salinera, que clasifica de Agresividad Extrema según el Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba.

En la Norma UNE EN ISO 12944: 2:1998 se establece la clasificación de la atmósfera, aunque no incluye aún la Agresividad Extrema, resultados que se obtuvieron más recientemente en Cuba y otros países Iberoamericanos.

La agresividad corrosiva determina las medidas para ante los problemas de diseño anticorrosivo, la preparación superficial que se tiene que lograr, los espesores de la pintura que se debe aplicar y los productos para la protección anticorrosiva y conservación adicional que se apliquen y el tiempo en que resultan efectivos los mismos.

3.3.2. Diseño anticorrosivo y corrosión. Soluciones.

Al analizar las Norma Internacional ISO 12944: 3: 1999, que es la principal referencia consultada, se aborda los problemas de diseño en la protección anticorrosiva con pinturas, se observa cómo fue señalado, que en la misma no se incluyen las soluciones a los diferentes problemas que identifica, de ahí sus insuficiencias. En la propuesta de SIPAYC, que se desarrolla seguidamente, se proponen diferentes soluciones para los problemas de diseño.

Como resultado del diagnóstico realizado en cada uno de los equipos de la Empresa Salinera de Matanzas, se observaron diferentes problemas, que fueron analizados y que deben ser atenuados o resuelto con la propuesta del SIPAYC, que incluye: modificaciones de diseño y/o la aplicación de diferentes productos anticorrosivos y de conservación, antes caracterizados.

3.3.2.1. Accesibilidad. Soluciones.

En las figuras 4, 11,12, 13, 19 y 32 donde se observa áreas inaccesibles producidas por el espacio reducido que no cumple con la norma, no es posible ejecutar las labores de protección anticorrosiva. Las soluciones que se han encontrado producto de las investigaciones del CEAT y que pueden ser aplicadas en los equipos de la Empresa Salinera son las siguientes:

- Convertir el área inaccesible en un componente hueco. Para ello se cierran los accesos con laminados soldados o con laminados unidos con remaches o con pernos de forma permanente. Se le practican orificios de accesos en puntos superiores y drenaje en las partes inferiores, para que pueda ser protegida

interiormente mediante la atomización de la Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L. Esta solución se puede aplicar en los siguientes casos analizados: Fig. 12 Problema 12; Fig. 13, Problema 13; Fig. 14, Problema 15; Fig. 19, Problema 19

- Convertir el área inaccesible en un área cerrada. Para ello se prepara una tapa o cubierta que pueda ser retirada, cuando las labores de mantenimiento lo requieran. Antes de colocar la tapa o cubierta se aplica interiormente por atomización Grasa Líquida tipo Solvente DISTIN 314 L. Esta solución se puede aplicar en los siguientes casos analizados: Fig. 15, Problema 17; Fig. 20, Problema 20, Fig. 21, Problema 21.
- En aquellos casos de zonas inaccesibles donde no pueda ser aplicada la solución anterior, se atomiza Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.

3.3.2.2. Problemas de soldadura.

Los problemas de soldadura, pueden ser de al menos dos tipos:

- Soldaduras discontinuas, tal y como se observa en las figuras 7 y 27, en las cuales la solución es completar la soldadura de forma continua, eliminando los resquicios.
- Soldaduras discontinuas por puntos eléctricos. En este caso, que se observa solamente en el transporte, hay que eliminar los resquicios mediante la aplicación de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L ó Mástique Semisólido DISTIN 404.
- Soldaduras no uniforme con proyecciones, tal y como se observa en la figura 6. En este caso hay que lograr mediante el lijado mecánico una soldadura uniforme.

3.3.2.3. Orificios o resquicios. Soluciones.

Este tipo de problema de diseño anticorrosivo se puede resolver de forma diferente en las situaciones siguientes:

- Cuando se va a producir una unión solapada, ya sea mediante pernos, remaches u otro elemento de unión. En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, es decir, preparar superficie, pintar, colocar mástique asfáltico semisólido DISTIN 403 y posteriormente producir la unión señalada. En este

caso no se producen orificios ni resquicios, si se tiene en cuenta además tomar similar medida con los pernos, tuerca y arandelas que se analizarán más adelante.

- Cuando ya existes los orificios o resquicios, tal y como se presenta en las figuras 3, 4, 33 y 34, se observan orificios o resquicios que quedan una vez montadas las estructuras. Si se son fáciles de desmontar, la mejor práctica al respecto es preparar la superficie, pintar adecuadamente cada componente, antes del nuevo montaje y durante el montaje eliminar los orificios rellenándolos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 403, que puede ser aplicado con espátula sobre la superficie de pintura. Una vez montada, se corta el sobrante.
- En ocasiones cuando ya la pieza está colocada y se aprecia un orificio por donde se pueda aplicar mástique líquido DISTIN 403 L o grasa líquida tipo solvente DISTIN 314, esta operación elimina o atenúa la aparición de orificios o resquicios. Por ejemplo la figura 34.

3.3.2.4. Zonas de acumulación y depósitos.

Las zonas de acumulación y depósitos, son propias de los perfiles horizontales o cavidades que se forman durante determinados diseños. Las formas de atenuar su efecto una vez creadas son las siguientes:

- Practicar orificios de drenaje que faciliten la salida del agua y depósitos.
- Producir superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Semisólido DISTIN 403.
- Cuando no resultan factibles los anteriores, es posible reforzar la protección en esas zonas con pinturas o con otros productos. Esto es común en pisos.

3.3.2.5. Uniones con pernos.

Las conexiones con pernos tuercas y arandelas, son muy susceptibles a los problemas de corrosión, constituyendo una zona priorizada del diseño anticorrosivo. El procedimiento en estos casos de colocación y mantenimiento de los pernos debe incluir:

- Preparar la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, pintarlos y después colocarlos con mástique semisólido DISTIN 403, para rellenar los orificios que quedan. Una vez que se produzca el apriete, se pintan nuevamente. Ejemplo: Figuras 4, 28 y 34.
- Cuando se tienen que cambiar frecuentemente piezas o componentes unidos con pernos, no resulta económico realizar las operaciones anteriores. En estos casos la mejor solución es aplicar Grasa Semisólida DISTIN 314, logrando la protección de pernos, tuercas y arandelas y facilitando el desmontaje sin que se partan los pernos por oxidación.

3.3.2.6. Componentes huecos y áreas cerradas.

Estas son las formas del diseño anticorrosivo mejor preparadas para la protección, sin embargo son susceptibles aún a que su protección se refuerce, de la forma siguiente:

- Los componentes huecos no se les protege generalmente por su interior con recubrimientos de pinturas y cuando se realiza, se hace por una sola vez en el tiempo de vida de la estructura, durante la fabricación. Lo más recomendable en estos casos es proteger interiormente con Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, por atomización, colocando tapones en los accesos y drenajes del componente hueco. Un ejemplo es la figura 22.
- Las áreas cerradas por ser un área especialmente preparada, por lo general no se recomienda nada en las normas internacionales, sin embargo, la aplicación en su interior de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, por atomización, resulta una solución económica y duradera.

3.3.2.7. Par metálico.

La solución a este problema de diseño se logra por las vías siguientes:

- Evitar la unión de metales de diferente naturaleza y de realizarse tratar de aislar ambos metales con materiales aislantes, que son generalmente poliméricos.
- En las uniones soldadas se presenta muy comúnmente cuando se utilizan electrodos diferentes al metal base o cuando no se realiza el tratamiento térmico de alivio de tensiones en el cordón de soldadura.

