

**Universidad de Matanzas
Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química e Ingeniería Química**



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Propuesta de Tecnologías de Protección Anticorrosiva y Conservación del área de Combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero.

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

Autora: Yirela de las Mercedes Pérez Jiménez.

Tutor: MSc. Asael González Betancourt

Matanzas, 2015.

Pensamiento:



“ Nada más bello que poder amar a alguien a quien se tiene algo que agradecer. Hay sin embargo, cosas de las que el ser humano se puede sentir legítimamente orgulloso, y no es de lo que recibe, sino de lo que da, de lo que es capaz de crear y de lo que es capaz de forzar en sí mismo.”

José Martí

DECLARACION DE AUTORIDAD

Yo Yirela de las Mercedes Pérez Jiménez declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma Titulado: Propuesta de Tecnologías de Protección Anticorrosiva y Conservación del área de Combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero, realizado en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, por tanto autorizo que el mismo sea utilizado en la institución con la finalidad que estimen conveniente.

Firma: _____

Yirela de las Mercedes Pérez Jiménez
Facultad de Ciencias Técnicas
Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma:

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro de Tribunal

Provincia: _____ Fecha: _____ Calificación: _____

Dedicatoria.

A mi madre porque desde que vine al mundo me ha dado todo el amor, la comprensión, el apoyo que he necesitado para cumplir mis metas y ha estado a mi lado en los momentos más difíciles siendo siempre mi motor impulsor

A mi familia por alentarme a seguir adelante y a no rendirme nunca.

A todos mis amigos porque siempre me han brindado su apoyo incondicional y confianza.

Agradecimientos.

Son a todas aquellas personas que facilitaron la realización de este trabajo a las que agradezco.

Especialmente:

A mi familia por haberme brindado su apoyo y amor incondicional en todo momento.

A mi tutor Asael Gonzáles Betancourt por ser tan preocupado, dedicado y por sembrar en mí, para toda la vida, valiosos conocimientos.

A todos mis profesores por el aprendizaje obtenido en todos estos años que me han contribuido a mi formación profesional y moral.

A mi novio por su apoyo incondicional y confianza.

A mis amigas de cuarto por brindarme su apoyo, ayuda y amistad.

A todos.

Muchas Gracias

Resumen.

El presente trabajo se realizó en el área de combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU de Varadero, la cual está constituida por sistemas de tanques de combustibles, dos centrífugas, un panel de control, dos bombas, instalaciones de tuberías y componentes estructurales, los que en su gran mayoría son metálicos. A partir del diagnóstico realizado se detectaron problemas de diseño anticorrosivos, incorrecta preparación de las superficies metálicas, deficiencia en la aplicación de pinturas, falta de protección anticorrosiva y de conservación adicional, así como pérdidas económicas por corrosión. Estos problemas son debido a la agresividad de la atmósfera, a los deficientes métodos de protección anticorrosiva y a la falta de preparación del personal. Considerando lo anterior se propone un Manual de mantenimiento anticorrosivo mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), con productos nacionales (DISTIN), aceptado para su generalización en todo el país, que se incluye en el Manual de Gestión de la Generación Distribuida aprobado nacionalmente.

Abstract.

The present work was carried out in the fuel area of Electrical Central Diesel MTU of Varadero, which is constituted by systems of fuel tanks, two centrifuges, control panel, two pumps, structural facilities of pipes and among other components, majority of those are metals. From the diagnosis made on anticorrosive problems, those of design were detected, incorrect preparation of the metallic surfaces, deficiency in the application of paintings, economic lack of anticorrosive protection and additional conservation, as well as losses by corrosion. These problems are caused by the aggressive environmental conditions, lack of skilled personnel and defects in methods of conservation and protection against corrosion. Considering all that, a manual on anticorrosive maintenance is proposed using a System of Anticorrosive Protection and Conservation (SIPAYC) in Spanish, that employs national products, (DISTIN), that are generated for their use national wide and that are included in the Manual of generation and approved distribution countrywide.

Índice

	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1: Análisis Bibliográfico.	3
1.1 Caracterización tecnológica del proceso de recepción, almacenamiento, tratamiento y utilización del combustible diesel en grupo MTU.	3
1.2 La revolución energética y el deterioro por corrosión.	3
1.2.1 Antecedentes de la revolución energética.	4
1.2.2 Incidencia económica de la corrosión.	6
1.3 Corrosión atmosférica del acero.	7
1.3.1 Caracterización de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona de la instalación.	7
1.3.2 La corrosión atmosférica en Cuba. Factores que influyen.	8
1.3.2.1 Factores que influyen en la velocidad de corrosión.	9
1.3.2.2 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.	10
1.3.2.3 El ión cloruro y la corrosión atmosférica.	13
1.3.2.4 El ión sulfato y la corrosión atmosférica.	13
1.3.2.5 Agresividad corrosiva de la atmósfera.	14
1.4 Normas sobre problemas de diseño anticorrosivo, preparación superficial y corrosión que presenta la instalación.	15
1.4.1 El diseño anticorrosivo y su influencia en la corrosión.	16
1.5 La protección anticorrosiva y conservación en instalaciones y equipos de las Centrales Eléctricas.	20
1.5.1 Enfoque en Sistemas de protección anticorrosiva con recubrimiento.	21
1.5.2 Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas.	23
1.5.2.1 Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.	24
1.5.3 Recubrimientos Anticorrosivos.	27
1.5.4 Protección anticorrosiva y conservación adicional.	29
1.5.4.1 Materiales compuestos de matriz asfáltica.	29
1.5.4.2 Grasas de conservación.	30

1.5.4.3 Cera abrillantadora e impermeabilizante.	31
1.5.4.4 Disolución de Fosfatado.	31
Conclusiones Parciales del Capítulo.	32

Capítulo 2: Diagnóstico del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación	33
2.1 Materiales y métodos.	33
2.2 Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión.	34
2.2.1 Tanques de Combustibles Diesel.	34
2.2.2 Centrífuga.	39
2.2.3 Pizarra de control.	43
2.2.4 Válvulas.	46
2.2.5 Bomba.	49
2.3 Diagnóstico de la preparación de superficies.	50
Conclusiones Parciales del Capítulo.	51

Capítulo 3: Propuesta de tecnologías de protección anticorrosiva y conservación. Manual de mantenimiento anticorrosivo.	52
3.1 Materiales y Métodos.	52
3.2 Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación.	52
3.2.1 Agresividad corrosiva de la atmósfera.	53
3.2.2 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación.	54
3.2.3 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.	56
3.2.3.1 Tanques de Combustible.	57
3.2.3.2 Centrífuga.	59
3.2.3.3 Pizarra de control.	60
3.2.3.4 Válvulas.	62
3.2.3.5 Bomba.	65
3.2.4 Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.	66

3.2.5	Protección anticorrosiva adicional y conservación. Fundamentación del sistema.	67
3.3	Algunos resultados económicos esperados.	68
3.3.1	Aplicación de los productos DISTIN.	68
3.3.2	Valor Actual Neto (VAN).	71
	Conclusiones Parciales del Capítulo.	74
	Conclusiones.	75
	Recomendaciones.	76
	Bibliografía.	77
	Anexos.	82

Introducción.

La Revolución Energética con su desarrollo en los últimos años ha provocado un incremento en el número de instalaciones para la generación y distribución de la electricidad, todas ellas sometidas a las condiciones de la atmósfera de Cuba, propiciando un incremento en el mantenimiento en las instalaciones de los Grupos Electrónicos de nueva creación en todo el país, demandando la toma de medidas en la actividad de protección anticorrosiva.

Afecta a lo anterior para toda Cuba, la agresividad corrosiva imperante que se clasifica de media, alta, muy alta y extrema con predominio de las últimas clasificaciones. Ello junto con los problemas de diseños anticorrosivos y la poca preparación del personal provoca el deterioro prematuro de los materiales fundamentalmente metálicos y sus sistemas de protección.

En la generación distribuida, la totalidad de las instalaciones y equipos son metálicos y están sometidos en lo fundamental a la acción de la atmósfera, además de otros medios agresivos, por lo que se justifica la aplicación del sistemas de protección anticorrosiva y conservación para contrarrestar estos daños que pueden ser disminuido pero no eliminados.

Otra de las causas del deterioro es la incorrecta utilización de los materiales empleados para la construcción de los equipos, afectando el diseño anticorrosivo. Además de la violación de las normas establecidas en el propio país, por falta de exigencia y control de la calidad de los procesos de diseño, construcción, preparación superficial, pintura, protección adicional, transportación y montaje.

Con estos antecedentes y ante la solicitud de la Dirección Nacional de Generación Distribuida, se realiza un diagnóstico que permite identificar el deterioro por corrosión y se amplía el mismo para desarrollar un Manual de mantenimiento anticorrosivo mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación para las Centrales Eléctricas Diesel MTU del país, donde se integren todos los factores que protejan los componentes estructurales de las instalaciones y equipos, todos ellos con productos en su mayoría de producción nacional, desarrollados en el CEAT, producidos en la Planta Piloto y certificados por el laboratorio LABET.

Por lo antes planteado se tiene como problema:

Problema Científico:

Deterioro por corrosión de componentes y equipos del área de Combustible en la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero.

Por lo que tenemos como Hipótesis

Hipótesis

Si se establecen las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un manual será posible disminuir el deterioro por corrosión de los componentes y equipos del área de Combustible en la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero.

Objetivo General:

Proponer las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un manual para el área de Combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero.

Objetivos específicos:

- Realizar una búsqueda bibliográfica del estado del arte.
- Diagnosticar los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación del área de Combustible en la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero.
- Proponer tecnologías de protección anticorrosiva mediante un manual.
- Fundamentar técnica y económicamente la propuesta de tecnología de protección anticorrosiva.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico.

Con la creación de la generación distribuida en el 2006 con miles de instalaciones en todo el país comenzó la Revolución Energética, que a su vez trajo consigo el deterioro por corrosión de dichas instalaciones. Por ende reviste una gran importancia las evaluaciones de la magnitud del daño, la selección de materiales, la identificación de los problemas de diseño y de corrosión, para la correcta selección de los métodos de protección anticorrosiva y conservación.

1.1) Caracterización tecnológica del proceso de recepción, almacenamiento, tratamiento y utilización del combustible diesel en grupo MTU.

El proceso de generación eléctrica comienza con la recepción del diesel en cuatro recipientes con una capacidad de 90000 litros. Posteriormente se procede al centrifugado para eliminarle las impurezas que le acompañan, el residuo pasa a un tanque oleaginoso para su succión. Una vez limpio de impurezas el combustible pasa al tanque de operación y es bombeado a cada grupo electrógeno MTU-S4000 donde ocurre el proceso de generación eléctrica a través de la combustión interna de los motores, estos generan energía eléctrica a partir de la energía mecánica transmitida al rotor del generador por el cigüeñal de un motor de combustión interna estacionario acoplado a éste. La temperatura de entrada del diesel al motor oscila entre 25 y 50⁰C alcanzando una presión superior a los 3,8 bar e inferior a 7 bar ; al operar el motor el aceite lubricante alcanza una temperatura entre 85 y 95⁰C a una presión entre 5 y 6 bar. El comportamiento del líquido refrigerante para el sistema de altas temperaturas es de 95 a 96⁰C a una presión entre 2,3 y 2,5 bar. Para el sistema de bajas temperaturas se encuentra entre 17 y 19⁰C a la misma presión anterior. Como producto final se genera 480kW pasando a un transformador donde se eleva a 13000 kW, posteriormente se registra en el panel de control dando continuidad a un segundo transformador, el cual eleva hasta 33000 kW para incorporarse al sistema electro energético o a un consumidor específico.(Álvarez, Y. 2014).

1.2) La revolución energética y el deterioro por corrosión.

Un grupo electrógeno Diesel MTU de nueva generación es una máquina que mueve

un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. Ella está constituida principalmente por un área de generación y además cuenta con un área de combustibles donde se encuentran los tanques de combustibles y la centrífuga, con sus accesorios. (González, A. 2011).

1.2.1) Antecedentes de la revolución energética.

La Revolución Energética ha provocado en los últimos años, un incremento en el número de instalaciones y equipos para la generación y distribución de la electricidad, todas ellas sometidas a las condiciones de la atmósfera de Cuba.

En el año 2005 la dirección del país bajo el programa de la Revolución Energética decide pasar de una Generación Concentrada en solo una decena de puntos en el país a una Generación Distribuida a base de motores de combustión interna en una primera etapa, en más de doscientos puntos. Para ese entonces, no queda otra alternativa que desarrollar un sistema de gestión que permita establecer y normar la nueva forma de explotar y controlar este tipo de generación.

Con el desarrollo de la Revolución Energética ha ocurrido un incremento en el mantenimiento en las instalaciones y equipos de las Centrales Eléctricas de nueva creación en todo el país, demandando la toma de medidas en la actividad de protección anticorrosiva.

Influye en lo anterior para toda Cuba, la agresividad corrosiva imperante que se clasifica de media, alta, muy alta y extrema con predominio de las últimas clasificaciones. Lo que provoca el deterioro prematuro de los materiales y sus sistemas de protección. (González, A. 2011, Méndez, O. 2012).

Circunstancialmente con el adelanto de esta industria, y para su rápida puesta en funcionamiento, se han introducido de forma considerable las construcciones metálicas, con tecnologías foráneas, no todas ellas probadas en estas condiciones.

Una de las causas de su incidencia es la falta de tropicalización de los equipos e instalaciones que se adquieren, las que generalmente responden a las condiciones

de agresividad de los países de origen. (González, A. 2009).

La falta de exigencia de los especialistas que adquieren la nueva tecnología y la falta de conocimientos sobre el tema, en ocasiones incide en lo anterior. Además del incumplimiento de las normas establecidas en el propio país, por falta de control de la calidad de los procesos de diseño, construcción, preparación superficial, pintura, protección adicional, transportación y montaje.

El seguimiento más sistemático de los costos de la corrosión y de la incidencia en su economía lo ha hecho Estados Unidos, siendo el propio Congreso el encargado de pedir datos que permitan su cuantificación y de trazar estrategias para la prevención y combate. Los resultados de los costos son equivalentes al 3,1% de su Producto Interno Bruto. (Echeverría, C.A. 2003 (a)). Los resultados arrojados para el 2002, revelan que aunque el control de la corrosión ha mejorado con respecto a décadas pasadas, se deben poner en práctica más y mejores medidas para el control óptimo de la corrosión.

En (Echeverría, C.A. et al, 2003 (b)), se hace referencia a los costos por corrosión anual estimados del 3,5% del Producto Interno Bruto (PIB) y se plantea que constituye una aproximación por defecto, si se tiene en cuenta los elevados niveles de corrosividad existentes en Cuba en comparación con otros países, tal y como se observa en los Mapas de Ibero América, (Echeverría, M. et al, 2008), además de la insuficiente aplicación de medios de protección anticorrosiva.

En Cuba la Administración Central del Estado, orienta a todos sus organismos el mantenimiento y conservación anticorrosiva de los equipos y materiales; así como el control periódico de esta actividad. (López, I. 2008).

(González, A. 2009) sin embargo destaca que en Cuba no se aplica lo establecido con respecto al diseño anticorrosivo, que puede ser adecuado para los países de donde provienen los equipos, pero no en las condiciones de agresividad existentes en la isla. A criterio del autor estos problemas incrementan los efectos corrosivos en las estructuras metálicas y las insuficiencias en la preparación de superficies y protección con recubrimiento de pintura.

1.2.2) Incidencia económica de la corrosión.

Uhlig en 1949 realizó los primeros estudios relacionados con los costos de la corrosión, en su trabajo “Los costos de la corrosión en los Estados Unidos” (Echeverría, M. et al. 2008), donde desarrollo los cálculos relacionados con la corrosión sobre la base de métodos de prevención. En ese reporte se estiman las pérdidas anuales directas causadas por la corrosión en alrededor del 3,5 % del Producto Nacional Bruto (PNB), tanto en los países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo. Expresando que los mayores ahorros en los costos de la corrosión provienen de un mejor uso de los conocimientos ya adquiridos, representando una reducción de pérdidas de un 25-30% (NACE Corporation, 2003).

Como se observa, se utiliza como criterio un porcentaje del PNB, el cual incluye todos los ingresos de un país.

En un estudio previo se asumió para Cuba el 4% del PIB, que como se observa no corresponde al mayor nivel de pérdidas reportado por (Biezna, M. et al. 2005). El porcentaje utilizado se debe a la agresividad corrosiva de Cuba y la situación económica del país (Echeverría, C.A. et al. 2002).

El inadecuado diseño y protección anticorrosiva acorde a las condiciones de agresividad, así como la falta de preparación del personal encargado del trabajo de mantenimiento, incrementan el deterioro, y en consecuencia las pérdidas económicas en las Centrales Eléctricas (González, A. 2011).

Tomashov estima que el 50% de los costos por corrosión corresponden a la corrosión atmosférica, planteamiento con el que coinciden varios investigadores del tema (Betancourt, N. et al. 2002; Echeverría, C.A. et al. 2002; 2004; 2005; 2006; Echeverría, M. et al. 2007). Este planteamiento tiene gran importancia si se tiene en cuenta que la mayoría de las instalaciones y equipos se encuentran sometidas a la acción de la atmósfera como es el caso de la Central Eléctrica.

Las pérdidas económicas totales (directas e indirectas) por corrosión para Cuba en el año 2008 ascendieron a 1760 millones de pesos. A partir de estas pérdidas económicas, se estima que las pérdidas ocasionadas por la corrosión atmosférica, según criterio anterior, ascienden a 880 millones de pesos. La cifra antes señalada

justifica la necesidad de la toma de medidas para disminuir las pérdidas por corrosión atmosférica. (Echeverría, M. et al. 2009).

1.3) Corrosión atmosférica del acero.

Los aceros son los materiales más versátiles, menos caros y más ampliamente usados para la construcción de muchos sistemas ingenieriles. Sin embargo, una de sus principales limitaciones es su gran corrosividad (González, A. 2013)

Por lo que es necesario clasificar la agresividad corrosiva de la atmósfera en las instalaciones y equipos que serán objeto de protección anticorrosivo.

1.3.1) Caracterización de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona de la instalación.

La corrosión atmosférica es un proceso de degradación y destrucción de materiales metálicos, así como de su estructura y propiedades, debido a la interacción con la atmósfera, caracterizada por sus valores de temperatura y humedad del aire. La mayor parte de la estructura metálica y equipos están expuestos en condiciones de intemperie y por otra parte sufren corrosión atmosférica. (Rocha, 2003).

Dada a la alta corrosividad de las atmósferas a que están sometidas las construcciones metálicas, la necesidad conduce al desarrollo de recubrimientos anticorrosivos de gran eficiencia (Almeida, E. et al. 2006).

En Cuba, en los últimos años, se ha utilizado la generación eléctrica distribuida, como una alternativa dentro del programa energético, sin embargo, los equipos que han sido introducidos al país no están probados en las condiciones climáticas propias del mismo, por lo que es necesario el perfeccionamiento en las instalaciones destinadas a dicha actividad para favorecer su mejor funcionamiento y conseguir el ahorro de recursos. (Mirabal, G. 2011).

Por tanto, es preciso tener en cuenta las condiciones ambientales del territorio cubano. Esto nos obliga a prestarle gran atención a dicho fenómeno, pues la gran mayoría de los equipos e instalaciones están ubicados donde la acción de la atmósfera produce una Extrema Agresividad Corrosiva, lo que resulta poco común en la mayoría de los países de origen de estas Tecnologías.

La instalación objeto de estudio se encuentra en el norte de la provincia donde según el mapa de corrosividad de Cuba (**anexos 1**) y estudios realizados en zonas cercanas a la instalación se puede clasificar la atmosfera como C4 ya que se obtuvieron velocidades de corrosión superior a 364 mm/año.

1.3.2) La corrosión atmosférica en Cuba. Factores que influyen.

La atmósfera es uno de los medios corrosivos naturales más ampliamente difundido y es, precisamente, en este medio donde ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas, según demuestran los estudios realizados por varios autores. Se plantea que alrededor de un 80 % de las estructuras metálicas están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50 % de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. (López, I. 2008).

Se plantea que el conocimiento más exacto posible, acerca de los factores atmosféricos en los diferentes ambientes, ayudaría a la planificación de las medidas anticorrosivas y por ende a la disminución de las pérdidas por corrosión. (Echeverría, M. et al, 2008).

Las preocupaciones que causa este tema, han llevado a científicos e investigadores a realizar numerosos trabajos. Esto se debe, en gran medida a que el fenómeno no es fácilmente tratable con las técnicas de la ciencia de los materiales y de la electroquímica. Uno de los mayores problemas a que se enfrentan los investigadores es la simulación precisa de las condiciones meteorológicas y atmosféricas que se dan en la práctica. (López, I. 2008).

Para cada ambiente, es necesario tener en cuenta la influencia sobre los materiales, de las condiciones atmosféricas del macro clima (oxígeno; humedad; contaminantes: SO₂, NaCl, NO_x, etc.; la radiación solar global) y del microclima (la formación de rocío, o en general, el tiempo de humectación de la superficie; el calentamiento de la superficie por la radiación solar global, especialmente la radiación infrarroja; la acumulación de iones de naturaleza ácida (SO₂, NO₂, Cl) en la película acuosa depositada sobre el objeto. (Echeverría, M. et al, 2008).

“La corrosión atmosférica, que es la causa más frecuente del deterioro de los metales y aleaciones, es posible únicamente cuando la superficie metálica está

humedecida”.

De resultados obtenidos en estudios realizados y coincidiendo con (Espada, L.R. 2005) se considera que la corrosividad de una atmósfera está en función de:

- a) Humedad relativa del aire.
- b) Número de días en que haya precipitaciones acuosas.
- c) Posibilidad de formar una capa de electrolito sobre el metal.
- d) Condensación de la humedad por cambios de temperatura (formación de rocío).
- e) Pulverizaciones acuosas del agua de mar o de río por la acción del aire.

La corrosión es un proceso espontáneo que provoca el deterioro acelerado de máquinas, equipamientos, estructuras y productos metálicos en general, con el consecuente impacto en la economía. La identificación de los agentes ambientales agresivos y los de proceso, es fundamental en la etapa de diseño y en la selección de materiales de construcción y protección. Cuando por diversas razones la operación y/o el mantenimiento no son adecuados pueden generarse fallas inesperadas siendo las estrategias de prevención y control de la corrosión las que permiten reducir sustancialmente los costos. (González, A. 2010)

1.3.2.1) Factores que influyen en la velocidad de corrosión.

Según (Echeverría, CA. et al, 2006) 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 a la atmósfera, almacenamiento en caseta o bajo abrigo ventilado, en las cuales el metal sólo se humidifica por el rocío o el contacto accidental con la lluvia.

Factores internos:

- ✓ Como naturaleza y propiedades electroquímicas del metal, así como

características de los productos de corrosión.

El efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas.

1.3.2.2) Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.

Los aspectos más considerables son la temperatura y humedad relativa del aire, la radiación solar, las precipitaciones, velocidad de vientos y su dirección predominante, los contaminantes (parámetros aeroquímicos), acciones mecánicas, acciones químicas por fuerzas naturales, partículas de polvo, entre otras vías. Estos factores pueden afectar la corrosión del metal expuesto en condiciones exteriores o interiores.

Los parámetros más importantes están relacionados por la combinación de:

- Temperatura (T) y Humedad Relativa (HR)
- Precipitación pluvial
- Tiempo de humectación (TDH)

✓ Temperatura (T).

El efecto de la temperatura en la corrosión atmosférica no resulta determinante en las condiciones del ambiente de Cuba, ya que las variaciones no son de consideración. Su efecto fundamental se manifiesta bajo la acción de la radiación solar. De acuerdo con lo anterior, al aumentar la temperatura de la superficie metálica, disminuye la velocidad de corrosión e incluso, el proceso corrosivo se detiene en ausencia de humedad (Echeverría, C.A. et al. 2003 (b)). Por lo antes expuesto se puede observar que en muchos casos la corrosión atmosférica bajo techo simple es mayor que a la intemperie.

✓ Humedad Relativa (HR).

Uno de los tipos de corrosión atmosférica es la húmeda, la cual se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, según refiere (Echeverría, M. et al. 2009).

El mecanismo de la corrosión atmosférica húmeda 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.

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. No obstante se insiste que lo que determina en la magnitud de la corrosión atmosférica es el tiempo en que permanece la superficie metálica húmeda.

✓ **Tiempo de humectación (TDH).**

Este parámetro es de gran importancia, puesto que es una medida directa para el tiempo real de corrosión del metal.

Habitualmente el TDH es calculado en horas, de acuerdo con la norma internacional ISO 9233: 92, utilizando el valor de HR= 80 % como valor crítico ($T \geq 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$), cuando inicia la condensación de agua sobre la superficie del metal. Al llegar la HR a 90 % y $T < 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se alcanza el punto de rocío y la capa húmeda es más gruesa. Este cambio induce una alteración en la velocidad de corrosión del metal.

Por otro lado es importante analizar en qué intervalos de temperatura se da el TDH, ya que los niveles de temperatura determinan la cinética del proceso de corrosión, es decir su velocidad de corrosión. (Espada, L.R. 2005).

✓ **Efecto de las lluvias.**

Las lluvias, la niebla y el rocío tienen una influencia marcada en el proceso corrosivo de los metales, debido al efecto de lavado de los contaminantes acumulados sobre la superficie metálica, lo que puede provocar un retardo del proceso corrosivo.

Así mismo, éstas pueden traer consigo especies disueltas que pueden provocar la corrosión, sobre todo en superficies donde el agua puede estancarse.

✓ **Influencia de los vientos.**

Según (Echeverría, C.A. et al. 2003 (a)) en Cuba el encargado de transportar los contaminantes es el viento. Destaca (Echeverría, C.A. et al. 2006) que la velocidad del viento puede promover un doble efecto, si se conjuga con la lluvia ya que en ausencia de esta, una alta velocidad del viento produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión. Por su parte, un efecto combinado de la lluvia con el viento, da lugar al lavado de la superficie del metal, es decir una remoción de los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto también disminuye la velocidad de corrosión.

Según (Echeverría, C.A. et al. 2003 (b)) refiere que la velocidad de corrosión depende de la velocidad y dirección del viento.

El esclarecimiento de esta influencia resulta determinante en los niveles de corrosividad que se reportan en Cuba para zonas consideradas libres de contaminación y donde las correlaciones entre las pérdidas por corrosión y el viento dan la medida de la influencia del aerosol marino.

✓ **Influencia del aerosol marino en la corrosión.**

El aerosol marino está constituido por agua de mar o sal de mar que en pequeñas partículas son arrastradas por los vientos desde la superficie del mar y transportado a grandes distancias y grandes alturas. Para los países costeros y las islas, este constituye uno de los factores que mayores influencias tiene en las elevadas pérdidas por corrosión que se producen en estas áreas. En las condiciones climáticas de Cuba, este factor resulta determinante, aspecto destacado por. (Echeverría, C.A. et al. 2006; 2010)

En el caso de Cuba la influencia de los cloruros, transportados por el aerosol marino, es muy significativa en la elevación de la velocidad de corrosión y una vez que ya está formada la capa, existe un proceso de adsorción competitiva entre los cloruros y los sulfatos.

Por otra parte, en cuanto a las condiciones ambientales de Cuba se ha planteado que se distinguen 2 períodos cualitativamente diferentes en el año, uno es la temporada

invernal o de seca (octubre a marzo), con gran influencia de los vientos del nortenordeste que producen grandes concentraciones de aerosol marino en el aire y el otro es la temporada de lluvias o de verano (abril a septiembre), donde los vientos provenientes del sur son de poca envergadura (Echeverría, C.A. et al. 2006).

1.3.2.3) El ión cloruro y la corrosión atmosférica.

La influencia del ión cloruro en la magnitud de la corrosión atmosférica, se corrobora por las correlaciones que se obtienen entre la velocidad de deposición de cloruros y la velocidad de corrosión como han demostrado en Cuba. (Echeverría, C.A. et al. 2003 (a)).

Al interactuar con la superficie del metal provoca un ataque continuo en el mismo como consecuencia de que el hierro no forma cloruros básicos estables. La deposición de iones Cl^- provoca una compactación de la capa de óxidos, pero también eleva la conductividad de la capa del electrolito.

La capa de herrumbre es formada por la presencia de oxígeno y humedad, debido a que la corrosión atmosférica del acero es un proceso de naturaleza electroquímica.

La cinética del proceso de corrosión por cloruros, abordado por (Echeverría, C.A. et al. 2003 (b))se explica a partir del ciclo de formación de herrumbre por cloruros.

1.3.2.4) El ión sulfato y la corrosión atmosférica.

Se define que del total de sales que contiene el agua de mar, el 7,68% en peso corresponde al ión sulfato (Echeverría, M. et al, 2008), ello indica que por esta vía se emiten a la atmósfera 70 millones de toneladas anuales de sulfato, cálculo aproximado de acuerdo con la emisión de aerosol marino realizado por Butler y citado por (Echeverría, C.A. et al. (2006))

El mismo autor refiere que la producción de dióxido de azufre para esa época se estimaba en 130 millones de toneladas al año, lo que corresponde en emisiones de ión sulfato a 86 millones de toneladas, por lo cual no resulta despreciable el sulfato procedente del aerosol marino, máxime cuando no se reporta en Cuba una contaminación apreciable por dióxido de azufre.

En unos primeros estudios sobre corrosión atmosférica se demostró, que en varias

partes del mundo, la corrosión atmosférica era más rápida cuando el contenido de dióxido de azufre en la atmósfera era más alto. Asimismo, se demostró que en una localidad determinada, la herrumbre se formaba más rápidamente durante las estaciones del año en las que el contenido de dióxido de azufre era más alto y que una pequeña cantidad producía un volumen relativamente grande de herrumbre (1 molécula de dióxido de azufre permite la formación de 15 a 40 moléculas de herrumbre, de acuerdo a la estación).

En investigaciones más recientes de la corrosión atmosférica en Cuba, no se ha logrado demostrar la influencia directa del sulfato en la corrosión del acero a partir de correlaciones matemáticas. Observándose en general una tendencia mediante la representación gráfica. En el trabajo de (Berenguer, DC. 2002), se concluye que no se demuestra la influencia del sulfato en la corrosión del acero a pesar de estar presente y reportarse valores superiores a los correspondientes de cloruro.

En investigaciones en Ibero América, al respecto de la influencia del sulfato en la corrosión, existen muy pocas referencias, la mayoría de ellas tratan la influencia del dióxido de azufre, reportadas en la publicación que recoge las investigaciones del Programa MICAT (Echeverría, M. et al, 2008).

1.3.2.5) Agresividad corrosiva de la atmósfera.

Considerando los parámetros que intervienen en la velocidad de corrosión, mencionados anteriormente y haciendo énfasis en la influencia determinante del aerosol marino en las condiciones climáticas de Cuba, queda demostrado que el mismo resulta decisivo en la clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera, coincidiendo así la mayoría de los investigadores, sin dejar atrás otros factores de importancia como la humedad, los vientos y temperatura. La agresividad corrosiva de la atmósfera es un factor de gran importancia cuando se proyectan y construyen nuevas inversiones, se realizan investigaciones sobre métodos de protección y se determinan sistemas de recubrimiento, entre otras aplicaciones. (Echeverría, C.A. et al. 2006, 2010, UNE EN ISO 12944 - 2: 2007). (Echeverría, C.A. et al. 2004), clasifica las atmósferas de acuerdo con el grado de contaminación y la naturaleza de los contaminantes, clasificándose en: industrial, marina, urbana, rurales, urbanas-

marinas, industriales-marinas, urbanas industriales, rurales interiores y otras combinaciones de éstas. Donde se plantea que la atmósfera más corrosiva es la industrial altamente contaminada, y la menos corrosiva la atmósfera rural pura.

La determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada la instalación es un factor importante. En la Norma (UNE EN ISO 12944 - 2:2007) se establece la clasificación de la atmósfera, además del Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (**anexo 1**). La agresividad corrosiva determina las medidas a tomar para darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo, así como 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.

En trabajos realizados con anterioridad se llega a la conclusión que la agresividad corrosiva de la atmósfera en la Central Eléctrica Diesel de Varadero es extrema, ya que se encuentra a menos de un kilómetro de la costa norte y en una zona no apantallada, lo que coincide con estudios realizados por (Echeverría, CA., et al. 2003 (b)) en zonas cercanas al establecimiento.

Otros elementos importantes en cuanto al conocimiento de la agresividad de la atmósfera, son los períodos y los momentos en que se decida realizar actividades de mantenimiento con recubrimientos.

1.4) Normas sobre problemas de diseño anticorrosivo, preparación superficial y corrosión que presenta la instalación.

Cuando se suscribe una Norma Internacional, se contraen obligaciones bajo consideraciones técnicas de cumplir lo establecido en las mismas. En aquellos casos que se establezcan garantías, quedan obligados mediante documentos contractuales, a cumplir con las obligaciones técnicas, de lo contrario pueden ser demandados, aplicándose los procedimientos penales correspondientes. El sistema de normalización establecido en Cuba está basado en el empleo de las Normas ISO. (González, A. et al, 2014)

En el caso que nos ocupa, se presentan incumplimientos de las consideraciones técnicas que se establecen en las Normas ISO, pero no se conoce si se han

establecido además garantías, en cuanto a la durabilidad y condiciones de la protección anticorrosiva.

Por lo antes apuntado, se muestran seguidamente algunos ejemplos de incumplimientos de las Normas ISO, tanto de diseño anticorrosivo, como de la preparación y aplicación de los recubrimientos de pinturas, que constituyen violaciones de las consideraciones técnicas que se establecen en la referida norma.

1.4.1) El diseño anticorrosivo y su influencia en la corrosión.

Para que se prolongue o no la vida útil de las estructuras es de vital importancia un diseño apropiado, que de conjunto con la selección de materiales compatibles, puede demorar o disminuir la ocurrencia de muchas formas de corrosión. Además las formas geométricas óptimas y procesos de unión disminuyen la corrosión junto con el empleo de medidas de control de la corrosión (Shifler, D. 2005).

Plantea (Echeverría C. A, et al, 2003 (a)) que para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas (UNE-EN ISO12944 – 3, 2007), (UNE-EN ISO 12944 – 4, 2007) y la (UNE-EN ISO 12944 – 5, 2007). Estas normas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño, que deben cumplir como consideración técnica que: “El sistema protector debe ser efectivo por el tiempo de vida de la estructura”.

Es decir, cuando se presente un problema de diseño anticorrosivo, hay que garantizar mediante una protección adicional la durabilidad del sistema protector.

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 (por ejemplo, superposiciones, esquinas, bordes).

Según (Echeverría, C. A, et al. 2003 (a))es posible encontrar en conjunto varios problemas de diseño anticorrosivo como son:

- ✓ **Accesibilidad:** Los componentes de acero deben diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector. Es muy importante cumplir con los criterios de lograr separaciones

entre componentes superiores a 50mm y profundidades menores de 100mm, para garantizar todas las operaciones de preparación de superficie, aplicación de recubrimientos y mantenimiento.

- ✓ **Tratamiento de orificios:** Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones, y en las superficies en contacto sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.
- ✓ **Prevención de la corrosión galvánica:** Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos.

La velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas, la naturaleza y período de acción del electrolito.

- ✓ **Entallas:** Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deben tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.
- ✓ **Refuerzos:** Cuando se requieren refuerzos es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.
- ✓ **Manipulación, transporte y montaje:** Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever

mordazas para sostener los componentes, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector.

- ✓ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:** 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.

El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidable que puedan provocar la corrosión de estos últimos.

- ✓ **Bordes:** Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado, las capas protectoras en los bordes agudos son más susceptibles al deterioro. Por lo que los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.
- ✓ **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras:** Las soldaduras deben estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.
- ✓ **Conexiones con pernos:**
 - **Conexiones antideslizantes con pernos de alta resistencia:** Las superficies de fricción en conexiones antideslizantes deben prepararse por chorreado, previo al montaje, hasta un grado de preparación mínimo de Sa 2 ½, tal y como se define en la norma, con una rugosidad acordada y en la superficie de fricción puede aplicarse un material protector con un coeficiente de rozamiento apropiado.
 - **Conexiones precargadas:** Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados (pernos, tuercas y arandelas), los pernos, las tuercas y las

arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.

- ✓ **Áreas cerradas y componentes huecos:** Dado que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación. Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.

Una protección efectiva a lo largo de la vida de servicio de las estructuras que están en explotación, no se garantiza solo con la aplicación de pinturas ya que requiere de otra protección adicional, señalada en la norma (UNE-EN ISO 12944-5, 2007) pero no precisada con lo que concuerda (Echeverría, M. et al. 2009) y demostrado en la práctica.

Los componentes que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del momento de montaje deberían fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión (acero de mayor espesor), o tener un sistema de pintura protector efectivo.

En el diseño de los equipos o su estructura es fundamental considerar el aspecto del diseño anticorrosivo ya que determinará en gran medida las pérdidas por corrosión y protección. En esto coinciden varios investigadores. (Echeverría, CA., et al. 2003 (b); Shixer, DA. 2005).

Las posibles soluciones para eliminar o atenuar los problemas de diseño que son descubiertos cuando la estructura o equipo ya está en pleno funcionamiento son menores o a veces no existen posibilidades. Lo anterior es una causa de un mal proceder desde la etapa de planeación y diseño (Cook, D.C. 2005, Méndez, O. 2012).

Entre las soluciones propuestas 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. Los productos que se proponen son

recubrimientos anticorrosivos, diferentes a las pinturas, que confieren una protección adicional efectiva, y que permiten el uso de técnicas de ensamblaje mojado, para crear una barrera sellante que complementa al sistema de protección anticorrosiva con pintura. (González, A. 2011).

1.5) La protección anticorrosiva y conservación en instalaciones y equipos de las Centrales Eléctricas.

Todos en la sociedad moderna son afectados de alguna manera por el fenómeno de liberación de energía o corrosión, dado que el hombre toma los metales de la naturaleza, que por lo general se encuentran en forma combinada y los transforma para obtener metales puros. Sin embargo, este proceso no es termodinámicamente favorable, ya que el metal tiende a retornar a su estado primitivo oxidándose, por lo tanto, el proceso de corrosión es inherente al propio metal.

El ser humano solo puede actuar mitigando los efectos de la corrosión e intentar de alguna manera prevenir que se revierta el material bajo su control a su inutilizable estado original, utilizando para ello medidas anticorrosivas, por lo que el control de este proceso de reversión es la meta de la ingeniería de corrosión. Este proceso no es termodinámicamente favorable ya que el metal tiende a retornar a su estado primitivo oxidándose, por lo tanto el proceso de corrosión es inherente al propio metal. (Espada, L. R. 2005).

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 deterioro de los materiales es una preocupación para fabricantes y usuarios, la conservación de los recursos es un aspecto de gran trascendencia para las economías nacionales. (Shixer, D.A. 2005).

El concepto "conservación" es uno de los que hoy poseen mayor vigencia. 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 sobre esto es el primer paso que puede ayudar a la conservación, este concepto es mucho más amplio y abarcador que el término protección anticorrosiva, se aplica a todos los materiales incluyendo los recubrimientos de pintura que pueden ser conservados

contra el deterioro, a los equipos, estructuras y las instalaciones en general. En este trabajo se insiste en la protección anticorrosiva y conservación para lograr que el sistema que se aplique garantice su conservación.

Identificar los síntomas y mecanismo de un problema de corrosión es una etapa preliminar importante para encontrar una solución conveniente. Existen 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.
5. Modificaciones del diseño de sistema o componente. (Roberge, P. 2000).

Existen tres categorías generales de control de la corrosión:

1. Recubrimientos de superficie.
2. Sistemas catódicos.
3. El uso de materiales resistentes a la intemperie.

Según (Albrecht, P. et al. 2003) el tipo de estructura y el ambiente determinarán cuál de los tres acercamientos es más adecuado y económico.

El principio esencial de acción es aislar o separar el metal del medio corrosivo (Shixer, D.A. 2005).

Los recubrimientos pueden ser divididos en metálicos, inorgánicos y orgánicos. El aislamiento del acero del medio mediante, la utilización de recubrimientos y en particular con pinturas, es el método de protección más empleado. Las razones fundamentales son su bajo costo y su facilidad de aplicación (González, A. 2009).

En el presente trabajo se insiste en el estudio y evaluación de los productos anticorrosivos en la protección anticorrosiva y conservación, aplicados como sistema.

1.5.1) Enfoque en Sistemas de protección anticorrosiva con recubrimiento.

Un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados aplicados sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión. Es posible además aplicar medidas de protección

adicionales u otras medidas. Esta definición constituye el enfoque más acabado sobre sistema de protección con recubrimientos, aunque la norma no incluye otros recubrimientos diferentes a las pinturas y no utiliza el término conservación.

En la actualidad muy pocos autores abordan el enfoque en sistema. Aspecto de interés que será desarrollado en la presente investigación.

El enfoque en sistema se basa en la solución de los diferentes problemas de diseño anticorrosivos que plantea la norma ISO y que fueron vistos con anterioridad. Para ello hay que tener en cuenta que las soluciones pueden ser de dos formas, una de forma mecánica y la otra mediante la aplicación de productos anticorrosivos. (González, A., 2010).

Las soluciones de los diferentes problemas de diseño son las siguientes:

- ✓ **Accesibilidad:** Este problema se puede resolver convirtiendo el área inaccesible en otro problema de diseño anticorrosivo con mejores condiciones para la conservación como lo son las áreas cerradas y los componentes huecos. En el caso de las áreas cerradas deben estar previstos de agujeros de acceso y drenaje. En ambos casos se le aplican algún tipo de grasa anticorrosiva y se cierran de tal manera que no exista la entrada de los diferentes contaminantes.
- ✓ **Tratamiento de orificios:** Los orificios que surgen entre piezas que no se pueden separar se le aplican grasas de conservación líquidas y posteriormente debe ser sellado con algún tipo de masilla. En el caso de poder separar las partes, se le aplica algún tipo de masilla anticorrosiva que selle todo el orificio.
- ✓ **Prevención de la corrosión galvánica:** Para prevenir este tipo de problema hay que lograr separar las partes de los materiales de diferentes potenciales mediante algunas juntas con masillas anticorrosivas que eliminen los orificios. En el caso de no poder separar las partes se deben reforzar los esquemas de pinturas sobre los diferentes materiales.
- ✓ **Entallas y Refuerzos:** Deben estar preparados de tal forma que no queden retenidos los contaminantes.
- ✓ **Manipulación, transporte y montaje:** Este problema se crea por la no aplicación

de recubrimientos de pinturas adecuados en las zonas que pueden sufrir este problema, además de no tener el cuidado especial para realizar estos trabajos.

- ✓ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:** Una de las soluciones es la de favorecer una superficie inclinada que impida la retención de los diferentes contaminantes mediante la aplicación de alguna masilla anticorrosiva. La otra solución es la de practicar algún tipo de agujero que permita el drenaje de los contaminantes que se puedan depositar y otra solución puede ser la de inclinar la superficie metálica.
- ✓ **Bordes:** Los bordes deben ser redondeados mediante la aplicación de algún método mecánico.
- ✓ **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras:** Las soldaduras deben estar lo más lisas posibles para evitar la deposición de los contaminantes y para ello se aplica algún método mecánico. Si las soldaduras no son continuas se recomienda la aplicación de alguna grasa de conservación líquida en los orificios y posteriormente se debe aplicar la soldadura continua.
- ✓ **Conexiones con pernos:** Los pernos deben ser preparados superficialmente, se le debe aplicar algún recubrimiento de pintura anticorrosiva con el esquema de pintura recomendado para la zona donde se encuentre y posteriormente se aplica algún producto anticorrosivo que pueda eliminar los orificios que surgen entre ellos y las partes que serán unidas.
- ✓ **Áreas cerradas y componentes huecos:** Estos problemas a pesar de ser los que menos sufren la corrosión, se les debe aplicar alguna grasa anticorrosiva líquida. Para ellos hay que realizarle dos orificios tecnológicos, uno de acceso y otro de drenaje. Posteriormente se sellan.

1.5.2) Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas.

Durante la década del 90 ocurrió un cambio radical en las tecnologías de pinturas que motivó la reformulación y aparición de nuevas variantes que no agredieran al medio ambiente. La aplicación de pinturas es un método de protección muy utilizado. (Almeida, E. et al. 2006).

1.5.2.1) Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.

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

✓ Clasificación de ambientes.

La determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva resulta decisivo (Echeverría, C.A. et al. 2003 (b); Echeverría, C.A. et al., 2005; UNE-EN ISO 12944-2. 2007; UNE-EN ISO 11303: 2009). Debido a 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 así como desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa determinará la durabilidad del sistema de pintura.

La estación del año en que se llevará a cabo el sistema de protección con pintura es muy importante definirlo, preferentemente verano o lluvia para lograr que las superficies queden libres de contaminantes. Ello influirá favorablemente en la durabilidad del recubrimiento.

✓ Consideraciones de diseño.

Desde la etapa de elaboración del proyecto, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan son importantes tenerlos en cuenta pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos.

La norma (UNE-EN ISO 12944-3: 2007) que se toma como referencia, no propone soluciones a los diferentes problemas de diseño que relaciona, pues solo refiere aplicar una protección adicional sin especificar tipos de productos.

✓ Tipos y preparación de superficies.

Es necesario considerar el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el grado de la suciedad y oxidación, para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado. Además, se debe tener consideraciones

económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (UNE-EN ISO 12944-4: 2007, UNE-EN ISO 8501-1: 2008).

Para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado la etapa de preparación superficial es una de las más importantes (Echeverría, C.A. et al. 2005), el cual obedece en un 90% de su eficiencia. Siempre que se pueda se debe utilizar el método a chorro, por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad.

Esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, lo que potencia la adherencia del recubrimiento a la base metálica. (Ochoa, et al. 2005)

Mientras mejor es la preparación de superficie, mayor será la durabilidad del sistema (Echeverría, C.A. et al. 2003 (a); Herrera, A. 2012) con una superficie bien preparada se logra mejor comportamiento con un recubrimiento de pintura de “baja resistencia” que con uno de “alta calidad” si se aplican a superficies mal preparadas.

En las Centrales Eléctricas hay que aplicar un método manual mecánico para lograr una preparación superficial del tipo St2 y posterior aplicación de un método químico como el fosfatado para lograr una preparación cercana a las exigidas en las normas internacionales, debido a que no se pueden aplicar los métodos de chorro que son los más efectivos. (González, A. 2011)

✓ **Sistemas de pinturas protectores.**

La elección de las pinturas incluye varios aspectos, dentro de los más importantes están la durabilidad, extensión del trabajo a realizar, condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura. 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 (Echeverría, C.A. et al. 2003 (a); González, A. 2015).

Un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas

Imprimación: capa en contacto directo con el sustrato metálico provocando la adherencia al sustrato metálico, el control de la corrosión y la adherencia a la capa intermedia.

Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal función es aumentar el espesor total del sistema de pintura, por lo que es importante que tenga 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 además de cumplir exigencias estéticas (UNE-EN ISO 12944-5: 2007;Echeverría, C.A. et al. 2003 (b);Rodríguez, M.T. 2004;Schmidt, D.P. et al. 2006).

La incompatibilidad entre las pinturas es un factor determinante en la calidad del recubrimiento (Echeverría, C.A. et al. 2005; 2010;Fragata, F. et al. 2006).

La Norma (UNE-EN ISO 12944-5:2007) 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. Por ello se establecen tres niveles de durabilidad:

Durabilidad Baja: Sistema sin afectación apreciable de 2 a 5 años.

Durabilidad Media: Sistema sin afectación apreciable de 5 a 15 años.

Durabilidad Alta: Sistema sin afectación apreciable por un período superior a 15 años.

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. (Herrera, A. 2012)

✓ **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, sino también sus características técnicas y su comportamiento frente a los

agentes agresivos. Todas las pinturas para ser aplicadas deben ser certificadas con anterioridad. (Fragata, F. et al. 2006),

✓ **Ejecución y supervisión de los trabajos de pintado.**

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. Las empresas contratadas para la ejecución de los trabajos de pintura y su personal, deben disponer de un sistema de aseguramiento de la calidad para la ejecución de los trabajos de acuerdo con la norma (Echeverría, C.A. 2010), a no ser que se acuerde lo contrario.

.Los principales pasos para el control de la calidad son (Pierre, R. (2007):

1. Inspección y pruebas previas a la preparación de la superficie.
2. Inspección de la preparación de la superficie.
3. Inspección y aceptación de la superficie preparada.
4. Inspección y prueba, previo y durante la aplicación del primario.
5. Inspección, prueba y aceptación de la capa de primario y su curado.
6. Inspección y prueba previa durante la aplicación del acabado.
7. Inspección, prueba y aceptación de la capa de acabado y curado.
8. Aceptación final del sistema.

1.5.3) Recubrimientos Anticorrosivos.

Los recubrimientos anticorrosivos son los principales componentes de los sistemas de protección anticorrosiva empleados actualmente en el mundo, teniendo como principio esencial de acción aislar o separar al metal del medio corrosivo, según(Espada, L.R. 2005;Shixer, D.A. 2005).

Señala (Echeverría, C.A. et al. 2010), que es necesario estar familiarizado con al menos los principales tipos de recubrimientos, y a su vez entender cómo trabajan, ya sea individualmente o como parte de un sistema. Se deben conocer las características de aplicación y durabilidad (tanto negativas como positivas) para cada tipo de recubrimiento; pues solamente este conocimiento permitirá escoger el sistema correcto para determinada situación.

Refiere(Echeverría, C.A. et al. 2010) que los recubrimientos pueden ser de distinta naturaleza: orgánicos, inorgánicos, metálicos, de conversión, entre otros.

✓ Recubrimientos orgánicos.

Estos son los más variados y difundidos, se caracterizan en general por su buena resistencia ante la acción de los electrolitos salvo los agentes oxidantes y fuertes y los ácidos y álcalis muy concentrados, prácticamente todos se destruyen por la acción prolongada del calor, por lo que no se utilizan a temperaturas elevadas.

Estos recubrimientos se usan muy ampliamente debido a que muestran un excelente comportamiento en los medios donde los metales fallan con mayor frecuencia y entre los más importantes encontramos: los asfálticos y bituminosos, las grasas, los aceites y otros compuestos de conservación, los plásticos y resinas, las gomas y elastómeros y las pinturas.

✓ Recubrimientos inorgánicos.

Estos se caracterizan por su elevada resistencia a la acción de los agentes químicos y por una extraordinaria resistencia al calor. Sus componentes principales son los óxidos metálicos pero especialmente la sílice; por esta razón son utilizados cuando se requiere operar con reactivos altamente corrosivos.

Como ejemplo de ellos se pueden citar los esmaltes vítreos, porcelanas y otras cerámicas como lozas antiácido, cementos comunes y especiales, masillas inorgánicas, ladrillos refractarios y de grafito.

✓ Recubrimientos metálicos.

Estos recubrimientos pueden dividirse en activos y nobles. Los primeros son aquellos que poseen un potencial estacionario más negativo que el del metal base (a proteger) en el medio corrosivo, mientras que los nobles son los que presentan una condición contraria.

Es válido destacar que a pesar de existir una amplia diversidad de recubrimientos anticorrosivos; para el caso específico de instalaciones sometidas a un ambiente marino, con presencia del aerosol marino, cambios de temperaturas, alta humedad relativa, influencia de vientos, entre otros factores; el método más utilizado para la

protección contra la corrosión es la aplicación de las pinturas, debido a que las dimensiones y sus diseños limitan la aplicación de otros métodos, según (Shixer, D.A. 2005, Echeverría, C.A. et al. 2010), el mismo protege con mayor efectividad de los cambios ambientales a más superficies y sustratos que cualquier otro sistema de prevención contra la corrosión.

Este sistema, para mitigar la corrosión, está basado en la aplicación de los recubrimientos orgánicos, específicamente las pinturas, las grasas de conservación y los mástiques asfálticos y los recubrimientos inorgánicos de protección temporal como la disolución de fosfatado. Con excepción de las pinturas todos los productos son de producción nacional y están amparados bajo la marca DISTIN.

1.5.4) Protección anticorrosiva y conservación adicional.

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.

1.5.4.1) Materiales compuestos de matriz asfáltica.

Los materiales compuestos están constituidos básicamente por matrices y rellenos. La matriz es, en esencia, el elemento aglomerante y sus propiedades determinan la resistencia a la fatiga, a los efectos del medio, a la temperatura de trabajo, adherencia (Echeverría, M. et al. 2009).

Los rellenos poseen altos valores de dureza, resistencia y módulo de elasticidad. La combinación adecuada de la matriz y el relleno origina unos materiales con mejores propiedades que las partes que los componen por separado. Algunos rellenos presentan un excelente comportamiento ante la corrosión y ataque de agentes ambientales, por otra parte, presentan buenas propiedades mecánicas frente a la tracción, como a compresión, flexión, cortadura y resistencia al impacto, lo cual justifica su utilización en estructuras (Echeverría, M. et al. 2009).

El DISTIN 404 L 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 inferior y exterior de los automóviles, contenedores y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana. El Mástique asfáltico DISTIN 404 está especialmente preparado para usarlo en 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.

1.5.4.2) 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. Un ejemplo de ello es su duración por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas. Estos resultados no se han reportado por otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo (Echeverría, C.A. et al. 2008).

Estas grasas presentan alta resistencia al agua, medios salinos, 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° C sobre la superficie metálica (Echeverría, C.A. et al. 2010).

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, proporcionando una barrera al agua y otros agentes. La capa que se forma por evaporación del solvente, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente.

Por lo analizado anteriormente, las grasas encuentran aplicación dentro de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación de las Centrales Eléctricas.

1.5.4.3) Cera abrillantadora e impermeabilizante.

La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L proporciona a los recubrimientos de pintura una mayor resistencia a la radiación ultravioleta. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas. 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.

1.5.4.4) Disolución de Fosfatado.

La disolución de fosfatado decapante DISTIN 504 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. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas, 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. Se recomienda aplicar recubrimiento después de las 72 horas.

La disolución de fosfatado no decapante DISTIN 505 para la preparación rápida de superficies metálicas no oxidadas, logrando los mismos efectos que la anterior.

Ambos productos garantizan 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.

Conclusiones Parciales del Capítulo.

- 1) Se puede apreciar la influencia que tienen los problemas de diseño anticorrosivos sobre los problemas de corrosión. Se deduce que el conocimiento de estos parámetros son aspectos de gran importancia para poder emprender el combate contra este fenómeno.
- 2) Los efectos de los factores atmosféricos, los problemas de diseño anticorrosivo, el incorrecto uso de las normas y la incorrecta selección de materiales exige de soluciones con técnicas y productos con enfoque en sistemas de protección anticorrosiva y conservación, existiendo al respecto, muy pocas referencias en la bibliografía consultada.
- 3) Las pinturas constituyen un componente fundamental en los sistemas de protección con recubrimientos debido a su amplio campo de aplicación. Siendo su efectividad determinada por la correcta preparación de la superficie y por el adecuado control de los diferentes pasos a la hora de ser aplicadas, así como de su correcta selección.
- 4) Por las ventajas que ofrece y su fácil aplicación, las disoluciones de fosfatado son un buen complemento para la preparación superficial cuando no puede ser aplicado el método de chorreado.
- 5) Los productos DISTIN como las grasas de conservación temporal, los materiales compuestos de matriz asfáltica y las ceras impermeabilizantes encuentran utilización en la aplicación de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación para complementar la protección que ofrecen los esquemas de pinturas sobre los sustratos metálicos.

Capítulo II: Diagnóstico del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación.

2.1) Materiales y métodos.

En el área de combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU serie 4000 de Varadero, el material que principalmente se emplea en la construcción de las instalaciones y equipos es el acero estructural de bajo contenido de carbono (AISI 1020), aunque se pueden encontrar los aceros aleados (AISI 403 12Cr) y el hormigón armado.

Los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones hay que dominarlos para poder proceder al trabajo de mesa, por lo que hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas UNE-EN ISO 129244 de la 1 - 8: 2007. Estas normas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión. Es válido señalar que Cuba suscribe y aplica las Normas ISO.>

Como método para la realización del diagnóstico tuvimos en cuenta los siguientes pasos

✓ Análisis visual.

Para efectuar un adecuado análisis de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, lo primero que hay que realizar es un correcto diagnóstico de las instalaciones y equipos. Para ello se desarrolla un análisis visual detallado para poder observar todos los problemas que existen. La observación se realiza de derecha a izquierda, de adelante hacia de detrás y de abajo hacia arriba.

✓ Fotografía digital.

Seguido de la observación realizada con el procedimiento anteriormente descrito, se continua con la toma de las muestras fotográficas de todos los problemas existentes en los equipos e instalaciones que posteriormente serán analizadas en trabajo de mesa mediante el uso de las Normas UNE-EN ISO 129244 de la 1 - 8: 2007 y UNE – EN ISO 11303: 2009.

2.2) Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión.

El primer paso en el tratamiento anticorrosivo y conservación es la identificación de los problemas de diseño anticorrosivo. Su eliminación atenúa en gran medida los efectos de la corrosión y evita que aparezcan algunos tipos específicos, lo que debe prolongar la vida útil de las instalaciones y equipos.

Además, es de gran importancia para el diagnóstico de los problemas de corrosión y en la búsqueda de la solución adecuada, la identificación de los tipos de corrosión, sus causas, mecanismos y factores que influyen.

Un factor ignorado frecuentemente es el cumplimiento de las normas internacionales de diseño anticorrosivo desde la etapa inicial del diseño de las construcciones metálicas. Esto decididamente favorece y acelera el proceso de la corrosión, lo que conlleva sin dudas a considerables pérdidas económicas.

Seguidamente se analizarán los diferentes equipos e instalaciones del área de combustibles (Ver Figura 2.1), mencionando los diferentes problemas de diseño anticorrosivo identificados como resultado del diagnóstico realizado, así como los tipos de corrosión que se originan.



Figura 2.1 Vista general del área de combustible.

2.2.1) Tanques de Combustibles Diesel.

La Central Eléctrica consta de cinco tanques de combustible Diesel con una capacidad de 100 000 L (100 m³), miden de largo 13 m y de altura 4 m, que se encuentran dentro de una piscina de contención por si ocurre algún derrame del

producto. Los cinco tanques de combustible están contruidos en su totalidad por aceros de bajo contenido de carbono (AISI 1020), ya que es el material más común en la industria química por sus propiedades. Además está presente el hormigón armado en las bases que lo soportan, ya que es el material utilizado siempre que se someta a pesos, para evitar la rotura por flexión (Ver Figura 2.2). También se emplea acero inoxidable (AISI 403 12Cr) en las válvulas de entrada y salida del combustible de los tanques.


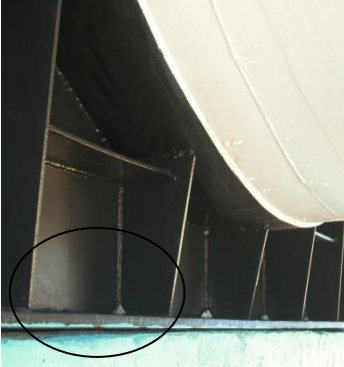

Las bases delanteras son más elevadas para proporcionar una leve inclinación para favorecer la salida del combustible. En ellos se encuentran 3 escaleras para acceder a la parte superior con sus pasillos aéreos donde aparecen barreras de protección, respiraderos y sujetadores como se observa en la figura 2.2.



2.2 Vista de los tanques de Combustible.

Entre los problemas de diseño anticorrosivo existentes en el área de combustible podemos identificar en la figura 2.3 el problema de tratamiento de orificios presente entre los tanques de combustible y las bases de hormigón armado.

Por otra parte tenemos problemas con los bordes representados con círculo rojo. Los bordes deben ser redondeados o biselados desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y deberían eliminarse a todo lo largo los bordes agudos, los cuales permiten la buena adherencia y espesor adecuado de los recubrimientos de pintura.

		
<p>Figura 2.3 Problema de tratamiento de orificios.</p>	<p>Figura 2.4 Problema de retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>Figura 2.5 Vista superior del tanque de combustible</p>

Este problema de diseño trae consigo la corrosión en resquicios, que es del tipo electroquímica, no uniforme. Esta favorece la acumulación de depósitos como los provenientes del aerosol marino y la humedad. En los resquicios tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y favorece la acumulación y depósitos de contaminantes y la corrosión.

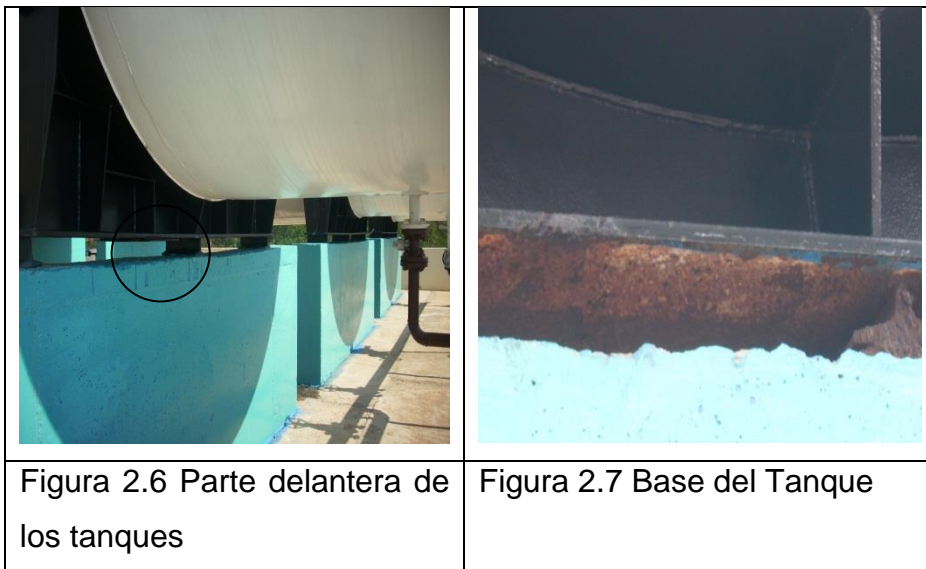
En la figura 2.4 se encuentran problemas de retención de humedad, depósitos y agua en la parte plana de la base, estas condiciones provoca serios problemas, como la corrosión atmosférica mojada, que tiene lugar cuando existe presencia de agua en la superficie. Pero con solo haber humedad, se produce la corrosión atmosférica húmeda. Ambas se clasifican del tipo de corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme. La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos provenientes del aerosol marino, son factores que influyen en la aceleración de la corrosión cuando existe humedad.

Otro problema de corrosión que se puede encontrar en estas situaciones es la corrosión por celdas de aireación diferencial, representada con círculo rojo en la figura 2.5, provocada por la diferencia de concentración de oxígeno entre la superficie donde se encuentra el contaminante y el resto. Esta es también corrosión

del tipo electroquímica, atmosférica, pero no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial.

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.

En la propia figura 2.5 se puede observar problemas con los pernos, los cuales pueden provocar resquicios entre las partes que los unen y entre ellos y las piezas. Esta situación trae consigo la corrosión en resquicios que fue vista con anterioridad.



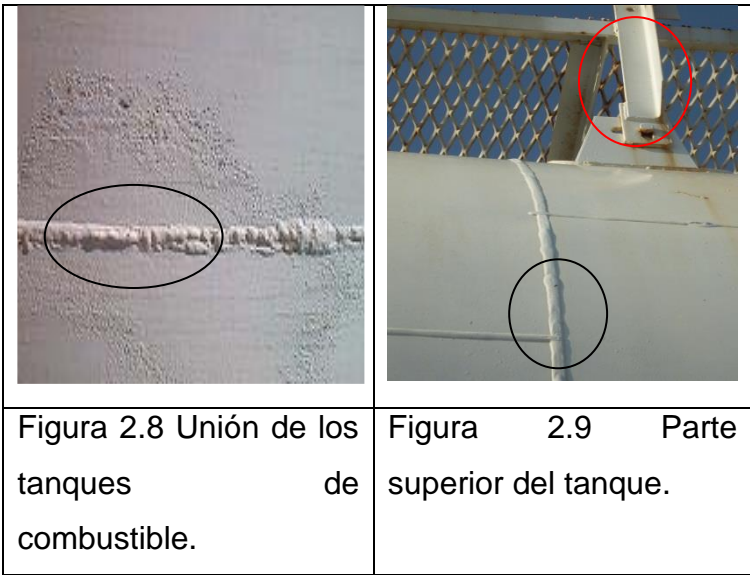
La Figura 2.6 como se muestra existe problema de accesibilidad entre el hormigón y el soporte del tanque de combustible y por el acceso del personal a la hora de aplicar el sistema, los componente de acero deberían diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector y otros productos anticorrosivos, ya sea de las herramientas, así como del hombre que debe aplicar el SIPAYC. En este caso la separación entre partes o estructuras, no puede ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad. Por lo que la accesibilidad de las herramientas y accesorios que se emplean es un aspecto importante.

Como consecuencia de este problema de diseño se muestra en la Figura 2.7 la presencia de celdas de aireación diferencial, que trae consigo la Corrosión

Electroquímica, atmosférica, no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial. El factor determinante es la presencia de humedad, conjuntamente con el depósito o intersticio, además de los contaminantes que como el aerosol marino acelera el proceso corrosivo.

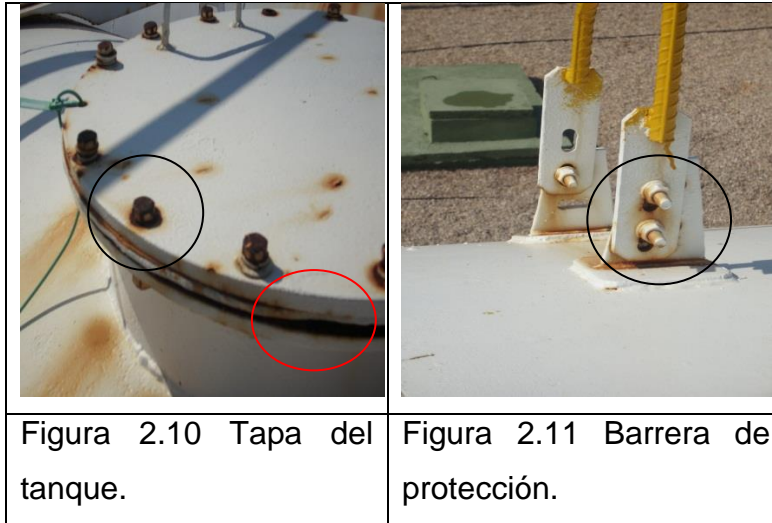
En los tanques de combustible se centran además, los problemas de soldadura que se muestran en las figuras 2.8 y 2.9.

Este problema trae consigo la acumulación de contaminantes sobre las superficies irregulares de las soldaduras. Provocando la corrosión por celdas de aireación diferencial, las cuales fueron analizadas con anterioridad.



Además existen problemas con los bordes que son los señalados con círculo rojo provocando la corrosión por no tener el espesor adecuado del recubrimiento por pintura debido al perfil agudo que se forma.

En la figuras 2.10 y 2.11 representado con círculo rojo se puede observar la presencia de los bordes, los que provocan el mismo efecto que en la figura anterior, por otra parte se puede encontrar las conexiones con pernos, los que se ven reflejados en círculos negros.



Los bordes deben ser redondeados o biselados desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y deberían eliminarse a todo lo largo los bordes agudos.

Con respecto a las conexiones precargadas como los pernos, tuercas y arandelas se les debe prestar atención especial producto a que estos están sometidos a las cargas que ejercen ambas partes. Por lo que hay que tener cuidado en cuanto a la especificación de películas de pinturas, ya que deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la estructura.

2.2.2) Centrífuga.

La centrífuga se encuentra bajo techo, pero este es insuficiente ya que su área de protección es pequeña y no tiene paredes que retengan los contaminantes presentes en la atmósfera, por lo que prácticamente está al aire libre. Se encuentra situada sobre soportes metálicos, acompañada de un sistema de bombeo que envía el combustible al tanque de operación.

A continuación se analizan los diferentes equipos y componentes del área de centrífuga (Ver Figura 2.12), mencionando los diferentes problemas de diseño anticorrosivo identificados como resultado del diagnóstico realizado, así como los tipos de corrosión que se originan.



Figura 2.12 Vista general del área de centrífuga.

En la figura 2.13 y figura 2.14 representado con círculo negro se puede observar la presencia de par metálico. Representado con círculo rojo los problemas de bordes. Estos traen consigo los mismos tipos de corrosión que se han expuesto en casos anteriores. Este problema de diseño se presenta con bastante frecuencia.

La corrosión galvánica viene dada por la continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales.

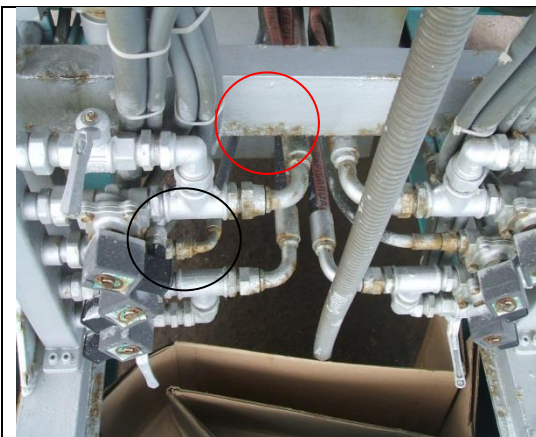


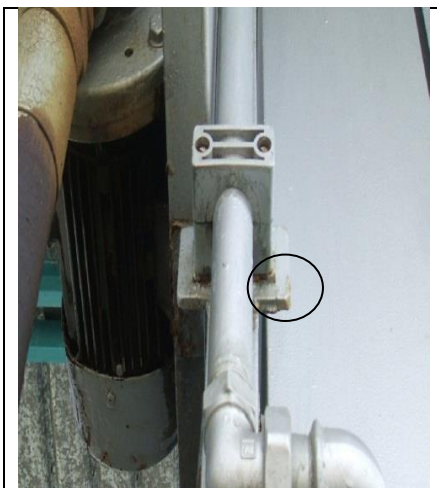
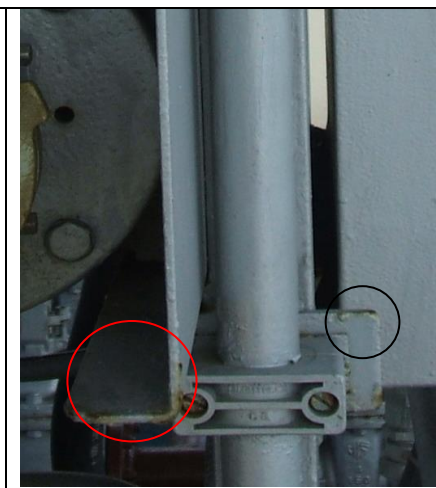

Figura 2.13 Frente inferior de la centrífuga.



Figura 2.14 Frente de la centrífuga.

En las figuras 2.15, 2.16 y 2.17 se puede observar los problemas de zonas de acumulación y depósito representado con círculo rojo, mientras que existen problemas con la soldadura discontinua representada con círculo negro que trae consigo la corrosión en resquicios, que es corrosión de tipo electroquímica, no uniforme. Esta favorece la acumulación de depósitos como los provenientes del aerosol marino y la humedad. En los resquicios tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y favorece la acumulación y depósitos de contaminantes. Provocando la corrosión en resquicios y la corrosión por celdas de aireación diferencial.

La retención de humedad, depósitos y agua provoca serios problemas, como la corrosión atmosférica mojada, que tiene lugar cuando existe presencia de agua en la superficie. Pero con solo haber humedad, se produce la corrosión atmosférica húmeda. Ambas se clasifican del tipo de corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme. La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos provenientes del aerosol marino, son factores que influyen en la aceleración de la corrosión cuando existe humedad.

		
<p>Figura 2.15 Tuberías en el lateral de la centrífuga vista desde abajo.</p>	<p>Figura 2.16 Tuberías en el lateral de la centrífuga.</p>	<p>Figura 2.17 Bordes y soldaduras en la centrífuga.</p>

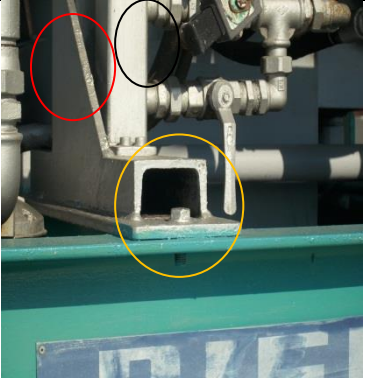


En la figura 2.18 con círculo rojo se puede observar los problemas con los bordes que deben ser redondeados o biselados desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes que deberían eliminarse.

Además en la figura 2.18 se puede observar los componentes huecos con círculo negro. Los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos como: que no 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 de los componentes huecos sellados deben ser impermeables al aire y la humedad. Con este fin, sus bordes deben sellarse por medio de soldaduras continuas, y cualquier abertura debe estar provista de cubiertas selladas. Durante el ensamblaje de tales componentes debe ponerse cuidado en asegurar que no quede agua atrapada pues en este caso la corrosión se desarrolla desde el interior hacia el exterior.

Otro problema que se puede encontrar en esta imagen es la poca accesibilidad que existe en la base, lo cual está representado con círculo amarillo. Este problema provoca la corrosión que fue analizada con anterioridad cuando se presenta esta situación.

En los soportes de la centrifuga se pueden encontrar varios problemas de diseño como son los problemas con los bordes, que se pueden observar en la figura 2.19, representada con un círculo negro.

Por otra parte tenemos que existen problemas de acumulación y depósito de contaminantes que se pueden ver en las figuras 2.20. Todos estos problemas de diseño anticorrosivo traen consigo los mismos problemas de corrosión que han sido analizados con anterioridad.

		
<p>Figura 2.18 Unión de la base de la centrifuga con el soporte.</p>	<p>Figura 2.19 Para rayo del soporte.</p>	<p>Figura 2.20 Soporte de la centrifuga.</p>

2.2.3) Pizarra de control.

En la pizarra de control de la centrifuga que se observa en la figura 2.21 se pueden detectar varios problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión.



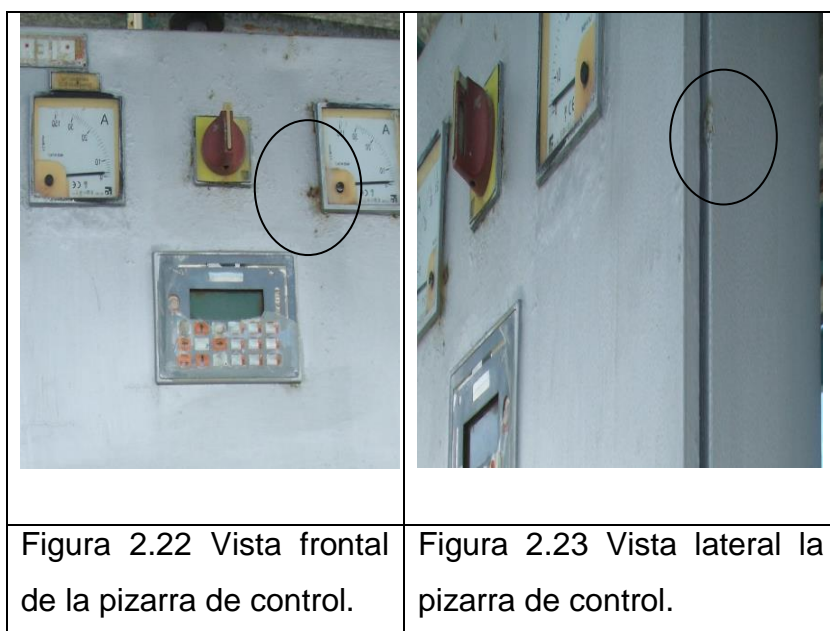
Figura 2.21 Vista general de la pizarra de control.

En primer lugar se puede observar que existe mala aplicación del sistema de pintura y mala preparación superficial antes de su aplicación, lo que trae consigo celdas de aeración diferencial que provoca la corrosión interfacial y por consiguiente el desprendimiento del sistema de pintura. Debido a que la presencia de los

contaminantes que hayan quedado debajo de la pintura provoquen que la corrosión se desarrolle y se desprenda la pintura.

En la parte frontal de la pizarra se puede observar la presencia de celdas de aireación que pueden estar provocada por la mala preparación de la superficie antes de ser pintada tal y como se muestra en la figura 2.22 dentro del círculo.

En la figura 2.23 se puede observar problemas con los bordes representado con un círculo, además de las celdas de aireación diferencial por la mala preparación superficial antes de pintar.



En la figura 2.24, se observa un área de difícil acceso para la preparación superficial y la aplicación de recubrimientos de pintura. En este caso la separación entre partes o estructuras, no cumple con lo establecido en las normas internacionales.

En el caso de presentar problemas de accesibilidad después del montaje del equipo este se debe hacer con componentes fabricados con materiales resistentes a la corrosión o tener un sistema de pintura protector que sea efectivo durante el tiempo de servicio de la estructura para evitar que tenga lugar la corrosión atmosférica húmeda y la corrosión por celdas de aireación diferencial que fueron analizadas con

anterioridad y que se puede observar que no fue cumplido en el momento de construir el equipo.



Figura 2.24 Difícil acceso en la pizarra de control.

En la Figura 2.25 se pueden observar problemas con los bordes representados con círculo negro y los problemas en los orificios representados con círculo rojo. Estos problemas traen consigo los problemas de corrosión mencionados anteriormente cuando se presentan estos problemas de diseño.

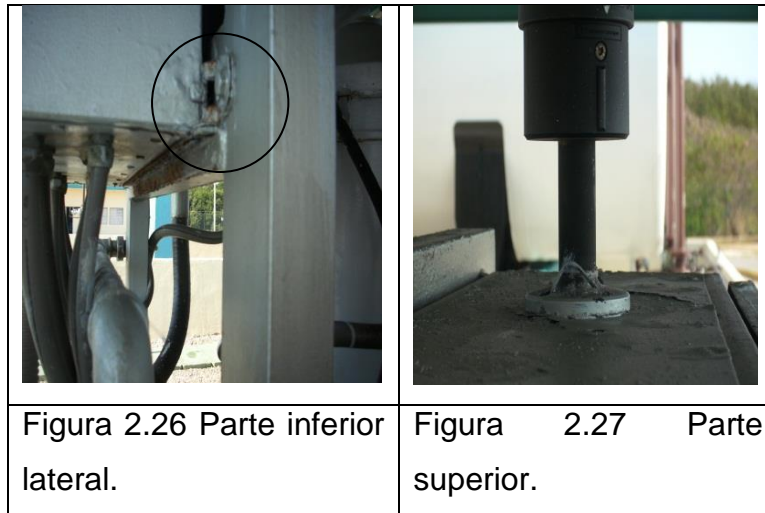


Figura 2.25 Parte inferior de la pizarra de control.

En la parte inferior lateral como se puede observar en la figura 2.26 donde está encerrado en el círculo podemos encontrar varios problemas dentro de los que

tenemos los de orificios o intersticios, con las soldaduras, además de que existen celdas aireación diferencial.

En la figura 2.27 se puede observar que existen zonas de acumulación y depósito de humedad que junto con la mala preparación superficial trae consigo la corrosión interfacial que fue analizada con anterioridad.



2.2.4) Válvulas.

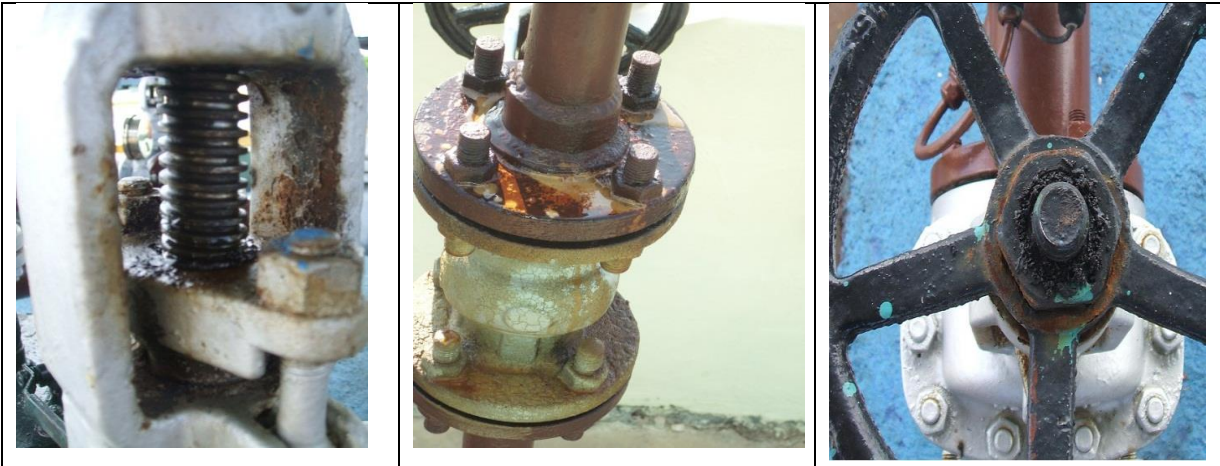
En las válvulas se encuentran varios problemas de diseño anticorrosivo. Entre ellos las conexiones precargadas como los pernos, tuercas y arandelas. Se observan orificios en las uniones entre bridas, sin pintar interiormente. Es evidente que en este caso se produce un rápido deterioro desde el interior, con la formación del celdas de aireación diferencial, propias de la corrosión intersticial o corrosión en resquicios y corrosión galvánica. Estos problemas se pueden observar en la figura 2.28 y figura 2.29.

En estas situaciones la corrosión por celdas de aireación diferencial provocada por la diferencia de concentración de oxígeno entre la superficie donde se encuentra el contaminante y el resto del material. Esta es también corrosión del tipo electroquímica, atmosférica, pero no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial.



<p>Figura 2.28 Orificio en unión entre bridas y orificio-perno</p>	<p>Figura 2.29 Unión entre bridas en la parte superior de la bombas</p>
--	---

En las figuras 2.30 se observa un área de difícil acceso para la preparación superficial y la aplicación de recubrimientos de pintura producto del espacio reducido para llevar a cabo el trabajo del mantenimiento anticorrosivo. En esta figura además se observa que los vástagos no están protegidos contra la corrosión que puede producirse por la presencia de los diferentes contaminantes atmosféricos.



<p>Figura 2.30 Parte superior de una válvula.</p>	<p>Figura 2.31 Válvula de combustible.</p>	<p>Figura 2.32 Vista superior de la válvula.</p>
---	--	--

Por otro lado, como se muestra en la figura 2.31 y 2.32, en las válvulas existen varios problemas de diseño anticorrosivo que ya han sido analizados como son: las

conexiones con pernos, intersticios o resquicios entre las uniones de las bridas; retención de humedad, depósitos y agua este último localizado en la parte superior de la válvula, además de la prevención de la corrosión galvánica, más detallado con la diferencia de color de pintura entre los diferentes materiales. Si el diseño es tal que el par galvánico no puede evitarse, las superficies en contacto deberían estar aisladas eléctricamente o tener una protección superior al resto de las partes.

En las figuras 2.33, 2.34 y 2.35 que representan los soportes se puede observar los problemas de retención de humedad, depósitos y agua en las superficies planas; imperfecciones en la superficie de las soldaduras que se representan con círculos negros; bordes; accesibilidad representada con flecha blanca; resquicios en todas las uniones metálicas con el piso y áreas cerradas en los soportes.

<p>Figura 2.33 Soporte de tuberías</p>	<p>Figura 2.34 Soporte de tuberías</p>	<p>Figura 2.35 Descanso de escalera</p>

Las figuras 2.36 y 2.37 representan a las tuberías del área de sistema de bombeo del combustible, como se observa están presentes los problemas de soldadura, con los pernos y los resquicios, los cuales traen consigo las consecuencias analizadas anteriormente cuando están presentes estos defectos.



Figura 2.36 Tuberías del área de sistema de bombeo.



Figura 2.37 Tuberías del área de sistema de bombeo.

2.2.5) Bomba.

En el sistema de bombeo particularmente se presentan problemas con los accesorios como es el caso de los pernos mostrados en la figura 2.38 los cuales se indican dentro de la zona del círculo.

En las figuras 2.38, 2.39 y 2.40 existen problemas con los bordes y con la retención, depósito y humedad que traen consigo problemas de corrosión interfacial tal y como se muestra en la figura 2.40. En las mismas se observan problemas con los orificios entre la base hormigón y el soporte metálico.

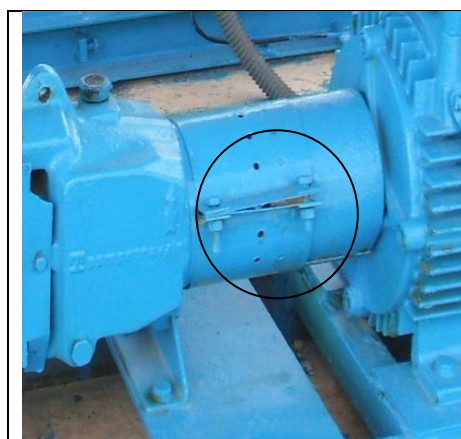


Figura 2.38 Accesorio de la bomba.

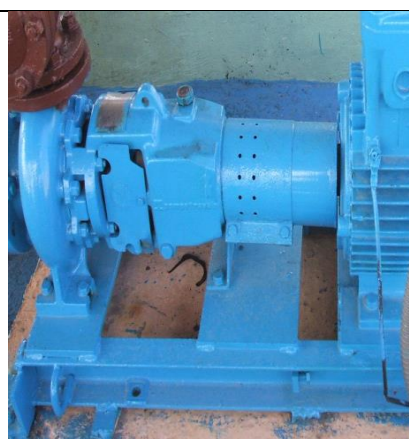


Figura 2.39 Base de la bomba de combustible.



Figura 2.40 Parte superior del motor de la bomba.

Las zonas de retención de humedad, contaminantes y agua están presentes en las figuras 2.41 y 2.42 que pertenecen al sistema de bombeo. En la figura 2.42, el agua no se elimina por la falta de drenaje, la que debe ser eliminada por la evaporación. Esto provoca que se destruyan con cierta rapidez toda la estructura de soporte de las válvulas y de la centrifuga.



2.3) Diagnóstico de la preparación de superficies.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos y para ello hay que tener en cuenta una serie de pasos que se deben cumplir de forma obligatoria.

En el área de combustibles de la Central Eléctrica el estado inicial del material según la norma UNE-EN ISO 8501-1: 2008, es E ya que no es más que el acero en el cual la pintura se encuentra prácticamente intacta, puede verse algo del primer o anticorrosivo y los puntos de corrosión no sobrepasan un décimo de un por ciento de la superficie. Esto implica un daño no superior al 0,1%.

En dicha área de la Central Eléctrica se pueden observar serios problemas de preparación superficial antes de aplicar los sistemas de pinturas, como muestran las figuras 2.3, 2.5, 2.8, 2.10, 2.13, 2.22, 2.25, 2.28, 2.30 y 2.40

Conclusiones Parciales del Capítulo.

- 1) La causa principal de los problemas de corrosión que se presentan en el área de combustible de la Central Eléctrica de Varadero son los problemas de diseños anticorrosivos junto con los efectos de los contaminantes atmosféricos propios de la zona.
- 2) Se requiere de conocimientos sobre cómo eliminar los problemas de diseños anticorrosivos, preparación superficial y de los métodos de protección que deben ser aplicados para encontrarle solución a los diferentes problemas de corrosión que se presentan.
- 3) Todos los tipos de corrosión y problemas de diseños anticorrosivos que se presentan, provocan afectaciones a las instalaciones por lo que deben ser atendidos por igual.

Capítulo III: Propuesta de tecnologías de protección anticorrosiva y conservación. Manual de mantenimiento anticorrosivo.

En este capítulo se aborda lo referente a las soluciones de los problemas de diseño anticorrosivos presentes en el área de combustible de la Central Eléctrica, así como los materiales y métodos, que son empleados en la propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).

La protección anticorrosiva y la conservación enfocada a un sistema no es solo proteger con novedosos esquemas de pintura, sino la combinación de estos con un grupo de productos, que permitan disminuir los efectos de los problemas de diseño anticorrosivo. Dentro de los productos podemos encontrar las grasas de conservación, los mástiques asfálticos, las ceras protectoras y las disoluciones de fosfatado; estableciendo un sistema de supervisión y control de la calidad de los trabajos antes, durante y después de su ejecución por lo que es nuestro objetivo establecer las normativas para la protección anticorrosiva y conservación de los equipos y la infraestructura de las instalaciones preservando siempre el medio ambiente.

3.1) Materiales y Métodos.

Los materiales que se analizaron fueron productos de fabricación nacional, que se utilizaran para conformar la tecnología del SIPAYC. Ellos son:

- ✓ Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504.
- ✓ Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.
- ✓ Grasa Semisólida DISTIN 314.
- ✓ Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404.
- ✓ Mastique Asfaltico Líquido Tipo Solvente con Goma DISTIN 404 L.
- ✓ Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L

3.2) Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación.

El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre otras líneas

de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), que abarca componentes, piezas, equipos y estructuras, de acuerdo con una metodología desarrollada que se reporta en (Echeverría, C.A. et al. 2010).

Igualmente existe la Norma UNE-EN ISO 11303: 2009, que proporciona las directrices para seleccionar los métodos de protección contra la corrosión atmosférica de los metales y de las aleaciones utilizando la clasificación de la corrosividad atmosféricas y las Normas UNE-EN ISO 12944:1-8, 2007, que abarcan desde los estudios para la clasificación del medio, hasta los proyectos de ejecución y mantenimiento, que incluyen el control de la calidad para la protección anticorrosiva, todo ello tratado en el análisis bibliográfico.

3.2.1) Agresividad corrosiva de la atmosfera.

La agresividad corrosiva determina las medidas a tomar para darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo, así como 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.

La agresividad corrosiva de la atmosfera se debe considerar en todo momento, pero hay fechas del año en que son más significativas. Al respecto en Cuba, existen dos períodos del año, uno de octubre a marzo que coincide con el período de los frentes fríos y de seca, donde penetra con mayor cantidad y frecuencia el aerosol marino, siendo este período no recomendable para las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación.

El otro de abril a septiembre, que coincide con el período de lluvia, donde hay menos influencia del aerosol marino y las superficies metálicas son frecuentemente lavadas y descontaminadas por la lluvia. Este período es el más recomendado para estas labores.

El primer paso para la aplicación del SIPAYC es la determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada la Central Eléctrica.

En la Norma UNE EN ISO 12944: 2: 2007 se establece la clasificación de la atmósfera, además nos podemos guiar por el Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (Anexo 1). En trabajos realizados en el polo turístico de Varadero se llega a la conclusión que el nivel de corrosión es de alta a muy alta, por encontrarse aproximadamente a un kilómetro de la costa con apantallamiento. Lo anterior justifica que el nivel de agresividad en la Central Eléctrica Diesel MTU de Varadero es C4.

3.2.2) Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos.

Con el objetivo de determinar el volumen y alcance es necesario:

- ✓ Remover todos los contaminantes visibles como: cascarilla de laminación, óxido, grasa, lubricante y otros no visibles como: sales solubles, cloruros, sulfatos, carbonatos y silicatos.
- ✓ Eliminar las imperfecciones que producen aristas y vértices agudos como: gotas de soldadura, bordes de maquinado, esquinas geométricas, filos, cantos, picos y rebabas en general, pues el recubrimiento adopta bajos espesores y se pierde la continuidad de la película e inicia la corrosión.

Los diferentes métodos que existen para una preparación superficial son:

- ✓ Método mecánico (manual y/o mecanizado): Se utilizan instrumentos (cepillo de alambre, espátula, lija en el primero y pulidoras, cepillos, esmeriles u herramienta neumática, eléctrica, mecánica en el segundo), para limpiar las áreas y eliminar el óxido, las escamas, los restos de soldadura y la pintura en mal estado, obteniéndose dos niveles de limpieza el St2 donde la abrasión elimina el óxido y partículas extrañas y la superficie tiene ligero brillo metálico y el St3 donde la superficie llega a un pronunciado brillo metálico.
- ✓ Método Químico: Baños con soluciones alcalinas (sosa cáustica, silicatos y carbonatos), solventes orgánicos donde se emplean hidrocarburos (gasolina, benceno) y clorados como el tetra cloruro de carbono, etc.

- ✓ Fosfatación: Aplicación de disoluciones de fosfatado para convertir el óxido del metal en capa protectora.
- ✓ Método por chorro abrasivo seco y húmedo: Es el chorreado de partículas a presión como arena, granallas, sales, así como agua alcanzando grados Sa3, Sa2 1/2, para usar preferentemente en mantenimientos capitales.

En correspondencia a las regulaciones ambientales no es posible usar métodos a chorro que es el establecido para estos casos por la norma objeto de estudio.

Los factores que son indispensables tener en cuenta para una correcta preparación previa son el tipo de metal y estado superficial, la forma y tamaño de la pieza o instalación, el tipo de recubrimiento a aplicar, los medios técnicos disponibles y el tiempo de duración deseado.

En nuestro caso el estado inicial del material es E ya que los equipos se encuentran pintados y el estado de corrosión no supera al 0.1% de afectación.

Algunos pasos fundamentales para la preparación previa son:

- ✓ El desengrasado.
- ✓ El decapado.
- ✓ Los enjuagues intermedios y finales.
- ✓ El pasivado en dependencia de la situación.

Debido al hecho de que el área de combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU de Varadero se encuentra en un ambiente agresivo, la preparación superficial es fundamental, ya que la durabilidad de los recubrimientos está dada por su calidad previa. Para lograr una preparación superficial similar a la de la norma es necesario combinar el método manual mecanizado con métodos químicos.

En el método manual mecanizado se utilizarán cepillos de alambre con taladros, electro-esmeriladora, lijas y discos abrasivos, luego se limpiarán las superficies con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio, para adquirir un suave brillo metálico. Estos métodos tienen un mayor rendimiento que los manuales pero aun no logran una superficie bien preparada para la aplicación del recubrimiento. Por lo que después es necesario aplicar un método químico como la Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504 o la Disolución de Fosfatado no

Decapante DISTIN 505 dependiendo del estado inicial de la superficie y del resultado deseado, con lo cual se logra un acabado similar al Sa 21/2 que es el requerido por las normas, además de poseer una superficie con una protección.

Las superficies tratadas con disolución de fosfatado no requieren de ser enjuagadas pero en todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia.

El objetivo del método propuesto es la de obtener un perfil de anclaje que asegure la buena adherencia mecánica del recubrimiento.

3.2.3) Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.


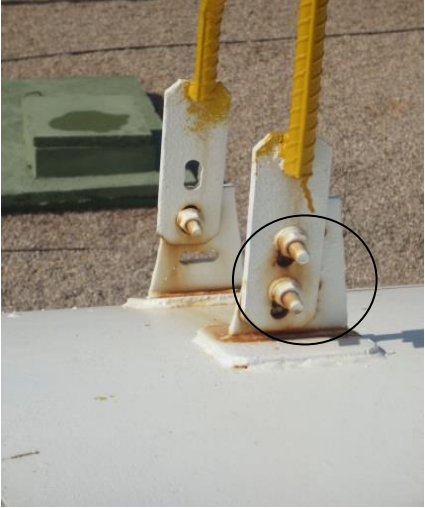
A continuación se muestra un manual en forma de tabla con las herramientas y productos anticorrosivos a utilizar para los diferentes problemas de diseño que presentan los equipos del área de combustible.

En la primera etapa se le dan tratamiento a los problemas de diseño de forma manual o manual mecánica, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como las electro-esmeriladoras. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar

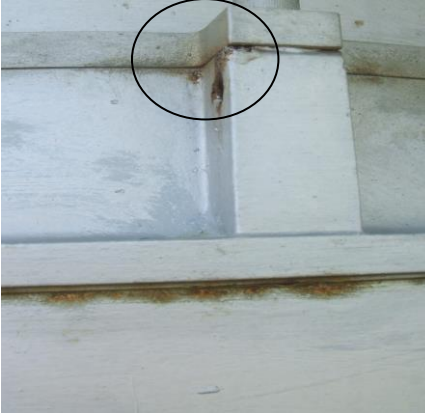


Mientras que en la segunda se le dan soluciones a los problemas de diseño que necesitan de productos anticorrosivos diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada instalación objeto de estudio. (González, A. 2011).

3.2.3.1) Tanques de Combustible.

Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
<p>Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.</p>	<p>En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con una electro-esmeriladora y posteriormente preparar la superficie y pintar.</p>	
<p>Bordes.</p>	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una electro-esmeriladora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr el espesor de la película adecuada.</p>	
2da Etapa.		
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>La forma de atenuar su efecto una vez creadas es mediante la creación de superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404.</p>	


<p>Tratamiento de orificio.</p>	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, es decir, una de las soluciones es cuando se pueden separar las partes donde se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 y una vez montada, se corta el sobrante. Cuando no se pueden separar se atomiza Grasas Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L y posteriormente se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 para sellar los orificios.</p>	
<p>Conexiones con perno.</p>	<p>Sacar los pernos, preparar superficie con cepillo y aplicar Disolución de fosfatado DISTIN 504, pintar los pernos, posteriormente aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para proteger de la humedad y sellar orificios, posteriormente se colocan los pernos y las tuercas. Las zonas dañadas se retocan con la pintura y el mástique asfáltico DISTIN 404.</p>	

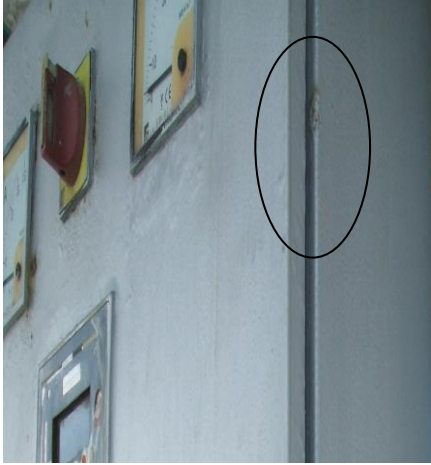

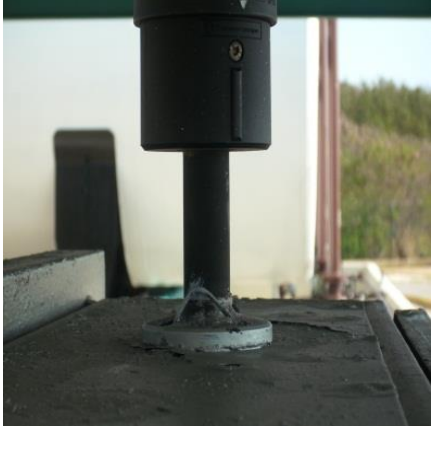
3.2.3.2) Centrífuga.


Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
<p>Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.</p>	<p>En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con una electro-esmeriladora y posteriormente preparar la superficie y pintar.</p>	
<p>Bordes.</p>	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una electro-esmeriladora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr el espesor de la película adecuada.</p>	
2da Etapa.		
<p>Áreas cerradas y componentes huecos.</p>	<p>Hacer orificios de acceso y drenaje, aplicar en su interior grasa líquida tipo solvente DISTIN 314 L, posteriormente sellar los orificios para protegerlo de la humedad.</p>	

<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>La forma de atenuar su efecto una vez creadas es mediante la creación de superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Semisólido DISTIN 404.</p>	
<p>Prevención de la corrosión galvánica.</p>	<p>La solución es evitar la unión de metales de diferente naturaleza y de realizarse aislar los metales, de ser posible se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para aislar y separar el contacto de no ser posible se refuerza el esquema de pintura en la unión de ambos metales.</p>	

3.2.3.3) Pizarra de control.

Problema de diseño	Solución a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
<p>Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.</p>	<p>En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con una electro-esmeriladora y posteriormente preparar la superficie y pintar.</p>	

<p>Bordes.</p>	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una electro-esmeriladora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr el espesor de la película adecuada.</p>	
<p>2da Etapa.</p>		
<p>Tratamiento de orificios.</p>	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, es decir, preparar la superficie, aplicar disolución de fosfato DISTIN 504, colocar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 para sellar el orificio y pintar.</p>	
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>La forma de atenuar su efecto una vez creadas es mediante la creación de superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404.</p>	

<p>Accesibilidad.</p>	<p>Se atomiza grasa de conservación líquida tipo solvente DISTIN 314 L para proteger de la humedad y sellar, evitando impacto y penetración de partículas.</p>	
-----------------------	--	--

3.2.3.4) Válvulas.



Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
<p>Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.</p>	<p>En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con una electro-esmeriladora y posteriormente preparar la superficie y pintar.</p>	
<p>Bordes.</p>	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una electro-esmeriladora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr el espesor de la película adecuada.</p>	


2da Etapa.

<p>Tratamiento de orificios.</p>	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, es decir la solución sería aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 de tal forma que funcione como una junta entre las partes de los equipos.</p>	
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>La forma de atenuar su efecto una vez creadas es mediante la creación de superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Semisólido DISTIN 404.</p>	
<p>Prevención de la corrosión galvánica.</p>	<p>La solución es evitar la unión de metales de diferente naturaleza y de realizarse aislar los metales, de ser posible se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para aislar y separar el contacto de no ser posible se refuerza el esquema de pintura en la unión de ambos metales.</p>	

<p>Accesibilidad.</p>	<p>Se atomiza grasa de conservación líquida tipo solvente DISTIN 314 L para proteger de la humedad y sellar, evitando impacto y penetración de partículas. En los vástagos se emplea para su conservación la grasa de conservación semisólida DISTIN 314.</p>	
<p>Conexiones con pernos.</p>	<p>Sacar pernos, preparar superficie con cepillo y aplicar Disolución de fosfatado DISTIN 504, pintar los pernos, posteriormente aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para proteger de la humedad y sellar orificios, posteriormente se colocan los pernos y las tuercas. Las zonas dañadas se retocan con la pintura y el mastique asfáltico DISTIN 404.</p>	
<p>Áreas cerradas y componentes huecos.</p>	<p>Aplicar en su interior mediante un orificio de acceso la grasa líquida tipo solvente DISTIN 314 L, posteriormente aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para sellar el orificio de drenaje.</p>	

3.2.3.5) Bomba.

Problema de diseño	Producto anticorrosivo a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
Bordes.	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una electro-esmeriladora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr el espesor de la película de pintura adecuada.</p>	
2da Etapa.		
Tratamiento de orificios.	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, es decir, preparar la superficie, pintar, colocar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404. Una vez montada, se corta el sobrante. Cuando no se pueden separar la mejor manera es aplicar Grasas Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L y posteriormente aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404.</p>	

<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>La forma de atenuar su efecto en este caso mediante la práctica de un orificio para que drene el agua que puede quedar retenida cuando llueva o se derrame algún contaminante en estas zonas.</p>	
--	--	--

3.2.4) Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.

Para la selección del sistema de pintura adecuado hay que tener en cuenta lo establecido en la Norma UNE EN ISO 12944: 5: 2007, que posee tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas a las condiciones de agresividad existentes, en nuestro caso es C4.

Además hay tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura que se desea lograr en el área de combustibles de la Central Eléctrica, siendo este 2 a 5 años categorizándose de durabilidad baja. Este tiempo no es necesariamente un periodo de garantías, pero sirve para poder planificar los periodos de mantenimientos.

De forma General tenemos que el sistema tiene que cumplir con el número S4.08, con un grado de preparación superficial similar al Sa 2 ½. El tipo de ligante es Clorocaucho (CR). El número de capas de imprimación es 2 y la de acabados 3, siendo siempre el espesor por capas de 40 µm para un espesor total de 200 µm.

Cumpliendo este esquema tenemos que para los tanques de combustibles el primario sería Hempadur 45880 y la de acabado Polyenamel 55100. Para las estructuras de acero tenemos como primario Hempalin 12030 y como acabado Hempalin 52160.

Todas las pinturas antes señaladas pertenecen a la firma HEMPEL y son las que utilizan las instalaciones y equipos de la Central Eléctrica Diesel MTU de Varadero,

por lo que en los casos que los requiera no es necesario remover todo el esquema de pintura existente.

De darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo existentes en la Central Eléctrica y la preparación superficial como se señaló anteriormente, los resultados serán satisfactorios, lográndose una durabilidad de 5 años, que es el tiempo que por lo general establece la norma para este tipo de agresividad.

Todos los pasos para la aplicación de los recubrimientos de pinturas deben ser controlados, ya que es la garantía de que los esquemas de pinturas propuestos den los resultados esperados. Se debe controlar desde el momento en que se adquiera la pintura hasta que se haya obtenido el espesor final del recubrimiento.

3.2.5) Protección anticorrosiva adicional y conservación. Fundamentación del sistema.

En los análisis anteriormente realizados ha quedado demostrado que las normas (UNE-EN ISO 12944: 1-8, 2007), no son suficiente para darle solución a todos los problemas de corrosión existentes en cuanto a la protección adicional a emplear, ya que no señala qué productos pueden ser utilizados.

Como se ha venido diciendo, como protección anticorrosiva adicional son recomendables los productos DISTIN, por su efectividad ya demostrada por el laboratorio LABET, por su fácil manejo a la hora de aplicarse y por los bajos costos que representa a la hora de dar mantenimiento ya que son de producción nacional.

La Cera Abrillantadora e Impermeabilizante DISTIN 603 L, está preparada para la conservación de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno.

Dentro de las aplicaciones está la conservación de los recubrimientos de pinturas en pizarras de control y en general sobre todas las superficies que han sido pintadas, ya que puede eliminar manchas y evitar la penetración del agua.

Esta cumple una protección temporal, de meses, en función de las condiciones de agresividad a que esté sometido el equipo. Por tanto, tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control y reposición en este caso mensual.

Posteriormente a partir de la experiencia práctica, puede extenderse o disminuirse estos plazos y ajustarse a las condiciones de explotación de cada equipo.

La Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504, está diseñada para la preparación rápida de superficies metálicas oxidadas y superficies metálicas no oxidadas respectivamente, dejando así una superficie limpia para su posterior tratamiento de pintado.

Esta cumple una función temporal antes de cada mantenimiento de pintado dependiendo del tiempo de durabilidad de la misma. Además se pueden utilizar cuando existen manchas de óxido sobre las superficies pintadas, las que quitan las manchas de óxido y mantienen la pintura para posteriormente pintar las partes dañadas.

Como medidas complementarias tenemos el lavado de las superficies metálicas para eliminar los contaminantes que puedan depositarse sobre las superficies. Por otro lado tenemos el apantallamiento con el terreno y la vegetación para impedir que los agentes contaminantes presentes en la atmosfera lleguen y se depositen sobre las superficies metálicas.

Este sistema de protección anticorrosiva y conservación, se ha aprobado para su generalización y aplicación en las Centrales Eléctricas Diesel MTU con las que cuenta la Unión Nacional Eléctrica (UNE) mediante el Manual de Gestión de la Generación Distribuida.

3.3)Algunos resultados económicos esperados.

A continuación se mostraran algunos resultados económicos del área de combustible en cuanto a la aplicación de los productos DISTIN, mantenimiento y reparación con pinturas.

3.3.1)Aplicación de los productos DISTIN.

Lo que cuestan los equipos e instalaciones que serán objeto de estudio es lo que primeramente se va a tener en cuenta para tener idea de lo necesario de la conservación (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Costos de los equipos e instalaciones del Área de combustible y del Área de centrífuga.

Nombre.	Cantidad	CUP	CUC
Tanque de Combustible 100 m ³	5	181 468.25	9 782.45
Panel de control	1	-----	1684.96
Centrífuga	2	-----	2 834.90
Bomba de combustible	4	-----	7914.56
Válvula de 3" con brida	14	328.16	2824.08
Válvula de 4" con brida	16	647.36	6691.2
Válvula de 1" con brida	21	378.55	1727.88
Total		182822.32	33460.03

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior podemos observar que la inversión en el área de combustible de la Central Eléctrica asciende a más de 180 mil de pesos en CUP y más de 30 mil en CUC, lo que demuestra la importancia de conservar las instalaciones y equipos. La aplicación de los SIPAYC puede alargar el tiempo de vida útil de los diferentes equipos.

El costo de los productos DISTIN que se proponen en la aplicación del SIPAYC se observan en la tabla 2. De ella se determina que antes de tener que invertir para poder montar la Central Eléctrica nuevamente, es conveniente por su probada calidad la aplicación del SIPAYC; debido a que el costo es mucho menor en ambas monedas que lo que cuestan los equipos de la Central Eléctrica.

Tabla 2. Consumo y costo de los productos DISTIN

Materiales Y operaciones	UM	CU MN	CU CUC	TOTAL A UTILIZAR	CT MN	CT CUC
DISTIN 314	kg.	4,21	1,07	4,0	16.84	4.28
DISTIN 314 L	L	3,43	1,12	8,0	27.44	8.96
DISTIN 404 L	L	3,43	1,12	2,0	6.86	2.24
DISTIN 404	kg.	2,04	0,65	5,0	10.20	3.25
DISTIN 603	L	6,28	0,76	3,5	21.98	2.66
DISTIN 504	L	3,07	0,48	58,0	178.06	27.84
Total					261.38	49.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Consumo y costo del mantenimiento y reparación de pinturas anuales.

Materiales y operaciones	UM	CU MN	CU CUC	TOTAL A UTILIZAR	CT MN	CT CUC
Pintura Hempadur 45880	L	0,68	3,18	60	40.8	190.8
Pintura Polyenamél 55100	L	0,27	1,19	50	13.5	59.5
Pintura Hempalin 52140	L	0,24	1,14	40	9.6	45.6
Pintura Hempalin 12050	L	0,57	2,97	50	28.5	148.5
Diluyente	L	0,69	3,2	50	34.5	160
Rodillos	U	1,53	9,58	10	15.3	95.8
Brochas	U	0,66	3,03	8	5.28	24.24
Total					147.48	724.44

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de los productos DISTIN se obtuvo mediante la toma de medidas de las zonas a aplicar, pues con el área y de acuerdo con el rendimiento de los mismos según las fichas técnicas de los productos, ver anexos del 2 al 7, se determina el consumo.

Los productos DISTIN se aplican en el primer año de forma completa y posteriormente se aplica en dependencia del estado de las superficies de los equipos y componentes, aunque en el consumo de los mismos se tiene en cuenta este aspecto.

Teniendo en cuenta que la aplicación del SIPAYC protege los equipos y componentes del área de centrífuga de la Central Eléctrica por un período de cinco años contra la corrosión, la frecuencia de los gastos laborales por mantenimiento y reparación de pinturas incluyendo la aplicación de los sistemas de pintura dejaría de ser anual para efectuarse cada cinco años.

Los resultados de los costos; por lo expuesto anteriormente, para cinco años para la aplicación del SIPAYC sería la suma de los costos del mantenimiento y reparación de pinturas anuales incluyendo los costos de los productos DISTIN a aplicar lo que equivale a 408.86 MN y 773.67 CUC.

De acuerdo a los costos del mantenimiento y reparación de equipos anuales, entonces para cinco años se tendría un costo de 737.4 MN y 3622.2 CUC. Entonces, el ahorro que propicia la aplicación del SIPAYC sería la resta de estos valores con los gastos que se tendría para aplicarlo, trayendo un ahorro de 328.54 MN y 2848.53 CUC.

3.3.2) Valor Actual Neto (VAN).

Es el valor presente de los rendimientos futuros descontados al costo de capital aportado al costo de la inversión, no es más que la diferencia del valor actualizado de todos los flujos de efectivos que genera la inversión y el desembolso inicial. El VAN refleja la rentabilidad de la inversión en términos absolutos, expresa cuánto dinero se gana o se pierde con la consecuencia de la ejecución del proyecto. Un proyecto de inversión será viable si el VAN es mayor que cero, es decir, tiene que ser positivo y entre varias alternativas se escoge el mayor posible.

El costo de capital utilizado se fijó en un 10% teniendo en cuenta su variabilidad entre el 1 y el 10% a partir de las características que considera el Banco Central de Cuba, tales como: el objeto del crédito solicitado, la capacidad de pago del cliente y

el análisis de riesgo. En este sentido al tomar la mayor tasa, en caso de que sea rentable, se supone la rentabilidad para niveles inferiores de costo de capital. Los análisis se realizarán en unidades monetarias totales.

La inversión utilizada para los cálculos del VAN es en la que incurre la Central Eléctrica en la compra de los diferentes equipos y utensilios que son necesarios para llevar a cabo la aplicación correcta del SIPAYC.

$$VAN = -A + \sum \frac{FE}{(1+k)^n}$$

Para el cálculo de flujo de caja se tuvo en cuenta la variante que se utiliza actualmente todos los años y la variante que se propone de la aplicación de las tecnologías de conservación anticorrosiva que se aplicaría una vez cada cinco años. Para ello se restó anualmente el costo de la primera variante menos el costo de la segunda variante

Tabla13: Flujo de caja

Año	Flujo de caja	Flujo de caja actualizado
1	-310.61	-282.37
2	871.92	720.60
3	871.92	655.09
4	871.92	595.53
5	871.92	541.39

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del valor de la inversión se tuvo en cuenta los costos de equipamiento necesarios para la aplicación de las tecnologías de protección anticorrosiva y los valores del costo de adquisición de las pinturas y de los productos DISTIN.

$$A = \frac{I}{td} A = \frac{14139.53}{5} = 2827.91$$

$$VAN = (-2827.91) + \sum \frac{-310.61}{1.10} + \frac{871.92}{(1.10)^2} + \frac{871.92}{(1.10)^3} + \frac{871.92}{(1.10)^4} + \frac{871.92}{(1.10)^5}$$

$$VAN = (-2827.91) + 2230.24$$

$$VAN = \$5058.15$$

✓ **Período de recuperación.**

$$PR = \frac{A}{\sum FE}$$

$$= \$2827.91 / \sum -310.61 + 871.92 + 871.92 + 871.92 + 871.92$$

$$= 10 \text{ meses y } 20 \text{ días.}$$

✓ **Período de recuperación descontado**

$$PRD = \frac{A}{\sum FEa}$$

$$= \$2827.91 / \sum -282.37 + 720.60 + 655.09 + 595.53 + 541.39$$

$$= 1 \text{ año, } 3 \text{ meses y } 7 \text{ días.}$$

Realizado los cálculos correspondientes se obtuvo un VAN positivo lo que expresa que la inversión tiene una rentabilidad absoluta de \$5058.15. También se analizó el período de recuperación (estático y dinámico). Con el estático (PR), se determinó que la inversión se recupera en 10 meses y 20 días y con el dinámico (PRD), o sea, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, la inversión se recupera en 1 año, 3 meses y 7 días.

Leyenda.

A: amortización.

k: tasa de interés.

n: tiempo de duración del proyecto.

I: inversión.

Td: tiempo de duración del proyecto.

FE: flujo de caja.

FEa: flujo de caja actualizado.

Conclusiones Parciales del Capítulo.

- 1) La norma (UNE-EN ISO 12944: 1 – 8, 2007), aunque es el único documento que más abarca la solución a los problemas de diseños anticorrosivos, es insuficiente y puede ser mejorada con el enfoque en sistema del presente trabajo. Esta misma norma hace referencia a la aplicación de la protección anticorrosiva adicional, pero no precisa cómo realizarla, ni recomienda soluciones al respecto.
- 2) Las tecnologías de conservación que se proponen mediante un manual de mantenimiento anticorrosivo garantizan la solución a todos los problemas de corrosión existente en la Central Eléctrica.
- 3) El esquema de pintura propuesto para la instalación está acorde a lo establecido en las normas internacionales para la agresividad imperante, donde la preparación de la superficie juega un papel fundamental.
- 4) Con la aplicación del SIPAYC en el área de combustibles la Central Eléctrica logrará un ahorro en cinco años por los conceptos de gastos laborales por mantenimiento y reparación de equipos y de aplicación de los sistemas protectores de pinturas.

Conclusiones.

- 1) La fundamentación de las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un sistema para el área de generación de la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero, ubicada en una zona con agresividad corrosiva muy alta, permite disminuir el deterioro por corrosión y cumplir la hipótesis planteada.
- 2) Del análisis realizado se demuestra que las normas UNE-EN ISO 11303-2009, UNE-EN ISO 12944-2007 son insuficiente en el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión, donde en la mayoría de los casos no precisan la protección anticorrosiva adicional que se requiere.
- 3) Se diagnosticó los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, detectándose que existe deterioro por corrosión que afectan la disponibilidad técnica de los equipos e instalaciones del área de combustible de la Central Eléctrica.
- 4) Mediante tecnologías se propone un manual de protección anticorrosivo para la protección contra la corrosión de las instalaciones y equipos del área de combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU Varadero.
- 5) Con la aplicación del SIPAYC la Central Eléctrica logrará un ahorro en cinco años por los conceptos de gastos laborales por mantenimiento y reparación de equipos y de aplicación de los sistemas protectores de pinturas de 328.54 MN y 2848.53 CUC; lo que demuestra que es factible económicamente la inversión, que se sustenta en un VAN positivo, con un Período de Recuperación estático (PR) de 10 meses y 20 días y un Período de Recuperación dinámico (PRD) de 1 año, 3 meses y 7 días.

Recomendaciones.

- 1) Aplicar y generalizar las tecnologías de protección anticorrosiva y conservación propuesto para la instalación según el manual.
- 2) Atender el control de la aplicación de todos los pasos para la implantación de las tecnologías de protección anticorrosiva y conservación.
- 3) Impartir un curso de superación al personal encargado de la actividad de mantenimiento de la central eléctrica sobre la aplicación del manual de mantenimiento anticorrosivo para el área de Combustible de dicha instalación.

Bibliografía.

1. Albrecht, P. *et al.* (2003). Atmospheric corrosion resistance of structural steels. *Materials in Civil Engineering* **15** (1): 2-24.
2. Almeida, E. *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.
3. Álvarez, Y. (2014) “Estudio Técnico - Económico de la propuesta de solución a los problemas de corrosión en La Central Eléctrica DIESEL MTU serie 4000”, Tesis en opción al Título de Ingeniero Químico.
4. Berenguer, D.C. (2002) La corrosión por problemas de diseño anticorrosivo en condiciones climáticas de Cuba. Soluciones con productos y tecnologías nacionales. ISBN 959 - 16 - 0190 - 5. T 21.
5. Betancourt, N. *et al.* (2002). Influence of SO₂ and NO_x on atmospheric corrosion of steel. *Revista CNIC. Serie Ciencias Químicas* **33**(2): 71-75.
6. Biezna, M., San Cristóbal, J. (2005). Methodology to study cost of corrosion. *Corrosion Engineering, Science and Technology* **40** (4): 344-352.
7. Cook, D.C. (2005). Spectroscopic identification of protective and non-protective corrosion coatings on steel structures in marine environment. *Corrosion Science* **47**(6): 2550-2570.
8. Echeverría C.A; et al. 2002. La corrosión por problemas de diseño anticorrosivo en condiciones climáticas de Cuba. Soluciones con productos y tecnologías nacionales. *Memorias*.
9. Echeverría, C.A. 2003 (a). Métodos de protección a la atmósfera. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT), Universidad de Matanzas. Conferencia especializada.
10. Echeverría, C.A. et al. 2003 (b). Estudio de los problemas de corrosión diseño anticorrosivo y protección en el Complejo Paradiso Puntarenas. Propuesta de soluciones. Informe Final del Contrato Marco entre el Centro de Estudios de

Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas " Camilo Cienfuegos " y el Complejo Hotelero Paradiso -Puntarenas.

11. Echeverría, C.A. et al. 2004. Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0250 – 2.
12. Echeverría, C.A. et al. 2005. El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas. Retos Turísticos **3**(2): 21-30.
13. Echeverría, C.A. 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. ISBN 959 – 16 – 0388 – 6.
14. Echeverría, C.A. et al. 2008. Grasas de Conservación Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
15. Echeverría, C.A. et al. 2010. Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
16. Echeverría, M. 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. ISBN 959-16-0490-4
17. Echeverría, M. et al. 2008. Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba. Revista Retos Turísticos **7**(1).
18. Echeverría, M. et al. 2009. Influencia del diseño en la protección anticorrosiva en condiciones climáticas de Cuba. Revista Tecnología Química Vol. XXIX, No. 1.

19. Espada, L.R. (2005). La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas. **5**(1). Disponible en <http://www.nervion.com.mx.web>.
20. Fragata, F. *et al.* (2006). Compatibility and incompatibility in anticorrosive painting. The particular case of maintenance painting. *Progress in Organic Coatings* **56**: 257–268.
21. González, A. 2009. Incidencia de la transferencia de tecnología en la conservación de grupos electrógenos en zonas de alta agresividad corrosiva. Conferencia Internacional CIUM'2009. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
22. González, A. 2010. Propuesta de un sistema anticorrosivo y de conservación para el área de generación de una Central Eléctrica Diesel MTU. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7
23. González, A. 2011. Contribución a la disminución del deterioro por corrosión de una Central Eléctrica Diesel MTU Serie 4000. Tesis en Opción al Título de Máster en Ciencias de Ingeniería Química. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
24. González, A. 2013 "Influencia del diseño anticorrosivo en el deterioro por corrosión en el grupo electrónico del hotel Princesa del Mar" *Revista Retos Turísticos*. Vol.12, num.2. ISSN:2224-7947
25. González, A. 2014 "Propuesta de soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión del grupo electrónico del hotel Punta Arena" *Revista Retos Turísticos*. Vol.13.num.1. ISSN:2224-7947
26. González, A. *et al.* 2015. Influencia del diseño anticorrosivo en la protección anticorrosiva del área de combustibles de una Central Eléctrica Diesel MTU SERIE 4000. *RTQ*, May. 2015, vol.35, no.2, p.193-207. ISSN 2224-6185
27. Herrera, A. 2012 "Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación para equipos y componentes del área de centrífuga de la Central Eléctrica Diesel MTU de Varadero", Tesis en opción al Título de Ingeniero Químico.
28. López, I. (2008). Corrosión atmosférica y conservación en obras soterradas en Matanzas. Departamento de Ingeniería Química. Matanzas, Universidad de

- Matanzas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas: 116.
29. Méndez, O. 2012. Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación “SIPAYC” del Auto rural UAZ-469 CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0654-3
 30. Mirabal, G. 2011. “Contribución a la disminución del deterioro por corrosión en el área de combustible de la Central Eléctrica Diesel MTU de Varadero”, Tesis en opción al Título de Ingeniero Químico.
 31. NACE Corporation. (2003). Costos de la corrosión y estrategias preventivas en los EE.UU. Disponible en <http://www.costosnace.com>. Consultado diciembre 2014.
 32. Ochoa, *et al.*, (2005). *Pinturas anticorrosivas*. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.
 33. Pierre, R. (2007). Handbook of Corrosion Engineering. New York. United State.
 34. Roberge, P. (2000). Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies.
 35. Rocha, José. Andradi da Silva. (2003). Productos electro – electrónicos en Ambientes Tropicales. Campiñas, SP: SITTA, gráfica.
 36. Rodríguez, M.T. (2004). Formulación y evaluación de imprimaciones epoxis anticorrosivas curables a temperatura ambiente. Departamento de Ciencias Experimentales. Castellón, Universitat Jaume I. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas: 251.
 37. Schmidt, D.P. *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.
 38. Shifler, D. 2005. Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life. *Corrosion Science* **47**(5): 2335-2352.
 39. Shixer, D.A. 2005. Marine Corrosion Branch, CD., Naval Surface Warfare Center, Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life, *Corrosion Science*, 47. 2335-2352. Disponible en www.sciencedirect.com.

40. UNE-EN ISO 8501-1:2008. Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores.
41. UNE-EN ISO 11303. (2009). Corrosión de metales y aleaciones. Directrices para la selección de métodos de protección contra la corrosión atmosférica.
42. UNE-EN ISO 12944 – 1: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.
43. UNE-EN ISO 12944 – 2: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part2: Clasificación de ambientes.
44. UNE-EN ISO 12944 – 3: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Consideraciones de diseño.
45. UNE-EN ISO 12944 – 4: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.
46. UNE-EN ISO 12944 – 5: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.
47. UNE-EN ISO 12944 – 6: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.

ANEXOS

Anexo 1

Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de 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

CATEGORIA	TDE horas/año	CONTENIDO SO ₂ mg SO ₂ /m ³ .año	CONTENIDO Cloruro: mg Cl/m ³ .año
C1	≤10	≤10	≤3
C2	10-25	10-35	3-5
C3	250-2500	35-80	60-300
C4	2500-5500	80-200	300-1500
C5	>5500	>200	>1500



Anexo 2

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

FICHA TÉCNICA DISTIN :

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 oleo química, 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. Pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono por la norma UNE – EN – ISO 6 270: 06 y DIN 50017: 82, y el ensayo de Resistencia a la niebla salina durante 500 horas por la norma ISO 9 227: 07, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

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: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 3



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

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L

Grasa Líquida Tipo Solvente 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 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. No afecta los recubrimientos de pintura. 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. Pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono por la norma UNE – EN – ISO 6 270: 06 y DIN 50017: 82, y el ensayo de Resistencia a la niebla salina durante 500 horas por la norma ISO 9 227: 07, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

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: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu.

Anexo 4



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 producto.

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

Condiciones de 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.

Comuníquese: Teléfono: 256811 Fax: 253101 E.Mail: merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu



Anexo 5

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 antigraja 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 y 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.

Comuníquese: Teléfono: 256811. Fax: 253101 E.Mail: merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu

Anexo 6



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.

Pasó el ensayo climático de Humedad – Temperatura, acreditado por el Laboratorio LABET, por las Normas UNE – EN – ISO 6270: 06 y DIN 50017:82, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono, durante 1600 horas, sin afectaciones.

Condiciones de Conservación:

- **Intemperie:** De no encontrarse contaminada la superficie con aerosol marino, puede proteger la estructura por un período de hasta una semana.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por varias semanas.
- **Almacén cerrado:** Puede mantener las piezas protegidas hasta un mes o más, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.
- **Interior de tanques:** Puede utilizarse para preparar la superficie no pintada y protege la superficie durante meses si se logra un buen secado y sellaje. Procedimiento indicado especialmente para instalación de tanques de combustible.

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

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

Comuníquese: Teléfono: 256811. Fax: 253101 E.Mail: merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu.

Anexo 7



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

FICHA TECNICA DISTIN 603 L.

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.

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 aplicado.

:: Condiciones de conservación:

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

:: Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

:: Transportación y almacenamiento:

El producto se suministra en frascos de 1 litro de capacidad.

:: 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: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu