

Universidad de Matanzas

**Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas.**

Departamento de Química e Ingeniería Química

Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT).



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

Propuesta de Tecnologías para la Conservación Anticorrosiva de bombas de vapor y autos cisternas expuestos en el Museo de Bomberos, de Matanzas.

Autor: Cindy Medina Navarro.

Tutor: DrC. Idaelsys López Arias.

Profesor Asistente

Doctora en Ciencias Técnicas

Matanzas, 2015.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Cindy Medina Navarro, me declaro como el único autor de este Trabajo de Diploma, por lo cual faculto para su consulta a todo aquel que la solicite, ya sea instituciones, profesionales, técnicos y demás personas que deseen hacer uso del documento con el objetivo y finalidad que se considere conveniente, quedando prohibida la reproducción total o parcial de este documento.

Firma: _____

Cindy Medina Navarro

Facultad de Ciencia Técnicas

Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal:

Firma:

Miembro del Tribunal:

Firma:

Miembro del Tribunal:

Firma:

Provincia: _____

Fecha:

Calificación: _____

*Solo aquellos que se arriesgan a ir muy lejos, pueden llegar
a saber lo lejos que pueden ir.*

T.S. Elliot

DEDICATORIA

Le dedico este Trabajo de Diploma:

A mi hermanita, por ser la luz que ilumina mi camino.

A mi mamá y mi papá porque si no fuese por ellos, yo no pudiera estar en esta etapa de mi vida y sé que disfrutarán mucho este éxito que no es solo mío sino de ellos también.

A mi abuelo Rafael Medina que aunque no esté físicamente a mi lado, sé que le da mucha felicidad que yo le diga: soy tu "Ingeniera Química".

AGRADECIMIENTOS

*“Agradece a la llama su luz, pero no olvides al pie del candil que,
constante y paciente, la sostiene en la sombra”*

Rabindranath Tagore

A mi tutora Idaelsys López Arias por su apoyo incondicional, por dedicarme gran parte de su tiempo, sin importar la hora que fuese. Mi profe, a usted la llevaré por siempre en mi corazón, muchas gracias.

A mi mamá, por su apoyo, paciencia, comprensión, aunque a veces le resulte difícil comprender muchas cosas. Gracias mi mamita por darme la felicidad de ser tu hija.

A mi papá por apoyarme en este largo camino, hoy te puedes sentir orgulloso de tu hija, ya es toda una profesional.

A mi padrastro Erik por apoyarme, cuidarme y darme toda su confianza.

A mi madrastra Beatriz por darme el aliento necesario en los momentos de debilidad.

A toda mi familia, porque sería injusto si solo nombro algunos ya que todos de una forma u otra han contribuido.

A mi novio Yasmany por darme todo su amor, apoyo y comprensión.

A mis amigos Roberto Acosta, Diana Rosa Rodríguez, Roberto Lugo, Adielis Jiménez, Ernesto Solís y Edem Kokouvi ya que si no hubiese sido por el apoyo de ellos no hubiera sido posible llegar a esta etapa.

A todos los profesores que me han formado profesionalmente.

RESUMEN

El siguiente trabajo propone un sistema de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) para las bombas de vapor y el auto cisterna expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas. Para ello se realiza un diagnóstico del estado actual de los mismos, donde se tratan aspectos sobre materiales, tipos de corrosión, problemas de diseño anticorrosivo y luego de proponer los materiales necesarios para llevar a cabo la conservación, se realiza una valoración económica de la propuesta y su impacto social. Los productos que se proponen para llevar a cabo la conservación son de producción nacional, por lo que se encaminan a sustituir importaciones de acuerdo a lo propuesto en los lineamientos del Partido Comunista de Cuba. Además se proponen medidas preventivas que de ponerse en práctica, contribuirán a disminuir los efectos del ambiente, altamente contaminado por el aerosol marino y gases antropogénicos, sobre los materiales y el recubrimiento.

ABSTRAC

The following work proposes a system of anticorrosive protection and conservation (SIPAYC) for the pump of vapor and the car cistern exposed in the Museum of Firemen from Matanzas. It's carried out a diagnosis of the current state of the same ones, where they are aspects on materials, types of corrosion, problems of anticorrosive design and after proposing the necessary materials to carry out the conservation, it is carried out an economic valuation of the proposal and their social impact. The products that intend to carry out the conservation are of national production, for what it is head to substitute imports according to that proposed in the lineaments of the Communist Party of Cuba. Also, it's intended preventive measures that of putting into practice, they will contribute to diminish the effects of the environment, highly polluted for the marine aerosol and anthropogenic gas, on the materials and the covered.

Contenido	Página
Introducción	1
Capítulo I: Análisis bibliográfico	4
1.1. Generalidades sobre el Patrimonio	4
1.1.1. Patrimonio Cultural	4
1.1.2. Leyes que rigen el Patrimonio Cultural en Cuba	5
1.1.3. Conservación en los museos	7
1.2. Generalidades sobre las bombas	9
1.2.1. Bombas de vacío	9
1.2.2.1. Bombas de vapor	10
1.2.3. Bombas centrífugas	10
1.2.3.1. Clasificación de las bombas centrífugas	11
1.3. Corrosión	12
1.3.1. Tipos de corrosión	13
1.3.2. Problemas generados por la corrosión	17
1.3.3. Influencia del aerosol marino en la corrosión	18
1.3.4. Agresividad corrosiva de la atmósfera	19
1.3.5. Principales problemas de diseño anticorrosivo	19
1.3.6. Protección anticorrosiva con pinturas	22
1.3.6.1. Protección y conservación adicional con otros recubrimientos	24
1.3.6.1.1. Recubrimientos fosfáticos	24
1.3.6.2. Grasas de conservación	25

1.3.6.3. Cera abrillantadora e impermeabilizante	26
1.3.7. Incidencia económica de la corrosión	26
1.4. Sistema de conservación DUCAR	27
1.4.1. Procedimiento para la conservación del transporte en explotación DUCAR	27
1.4.2. Comparación de los servicios de conservación del transporte	28
1.5. Conservación del patrimonio con productos DISTIN	29
Conclusiones Parciales	30
Capítulo II. Materiales y Métodos	31
2.1 Metodología general para el análisis y solución de problemas de corrosión	31
2.1.1 Identificación del problema	31
2.1.1.1 Diseño anticorrosivo y recomendaciones de puesta en obra Características mecánicas, químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción y protección anticorrosiva	31
2.1.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y la reales	39
2.1.3 Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales. Ensayos de recepción	40
2.1.4 Historia del problema	41
2.1.5 Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema	43
2.2 Análisis del problema. Propuesta de soluciones	43

2.2.1 Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen	43
2.2.2 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico-económicas y sociales	47
2.2.3 Medidas que deben aplicarse	48
2.2.4 Métodos de protección que pueden aplicarse	49
2.2.5 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC)	51
2.2.6 Propuesta de un sistema de pintura	54
2.5 Aspectos a tener en cuenta para la valoración económica	57
2.6 Aspectos a tener en cuenta en la valoración del impacto social	58
Conclusiones Parciales	59
Capítulo 3: Análisis y discusión de resultados	60
3.1 Análisis de la caracterización atmosférica del ambiente de estudio	60
3.2 Análisis de la caracterización de los materiales	62
3.3 Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo presentes en las bombas de vapor y auto cisterna	63
3.4 Análisis de los tipos de corrosión que tienen lugar en las bombas de vapor y el auto cisterna y de los factores que influyen en el fenómeno	66

3.5 Análisis de las medidas propuestas para solucionar el problema del deterioro por corrosión de las bombas de vapor y auto cisterna en el museo	68
3.6 Análisis de la propuesta de aplicación del SIPAYC en las bombas de vapor y el auto cisterna en el museo	70
3.7 Análisis de los resultados de la valoración económica	73
3.8 Valoración del impacto social	76
Conclusiones parciales	79
Conclusiones	80
Recomendaciones	82
Bibliografía	83
Anexos	90

Introducción

Cuba es el país del Caribe insular que posee más bienes reconocidos como Patrimonio de la Humanidad. De ahí la importancia de conservar y restaurar sus bienes culturales que es, sin duda uno de los componentes más complejos y de mayor importancia que han adquirido los Museos en la actualidad, como refleja la política del Estado Cubano en los lineamientos aprobados en el VI Congreso del PCC en el cual el Lineamiento 163, plantea la necesidad de contribuir al fomento de la conservación del patrimonio, mediante la transferencia de tecnologías de productos y procedimientos aplicables a objetos patrimoniales. Se trabaja en una línea de conservación del patrimonio generalizando resultados mediante contratos.

En todo proceso de conservación preventiva o de conservación-restauración de bienes de interés patrimonial se requiere un profundo conocimiento de los métodos y técnicas de análisis de los bienes culturales que serán tratados, ante de pasar a cualquier intervención.

La corrosión es un fenómeno que debe ser prevenido o eliminado de cualquier estructura metálica ya que es el principal causante del deterioro y destrucción de las mismas. Debido a esto, surge la necesidad de crear un Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), el cual varía en dependencia de la ubicación geográfica, el diseño, el tipo de material y la función de la estructura metálica.

El SIPAYC fue creado por el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas, donde se ha venido desarrollando por más de 30 años de actividad docente e investigativa, estudios en el campo del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación. El mismo utiliza productos elaborados en dicho centro, los cuales tienen una gran eficacia y calidad según su propósito, dando solución a los problemas de diseño anticorrosivo, protección y conservación cuando no es

posible ofrecerle una solución mecánica al problema. El Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), es denominado DUCAR (durabilidad del carro) cuando es aplicado en carros en explotación, a lo largo de los años este procedimiento ha obtenido grandes experiencias, siendo aplicado por la Universidad de Matanzas en diferentes organismos entre los que se encuentran el MININT, la Empresa Provincial del Transporte, el Ejército Central y otros.

El Primer Museo de Bomberos en Cuba con más de una década de establecido tiene lugar en la Ciudad de Matanzas, lugar que exhibe hoy en su establecimiento cuatro carros de tipo bombas de vapor consideradas uno de los más valiosos bienes patrimoniales no solo del país sino de América Latina en general y tres autos cisternas que se encuentran en estos momentos en explotación, dándole un valor de museo vivo a la instalación. Estos debido al paso de los años de su construcción, de explotación y además de almacenamiento sufren problemas de deterioro y corrosión, lo que se debe a que no se le ha hecho nunca la conservación que deben tener para las condiciones a las cuales se encuentran expuestos. Estas condiciones contribuyen a una problemática que beneficia a esta investigación, por lo que se plantea como **problema de la investigación:**

¿Cómo disminuir el deterioro por corrosión de las bombas de vapor y el auto cisterna en el museo de Bomberos de Matanzas?

La presente propuesta tiene como **hipótesis** de trabajo:

Si se realiza el estudio del deterioro por corrosión de las bombas de vapor y vehículos expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas, se pueden proponer tecnologías de conservación con el uso de productos anticorrosivos nacionales.

Objetivo General:

Proponer SIPAYC para el carro cisterna y bombas de vapor expuestos en el Museo de los Bomberos de la Ciudad de Matanzas.

Objetivos específicos:

- Realizar el estudio del estado del arte acerca de la conservación en museos.
- Realizar el diagnóstico del deterioro por corrosión del transporte en el Museo de Bomberos de la Ciudad de Matanzas.
- Analizar el diseño, tipos de materiales y problemas de diseño anticorrosivo, en el componente estructural de las bombas de vapor y el auto cisterna expuestos en el Museo.
- Determinar tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen.
- Proponer medidas y soluciones a los problemas que no afecten el valor patrimonial de las bombas y el auto cisterna.
- Proponer el SIPAYC para las bombas de vapor y el auto cisterna en el Museo de Bomberos de Matanzas.
- Realizar la valoración económica de la propuesta.
- Realizar la valoración del impacto social de la propuesta.

Capítulo 1: Análisis Bibliográfico

En este capítulo se realiza una búsqueda bibliográfica que permite conocer conceptos como Patrimonio, corrosión, impacto ambiental y económico, bombas y tipos de bombas. Además se analiza los problemas referidos al Patrimonio y en especial lo referente con el Museo de Bomberos de Matanzas.

1.1 Generalidades sobre el Patrimonio

El Patrimonio es un conjunto social de manifestaciones diversas, el cual está conformado por bienes de distintas naturalezas y procedencia. Se considera que el patrimonio incluye, por un lado aquello que una comunidad ha sido capaz de producir, en el transcurso de su historia, y por otro lado, el entorno tal como es percibido y considerado por su pueblo. (CNPC, 2002)

Según plantea UNESCO (2012) patrimonio es el conjunto de bienes valiosos, materiales o inmateriales, heredados de los antepasados. Ellos reflejan el espíritu de una época, de una comunidad, de una nación, y de la propia humanidad. El patrimonio que se va decantando de generación en generación conforma el sello distintivo de un pueblo. Por ello el patrimonio es una manera de acercarse al conocimiento de la identidad nacional.

1.1.1 Patrimonio Cultural

El patrimonio cultural de la nación cubana está integrado por aquellos bienes, muebles e inmuebles, que son la expresión o el testimonio de la creación humana o de la evolución de la naturaleza y que tienen especial relevancia en relación con la arqueología, la prehistoria, la literatura, la educación, el arte, la ciencia y la cultura en general.

Entre los bienes culturales que constituyen nuestro patrimonio hay algunas obras de creación natural o humana que se han considerado monumento nacional. Se entiende por este a todo centro histórico urbano y toda construcción, sitio u objeto que, por su carácter excepcional merezca ser conservado por su significación cultural, histórica o social para el país. (CNPC, 2002).

1.1.2 Leyes que rigen el Patrimonio Cultural en Cuba

Diversos son los textos legislativos presentados por el Consejo Nacional de Patrimonio Cultural en el año 2002 con el objetivo de darle un valor ante la sociedad a la protección del Patrimonio Cultural. Aquí se exponen los de mayor relevancia para el trabajo.

- Ley No.62. Código Penal, Título VI, Delitos contra el Patrimonio Cultural, capítulos I, II, III y IV de 29 de diciembre de 1987, (con las modificaciones aprobadas por la Ley 87 Modificativa del Código Penal de 16 de febrero de 1999).
- Ley No.1, Ley de Protección al Patrimonio Cultural de 4 de agosto de 1977.
- Ley No.2, Ley de los Monumentos Nacionales y Locales, de 4 de agosto de 1977.
- Decreto No.55 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, de 29 de noviembre de 1979. Reglamento para la Ejecución de la Ley de los Monumentos Nacionales y Locales.
- Ley 23 de Museos Municipales, de 18 de mayo de 1979.
- Decreto No.77 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, de 23 de octubre de 1980, (creando el Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología).
- Resolución No.3/89. Declaración de Patrimonio Cultural. Bienes que se encuentran en las colecciones de los museos y en poder de personas naturales o jurídicas.

En este sentido los museos desempeñan un papel principal, pues salvaguardan, coleccionan y exhiben muestras del desarrollo humano, de la historia de la humanidad con el propósito de socializar y preservar parte de la cultura de un pueblo (Ballester, 2014).

Según Salazar “Los museos son verdaderos centros de convergencia humana en busca de una oferta variada en el que ya no sólo se ven objetos, sino también se tocan, se interactúa con juegos, se ven recreaciones, se observan videos, se participa en visitas guiadas, en talleres para familias y colegios en todo muy llamativo para quien asiste” (Salazar, 2007).

Al respecto, en el Manual sobre el trabajo técnico de los museos adscritos al consejo nacional de Patrimonio Cultural se manifiesta que “El museo es un medio, una herramienta, un instrumento valioso e indispensable en el proceso de la formación científica y materialista de nuestro pueblo. Se concibe como una de las formas posibles de la realización del acercamiento del hombre a la realidad”. (Ministerio de cultura. República de Cuba, 2009).

La Constitución de la República de Cuba en su Artículo 39, inciso (h) establece que: “El estado defiende la identidad de la cultura cubana y vela por la conservación del patrimonio cultural y la riqueza artística e histórica de la nación. Protege los monumentos nacionales y los lugares notables por su belleza natural o por su reconocido valor artístico o histórico”.

La ley del sistema nacional de museos de la República de Cuba, aprobada en agosto del 2009, define como museo: Institución permanente, sin fines lucrativos, al servicio de la sociedad y su desarrollo, abierta al público y que efectúa investigaciones sobre los testimonios materiales e inmateriales de la humanidad y de su medio ambiente, adquiridos, conservados, comunicados y sobre todo expuestos para fines de estudio, educación y deleite.

Las definiciones anteriores indican que los museos tienen una función social, encaminada a la recreación y educación de todos los miembros de una sociedad. Guardianes de la memoria colectiva, los museos devienen puntos de encuentro de las comunidades que los rodean y medios importantes de intercambios y enriquecimientos culturales.

Existen diferentes tipologías de museos, Nacional, Provincial, Municipal, Extensiones y Específicos. En el caso del museo de Bomberos de Matanzas constituye un museo nacional, porque sus colecciones tienen un carácter excepcional por su valor, morfología y significación, generalmente únicas en su tipo a escala del país y además específico pues es una institución con temática propia del Cuerpo de Bomberos, Ministerio del Interior, armonizando su trabajo de cuidado y conservación de sus colecciones, parte del patrimonio de la nación, con la difusión de la historia, el arte, la cultura y la ciencia.

Por la característica de nuestro clima y por la carencia de productos anticorrosivos, las piezas y objetos que se encuentran en nuestros museos se deterioran por lo que deben ser conservadas.

1.1.3 Conservación en los museos

La conservación en los Museos es de vital importancia para mantener en el mejor estado posible las piezas que se atesoran en ellos. Según el material que las constituyan y el valor que estas posean requerirán uno u otro grado de mantenimiento. Estos ejemplares están expuestos a múltiples agentes que pueden causar deterioro, algunas veces irreparable (Ferrer, Páez, 2008).

La conservación preventiva es el conjunto de acciones destinadas a detectar, evitar y retardar la aparición de deterioros en los bienes culturales, esto se logra mediante la aplicación de todos los medios necesarios, externos a los objetos, que garanticen su correcto mantenimiento, y que van, desde la seguridad de éstos (contra incendios, robos) hasta el control de las condiciones ambientales adecuadas (iluminación, clima, contaminación). (CNCA, 2010)

Según CENCREM el objetivo primordial de la conservación es preservar la autenticidad e integridad del bien cultural. Según plantea López (2013) para desarrollar una adecuada conservación de los bienes patrimoniales es necesario:

1. Realizar un estudio y diagnóstico para un tratamiento correcto.

2. Poseer un conocimiento del comportamiento de los diversos materiales.

3. Efectuar un control del medio ambiente tanto fuera como dentro del inmueble (humedad, temperatura, actividad electrolítica, biológica y bioquímica rayos ultravioletas, suciedad y las perturbaciones causadas por la actividad humana).
4. Desarrollar un adecuado almacenamiento en estructuras espacialmente diseñadas según las especificidades de las colecciones.
5. Seguridad en la manipulación de los bienes patrimoniales. Conocimiento exhaustivo de los materiales en cuanto a cómo y de qué están hechos los objetos; y reflexiones sobre los movimientos a realizar en medios de traslado adecuados.
6. Control y seguridad en el transporte, modos y diseños de un adecuado embalaje y medios de transporte seguros.
7. Tratamiento de los bienes y métodos, tanto de recolección como de consolidación, adecuados para su estudio y demás funciones necesarias, antes de llegar incluso, a la restauración.
8. Limpieza respetuosa de los bienes, conservar significa limpiar, limpiar para estabilizarlos e impedir posibles deterioros subsiguientes.
9. Reparación, restauración con los métodos técnicos más avanzados y una postura ética coherente.
10. Conservación y trabajo sobre el terreno, encaminado a la preservación por medio de su estabilización para prevenir un deterioro mayor.

El Museo de Bomberos de Matanzas tiene como característica relevante, que es el único Museo de la región y de América Latina que atesora en su sala 4 bombas de vapor que marcaron una etapa en el desarrollo de este tipo de mecanismo de bombeo, que por su larga vida se encuentran en desuso formando así parte del Patrimonio Cultural. También cuenta con tres carros cisternas, los cuales se encuentran en explotación dándole así un valor de vivo al museo. Tanto unas como otras sufren deterioro por corrosión por lo que es importante lograr su conservación anticorrosiva.

La conservación, es hoy en día una de las mejores alternativas para el cuidado que se le puede dar a los Museos, ya que la misma contribuye a retardar el deterioro que afecta los bienes patrimoniales y mantenerlos en el mejor estado posible, con el fin de que los mismos no pierdan su valor histórico.