3.3.3. Preparación superficial.

Los estándares de preparación superficial que se recomienda para las piezas y estructuras de acero son del grado de limpieza Sa 2 1/2 (según ISO 8501-1988), el cual corresponde a una limpieza superficial hasta el punto que solo queden indicios de corrosión, apareciendo solo como manchas ligeras y retirando el polvo mediante soplado o cepillado.

Además de la preparación superficial que se aplica antes de los recubrimientos de pintura, es frecuente en la instalación que diferentes superficies sufran corrosión, en estos casos no se justifica pintar toda la superficie y solamente tratar la parte dañada de forma preventiva. En este caso puede ser utilizada la disolución de fosfatado de acción rápida DISTIN 504.

3.3.4. El sistema de pintura propuesto.

Para la selección y aplicación del sistema de pintura adecuado a las condiciones de agresividad y de explotación de la técnica existente en la Empresa Salinera de Matanzas, se procede de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE EN ISO 12944: 1 – 5: 1999, que posee además tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas a las condiciones de agresividad. El procedimiento es el siguiente:

- A partir de la agresividad corrosiva existente en la Empresa Salinera de Matanzas, es que se selecciona el esquema de pintura. En la norma antes citada, no aparece la agresividad extrema, ya que no se ha incorporado aún y por tanto se considera como la atmósfera más agresiva la C5M, que corresponde a una atmósfera industrial marina.
- El próximo paso una vez identificada la tabla a utilizar, se fija la durabilidad del sistema de pintura que se desea aplicar. Para nuestro caso se propone una durabilidad baja de 5 años, que es el máximo de esta durabilidad, ya que no existen otras experiencias mejores en nuestras condiciones y los recubrimientos de pintura con que se cuenta no reúnen las mejores propiedades para proponer durabilidades mayores.
- Como se analizó con anterioridad la preparación superficial que hay que lograr, tiene que ser en todos los casos, similar a Sa 2 ½, como se discutió en el punto anterior.

- Se procede entonces a seleccionar el sistema de pintura, en correspondencia con la agresividad y durabilidad fijada previamente en las tablas de la Norma UNE EN ISO 12944: 5: 1999, para una agresividad corrosiva C5M

Numero del sistema de pintura	S7.01
Grado de la preparación de superficie	Sa 2 ½
Tipo de ligante	Clorocaucho (CR)
Número de capas total	3
Espesor por capas primario en µm :	80
Espesor por capas acabado en µm :	60
Espesor total en µm	200
Durabilidad esperada baja	5 años

Tabla 3: Sistema de pintura seleccionada.

Como no se tiene este tipo de pintura recomendado en la Norma ISO, se selecciona el disponible por la Empresa, que es el Duracrón, cambiando además algunas condiciones de las expuestas anteriormente.

La preparación superficial similar a la Sa 2 ½, se logra por una combinación de los métodos manuales mecanizados que logran una preparación St 2 y posterior fosfatado de la superficie con el producto DISTIN 504.

El número de capas es superior e igual a 5, ya que el espesor por capas cómo máximo de unos 40 µm.

Se espera con el enfoque en sistema una durabilidad de 5 años.

3.3.5. Protección anticorrosiva y conservación adicional.

En la eliminación o atenuación de los problemas de diseño anticorrosivo, se aplican productos que proporcionan una protección anticorrosiva y conservación adicional. Esto se logra por ejemplo con las grasas DISTIN 314, 314 L, cuando se aplican sobre pinturas, que las protegen.

En determinados equipos, en dependencia de su régimen de explotación y durante su período inactivo se recomienda la conservación de toda su superficie expuesta una vez descontaminada de sales por lavado con agua cruda y practicado el secado. Tal es el caso de la combinada, las carretas y partes de los transportadores, entre otros. Esto se logra mediante la atomización de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.

Las ceras son otros de los productos que proporcionan conservación a las pinturas y que pueden ser aplicadas por su bajo costo, ya que impermeabilizan y protegen. Se recomienda el producto DISTIN 603 L. Estas se aplicarían fundamentalmente sobre las pinturas de los equipos de transporte en explotación, una vez limpias y secas.

3.3.6. Conservación preventiva.

Se realiza por los propios operarios de las instalaciones, que tienen que cumplir una serie de exigencias, para lograr una protección efectiva:

- Primeramente pasar y aprobar el curso: Introducción a los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), aplicado en cada caso a los equipos o áreas que atienden.
- Participar en el diseño del SIPAYC de cada equipo, para conocer los productos que se aplican, sus efectos, cantidades y frecuencia.
- Garantizar una limpieza sistemática de cada equipo una vez que culmina la jornada laboral, lo que se refuerza semanalmente.
- Aplicar los productos que corresponda, para lo cual dispondrá de los mismos en determinadas cantidades.
- Cuando sobre la superficie metálica se observa la aparición de óxido, una vez limpia y descontaminada la superficie, se aplica Disolución de Fosfatado DISTIN 504.
- Cuando las superficies metálicas de equipos del transporte y otros se encuentran limpias y secas, se procede a la aplicación de la Cera Impermeabilizantes y Abrillantadoras DISTIN 603 L.

3.4. Propuesta de SIPAYC por equipo y gastos.

La propuesta de SIPAYC para cada equipo, conlleva un conjunto de pasos que en general son comunes a todos y que constituyen las etapas de la tecnología, como las siguientes:

- **Limpieza y preparación del equipo:** Las operaciones de mantenimiento y de aplicación de los SIPAYC, se llevan a cabo después de una rigurosa limpieza del equipo y descontaminación, creando las mejores condiciones para la aplicación de los diferentes tratamientos y productos.
- **Tratamiento del diseño anticorrosivo (1era Etapa):** El tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo tiene dos etapas. Como primera, la solución a los problemas de diseño anticorrosivo que conlleva trabajos de preparación de accesos y drenajes, soldadura, lijado, modificación de diseño (componentes huecos, áreas cerradas), entre otras, que deben acometerse una vez limpio el equipo inicialmente.
- **Preparación Superficial:** La preparación superficial se realiza utilizando la combinación de los métodos manuales, manuales mecanizados y métodos químicos con la aplicación posterior de la disolución de fosfatado decapante DISTIN 504. Para ello no es necesario un acabado de la superficie similar al de Sa 2 ½ tal y como se establece para las Agresividades Corrosivas existentes en Cuba, que abarcan desde la Media hasta la Extrema. El acabado puede ser similar a Sa 2 y en situaciones extremas Sa 1. Ver Anexo 3.
- **Aplicación del Sistema de Pintura:** La selección del sistema de pintura ya fue tratado con anterioridad, solamente queda por precisar por cada equipo las cantidades de pinturas que se tienen que emplear.
- **Tratamiento del diseño anticorrosivo (2da Etapa):** Una segunda etapa del diseño anticorrosivo conlleva la aplicación de productos, como las grasas y los mástiques una vez pintado el equipo. En el caso particular de los mástiques semisólidos (DISTIN 404), se aplican sobre superficies pintadas y posteriormente se pinta de nuevo la superficie. Al respecto de este procedimiento los pernos, tuercas y arandelas, tienen un tratamiento similar, ya que al colocarse con mástique una vez pintados, se pintan nuevamente. En

este caso específico, es común la práctica de aplicar grasa semisólida sobre las tuercas que sufren deterioro en su recubrimiento por el trabajo diario, hasta tanto se realice el mantenimiento completo.

- **Conservación y conservación preventiva:** Como fue explicado con anterioridad, la conservación se logra con todo el SIPAYC, pero en esta etapa juega un importante papel el hombre con la descontaminación, lavado y limpieza, así como la aplicación de Grasas Semisólidas DISTIN 314, Grasas Líquidas DISTIN 314 L y Ceras Impermeabilizantes y Abrillantadoras DISTIN 603L.

Se comprende de lo explicado, que la descripción del SIPAYC para cada equipo, conlleva un trabajo de elaboración y de detalle, que no es posible abordarlo en toda su magnitud en el presente trabajo, recomendándose que se realice con posterioridad y que quede en forma de procedimiento o de norma.

Del análisis realizado se justifica que el SIPAYC propuesto, supera al sistema de la Norma ISO 12944: 1 – 8: 1999, por las soluciones propuestas y la incorporación de la conservación y conservación preventiva.

Seguidamente para cada equipo, se determina el consumo de productos, a partir de las operaciones principales a realizar para aplicar el SIPAYC, siguiendo este orden. Al finalizar aparece una tabla con las cantidades aproximadas de cada uno de los productos anticorrosivos, que fueron determinados de conjunto con la participación de los obreros y técnicos de la Empresa Salinera de Matanzas.

En correspondencia con la Durabilidad establecida para el sistema de pintura, se aplicaría un SIPAYC general cada 5 años, que incluye todos los productos.

Se aplicaría un SIPAYC anual correspondiente al inicio del período inactivo, el cual no incluye pinturas ni otros productos de mayor durabilidad.

Además como parte de la conservación preventiva y mantenimiento de los SIPAYC, se aplicarían algunos productos, con una periodicidad determinada con los técnicos encargados de esta actividad.

Estas operaciones se repiten en cada uno de los equipos e instalaciones objeto de estudio en el presente trabajo.

3.4.1. Combinada.

DISTIN 504 (L): De forma periódica, siempre que se combine con algún recubrimiento protector. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314 (Kg): En la conservación periódica de tuercas y cadenas transportadoras, donde cumple una función adicional como lubricante. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314S (Kg): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas en unión de esteras transportadoras. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas sobre recubrimientos de pintura. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Anualmente en el SIPAYC parcial de requerirse, de lo contrario se aplica el producto líquido. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 603 (L): En la conservación preventiva. Ver consumo Anexo 6.

3.4.2. Transportador de banda tubular.

DISTIN 504 (L): Anualmente para tratamientos de productos de corrosión. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314 (Kg): En la conservación periódica de cadenas, rodillos de la estera transportadora, donde cumple una función como lubricante. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404L (L): Parte inferior dispositivos de rodamiento. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 603 (L): Periódicamente en la conservación de las pinturas que se aplican al equipo. Ver consumo Anexo 6.

3.4.3. Carreta para el transporte de la sal.

DISTIN 504 (L): Periódicamente, combinado con algún recubrimiento protector. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 316 (Kg): Conservación periódica de tuercas, donde cumple una función adicional como lubricante. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 316L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Conservación preventiva en etapas inactivas sobre recubrimientos de pintura. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Anualmente en el SIPAYC parcial. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404L (L): Anualmente en el SIPAYC parcial. Ver consumo Anexo 6.

3.4.4. Estructura de recepción y lavado.

DISTIN 504 (L): De forma periódica, siempre que se combine con algún recubrimiento protector. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314 (Kg): Conservación periódica de tuercas y cadenas transportadoras, donde cumple una función adicional como lubricante. Ver Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 603 (L): De forma periódica en la conservación preventiva. Ver consumo Anexo 6.

3.4.5. Área de centrifugas.

DISTIN 504 (L): Para tratamientos de productos de corrosión y de forma periódica. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314 (Kg): Conservación periódica de tuercas y cadenas transportadoras, donde cumple una función adicional como lubricante. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas, sobre recubrimientos de pintura. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 603 (L): De forma periódica en la conservación preventiva. Ver consumo Anexo 6.

3.4.6. Área de molienda.

DISTIN 504 (L): De forma periódica, siempre que se combine con algún recubrimiento protector. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Uniones y solapes. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 603 (L): De forma periódica en la conservación preventiva de toda la instalación. Ver consumo Anexo 6.

3.4.7. Área de envasado.

DISTIN 504 (L): De forma periódica, siempre que se combine con algún recubrimiento protector. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314 (Kg): Conservación periódica de tuercas y cadenas transportadoras, donde cumple una función adicional como lubricante. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas sobre pinturas. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Evitar resquicios. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 603 (L): Conservación preventiva. Ver consumo Anexo 6.

3.4.8. Área de las estructuras.

DISTIN 504 (L): De forma periódica, siempre que se combine con algún recubrimiento protector. Ver consumo Anexo 6.

PINTURA ANTICORROSIVA (L): Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 314L (L): Periódicamente en la conservación preventiva en etapas inactivas. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 404 (Kg): Tratamiento de resquicios en uniones. Ver consumo Anexo 6.

DISTIN 603 (L): Periódicamente en conservación preventiva. Ver consumo Anexo 6.

3.5. Conclusiones Parciales.

3.5.1. Los diferentes productos anticorrosivos y de conservación que conforman el SIPAYC, son caracterizados con sus Fichas Técnicas correspondientes, los que en su conjunto reúnen un grupo de propiedades que deben garantizar la durabilidad del sistema propuesto durante 5 años.

3.5.2. Los productos: Grasa Semisólida DISTIN 316, Grasa Semisólida DISTIN 314, Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L, Mástique Líquido Tipo Solvente DISTIN 403 L, reportan buenos resultados en ensayos de cámara de niebla salina, durante 500 horas y ensayos de Humedad – Temperatura durante 1600 horas,. El resto se encuentra actualmente pasando estos ensayos.

3.5.3. Se evalúan con buenos resultados en ensayos de tropicalización en cámara de humedad - temperatura solamente, durante 1600 horas, los productos: Disoluciones de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504, Disolución de Fosfatado No Decapante DISTIN 506 y la Cera Abrillantadora e Impermeabilizante DISTIN 603 L.

3.5.4. Se propone el Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), con sus diferentes componentes, con soluciones propuestas, el cual supera al sistema de protección anticorrosiva con pintura solamente de la Norma ISO 12944: 1 – 8:1999.

- 3.5.5. Fue determinado con la participación del personal técnico de la Empresa Salinera de Matanzas, el consumo de los diferentes productos que conforman el SIPAYC en sus diferentes etapas para cada equipo.
- 3.5.6. Fue determinado el gasto en CUP y CUC para cada uno de los equipos que se le aplicará el SIPAYC.

Conclusiones

- 1- El análisis del estado del arte en sistemas anticorrosivos, con énfasis en el diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación permite concluir que existen pocas referencias al enfoque en sistema para la solución de estos problemas.
- 2- Del diagnóstico realizado, se identifican serios problemas de diseño anticorrosivo, siendo los más frecuentes la accesibilidad, orificios y zonas de acumulación y depósitos.
- 3- Los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección anticorrosiva y conservación, exigen de la toma de medidas para la protección y conservación anticorrosiva adicional.
- 4- La aplicación de los productos anticorrosivos y de conservación certificados o en proceso propuestos permite la solución a los problemas de diseño anticorrosivo y la protección y conservación anticorrosiva adicional.
- 5- Se propone técnicamente la aplicación de un sistema de protección anticorrosivo y conservación (SIPAYC) que incluye el uso de los diferentes productos y técnicas para disminuir el deterioro por corrosión en el equipamiento de la Empresa Salinera de Matanzas.

Recomendación _____ :

1. Aplicar el Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) propuesto en los equipos estudiados.
2. Evaluar técnica y económicamente el sistema propuesto una vez transcurrido el tiempo de vida propuesto.
3. Preparar el personal encargado de la aplicación del SIPAYC, dada su importancia en el mismo.

Bibliografía

Albrecht, P. and T. T. J. Hall (2003). "Atmospheric corrosion resistance of structural steels." *Materials in Civil Engineering* 15(1): 2-24.

Almeida, E. (2002). Nuevas tecnologías de pinturas para acero y acero zincado expuestos a la atmósfera. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II-Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid, MORCILLO, M.

Almeida, E., D. Santos, et al. (2006). "Anticorrosive painting for a wide spectrum of marine atmospheres: Environmental-friendly versus traditional paint systems." *Progress in Organic Coatings* 57(5): 11–22.

Betancourt, N., F. Corvo, et al. (2002). "Influence of SO₂ and NO_x on atmospheric corrosion of steel." *Revista CNIC. Serie Ciencias Químicas* 33(2): 71-75.

Bhaskar, S., N. R. Lyer, et al. (2004). "Cumulative damage function model for prediction of uniform corrosion rate of metals in atmospheric corrosive environment." *Corrosion Engineering, Science and Technology* 39(4): 313-320.

Biezna, M. V. and J. R. San Cristobal (2005). "Methodology to study cost of corrosion." *Corrosion Engineering, Science and Technology* 40(4): 344-352.

Chico, B., D. De la Fuente, et al. (2005). "Lap-joint corrosion of precoated materials for building applications." *Surface & Coatings Technology* 190(4): 65– 74.

Colectivo de Autores (2004). *Glosario de términos relacionados con la conservación*. La Habana, Centro de Investigación y Desarrollo de Diagnóstico, Conservación y Modernización del Transporte.

Corvo, F. (1980). *Estudio de la corrosión atmosférica en el clima tropical húmedo de Cuba*. Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC). La Habana, Cuba.

Corvo, F. (1989). *Primera Variante del Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba*. III Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección. Memoria. Brasil, Junio. p.405. Tomo I.

Corvo, F., J. Minotas, et al. (2005). "Changes in atmospheric corrosion rate caused by chloride ions depending on rain regime." *Corrosion Science* 47(4): 883–892.

Corvo, F., N. Betancourt, et al. (1995). "Influencia de la salinidad de la atmósfera sobre la corrosión del acero." *Corrosion Science* 37(12): 1889-1901.

Corvo, F., N. Betancourt, et al. (2002). "Atmospheric corrosion in the tropics. Experiences obtained after more than 20 years of research in Cuba." *Corrosion Science*.

Domínguez J. A., et al. (1987). *Introducción a la corrosión y protección de metales*. La Habana. Edición ENPES. MES. 484 p

Echeverría, C. A. (1991). *La corrosión atmosférica del acero y la protección temporal de los centrales azucareros en la provincia de Matanzas*. Departamento de Ingeniería Química. Villa Clara, Universidad Central de Las Villas: 98.

Echeverría, C. A. (2003). *Métodos de protección a la atmósfera*. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), Universidad de Matanzas.

Echeverría, C. A., A. González, et al. (2002). *Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba. Influencia del aerosol marino*. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas: 32.

Echeverría, C. A., A. Hassan, et al. (1999). *Diagnóstico del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación de los pasillos telescópicos en el aeropuerto de Varadero y la Terminal 3 de La Habana*. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT). Universidad de Matanzas.

Echeverría, C. A., A. Hassan, et al. (2001). *Estudio de los problemas de corrosión, diseño anticorrosivo y protección en el Complejo Paradiso Puntarenas. Propuesta de soluciones*. Informe Final del Servicio Científico Técnico elaborado por el CEAT. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT). Universidad de Matanzas.

Echeverría, C. A., Echeverría M (hija), et al. (2006). *Esclarecimiento de los niveles de deposición de cloruros y sulfatos por diferentes métodos de captación establecidos*

internacionalmente en la Universidad de Matanzas. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas: 40.

Echeverría, C. A., Echeverría M (hija), et al. (2003). El Deterioro de instalaciones turísticas por problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y protección. 2do Simposio Internacional de Turismo y Desarrollo (TURDES). Varadero.

Echeverría (hija), C. A. Echeverría, et al. (2007). Estudio y evaluación de materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímeros (MAP) para su aplicación como recubrimientos anticorrosivos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.

Echeverría, C. A., Echeverría M (hija), et al. (2005). "El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas." Retos Turísticos 3(2): 21-30.

Echeverría, M., C. A. Echeverría, et al. (2008). "Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba." Revista Retos Turísticos 7(1).

Echeverría, C. A., J. Rodríguez, et al. (2004). Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas: 43.

Echeverría, C. A., O. Cortijo, et al. (2000). "Influencia de la corrosión atmosférica en la industria azucarera cubana." Revista Centro Azúcar(3): 83-86.

Espada, L. R. (2005). La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas. 2006.

Feliu, S. (1986). La corrosión y la protección del automóvil. Revista Iberoamericana de Corrosión y Protección. Vol. XVII No 4. Pág. 251.

Fragata, F. (2002). La pintura como técnica de protección anticorrosiva. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II-Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid, MORCILLO, M.

Gómez, J. (1999). Estudio corrosivo sobre cuatro metales en estaciones cubanas del proyecto MICAT. Centro de Investigaciones del Petróleo. MINBAS. La Habana: 183.

González, J. A. (1989). Control de la corrosión. Estudio y medida por técnicas electroquímicas. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. (CNIM).

Grupo Consultor (2004). Generalidades de pinturas anticorrosivas. 2005.

Gurrappa, I. and G. Malakondaiah (2005). "Características de la corrosión del acero DMR-1700 y comparación con diferentes aceros en ambiente marino." *Materials Science and Engineering A* 391: 235-242.

Iglesias H., M. M.(2000). Influencia del aerosol marino en condiciones climáticas de cuba y los ensayos acelerados de corrosión.

Morcillo, et al. (2002). Factors influencing the corrosion behaviour of coated steel sheets in lap-joints. Report EUR 20067 EN.

Morcillo, M. (2002). Fundamentos sobre protección anticorrosiva de metales en la atmósfera.

Morcillo, M. (2002). Fundamentos sobre protección anticorrosiva de metales en la atmósfera. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II-Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid, MORCILLO, M.

NACE Corporation (2003). Costos de la corrosión y estrategias preventivas en los EE.UU. 2003.

Ochoa et al. (2005). Pinturas anticorrosivas. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.

Otero, E. (2000). Corrosión y degradación de materiales. Madrid, Editorial Síntesis S.A.

Pérez, C., A. Collazo, et al. (2002). "Comparative study between galvanized steel and three duplex systems submitted to a weathering cyclic test." *Corrosion Science* 44: 481-500.

Pérez, C. (1998). Estudio de los sistemas de protección de las superficies metálicas expuestas a la intemperie. Departamento de Química Inorgánica. Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela.: 245.

Reyes Lizcano, Fredy. Lizarazo Ferro, Claudia. (2006). *Caracterización dinámica de asfaltos con y sin polímeros*. Grupo CECATA. Universidad Javeriana. [en línea]. [consultado Diciembre 2009]. Disponible en <http://www.gecgr.co.cu/infoconst/bvirtual/carreteras/espanol/0409.pdf>.

Roberge, P. (2000). Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies.

Roberge, P. R., R. D. Klassen, et al. (2002). "Atmospheric corrosivity modeling - a review." *Materials and Design* 23: 321-330.

Rodríguez, M. T. (2004). Formulación y evaluación de imprimaciones epoxis anticorrosivas curables a temperatura ambiente. Departamento de Tecnología y Departamento de Ciencias Experimentales. Castellón, Universitat Jaume I: 251.

Santos, D., C. Brites, et al. (2005). "Performance of paint systems with polyurethane topcoats, proposed for atmospheres with very high corrosivity category." *Progress in Organic Coatings* 54: 344–352.

Schmidt, D. P., B. A. Shawa, et al. (2006). "Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment." *Progress in Organic Coatings* 57: 352–364.

