

Universidad de Matanzas
Facultad de Ingenierías
Departamento de Química e Ingeniería Química



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

Título: Propuesta de tecnologías de protección anticorrosiva y conservación para el área de estacadas y de intercambiadores de calor de la Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte.

Autor: Lázaro Jesús Salazar Castellanos.

Tutor: Ms. C. Asael González Betancourt.

Matanzas, 2016.

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

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Lázaro Jesús Salazar Castellanos, declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma y lo pongo a disposición de la Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte y de la Universidad de Matanzas para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que estimen conveniente. Quedando prohibida la reproducción parcial de este documento, sin la autoridad del autor y el tutor.

Lázaro Jesús Salazar Castellanos.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Tribunal.

Tribunal.

Tribunal.

Tribunal.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

En primer lugar a mis Familiares ya que son los que me guiaron por el camino correcto desde los primeros momentos y de los cuales siempre estaré orgulloso.

Mis compañeros de manera general ya que siempre me ayudaron y apoyaron en lo que me hizo falta.

A todo el personal de la Universidad de Matanzas que me ayudó y en especial a mi tutor Asael González Betancourt por creer en mí para la realización de este trabajo de diploma.

AGRADECIMIENTOS

- A mi tutor Asael González Betancourt por su gran apoyo y paciencia en la elaboración del trabajo de diploma.
- A todos los profesores de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” que me brindaron su ayuda.
- A mis padres y a toda mi familia que siempre estuvieron al tanto de todo mi trabajo hasta el final.
- A todos mis amigos que se preocuparon por la realización de este trabajo de diploma.

RESUMEN

En el presente trabajo se identifican las principales causas y afectaciones por un alto grado de deterioro por corrosión en las en el área de estacadas y de Intercambiadores de calor evidenciado en la etapa de garantías, en las estructuras metálicas, intercambiadores de calor; donde se destacan los problemas de diseño anticorrosivo de las instalaciones y equipos, agravados por la contaminación de los gases de escape, la agresividad de la atmósfera y deficientes métodos de protección anticorrosiva, conservación y falta de preparación del personal para enfrentar esta problemática. Trayendo consigo la disminución del tiempo de vida útil de las instalaciones y equipos. Debido a estas condiciones se propone un Manual de mantenimiento anticorrosivo mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), con productos nacionales que han sido certificados en laboratorios acreditados, aceptado para su generalización en todo el país, que se incluye en el Manual de Gestión de la Generación Distribuida aprobado nacionalmente.

SUMMARY

In this paper the main causes and effects are identified by a high degree of deterioration due to corrosion in the area of pickets and heat exchangers shown at the stage of guarantees, metal structures, heat exchangers; which highlights the problems of anticorrosive facility design and equipment, pollution aggravated by exhaust gas, the aggressiveness of the atmosphere and poor methods of corrosion protection, conservation and lack of staff training to address this problem. Bringing with decreased lifetime of facilities and equipment Because of these conditions, a manual anticorrosive maintenance I proposed using a system Corrosion Protection and Conservation (SIPAYC), with domestic products that have been certified in accredited laboratories, accepted for its generalization throughout the country, which is included in the Management Manual Distributed Generation nationally approved.

	Pág.
Introducción	1
Capítulo I: Análisis Bibliográfico.	3
1.1) La revolución energética y el deterioro por corrosión.	3
1.1.1) Antecedentes de la revolución energética.	3
1.1.2) Incidencia económica de la corrosión.	4
1.2) Caracterización de la agresividad corrosiva de la atmosfera en la zona de la instalación.	5
1.2.1) La corrosión atmosférica en Cuba. Factores que influyen.	5
1.2.2) Factores que influyen en la velocidad de corrosión.	7
1.2.3) Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.	7
1.2.4) El ión cloruro y la corrosión atmosférica.	10
1.2.5) El ión sulfato y la corrosión atmosférica.	10
1.2.6) Agresividad corrosiva de la atmósfera.	11
1.3) Normas sobre problemas de diseño anticorrosivo, preparación superficial y corrosión que presenta la instalación.	12
1.3.1) El diseño anticorrosivo y su influencia en la corrosión.	12
1.3.2) Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.	15
1.3.3) Recubrimientos Anticorrosivos.	18
Conclusiones Parciales.	21
Capítulo II: Diagnostico del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación. Resultado y análisis.	22
2.1) Materiales y Métodos.	22
2.1.1) Materiales más empleados en las instalaciones, equipos y componentes.	22
2.1.2) Métodos empleados en el diagnóstico.	22
2.2) Diagnostico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión.	23
2.2.1) Área de estacadas.	24
2.2.2) Área de Intercambiadores de Calor.	30
Conclusiones Parciales.	33
Capítulo III: Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación.	34
3.1) Materiales y Métodos.	34
3.2) Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación.	35
3.2.1 Agresividad corrosiva de la atmosfera.	35
3.2.2 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura.	36
3.2.3 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.	38
3.2.3.1 Intercambiadores de calor y Estacas	38
3.2.3.2 Estacas	41
3.2.4 Selección de recubrimiento de pinturas	42
3.2.5 Protección anticorrosiva adicional y conservación	43
3.3 Resultados económicos esperados. Ahorro.	46
Conclusiones Parciales	49
Conclusiones.	50
Recomendaciones.	51

Bibliografía.	52
Anexos.	56

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION

En mayo del 2004 el Sistema Electro-energético Nacional se vio seriamente afectado, al producirse una avería durante un mantenimiento planificado de la termoeléctrica Antonio Guiteras, causando severas afectaciones a la economía nacional. En ese contexto surge, como iniciativa del Comandante en Jefe Fidel Castro, la llamada Revolución Energética. Esta se basó en un programa de sustitución de las viejas Centrales termoeléctricas por generadores eléctricos, a fin de disponer de un sistema eléctrico sin fallas y suficiente para la nación, y en la renovación de los viejos equipos electrodomésticos.

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, sometidos en lo fundamental a la acción de la atmósfera, además de otros medios agresivos, por lo que se justifica la aplicación de 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. Por lo expuesto anteriormente se plantea el siguiente

Problema:

Deterioro por corrosión de componentes y equipos del área de estacadas y de Intercambiadores de calor en la Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte.

La presente propuesta tiene como **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 estacadas y de Intercambiadores de calor en la Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte.

Se tiene como **Objetivo General:**

Proponer las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un manual para el área de estacadas y de Intercambiadores de calor de la Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte.

Objetivos Específicos:

- 1) Analizar el estado del arte en sistemas anticorrosivos, con énfasis en el diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación de equipos de grupos electrógenos.
- 2) Diagnosticar los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, recubrimiento de pinturas, técnicas de conservación del área de estacadas y de Intercambiadores de calor en Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte
- 3) Proponer tecnologías de protección anticorrosiva mediante el manual.
- 4) Fundamentar técnica y económicamente la propuesta de tecnología de protección anticorrosiva.

CAPÍTULO I

Capítulo I: Análisis Bibliográfico.

1.1) La revolución energética y el deterioro por corrosión.

1.1.1) Antecedentes de la revolución energética.

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. (Enríquez, L. 2012).

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.

Con el desarrollo de la Revolución Energética a 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.

En la generación distribuida, la totalidad de las instalaciones y equipos están sometidas en lo fundamental a la acción de la atmósfera, además de otros medios agresivos, como son los gases de escape que se producen en el proceso de generación eléctrica. (González, A. 2011)

Según (*Betancourt, N. et al, 2002*) la influencia de los gases afecta a las superficies metálicas en dependencia de la concentración existente en la atmósfera y de los tipos de metales que se encuentren expuestas a ellos.

Otra causa es el incumplimiento 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.

López, I. (2008), señala que 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.

No obstante, se 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 (González, A. 2009). 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.

1.1.2 Incidencia económica de la corrosión.

Los análisis económicos del impacto de la corrosión buscan evaluar la factibilidad económica de invertir en alternativas de mitigación y control de la corrosión, el presupuesto para la inversión, estimación de vida útil, tiempo promedio de reparaciones, costo de mantenimiento y el efecto de la falla sobre la operación del sistema. Adicionalmente, un estudio realizado en Japón por el *Committee on Cost of Corrosion in Japan*, (2009) estableció que el costo de la corrosión es de 4,2% del total del costo del sistema de transmisión.

Los primeros estudios relacionados con los costos de la corrosión fueron desarrollados por *Uhlig* en 1949, en su trabajo “Los costos de la corrosión en los Estados Unidos” (Echeverría, M. et al. 2008), en el cual realiza 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 Interno Bruto (PIB), tanto en los países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo (*NACE Corporation*, 2003).

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

De las pérdidas anteriormente citadas se podría ahorrar un 15% con un adecuado conocimiento y aplicación de la tecnología de la corrosión. (González, A. 2011)

1.2) Caracterización de la agresividad corrosiva de la atmosfera en la zona de la instalación.

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)

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).

Por tanto, es preciso tener en cuenta que las condiciones ambientales en el territorio cubano tienden a acelerar el fenómeno de la corrosión. 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 Ibero América, según los resultados del proyecto del Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica.

La instalación objeto de estudio se encuentra en el centro de la provincia donde según el mapa de corrosividad de Cuba (**anexo 1**) y estudios realizados en zonas cercanas a la instalación se puede clasificar la atmosfera como C3 ya que se obtuvieron velocidades de corrosión superior a 36,4 $\mu\text{m/año}$.

1.2.1) 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 que influyen en la agresividad corrosiva de la atmósfera en los diferentes ambientes, ayudaría a la planificación de las medidas anticorrosivas para la protección de metales y por ende a la disminución de las pérdidas o costos por corrosión. (González, A., et al. 2015)

Las preocupaciones que causa este tema, han llevado a científicos e investigadores a realizar numerosos trabajos y estudios que, no obstante, aún son insuficientes para aclarar varias cuestiones sobre los mecanismos, las variables y la cinética de la corrosión atmosférica. 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. (González, A., et al. 2015)

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. (González, A., et al. 2015)

“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”, señala (Autores, 2005).

De resultados obtenidos en estudios realizados y coincidiendo con (Autores, 2005),(Espada, 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 pérdidas muy importantes de energía y materiales y 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)

1.2.2) 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.

Cada uno de estos factores juega un rol en la aparición y aceleración de la velocidad de corrosión. Pero el efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas.

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

Los parámetros más importantes 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 (González, 2013).

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 ($T \geq 0^{\circ}\text{C}$), cuando inicia la condensación de agua sobre la superficie del metal. Al llegar la HR a 90 % y $T < 25^{\circ}\text{C}$ 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 (González, 2014) 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 (Feliú, S. et al. 1971, Echeverría, C.A. et al. 2003 (b)) refiere que la velocidad de corrosión depende de la velocidad y dirección del viento, principalmente en atmósferas marinas.

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

La corrosión atmosférica en los países de climas tropicales húmedos como México, Taiwán, Egipto, Vietnam, India y Cuba ha sido abordada por varios investigadores, donde se determina la influencia en la corrosión del aerosol marino. (Echeverría, C.A. et al. 2006; 2010).

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)

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).

En (Echeverría, C.A. et al. 2003 (a)) se demuestra la influencia del aerosol marino en la magnitud de la corrosión atmosférica, coincidiendo casi la totalidad de los autores, en las publicaciones más recientes.

1.2.4) 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)).

La deposición de iones Cl^- provoca una compactación de la capa de óxidos, pero también eleva la conductividad de la capa del electrolito. 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 corrosión atmosférica del acero es un proceso de naturaleza electroquímica, bastante conocido, por lo que en presencia de oxígeno y humedad conduce a la formación de una capa de herrumbre.

1.2.5) 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) que por esta vía se emiten a la atmósfera 70 millones de toneladas anuales de sulfato, procedentes del aerosol marino.

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).

1.2.6) 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.

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.

1.3) 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.

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.

1.3.1) 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), (UNE-EN ISO 12944 – 5, 2007) y la (UNE-EN ISO 12944 – 8, 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).

Las uniones deben ser realizadas preferiblemente mediante soldadura, en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible.

Las soldaduras discontinuas y por puntos se deben usar solamente cuando los riesgos de corrosión sean insignificantes (UNE-EN ISO 12944 – 3, 2007).

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.
- **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.
- **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 austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos.

- **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
- **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.

1.1.2 Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.

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

- **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. 2003 (b); Echeverría, C.A. et al., 2005; UNE-EN ISO 12 944-2. 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 protección anticorrosiva con 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.

Al respecto la norma (UNE-EN ISO 12 944-3: 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.**

Para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado, es necesario considerar el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el grado de la suciedad y oxidación. Además, se debe tener consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (UNE-EN ISO 12 944-4: 2007, UNE-EN ISO 8501-1: 2008).

La etapa de preparación superficial es una de las más importantes para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado (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.

Según (Morcillo, M. et al. 2002, Ochoa, et al. 2005), 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.

Mientras mejor es la preparación de superficie, mayor será la durabilidad del sistema (Echeverría, C.A. et al. 2003 (a); Roberge, P. 2000; Morcillo, M. 2002), 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 (Morcillo, M. 2002; Echeverría, C.A. 2003 (a)).

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 12 944-5: 2007; Echeverría, C.A. 2003 (b); Rodríguez, M.T. 2006; Schmidt, D.P. et al. 2006).

La incompatibilidad entre las pinturas que conforman el sistema es un factor determinante en la calidad del recubrimiento (Echeverría, C.A. et al. 2005; 2010; Reyes, R. 2013).

La Norma (UNE-EN ISO 12 944-5:2007) 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 y **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.

- **Ensayos de comportamiento en laboratorio.**

Según (Fragata, F. 2006), 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.

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

Las empresas contratadas para la ejecución de los trabajos de pintura en estructuras de acero, y su personal, deben disponer de un sistema de aseguramiento de la calidad para la ejecución de los trabajos de acuerdo con la norma (UNE-EN ISO 12 944-8: 2007), a no ser que se acuerde lo contrario.

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.

.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.

1.3.3) 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(Blascos, 2004, Espada, 2005,Shixer, 2005 yAutores, 2005).

Señala (Álvarez, 2014), 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.

Los recubrimientos son con frecuencia aplicados juntos, como un sistema, posibilitando tomar ventaja del efecto combinado para satisfacer el gran número de características requeridas.

Refiere(Blascos, 2004) 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. También dentro de este grupo de recubrimientos podemos incluir los de conversión química.

- **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.

Desde el punto de vista anticorrosivo estos recubrimientos se aplican según el medio al que se expondrán. Como ejemplo de algunos de ellos podemos citar el cincado, cadmiado, plomado, aluminio, cobreados, niquelado, cromado, etc.

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, 2005, Echeverría, C.A. 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.

Se conoce que por cada 100 m² de superficie metálica expuesta a la corrosión, unos 85-90 m² están protegidos por recubrimientos de pinturas. Lo que deja claro que de todos los recubrimientos los más aplicados en la protección anticorrosiva son las pinturas, aunque como sistema de protección anticorrosiva, se complementan con otros recubrimientos (Echeverría, C.A. et al. 2012).

Teniendo en cuenta todo lo antes expuesto, se puede decir que la protección anticorrosiva de una instalación o equipo, no se puede ver como la aplicación de un método de protección anticorrosivo aislado, según refieren muy pocos investigadores del tema (Echeverría, C.A. et al 2003,Blascos, 2004), sino como un sistema integrado. Es por ello que es de interés en la presente investigación, hacer referencia a los métodos de protección anticorrosiva.

Conclusiones Parciales.

1. El incorrecto uso de las Normas, la selección de los materiales, los problemas de diseño anticorrosivos y los efectos de los factores atmosféricos todo esto 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.
2. Se puede apreciar la influencia que tienen los problemas de diseño anticorrosivos sobre los problemas de corrosión.
3. Los efectos de los factores atmosféricos y los problemas de diseño anticorrosivo 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.
4. 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.
5. Existen diferentes productos anticorrosivos de probada calidad que pueden complementar los sistemas de pinturas como son las Grasas anticorrosivas, Mastiques asfálticos, ceras abrillantadoras e impermeabilizantes y las disoluciones de fosfatado todos ellos bajo la marca DISTIN.

CAPÍTULO II

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

2.1 Materiales y métodos.

2.1.1. Materiales más empleados en las instalaciones, equipos y componentes.

En las estacadas e intercambiadores de calor de la Central Eléctrica Fuel-Oil de Agramonte, los materiales que se emplean en su construcción son el acero estructural de bajo contenido de carbono (AISI 1020), los aceros aleados (AISI 403 12Cr) y los bronce (DC2700).

2.1.2. Métodos empleados en el diagnóstico.

Para el diagnóstico de los materiales, diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación, se emplea la Metodología General de solución a los problemas de corrosión desarrollada en el CEAT, que incluye los siguientes aspectos:

- **Selección y diagnóstico de los materiales.**
- **Diagnóstico del diseño anticorrosivo.**
- **Diagnóstico de los problemas de corrosión.**
- **Diagnóstico de la protección anticorrosiva.**
- **Diagnóstico de la conservación.**

Para llevar a cabo el diagnóstico y poder aplicar de forma efectiva la Metodología General de solución a los problemas de corrosión hay que realizar los siguientes pasos.

❖ Análisis visual.

Para efectuar un correcto análisis de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, lo primero que hay que realizar es un adecuado diagnóstico de las instalaciones y equipos. Para ello se realiza un análisis visual detallado en el que se podrá observar todos los problemas que existen. La observación se realiza de derecha a izquierda, de adelante hacia de detrás y de abajo hacia arriba. De esta forma se asegura que se pueda diagnosticar el objeto en cuestión en toda su extensión.

❖ **Fotografía digital.**

Después de realizada la observación con el procedimiento anteriormente descrito se procede a la toma de las muestras fotográficas de todos los problemas existentes que posteriormente serán analizadas en trabajo de mesa mediante el uso de las Normas UNE-EN ISO 12944 de la 1 - 8: 2007, UNE – EN ISO 11303: 2009 y los aspectos que contempla la metodología general.

2.2 Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y conservación.

Lo primero que hay que tener bien claro es que cosa es un diagnóstico, este no es más que aquello perteneciente o relativo a la diagnosis. Este término, a su vez, hace referencia a la acción y efecto de diagnosticar (recoger y analizar datos para evaluar problemas de diversa naturaleza).

Un antecedente muy importante de los problemas de corrosión que se presentan frecuentemente, es el “Diseño Anticorrosivo”. Al respecto se plantea que los problemas de diseño anticorrosivo, los crea el diseñador, desde que se realiza el diseño. Existen muchos problemas de diseño muy frecuentes.

El diseño de cualquier objeto es tan importante como la elección de los materiales de construcción y debe estar de acuerdo con las exigencias físico-químicas, incluyendo la resistencia a la corrosión.

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

La identificación de los problemas de diseño anticorrosivo es el primer paso en el tratamiento anticorrosivo y de conservación. 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.

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

A continuación se analizan los intercambiadores de calor y las estacadas, mencionando los diferentes problemas de diseño anticorrosivo y los tipos de corrosión identificados como resultado del diagnóstico realizado.

Es necesario destacar que todos los equipos y componentes que están expuestos a la atmósfera se encuentran afectados por la corrosión atmosférica húmeda. Esta será explicada más adelante.

Para el diagnóstico de la preparación superficial en una instalación o equipo ya protegido, hay que tener presente los tipos de corrosión que se observan sobre la superficie del material.

El diagnóstico de los recubrimientos de pintura conlleva a identificar todos los defectos que se presentan y que son causa del recubrimiento o de su aplicación.

Observar el desprendimiento de una capa de pintura sobre otra es causa en primer término de incompatibilidad de esquemas o de la presencia de grasa sobre un recubrimiento si el problema no está muy generalizado.

Todos los defectos que se observen de forma prematura, antes de que se llegue al tiempo de vida útil del esquema, son problemas del recubrimiento.

2.2.1 Estacadas.

En esta área se pudo observar que se empleo los aceros estructurales de bajo contenido de carbono (AISI 1020) y los aceros aleados (AISI 403 12Cr).

En el área de estacadas se observaron serios problemas con los diseños anticorrosivos, los que traen aparejados los diferentes problemas de corrosión. Por otro lado se observo problemas con los recubrimientos por pinturas y con la conservación. Estos problemas serán analizados seguidamente.

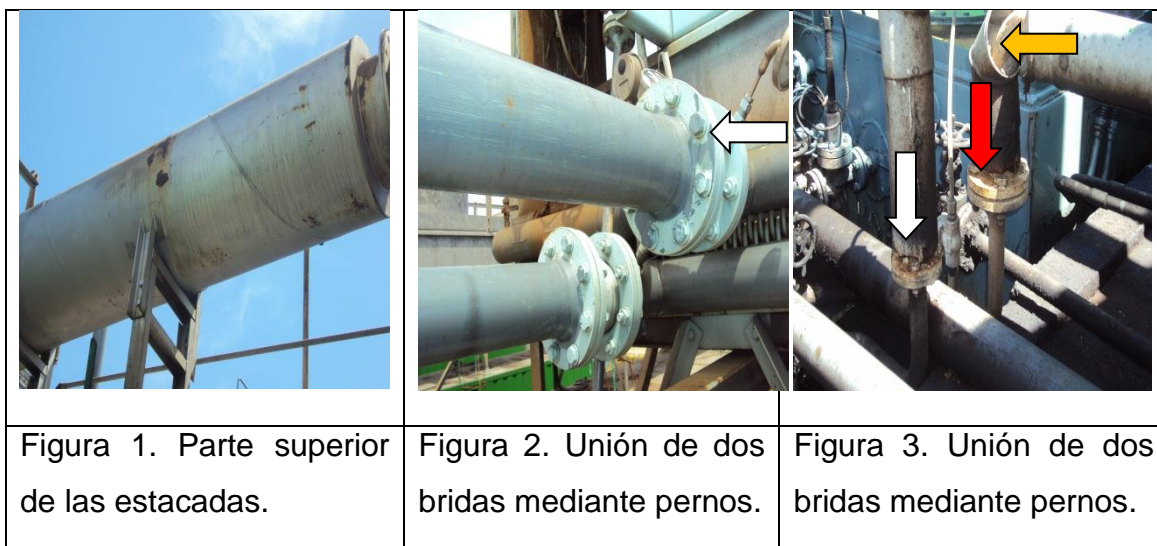
En la figura 1 se puede observar problemas de accesibilidad al hombre producto de que es una zona muy elevada, donde se dificulta el trabajo de mantenimiento anticorrosivo. Producto de lo señalado anteriormente se manifiesta la corrosión atmosférica húmeda y las celdas de aireación diferencial.

La corrosión atmosférica húmeda se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc., lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, y la presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos, provenientes del aerosol marino.

Este mecanismo es el que se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año, es por ello que constituye el mecanismo fundamental. A partir de este se

pueden producir diferentes situaciones durante el proceso corrosivo, en dependencia del espesor de la película de humedad sobre la superficie metálica.

La corrosión por celdas de aireación diferencial en presencia de humedad adsorbida, crea un área de difícil acceso para el oxígeno con sustituyendo un ánodo, tan pronto como en los alrededores con mayor acceso de oxígeno se crea un cátodo. En el ánodo tiene lugar la corrosión localizada. Influidando en esto la presencia de humedad, conjuntamente con el depósito o intersticio, además de los contaminantes como el aerosol marino.

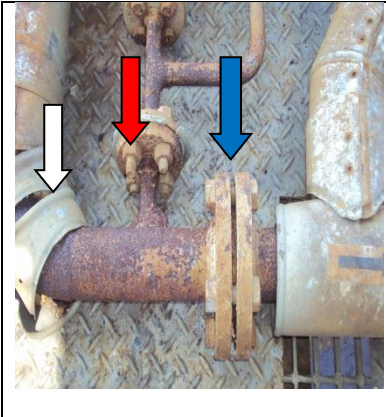




En las figuras 2 y 3 con flechas blancas se representa los problemas con los pernos, que en presencia de cargas que surgen entre las partes en unión y la presencia de resquicios que se originan entre ellos y las bridas y entre las bridas.

Los resquicios traen 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 y la corrosión.

.En la figura 3 también existen zonas de acumulación y depósito de contaminantes, que están provocadas por dos razones diferentes. Con flecha roja se manifiesta producto del diseño de las válvulas y su ubicación. Mientras que con flecha amarilla se manifiesta por el desprendimiento del recubrimiento de las tuberías. En ambos caso provoca la corrosión atmosférica generalizada sobre la superficie de las válvulas.

En la figura 4 se puede observar con flecha roja los problemas con los pernos, mientras que con flecha azul se representa problemas con los resquicios, surgiendo la corrosión en resquicios. Por otro lado se puede observar problemas con los recubrimientos de las tuberías, lo cual se representa con flecha blanca.

		
<p>Figura 4.Unión entre las dos bridas.</p>	<p>Figura 5.Unión entre las tuberías y el anillo que lo sujeta.</p>	<p>Figura 6. Par metálico entre los pernos y las bridas.</p>

Otro de los problemas que existen en las estacadas son los problemas con los resquicios que existen entre las tuberías y los anillos que las sujetan tal y como se observa en la figura 5 con flecha blanca. En esta zona se origina la corrosión en resquicios, además se pueden observar corrosión por celdas de aireación diferencial.

En la figura 6 se muestran problemas con la unión de las bridas de las tuberías y los pernos producto de que estos últimos son de acero inoxidable, lo que provoca problemas de par metálico, originando la corrosión del mismo nombre. Cuando se presenta este problema el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo. En esto, influye la magnitud de la diferencia de potenciales y la diferencia de áreas entre metales. Si el diseño es tal que el par galvánico no puede evitarse, las superficies en contacto deberían estar aisladas eléctricamente.


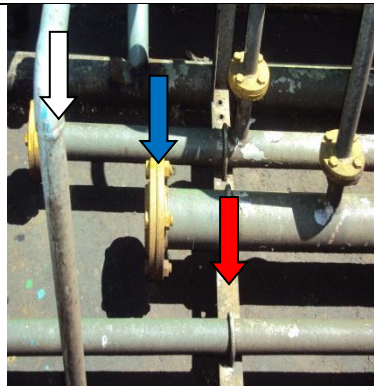

En estas tuberías se puede observar que producto de que no aplicaron el revestimiento de forma completa y de no protegerlas con algún sistema anticorrosivo, existe corrosión atmosférica húmeda generalizada sobre la superficie. La corrosión atmosférica húmeda se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc., lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y

superiores al 50 % y la presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos, provenientes del aerosol marino.

Este mecanismo es el que se presenta en la mayoría de las horas de día y períodos del año.

La magnitud de la corrosión, se explica por los mecanismos cíclicos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos.

En la figura 7 se observa problemas con la soldadura representado con flecha blanca en la base de las tuberías que sirve para el mantenimiento de estas, en este caso las soldaduras son de forma irregular. Este problema puede generar corrosión por celdas de aireación diferencial. En estas zonas es donde primero fallan los recubrimientos de pintura producto de una mala preparación superficial.

		
<p>Figura 7. Soldadura irregular.</p>	<p>Figura 8. Soldadura irregular.</p>	<p>Figura 9. Bordes agudos en columnas.</p>

Los problemas de soldadura también se pueden observar en la figura 8 con flecha blanca, mientras que con flecha roja se puede observar problema con los refuerzos que originan zonas de acumulación y depósito de contaminantes y con flecha azul se muestran los orificios que surgen entre las bridas. En esta zona existen varios problemas de corrosión como son la corrosión por celdas de aireación diferencial y en resquicios.

En la figura 9 se observa problemas con los borde de las columnas y de los refuerzos ya que son agudos e impiden el buen anclaje de los recubrimientos y permitiendo que los contaminantes se depositen sobre la superficie metálica.


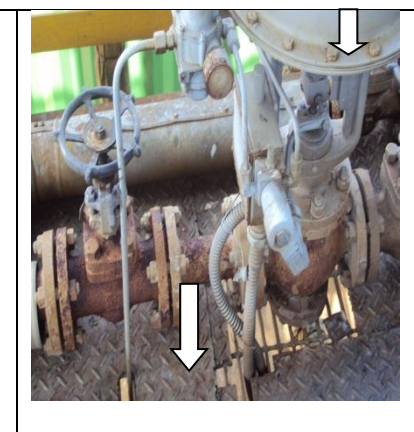

En las figuras 10, 11 y 12 se muestran problemas con las zonas de acumulación y depósito de contaminantes representado con flechas blancas. En la figura 10 se puede ver como ya ha comenzado aparecer la corrosión picadura producto de la acumulación de agua y contaminantes. Los problemas de corrosión son la corrosión

atmosférica húmeda que ya fue analizada con anterioridad pero además se manifiesta corrosión atmosférica mojada que se presenta en aquellas zonas donde existe acumulación de agua en la cual pueden o no estar disueltos contaminantes, como cloruros y sulfatos fundamentalmente. En estas condiciones y en presencia de depósitos se favorece la formación de celdas de concentración, específicamente de aireación diferencial.

La magnitud de la corrosión, se explica por los mecanismos cíclicos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos al igual que la corrosión atmosférica húmeda.

El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de agua y contaminantes, además de la temperatura. En presencia de agua un aumento de la temperatura aumenta la velocidad de corrosión, hasta un punto en que se evapora y se detiene la corrosión.

En la figura 11 además existen problemas con los pernos y con los orificios que surgen entre las bridas y entre las bridas y los pernos. Los problemas de corrosión que surgen con estos problemas son los mismos que los analizados en la figura 2.

		
<p>Figura 10. Zona de acumulación de contaminantes.</p>	<p>Figura.11 Válvulas de seguridad.</p>	<p>Figura 12. Refuerzos de soporte de tuberías.</p>

Los refuerzos son componentes que forman parte muchas veces de las estructuras, pero en muy pocas ocasiones se tiene presente que estos no deben introducir problemas de corrosión. Este problema se puede observar en la figura 12, lo que originan además de las zonas de acumulación y depósito que fue analizado con anterioridad, problemas con los orificios. Los tipos de corrosión que originan estos problemas fueron analizados con anterioridad.

		
<p>Figura 13. Dispositivo de observación.</p>	<p>Figura 14. Columnas.</p>	<p>Figura 15. Válvulas.</p>

En el dispositivo de observación y mantenimiento que se observa en la figura 13 se puede presenciar componentes huecos en las barandas. Este problema a pesar de ser uno de los componentes que sufren menos corrosión deben estar bien protegidos ya que la corrosión por lo general surge de adentro hacia fuera y como esta no es fácilmente visible puede provocar la destrucción de las piezas e instalaciones.




En las figuras 14 y 15 se observan problemas con los recubrimientos de pinturas. En la primera se muestran escamas de las pinturas que pueden haber estado provocadas por una mala preparación superficial o por la calidad del recubrimiento de pintura.

Mientras que en la segunda se puede ver claramente que existe la aplicación de varias manos del recubrimiento de pintura, llegando estos a cuartearse y desprenderse producto del elevado espesor de la capa protectora. Por otro lado se debe tener en cuenta la compatibilidad entre las diferentes pinturas aplicadas.

La preparación de la superficie ejerce una influencia determinante sobre el posterior comportamiento y durabilidad de los sistemas de pintura o recubrimiento que se apliquen. En la figura 15 se observa la corrosión interfacial la cual es originada fundamentalmente por debajo del recubrimiento como consecuencia de una mala preparación de la superficie y contaminación de la misma producto de que todas las pinturas son permeables al oxígeno y al agua. Se desarrolla únicamente cuando hay contaminantes como el aerosol marino, en la interface acero- pintura, influyendo además el espesor del recubrimiento de pintura.

2.2.2 Intercambiadores de calor.

En el área de los intercambiadores de calor se utilizó los aceros estructurales de bajo contenido de carbono (AISI 1020), los aceros aleados (AISI 403 12Cr) y los bronce (DC2700).

		
Figura 16. Poco acceso entre el piso y el sobre piso.	Figura 17. Unión entre el intercambiador de calor y el soporte.	Figura 18. Unión de dos bridas.

En la figura 16 se puede observar problemas de accesibilidad entre el piso de concreto y el sobre piso de acero, en esta área no se cuenta con el acceso a las herramientas para la conservación por debajo del sobre piso. 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 (Norma UNE EN ISO 12944: 3:2007).

En este lugar surge corrosión por celdas de aireación diferencial, además de la corrosión atmosférica húmeda. En esta imagen también se observa problema con la soldadura en la tubería.




Los resquicios tal y como se muestran en la figura 17 con flecha blanca son componentes que exponen de forma continua a los equipos y piezas a la corrosión en resquicios producto de la deposición de contaminantes sobre las partes. En esta misma figura se puede ver problemas de par metálico entre el intercambiador y el soporte provocando la corrosión por par metálico.

En la figura 18 se observa problemas con los pernos y con los orificios que surgen al unir dos bridas. Estos problemas traen consigo la corrosión en resquicios. Por otro lado se puede ver la presencia de dos metales de diferente naturaleza, aspecto que provoca los mismos problemas de corrosión que fueron analizados en la figura 17.

En la figura 19 se muestra un área cerrada en los intercambiadores de calor, además de problema con los bordes en la tapa. Las áreas cerradas al igual que los




componentes huecos son las partes menos susceptibles a la corrosión pero deben estar bien protegidas con orificios de acceso y drenaje para la aplicación de los recubrimientos.

Las capas protectoras en los bordes agudos son más susceptibles al deterioro producto del poco espesor que alcanzan los recubrimientos.

		
<p>Figura 19. Área cerrada en los Intercambiadores de calor.</p>	<p>Figura 20. Medidor de presión.</p>	<p>Figura 21. Refuerzo del contenedor.</p>

En la figura 20 se puede observar problemas de par metálico entre las tuberías y el sensor, siendo este último de bronce, mientras que las tuberías son de acero inoxidable. La corrosión que surge en estas situaciones ya fue vista con anterioridad.



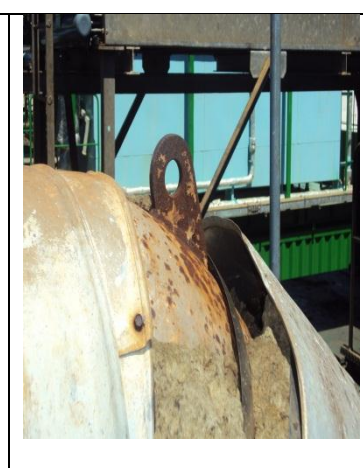
Los refuerzos tal y como se observan en la figura 21 deben estar diseñados para que provoquen corrosión. En este caso existe zonas de acumulación de depósitos lo cual provoca corrosión por celdas de aireación diferencial.

		
<p>Figura 22. Bordes agudos en soportes.</p>	<p>Figura 23. Pernos de las bridas.</p>	<p>Figura 24. Pernos en accesorios.</p>

En la figura 22 se muestra los problemas que pueden ocasionar los bordes irregulares y agudos, los que impiden la aplicación de los recubrimientos de forma uniforme y la deposición de los contaminantes sobre la superficie metálica.


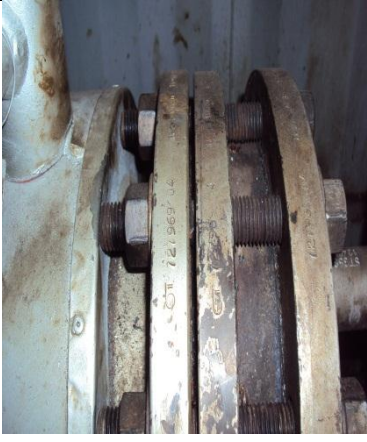
En la figura 23 y 24 se puede observar los problemas con los pernos y los orificios que surgen al unir dos bridas, además de los que surgen con los pernos. Los problemas de corrosión que se manifiestan en estas situaciones ya fueron analizados con anterioridad.

En la parte superior de los extractores tal y como se muestra en la figura 25 se observan zonas de acumulación y deposito que provocan celdas de aireación diferencial. Por otro lado se aprecia que existe desprendimiento del recubrimiento de pintura por la mala preparación de la superficie.

		
<p>Figura 25. Zona de acumulación de contaminantes.</p>	<p>Figura 26. Zona de acumulación de contaminantes.</p>	<p>Figura 27. Dispositivo de transporte.</p>

En la parte superior de los contenedores del área de los intercambiadores de calor se manifiesta zonas de acumulación y deposito provocados por los bordes que sobresalen por encima de la superficie del techo, lo que se puede observar en la figura 26.

En la figura 27 se pueden observar problemas con el transporte, manipulación y montaje, el cual se encuentra totalmente desprotegido con corrosión generalizada. Por otro lado se observan problemas con los recubrimientos aislantes de las tuberías que provocan serios problemas de corrosión ya que existen zonas de acumulación y deposito de contaminantes.

	
<p>Figura 28. Soldadura discontinua.</p>	<p>Figura 29. Soldadura irregular.</p>

En las figuras 28 y 29 se observan problemas con la soldadura, la primera fue realizada de forma discontinua, originando resquicios y los diferentes tipos de corrosión que ya han sido analizados con anterioridad.

En la segunda se pueden observar que las soldaduras son irregulares provocando los tipos de corrosión que han sido analizados con anterioridad.

Conclusiones parciales del Capítulo.

- 1) Se puede decir que el material que más se emplea en la instalación es el acero estructural.
- 2) Los problemas de diseño anticorrosivo tienen gran influencia en el deterioro por corrosión de la instalación, provocando grandes afectaciones a las instalaciones por lo que deben ser atendido por igual.
- 3) Se constata que en el deterioro de los recubrimientos de pintura incide en mayor medida la insuficiente preparación superficial.
- 4) Se requiere de los conocimientos sobre cómo eliminar los problemas de diseño anticorrosivos, de preparación superficial y de los métodos de protección que deben ser aplicados para encontrarle solución a los diferentes problemas de corrosión que se presentan en el área.
- 5) No se aplican en general técnicas de conservación en la Central Eléctrica, ni se emplea otros recubrimientos.

CAPÍTULO III

Capítulo III: Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.

Como resultado del diagnóstico realizado en la Central Eléctrica, se logró identificar un grupo de problemas de diseño anticorrosivo, de corrosión, de preparación superficial, de recubrimientos de pinturas y de ausencia de otros recubrimientos, que se presentan en estas instalaciones y que fueron detallados en el capítulo anterior. En general se observa, ausencia de aplicación de técnicas de conservación.

En este capítulo se aborda lo referente a las soluciones de los problemas, así como los materiales y métodos, que son empleados en la propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) y el análisis económico de la propuesta de soluciones.

3.1 Materiales y Métodos.

3.1.1. Materiales.

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 Asfáltico Líquido Tipo Solvente con Goma DISTIN 404 L.
- Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L.

Cada uno de estos productos, fueron sometidos a ensayos específicos, en correspondencia con normas internacionales de resistencia a la corrosión, para obtener la certificación correspondiente, sin la cual no son aceptados para ser aplicados en la protección anticorrosiva. La certificación se realiza cada 2 años en los Laboratorios de Ensayo de Tropicalización (LABET).

Estos ensayos son

- Ensayos acelerados en cámaras de niebla salina (NSS) según la norma internacional ISO 9227: 2007, durante 500 h.
- Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante descrita en la Norma UNE-EN ISO 6270-6: 2006, durante 1500 h.

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

Las normas UNE-EN ISO 12944 de la 1-8: 2007 y UNE-EN ISO 11303: 2009 resultan ser los documentos publicados más completos sobre los sistemas de protección anticorrosiva y conservación, aunque tienen varias insuficiencias.

Las Normas UNE-EN ISO 12944:1-8, 2007, 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 a grandes rasgos en el análisis bibliográfico.

La Norma UNE-EN ISO 11303: 2009, 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 atmosférica.

El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre otras líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).

Seguidamente se fundamenta la propuesta de SIPAYC, de acuerdo con la metodología, para los equipos y componentes antes señalados. Los pasos que incluye la metodología se identifican en cada caso con las letras A, B, C, hasta la F.

3.2.1. Agresividad corrosiva de la atmósfera.

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 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 en la Central Eléctrica de Agramonte se llega a la conclusión que el nivel de corrosión, es superior al nivel básico que establece el mapa y que corresponde a Agresividad Media, ya que en la referida instalación se generan

gases de escape, de 16 motores de combustión interna con Fuel Oil que ejercen influencia en los niveles de agresividad.

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.

La agresividad corrosiva de la atmósfera 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. Sin embargo esta situación provoca que sea el período en que con mayor frecuencia se lavan las superficies contaminadas con el principal agente corrosivo que es el aerosol marino.

El otro período 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 las labores de mantenimiento anticorrosivo y conservación.

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.

Dado el hecho de que la Central Eléctrica de Fuel Oil de Agramonte se encuentra en un ambiente agresivo, la preparación superficial del mismo es fundamental, ya que la durabilidad de los recubrimientos está dada por la calidad de la preparación superficial previa; pero debido a las regulaciones ambientales no es posible usar en todos los casos, los métodos a chorro que es el establecido por la Norma UNE-EN ISO 12944-4: 2007.

Para lograr una preparación superficial similar a la de la norma es necesario combinar el método manual mecanizado con métodos químicos.

Siempre es necesario tener en cuenta 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, el tiempo de duración deseado, ya que estos factores son indispensables para una buena preparación previa eficiente.

Algunos pasos fundamentales para la preparación previa son: el desengrasado, el decapado, los enjuagues intermedios y finales y en dependencia de la situación el pasivado.

El método manual mecanizado, está basado en el empleo de cepillos de alambre con taladros, lijas y discos abrasivos, luego se limpiarán las superficies con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Estos métodos tienen un mayor rendimiento que los manuales pero aun no logran una superficie bien preparada para recibir posteriormente el recubrimiento. Con este método se logra una superficie con preparación manual mecanizada St2, que no logra completamente la eliminación del óxido sobre la superficie metálica.

Por ello es necesario aplicar la Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504, con lo cual se logra un acabado similar al Sa 2½ que es el requerido por la Norma ISO 12944-5:2007, además de formarse un recubrimiento sobre la superficie, que proporciona una protección temporal contra la corrosión.

En las figuras 1 y 2 del Anexo 9, aparecen las preparaciones superficiales St2 y Sa 2½, que se emplean como elemento de comparación, en correspondencia con la Norma ISO.

El aplicar las disoluciones de fosfatado no solamente durante la preparación superficial previa, sino también en la conservación temporal le permite tratar superficies pintadas con manchas de óxido, eliminando la mancha, penetrando a fondo y fosfatando las partes oxidadas, con lo cual se recupera el aspecto original y queda en condiciones para la aplicación de la pintura o de la Cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L.

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

Las superficies tratadas con disolución de fosfatado no requieren del enjuague pero es necesario un tiempo de reacción y de secado de la superficie metálica.

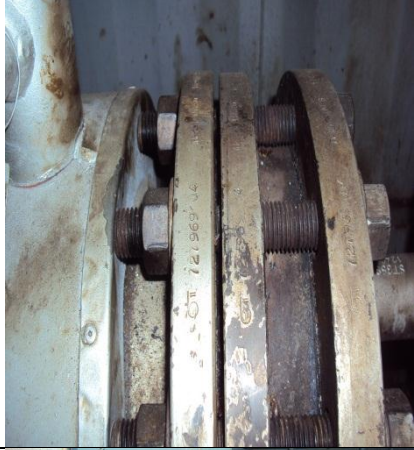

3.2.3 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.



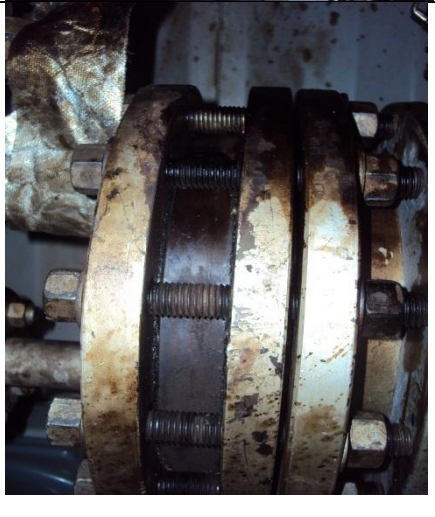
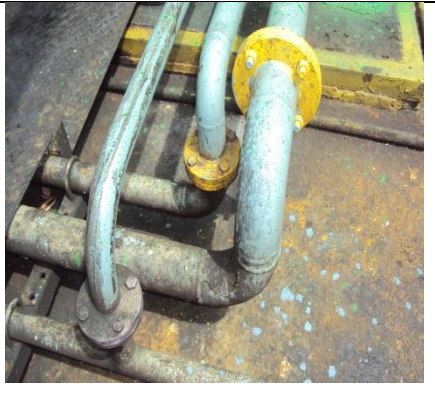
A continuación se muestra un manual para la protección anticorrosiva en forma de tabla con las herramientas y productos anticorrosivos a utilizar para los diferentes problemas de diseño que presentan los equipos del área de combustible.



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. 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. et al.2014).

3.2.3.1) Intercambiadores de calor.





Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.	En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con una electro-esmeriladora y posteriormente preparar la superficie y pintar.	
Bordes	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>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>Una de las formas de atenuar su efecto una vez creadas es mediante la creación de agujeros de drenaje siempre y cuando no afecte el funcionamiento de otros equipos.</p>	
<p>2da Etapa</p>		
<p>Tratamiento de orificio y Prevención de la corrosión galvánica.</p>	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas como es la aplicación de una junta de mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 ya que las partes analizadas se pueden separar. De esta forma se eliminan ambos problemas.</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 mastique asfaltico DISTIN 404.</p>	
<p>Accesibilidad</p>	<p>En este caso como no se puede convertir en un área cerrada o componente hueco, solo se atomiza Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.</p>	

<p>Área cerrada</p>	<p>En las áreas cerradas se atomiza Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L y se tapan herméticamente.</p>	
<p>Retención de humedad, depósitos y agua</p>	<p>Cuando no se pueden practicar orificios de drenaje la solución es producir superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Semisólido DISTIN 404.</p>	
<p>Imperfección en la superficie de la soldadura (discontinuas)</p>	<p>La solución es atomizar Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L y/o completar la soldadura de forma continua y pareja, para después preparar la superficie y pintar.</p>	

3.2.3.2 Estacas.

Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa		
<p>Imperfecciones en la superficie de las soldaduras. (Irregulares)</p>	<p>En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con una electro-esmeriladora y posteriormente preparar la superficie y pintar.</p>	
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>Una de las formas de atenuar su efecto una vez creadas es mediante la creación de agujeros de drenaje siempre y cuando no afecte el funcionamiento de otros equipos.</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>Conexiones con pernos</p>	<p>La solución es preparar la superficie de los pernos, tuercas y arandelas con cepillo y DISTIN 504, pintarlos con el mismo esquema de pintura de la pieza y después colocarlos con mástique semisólido DISTIN 404 para rellenar los orificios que quedan. Una vez que se produzca el apriete de las tuercas, se pintan nuevamente las zonas dañadas y se le aplica mástique semisólido DISTIN 404.</p>	

<p>Retención de humedad, depósitos de agua y</p>	<p>En este caso la mejor solución es la de producir superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Semisólido DISTIN 404.</p>	
<p>Resquicios</p>	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas como es la aplicación de una junta de mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 ya que las partes analizadas se pueden separar.</p>	
<p>Componente Huevo</p>	<p>En estos se practican orificios de acceso y drenaje para atomizar la grasa anticorrosiva DISTIN 314 L. Posteriormente se sellan ambos orificios de tal forma que no penetren contaminantes.</p>	
<p>Prevención de la corrosión galvánica</p>	<p>Se aíslan los dos materiales mediante una junta creada con mastique asfaltico semisólido DISTIN 404. Aunque en este caso dándole solución a los problemas con los pernos se elimina el problema presente.</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. Para la selección del sistema de pintura hay que saber el nivel agresividad corrosiva de la atmósfera, en este caso es C4, además hay tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura que para la Central Eléctrica se propone una duración de 5 años categorizándose de durabilidad baja (2 a 5). Este tiempo no es necesariamente un período de garantías, pero sirve para poder planificar los periodos de mantenimientos.

Con la información previa anterior y los requerimientos de durabilidad se consulta la Norma UNE EN ISO 12944-5: 2007 y se selecciona la tabla para la categoría de agresividad C3.

De forma General el sistema puede cumplir con el esquema del número S3.13, con un grado de preparación superficial similar al Sa 2½. El tipo de ligante Clorocaucho (CR). El número de capas de imprimación es 2 y la de intermedio y acabados 3, siendo siempre el espesor por capas de 40 µm para un espesor total de 200 µm.

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. Se debe controlar desde el momento en que se adquiriera la pintura hasta que se haya obtenido el espesor final del recubrimiento, para ello se aplican las Normas UNE EN ISO 12944: 6 -8: 2007.

3.2.5 Protección anticorrosiva adicional y conservación.

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 diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial y conservación existentes, ya que no señala las soluciones y no incluye los productos que 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.

El Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404, se aplicaría dentro del sistema de mantenimiento en las uniones solapadas con pernos, una vez pintadas, para eliminar los orificios que se forman tanto en el solape, entre el perno y el orificio, entre la arandela y la tuerca, produciendo las llamadas uniones “blandas”. Esto es aplicable para el Tanque de Fuel Oil en las figuras que presentan conexiones con pernos.

En las uniones con bridas, para el problema de orificio en los pernos una vez pintados y para rellenar los orificios que quedan entre la junta y las bridas.

En las uniones metal – hormigón y metal- mortero, después de aplicado el recubrimiento de pintura sobre el metal.

En la eliminación o atenuación de las zonas de acumulación de depósitos y agua, con el cual se pueden producir superficies inclinadas o rellenar hendiduras.

Cuando se efectúa otro mantenimiento que implica la destrucción de los recubrimientos, estos tienen que ser restituidos, aunque aún no se cumpla con la durabilidad establecida para el producto, que puede garantizar la durabilidad de 5 años para los recubrimientos de pinturas, como se desea.

El Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404, en los orificios o resquicios de aquellas uniones que no pueden ser separadas durante las labores de mantenimiento, para proporcionar una protección adicional a pernos, tuercas y arandelas y en la unión metal hormigón de las bases de tanques.

Este cumple por lo general una protección temporal, por tanto tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control anual del estado de las superficies protegidas con estos productos.

Las grasas de conservación DISTIN 314, DISTIN 314 L, son grasas de conservación semisólidas y líquida base solvente que encuentran aplicaciones en la protección anticorrosiva y conservación.

Estas se emplean en la conservación de los recubrimientos de pintura en zonas de difícil acceso y áreas cerradas.

Las grasas cumplen por lo general una protección temporal, por tanto tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control anual del estado de las superficies protegidas con estos productos. Posteriormente a partir de la experiencia práctica, puede extenderse o disminuirse estos plazos.

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 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, Disolución de Fosfatado No Decapante DISTIN 505, están diseñadas 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.

Por todo lo antes expuesto, se fundamenta en el trabajo la aplicación de la norma (UNE-EN ISO 12944: 1-8: 2007) en todos sus aspectos, complementándola con lo siguiente procedimientos, que en su conjunto constituyen tecnologías específicas para cada componente o equipo:

- Identificar la agresividad corrosiva de la atmósfera para la instalación objeto de estudio y los principales agentes causantes del deterioro.
- Identificar los principales problemas de diseño anticorrosivo y proponer las formas de atenuación o eliminación.
- La preparación superficial previa, incluyendo los tratamientos manuales mecanizados y las disoluciones de fosfatado.
- Selección y aplicación del sistema de pintura adecuado.
- La aplicación de los productos DISTIN, los cuales se han evaluado y certificado.

- Completar el sistema con la conservación preventiva de forma periódica, incluyendo la limpieza y aplicación de los productos de conservación antes referidos, así como el lavado periódico.

3.3 Algunos resultados económicos esperados.

En primer lugar hay que tener en cuenta lo que cuestan los equipos e instalaciones que serán objeto de estudio para tener idea de lo necesario de la conservación (Ver Tabla 5).

Tabla 5: Costos de los equipos e instalaciones del Área de combustible.

Nombre.	Cant.	CUP	CUC
Contenedor donde están los intercambiadores.	8	275 560.73	107305.61
Área de estacadas.	1	3957.28	2 420.64
Válvulas	19	281.28	1 563.32
Total		279 799.29	111 289.57

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior podemos observar que la inversión en estas áreas en la Central Eléctrica asciende a más de 275 mil pesos en CUP y más de 110 mil en CUC, lo que demuestra la importancia de conservar las instalaciones y equipos, donde la aplicación de los SIPAYC juega un papel importante por su calidad probada por años y por los resultados que se obtuvieron de la certificación en los laboratorios de tropicalización LABET. Con la aplicación de este sistema de conservación se puede alargar el tiempo de vida útil de los diferentes equipos.

En la tabla 6 se observa el costo de los productos DISTIN que se proponen en la aplicación del SIPAYC. De ella se observa que el costo es mucho menor en ambas monedas que lo que cuestan los equipos en estas áreas de la Central Eléctrica, por lo que por su probada calidad es conveniente su aplicación antes de tener que invertir para poder reponer los equipos e instalaciones con los que cuenta la Central Eléctrica en estas áreas.

Tabla 6. 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.	3,7	1,54	2,5	9,25	3,85
DISTIN 314 L	L	2,86	1,06	3,5	10,01	3,71
DISTIN 404 L	L	3,52	0,81	2,0	7,04	1,62
DISTIN 404	kg.	4,28	0,39	3,5	14,98	1,37
DISTIN 603	L	4,76	0,69	1,5	7,14	1,04
Total					48,42	11,59

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior no se tiene en cuenta la aplicación del DISTIN 504 debido a que en estos momentos la Central Eléctrica cuenta con este producto, por lo que se tendrá presente en el costo del mantenimiento y reparación de equipos anuales que se realizan actualmente.

Tabla 6. Consumo y costo del mantenimiento y reparación de equipos anuales

Materiales Y operaciones	UM	CU MN	CU CUC	TOTAL A UTILIZAR	CT MN	CT CUC
DISTIN 504	L	3,19	0,50	20	63,80	10,00
PINTURA P.	L	0,73	4,07	26	18,98	105,82
PINTURA S. A	L	0,46	1,88	17	7,82	31,96
PINTURA S. V	L	0,51	3,83	30	15,3	114,90
PINTURA S. G	L	0,70	4,45	5	3,50	22,25
Diluyente	L	0,69	3,2	26	17,94	83,20
Rodillos	U	1,53	9,58	12	18,36	114,96
Brochas	U	0,66	3,03	9	5,94	27,27
Total					151,64	510,36

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el consumo de los productos DISTIN se tomaron las medidas de las zonas a aplicar, pues con el área y de acuerdo con el rendimiento de los productos según las fichas técnicas de los productos, (**ver anexos del 2 al 8**), se determina el consumo.

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

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

Por lo antes expuesto los resultados de los costos para cinco años para la aplicación del SIPAYC sería la suma de los costos del mantenimiento y reparación de equipos anual es incluyendo los costos de los productos DISTIN a aplicar lo que equivale a 200,06 MN y 521,95 CUC.

De acuerdo a los costos del mantenimiento y reparación de equipos anuales, entonces para cinco años se tendría un costo de 758,20 MN y 2 551,80 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 558,14 MN y 2 029,85 CUC.

De aplicarse la propuesta a todos los equipos estudiados en el presente trabajo se tendrá un ahorro por sustitución de importaciones que sería de consideración justificándose económicamente la aplicación del SIPAYC.

Conclusiones parciales del Capítulo.

- 1) En la propuesta del SIPAYC tiene un mayor peso las soluciones a los tratamientos de los problemas de diseño anticorrosivo.
- 2) 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.
- 3) Lastecnologías 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.
- 4) Con la aplicación de las tecnologías de conservación en el área estacadas y de intercambiadores de calor la Central Eléctrica lograra 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 558,14 MN y 2 029,85 CUC.

**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

Conclusiones.

- 1) La fundamentación de las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un manual para el área de estacadas y de los intercambiadores de calor de la Central Eléctrica Fuel- Oil, ubicada en una zona con agresividad corrosiva alta, permite disminuir el deterioro por corrosión y cumplir la hipótesis planteada.
- 2) Del análisis realizado se demuestra que las normas ISO 12944: 1-8, 2007 y UNE-EN ISO 11303: 2009, son insuficientes en el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y conservación, donde en la mayoría de los casos no precisa las soluciones.
- 3) Del diagnóstico realizado a los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación de equipos e instalaciones del área de estacadas y de los intercambiadores de calor de la Central Eléctrica, se detectó que existen serios problemas que afectan su funcionamiento y disponibilidad técnica de los equipos e instalaciones.
- 4) Se propone el manual de protección anticorrosivo mediante tecnologías que nos brinda las herramientas suficientes para la protección contra la corrosión de las instalaciones y equipos del área de estacadas y de los intercambiadores de calor de la Central Eléctrica Fuel- Oil Agramonte.
- 5) Con la aplicación del SIPAYC la Central Eléctrica lograra 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 558,14 MN y 2 029,85 CUC.

Recomendaciones

- 1) Aplicar y generalizar las tecnologías de protección anticorrosiva y conservación propuesto para el área de las estacadas y de los intercambiadores de calor, por sus ventajas técnicas y económicas y las soluciones propuestas a los problemas de diseño anticorrosivo.
- 2) Atender el control de la aplicación de todos los pasos para la aplicación 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 dicha instalación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. 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.
3. Blascos, M. 2004. Formulación y evaluación de imprimaciones epoxis anticorrosivas, curables a temperatura ambiente. Departamento de Tecnología y Ciencias Experimentales, Universitat Jaume.
4. 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.
5. Echeverría, C.A. et al. 2003 (b). Registro de Autor de Invención 4/2003: Procedimiento de conservación anticorrosiva de carrocerías de automóviles. Cuba.
6. 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.
7. Echeverría, C.A. et al. 2005. El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas. Retos Turísticos **3**(2): 21-30.
8. 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.
9. 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.
10. Echeverría, C.A. et al. 2012. Etaopas para la solución o mitigación de los problemas de diseño anticorrosivo en los proyectos con sistemas de pinturas

- protectoras. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978 - 959 - 16 - 2070 - 5.
11. 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).
 12. Echeverría, M. et al. 2009. Influencia del diseño en la protección anticorrosiva en condiciones climáticas de Cuba. Revista Tecnología Química Vol. XXIX, No. 1.
 13. Enríquez, L. 2012. Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación para el equipamiento de la Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte. Centro de Estudio Anticorrosivo y Tensoactivos. Matanzas, Universidad de Matanzas. Tesis de grado en opción al título de Ingeniero Químico: 148.
 14. Espada, L.R. 2005. La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas. **5**(1). Disponible en <http://www.nervion.com.mx.web>.
 15. Feliú, S. et al. 1971. Principios de corrosión y protección de metales: Corrosión y protección. **2**(4).
 16. Fragata, F. et al. 2006. Compatibility and incompatibility in anticorrosive painting. The particular case of maintenance painting. Progress in Organic Coatings **56**: 257–268.
 17. 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.
 18. González, A., 2010. Propuesta de un Sistema Anticorrosivo Y de Conservación para el área de generación del grupo electrógeno MTU Diesel de Varadero. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
 19. 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.

20. 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
21. 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
22. 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. Tecnología Química. ISSN 2224-6185. RTQ vol.35 no.2 Santiago de Cuba.
23. ISO 9227: 2007. Ensayos de Corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina.
24. 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.
25. Morcillo, M. et al. 2002. Factors influencing the corrosion behavior of coated steel sheets in lap-joints. Report EUR 20067 EN.
26. Ochoa et al. (2005). *Pinturas anticorrosivas*. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.
27. Reyes, R. 2013. Propuesta de un sistema de mantenimiento y protección anticorrosiva y conservación, para las áreas de combustible y centrifugado del Diesel de la Central Eléctrica de Varadero. Centro de Estudio Anticorrosivo y Tensoactivos. Matanzas, Universidad de Matanzas. Tesis de grado en opción al título de Ingeniero Mecánico: 108
28. Roberge, P. 2000. Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies.
29. 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.

30. Shixer, DA. 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. [citado 10 diciembre 2005], Disponible en <www.sciencedirect.com.>
31. UNE-EN ISO 12 944-2. 2007 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.
32. UNE-EN ISO 12 944-3. 2007 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño.
33. UNE-EN ISO 12 944-4. 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.
34. UNE-EN ISO 12 944-5. 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.
35. UNE-EN ISO 12 944-8. 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 8: Desarrollo de especificaciones para trabajos nuevos y mantenimiento.
36. UNE-EN ISO 6270-2. 2006. Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a la humedad. Parte 2: Métodos de exposición de probetas en atmósferas con condensación de agua.

ANEXOS

Anexo 1

Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba



CORROSION ATMOSFERICA ISO 12944 Y VELOCIDAD DE CORROSION 1er año

Ambiente	Corrosividad	Pérdida de Hierro /año	Pérdida de Zinc/año
C1 Rural seco	Muy baja	<= 10 gr./m ²	<=0.7 gr./m ²
C2 Rural húmedo	Baja	10-200 gr./m ²	0.7-5 gr./m ²
C3 Urbano	Media	200-400 gr./m ²	5-15 gr./m ²
C4 Industrial	Alta	400-650 gr./m ²	15-30 gr./m ²
C5 Marino	Muy alta	650-1500 gr./m ²	30-60 gr./m ²

Anexo 2: FICHA TÉCNICA DISTIN 504

Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida.

Disolución de fosfatado decapante para la preparación rápida de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Forma una capa protectora con sales insolubles, requiere del enjuague y secado posterior si va a aplicar algún recubrimiento antes de las 72 horas. El recubrimiento penetra en la capa de fosfato logrando un excelente anclaje.

Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Pudiera aplicarse en áreas de difícil acceso, pero no resulta el método más adecuado por su carácter ácido, que requiere de protección.
- **Inmersión:** Se introduce la pieza desde 5 a 15 minutos en dependencia del grado de oxidación de la superficie a tratar, lográndose un alto rendimiento del baño, no requiere enjuague ni neutralización posterior si se espera al menos 72 horas para completamiento de la reacción.
- **Frotado:** Se emplea este método cuando no pueden ser empleado el método de inmersión, sobre todo en estructuras montadas, en el tratamiento de superficies oxidadas. Se recomienda para el aluminio y el zinc frotados ligeros.

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

Rendimiento: Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m² /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m²/litro.

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

Anexo 3: **FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L**

Grasa Líquida Tipo Solvente.

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

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 de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina el agua por este efecto. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas del componente estructural del transporte por más de 10 años sin afectaciones por corrosión.

Condiciones de Conservación:

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para el procedimiento de conservación estructural en componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles de estructuras metálicas del transporte, 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.

Anexo 4: **FICHA TÉCNICA DISTIN 314**

Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

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

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

Método de Aplicación:

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

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y almacenamiento:

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

Anexo 5:
FICHA TÉCNICA DISTIN 316 L
Grasa Líquida Tipo Solvente.

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

Método de Protección:

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

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y Almacenamiento:

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

Anexo 6: 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 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.

Anexo 7: FICHA TÉCNICA DISTIN 404L

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.

Durante su aplicación por proyección se tienen que utilizar medios de protección para la vista y las vías respiratorias.

Anexo 8: FICHA TÉCNICA DISTIN 603L

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 aplicada sobre la superficie.

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.

Anexo 9: Preparaciones Superficiales.



Figura 1: Preparación Superficial de St2.

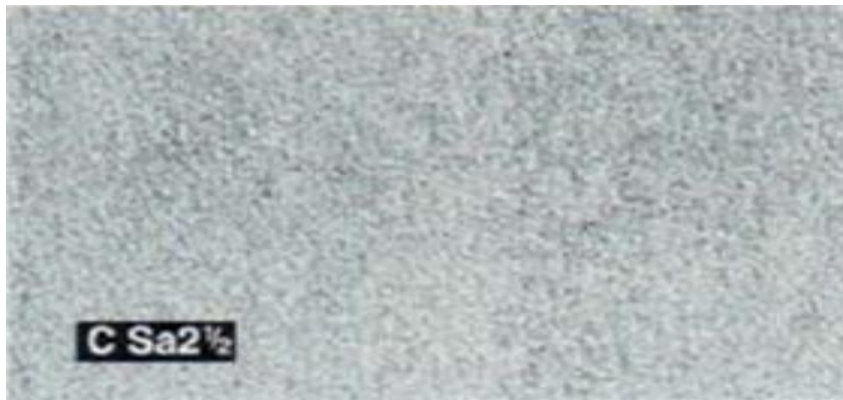


Figura 4: Preparación Superficial de Sa2 $\frac{1}{2}$.