Nuestro país no brinda las mejores condiciones climáticas para que los objetos patrimoniales mantengan su estado original en las mejores condiciones posible. Esto se refleja con el deterioro que sufren las piezas por el clima tropical húmedo y el aerosol marino característica fundamental de nuestro país.

1.2 Generalidades sobre las Bombas

En un alto porcentaje de los procesos en la actualidad, está involucrado el transporte de un fluido de un lugar a otro. Para realizar este trabajo se hace indispensable la implementación de un sistema que aporte la energía requerida para producir el desplazamiento. En el caso de líquidos, el sistema se conoce como bombeo, y sus componentes principales son las bombas, las tuberías de succión y descarga y los elementos de medición y control tales como manómetros y válvulas.

Se puede definir una bomba como un dispositivo capaz de adicionarle la energía a una sustancia fluida (aire, agua, aceite, concreto fresco, etc.) para producir su desplazamiento de un lugar a otro, incluyendo cambios de elevación. Esta energía hará que el líquido efectúe trabajo, tal como circular por una tubería o subir a una mayor altura. (Church, 1968, Kenneth, 1988).

1.2.1 Bombas de vacío

Las bombas de vacío que van a emplearse para un cierto proceso están definidas por sus parámetros específicos, los cuales determinan sus propiedades. Los parámetros más importantes de los sistemas de vacío son: la presión más baja que puede lograr, el intervalo de presión, la velocidad de bombeo, la presión de descarga y el gas residual. (Talavera, Farías, 1995)

Según plantea Nichols (1975), los criterios a tomarse en cuenta en el diseño de un sistema de vacío son: el tipo de proceso, la presión límite requerida (nivel de vacío), el flujo de evacuación, la temperatura a que el proceso se lleva a cabo y la sustancia a bombear.

1.2.2.1 Bombas de vapor

Un ejemplo de este tipo de bombas de vacío es la bomba de difusión o bombas de vapor. La ventaja de este tipo de bomba para crear alto vacío, comparado con las bombas mecánicas, es que puede producir mayor velocidad de bombeo con el mismo tamaño, peso y costo. (Talavera, Farías, 1995)

El Coche bomba o Camión surtido (bomba de vapor) es uno de los más flexibles y polivalentes en lo que camiones de bomberos se refiere, estos vehículos no están diseñados para enfrentarse Los camiones bombas no suelen transportar agua, y si lo hacen suelen ser pequeñas cantidades, como su nombre lo dice su misión es bombear agua desde alguna fuente cercana como grifos, hidratantes, ríos, piscinas, etc. lo que limita su rango de acción a zonas urbanizadas.

1.2.3 Bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, es una máquina que realiza el trasiego del líquido. En esto consiste la transformación de la energía mecánica del motor en energía del líquido, es decir, la bomba comunica cierta potencia al líquido que fluye a través de esta. (Lobanoff, 1992).

Las mismas, además de producir la carga necesaria con la capacidad requerida, deben poder manejar una variedad casi infinita de líquidos que se caracterizan, en parte, por su viscosidad, densidad y la presencia o ausencia de sólidos. La bomba se puede adaptar a las variaciones en esas propiedades mediante impulsores de diferentes diseños adecuados, que son su componente más esencial (González, 2012).

1.2.3.1 Clasificación de las bombas centrífugas.

Según plantea Saldarriaga (2007) de acuerdo con la forma de sus rotores (impulsores), las bombas rotodinámicas se clasifican en:

- Bombas centrífugas (flujo radial): El agua entra a la bomba en forma axial pero sale impulsada en dirección radial.
- Bombas de flujo axial: el agua entra y sale de la bomba en dirección axial. Usualmente son bombas de baja altura piezométrica y alta capacidad.
- Bombas de flujo mixto: el agua entra a la bomba en dirección axial y sale con componentes de velocidad tanto en dirección axial como en dirección radial.

Según Ramos (1995) para que una bomba trabaje eficientemente en un sistema de bombeo debe cumplir las siguientes condiciones:

- Que la máquina del flujo y carga requerida por el sistema.
- La eficiencia de la máquina esté dentro de la mínima permisible. ($\eta \geq 0,9\eta_{max}$).
- Que la máquina no trabaje bajo el régimen de cavitación. ($NPSH_{disp} > NPSH_{req}$).
- Que la máquina resista las características físico-químicas del fluido a bombear.
- Condiciones de explotación de las máquinas.
- Daño al medio ambiente.
- Valoración económica.

Estos equipos han sido utilizados en diferentes procesos a lo largo del desarrollo de la ciencia y la tecnología y algunos debido a su importancia histórica después que se agote su vida útil y al cursar de los años se desarrollan nuevos equipos de

bombeo más eficientes, son considerados parte del patrimonio cultural de la humanidad.

1.3 Corrosión

El ingeniero que trabaja en problemas de corrosión necesita saber y tener un conocimiento básico para reconocer la corrosión, como se produce, como impedir si severidad, que herramientas son necesarias, técnica de inspección, variable de diseño que afectan a la corrosión, selección de materiales y aplicar la información del problema corrosivo, así como saber dónde obtener ayuda. (Hernández, 2012)

Para el caso del metal, el hecho que vuelva a su estado natural se debe a una serie de procesos irreversibles que se establecen entre el metal y su entorno. El conjunto de todos esos procesos físicos, químicos y electroquímicos se le llaman corrosión.

La corrosión es un fenómeno que debe ser prevenido o eliminado de cualquier estructura metálica ya que es el principal causante del deterioro y destrucción de las mismas. (Fernández, López, Guillot, 2013). Como corrosión se entiende los cambios aparecidos sobre la superficie de un material originados por la influencia indeseada de los factores químicos y electroquímicos. (Águeda, 2010). Los materiales y en especial los metales, son obtenidos a partir de especies minerales estables en las condiciones naturales.

Según Pancorvo (2011) el paso de estos materiales a su estado natural, es llamado corrosión. La corrosión también se puede definir como la degradación de un material a causa de la acción del medio ambiente, en el sentido más amplio es un fenómeno natural.

La corrosión es el ataque destructivo de un metal por una reacción química o electroquímica con el medio ambiente (Ahmad, 2003; Chaieb *et al.*, 2005). Al deterioro por causas físicas no se le llama corrosión, este se describe como erosión, excoiación, o desgaste. En algunos casos, el ataque químico acompaña al deterioro físico, y se describe como corrosión - erosión, desgaste corrosivo o

corrosión por fricción. Los materiales no metálicos no se incluyen en la definición de corrosión. Los plásticos se pueden hinchar o romper, la madera puede dividirse o desintegrarse, el granito puede erosionarse y el cemento Portland puede presentar lixiviación, pero la corrosión se limita al ataque químico de los metales.

Concretamente la corrosión es el deterioro que sufren los materiales y sus propiedades cuando interactúan con el ambiente que los rodea por medio de una reacción electroquímica o química.

En la actualidad está establecido que por su naturaleza o mecanismo general, los fenómenos de corrosión pueden dividirse en dos grandes grupos. (Núñez, 2014).

- Corrosión química.
- Corrosión electroquímica.

En términos técnicos simplificados, la corrosión ha sido definida como la destrucción de un metal por reacción química o electroquímica por el medio ambiente y representa la diferencia entre una operación libre de problemas con gasto de operación muy elevados. El control de la corrosión es llevado a cabo para comprender los mecanismos de la corrosión, así como la resistencia de los materiales y diseños, con sistemas y métodos de protección, dispositivos y tratamientos. (López, 2013).

1.3.1 Tipos de corrosión

La corrosión ocurre en muchas y muy variadas formas, pero su clasificación generalmente se basa en uno de los tres siguientes factores:

- 1.- Naturaleza de la sustancia corrosiva. La corrosión puede ser clasificada como húmeda o seca, para la primera se requiere un líquido o humedad mientras que para la segunda, las reacciones se desarrollan con gases a alta temperatura.
- 2.- Mecanismo de corrosión. Este comprende las reacciones electroquímicas o bien, las reacciones químicas.

3.- Apariencia del metal corroído. La corrosión puede ser uniforme y entonces el metal se corroe a la misma velocidad en toda su superficie, o bien, puede ser localizada, en cuyo caso solamente resultan afectadas áreas pequeñas.

La clasificación por apariencia, uniforme o localizada, es muy útil para una discusión preliminar que en caso de requerirse en forma más completa, necesita del establecimiento de las diferencias entre la corrosión localizada de tipo macroscópico y el ataque microscópico local.

➤ **Corrosión química**

La corrosión química es la producida por los ácidos y álcalis, y tiene interés para la construcción de aparatos resistentes a la corrosión de los productos químicos que intervienen en el proceso de fabricación.

En la corrosión química las características del proceso de intercambio electrónico entre el metal y el medio oxidante se produce en un mismo punto o zona de la superficie metal – medio corrosivo (o metal – óxido – medio corrosivo) [Domínguez *et al.*, 1987]. La resistencia de la capa de óxido que se crea es diferente para los diferentes metales y aleaciones.

En la corrosión química un material se disuelve en un medio corrosivo líquido y este se seguirá disolviendo hasta que se consuma totalmente o se sature el líquido.

➤ **Corrosión electroquímica**

En los casos de corrosión electroquímica también denominada corrosión húmeda, ha sido el propio metal o dos metales en contacto o muy próximos los que han proporcionado la fuerza electromotriz para la corrosión electroquímica. Por esto la velocidad de ataque, y por tanto la corrosión, esta forzosamente limitada. Pero cuando se aplica una fuerza electromotriz exterior, las velocidades pueden ser mucho mayores. La corrosión electroquímica es la corrosión predominante en un entorno arqueológico (Alonso, 1995).

➤ **Corrosión atmosférica**

La corrosión es considerada como la causa más importante de fallo en los materiales metálicos, y la corrosión atmosférica es la de mayor influencia. El elevado interés por el estudio de la corrosión atmosférica se debe a la frecuencia de su acción destructiva (Morcillo, *et al.* 2002; Samoilova, *et al.* 2005).

La clasificación de las atmósferas es de gran aplicación cuando se proyectan y ejecutan nuevas inversiones, se investiga sobre métodos de protección y se proyectan sistemas de recubrimiento (Morcillo, *et al.* 2002; Albrecht, *et al.* 2003; Cole, *et al.* 2003; Rodríguez, 2004; Cook, 2005; Shifler, 2005; Echeverría, *et al.* 2005; 2008; Almeida, *et al.* 2006; Echeverría, *et al.* 2007).

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

Así se requiere clasificar la agresividad corrosiva de la atmósfera en las instalaciones y equipos que serán objeto de protección anticorrosiva. El conocimiento más exacto posible, acerca de los factores que influyen en la agresividad corrosiva de la atmósfera, 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. (López, 2008).

Para cada ambiente, es necesario tener en cuenta la influencia sobre los materiales, de las condiciones atmosféricas como el oxígeno, la humedad, los contaminantes: SO₂, NaCl, NO_x, etc; la radiación solar global, la formación de rocío, el tiempo de humectación de la superficie, el calentamiento de la superficie, la acumulación de iones de naturaleza ácida (SO₂, NO₂, Cl) en la película acuosa depositada sobre el objeto. (Echeverría, *et al.* 2007)

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

De todas las formas de corrosión, la atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. Grandes cantidades de metal de automóviles, puentes o edificios están expuestas a la atmósfera y por lo mismo se ven atacados por oxígeno y agua. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando la sal, los compuestos de sulfuro y otros contaminantes atmosféricos están presentes.

La corrosión atmosférica es un proceso de degradación y destrucción de materiales metálicos, así mismo de su estructura y propiedades, debido a la interacción con la atmósfera, caracterizada por sus valores de temperatura y humedad del aire. Este fenómeno ocurre cuando metales se encuentran expuestos en atmósferas con altas temperaturas, en ausencia de humedad sobre la superficie metálica, cuyos valores de temperatura no corresponde a la atmósfera.

La mayor parte de la estructura metálica y equipos son expuestos en condiciones de intemperie y por otra parte sufren corrosión atmosférica. (Rocha, 2003). Referenciado por Morcillo, *et al.* (2002) y Samoilova, *et al.* (2005) la corrosión atmosférica es la de mayor influencia. El elevado interés por el estudio de la corrosión atmosférica se debe a la frecuencia de su acción destructiva.

Dada a la alta corrosividad de las atmósferas a que están sometidas las estructuras metálicas, la necesidad conduce al desarrollo de recubrimientos anticorrosivos de gran eficiencia (Almeida, *et al.* 2006). Los ambientes corrosivos afectan la durabilidad del material, reduciendo así el rendimiento o funcionamiento y vida de servicio de las estructuras metálicas.

Por tanto, la velocidad de corrosión proporciona las bases para decidir las medidas preventivas requeridas para proteger las estructuras (Bhaskar, *et al.*

2004); así como clasificar la agresividad corrosiva de la atmósfera en los equipos y componentes que serán objeto de protección anticorrosivo.

1.3.2 Problemas generados por la corrosión

Los problemas generados por la corrosión son frecuentes en muchas actividades, tales como la industria química, petrolífera, petroquímica, naval, de construcción civil, automovilística, conservación de monumentos históricos, entre otras (Gudze y Melchers, 2008; Vashi y Kadiya, 2009). El control de la corrosión es llevado a cabo para comprender los mecanismos de la corrosión, así como la resistencia de los materiales y diseños, con sistemas y métodos de protección, dispositivos y tratamientos. (López, 2012).

Según Feliú, *et al.* (1991) los mecanismos por los que se puede transcurrir el proceso de corrosión son básicamente dos:

- a) A través de una oxidación directa (también llamada corrosión seca) de toda la superficie metálica.
- b) Mediante la intervención de una solución acuosa que genera la aparición sobre el metal de zonas con diferente comportamiento (conocida como corrosión húmeda).

El primero de los mecanismos implica un proceso de reacción puramente químico y supone una oxidación (en su sentido más estricto de pérdida de electrones por parte del metal) de toda la superficie por igual. Esta situación ocurre cuando los metales trabajan a elevadas temperaturas. El segundo de los mecanismos es el que ocurre en la mayoría de los casos de corrosión que se detectan, ya que el agua en estado líquido está casi omnipresente en todos los medios naturales o sintéticos que nos rodean (suelos, atmósfera, ríos, mar, bases, sales, etc.). En este caso el proceso transcurre mediante un mecanismo electroquímico, lo que significa que se generan unas zonas en las que el metal se disuelve (zonas anódicas) y otras en las que permanece inalterado (catódicas).

1.3.3 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, *et al.* 2000; Echeverría, *et al.* 2006)

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, *et al.* 2000)

El aerosol marino en Cuba afecta a la casi totalidad del territorio nacional, este hecho está favorecido por la ubicación geográfica y la forma alargada y estrecha de nuestra isla que permite que en los meses de invierno las masas de aire frío penetren por la costa norte, transportando cloruros y compuestos de azufre en forma de aerosol, junto a otros contaminantes menores presentes en el agua de mar.

Según Echeverría, *et.al*, (2002) cuando se analiza la influencia del aerosol marino se hace referencia a la acción de los iones cloruros en la corrosión y al analizar las determinaciones de compuestos de azufre que se expresan como sulfato, se asocia su origen al azufre antropogénico, causas frecuentes de error en los análisis que se realizan. En las zonas bajo la influencia del aerosol marino, la contaminación por compuestos de azufre puede estar determinada por la presencia del sulfato que acompaña al cloruro.

1.3.4 Agresividad corrosiva de la atmósfera

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. (UNE-EN ISO 12 944-2. 1998; Echeverría, *et al.* 2000; Echeverría, *et al.* 2002; López, 2008)

El grado de agresividad corrosiva de la atmósfera determina en gran medida el deterioro de los distintos materiales, pero puede ser agravada su influencia si los mismos presentan problemas de diseño anticorrosivo.

1.3.5 Principales problemas de diseño anticorrosivo

Seguidamente se aborda cada tipo de problema de diseño anticorrosivo reconocido en la (Norma ISO 12944 - 3, 2007).

- **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 donde se debe lograr separaciones entre componentes superiores a 50 mm y profundidades menores de 100 mm, para garantizar la aplicación de recubrimientos y mantenimiento, además de todas las operaciones de preparación de superficie.
- **Tratamiento de orificios:** Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones, y en las superficies en contacto

sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.

- Prevención de la corrosión galvánica: cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales.
- Entallas: Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deberían 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, por ejemplo entre un alma y una pestaña, 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 durante su manipulación y transporte, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector durante el transporte, las elevaciones y las operaciones a pie de obra.
- 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 inoxidables auténticos, o ferríticos, que puedan provocarla corrosión de estos últimos.

- Bordes: Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos, las capas protectoras en los bordes agudos son además más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse. Es válido destacar que este problema de diseño es muy evidente y que se presenta con bastante frecuencia.
- Imperfecciones en la superficie de las soldaduras: Las soldaduras deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.
- Conexiones con pernos: Conexiones precargadas. Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados. 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.

1.3.6 Protección anticorrosiva con pinturas.

Las pinturas, desde un punto de vista técnico-económico, constituyen el método más adecuado para la protección de los materiales empleados en la construcción, en la industria así como los bienes patrimoniales. La formulación de pinturas y los procesos involucrados en la manufactura presentaron cambios sustanciales en los últimos años, debido fundamentalmente al desarrollo de modernos materiales y a los procesos de alta tecnología disponibles para la producción. Al respecto Hassan, *et.al*, (2010), plantea que la protección por recubrimientos es uno de los métodos más ampliamente utilizados, destacándose entre ellos las pinturas, por las ventajas que representa tanto desde el punto de vista económico, como de su facilidad de aplicación.

Autores como Pérez (1998) plantea que un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas:

- Imprimación: capa en contacto directo con el sustrato metálico y sobre la cual recaen dos funciones muy importantes: la adherencia al sustrato metálico y el control de la corrosión. La adherencia está influenciada además por la preparación superficial del sustrato.
- Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal misión es aumentar el espesor total del sistema de pintura, de ahí que su requerimiento más importante sea una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.
- Acabado: capa que está en contacto directo con el medio ambiente, por tanto, será la responsable de la resistencia a los agentes atmosféricos: radiación solar, resistencia a la abrasión, lluvia; además de cumplir exigencias estéticas.

Lo antes expuesto está en concordancia con lo planteado por la Norma (UNEEN ISO 12944-5:2007) y es criterio compartido de varios autores (Roberge, 2000), (Fragata, 2002), (Rodríguez, 2004), (Echeverría, 2003), (Ochoa, 2005), (Schmidt, 2006).

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

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 Norma de referencia (UNE-EN ISO 12 944-4:2007), incluye además los ensayos de comportamiento de las pinturas, que son de obligatorio cumplimiento, la ejecución, supervisión de los trabajos y los proyectos que deben ser elaborados para la aplicación de este sistema.

Al respecto, se establecen tres niveles de durabilidad de los sistemas de pintura (Norma ISO 12944 - 5: 2007):

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

En la actualidad los sistemas que más se emplean en Cuba son los de durabilidad Baja, debido a la incidencia de la falta de cultura respecto al tema, las condiciones de agresividad atmosférica existente y a los altos precios que tienen las pinturas de durabilidad media y alta en el mercado. (López, *et.al*, 2013).

Sin embargo los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, por limitaciones propias y ante la presencia de problemas de diseño anticorrosivo, se emplea otros sistemas protectores como una protección adicional, estos son: recubrimientos fosfáticos, materiales compuestos de matriz asfáltica, grasas de conservación y cera abrillantadora e impermeabilizante. (López, *et.al*, 2013)

La durabilidad de un sistema de pintura protector depende del tipo de sistema de pintura, del diseño de la estructura, del estado de la superficie del acero, de la calidad de la aplicación de las condiciones durante la aplicación y de las condiciones de exposición en servicio (Urbán, 2009)

En el caso de los bienes patrimoniales presentes en los museos, no siempre se puede utilizar pintura, porque es de gran relevancia conservar el aspecto original de cada pieza. Aunque se puede establecer la utilización de este tipo de recubrimiento en las bombas que contienen los vehículos, considerando que estos deben conservar su color original.

1.3.6.1 Protección y conservación adicional con otros recubrimientos.

Los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, por limitaciones propias y ante la presencia de problemas de diseño anticorrosivo, se emplea otros sistemas protectores como una protección adicional.

1.3.6.1.1 Recubrimientos fosfáticos.

La disolución de fosfatado actúa como decapante y fue especialmente elaborada para la preparación de las superficies metálicas previo a la aplicación de recubrimientos. El mismo proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. También produce un excelente acabado sobre estructuras previamente tratadas por métodos manuales mecanizados que queden ligeramente oxidadas,

protegiéndolas temporalmente de la oxidación hasta que reciban el recubrimiento de pintura.

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.