Scott, P. (2000). Minimizing infrastructure deterioration. 119 th Annual Conference New England Water Works Association, Hotel Cambridge, England.

Shifler, D. (2005). "Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life." *Corrosion Science* 47(5): 2335-2352.

Tomashov, M. (1965). *Theory of corrosion and protection of metals*. La Habana: Edición Revolucionaria. p:22

Tomashov, N. D. (1979). *Theory of corrosion and protection of metals*. La Habana, Edición Revolucionaria.

Tonda, Mauricio.(2006). *Asfaltos Modificados con Polímeros* [en línea].[consultado Diciembre 2009].Disponible en <http://www.monografias.com>.

UNE-EN ISO 12 944-1. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 1: Introducción general. Vig.1999

UNE-EN ISO 12944-2. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Classification of environments. Vig.1999

UNE-EN ISO 12 944-3. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño. Vig.1999

UNE-EN ISO 12 944-4. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Vig.1999

UNE-EN ISO 12 944-5. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores. Vig.1999

UNE-EN ISO 12944-8. Pinturas y Barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Especificaciones para el desarrollo de nuevos trabajos y el mantenimiento. Vig.1999

UNE-EN ISO 4628-1. Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pintura. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Principios generales y esquemas de evaluación. Vig.2003

Vera, R. M. and F. J. Cañas (2005). "Comportamiento Frente a la Corrosión en Ambiente Marino de Acero Galvanizado y Acero Galvanizado Pintado (Duplex)." *Información tecnológica (Materiales y Metalurgia)* 16(4): 53-58.

Anexo 1: Mapa de la Agresividad Corrosiva de la Atmosférica en la República Cuba.



MAPA REGIONAL DE LA AGRESIVIDAD CORROSIVA DE LA ATMOSFERA EN CUBA

Map of the corrosive aggressiveness of atmosphere in Cuba

- **EXTREMA:** Hasta 1 km de la costa norte en zonas no apantalladas
- **ALTA:** Franja de 1 a 3 km de la costa norte y 1 km de la costa sur
- **MEDIA1:** Zonas montañosas (> 500 m) con mayor humedad
- **BAJA:** Zona a más de 20 km de las costas donde se alcanzan valores mínimos de corrosión
- **MEDIA:** Hasta 20 km de las costas, donde influye ligeramente el aerosol marino

Categoría	Acero Bajo Carbono	Cu	Al	Zn
C1	< 10	< 0,9	NS	0,7
C2	10 < 200	0,9 < 5	< 0,6	0,7 < 5
C3	200 < 400	5 < 12	0,6 < 2	5 < 15
C4	400 < 650	12 < 25	2 < 5	15 < 30
C5	650 < 1500	25 < 50	5 < 10	30 < 60
C6	> 1500	> 50	> 10	> 60

Anexo 2: Compatibilidad entre pinturas (Fragata, 2002).

Pintura primaria o intermedia	Pinturas de acabado						
	Alquídica	Goma Clorada	Acrílica	Epóxi	Poliuretano	Vinílica	Epóxi-alquitrán de hulla
Alquídica	C	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Goma Clorada	C	C	C(*)	NR	NR	NR	NR
Epóxi	C(**)	C(**)	C(**)	C	C	C	C
Vinílica	C	C	C	NR	NR	C	NR
Epóxi-alquitrán de hulla	NR	NR	NR	NR	NR	NR	C

Tabla 8: Compatibilidad entre pinturas.

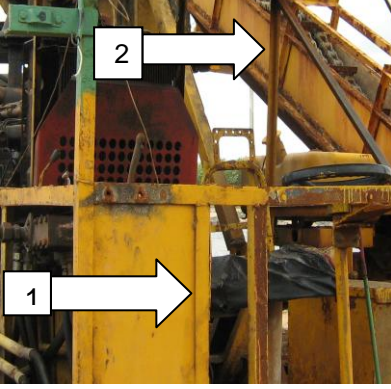
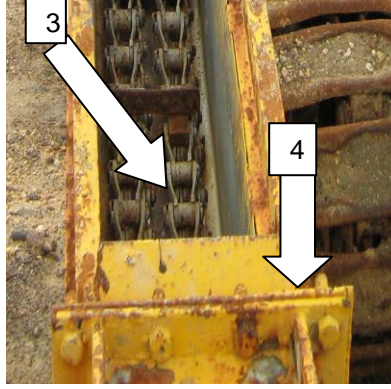
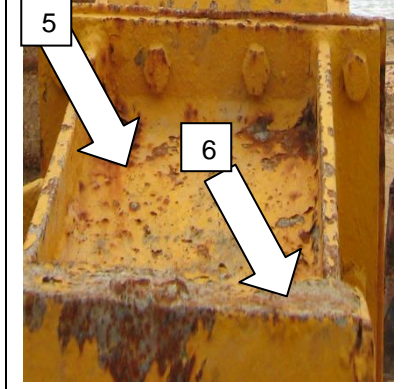
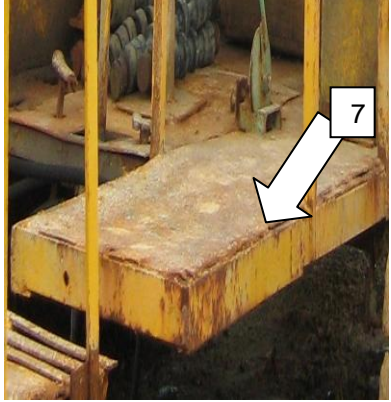
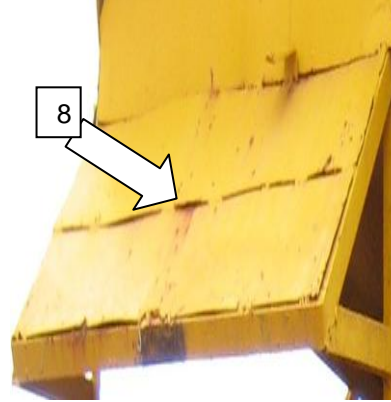
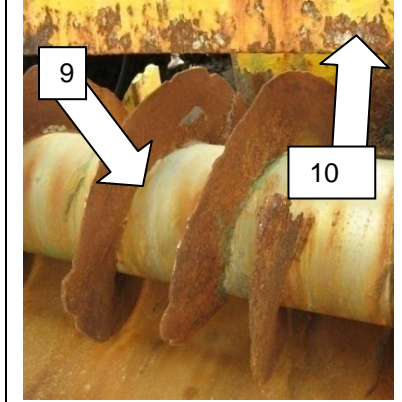
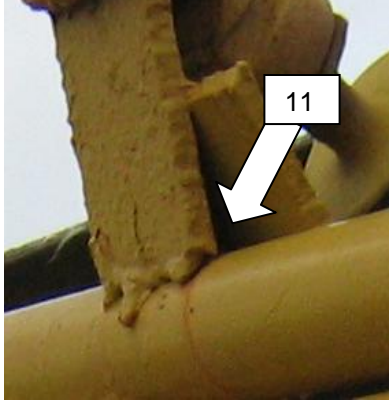
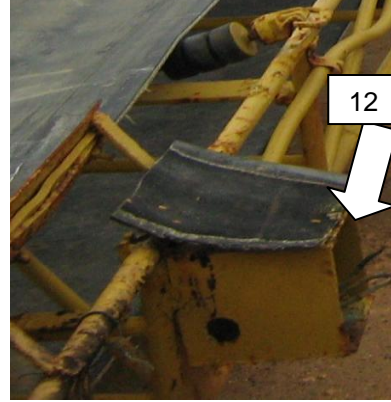
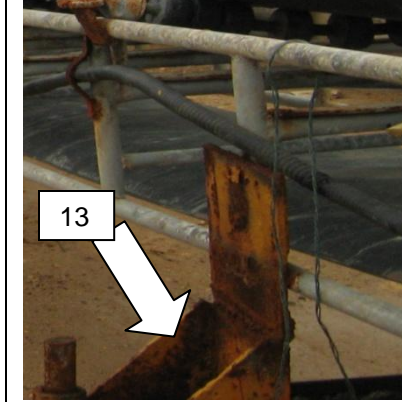
Leyenda:

C: compatible.

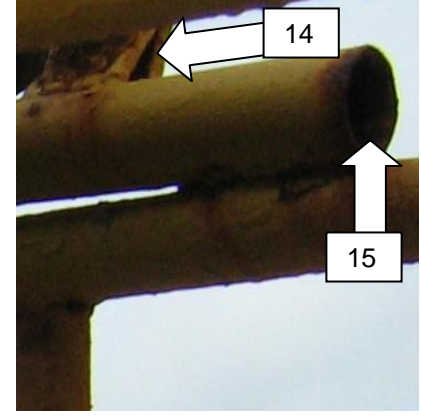
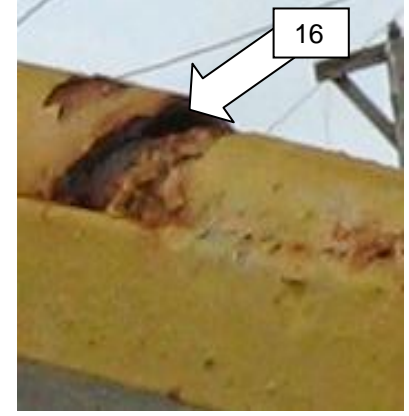
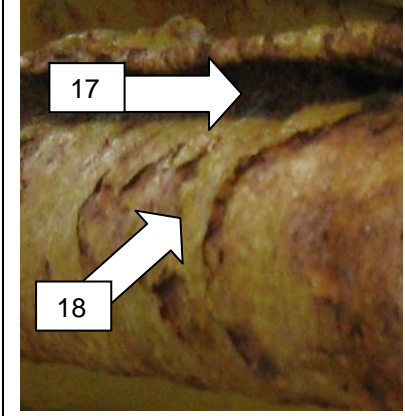
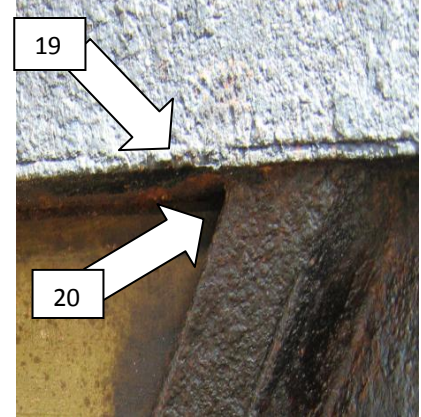
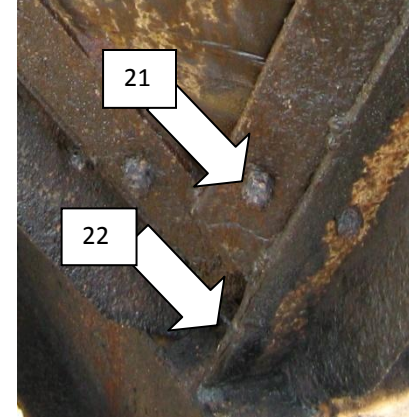
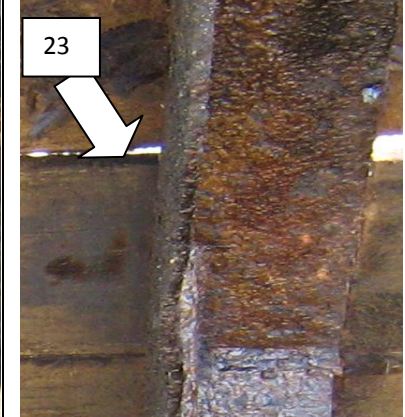
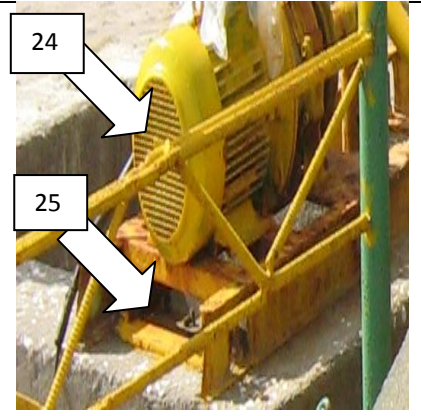
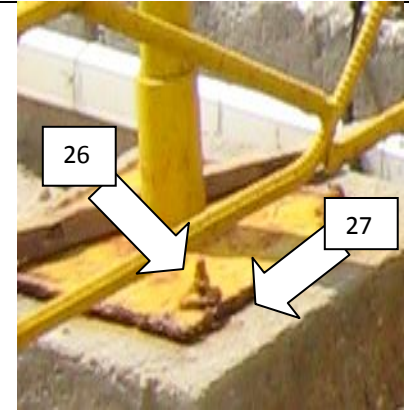
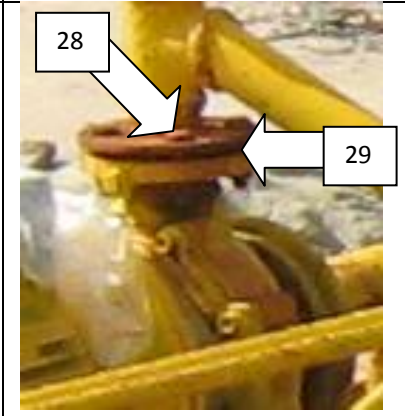
C (*): compatible pero no es una práctica normal.

C (**): compatible, desde que el intervalo entre recubrimientos sea respetado y que se realice un acondicionamiento adecuado de la superficie (Ej.: lijado y limpieza con solvente)





Anexo 3. Fotos de Equipos de la Empresa Salinera de Matanzas.

		
<p>Fig. 3 Resquicios, problemas acumulación y deposito, soldadura.</p>	<p>Fig. 4 Problemas de accesibilidad, resquicios y conexiones con pernos.</p>	<p>Fig. 5 Zona de acumulación y depósito.</p>
		
<p>Fig. 6 Soldadura discontinua e irregular</p>	<p>Fig. 7 Soldadura discontinua que origina resquicio</p>	<p>Fig. 8 Par metálico</p>
		
<p>Fig. 11 Área de difícil acceso entre dos vigas.</p>	<p>Fig. 12 zona de acumulación y depósito.</p>	<p>Fig. 13 zona de acumulación y depósito.</p>

Anexo 3. Fotos de Equipos de la Empresa Salinera de Matanzas.

		
<p>Fig. 14 Componente hueco sin protección y expuesto a los contaminantes.</p>	<p>Fig. 15 Viga de perfil circular perforada.</p>	<p>Fig. 16 Corrosión interfacial por la mala preparación superficial.</p>
		
<p>.Fig. 19 problemas de soldaduras discontinuas y orificios sin sellar</p>	<p>Fig. 20 conexiones con pernos y tuercas y zona de acumulación.</p>	<p>Fig. 21 Entallas entre maderas.</p>
		
<p>Fig. 24 Áreas inaccesibles</p>	<p>Fig. 25 Orificios sin sellar en la unión hormigón-acero.</p>	<p>. Fig. 26 Orificio en unión entre bridas y orificio-perno</p>

Anexo 3. Figuras de Equipos de Empresa Salinera de Matanzas.

		
<p>Fig. 29 Acumulación y depósito.</p>	<p>Fig. 30 Conexiones con pernos y tuercas.</p>	<p>Fig. 31 Conexiones con pernos y tuercas.</p>
		
<p>Fig. 34 Orificios sin sellar.</p>	<p>Fig. 37 Conexiones con pernos y tuercas.</p>	<p>Fig. 38 Zonas inaccesibles</p>

Anexo 4: Grados de preparación superficial



Figura 9: Grado de preparación Sa 1



Figura 10: Grado de preparación Sa 2



Figura 11: Grado de preparación Sa 2 ½

Anexo 5: Ficha Técnicas.

Anexo 5.1: Ficha técnica del producto DISTIN 314 L.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½

Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L

Grasa Líquida Tipo Solvente

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificios, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y a los recubrimientos de pintura. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimientos, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Forma un recubrimiento biodegradable, que no contamina al medio ambiente, no se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetileno, una vez formada la capa libre del solvente.

Método de Aplicación:

>> **Proyección:** Es el método de aplicación que se recomienda.

>> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa líquida pero no es el más recomendado.

>> **Brocha o frotado:** Se emplea este método cuando no existen condiciones para los anteriores.

>> **Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para líquidos de 8 a 10 m²/L.

Protección Anticorrosiva:

El recubrimiento formado toma el espesor por proyección por capas, proporciona una temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina las aguas por este efecto. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas del componente estructural del transporte por más de 10 años sin afectaciones por corrosión.

Condiciones de Conservación:

>> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y del espesor de la capa.

>> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 3 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.

>> **Almacén cerrado:** Garantiza más de 5 años con las mismas características que bajo techo.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para el procedimiento de conservación estructural en componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles de estructuras metálicas, ya que ser aplicadas penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua.

Transportación y almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o plásticos de 20, 5 y 1 Litro y otras capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto exceptuando la evaporación del solvente por deficiente hermeticidad..

Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 5.2: Ficha técnica del producto DISTIN 314.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

Es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos.

Es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico.

Método de Aplicación:

- >> **Proyección:** Pudiera aplicarse de prepararse líquida, se oferta una grasa líquida con estas características.
- >> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa fundida que posee una alta estabilidad coloidal, lo que permite fundirla en repetidas ocasiones, sin separar el aceite.
- >> **Brocha o frotado:** Se emplea este método principalmente para la protección y lubricación de cables de acero, aunque puede ser aplicada a otros componentes o piezas que lo requieran.
- >> **Rendimiento:** Para la aplicación de la grasa en forma líquida cuando está fundida, el rendimiento es de 8 a 10 m² /Kg a unos 100 ° C. En la preparación de superficies por frotado o brocha depende del espesor.

Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina las aguas por este efecto.

Condiciones de Conservación:

- >> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio.
- >> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 5 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.
- >> **Almacén cerrado:** Garantiza de 5 a 10 años con las mismas características antes apuntadas.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua. Está especialmente formulada para la protección y lubricación de cables, vástagos de válvulas, etc., aunque puede ser utilizada además en la conservación de equipos, partes y piezas, con superficies oxidadas, ya que penetra el óxido y protege, no afectando además a las pinturas.

Transportación y almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o cubetas plásticas de 17 Kg y otras capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 5.3: Ficha técnica del producto DISTIN 316 L.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 316 L Grasa Líquida Tipo Solvente.

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas de tuberías, laminados y perfiles almacenados a la intemperie. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. Afecta los recubrimientos de pintura, por su composición negra, por lo que se recomienda para materiales no pintados almacenados. No se inflama, en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

Método de Protección:

- >> **Proyección:** Es el método de aplicación que se recomienda.
 - >> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa líquida, pero no es el más recomendado.
 - >> **Brocha o frotado:** Se emplea este método cuando no existen condiciones para los anteriores.
 - >> **Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para líquidos de 8 a 10 m² /Litro.
- Protección Anticorrosiva:**

El recubrimiento formado toma el espesor por proyección por capas, proporciona una protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas.

Condiciones de Conservación:

- >> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y el número de capas.
- >> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 3 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.
- >> **Almacén cerrado:** Garantiza más de 5 años con las mismas características que bajo techo.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para la conservación de materiales oxidados que permanecen almacenados a la intemperie y en la conservación estructural en componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles de estructuras metálicas no pintadas, donde incluye parte inferior de contenedores, edificaciones, puentes, instalaciones industriales, ya que al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua.

Transportación y Almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o plásticos de 20, 5 y 1 litro y otras capacidades en función de los requerimientos del cliente. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto exceptuando la evaporación del solvente por deficiente hermeticidad.

Aclaración al cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu.

Anexo 5.4: Ficha técnica del producto DISTIN 316.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½

Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 316 Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

Es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas y no oxidadas, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. Afecta los recubrimientos de pintura, por su color negro.

Método de Aplicación:

- >> **Proyección:** Pudiera aplicarse de prepararse líquida, se oferta una grasa líquida con estas características.
- >> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa fundida que posee una alta estabilidad coloidal, lo que permite fundirla en repetidas ocasiones, sin separar el aceite.
- >> **Brocha o frotado:** Se emplea este método principalmente para la protección y lubricación de cables de acero, aunque puede ser aplicada a otros componentes o piezas que lo requieran.
- >> **Rendimiento:** Para la aplicación de la grasa en forma líquida cuando está fundida, el rendimiento es de 8 a 10 m² /Kg a unos 100 ° C. En la preparación de superficies por frotado o brocha depende del espesor.

Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto.

Condiciones de Conservación:

- >> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio.
- >> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 5 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.
- >> **Almacén cerrado:** Garantiza de 5 a 10 años con las mismas características antes apuntadas.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua. Está especialmente formulada para la protección y lubricación de cables, vástagos de válvulas, etc., aunque puede ser utilizada además en la conservación de equipos, partes y piezas, con superficies oxidadas, ya que penetra el óxido y protege.

Transportación y almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o cubetas plásticas de 17 Kg y otras capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 5.5: Ficha técnica del producto DISTIN 404 L.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 404 L Mástique Asfáltico Líquido

Mástique asfáltico de consistencia líquida para la protección anticorrosiva y conservación de superficies metálicas. Ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraña para la protección de la parte inferior y exterior del piso de los automóviles, contenedores, equipos ferroviarios y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana.

Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Es la forma principal de aplicación, donde el espesor de la capa deseada se logra por aplicaciones sucesivas, una vez logrado el secado por capas.

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

El producto penetra al óxido no desprendible y protege. Además puede ser aplicado sobre superficies previamente tratadas con la grasa líquida DISTIN 314 L, con la que se integra como un recubrimiento por poseer un constituyente común a ambos.

Rendimiento: Como es un producto líquido el rendimiento por capa se corresponde con el generalmente establecido de 10 m²/litro.

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.

Condiciones de Conservación:

- **Intemperie:** Por ser un producto elaborado con goma se ve afectado por la radiación ultravioleta, aunque se tienen resultados de protección por más de un año en superficies de pisos de automóviles sin afectaciones.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección por muchos años, cuando no está sometido a proyecciones de partículas, agua, etc.

Almacenamiento: El producto se almacena en recipientes plásticos de 5 y 20 litros. Antes de ser usado debe agitarse para que las partículas de goma que contiene se mantengan en suspensión antes de utilizarse.

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 antelación.

Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. **Teléfono:** 256811. **E.Mail:** carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 5.6: Ficha técnica del producto DISTIN 404.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 404

Mástique Asfáltico Semisólido con goma

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 productos.

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 Protección:

- **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.

Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 5.7: Ficha técnica del producto DISTIN 504.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 504 Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida

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 m² /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m²/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 mas, 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.

Comuníquese: Teléfono: 261013 Ext. 326. Fax: 253101 E.Mail: merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 1/2
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TECNICA DISTIN 506

Disolución de Fosfatado No Decapante

Disolución de fosfatado no decapante para la preparación rápida de superficies metálicas no oxidadas. Forma una capa de fosfatos de metales la superficie, penetra en los intersticios, 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 de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos.

Método de Aplicación:

- >> **Proyección:** Pudiera aplicarse en áreas de difícil acceso, pero no resulta el método más adecuado por su fuerte carácter ácido, que requiere de protección.
- >> **Inmersión :** Se introduce la pieza desde 5 a 15 minutos en dependencia de la temperatura del baño, lográndose un alto rendimiento del baño, no requiere enjuague ni neutralización posterior ya que esto provoca la necesidad de tratamiento de residuales.
- >> **Frotado:** Se recomienda este método, cuando se pueda sustituir el de inmersión, sobre todo en estructuras montadas, en el tratamiento de superficies en equipos del transporte, etc. Se indica el frotado con material sintético de esponja o similar.
- >> **Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m² /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m² /litro, aunque presenta la dificultad de los enjuagues de neutralización, que conllevan el tratamiento de residuales.

Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas de días a semanas en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de la 4 a la 6, en dependencia de las condiciones de almacenamiento. Si se contamina la superficie con aerosol marino, esta debe ser lavada con agua antes de pintar, de lo contrario puede ser aplicada la pintura, mástique o grasa directamente.

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, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Elimina manchas de óxido en las pinturas y forma una capa protectora con sales insolubles, no requiere del enjuague posterior antes de aplicar pinturas, grasas o aceites, las cuales penetran en la capa de fosfato lográndose un excelente anclaje.

Transportación y almacenamiento:

El producto debe ser almacenado en tanques plásticos de diferentes capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto. Por constituir una disolución 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.

Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu o mercaceat@umcc.cu

Anexo 5.9: Ficha técnica del producto DISTIN 603 L.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TECNICA

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida. 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 m² /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 aplicada.

:: 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.

:: Aclaración al usuario ::

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.
Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 6. Determinación de consumo de Productos para el SIPAYC.

Anexo 6.1. Tabla 4: Cantidades y precios de los productos a consumir en la combinada.

Combinada	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC
DISTIN 314L (L)	2.00	2.03	0.44	4.06	0.88
DISTIN 314 (Kg)	7.31	1.85	0.50	13.52	3.66
DISTIN 314S(Kg)	0.65	1.85	0.50	1.20	0.32
DISTIN 404 (Kg)	3.00	2.05	0.40	6.15	1.20
DISTIN 504 (L)	27.23	1.01	1.03	27.50	28.05
DISTIN 603 (L)	5.00	1.50	0.56	7.50	2.80
Pintura (Gal)	44.93	2.47	11.36	110.98	510.41
			Total	170.92	547.32

Anexo 6.2. Tabla 5: Cantidades y precios de productos a consumir en la banda transportadora.

Transportadoras de bandas	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC
DISTIN 314L (L)	15.37	2.03	0.44	31.21	6.76
DISTIN 314 (Kg)	37.90	1.85	0.50	70.12	18.95
DISTIN 314S (Kg)	0.51	1.85	0.50	0.94	0.26
DISTIN 404L (L)	2.00	1.48	0.30	2.96	0.60
DISTIN 404 (Kg)	4.00	2.05	0.40	8.20	1.60
DISTIN 504 (L)	106.70	1.01	1.03	107.77	109.90
DISTIN 603 (L)	16.00	1.50	0.56	24.00	8.96
Pintura (Gal)	110.04	2.47	11.36	271.79	1250.03
			Total	516.99	1397.06

Anexo 6.3. Tabla 6: Cantidades y precios de los productos a consumir en la carreta.

Carreta	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC	
DISTIN 314L (L)	19.43	2.03	0.44	39.44	8.55	
DISTIN 316L (L)	0.30	2.03	0.44	0.61	0.13	
DISTIN 316 (Kg)	0.50	1.85	0.50	0.93	0.25	
DISTIN 404L (L)	3.20	1.48	0.30	4.74	0.96	
DISTIN 404 (Kg)	76.03	2.05	0.40	155.87	30.41	
DISTIN 504 (L)	77.73	1.01	1.03	78.51	80.07	
Pintura (Gal)	85.51	2.47	11.36	211.20	971.36	
				Total	491.29	1091.73

Anexo 6.4. Tabla 7: Cantidades y precios de los productos a consumir en la estructura de recepción y lavado.

Recepcion y Lavado	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC	
DISTIN 314L (L)	1.53	2.03	0.44	3.10	0.67	
DISTIN 314 (Kg)	5.00	1.85	0.50	9.25	2.50	
DISTIN 314S (Kg)	1.00	1.85	0.50	1.85	0.50	
DISTIN 404 (Kg)	28.85	2.05	0.40	59.15	11.54	
DISTIN 504 (Kg)	8.60	1.01	1.03	8.69	8.86	
DISTIN 603 (L)	2.01	1.50	0.56	3.01	1.13	
Pintura (Gal)	14.19	2.47	11.36	35.05	161.20	
				Total	120.10	186.40

Anexo 6.5. Tabla 8: Cantidades y precios de los productos a consumir en la centrífuga.

Centrifuga	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC	
DISTIN 314L(L)	4.02	2.03	0.44	8.16	1.77	
DISTIN 314 (Kg)	1.00	1.85	0.50	1.85	0.50	
DISTIN 404 (Kg)	0.15	2.05	0.40	0.31	0.06	
DISTIN 504 (L)	3.76	1.01	1.03	3.79	3.87	
DISTIN 603 (L)	4.70	1.50	0.56	7.04	2.63	
Pintura (Gal)	12.40	2.47	11.36	30.62	140.85	
				Total	51.78	149.68

Anexo 6.6. Tabla 9: Cantidades y precios de los productos a consumir en el área de molienda.

Molino	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC
DISTIN 314L (L)	0.19	2.03	0.44	0.38	0.08
DISTIN 404 (Kg)	2.00	2.05	0.40	4.10	0.80
DISTIN 504 (L)	0.60	1.01	1.03	0.61	0.62
DISTIN 603 (L)	0.75	1.50	0.56	1.13	0.42
Pintura (Gal)	0.99	2.47	11.36	2.45	11.25
			Total	8.66	13.17

Anexo 6.7. Tabla 10: Cantidades y precios de los productos a consumir en el área de envase.

Envase	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC
DISTIN 314L (L)	2.00	2.03	0.44	4.06	0.88
DISTIN 314 (Kg)	1.00	1.85	0.50	1.85	0.50
DISTIN 404 (Kg)	2.00	2.05	0.40	4.10	0.80
DISTIN 504 (L)	0.96	1.01	1.03	0.97	0.99
DISTIN 603 (L)	1.20	1.50	0.56	1.80	0.67
Pintura (Gal)	1.58	2.47	11.36	3.91	17.99
			Total	16.69	21.84

Anexo 6.8. Tabla 11: Cantidades y precios de los productos a consumir en las estructuras.

Estructura	Consumo	CUP/unidad	CUC/unidad	CUP	CUC
DISTIN 314L	1.65	2.03	0.44	3.35	0.73
DISTIN 404	4.00	2.05	0.40	8.20	1.60
DISTIN 504	3.00	1.01	1.03	3.03	3.09
DISTIN 603	3.75	1.50	0.56	5.63	2.10
Pintura	4.95	2.47	11.36	12.23	56.23
			Total	32.43	63.75