1.3.6.2 Grasas de conservación.

Las grasas protectoras constituyen la base de los llamados recubrimientos temporales que tienen como finalidad proteger la superficie de los metales hasta tanto no se les aplique un recubrimiento o protección definitiva. Es una de las formas más usadas en la protección de laminados, piezas, equipos, etc., durante su transportación y almacenamiento.

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua.

Otras propiedades importantes de estas grasas son su alta resistencia al agua, medios salinos, la no afectación a los recubrimientos de pintura y la formación de una capa protectora que se endurece con el tiempo por curado y no se cuartea ni

chorrea, resistiendo temperaturas superiores a 80°C sobre la superficie metálica (Echeverría, *et.al*, 2008)

1.3.6.3 Cera abrillantadora e impermeabilizante.

La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L es una cera líquida formulada para la protección de superficies metálicas con recubrimientos de pinturas. Penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración del agua, el oxígeno y los contaminantes atmosféricos impermeabilizando los poros. Proporciona una protección adicional contra la radiación ultravioleta y brillo a los recubrimientos de pintura. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas. (Echeverría, *et.al*, 2008).

1.3.7 Incidencia económica de la corrosión.

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” según plantea Echeverría, *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 Nacional Bruto (PNB), tanto en los países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo.

Se estima que el 50% de los costos por corrosión corresponden a la corrosión atmosférica según comenta López (2008), planteamiento con el que coinciden varios investigadores del tema (Betancourt, *et al.* 2002; Echeverría, *et al.* 2002; 2004; 2005; 2006; Echeverría, *et al.* 2007). Este planteamiento tiene gran importancia si se tiene en cuenta que la mayoría de los equipos y componentes se encuentran sometidas a la acción de la atmósfera como es el caso de la Central Eléctrica.

Las pérdidas económicas totales (directas e indirectas) por corrosión para Cuba en el año 2007 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, *et al.* 2009).

La corrosión es un fenómeno que causa pérdidas económicas y sociales considerables para el país. Lo que hace que se defina la necesidad de conservar los materiales, para de esta forma alargar su vida útil y en el caso de los bienes patrimoniales conservar su estado original lo más fielmente posible, con vistas a poder transmitir las vivencias de una época determinada del desarrollo de la humanidad a las nuevas generaciones.

1.4 Sistema de conservación DUCAR. (Echeverría, *et al.* 2012).

Si se tiene en cuenta la cercanía del aerosol marino y su impacto en la mayor parte del estrecho y alargado archipiélago cubano; además de que no se posee una cultura a nivel social de atacar la corrosión antes de que esta invada toda la estructura metálica del automóvil, esto equivale a decir que no existe una mentalidad de prevenir el daño, sencillamente se actúa de forma reactiva. Precisamente el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” (CEAT) ha desarrollado un servicio para la conservación del componente estructural de los autos que ha tenido resultados favorables en aplicaciones a escala piloto. El servicio DUCAR, que es como se denomina, ha sido diseñado para lograr una protección en los autos sometidos al régimen de intensidad corrosiva del país, en condiciones de extrema agresividad específicamente que le convierten.

1.4.1 Procedimiento para la conservación del transporte en explotación (DUCAR) (Méndez, *et al.* 2008)

El servicio DUCAR es una tecnología de conservación anticorrosiva de carrocerías de vehículos que incluye como primera etapa un estudio de los problemas de diseño anticorrosivo que presenta cada tipo y línea de vehículo, así como los problemas de protección anticorrosiva y con ello se elabora el procedimiento

específico (tecnología). La aplicación de este procedimiento necesita un procedimiento general anual y de varios procedimientos parciales en función del régimen de explotación del vehículo, la agresividad del medio con el cual se encuentra en contacto, e incluso los productos que transporta o manipula.

La tecnología que se elabora incluye hasta el momento el empleo de cinco productos, especialmente formulados para este servicio, todos producidos en la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas.

1.4.2 Comparación de los servicios de conservación del transporte

Según plantea López (2007) en otros países y en el nuestro se ofertan productos y equipos con el mismo objetivo, pero no se oferta un servicio integral como por ejemplo: en Canadá, existen dos firmas que ofrecen productos con estos fines y se encuentran distribuidas en todo el país, con las siguientes características:

- a) La firma RUSTCHECK que ofrece todo tipo de productos, no ofrece servicios y se proyecta no solamente para el sector del transporte.
- b) La firma más especializada en equipos del transporte es la RUSTBLOCK, que ofrece todo tipo de productos, equipos y dispositivos para estos trabajos, así como un servicio y garantía con las siguientes características:
 - El servicio se basa en el empleo de varios productos para la protección interior e inferior de las carrocerías.
 - Se ofrece una garantía que incluye la reparación de las partes dañadas de ser imputables al procedimiento y repara gratis los recubrimientos dañados por choques.
 - El servicio solamente se presta a las carrocerías nuevas de vehículos ligeros (no incluye equipos pesados y otros).
 - Los problemas de diseño anticorrosivo son de la responsabilidad del cliente.
 - No se tratan las superficies oxidadas.

- No se aplican productos para la protección de los recubrimientos de pintura. En Estados Unidos, Reino Unido y Australia, por otra parte, predomina el sistema Patentado el primero con las siguientes características:
- El sistema incluye un equipo y un producto, ambos patentados.
- El componente fundamental es un equipo electrónico que se instala a los vehículos ligeros (no incluye equipos pesados y otros), que basa su funcionamiento en el principio de la protección catódica por corriente impuesta.
- Su efectividad depende de la aplicación de un recubrimiento conductor sobre toda la superficie pintada.
- No se ofrece un servicio integral.
- Ofrecen garantía en caso de rotura del equipo, no de la protección de la carrocería.

Con lo analizado anteriormente se confirma de la superioridad que muestra el servicio DUCAR frente a otros servicios, dándole así mayores posibilidades de preferencia en el mercado tanto nacional como internacional a la hora de utilizar uno de estos servicios para resolver algún problema de corrosión o de diseño anticorrosivo.

1.5 Conservación del patrimonio con productos DISTIN

La conservación de materiales, incluidos aquellos de carácter patrimonial, con productos y tecnologías nacionales se considera una de las directrices de trabajo señalada en los lineamientos de VI Congreso del PCC cuando plantea en el (Lineamiento 163) que se debe contribuir al fomento de la conservación del patrimonio, mediante la transferencia de tecnologías de productos y procedimientos aplicables a objetos patrimoniales.

En nuestro país existen los denominados productos de conservación nacionales DISTIN, los cuales son desarrollados por el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”, una importante área de formación – investigación - innovación de la Facultad de

Ciencias Técnicas, que contribuye al desarrollo científico y socioeconómico del país, en el campo de la lucha contra la corrosión, el deterioro y los tensoactivos, fundamentalmente con tecnologías y productos para la conservación y en Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) , liderando nacionalmente en estas temáticas, con aplicaciones en el transporte, el armamento, la conservación del patrimonio y con mayor énfasis en la generalización de la aplicación.

Conclusiones Parciales

Los problemas de diseño anticorrosivo que presentan la mayoría de las estructuras metálicas agravan los efectos de los agentes agresivos sobre los materiales, por lo que es necesario resolverlos cuidando el valor patrimonial de las piezas en los museos.

El grado de agresividad corrosiva de la atmósfera determina la protección anticorrosiva que se debe aplicar sobre el material a proteger, así como su conservación.

Los productos DISTIN, empleados en Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), ofrecen grandes posibilidades para la conservación de objetos, equipos y estructuras metálicas.

El servicio de conservación DUCAR, ofrece soluciones más completas a los problemas de deterioro de materiales metálicos en autos, en comparación con otros a nivel nacional e internacional.

Capítulo II. Materiales y Métodos.

Los materiales y métodos empleados para dar solución al problema de la conservación contra el deterioro por corrosión atmosférica de las bombas de vapor y carros cisternas expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas, se detallan en este capítulo.

Se tomó una muestra de tres bombas de vapor y un auto cisterna, para realizar el análisis. El trabajo se desarrolla en base a la Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión, confeccionada por el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas, con más de veinte años de experiencia de aplicación y perfeccionamiento. Los pasos de la misma se detallan a continuación:

2.1 Metodología general para el análisis y solución de problemas de corrosión

La metodología para el análisis y solución de problemas de corrosión, es el resultado de la experiencia práctica desarrollada por más de 25 años por el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas. Se tomaron, además, referencias del Texto (Domínguez, J. A. et al. 1987), el libro de José A. González en su Capítulo XXII (González, J. A. et al. 1984) y las Normas ISO (Norma ISO 12944 - 1: 2007 y Norma ISO 12944 - 8: 2007).

2.1.1 Identificación del problema

2.1.1.1 Diseño anticorrosivo y recomendaciones de puesta en obra. Características mecánicas, químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción y protección anticorrosiva

Para esto se comprueban las normas de diseño empleadas y su cumplimiento; la selección de los materiales y los métodos de protección utilizados, de acuerdo con

los medios en que se encuentra en contacto; las características de los materiales metálicos y no metálicos; las fichas técnicas de los diferentes productos y de los diferentes productos anticorrosivos; la correspondencia de los materiales con los previstos en el diseño; aspectos legales del proyecto, garantías con su cumplimiento, especificaciones técnicas precisas y correctas.

Las bombas y autos cisternas expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas que es objeto de estudio en este trabajo, presenta una serie de problemas de diseño anticorrosivo que se muestran en el anexo II (Fig. 2, 3,4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28) dentro de los que se pueden observar resquicios, hendiduras o grietas, par metálico, conexiones con pernos, bordes, zonas de acumulación de depósitos, soldadura irregular, áreas cerradas y componente hueco. También presenta problemas de preparación superficial que causan corrosión.

Entre los materiales que componen las bombas se destaca el acero al carbono estructural y en el caso del auto cisterna lo componen acero al carbono y con propiedades especiales como el acero al cromo-níquel, aluminio, vidrio, caucho y sus derivados, plásticos, materiales compuestos de plástico y fibra vegetal (vinil).

➤ El acero al carbono estructural:

El acero al carbono no es más que una aleación compuesta en su totalidad de hierro y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación otros elementos necesarios para su producción, tales como silicio y manganeso, y hay otros que se consideran impurezas por la dificultad de excluirlos totalmente - azufre, fósforo, oxígeno, hidrógeno.

Estas aleaciones pueden llamarse con mayor propiedad aceros al carbono, y representan más del 90% de la producción total de aceros en el mundo. Sin embargo, cuando aumenta el contenido de los aleantes agregados al hierro,

éste adquiere propiedades especiales, y se emplean otras designaciones para la descripción de estas aleaciones.

➤ El acero al cromo níquel:

El acero inoxidable es resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el Níquel y el Molibdeno. El acero inoxidable al cromo níquel: tiene un 0,18% de C, un 18% de Cr y un 8% de Ni .Tiene una resistencia mecánica de 60 kg/mm² y una dureza de 175-200Hb, Es un acero inoxidable muy utilizado porque resiste bien el calor hasta 400 °C.

➤ El aluminio:

El aluminio es un elemento químico, su símbolo es Al y su número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas). Como metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis.

Debido a su elevado estado de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido de aluminio (Alúmina Al₂O₃) impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación, lo que le proporciona resistencia a la corrosión y durabilidad. Esta capa protectora, de color gris mate, puede ser ampliada por electrólisis en presencia de oxalatos. Ciertas aleaciones de alta dureza presentan problemas graves de corrosión intercrystalina.

El aluminio tiene características anfóteras. Esto significa que se disuelve tanto en ácidos (formando sales de aluminio) como en bases fuertes (formando aluminatos con el anión $[Al(OH)_4]^-$) liberando hidrógeno. La capa de óxido formada sobre el aluminio se puede disolver en ácido cítrico formando citrato de aluminio.

El principal y casi único estado de oxidación del aluminio es +III como es de esperarse por sus tres electrones en la capa de valencia (Véase también: metal pesado, electrólisis). El aluminio reacciona con facilidad con HCl, NaOH, ácido perclórico, pero en general resiste la corrosión debido al óxido. Sin embargo cuando hay iones Cu^{2+} y Cl^- su pasivación desaparece y es muy reactivo.

➤ El vidrio:

El vidrio es una sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de sílice (SiO_2) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. El vidrio es una sustancia amorfa porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que las unidades moleculares, aunque están dispuestas de forma desordenada, tienen suficiente cohesión para presentar rigidez mecánica.

Propiedades de los vidrios:

Estas son el brillo, la transparencia, dureza, sonoridad y resistencia química.

- El peso específico es de $2,5 \text{ g/cm}^3$ para los vidrios alcalinos y de 3 a 8 para los de plomo.
- Transparencia: deja pasar del 80 al 90 % de la luz visible.
- Dureza: En la escala Mohs está entre 4 y 8. El diamante y el acero muy duro, lo rayan y lo cortan. Tienen la característica de ser más duros en la superficie que en el interior. El plomo disminuye su dureza y el ácido silícico la aumenta.
- Conductividad: conduce muy mal el calor y la electricidad.
- Elasticidad: esta depende del espesor, siendo más elástico mientras más finas sean las láminas.

- Resistencia a la compresión: es muy elevada variando de 5 a 10 Kg/cm².
 - Resistencia al desgaste: es considerable, pudiendo compararse al cemento fundido.
 - Resistencia a la flexión: en el vidrio de ventanas alcanza de 400 a 500 Kg/cm².
 - Resistencia a los agentes químicos: es muy resistente a la mayoría, siendo disuelto por el ácido fluorhídrico. Cuando el vidrio posee baja calidad se deja atacar ligeramente por otros ácidos también.
 - El vidrio es en general frágil y muy susceptible a los efectos de entalla y cambios de forma.
 - El vidrio es un mal conductor del calor y la electricidad, por lo que resulta práctico para el aislamiento térmico y eléctrico.
 - Según su composición, algunos vidrios pueden fundir a temperaturas de sólo 500 °C; en cambio, otros necesitan 1.650 °C.
 - La resistencia a la tracción, que suele estar entre los 3.000 y 5.500 N/cm², puede llegar a los 70.000 N/cm² si el vidrio recibe un tratamiento especial.
 - La densidad relativa (densidad con respecto al agua) va de 2 a 8, es decir, el vidrio puede ser más ligero que el aluminio o más pesado que el acero.
- La madera:

La madera es el material utilizado en la fabricación de medios tanto artístico como para cualquier función del hombre. La misma una serie de propiedades en la para cualquier que podemos encontrar:

- La Dureza: Resistencia a la penetración por otros cuerpos (tornillos, clavos, sierras etc.) Esta dureza dependerá de la cohesión de las fibras que la componen. Las maderas de tipo fibroso son más duras que las porosas por ejemplo:

- La Flexibilidad: Capacidad para ser doblada sin romperse en el sentido de sus fibras
- La higroscopicidad: Capacidad de absorber o desprender humedad. Esta propiedad afecta en gran medida a su peso y volumen
- La facilidad de pulido: Directamente relacionada con la dureza ya que mientras más dura es la madera más fácil es su pulido. Esta facilidad es importante para acabados superficiales, El color y el Avetado: Características de tipo visual que influyen en la elección para trabajos o decoración dando características bellas a la madera.
- La resistencia mecánica: Agrupamos en esta descripción las características de la madera para soportar esfuerzos de compresión, flexión, tracción, torsión, cizalladura, dependiendo en todo caso de las fibras de la madera con respecto a la fuerza que en ellas se aplica.

➤ El bronce:

Es una aleación de cobre y estaño en proporción del 80% del primero y 20% del segundo y también del 95% y 5% respectivamente. El estaño trasmite al cobre la resistencia y dureza. En construcción está muy generalizado su uso en cañerías, chapas de aplicación artística, herrajes artísticos, cierta carpintería metálica y en fabricación de elementos revestidos con un baño de níquel o de cromo.

➤ El caucho:

El caucho es una sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua, a los impactos de partículas y resistencia eléctrica. El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados, derivados del petróleo.

➤ Plásticos:

Los materiales plásticos son sustancias orgánicas, de alto peso molecular, constituidos por átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y cloro. Un plástico es una materia orgánica plásticamente deformable con facilidad bajo la influencia de la presión, de la temperatura o de ambos factores conjuntamente.

➤ Materiales compuestos como el Vinil (plástico con fibra vegetal) y mangueras de caucho con fibra vegetal:

Los material compuesto, son sustancia obtenida por la combinación de dos o más materiales diferentes. Un material compuesto puede presentar propiedades mecánicas y físicas especiales, ya que combina las mejores propiedades de sus componentes y suprime sus defectos. Sus propiedades están dadas por la resistencia específica (relación entre resistencia y densidad) y la rigidez específica (relación entre elasticidad y densidad) de los compuestos de matriz polímera de fibras de carbono continuas, por ejemplo, pueden ser muy superiores a las de muchas aleaciones metálicas convencionales.

➤ El hierro fundido:

Los metales ferrosos son aleaciones del hierro con el carbono y otros elementos, tales como el silicio, manganeso, fósforo, azufre y otros. El hierro fundido se obtiene en los altos hornos. La mayor parte del hierro fundido que se obtiene en los altos hornos se destina a la producción de acero.

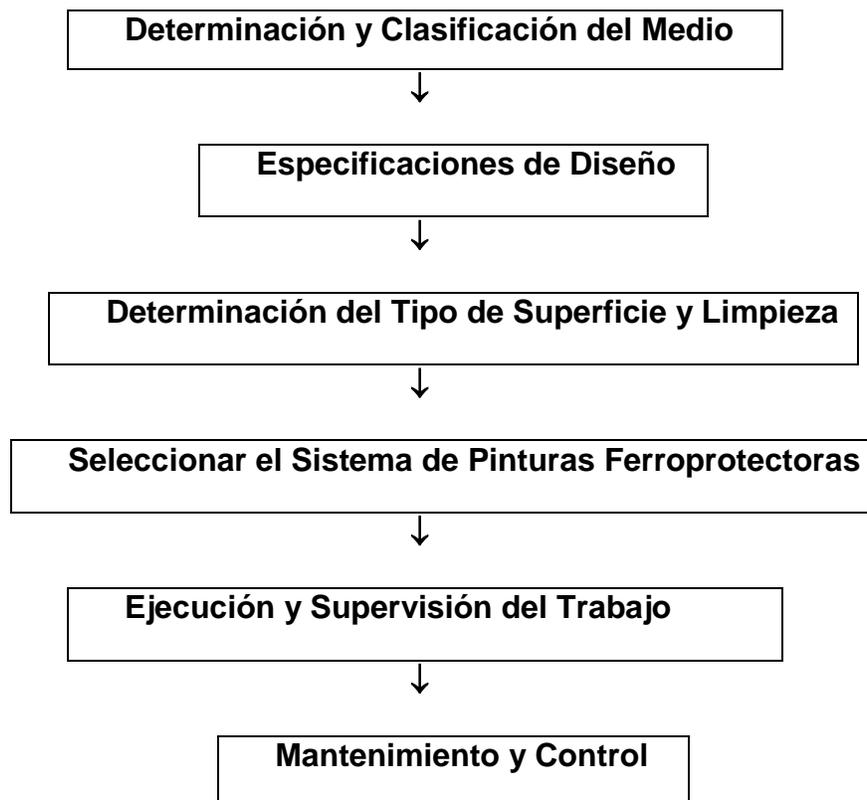
➤ Pinturas anticorrosivas:

Existen muchas clases de pinturas que proporcionan una protección más o menos eficaz contra la corrosión. Las pinturas no son anticorrosivas y solamente se les asigna, desde el punto de vista de protección contra la corrosión y la oxidación, una misión impermeabilizante, aparte del efecto decorativo. Normalmente deben aplicarse por lo menos dos capas, sobre una imprimación previa sobre el metal de

un pigmento pasivador, como el minio o el cromato de cinc, que detienen la corrosión aun cuando se produzca algún poro en la capa de pintura que llegue hasta el metal base.

La aplicación de recubrimientos de pinturas es el método más ampliamente utilizado en la protección contra la corrosión metálica. Se conoce que por cada 100 m² de superficie metálica expuesta a la corrosión, unos 85-90 m² están protegidos por revestimiento. Las principales ventajas que inducen el empleo de este tipo de protección son, entre otras, su aplicación sencilla a pie de obra, diversidad de colores, gran variedad de tipos de pinturas con diferentes características y resistencia, bajo costo y posibilidad de combinación con recubrimientos metálicos (metalizado, galvanizado, etc).

Diagrama de aplicación de pinturas ferroprotectoras



Como se observa, para la aplicación de un sistema de pintura que se corresponda con los requerimientos de durabilidad establecidos internacionalmente, tienen que cumplirse un grupo de requisitos o pasos del proceso. Todo ello se observa que en la práctica se viola frecuentemente, afectando la durabilidad de los sistemas de pintura.

2.1.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y la reales

Incluye la identificación de la zona, área, instalación y equipo donde se presenta el problema. Comprobar datos de diseño con datos de la instalación y operación en las condiciones de trabajo. De tratarse de un proceso o equipo, hay que hacer referencia a los parámetros fundamentales del mismo, entre ellos presión, temperatura, concentración de los electrolitos, pH, materias primas, subproductos, productos finales, etc.; la caracterización de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se produce el problema, de ser necesario; la ubicación geográfica, para con ello poder esclarecer la acción de factores físicos, químicos y biológicos y la contaminación ambiental; se deben observar cambios en los fluidos o los parámetros fundamentales de operación del sistema.

Las bombas de vapor y el auto cisterna teniendo en cuenta que se encuentra en una zona urbana, con contaminación por gases de combustión de automóviles y vehículos de transporte automotor, además de encontrarse cercano a la zona industrial según el criterio de (Feliú, 1971), están ubicados en una zona marino-urbana- industrial. Los mismos presentan problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en toda la estructura metálica.

Según el Mapa de agresividad corrosiva de la Atmósfera de Cuba (Anexo 1), por estar ubicado el Museo de Bomberos de Matanzas, a una distancia de 180m del mar, la misma se puede clasificar como extrema, pero al estar apantallada, el efecto del aerosol marino se reduce. No obstante, dentro de la nave donde se estacionan las bombas y carros cisternas, frecuentemente o casi a diario, se pone

a funcionar el transporte que emite gases de combustión dentro de la instalación y puntualmente eleva la agresividad corrosiva.

Las bombas de vapor, están expuestas en la nave que sirve de garaje de los autos cisternas, pero no están en explotación. Sus superficies exhiben abundante polvo y materias sólidas. El recubrimiento de pintura está deteriorado y en algunos lugares no existe protección ninguna. No hay evidencias de que se haya realizado algún tipo de conservación.

El auto cisterna, que sí está en explotación, tiene aplicado un recubrimiento de pintura anticorrosiva de color rojo y blanco sobre la superficie de acero al carbono estructural, que está dañado en varias partes. Las aleaciones al cromo níquel y el aluminio, no presentan deterioro. Tampoco hay evidencia en este vehículo de que se haya realizado alguna conservación. Otros materiales como el compuesto de plástico y fibra vegetal (vinil), cintillos de goma, están dañados.

2.1.3 Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales. Ensayos de recepción

Se tienen en cuenta las normas de calidad de los materiales de que disponen; las normas de calidad en el proceso de construcción y montaje; normas de calidad para el control de los procesos de protección anticorrosiva; los ensayos de calidad de los productos que emplean o información precisa al respecto.

Como no se les ha aplicado ningún tipo de protección anticorrosiva ni de conservación a las bombas de vapor, no se han puesto en práctica en estas, las normas internacionales que rigen esta actividad.

El auto cisterna fue fabricado en el año 2008 y entró en explotación en el museo el 25 de mayo de 2009. Desde esos años, tiene aplicada una protección anticorrosiva con pintura roja y blanca, de la que no se poseen datos. No tiene conservación adicional y presenta problemas de diseño anticorrosivo que han

propiciado el rápido deterioro de su componente estructural y de su recubrimiento en solo siete años de los veinte planificados para su vida útil.

Cualquier intervención que se vaya a realizar tanto de conservación como de mantenimiento sobre bombas de vapor o el auto cisterna, se debe tener en cuenta que lo más importante de este tipo de trabajo, es mantener el estado original de la piezas museables en este caso (las bombas de vapor) para que no se afecte el valor patrimonial de la misma.

2.1.4 Historia del problema

Tiene en cuenta los antecedentes del problema, que incluye años de servicio de la instalación y de los equipos, así como la acción de factores físicos, químicos, biológicos y combinación de ellos, sin profundizar en los mismos; el diagnóstico de la corrosión y protección en el área de haberse realizado con anterioridad. Puede incluir video, toma fotográfica, muestras, mediciones, etc.

➤ **Bomba Matanzas. (1864)**

Fue adquirida por el Batallón de Honrados Obreros Bomberos, es de vapor, de fabricación inglesa y de 300 galones de agua por minuto. Fue trasladada desde Nueva York a bordo de la barca inglesa Sin Shephed y desembarcada por el puerto de Matanzas el 1 de febrero de 1864, se mantuvo en funcionamiento hasta la década 1930.

➤ **Bomba La Caridad. (1894)**

De procedencia Inglesa, perteneciente a la firma Merry Weather London. First Grand Prize Engina. Fue comprada para el Cuerpo de Bomberos de Unión de Reyes, municipio de la provincia de Matanzas. Fue llevada a la provincia de Pinar del Río, en octubre de 1998 se traslada a Matanzas. Es así como se exhibe desde la apertura del museo en noviembre de 1998.

➤ Bomba Cuba. (1901)

Arriba a Matanzas en 1901, adquirida por el Cuerpo de Bomberos del Comercio. Fabricada por la American Fire Engine Company de Nueva York, con su última patente inscrita el 3 de mayo de 1898. Del sistema rotario, desaloja 700 galones de agua por minuto, (lo que equivale a 2800 litros por segundo).

Se hicieron con ella algunas pruebas públicas en la ciudad, aunque se conservó como reliquia para desfiles, exposiciones. En 1986 fue sometida a una reparación capital en su caldera, en la demostración realizada posteriormente se quemó la misma y en esas condiciones se exhibe hasta su pronta restauración.

➤ Carro Cisterna (HOWO).

Fue recibido en el museo el 25 de mayo del 2009, con fecha de fabricación del 2008. Fabricado por la firma HOWO, China, con un período de tiempo de vida útil de 20 años. Llega a la instalación con el objetivo de prestar servicios de tipo emergencia, protección, especiales y como principal función la de estar listo para cualquier actividad de incendios.

Las tres bombas de vapor y autos cisternas expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas tienen el objetivo de conservar, investigar y exhibir la rica historia de las actividades de extinción y prevención de incendio de nuestra ciudad. A los mismos se les ha realizado la aplicación de productos anticorrosivos (pinturas), desconociendo las regulaciones normadas para desarrollar esta labor con calidad. Por esta razón no se han resuelto los problemas de diseño anticorrosivo que presentan estos vehículos, ni se ha logrado la preparación de la superficie que requieren los materiales que los componen, antes de pintar.

2.1.5 Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema

Debe de realizarse por el especialista que realizará el análisis correspondiente o cumpliendo indicaciones precisas del mismo. Un error en las muestras que se presentan para iniciar un análisis o la alteración de las mismas por implicados en el problema, pueden originar falsas conclusiones y en la mayoría de los casos pérdidas de tiempo.

Se tomaron fotos del estado actual de las bombas de vapor y auto cisterna (Ver Fig1, 8,13 y18 Anexos II), con una cámara BLU, para realizar el diagnóstico del diseño anticorrosivo, la corrosión y la conservación, pudiendo observarse que existe deterioro en estas piezas y hay varios problemas de diseño anticorrosivo, que deberán ser resueltos en su totalidad evitando de esta manera una restauración de las piezas y degradación de valor patrimonial.

2.2 Análisis del problema. Propuesta de soluciones.

2.2.1 Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.

Se basa en identificar el tipo de corrosión y con ello las causas que la originan, en algunos casos es necesario auxiliarse de medios de observación para poder identificarla, entre ellas el microscopio estereoscópico, metalográfico, mediciones ultrasónicas, rayos X, microscopía electrónica de barrido (MEB) y otros ensayos especiales esto implica conocer las características de los diferentes tipos de corrosión que pueden presentarse en las condiciones de problema dado. Por ello hay que considerar en este aspecto todos los posibles tipos que puedan estar presentes y considerar además la posibilidad de acción combinada de efectos físicos y químicos que influyen en la corrosión.

Se precisa tener en cuenta los daños físicos y químicos que afectan por corrosión, precisando los tipos de corrosión más comunes, descripción detallada de los mecanismos y los factores que influyen; así como, los daños biológicos y/o

biodeterioros, precisando también los tipos y factores que influyen. Cada uno debe ser analizado profundamente considerando todos los elementos.

Entre los principales problemas de corrosión observados en las bombas de vapor y autos cisternas del museo, se encuentran corrosión electroquímica atmosférica húmeda. Además, en las bombas se destaca la corrosión en resquicios y en el auto cisterna la corrosión galvánica por par metálico y la corrosión en resquicios.

➤ Corrosión electroquímica:

Corrosión electroquímica o galvánica es la que se produce cuando dos metales de diferente electronegatividad se encuentran en contacto. El metal con mayor electronegatividad se oxida (ánodo), dando lugar a su progresivo deterioro y desprendimiento desde la superficie metálica, en presencia del segundo (cátodo). Todos los metales presentan una tendencia a oxidarse (perder electrones), que se cuantifica por medio de este potencial de oxidación (electronegatividad); cuanto más alto sea este valor, más noble es el metal, es decir, se oxida con mayor dificultad.

➤ Corrosión atmosférica:

De todas las formas de corrosión, la atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. Grandes cantidades de metal de automóviles, puentes o edificios están expuestas a la atmósfera y por lo mismo se ven atacados por oxígeno y agua. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando la sal, los compuestos de sulfuro y otros contaminantes atmosféricos están presentes. Los factores que influyen en la corrosión atmosférica son la temperatura, la presencia de contaminantes ambientales y la humedad.

La corrosión atmosférica, por ser una corrosión electroquímica, se desarrolla en presencia de la humedad, de no existir humedad o alcanzar determinados niveles insuficientes para la condensación, no tiene lugar la corrosión atmosférica

➤ Corrosión Atmosférica Uniforme o Generalizada (Húmeda).

Tipo: Corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: 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 %, según refieren investigadores del tema, entre ellos Tomashov , Feliú , Corvo , Echeverría , Morcillo , etc.

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

➤ Corrosión Atmosférica Mojada.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

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

➤ Corrosión intersticial, en resquicios o en orificios:

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Durante el diseño de una pieza, equipo o estructura metálica, el diseñador debe tener especial cuidado en no crear intersticios, ya que estos favorecen la acumulación de depósitos (contaminantes) y humedad, que propician

el desarrollo de este tipo de corrosión. La explicación de este mecanismo es similar al de las celdas de concentración, que fue explicado con anterioridad.

Se presenta en uniones, intersticios, zonas de solape, zonas roscadas, en general en aquellas regiones mal aireadas o en las cuales la renovación del medio corrosivo está condicionada por mecanismos de difusión y es, en general difícil.

Muy a menudo el ataque en resquicio se debe a la formación de pilas de aireación diferencial originadas como consecuencia de la presencia de distintas presiones parciales de oxígeno en diferentes zonas de la superficie metálica

- Corrosión galvánica por celdas de aireación diferencial:

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial.

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

También conocida como corrosión bimetálica. Ocurre cuando dos metales diferentes se acoplan electrolíticamente en presencia de un ambiente corrosivo. Uno de ellos se corroe cuando se acopla con otro con un potencial más positivo o más noble en la serie galvánica. Al mismo tiempo, el metal más noble se protege de la corrosión.

- Corrosión galvánica por par metálico:

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

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

Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad

(electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales. La velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas y la naturaleza y período de acción del electrolito.

➤ Corrosión picadura:

Es altamente localizada, se produce en zonas de baja corrosión generalizada y el proceso (reacción) anódico produce unas pequeñas “picaduras” en el cuerpo que afectan. Puede observarse generalmente en superficies con poca o casi nula corrosión generalizada. Ocurre como un proceso de disolución anódica local donde la pérdida de metal es acelerada por la presencia de un ánodo pequeño y un cátodo mucho mayor.

➤ Corrosión interfacial:

La corrosión interfacial se presenta por debajo del recubrimiento como consecuencia de una mala preparación de la superficie y contaminación de la misma. Este problema es muy frecuente en las carrocerías de los automóviles una vez que se realiza el proceso de chapistería, ya que posterior a la soldadura se aplica pintura, sin eliminar el óxido y sin descontaminar la superficie.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad adsorbida que penetra a la pintura, al igual que el oxígeno, pero que se desarrolla únicamente cuando hay contaminantes.

2.2.2 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico-económicas y sociales

Incluye evaluaciones realizadas de la magnitud de daño con datos técnicos y económicos; aplicación de métodos no destructivos para evaluar el daño causado;

ensayos para determinar la magnitud de la velocidad de corrosión y evaluaciones realizadas. Resultados de evaluaciones o fundamentación de los ensayos.

Tiene en cuenta aspectos económicos en correspondencia con las Normas Internacionales actualmente vigentes. También se tienen en cuenta otros datos económicos que pueden obtenerse sobre el problema objeto de estudio, entre ellos monto de la inversión, pérdidas que se producen, costo de los mantenimientos, etc.

Por último se considera el impacto ambiental como resultado del problema de corrosión y las posibles afectaciones.

Al respecto se establece como máximo de afectación un 1% de la superficie afectada, posterior a lo cual hay que ejecutar el mantenimiento.

El deterioro de las bombas de vapor es evidente por su aspecto, que implica daños al valor patrimonial de la pieza y por ende, pérdidas desde el punto de vista social, que se consideran pérdidas indirectas causadas por la corrosión.

El auto cisterna presenta un avanzado grado de deterioro, requiriendo en estos momentos la chapistería (restauración). Su vida útil fue estimada para unos 20 años, y lleva en explotación solo 5 años. Tiempo en el cual no ha sido sometido a mantenimiento. Pero por los daños causados por la corrosión el auto puede ser dado de baja en el servicio y las afectaciones a la actividad de apagar incendios, constituyen pérdidas indirectas causadas por la corrosión.

2.2.3 Medidas que deben aplicarse

Proponer medidas que deben aplicarse a corto, mediano y largo plazo. Incluye acondicionamiento, rehabilitación, así como las derivadas de la disminución o eliminación de la contaminación y otras medidas que normalmente no se consideran métodos de conservación y/o protección. Ubicación de las instalaciones, apantallamiento con vegetación, etc.

Con el objetivo de lograr la protección apropiada para las bombas de vapor y el auto cisterna, se pueden orientar una sucesión de medidas las cuales pueden ser:

- La limpieza diaria de todas las áreas teniendo en cuenta tanto las zonas en el exterior como interior de los vehículos con paño seco,
- Colocar una lona a la estructura durante las horas de la noche y madrugada, para evitar el humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia y la deposición de contaminantes situados por el viento en las horas en que se encuentra cerrada la instalación.
- Las bombas de vapor y auto cisterna tiene más del 1% de la superficie pintada dañada, por lo que es necesario seleccionar y aplicar un sistema de pintura adecuado para las condiciones de exposición (atmosféricas) y la durabilidad que se quiere lograr de esta.
- Brindar solución a los problemas de diseño anticorrosivo que se muestren que no impliquen cambios en su estructura, para que de esta forma no se pierda el valor patrimonial de la pieza,
- Para evitar el deterioro del sistema protector de pintura anticorrosiva y otros sistemas protectores se debe cumplir anualmente el mantenimiento del vehículo y la restauración parcial del recubrimiento en caso de que haya sido dañado en algún punto.

2.2.4 Métodos de protección que pueden aplicarse

Se aplican una vez analizadas todas las medidas que puedan proponerse, ya que económicamente, la aplicación de métodos motiva un incremento de los costos. Se seleccionan en base a las características del sistema y se fundamentan convenientemente. Dentro de estos se incluye el diseño y la operación adecuada.

- Métodos de protección contra el deterioro por corrosión.
- Métodos de protección contra el biodeterioro. Métodos de conservación.

- Métodos de diseño para la protección y conservación.
- Protección por operaciones adecuadas durante los procesos.

Uno de los métodos de protección más ampliamente difundidos es la aplicación de recubrimientos de pinturas. Al respecto la Norma ISO 12944 establece todos los aspectos a tener en cuenta en la elaboración, ejecución y control de un proyecto de pintura en la ISO (9), precisa las especificaciones del proyecto, del sistema de pintura, de los trabajos de pintado y de inspección y ensayo, tal cual se tiene que proceder al ejecutar cualquier proyecto de protección anticorrosivo.

Cuando se realiza un diagnóstico de un equipo o instalación, se tiene que tener en cuenta que todos los elementos que integran la misma, el ambiente que la rodea, el proceso que tiene lugar y los hombres que la operan, son elementos del sistema. Por tanto todos intervienen en la protección anticorrosiva y conservación de la misma.

La Tecnología desarrollada con el enfoque en sistema, integra todos los elementos antes señalados. Esta es la base de los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación, que hemos identificado como SIPAYC

En el enfoque en sistema del SIPAYC, tiene gran importancia el diseño anticorrosivo, causante de la mayoría de los problemas.

Considera a las pinturas con sus defectos de preparación superficial, que no son flexibles, que son permeables.

Incorpora el concepto de conservación de una forma amplia. Conservación en la que participa el propio hombre cuando capacitado en estos conceptos “cuida su maquinaria”. Esto es vital en el enfoque en sistema.

Para el caso de las bombas de vapor expuestas en las salas del Museo de bomberos de Matanzas, se pueden aplicar recubrimientos protectores con pintura y cera abrillantadora para no afectar la estética de la pieza y solucionando problemas de diseño anticorrosivo fundamentalmente resquicios. Por otra parte, para la limpieza superficial se puede emplear disolución de fosfatado.

Para el auto cisterna se pueden aplicar pintura, mástique asfáltico, disolución de fosfatado, grasas anticorrosivas semisólida y líquida y cera abrillantadora. Los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en este auto, pueden ser resueltos con el uso de estos productos.

2.2.5 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC)

El SIPAYC que se propone no es más que el servicio DUCAR para autos, solo que considerando que las bombas de vapor son piezas de museo, se trata en su denominación más general.

Para lograr la propuesta para la protección anticorrosiva y la conservación de las bombas de vapor y auto cisterna en el Museo de Bomberos de Matanzas se hizo necesario realizar la caracterización atmosférica y determinación de las condiciones de exposición de las bombas y explotación del auto cisterna. Se diagnosticaron los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación. Se analizaron y se propusieron las medidas necesarias para dar solución entre las que se encuentra la aplicación de Servicio DUCAR a las bombas de vapor y al auto cisterna. Este comprende varias etapas en la solución a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión:

1ra etapa: Solución a los problemas de diseño anticorrosivo antes de pintar.

Se resuelven todos aquellos problemas que necesitan el uso de métodos manual-mecanizados, tales como biselar bordes, emparejar soldaduras, abrir orificios de acceso y drenaje, retirar pernos y convertir áreas inaccesibles en componentes huecos o áreas cerradas según corresponda.

En una etapa intermedia se prepara la superficie metálica con el uso de métodos manual mecanizados hasta un grado de limpieza superficial de St2 y posteriormente se aplica un método químico como la disolución de fosfatado DISTIN 504, para lograr el grado de limpieza similar al Sa21/2. Luego se aplica el sistema de pintura que será seleccionado y analizado más adelante.

2da etapa: Solución a los problemas de diseño anticorrosivo después de pintar.

Se resuelven todos aquellos problemas de diseño anticorrosivo que requieren el uso de productos de conservación. Entre ellos tenemos limpiar y preparar pernos (pintarlos, aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 y grasa semisólida DISTIN 314), proyectar grasa líquida en los componentes huecos y sellar los orificios de acceso con mástique, atomizar grasa en el interior de áreas cerradas, crear superficies inclinadas con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, sellar resquicios con este mástique o con cera abrillantadora e impermeabilizante en zonas donde la estética y el valor patrimonial de la pieza lo requiera, atomizar grasa al interior de zonas de difícil acceso y sellar con mástiques, aplicar cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603, sobre la pintura.

Cada producto especialmente preparado para dar el servicio, tiene su función y característica específica, además de saber que son productos de fabricación nacional, que se utilizarán para conformar la tecnología del SIPAYC. Ellos son:

1. La Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida DISTIN 504, es un producto que está diseñado para penetrar en los intersticios, tratamiento inmediato sobre superficies oxidadas que elimina, convierte el óxido, sella y formando una capa protectora y adherente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera.
2. . La grasa de conservación líquida (DISTIN 314 L) se aplica en todos los componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles, solapes, intersticios y hendiduras de estructuras metálicas del transporte, 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.

3. La grasa semisólida conservante y lubricante (314) es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico.
4. Mástique Asfáltico Líquido DISTIN 404 L, ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc. la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraña para la protección 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.
5. Mástique Asfáltico Semisólido con goma DISTIN 404, posee 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.

6. Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida. DISTIN 603 L, es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales por su composición líquida 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. También se utiliza para aislar metales de diferente naturaleza. Además, para el caso de estos vehículos, la mayoría de los resquicios, por estar en zonas visibles al público, se deben sellar usando varias capas de este producto. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos.

2.2.6 Propuesta de un sistema de pintura

Para una correcta selección del sistema, se tiene que tener en cuenta el planteamiento que rige la Norma ISO 12944-5: 2007, en la cual se exponen varias tablas donde se registran diferentes tipos de sistemas de pinturas, atendiendo a las condiciones y el nivel de agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona analizada (Anexo 1), en el caso de estudio es C4. Además de tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura ,que para las bombas de vapor y el auto cisterna se propone que sea de 2 a 5 años, categorizándose así como durabilidad baja ,aunque no se considere como un período de garantía, este sirve como guía para posteriores mantenimientos.

Se selecciona el esquema de pintura S4.19, que tiene como característica un grado de limpieza superficial recomendado de Sa21/2, el ligante es poliuretano, con 1 capa de imprimación de 40 µm , 1-2 capas de acabado con un espesor total de 120 µm , para un total 2-3 capas, con un espesor total del sistema de 160 µm . Atendiendo a estos requerimientos se seleccionan los tipos de pintura siguiendo el catálogo HEMPEL, el cual después de un detenido análisis arroja los siguientes resultados:

Tabla 2.1 Pinturas propuestas para las bombas y el auto cisterna.

Tipo de pintura	Primaria	Acabado
Pintura blanca	Hempadur (45880)	Polyenamel (55100)
Pintura negra	Imprimación Antitérmica (164EO)	Hempel's (565EO)
Pintura roja	HEMPADUR PRIMER (15300)	HEMPEL'S POLIURETANO SR (555EH)

Tabla 2.2 Costo de las pinturas seleccionadas

Tipo de pintura seleccionada	Costo en moneda nacional	Costo en divisa (CUC).
Hempadur(45880)	0,68MN	3,18Cuc
Polyenamel(55100)	0,27MN	1,19Cuc
Imprimación Antitérmica (164EO)	0,71MN	3,21Cuc

Hempel's(565EO)	0,24MN	1,03Cuc
HEMPADUR PRIMER (15300)	0,72MN	3.36Cuc
HEMPEL'S POLIURETANO SR (555EH)	0.32MN	1,42Cuc

De acuerdo con los datos obtenidos del rendimiento de las pinturas propuestas y el área que se calculó para las zonas donde se aplicará cada tipo de pintura, se obtuvieron los resultados del consumo total de cada pintura y su precio. De pintura roja se usará dos litros de primario HEMPADUR PRIMER (15300) a un costo de (1.44MN y 6.72CUC) y 2 litros de acabado HEMPEL'S POLIURETANO SR (555EH) a un costo de (0.64MN y 2.84C) para el auto cisterna, en el que también se empleará pintura blanca 1litro de primario Hempadur (45880) a un costo de (0,68MN y 3.18CUC) y de acabado 1litro de Polyenamel (55100) a un costo de (0.27MN y 1.19CUC). De acuerdo con esto, el costo total de pintura para el auto cisterna es de (3.03MN y 13.93CUC).

Para las bombas se usará de pintura roja, dos litros de primario HEMPADUR PRIMER (15300) a un costo de (1.44MN y 6.72CUC) y 2 litros de acabado HEMPEL'S POLIURETANO SR (555EH) a un costo de (0.64MN y 2.84C). También de la negra se emplearán 2litros de primario Imprimación Antitérmica (164EO) a un costo de (1.42MN y 6.42CUC) y de acabado HEMPEL'S POLIURETANO SR (555EH) a un costo de (0.48MN y 2.06CUC). Atendiendo a esto, el costo total de pintura para las bombas de vapor es de (3.98MN y 18.04CUC).

2.3 Aspectos a tener en cuenta para la valoración económica.

Para realizar la Valoración Técnica y Económica de las bombas de vapor y el carro cisterna en el presente trabajo se analizaron las condiciones actuales de dichos equipos, a través de la propuesta de conservación de los mismos aplicando el SIPAYC, comparando sus resultados con los principales indicadores económicos de la aplicación del servicio DUCAR. En esta etapa se aplicarán los documentos normativos establecidos en cuanto a la elaboración de la Ficha de Costo, procedimiento avalado por la Resolución Conjunta No.1 del Ministerio de Finanzas y Precios.

Los productos de conservación DISTIN, son desarrollados por el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas. Cada uno de estos presenta características, definidas en su Ficha Técnica. La capacidad productiva de los mismos se incrementa con el financiamiento aportado por los clientes, principalmente el Servicio DUCAR (FAR), la UNE y la EISA Matanzas.

Se analizan los elementos del costo, incluidos en la ficha de costo. Se utilizan herramientas de Excel y se obtienen datos para la valoración de los resultados.

2.4 Aspectos a tener en cuenta en la valoración del impacto social.

La evaluación del impacto social en el Museo de Bomberos de Matanzas está sujeta a lo planteado en los Lineamientos Económicos y Sociales del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, especialmente en el Lineamiento 163. Este ratifica en su estructura la necesidad de “continuar fomentando la defensa de la identidad, la conservación del patrimonio cultural, la creación artística y literaria y la capacidad para apreciar el arte. Promover la lectura, enriquecer la vida cultural de la población y potenciar el trabajo comunitario como vías para satisfacer las necesidades espirituales y fortalecer los valores sociales”.

En el museo se realizan una serie de actividades con un número determinado de visitantes que asisten a la instalación cada año. Una muestra de este quehacer se recoge en datos que se muestran en la tabla 3.1 del capítulo III. En la misma se puede encontrar el número de visitantes por mes y el tipo de actividad a la que asistieron en los dos últimos años (2013-2014). Sin embargo, tanto los gastos como las actividades de conservación son nulos. Esta instalación no recauda fondo por la realización de sus actividades que además de las propias del museo es la encargada de dar respuesta en la mitigación de incendios y otras actividades de la defensa civil.

Conclusiones Parciales.

A pesar de encontrarse en un área apantallada, las bombas de vapor y el auto cisterna están sometidos a una alta agresividad corrosiva que es evidente por el alto deterioro que presentan.

Los problemas de diseño anticorrosivo, es un factor muy influyente en los problemas por corrosión que se presentan en las bombas de vapor y el auto cisterna en el museo de Bomberos de Matanzas.

Para la aplicación del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación se debe tener en cuenta que no se debe afectar el valor patrimonial de las bombas de vapor.

En el museo se realizan frecuentes actividades con visitantes interesados en las piezas que se atesoran, pero no se dedican ni recursos ni esfuerzos a la tarea de protección anticorrosiva y conservación de estas piezas.

Capítulo 3: Análisis y discusión de resultados.**3.1 Análisis de la caracterización atmosférica del ambiente de estudio.**

Las bombas de vapor y el auto cisterna se exhiben en el Museo de Bomberos de la Ciudad de Matanzas (Fig.3.1). Coincidiendo con lo que plantea (Feliú, 1971), referido en el capítulo I, se clasifica la atmósfera como marina-urbano-industrial, con una gran incidencia por el aerosol marino proveniente de la cercanía del mar y la contaminación de los gases resultantes de la combustión de los automóviles y las industrias de la zona. La contaminación que predomina es la del aerosol marino que varía estacionalmente siendo mayor en invierno que en verano; le sigue la urbana por estar dentro de la ciudad, pero depende de la cantidad de autos y las actividades que generen contaminación que pueda llegar hasta la instalación y por último la industrial que depende de la dirección del viento que puede arrastrar los gases de las industrias cuando estas están en proceso. El viento juega un papel importante en el traslado de los contaminantes hasta la instalación.



Fig.3.1 Vista del Museo de Bomberos de la ciudad de Matanzas.

Según el mapa de agresividad corrosiva de la isla de Cuba (Fig. 3.2), atendiendo a la distancia de la costa a menos de 1Km, pudiera ser una atmósfera de agresividad extrema; pero el apantallamiento que provocan las paredes de la propia instalación, disminuyen la concentración de contaminantes provenientes del aerosol marino (cloruros y sulfatos). No obstante, debido a que en el museo se ponen a funcionar a diario a carros que son utilizados para uso del mismo, aumenta puntualmente la contaminación por SO₂ antropogénico, que influye en la agresividad corrosiva dentro de la instalación. La agresividad corrosiva de la atmósfera en este ambiente se considera alta y se clasifica como C4, aunque en determinados momentos pudiera ser extrema por la combinación de la contaminación marina con la antropogénica.



Fig. 3.2 Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba, 2009.

3.2 Análisis de la caracterización de los materiales

Las bombas de vapor y el auto cisterna, presentan en su constitución materiales como acero al carbono estructural, acero al cromo-níquel, aluminio, hierro, bronce, madera, vidrio, caucho y materiales compuestos. De todos estos materiales, el acero al carbono es el que mayor interés despierta en este trabajo, por su baja resistencia a la corrosión, por lo que debe ser debidamente protegido. También se considera al hierro, aunque puede pasivarse en algunos momentos de acuerdo a su pureza. El resto de las aleaciones presentes son resistentes a la corrosión.

El aluminio y el bronce se pasivan. El primero está presente en la mayor parte de la estructura del auto cisterna, (cintillos, defensa y otros accesorios). Es un material muy activo, que presenta corrosión generalizada. Por ello, al entrar en contacto con el acero forma par metálico y desarrolla corrosión galvánica. Su aspecto en el carro es gris opaco, por la capa de óxido que lo protege. Desde este punto de vista es una ventaja para el metal porque no se deteriora, en cambio el acero en contacto con él se oxida y puede sufrir picadura.

El bronce está presente en las bombas de vapor. Sobre su superficie se forman pátinas que lo protegen y al ponerse en contacto con el acero y el hierro desarrolla corrosión galvánica por par metálico.

El acero al cromo –níquel es de alta resistencia a la corrosión por sus propiedades especiales. En el auto cisterna también ayuda a la estética, pero provoca el deterioro del acero al ponerse en contacto con él por no estar aislado del mismo.

La madera es higroscópica, por tanto adsorbe humedad y contribuye al proceso corrosivo en los resquicios que forma con el acero y el hierro.

El caucho sintético también forma parte del carro, el mismo a pesar de ser un material con gran flexibilidad y elasticidad se encuentra gravemente dañado, presenta cuarteaduras ocasionadas por la exposición al oxígeno atmosférico por

tiempo prolongado y por estar en contacto con ácidos generados por la corrosión, ya que este material es poco resistente a la acción de este tipo de sustancia. También contribuye a la corrosión por los resquicios que forma con el acero.

Las fundiciones presentes en las bombas de vapor, son más resistentes que el acero, pero también sufren corrosión, por lo que deben ser protegidas debidamente.

3.3 Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo presentes en las bombas de vapor y auto cisterna.

Otro factor, además de las características propias de los materiales que componen las piezas de estudio (bombas de vapor y carro cisterna) que contribuyen a la aceleración de los fenómenos corrosivos, son los problemas de diseño anticorrosivos. Los objetos analizados presentan variedad de problemas de diseño anticorrosivo, por lo que ocasiona de esta manera que aumentan las secuelas y por ende las afectaciones. Dentro de estos problemas se pueden encontrar:

Los intersticios, hendiduras, orificios o resquicios que se crean en las uniones metal-metal, metal-madera y metal-caucho. En estas zonas es retenida la humedad, los contaminantes, el polvo y otras materias que desencadenan el problema de la corrosión electroquímica atmosférica intersticial que es a su vez localizada y muy dañina porque se crean puntos de corrosión donde luego sobreviene la picadura. Este tipo de problema es abundante en las bombas de vapor y en el auto cisterna, pero en el caso de las primeras, se observan gruesas capas de polvo, evidencia de que han estado mucho tiempo sin limpiarse. Este polvo por ser higroscópico adsorbe humedad y también se inoculan contaminantes que están en la atmósfera y dan lugar a la formación de celdas galvánicas.

Las conexiones con pernos traen como consecuencia la formación de resquicios y la presencia de la corrosión electroquímica a través de disímiles mecanismos ejemplo de ello es la corrosión intersticial localizada, se observa también la celda

galvánica por par metálico al ponerse en contacto el acero de los pernos con el acero estructural de la carrocería del auto cisterna, ya que el primero es menos activo y se reduce y el segundo es más activo y se oxida. También sucede esto en las bombas de vapor al ponerse en contacto el acero con el bronce.

Los componentes huecos se observan en algunas zonas de las bombas de vapor, tanto en la parte superior como en la inferior, en los ejes de las ruedas, en el espaldar del asiento. En el auto cisterna, su parte trasera constituye un componente hueco, por el espacio que queda entre el acero de la estructura exterior y el aluminio de la interior. También está presente en accesorios que se encuentran en el techo y la parte inferior de este auto. En el interior de estos se acumulan los iones cloruro y sulfato del aerosol marino y otros contaminantes de la atmósfera, por lo que al no tener aplicada la debida conservación se origina la corrosión desde la parte interior hacia el exterior.

Los problemas de accesibilidad están presentes en los espacios reducidos a donde no se puede llegar con herramientas para realizar la conservación (menos de 50 cm de altura por más de 100 cm de profundidad). Está presente en el auto cisterna, en una cavidad que queda entre la cabina y la parte trasera.

Prevención de la corrosión galvánica por par metálico es cuando se ponen en contacto dos metales de naturaleza diferente y se oxida el más activo por lo que deben ser aislados. Este problema es el que más se puede observar en el auto cisterna, por la unión del acero del componente estructural exterior con el aluminio de la estructura interior, en el acople de los cintillos sobre el acero, y en las uniones con pernos de acero sobre aluminio. También puede observarse en las bombas de vapor, en las uniones del acero con el bronce.

Área cerrada: En estas, cuando no se conserva, la corrosión comienza a desarrollarse en la cara interior del metal y va perforándolo hasta la picadura. En el auto cisterna está presente en las puertas de la cabina. En la parte trasera

también hay áreas cerradas, pero en su interior están conformadas por aluminio, constituyendo un componente hueco.

Zonas de retención de depósitos y humedad: Se presenta tanto en las bombas de vapor como en el auto cisterna, por la gran cantidad de superficies planas presentes en ellas. En las bombas, dichas superficies aparecen totalmente cubiertas de polvo y suciedad. Teniendo en cuenta, que el polvo es higroscópico, que en él se inoculan contaminantes y especies microbiológicas, se crean las condiciones propicias para que se desencadenen diferentes tipos de corrosión.

Bordes: Los bordes filosos o irregulares, crean resquicios donde puede desarrollarse la corrosión. En estos puntos que están presentes en el carro cisterna y en las bombas, el material es atacado con mayor rapidez e intensidad por la corrosión que en la superficie adyacente, ya que en ellos se forman resquicios e irregularidades donde los contaminantes y la humedad se acumulan y desarrollan celdas de aireación diferencial.

Soldadura irregular: se presenta en las bombas de vapor y en accesorios del auto cisterna. Se observa que en las irregularidades de la soldadura, aparecen puntos de corrosión (celdas), por la acumulación de humedad y contaminantes en ellas. El recubrimiento en esta zona, está dañado y se observa una coloración pardo-rojiza, característica de los productos de corrosión, sobre el cordón de soldadura.

Refuerzos: En el auto cisterna aparecen refuerzos de aluminio ajustados con pernos, donde aparecen resquicios y par metálico. Por el espesor del refuerzo, también hay acumulación de depósitos de humedad y contaminantes. En las bombas de vapor, también aparece este problema, pero el material es de acero y lo que crea son resquicios y zonas de acumulación de depósitos y humedad.

Además de los problemas de diseño anticorrosivo, en el componente estructural de las bombas de vapor se observan problemas serios de preparación superficial.

Aparecen zonas donde se aplicó un recubrimiento sobre restos de otro anterior, zonas donde no hay recubrimiento y evidencias de corrosión. En el auto cisterna, este problema no se observa así, pero el recubrimiento está dañado en varios puntos por los problemas de corrosión a los que dan lugar los problemas de diseño anticorrosivo.

3.4 Análisis de los tipos de corrosión que tienen lugar en las bombas de vapor y el auto cisterna y de los factores que influyen en el fenómeno.

La corrosión está presente en todas las estructuras de las bombas de vapor y el carro cisterna, la misma se caracteriza como **electroquímica atmosférica** no uniforme aunque se da el caso de la corrosión uniforme en el aluminio que componen algunas partes de carro cisterna y **puede ocurrir la microbiológica** por microorganismos que se desarrollan en la madera que está en contacto con el metal, este caso es para las ruedas de las bombas de vapor. No obstante para poder llegar a conclusiones sobre el efecto de la corrosión microbiológica, se requiere de un estudio que no es objetivo de este trabajo.

Debido a la humedad reinante en este ambiente, la **corrosión atmosférica húmeda**, está presente la mayor parte del tiempo, pero la **mojada** también tiene lugar, porque dentro de la edificación en las horas de la madrugada ocurre la condensación de humedad, que ha sido percibida en forma de rocío por el personal encargado de estas piezas. No obstante, le húmeda desarrolla un mecanismo más rápido, porque en la difusión de los agentes corrosivos estos tienen que atravesar una barrera menor hasta la superficie metálica.

Por los problemas de diseño anticorrosivo presentes, tiene gran incidencia la **corrosión intersticial**, porque en estas estructuras, son frecuentes los acoples entre partes metálicas y con otros materiales como la madera (en la bomba Cuba) y con el caucho en el auto cisterna. En ellos la humedad y los contaminantes encuentran puntos de acumulación por donde el material se deteriora. También se forman intersticios en los pernos y en los refuerzos. La corrosión galvánica tiene

lugar de dos formas: por **par metálico** (entre el aluminio y el acero; bronce y acero) y por **celdas de aireación diferencial**, que aparece en varios puntos de la estructura, donde se crean diferencias de concentración de oxígeno bajo depósitos de materias, sales y otros, dando lugar a la formación de ánodos con sus respectivos cátodos alrededor. Esta última tiene lugar en zonas de acumulación de depósitos y humedad y también puede ocurrir donde se forman resquicios.

Debajo de la inter-fase acero pintura y en lugares donde se ve dañado el recubrimiento en el auto cisterna y en las bombas de vapor, tiene lugar la corrosión **interfacial**. En el auto cisterna, se debe fundamentalmente a la no solución de los problemas de diseño anticorrosivo que han causado que se dañe el recubrimiento. En las bombas de vapor, es debido al envejecimiento de la protección anticorrosiva y a no cumplir las normas de limpieza de la superficie antes de pintar, pues se observa que se ha aplicado recubrimiento sobre restos de otros anteriores.

Entre los factores que se consideran más influyentes en la corrosión que tiene lugar en las piezas del museo Bomberos de Matanzas, el viento juega un papel fundamental, ya que es el principal encargado de arrastrar los contaminantes, provenientes del aerosol marino y de las fuentes antropogénicas, que intensifican el ataque corrosivo de manera considerable sobre el metal. Estudios realizados avalan la afirmación de que los mayores deterioros de estructuras metálicas se alcanzan en la costa norte por donde hay mayor penetración de los vientos. Además, esto es más evidente en períodos de invierno cuando las masas de aire polar llegan al territorio de Cuba por la costa norte y arrastran mayor cantidad de aerosol marino hacia el interior de la isla, lo que da a este contaminante carácter estacional.

Otro factor de gran importancia es la humedad, que provee la capa electrolítica a través de la cual se transfieren los electrones de una especie a otra. Dentro de la

instalación, la mayor parte del tiempo, la película de humedad es invisible, dando lugar a la corrosión atmosférica húmeda. Pero en horas de la madrugada, ocurre la condensación en forma de rocío y entonces también se pone de manifiesto el mecanismo de corrosión atmosférica mojada. El comportamiento de la humedad, contribuye, entonces, a que la corrosión atmosférica húmeda siempre esté presente y sea la que mayor efecto corrosivo cause, con respecto a la mojada.

Por otra parte, entre los contaminantes, los cloruros y sulfatos del aerosol marino, determinan en gran medida la contaminación en este ambiente. Sin embargo, también es considerable la contaminación por gases de combustión provenientes de los automóviles, que en determinados momentos pudiera elevarse hasta valores equiparables a los del aerosol marino, pero tienen mucha variación. Los gases provenientes de las industrias cercanas, varían aún más en concentración, porque dependen del funcionamiento de los procesos y de que el viento los transporte en la dirección de la instalación.

La temperatura en esta edificación es media y las variaciones más evidentes ocurren en las madrugadas, cuando disminuyen con respecto a las horas del día. La mayor influencia de la temperatura en esta instalación es en la variación de la humedad relativa.

Las precipitaciones, influyen también en el aumento de la humedad relativa en la zona y por ende, dentro de la edificación del museo.

3.5 Análisis de las medidas propuestas para solucionar el problema del deterioro por corrosión de las bombas de vapor y auto cisterna en el museo.

Para disminuir el ataque corrosivo de las superficies metálicas del auto cisterna y las bombas de vapor, se propone la limpieza diaria de todas las áreas teniendo en cuenta tanto las zonas en el exterior como interior de los vehículos con paño seco, para disminuir la deposición de humedad y contaminantes sobre las superficies y minimizar el ataque corrosivo de estos sobre el metal. Al eliminar el polvo de la

superficie, se elimina un adsorbedor de humedad y contaminantes. Téngase en cuenta que sin la humedad no ocurre el proceso corrosivo, porque no es posible el transporte electrónico de una especie a otra. También al disminuir los contaminantes con la limpieza superficial, disminuyen los agentes más agresivos en este ambiente.

Por otra parte, al colocar una lona a la estructura durante las horas de la noche y madrugada, para evitar el humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia y la deposición de contaminantes situados por el viento en las horas en que se encuentra cerrada la instalación, se crea una barrera a la deposición de contaminantes, humedad y la condensación sobre esta superficie, por lo que se incide en factores de gran influencia en la corrosión.

Seleccionar y aplicar un sistema de pintura adecuado para las condiciones de exposición (atmosféricas) es un método efectivo y relativamente fácil para proteger a los materiales. Sin embargo, deben cumplirse los requerimientos normados, acerca de la limpieza superficial, número de capas, espesor de película protectora y además resolver los problemas de diseño anticorrosivo, para que el sistema de pintura que se seleccione tenga la durabilidad que se quiere lograr.

Al dar solución a los problemas de diseño anticorrosivo que se muestren, se debe poner especial cuidado para que no impliquen daños al valor patrimonial de la pieza, por lo que no se permiten cambios significativos ni evidentes en su estructura.

Se deben realizar mantenimientos periódicos para evitar el deterioro del sistema protector de pintura anticorrosiva y otros sistemas protectores garantizando que estos no se deterioren significativamente, en poco tiempo, dejando el material sin protección.

El método de protección anticorrosiva más efectivo y completo, para las condiciones de exposición de las bombas de vapor y el auto cisterna, es el SIPAYC, que comprende todo lo propuesto acerca de la limpieza superficial, la solución a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión presentes en

estas estructuras que se estudian y la pintura más adecuada para la atmósfera bajo la cual se encuentran expuestas las piezas.

3.6 Análisis de la propuesta de aplicación del SIPAYC en las bombas de vapor y el auto cisterna en el museo.

El SIPAYC en su primera etapa resuelve aquellos problemas de diseño anticorrosivo que requieren el uso de métodos manual mecanizados. En el auto cisterna y las bombas de vapor es necesario biselar bordes, ya que estos se presentan filosos e irregulares y son zonas potenciales del desarrollo de la corrosión electroquímica atmosférica, incluso en presencia de microscópicas capas de humedad. Lo mismo ocurre en las soldaduras irregulares, que deben ser emparejadas, porque al igual que en los bordes, son zonas donde la capa de pintura no queda uniforme y es por donde comienza en frecuentes ocasiones, el deterioro del sistema protector.

Los orificios de acceso por los cuales se proyectarán los productos anticorrosivos como las grasas, así como, los que servirán para drenar el agua en zonas de acumulación de depósitos y humedad, deben ser abiertos en esta etapa, antes de pintar, para evitar que se pueda dañar el recubrimiento.

Los pernos se retiran para poder preparar y pintar la superficie debajo de ellos, evitando así, que quede alguna porción de la superficie sin protección, porque en el resquicio que se forma entre el perno y la superficie, también se desarrolla la corrosión de manera intensa.

Las áreas inaccesibles si se convierten en componentes huecos, deben ser modificadas, sellando sus entradas de humedad y contaminantes y se les abren orificios de acceso y drenaje para atomizar productos de conservación, que luego serán sellados. Si se convierte en área cerrada se le crea una cubierta que se pueda poner y quitar, cada vez que sea necesario conservar. En las bombas de vapor, este tipo de modificación no sería posible, porque afectaría su valor

patrimonial. En el auto cisterna, en la zona inaccesible no puede aplicarse esta modificación porque la parte trasera del auto, impide esta operación.

En la etapa intermedia de preparación de la superficie metálica, después del uso de métodos manual mecanizados para lograr el grado de limpieza superficial de St2, se aplica el método químico con la disolución de fosfatado DISTIN 504, para lograr el grado de limpieza similar al Sa21/2. Esta disolución reacciona con el material formando una capa uniforme de óxido metálico sobre la superficie, que provoca su pasivación y tiene como ventajas adicionales, que no hay que aplicar el recubrimiento inmediatamente, sino que se debe esperar, como mínimo, 24 horas y se puede llegar hasta 2 ò 3 días, porque actúa como protección temporal. También mejora el anclaje de las pinturas sobre la superficie. Luego se aplica el sistema de pintura que fue seleccionado por la norma UNE-EN ISO 12944-5:2007, atendiendo al grado de agresividad corrosiva C4 y la durabilidad baja de 2-5 años. Se trata del S4.19, que consta de ligante de poliuretano con una capa de imprimación de 40 µm, 1-2 capas de acabado con un espesor de 120 µm para un total de 2-3 capas con espesor total del sistema de 160 µm. Se utilizarán las pinturas del catálogo Hempel: de color blanco (Primario: Hempadur 45880; acabado: Polyenamel 55100); de color negro (Primario: Hempalin 52 140; acabado: Hempalin 12050); de color rojo (Primario HEMPADUR PRIMER (15300); acabado: HEMPEL'S POLIURETANO SR (555EH))

En la segunda etapa, se le da solución a los problemas de diseño anticorrosivo que requieren el uso de productos de conservación. Los pernos se limpian con métodos manual mecanizados y con disolución de fosfatado DISTIN 504, luego se pintan y se les aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, si no van a ser retirados en tiempo prolongado o si no afectan la apariencia original de la pieza y su estética; también se puede aplicar grasa semisólida DISTIN 314 en aquellos pernos que serán retirados periódicamente; como se trata de piezas de museo, en el caso de las bombas, se puede aplicar cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603.

En los componentes huecos se proyecta grasa líquida DISTIN 314L y se sellan los orificios de acceso con mástique asfáltico semisólido, que luego será pintado con el mismo sistema que la pieza de museo.

En el interior de áreas cerradas se atomiza grasa líquida DISTIN 314L, para evitar que la corrosión ataque al material desde adentro, por la humedad y los contaminantes que quedan atrapados dentro de esta área.

Sobre las zonas de acumulación de depósitos y humedad, se crean superficies inclinadas con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, con el objetivo de que la humedad y los depósitos no puedan permanecer sobre la superficie o disminuir su concentración. En las bombas esto se haría si no afecta el valor patrimonial de la pieza.

Los resquicios, tan frecuentes y evidentes en la estructura de las bombas y el auto cisterna, deben ser sellados con mástique asfáltico semisólido cuando no dañe la apariencia de la pieza y su valor patrimonial, en cuyo caso serán aplicadas varias capas de cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 para sellarlos. Hay que tener especial cuidado en aquellos orificios o resquicios donde la profundidad no permita lograr una penetración efectiva con el mástique, porque en ese caso debe atomizarse grasa líquida DISTIN 314L, antes de sellar con mástique.

En zonas de difícil acceso se atomiza grasa líquida y se sella con mástique, evitando que los contaminantes actúen sobre la superficie metálica.

Finalmente, se aplica cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603, sobre la pintura, para protegerla haciéndola más impermeable al agua y también le confiere brillo y estética.

3.7 Análisis de los resultados de la valoración económica.

A través de la valoración económica propuesta en el capítulo II, se logró elaborar la ficha de costo del SIPAYC (ver anexo3 y anexo 4) para las bombas de vapor considerada como un auto mediano y para el auto cisterna (HOWO) que es la ficha para el servicio DUCAR en un camión. En las fig. 3.3 y 3.4 se muestran las representaciones de los costos en que se incurre para aplicar el SIPAYC a las bombas de vapor y al auto cisterna, en gráficos de barra.

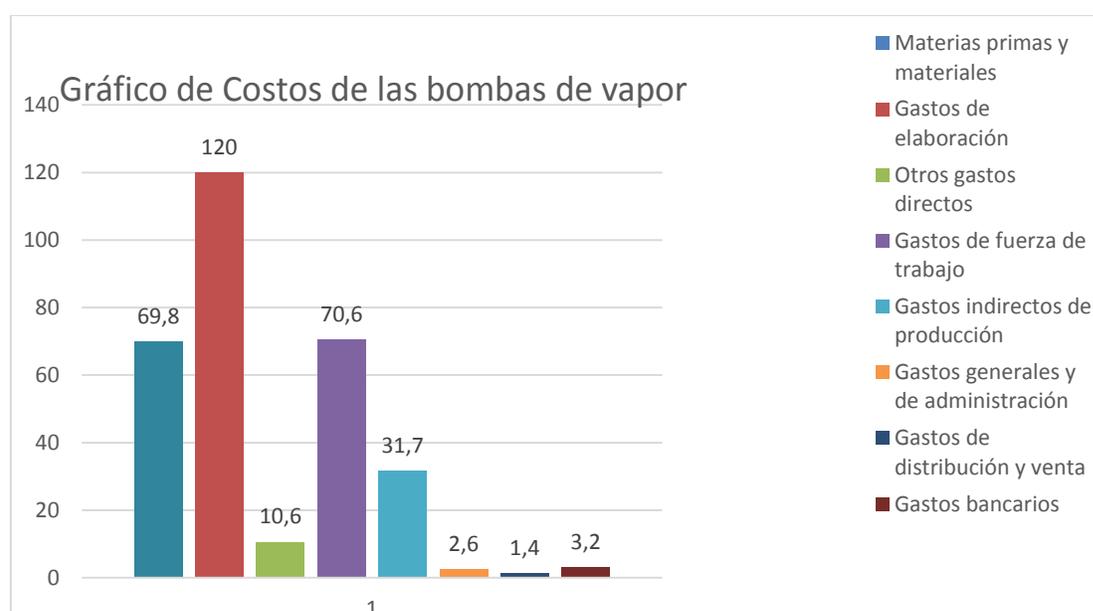


Fig. 3.3 Estructura de Costo para la aplicación del Servicio DUCAR a las bombas de vapor.

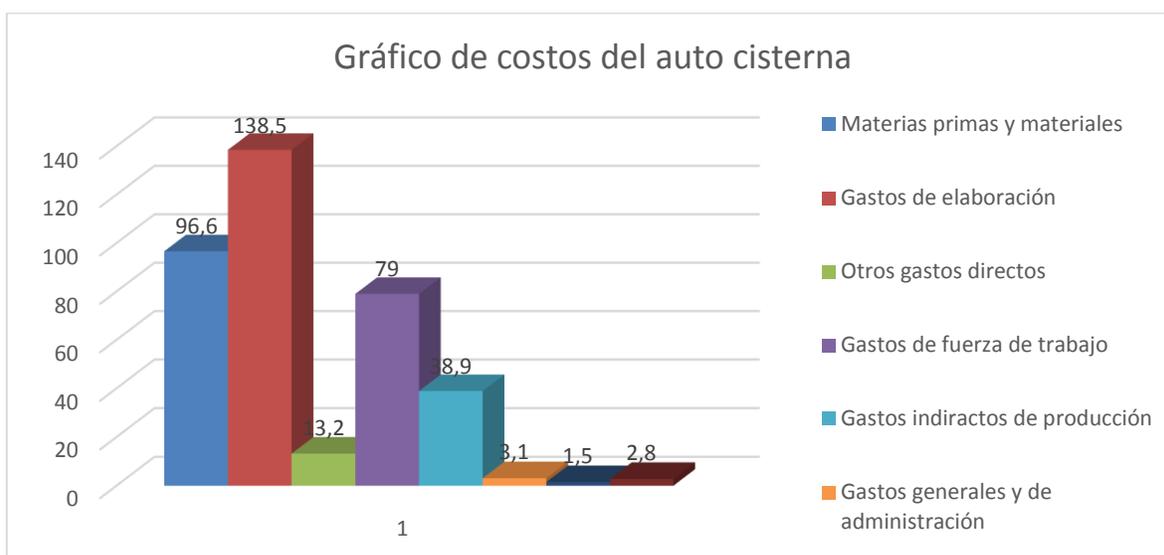


Fig. 3.4 Estructura de costo de la aplicación del Servicio DUCAR al auto cisterna.

Se puede observar que los costos más elevados para el SIPAYC (servicio DUCAR en transporte) de las bombas de vapor y el auto cisterna, corresponden a los gastos de elaboración, seguidos de los gastos de fuerza de trabajo y a estos los siguen los de materias primas y materiales.

En los costos totales, los gastos de elaboración representan el 68.10% para las bombas de vapor, mientras que los gastos de fuerza de trabajo representan el 40.06% y las materias primas el 39.61%(fig. 3.6). Mientras que en el auto cisterna, el 49.09% representa a los gastos de elaboración, el de materias primas y materiales el 34.24% y la fuerza de trabajo representa el 28% (fig.3.7).

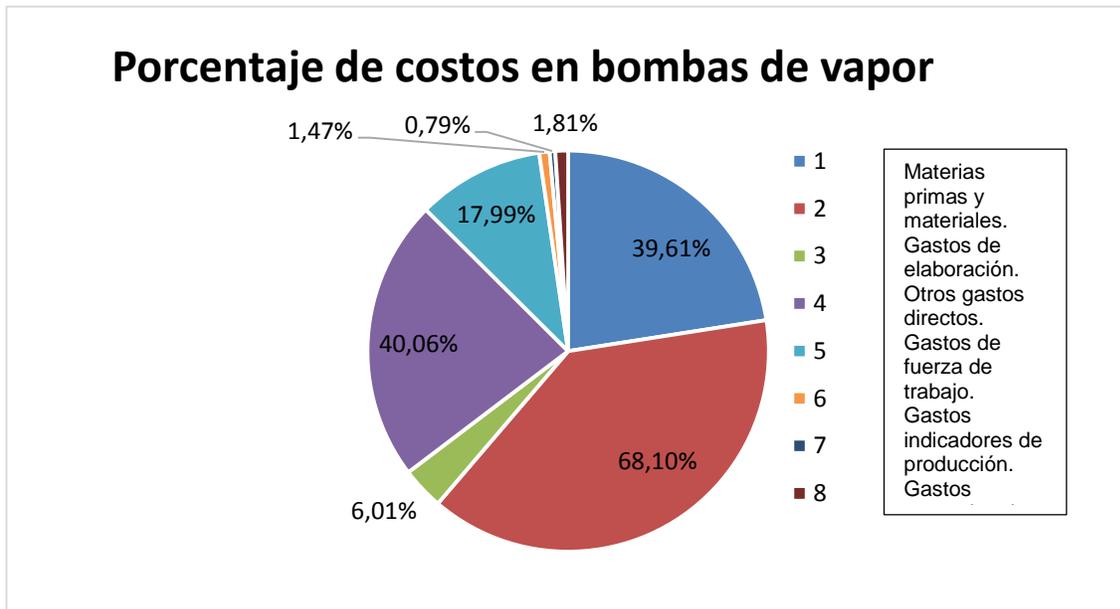


Fig. 3.5 Porcentaje de costos en bombas de vapor.

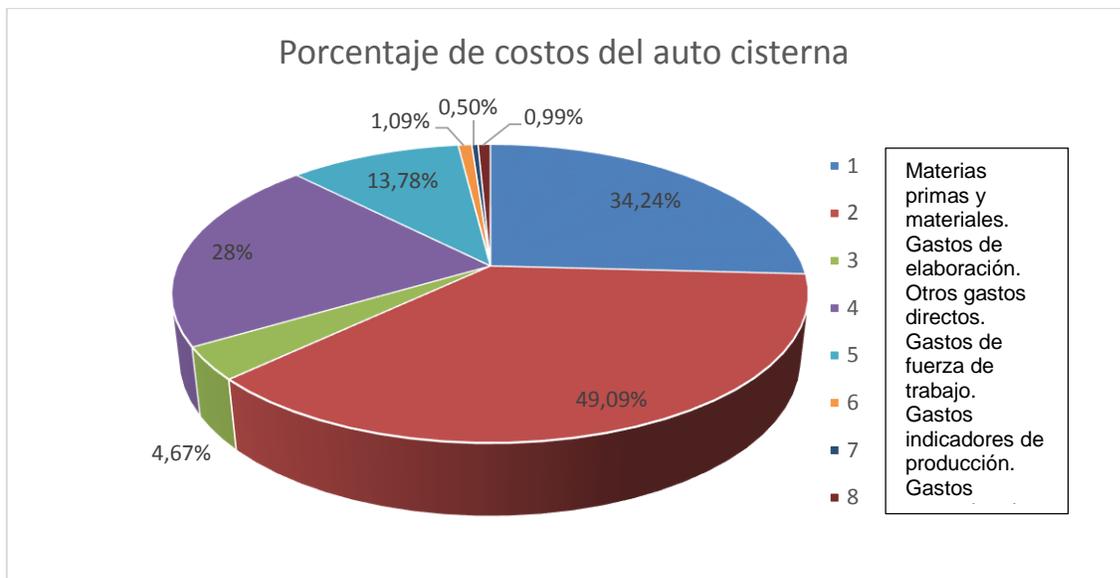


Fig. 3.6 Porcentaje de costos del auto cisterna

Los costos totales para las bombas de vapor ascienden a 160.2 CUP y 29.6 CUC. En el auto cisterna, los costos están en el orden de 235.1 CUP y 41.3 CUC.

De acuerdo con estos costos, se calcula el precio de aplicar el servicio en las bombas, por la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios, que establece que el precio de un producto es el 10% sobre el gasto en divisas. De acuerdo con esto para las bombas de vapor es de 176.2 CUP y 32.6 CUC y para el auto cisterna es de 282.1 CUP y 45.4 CUC. El mismo es relativamente económico para un servicio que ofrece amplias ventajas y una protección duradera.

3.8 Valoración del impacto social.

En el Museo de Bomberos de Matanzas tanto las bombas de vapor como el auto cisterna se encuentran afectados por las condiciones atmosféricas a las que se encuentran expuestos. Condición que trae consigo el alto deterioro por corrosión que caracteriza las piezas estudiadas (bombas de vapor y el auto cisterna).

En el caso particular de las bombas de vapor, las cuales por su alto valor patrimonial son consideradas como una de nuestras más valiosas reliquias en la historia de este tipo de mecanismo, son de alto interés para todos los visitantes que por una u otra vía llegan hasta la instalación.

En la tabla 3.1 se puede apreciar el número de actividades y cantidad de personas que visitaron la instalación en los meses finales del año 2013 y el año 2014 hasta octubre. En un total de 158 actividades realizadas en un año, participaron 2797 personas. O sea que la instalación fue visitada por 233 personas promedio mensual, en ese año. Entre los visitantes nacionales, participaron 616 estudiantes y 973 trabajadores, además de 790 de otras categorías. Asistieron también, 318 extranjeros.

Tabla 3.1 Actividades que desarrolla el museo con los visitantes.

Meses	Cant. Visitas			Cantidad de Visitantes													
	Dir.	Esp.	Total	Visitantes Nacionales									T. Nac.	Visitantes Extranjeros			T. Gral
				Estudiantes			Trabajadores			Otros				Dir.	Esp.	Tot.	
				Dir.	Esp.	Tot.	Dir.	Esp.	Tot.	Dir.	Esp.	Tot.					
Noviembre	4	22	26	21	15	36	56	-	56	300		300	392	-	33	33	425
Diciembre	9	12	21	20	6	26	63	12	75	60		60	161	97	13	110	271
Enero	6	20	25	51	-	51	9	5	14	100		100	165	22	38	60	225
Febrero	11	3	14	43	-	43	155	-	155				198	15	15	30	228
Marzo	5	4	9	13	-	13	49	-	49				62	8	9	17	79
Abril	8	1	9	37	-	37	116	-	116	5	-	5	158	-	1	1	159
Primer Semestre	43	62	104	185	21	206	448	17	465	465		365	1036	142	109	251	1387
Mayo	8	-	8	-	-	-	142	-	142	332	-	332	474				474
Junio	6	-	6	-	-	-	96	-	96				96				96
Julio	2	-	-	-	-	-	26	-	26	93		93	119				119
Agosto																	
Septiembre	8	1	9	50	-	50	56	-	56				106	40	1	41	147
Octubre	15	16	31	338	22	360	188	-	188				548	-	26	26	574
Segundo Semestre	39	17	54	388	22	410	508		508	425		425	1343	40	27	67	1410
Año	82	79	158	1469	43	616	956	17	973	890		790	2379	182	136	318	2797

Se realizan coordinaciones para la ejecución de actividades con escuelas y organismos. También ocurren visitas espontáneas y se realizan actividades dirigidas a la comunidad. Todas las personas que asisten al museo, se interesan por las piezas que allí se atesoran y el contacto con ellas, permite el acercamiento a la historia, engrandece los valores culturales, el patriotismo, la solidaridad (por parte de los visitantes extranjeros), entre otros

El auto cisterna realiza actividades en la prestación de servicios para el control y mitigación de incendios, en cantidad promedio anual de 120-130 actividades de este tipo y de 10-12 promedio mensual. Además, también presta otros servicios de emergencia y de protección especial, entre otras actividades. La labor contra incendios varía en dependencia de varios factores, en los que se destaca la época del año, ya que en los períodos de seca, el número de incendios es mayor.

Atendiendo a todo lo anterior, podemos considerar que la puesta en práctica de las medidas propuestas y la implementación del SIPAYC en las bombas y el auto cisterna, es de primordial importancia, porque a pesar del interés que despiertan en los visitantes estas bombas y el auto cisterna empleado en actividades de la defensa civil y el resto de las piezas, el estado de todas en general, es de avanzado deterioro, lo que es lamentable, no solo por su aspecto sino fundamentalmente, por el hecho de que se pierde la pieza con el tiempo.

Conclusiones parciales

La agresividad corrosiva que caracteriza la zona que rodea el Museo de Bomberos de Matanzas se clasifica como alta (C4), por lo que se hace necesaria la correcta protección de las bombas de vapor y el auto cisterna, para que no pierdan su valor patrimonial.

Al encontrarse a solo 180 m del museo del mar, el contaminante de mayor influencia en el deterioro por corrosión de las bombas de vapor y el auto cisterna es el aerosol marino.

Se proponen soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo hallados en las bombas de vapor y el auto cisterna, entre las que se destaca la limpieza periódica con paño húmedo, para eliminar polvo y suciedad, en conjunto con la protección anticorrosiva.

Se seleccionó correctamente el recubrimiento de pintura que se le debe aplicar a las estructuras de las bombas de vapor y el auto cisterna, empleando las normas establecidas para su selección.

La conservación de las bombas de vapor y el auto cisterna es muy importante desde el punto de vista social, porque contribuye a mantener en buen estado estas piezas, que son utilizadas en el caso de las bombas como instrumento para transmitir vivencias históricas de las mismas y el auto contribuye a salvaguardar vidas.

El costo de mayor influencia, tanto en la ficha de costo elaborada para el SIPAYC de las bombas, como la del auto cisterna, es el de gastos de elaboración.

Conclusiones Generales

Con el estudio del deterioro por corrosión de las bombas de vapor y el auto cisterna, expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas, se logra proponer la tecnología de conservación SIPAYC con el uso de productos anticorrosivos nacionales, validando la hipótesis planteada.

Del estudio del estado del arte acerca de la conservación en museos, se determinó que el servicio de conservación DUCAR, es el más completo en las soluciones que ofrece a los problemas de deterioro de materiales metálicos en vehículos, en comparación con otros a nivel nacional e internacional.

Del diagnóstico del deterioro por corrosión del transporte en el Museo de Bomberos de la Ciudad de Matanzas, se determinó que las bombas de vapor y el auto cisterna estudiado presentan un avanzado deterioro causado por la atmósfera e intensificado por los problemas de diseño anticorrosivo que presentan.

El acero estructural es el material de mayor interés para la conservación en las bombas de vapor y el auto cisterna, por ser el que presenta mayor deterioro sobre todo en las zonas existen problemas de diseño anticorrosivo, como resquicios, par metálico, zonas de acumulación de depósito y humedad, entre los que más se destacan.

Entre los tipos de corrosión que se presentan en las bombas de vapor y el auto cisterna, la corrosión electroquímica atmosférica húmeda, es la que más se destaca, aunque también la corrosión en resquicios y la galvánica por par metálico, tienen amplio desarrollo en estos vehículos.

Entre las medidas y soluciones propuestas para solucionar los problemas de corrosión en las bombas de vapor y el auto cisterna del museo, se destacan la limpieza periódica y la aplicación de la protección anticorrosiva y conservación.

La implementación del SIPAYC para las bombas de vapor y el auto cisterna en el Museo de Bomberos de Matanzas, es necesaria desde todo punto de vista, para disminuir el deterioro de estas piezas.

La valoración económica de la propuesta del SIPAYC para las bombas de vapor y el auto cisterna en el museo de bomberos, demostró que la protección anticorrosiva y conservación puede lograrse a un precio ventajoso de 176.2 CUP, de ellos 72.6 CUC para las bombas de vapor y de 282.1CUP, de ellos 45.4 CUC para el auto cisterna.

Se analizó la importancia que tienen las bombas de vapor y el auto cisterna en las actividades y tareas que se desarrollan con la comunidad y los visitantes nacionales y extranjeros, concluyendo que la protección anticorrosiva y conservación es una tarea de impacto social.

Recomendaciones

Poner en práctica las medidas preventivas propuestas para contrarrestar el deterioro por corrosión en las bombas de vapor y el auto cisterna en el Museo de Bomberos de Matanzas.

Implementar el SIPAYC propuesto para las bombas de vapor y el auto cisterna en el museo.

Generalizar la aplicación del SIPAYC al resto del patrimonio atesorado en la instalación.

Bibliografía

1. Albrecht, P., Hall, T. 2003. Atmospheric corrosion resistance of structural steels. *Materials in Civil Engineering* 15(1): 2-24.
2. Agueda, E. 2010. Elementos fijos. Quinta edición
3. Almeida, E., D. Santos, et al. (2006). "Anticorrosive painting for a wide spectrum of marine atmospheres: Environmental-friendly versus traditional paint systems." *Progress in Organic Coatings*: 11-22.
4. Bhaskar, S. et al. 2004. Cumulative damage function model for prediction of uniform corrosion rate of metals in atmospheric corrosive environment. *Corrosion Engineering, Science and Technology* 39(4): 313-320.
5. CAB. (2002). IV Premio CAB Somos Patrimonio. Experiencias en apropiación social de patrimonio cultural y natural para el desarrollo comunitario.
6. Cao, X., Xiao, Y., Xiao, Y., Tang, Z. (2005) Evaluation of atmospheric corrosivity with ACM Electrochemical Method. *Proceedings of 16th International Corrosion Congress*. September 19-24, Beijing, China.
7. Castro Ruz, Raúl (2013). Discurso pronunciado en el 1er período de sesiones VIII legislatura de la Asamblea Nacional del Poder Popular. Julio 2013.
8. CENCREM. (1986). Propuesta de inventario paralelo para la automatización de la información en los museos. Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología. La Habana.
9. Colectivo de autores (2004, b). *Diccionario Enciclopédico de Historia Militar de Cuba. Primera parte (1510-1898)*. La Habana: Ediciones Verde Olivo. ISBN: 959-224-130-9. p 393.
10. Church H. A., (1968): *Bombas y máquinas soplantes centrífugas*. Editorial Edición Revolución, La Habana.
11. Biolexi Ballester Quintana (2014). TÍTULO: Papel del Museo de Bomberos y su influencia en la sociedad.

12. CNPC. (2002). Protección al Patrimonio Cultural. Compendio de textos legislativos. Consejo Nacional de Patrimonio Cultural Ministerio de Cultura.
13. Corvo, F., Torrens, A. D, Mendoza, A. R. (2001). Performance of metallic materials in tropical climate. Influence of exposure conditions. Corrosion Sciencevol, no., p. Available online at www.sciencedirect.com
www.corrosionsource.com/discuss2/ubb/Forum40/HTML/000016.html.
14. Corvo, F., Betancourt, N., Mendoza a (2002). Atmospheric corrosion in the Tropics. Experiences obtained after more than 20 years of research in Cuba. Corrosion Science, vol., no., p. Available online at: www.sciencedirect.com.
15. Corvo, F., Torrens, A. D., Betancourt, N., Pérez, J, González, E.(2006). Indoor atmospheric corrosion in Cuba .A report about indoor localized corrosion. Corrosion Science, vol.48, no.6, p.615-620. Available online at www.sciencedirect.com.
16. Dirección de Patrimonio Cultural. (s.a). Registro e Inventario de Bienes Culturales. Guía de estudio No. 1. Escuela Nacional de Museología, Dirección de Patrimonio Cultural, Cuba.
17. Domínguez, J. (1987). Introducción a la corrosión y protección de metales. La Habana: Editorial EMPES, p. 25-29, p. 426-431, p. 325-368.
18. Echeverría, C. A, González, A, López. I, Echeverría, M. (2002). Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba: Influencia del aerosol marino. Matanzas: Universidad de Matanzas. 32 p. Disponible en: <http://monografias.umcc.cu>. ISBN: 9590-16-0188-3.
19. Echeverría, M. et al. 2007. Estudio y evaluación de materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímeros (MAP) para su aplicación como recubrimientos anticorrosivos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959-16-0490-4.
20. Echeverría, C. A. et al. (2008). Grasas de Conservación

- Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
21. Echeverría, C.A. et.al. (2010). Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD de Monografías. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. ISBN: 978 - 959 - 16 - 1326 - 4.
22. Echeverría, C. A., Méndez, O. et. al. (2012). Etapas para la solución mitigación de los problemas de diseño anticorrosivo en los proyectos con sistemas de pinturas protectoras. CD Monografías. ISBN 978 - 959 - 16 - 2070- 5. Matanzas, Universidad de Matanzas.
- 23.. Echeverría, M. et.al. (2007). Estudio y evaluación de materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímeros (MAP) para su aplicación como recubrimientos anticorrosivos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959-16-0490-4.
- 24.. Espinosa, A.R. (2013). Impacto sociocultural del procedimiento para la conservación de la colección de armas atesoradas por el Museo Provincial “Palacio de Junco” de Matanzas. Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en Estudios Socioculturales. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Matanzas.
25. . Feliú, S. et al. 1971. Principios de corrosión y protección de metales: Corrosión y protección.
- 26.. Fontal, O. (2003). La educación patrimonial. Teoría y práctica en el aula, el museo e Internet. Editorial Trea. Gijón.
- 27.. Fuente de la, Castellano.J.G, Morcillo, M (2006). Long-term atmospheric corrosion of zinc. Corrosion Science: doi:10.1016/j.corsci.Available online at: www.sciencedirect.com, www.elsevier.com/locate/corsci.
- 28.. García. H, Pérez A. M. (2012). Procedimiento de intervención del servicio DUCAR en entidades del sector transportista cubano. CD de Monografías. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. ISBN 978 - 959 - 16 - 2070 -

5

- 29.. 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 Ingeniería Química. Universidad de Matanzas, Matanzas.
- 30.. González. A (2012). Propuesta de un Sistema Anticorrosivo y de Conservación para en área de combustibles de la Central Eléctrica MTU Diesel de Varadero. CD de Monografías Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. ISBN 978 - 959 -16 - 2070 - 5
- 31.. González J A .Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. (1984) Hernández y Col. Madrid, España. 684 páginas.
- 32.. González, L (2006). Estudio de la corrosión atmosférica interior y exterior en dos estaciones de la provincia de Matanzas. Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero químico. Matanzas: Universidad “Camilo Cienfuegos”.
- 33.. Gómez, J. (2000). Estudio corrosivo sobre cuatro metales en estaciones cubanas del proyecto MICAT. La Habana. Ministerio de Industria Básica. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
- 34.24. Hassan, A. (2010). Aprende los fundamentos de la tecnología de la preparación de superficies. CD de Monografías. Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas. Parte I. ISBN: 978 -959 - 16 - 1326 - 4.
- 35.. ISO 9223 (2012). Corrosion of metals and alloys - Corrosivity o atmospheres. Classification.
- 36.. ISO/CD11844 (2000). Corrosion of metals and alloys - Classification of corrosivity of indoor atmospheres - Determination and estimation of indoor corrosivity.
- 37.ISO12944-1(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.

38. ISO 12 944-2 (2007). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part2: Clasificación de ambientes.
39. ISO12944-3(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of Steel structures by protective paint systems. Design considerations.
40. 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.
41. ISO12944-5(2007).Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Protective paint systems.
- 42.. ISO12944-6(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.
- 43.. Lull Peñalba, Josué. (2005). Evolución del concepto y de la significación social del patrimonio cultural.
- 44.Lobanoff Val S, (1992): *Centrifugal Pumps: designs and application*. Gulf Publishing Company, Ohio.
- 45.. López, I. (2007). Corrosión Atmosférica y Conservación en Obras Soterradas en Matanzas. Tesis de opción a grado científico de Doctor en Ciencias técnicas. Matanzas: Universidad “Camilo Cienfuegos”.
- 46.. López, I. (2013). Conservación del patrimonio. CD Monografías. Matanzas: Universidad Camilo Cienfuegos.
47. Martínez, R. (2012). El Patrimonio Cultural Material Mueble atesorado por personas jurídicas en el Consejo Popular Matanzas Este. Trabajo de diploma en opción al título de Licenciado en Estudios Socioculturales. Matanzas.
- 48.Morales, J., Díaz, F., Hernández-Borges, J., González, S., CANO, V. (2006). Atmospheric corrosion in subtropical areas: Statistic study of the corrosion of zinc plates exposed to several atmospheres in the province of

- Santa Cruz de Tenerife (Canary Islands, Spain). Corrosion Science, doi:10.1016/j.corsci.2006.04.023.
49. Morcillo, M. et al. 2002 (a). Factors influencing the corrosion behaviour of coated steel sheets in lap-joints. Report EUR 20067 EN.
 50. Muñiz, Y. (2010). Fuentes bibliográficas para el proceso de Interpretación del Patrimonio. Metodología para su utilización efectiva. Tesis en opción al título de Licenciado en Estudios Socioculturales. Matanzas.
 51. Muxlhanga, R. et al. (2010). Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y propuesta de soluciones en la empresa salineras de Matanzas, Cuba. CD Monografías. Universidad de Matanzas. ISBN: 978 - 959 - 16 - 1326 - 4.
 52. Salazar Acuña, Leticia M. (2007) Informe de resultados sobre evaluación de talleres escolares. Museo nacional y centro de investigación de Altamira.
 53. Pancorvo, Francisco. 2011. Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.
 54. Persson, D., Mikhailov, A and Thierry, D (2002). Atmospheric corrosion of confined zinc surfaces during exposure to periodic wet-dry conditions.
 55. 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. Tesis en Opción al Título de Máster en Ingeniería Mecánica. Universidad de Matanzas, Matanzas.
 56. Ramos Páez, Néstor, (1995). Bombas, ventiladores y compresores. Editorial ISPJAE, Habana.
 57. Rodríguez. (2006). Desarrollo de aditivos para asfaltos modificados con bajos contenidos de hule. Publicación Técnica, 160.
 58. Rufín. G, López. I, Echeverría. C. (2010). Caracterización atmosférica en obras soterradas en Matanzas. CD Monografías. Universidad de Matanzas. ISBN 978 -959 - 16 - 1326 - 4.

- 59.. Ruiz, R y Echeverría, C. (2010). Protección y corrosión en el filtro del intercambiador catiónico ciclo sodio de la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas.CD Monografías. Universidad de Matanzas. ISBN: 978 - 959 - 16 -1326 - 4.
- 60.S/A, 2012. Índices energéticos para estudios de factibilidad.
61. Samoilova, O.V., Zamyatina, O.V. 2005. Activity and Standards of ISO and IEC in the Field of Corrosion and Corrosion Protection. Protection of Metals 41(2): 192-203.
- 62.Streeter, Víctor L., (1966). Mecánica de los Fluidos. Editorial McGRAW-HILL, México.
- 63.. Soler, P. (2012). Los oficios como parte del Patrimonio Inmaterial en el barrio La Marina del Consejo Popular Matanzas Este. Trabajo de diploma en opción al título de Licenciado en Estudios Socioculturales. Matanzas.
64. Veleva, L., Dzib, L., Gonzales, J., Pérez, T (2007). Initial stages of indoor atmospheric corrosion of electronics contact metals in humid tropical climate: tin and níkel. Revista de Metalurgia, vol. 43, no.2, p.101 110.
- 65.Watanabe, M., Toyoda, E., Handa, T., Ichino, T., Kuwaki, N., Higashi, Y., Tanaka, T(2006). Evolution of patinas on copper exposed in a suburban area Corrosion Sciencedoi:10.1016/j.corsci.2006.05.044.

Anexos

ANEXO I: Mapa regional de Agresividad corrosiva de la atmósfera en Cuba.

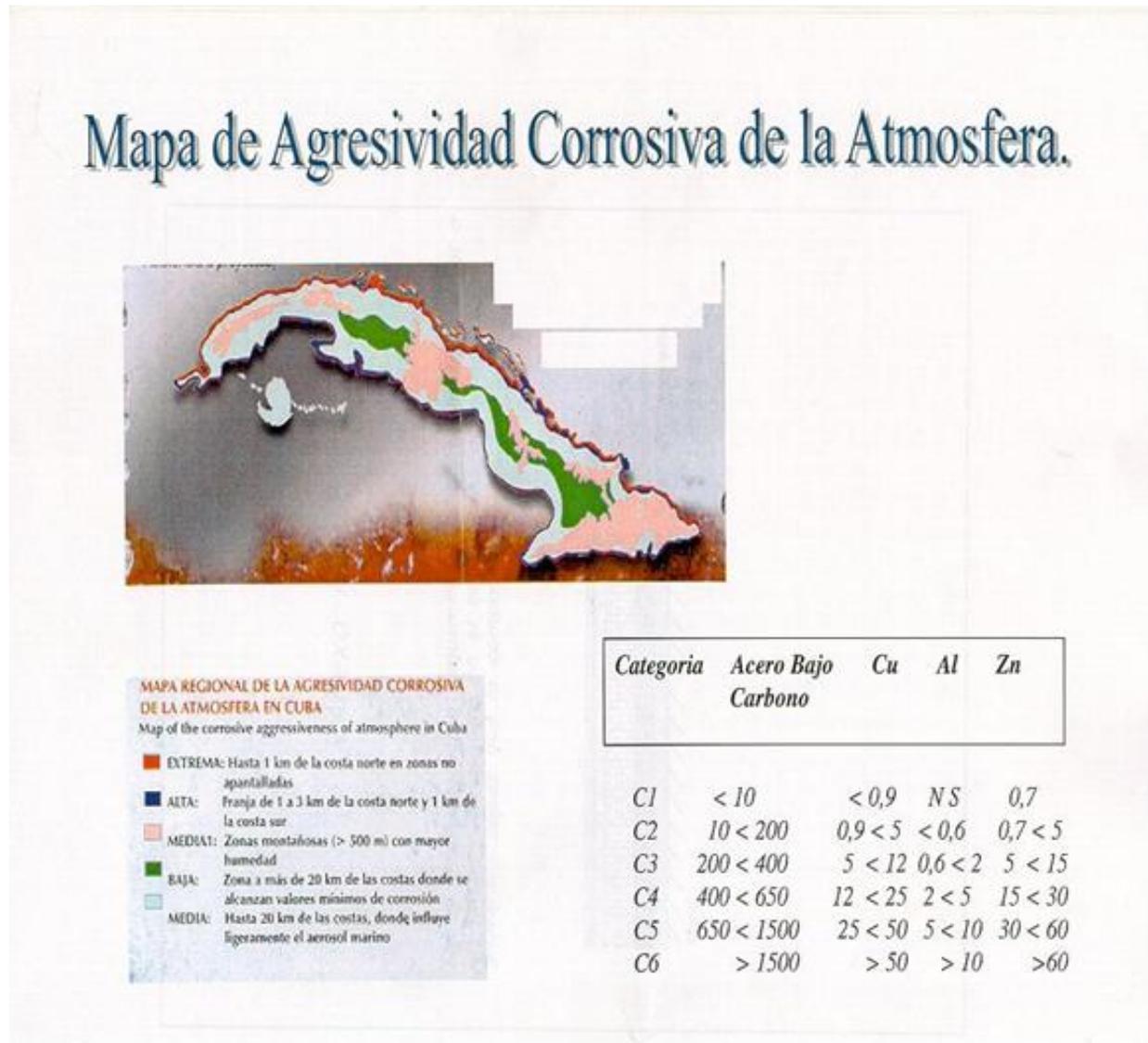


Fig. 1 Mapa regional de la agresividad corrosiva de la atmósfera en Cuba.

ANEXO II: Materiales.



Fig. 1 Bomba de vapor “Cuba”

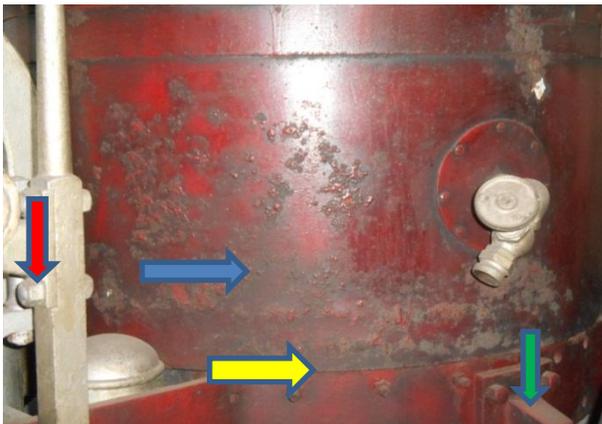


Fig.2 Problemas de resquicios (amarilla), zona de acumulación de depósitos y humedad (verde), conexiones con pernos (roja) y mala preparación superficial (azul). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y por celdas de aireación diferencial.

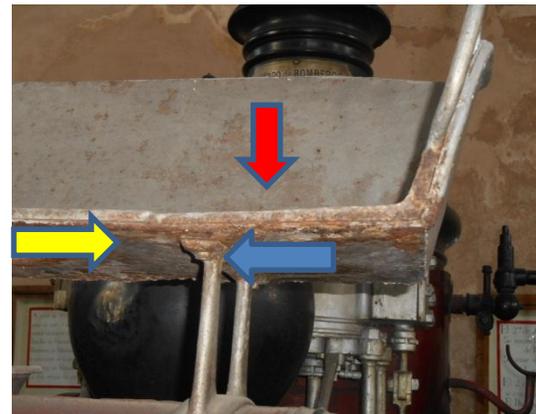


Fig.3 Acumulación de depósitos y humedad (roja), resquicios (amarilla), conexiones con pernos (azul) y mala preparación superficial.

Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, por celdas de aireación diferencial e interfacial.



Fig.4 Resquicios, pernos (roja), acumulación de depósitos y humedad (verde).Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda y en resquicios

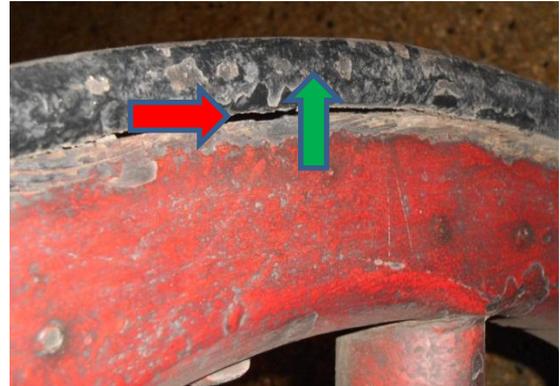


Fig.5 Resquicios (roja), mala preparación superficial (verde).Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y por celdas de aireación diferencial.

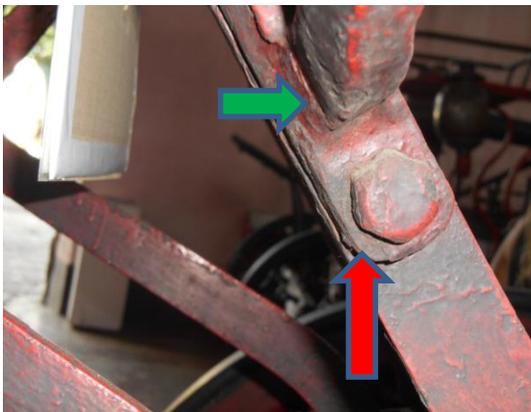


Fig.6 Acumulación de depósitos y humedad, resquicios (verde) y pernos (roja).



Fig.7 Resquicios (verde), acumulación de depósitos (azul), mala preparación superficial (roja) y ausencia de recubrimiento (amarilla).

Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda y en resquicios Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y por celdas de aireación diferencial.



Fig. 8 Bomba de vapor “La Caridad”

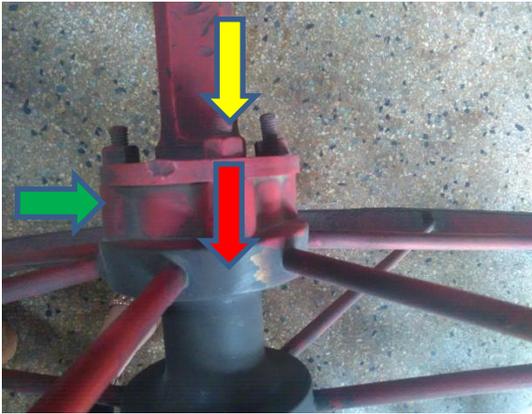


Fig 9 Pernos (amarilla), acumulación de depósitos y humedad (roja), resquicios (verde)).Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y por celdas de aireación diferencial.

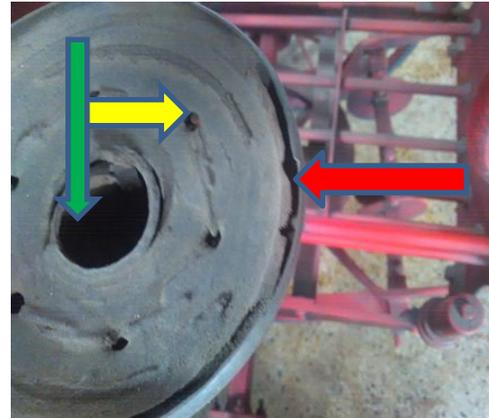


Fig10Componente hueco (verde), resquicios (roja), prevención de la corrosión galvánica (par metálico) (amarillo).Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y galvánica por par metálico.



Fig. .11 Zona de acumulación de depósito (azul), bordes (roja). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda generalizada.

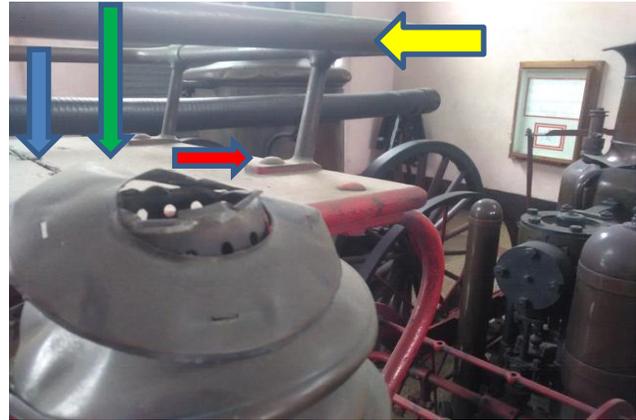


Fig. 12 Componente hueco (amarilla), zona de acumulación de depósito (verde) pernos (roja), resquicio (azul). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda y en resquicios.



Fig. 13 Bomba de vapor “La Caridad”



Fig. 14 Componente hueco (verde) resquicios (rojo). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda y en resquicios.

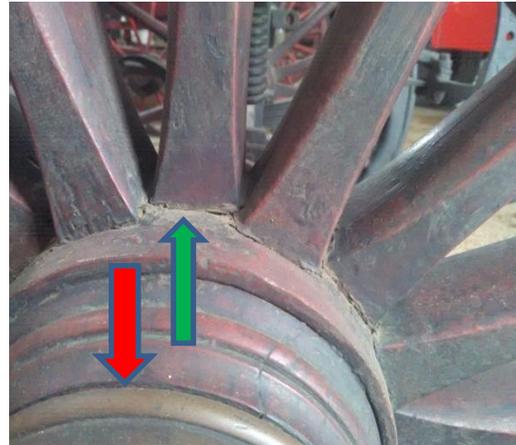


Fig. 15 Prevención de la corrosión galvánica (par metálico)(roja), zona de acumulación de depósito, resquicios(verde). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y galvánica por par metálico.

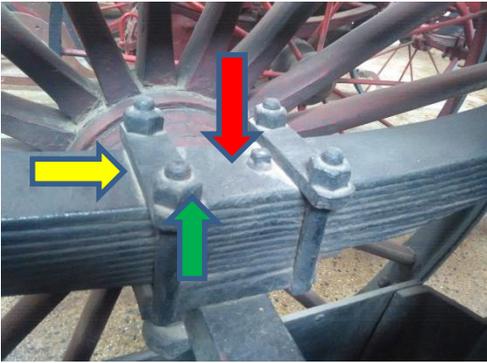


Fig16. Resquicio (amarilla), zona de acumulación de depósito (roja) y pernos (verde).

Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios.



Fig17. zona de acumulación de depósito (amarilla), resquicios (roja), pernos (azul). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y galvánica por par metálico.



Fig. 18 Auto Cisterna



Fig. 19 Resquicios y zona de acumulación de depósito, humedad y mala preparación superficial (verde). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, por celdas de aireación diferencial e interfacial.



Fig. 20. Resquicios y zona de acumulación de depósito, humedad y mala preparación superficial (verde). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, por celdas de aireación diferencial, interfacial y picadura.

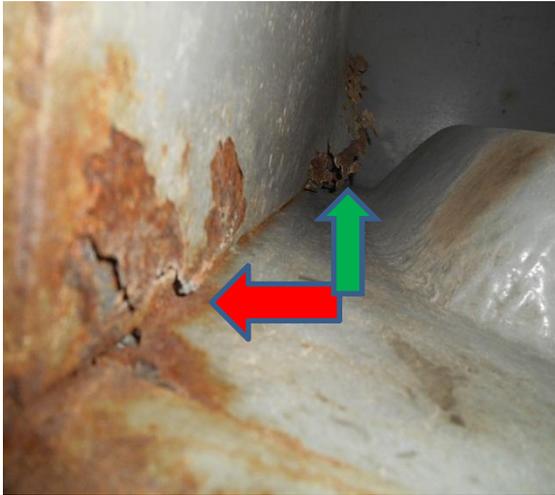


Fig.21 Accesibilidad, mala preparación superficial, acumulación de depósito y humedad y resquicios. Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, por celdas de aireación diferencial y picadura.

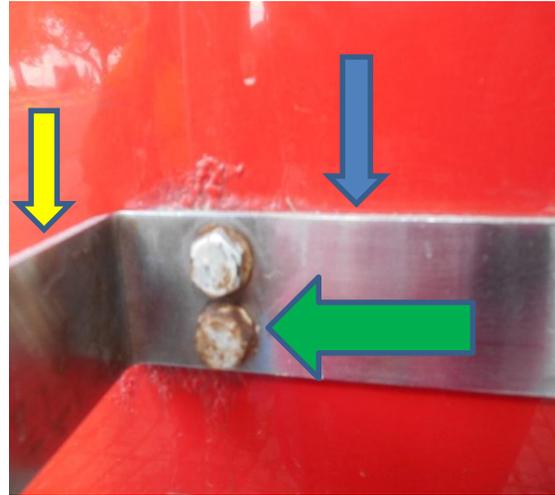


Fig.22 Conexiones con pernos (verde), resquicios (amarilla), zona de acumulación de depósito y prevención de la corrosión galvánica (par metálico)(azul). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, por celdas de aireación diferencial e interfacial.

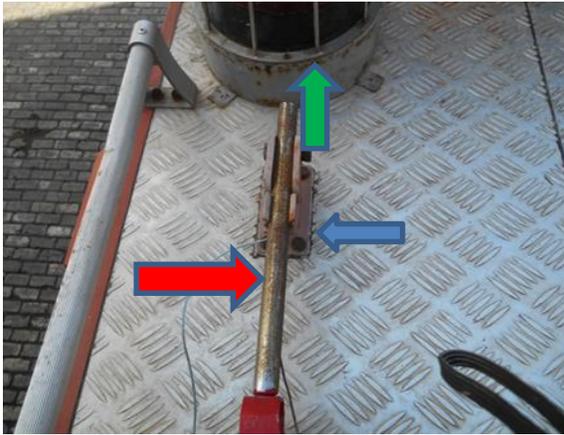


Fig.23. Componente hueco (roja), resquicios (verde), acumulación de depósito y humedad (verde), pernos (azul) y prevención de corrosión galvánica, Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios y por celdas de aireación diferencial, galvánica por par metálico.

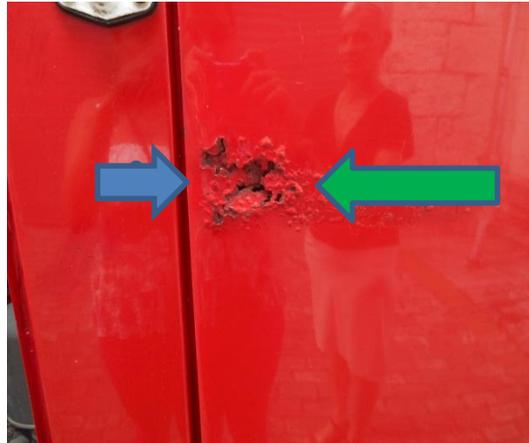


Fig.24 Área cerrada (azul), resquicios, mala preparación superficial (verde). Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, interfacial y picadura.

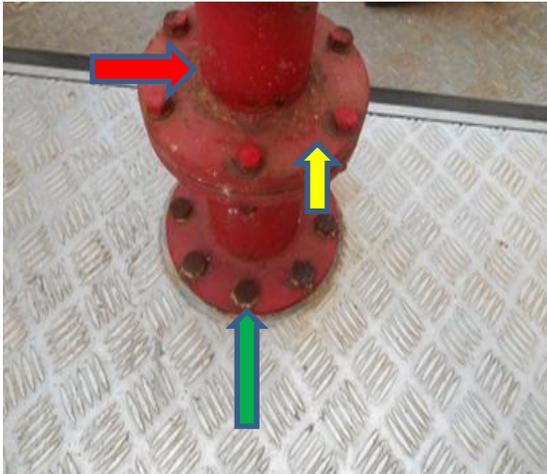


Fig.25 Soldadura irregular (Roja). Conexiones con pernos y par metálico (verde), acumulación de depósitos (amarilla) y resquicios.

Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, galvánica por par metálico e intersticial.



Fig.26 Área cerrada, acumulación de depósito y humedad (azul), resquicios, ausencia de recubrimiento (roja).

Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda generalizada, en resquicios, y picadura.

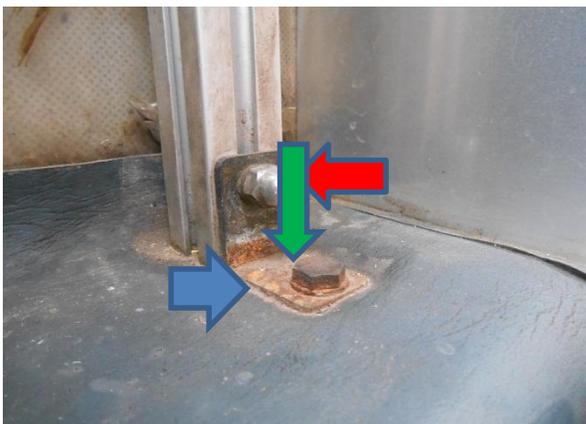


Fig.27 Refuerzo (azul), par metálico (roja), acumulación de depósito y

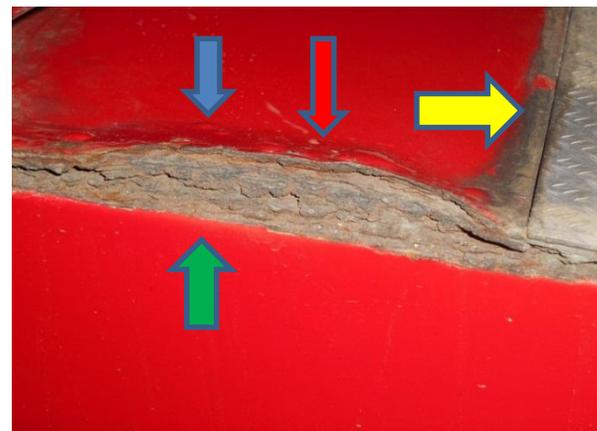


Fig.28 Zona de acumulación de depósitos y humedad (roja), resquicios, soldadura

humedad, resquicios (verde).

Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, por celdas de aireación diferencial, galvánica por par metálico.

irregular (verde), prevención de la corrosión galvánica (amarilla) y mala preparación superficial (azul).

.Presenta corrosión electroquímica atmosférica húmeda, en resquicios, galvánica por par metálico e interfacial.

Anexo III Ficha de costo auto mediano.

EMPRESA: Empresa del Transporte Mtzas.	Código: Servicio DUCAR para auto mediano.		
Organismo: MES Plan de Produc: 125.	Capac. Instalada: ___ autos med.		
Producto o Servicio: Servicio.	% utiliz.Capacidad: 62.5		
Código Prod o Serv.: Servicio DUCAR. UM: \$/Auto.	Producc.Period. Anterior		
Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
Materias Primas y Materiales	1	69.8	19.8
Materia Prima y materiales fundamentales	1.1	66.5	18.5
Combustible y Lubricantes	1.2	1.4	1.4
Energía Eléctrica	1.3	1.9	0.0
Agua	1.4	0.0	0.0
Sub total (Gastos de elaboración)	2	120.0	9.8
Otros Gastos directos	3	10.6	1.0
Depreciación	3.1	10.2	0.6
Arrendamiento de equipos	3.2	0.0	0.0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3.3	0.3	0.3
Gastos de fuerza de trabajo	4	70.6	0.0
Salarios	4.1	47.4	0.0
Vacaciones	4.2	4.3	0.0
Impuesto utilización de la Fuerza de	4.3	12.9	0.0

trabajo.			
Contribución a la seguridad social.	4.4	5.9	0.0
Estimulación en pesos convertibles	4.5	0.0	0.0
Gastos indirectos de producción	5	31.7	4.8
Depreciación	5.1	0.0	0.0
Mantenimiento y Reparación	5.2	4.8	4.8
Gastos Generales y de Administración	6	2.6	1.9
Combustible y Lubricantes	6.1	1.3	1.3
Energía Eléctrica	6.2	0.7	0.0
Depreciación	6.3	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	6.4	0.0	0.0
Alimentos	6.5	0.0	0.0
Otros	6.6	0.6	0.6
Gastos de Distribución y Venta	7	1.4	1.4
Combustible y Lubricantes	7.1	0.3	0.3
Energía Eléctrica	7.2	0.0	0.0
Depreciación	7.3	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7.4	0.0	0.0
Otros	7.5	1.0	1.0
Gastos Bancarios	8	3.2	0.7
Gastos Totales o Costo de producción	9	160.2	29.6
Margen utilidad S/ base autorizada	10	16.0	
Precio según lo establecido por el MFP	11	176.2	
% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)	12		3.0
Componente total en pesos	13		32.6

convertibles			
	Firma:	Cargo:	Fecha:

Anexo IV Ficha de camión (HOWO)

EMPRESA: Universidad de Matanzas	Código: Servicio DUCAR para camión Zil.		
Organismo: MES Plan de Produc: 125.	Capac. Instalada: _____ autos med.		
Producto o Servicio: Howo	% utiliz.Capacidad: 62.5		
Código Prod o Serv.: Servicio DUCAR. UM: \$/Auto.	Producc.Period. Anterior		
Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
Materias Primas y Materiales	1	96.6	23.5
Materia Prima y materiales fundamentales	1.1	93.3	22.1
Combustible y Lubricantes	1.2	1.4	1.4
Energía Eléctrica	1.3	1.9	0.0
Agua	1.4	0.0	0.0
Sub total (Gastos de elaboración)	2	138.5	17.9
Otros Gastos directos	3	13.2	1.2
Depreciación	3.1	12.8	0.8
Arrendamiento de equipos	3.2	0.0	0.0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3.3	0.4	0.4
Gastos de fuerza de trabajo	4	79.0	0.0
Salarios	4.1	53.1	0.0
Vacaciones	4.2	4.8	0.0
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	4.3	14.5	0.0

Contribución a la seguridad social.	4.4	6.6	0.0
Estimulación en pesos convertibles	4.5	0.0	0.0
Gastos indirectos de producción	5	38.9	12.0
Depreciación	5.1	0.0	0.0
Mantenimiento y Reparación	5.2	12.0	12.0
Gastos Generales y de Administración	6	3.1	2.4
Combustible y Lubricantes	6.1	1.6	1.6
Energía Eléctrica	6.2	0.7	0.0
Depreciación	6.3	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	6.4	0.0	0.0
Alimentos	6.5	0.0	0.0
Otros	6.6	0.8	0.7
Gastos de Distribución y Venta	7	1.5	1.5
Combustible y Lubricantes	7.1	0.4	0.4
Energía Eléctrica	7.2	0.0	0.0
Depreciación	7.3	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7.4	0.0	0.0
Otros	7.5	1.0	1.0
Gastos Bancarios	8	2.8	0.8
Gastos Totales o Costo de producción	9	235.1	41.3
Margen utilidad S/ base autorizada	10	47.0	
Precio según lo establecido por el MFP	11	282.1	
% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)	12		4.1
Componente total en pesos convertibles	13		45.4
	Firma:	Cargo:	Fecha: