

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



*TÍTULO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE
PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN PARA EL
TANQUE T- 34 EXPUESTO EN EL MUSEO
GIRÓN.*

**TRABAJO DE DIPLOMA EN INGENIERÍA
QUÍMICA.**

Autor: Yoislan Jesús Martínez Rivero

Tutores: DrC. Idaelsys López Arias

MSc. Asael González Betancourt

Matanzas, 2018

PENSAMIENTO



“Lo que tengamos en el futuro tenemos que crearlo nosotros, tenemos que conquistarlo con nuestros brazos, con nuestro sudor y con nuestra inteligencia. Podemos llegar a hacer mucho y podemos llegar muy lejos, porque tenemos lo que no tienen otros: la cantidad de talento acumulado de nuestra sociedad, la cantidad de inteligencias desarrolladas. Con lo que tenemos podemos alcanzar lo que queremos.”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Yoislan Jesús Martínez Rivero, declaro ser el único autor de este Trabajo de Diploma y, en calidad de tal, autorizo su consulta a otras instituciones, a los profesionales, técnicos y a cualquier persona, de forma general, que lo necesite así como también pongo a disposición de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” y al museo Municipal Playa Girón para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que estimen más conveniente. Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autoridad del autor o de los tutores.

Firma: _____

Yoislán Jesús Martínez Rivero
Facultad de Ciencias Técnicas.
Universidad de Matanzas.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Provincia: _____ Fecha: _____ Calificación: _____

DEDICATORIA

Dicen que en el cielo habitan los ángeles que nos protegen y nos guían... Yo le doy gracias a Dios por no tener que ir al cielo para verlos; mis ángeles no solamente están en el cielo por eso dedico esta tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico a:

Mi madre que es lo más grande que tengo. Que ha sido mi motor impulsor incluso cuando sentía que no me quedaban fuerzas para seguir adelante, mi orgullo, mi máxima protectora, mi ejemplo de fuerza y de sacrificio, mi mayor tesoro y mi razón de ser; no solo durante estos años de carrera sino a lo largo de toda mi existencia.

Mis abuelas, que donde quiera que Dios las tenga, siempre me han protegido y siempre me han acompañado a donde voy.

Mi tío abuelo Rigo que en todo este tiempo ha sido como un padre para mí, dándome los mejores consejos, apoyándome y alentándome a seguir; diciéndome: “Mi sobrino, tu si puedes; si otros han podido, ¿por qué tu no?”.

Mi tía María Antonia que a lo largo de toda mi vida me ha enseñado muchísimas cosas, siempre ha estado pendiente de mí y nunca me ha dejado solo.

Mi hermano que, aunque sea menor que yo, siempre me ha apoyado, me ha protegido y me ha llenado de mucho cariño.

Mis vecinos del bajo que son como mi familia, que me han apoyado y que siempre han confiado en mí; en especial a mi vecina Rosa Esther que es como mi segunda madre y que me ha guiado por los caminos del saber y de la superación.

AGRADECIMIENTOS

En este segmento del trabajo quisiera agradecer a todas aquellas personas que, de una forma u otra, hicieron posible mi superación profesional y mi crecimiento como persona. Por lo antes dicho pretendo dejar plasmado que les estoy muy agradecido a:

Toda mi familia que desde el comienzo de mi carrera ha estado conmigo apoyándome económica y espiritualmente para que se me hiciera posible culminar mis estudios; especialmente mi mamá, mi hermano, mis tías María y Norma, mi tío abuelo Rigo, mis primos Yulier y Yacel, mi prima Daineris y mi papá. No podría dejar de mencionar a Yoel Martínez, a Iran Gonzáles, a Arais Flunkert, a mi madrastra Carmen y a mi padrastro Alexey que, aunque no llevamos la misma sangre, forman parte de mi familia.

Mis tutores Idaelsys López y Asael Gonzáles por confiar en mí y brindarme los conocimientos necesarios para realizar mi Trabajo de Diploma.

Mis amigos que siempre han estado conmigo apoyándome en las buenas y en las malas, destacando a Yanquiel Quevedo, Eneisys Ciscal, Claudia Biart, Gretchen Cajigal, Orilda Hernandez, Yusley Fernandez, Carlos A. Cruz, Yansiel Calimano, Osiel Ortega, Naylí Rodriguez, Anabel Padilla, Gloria Villar y Maria Rodriguez sin dejar de mencionar a Juan J. Serrano al que le estoy eternamente agradecido por todo lo que ha hecho por mí.

Mis compañeros de aula por brindarme siempre una mano; más que mis compañeros se han convertido en grandes amigos para mí, en especial, Nailyn, Dina, Jonathan, Shavelis y Liadna; sin dejar de mencionar a Andy, a Harold, a Elianis Arencibia y a los familiares de Naylí, Dina y Nailyn que a lo largo de mi carrera siempre me acogieron en sus respectivos hogares como un familiar más.

Mis vecinos por apoyarme, destacando a Teresa Borges, a Rosa Esther y a Mercedes.

Mi claustro de profesores de la Universidad de Matanzas por los conocimientos aportados a lo largo de mi carrera así como a los instructores de la Casa de la Cultura de la Universidad de Matanzas y a mis compañeros del Movimiento de Aristas Aficionados.

RESUMEN

El museo Girón, enclavado en la costa sur de Cuba, atesora evidencias en documentos, armamento, técnica y objetos, de la historia de los sucesos de Playa Girón, donde el imperialismo yanqui sufrió su primera derrota en América Latina. Las piezas en este museo sufren deterioro por corrosión, por la influencia de la atmósfera y por no poner en práctica las medidas necesarias para contrarrestar el efecto que causa este fenómeno. Una de las piezas que se encuentra en esta instalación es el tanque T-34, perteneciente a los mercenarios y evidencia material de la superioridad técnica del enemigo, que aun así fue vencido. Por la importancia de preservar esta prueba de valor histórico, en este trabajo se estudian los problemas que causan su deterioro y se proponen soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión. Se elabora el SIPAYC para este tanque, recomendando productos nacionales, lo que fue posible por la aplicación de la metodología para el análisis y solución de problemas de corrosión.

ABSTRACT

The museum Girón is placed in the Southern Cuban coast, treasure evidences in documents, armament, technique and objects, of the history of the events of Beach Girón, where the yank imperialism suffered its first defeat in Latin America. The pieces in this museum suffer deterioration for corrosion, for the influence of the atmosphere and for not putting into practice the necessary measures to counteract the effect that causes this phenomenon. One of the pieces that is in this installation is the tank T-34, belonging to the mercenaries and material evidence of the enemy's technical superiority that it was conquered even this way. For the importance of preserving this test of historical value, in this work the problems are studied that they cause their deterioration and they intend solutions to the problems of anticorrosive design and of corrosion. The SIPAYC is elaborated for this tank, recommending national products, what was possible for the application of the methodology for the analysis and solution of problems of corrosion.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica	4
1.1 Las piezas de valor patrimonial y su relación con el deterioro por corrosión.	4
1.1.1 Patrimonio cultural.....	4
1.1.2 Patrimonio Cultural en Cuba.	5
1.1.3 Conservación del Patrimonio Cultural.....	6
1.2 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios.....	8
1.3 Tipos de corrosión. Mecanismos. Factores que influyen.....	9
1.3.1 Mecanismos mediante el cual se manifiesta la corrosión.	9
1.3.2 Agentes de alteración.	11
1.3.3 Tipos de corrosión. Factores que influyen y sus mecanismos.	11
1.4 Corrosión atmosférica.....	16
1.4.1 Agresividad corrosiva de la Isla de Cuba.	16
1.4.2 Clasificación de las atmósferas.....	17
1.4.3 Factores que influyen en la velocidad de la corrosión atmosférica.	17
1.4.4 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.	18
1.5 Principales problemas de diseño anticorrosivo.....	21
1.6 Protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC).....	25
1.7 Caracterización de los recubrimientos protectores.	26
1.7.1 Sistemas de protección con pinturas.	26
1.7.2 Protección anticorrosiva y conservación adicional.....	29
Conclusiones Parciales del Capítulo 1	33
Capítulo 2 Materiales y métodos	34
2.1 Identificación del problema.	34
2.1.1 Diseño anticorrosivo y recomendaciones de puesta en obra. Características mecánicas, químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción y protección anticorrosiva.....	35
2.1.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y las reales.	38
2.1.3 Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales. Ensayos de recepción.	39
2.1.4 Historia del problema.....	41
2.1.5 Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema.	42
2.2 Análisis del problema. Propuesta de soluciones.	42
2.2.1 Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.....	42
2.2.2 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico – económicas y sociales.	45
2.2.3 Medidas que deben aplicarse.	46
2.2.4 Métodos de protección que pueden aplicarse.	47
2.2.5 Propuesta de un sistema de pintura.....	49
2.3 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).	51

2.4 Aspectos a tener en cuenta para la valoración económica.	55
2.5 Aspectos a tener en cuenta en la valoración del impacto social.	55
Conclusiones Parciales del Capítulo 2.....	57
Capítulo 3 Análisis de los Resultados.....	58
3.1 Análisis de las condiciones ambientales y de exposición del tanque T-34 exhibido en el Museo Girón.....	58
3.2 Análisis de las características de los materiales que componen el tanque T-34 y los productos con los que se conserva (materiales que están presente en el problema).	59
3.3 Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo presentes en el tanque T-34.	61
3.4 Análisis de los tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen. ..	65
3.5 Análisis de las medidas a los problemas de diseño anticorrosivo.	67
3.6 Análisis de la aplicación del SIPAYC para el tanque T-34.	68
3.7 Análisis de los resultados de la valoración económica.	71
3.8 Resultados del impacto social.	74
Conclusiones Parciales del Capítulo 3.....	75
Conclusiones Generales	76
Recomendaciones	77
Referencias Bibliográficas	78
Anexos	78
Anexo 1 Indicaciones.....	85

INTRODUCCIÓN

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 (a); Samoilova, O.V. et al. 2005). La lucha contra la corrosión atmosférica reclama la mayor atención debido a la variedad de estructuras metálicas utilizadas en las construcciones expuestas a la atmosfera.

Con el paso del tiempo todos los materiales sufren deterioro producto a la corrosión, incluso aquellos que forman parte del patrimonio cultural. En nuestro país, por las condiciones climáticas características del clima tropical húmedo y por el aerosol marino que impregna nuestra atmósfera, las pérdidas de materiales son mayores y más aceleradas, por lo que cobra especial importancia el tema de la protección y conservación anticorrosivas, tarea que en los museos se lleva a cabo, pero aún no se logra la efectividad requerida. (Rubio, 2014)

El museo Municipal Playa Girón, fundado el 19 de abril de 1976, está situado en el perímetro turístico de esta localidad perteneciente a la provincia de Matanzas. Por los extraordinarios valores históricos que guarda este Memorial, La Comisión Nacional de Monumentos, declaró al museo como Monumento Nacional descrito por la Resolución No.3 del 10 de octubre de 1978. En él se exhiben evidencias materiales entre las que se encuentran objetos, piezas, fotografías y pertenencias que testimonian los hechos ocurridos en Playa Girón, sitio donde tuvo lugar la primera gran derrota del imperialismo yanqui en América Latina. Con el transcurso del tiempo estas piezas, entre las que se encuentra el tanque de guerras T-34, atesoradas en este museo se han deteriorado producto a la influencia de la corrosión atmosférica, perdiendo valor patrimonial por esta causa lo cual, por el gran valor histórico y social que encierra, no es tolerable haciéndose preciso la conservación de las mismas.

En la década de los 90, con la caída del Campo Socialista, se comienza a presentar el problema de la falta de productos para llevar a cabo la protección anticorrosiva y la conservación en el museo haciéndose imperioso la necesidad de obtener los mismos. Dando respuesta a este problema y desde hace muchos años la Unidad de desarrollo e

Innovación- Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos (UDI-CEAT) de la Universidad de Matanzas ha estudiado este proceso y ya hoy en día se cuenta con tecnologías y se aplican productos para la conservación del patrimonio cultural.

Los sistemas de Protección Anticorrosivas y de Conservación (SIPAYC), es resultado de la experiencia desarrollada por más de 30 años de actividad docente- investigativa, con investigaciones a ciclo completo (I+D+I) en el campo del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación. Al incorporarle las metodologías, procedimientos, medios y productos que se emplean en los campos antes señalados, conjuntamente con el saber y saber hacer, conforma para cada componente, equipo, instalación o estructura objeto de estudio, las Tecnologías de servicios que tienen desarrolladas la UDI-CEAT de la Universidad de Matanzas y se integra como sistema con diferentes tecnologías de productos anticorrosivos, diseñados especialmente para ellas.

El SIPAYC, es una propuesta que puede ofrecer soluciones al problema de la conservación en museos con la utilización de productos nacionales que sustituyen a los de importación, respondiendo a lo planteado en los lineamientos del VI congreso del PCC relacionado con la conservación del patrimonio y la sustitución de importaciones. Estos han sido evaluados en almacenes, técnica militar y otros objetos museables en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva. La Unidad de Desarrollo e Investigación - Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos, de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, desarrolla estos sistemas para objetos y estructuras metálicas, a partir de la aplicación de diferentes productos y soluciones a problemas de diseño anticorrosivo que permiten la conservación del patrimonio.

Hoy en el mercado nacional los únicos productos que se obtienen para la protección anticorrosiva son estos además de un producto (otro tipo de aceite) que se está elaborando en Santiago de Cuba aunque se debe destacar que los productos ampliados por la UDI-CEAT se desarrollan con materias primas nacionales y de más bajo costo.

Teniendo en cuenta lo vital que resulta garantizar un óptimo estado de conservación de los objetos museables en el museo, se plantea:

Problema Científico: Deterioro por corrosión del tanque T-34 expuesto en el museo Playa Girón.

Hipótesis: Si se estudian las causas del deterioro por corrosión del tanque T-34 expuesto en el museo Playa Girón, se pueden elaborar y aplicar tecnologías de conservación para disminuirlos.

Objetivo General: Elaborar las tecnologías de conservación para el tanque T-34 expuesto en el museo Playa Girón.

Objetivos Específicos:

1. Realizar un análisis de la bibliografía actualizada de la temática.
2. Determinar los problemas de diseño anticorrosivo presentes en el tanque T-34.
3. Identificar tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen.
4. Proponer medidas para minimizar los problemas de corrosión.
5. Elaborar las tecnologías de conservación para el tanque T-34.
6. Valorar económicamente la propuesta de la tecnología.
7. Valorar el impacto social de la aplicación de la tecnología.

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se realiza una búsqueda bibliográfica para conocer aspectos como Piezas de valor patrimonial y su relación con el deterioro por corrosión, tipos de corrosión así como sus mecanismos y factores; corrosión atmosférica, problemas de diseño anticorrosivo y lo elemental sobre protección anticorrosiva y conservación.

Para abordar el asunto de la conservación anticorrosiva en los museos se deben tener en cuenta algunos conceptos referidos al patrimonio; así como, lo fundamental acerca de la corrosión atmosférica, de los problemas de diseño anticorrosivo, entre otros temas.

1.1 Las piezas de valor patrimonial y su relación con el deterioro por corrosión.

Con el paso del tiempo todos los materiales sufren deterioro, incluso aquellos que forman parte del patrimonio cultural. En nuestro país, por las condiciones climáticas características del clima tropical húmedo y por el aerosol marino que impregna nuestra atmósfera, se refleja con más apogeo el deterioro que sufren las piezas, es decir, las pérdidas de materiales son mayores y más aceleradas, por lo que cobra especial importancia el tema de la conservación anticorrosiva, tarea que en los museos se lleva a cabo, pero aún no se logra la efectividad requerida. (Rubio, 2014; Medina, 2015)

1.1.1 Patrimonio cultural.

Varios autores, entre los que se destacan (CNPC, 2002; Fontal, 2003; Llull, 2005; Muñiz, 2010; Barbero, 2011; Bruzón, P. 2012, Martínez, 2012), establecen definiciones de Patrimonio Cultural y coinciden en que éste está constituido por conjuntos de manifestaciones, objetos, piezas, exponentes naturales; productos de la actividad humana que constituyen el testimonio de la identidad, el progreso de cada nación y que puede ser tangible o intangible. Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) es la herencia cultural propia del pasado de una comunidad, con la que ésta vive en la actualidad y conserva, para transmitir a las generaciones presentes y futuras.

1.1.2 Patrimonio Cultural en Cuba.

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)

El Consejo Nacional de Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura de la República de Cuba (CNPC) considera el Patrimonio Cultural como “las huellas del hombre en su devenir histórico y en su desarrollo económico-social. Tendrá mayor valor en la medida en que mejor refleje la práctica histórico-social a que pertenece.

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 historia, la literatura, la educación, el arte, la ciencia y la cultura en general.

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”.

Según (Ballester, 2014; citado por: Medina, 2015), 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.

El Museo Municipal Playa Girón tiene como característica relevante que en él se exhiben las evidencias materiales que testimonian los hechos ocurridos en Playa Girón, entre ellas, el tanque T-34 el cual es una pieza similar a la utilizada por nuestro Comandante en Jefe para el hundimiento del buque Houston y, dado a que se encuentra expuesto a múltiples agentes que pueden causar deterioro, se hace ineludible su preservación.

1.1.3 Conservación del Patrimonio Cultural.

La Conservación del Patrimonio Cultural es un conjunto de doctrinas, técnicas y medios materiales apropiados, encaminados a la protección y mantenimiento de la integridad del bien cultural con el objetivo de salvaguardar la calidad y los valores del bien, proteger su esencia y asegurar su integridad para las generaciones presentes y futuras. (Rubio, 2014; Galindo, 2015)

Actualmente se divide en dos grandes grupos que lógicamente no podemos ver divorciados: la conservación curativa (restauración), aquella que se ocupa de los objetos en peligro potencial de perderse por la presencia de un elemento de deterioro; y la conservación preventiva (preservación), aquella que se ocupa de todos los objetos del patrimonio, independientemente de que estén en buen estado, o que sean víctimas de un deterioro progresivo, con la finalidad de protegerlos de toda clase de agresiones naturales o humanas. (Rubio, 2014; Galindo, 2015)

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).

La restauración hace referencia a todas aquellas acciones aplicadas de manera directa a un bien individual y estable, que tengan como objetivo facilitar su apreciación, comprensión y uso. Estas acciones sólo se realizan cuando el bien ha perdido una parte de su significado o función a través de una alteración o un deterioro pasados. Se basan en el respeto del material original. En la mayoría de los casos, estas acciones modifican el aspecto del bien.

La conservación tiene primacía sobre la restauración, pues mientras más se pueda prolongar esta, el objeto mantiene más su estado original. En la restauración se deben tener en cuenta los materiales homogéneos del objeto que sistemáticamente debe ser retocado. (Jorrín, 2016)

De acuerdo con (López, 2013), para desarrollar una adecuada conservación de los bienes patrimoniales es necesario:

1. Estudio y diagnóstico para un tratamiento correcto.
2. Conocimiento del comportamiento de los diversos materiales.
3. 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. 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 adecuada 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.

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. El deterioro que sufren las piezas que forman parte del patrimonio cultural, está determinado en gran medida por el fenómeno de la corrosión, por lo que su estudio es necesario para este trabajo.

1.2 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios.

En la naturaleza los materiales metálicos sufren deterioro con el paso del tiempo, por las características internas de los mismos, relacionadas con sus composiciones y la tendencia a reaccionar con la atmósfera que los rodea. El proceso de deterioro de los materiales denominado corrosión, trae consigo el cambio de sus propiedades, variaciones en su apariencia, que los hacen diferentes a su estado original. Esto en piezas de museo es muy negativo porque afecta su valor patrimonial y hay que conservarlas para evitar que puedan ser destruidos por este fenómeno (Hernández, 2014).

Varios autores dan concepto de corrosión (Domínguez, J. 1987; Uhlig, 2000; Bilurbina, 2004; Gonzales, 2007; Pancorvo, 2011). Para este trabajo se adopta el concepto de corrosión según la (NC12 00 02:79), la cual plantea que el término corrosión es el deterioro de un material o alteración de sus propiedades a causa de una reacción espontánea con el medio en el cual se encuentra expuesto. Este concepto, en opinión del autor, es más abarcador y define mejor el fenómeno. Por lo que se entiende, que la reacción que produce este fenómeno depende de la naturaleza química del entorno y de la concentración efectiva de las especies reactivas.

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. Con el fin de evitar este deterioro progresivo, resulta importante tener en cuenta la protección anticorrosiva desde la creación de la estructura o pieza, tanto en su diseño y fabricación, como en el mantenimiento y a lo largo de toda su vida útil. (López, 2013)

La corrosión de los metales es un tema de gran importancia desde el punto de vista económico y tecnológico, que además reviste gran interés para todos aquellos relacionados con el estudio y la conservación del patrimonio cultural metálico, sin importar el contexto en el que se encuentre: expuesto en los espacios públicos, exhibido en salas de museos o galerías; almacenado en depósitos, formando parte de la estructura de edificios históricos; en el fondo de los mares o bajo tierra. Todos ellos deben ser protegidos. (Acán, 2011)´

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, M. *et al.* 2002 (a); Samoilova, O.V. *et al.* 2005).

En la mayor parte de las instalaciones, estructuras, objetos, edificaciones así como en el entorno general de Cuba donde puedan encontrarse metales o sus aleaciones, la corrosión atmosférica causa daños muy significativos sin que se le dé la mejor solución en muchos casos; por lo que se pierden piezas, materiales y objetos de alto valor. En el caso de objetos metálicos museables, una vez perdida la pieza ya no se puede reponer, o se afecta su valor patrimonial, lo que es lamentable y de perjuicio social. Por ello, es necesario abordar este fenómeno y proponer soluciones para contrarrestar sus efectos.

1.3 Tipos de corrosión. Mecanismos. Factores que influyen.

1.3.1 Mecanismos mediante el cual se manifiesta la corrosión.

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, en las que no es posible la existencia de agua en estado líquido. Es característico de este mecanismo que los productos de corrosión queden adheridos a la superficie, en ocasiones, incluso formando una barrera física que se opone al progreso del ataque posterior.

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 genera unas zonas en las que el metal se disuelve (zonas anódicas) y otras

en las que permanece inalterado (catódicas). Se forma así una <<pila>>, que para que funcione ininterrumpidamente exige que el contacto eléctrico entre ánodo y cátodo se mantenga y, además, se cierre el circuito a través del mismo electrólito mediante la circulación de iones. En cuanto a los productos de corrosión, estos se distribuyen en general, heterogéneamente por la superficie y pueden no tener ningún carácter protector.

Es importante señalar que existen diferentes formas de corrosión atendiendo al medio que la origina, donde la corrosión con efectos mecánicos se caracteriza por la combinación de los efectos mecánicos con los efectos corrosivos.

1.3.2 Agentes de alteración.

Según (Domínguez, 2010; Mora, 2014), los principales agentes de alteración que proporcionan la ocurrencia del fenómeno de la corrosión atmosférica son:

El oxígeno

El oxígeno atmosférico es uno de los omnipresentes agentes de alteración que desencadenan las primeras fases en un proceso de corrosión. El oxígeno reacciona con el metal produciendo sus correspondientes óxidos. El oxígeno interviene en la formación de otros subproductos de corrosión como los hidróxidos u otros de carácter ácido o básico.

El agua

El agua junto al oxígeno atmosférico, constituye uno de los principales agentes de la corrosión electroquímica. Se encarga de recoger y reaccionar con los electrones desprendidos en la corrosión del metal produciendo óxidos hidratados del metal en cuestión. El agua para desencadenar un auténtico proceso de corrosión debe estar siempre en contacto con el oxígeno atmosférico.

Los contaminantes

La presencia de ciertos componentes como el azufre o el cloro en la atmosfera o el medio en donde se encuentre inmerso, ya sea accidentalmente o intencionalmente, constituyen un acelerante o desencadenante de procesos de corrosión más o menos graves.

PH del medio

El PH o grado de acidez o alcalinidad del medio en que se encuentre inmerso el metal son determinantes para desencadenar un proceso de corrosión. En muchos casos el PH de un medio no es causante de la corrosión en sí pero si permite a otros agentes como el agua y el oxígeno atmosférico que actúen con facilidad.

1.3.3 Tipos de corrosión. Factores que influyen y sus mecanismos.

Según (Mora, 2014; Serrano, 2015; Jorrín, 2016; San Martín, 2016), en la actualidad está establecido que por su naturaleza o mecanismo general, los fenómenos de corrosión pueden dividirse en dos grandes grupos:

- ❖ **Corrosión uniforme:** (homogénea o generalizada). Corrosión que ocurre a igual velocidad en todos los puntos de la superficie, aunque de forma más clara se puede plantear que es aquella en que se produce un ataque uniforme en toda superficie.
- ❖ **Corrosión no uniforme:** (heterogénea o localizada). Corrosión que ocurre a distintas velocidades en diferentes partes de la superficie y por tanto se produce un ataque no uniforme.
- Atmosférica generalizada. Húmeda y mojada

Húmeda:

Tipo: Corrosión electroquímica, atmosférica.

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.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la condensación de humedad y la presencia de contaminantes. De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas de humedecimiento y secado periódico

Mojada:

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica.

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.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de agua y contaminantes, además de la temperatura. En presencia de agua un aumento de la temperatura aumenta la velocidad de corrosión, hasta un punto en que se evapora y se detiene la corrosión. La corrosión atmosférica mojada es menor que la húmeda, ya que en la primera existe una delgada capa de humedad.

- Celdas de aireación diferencial.

Tipo: Corrosión Electroquímica, 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:

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

Factores que influyen: El factor determinante en el primer caso, es la presencia de humedad y contaminantes, por un mal diseño anticorrosivo, además de los contaminantes que como el aerosol marino acelera el proceso corrosivo.

- Corrosión interfacial

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, no uniforme.

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

Mecanismo: 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. Cuando la superficie queda contaminada antes de pintar, fundamentalmente con cloruros y sulfatos, ya están dadas las condiciones para la corrosión interfacial, de lo contrario no ocurre. Las pinturas son permeables al agua y al oxígeno, los cuales la penetran hasta la superficie metálica, pero ambos no pueden provocar el proceso de corrosión de no existir contaminantes sobre la superficie que aumenten la conductividad en la interface acero – pintura y favorezcan el proceso corrosivo.

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia del contaminante sobre la superficie metálica como aerosol marino, en la interface acero- pintura. La presencia de humedad y oxígeno que deben atravesar la película de pintura, por lo cual influye además el espesor del recubrimiento de pintura.

- Corrosión en resquicios

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

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

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de resquicios (grietas, hendiduras, solapes, etc), producidas por la presencia del resquicio, que se produce en la unión metal – metal, metal – madera, metal – hormigón y en general entre un metal y otro material. Sin dejar de faltar los contaminantes y la humedad. Es decir, un problema de diseño anticorrosivo. Los contaminantes provenientes del aerosol marino constituyen catalizadores del proceso corrosivo. El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de grietas, hendiduras, solapes, etc., conjuntamente con la acumulación de contaminantes y la humedad.

- Corrosión por par metálico

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

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

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la unión de metales de distinta naturaleza, aunque influye también la magnitud de la diferencia de potenciales, la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica. Incrementa este proceso la presencia de contaminantes, la temperatura y el pH del medio.

- Corrosión fatiga

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme con efectos mecánicos.

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

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

- Corrosión selectiva

Tipo: Corrosión electroquímica, no uniforme, por par metálico.

Mecanismos: El par metálico se presenta en aleaciones donde coexisten dos fases de diferente potencial y se manifiesta en aleaciones de aluminio, fundiciones, latones y otros materiales. La corrosión selectiva de los latones, es un mecanismo electroquímico, que tiene lugar en presencia de electrolitos, por formación de celdas galvánicas, donde el Cinc de determinadas aleaciones Cu – Zn (latones) sufre corrosión selectiva. Esto se explica por ser el Zn (metal activo) el que actúa como ánodo en las celdas que se forman por toda la estructura susceptible a este ataque.

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

Factores que influyen: Influye la predisposición de los latones que contienen más del 15% de Cinc a presentar la corrosión por par metálico, sobre todo la presencia de medios agresivos. Un medio agresivo que ataca preferentemente al Cinc, es el dióxido de carbono resultado de la combustión y el aerosol marino, principalmente los sulfatos presentes.

1.4 Corrosión atmosférica.

La atmósfera es uno de los medios corrosivos naturales más ampliamente difundido y es, precisamente, en este medio donde ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas. Alrededor de un 80% de las estructuras metálicas están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50% de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. (Tomashov, 1979; Cervera, 2013).

El conocimiento más exacto posible, acerca de los factores que influyen en la agresividad corrosiva de la atmósfera en los diferentes ambientes, ayudaría a la planificación de las medidas anticorrosivas para la protección de metales y por ende a la disminución de las pérdidas o costos por corrosión. (López, 2007; citado por: González, A., *et al.* 2015)

Para cada ambiente, es necesario tener en cuenta la influencia sobre los materiales, de las condiciones atmosféricas del macro clima (oxígeno; humedad; la radiación solar global; contaminantes: SO₂, NaCl, NO_x, etc.) y del microclima (la formación de rocío, o en general, el tiempo de humectación de la superficie; el calentamiento de la superficie por la radiación solar global, especialmente la radiación infrarroja; la acumulación de iones de naturaleza ácida (SO₂, NO₂, Cl) en la película acuosa depositada sobre el objeto). (Echeverría, M. *et al.* 2007; González, A., *et al.* 2015)

Según (Feliú y Andrade, 1991; citado por: Serrano, 2015) La corrosión atmosférica es la suma de procesos parciales de corrosión que tienen lugar cada vez que se forma la capa de electrolito y es posible únicamente cuando la superficie metálica está humedecida.

1.4.1 Agresividad corrosiva de la Isla de Cuba.

Cuba es un archipiélago con un clima caracterizado por tener más de la mitad del año temperaturas medias superiores a 25⁰C y humedad relativa media ± del 80%. Dada su configuración y ubicación geográfica, la influencia del aerosol marino llega a casi todo el territorio nacional. En la isla, la agresividad corrosiva imperante, se clasifica de media, alta, muy alta y extrema, en los principales polos de desarrollo, con predominio de las últimas clasificaciones. Estas condiciones favorecen notablemente el deterioro prematuro de los materiales fundamentalmente metálicos y sus sistemas de protección, especialmente en zonas de agresividad corrosiva alta y extrema. (Echeverría, *et al.* 2010;

Castañeda, 2014). Los mayores niveles de agresividad en Cuba, se ubican en la costa norte debido a la gran influencia de los vientos del norte-nordeste que producen grandes concentraciones de aerosol marino en el aire. (Echeverría, *et al.* 2002; Echeverría, *et al.* 2004).

1.4.2 Clasificación de las atmósferas.

La clasificación de las atmosferas es de gran aplicación cuando se proyectan y ejecutan nuevas inversiones, se investiga sobre métodos de protección y se proyectan sistemas de recubrimiento (Morcillo, M. *et al.* 2002 (a); Albrecht, P. *et al.* 2003; Cole, I.S. *et al.* 2003 (a); Rodríguez, M.T. 2004; Cook, D.C. 2005; Shifler, D. 2005; Echeverría, C.A. *et al.* 2005; 2008; Almeida, E. *et al.* 2006; Echeverría, M. *et al.* 2007).

Las atmosferas, de forma general, pueden ser catalogadas:

- En función de la naturaleza de los contaminantes se distinguen resumiendo los criterios de la Norma UNE EN ISO 14713, varios tipos de atmósferas: Atmósfera industrial, marina, urbana y rural.
- De acuerdo con el clima, las atmósferas pueden ser: Secas, Húmedas, Lluviosas, Tropicales y Polares dentro de las cuales es posible hacer igualmente una serie de matizaciones.
- Según el Mapa de Corrosividad Atmosférica de Cuba se clasifica en: Baja, Media, Alta y Extrema.

1.4.3 Factores que influyen en la velocidad de la corrosión atmosférica.

De acuerdo con (Morcillo, *et al.* 2002 (b); Echeverría, CA. *et al.* 2006) los principales factores que operan en la corrosión atmosférica se clasifican como:

Factores externos:

- ✓ Meteorológicos y de contaminación del aire.
- ✓ Condiciones de exposición que permitan el libre acceso del medio corrosivo a la superficie expuesta a la atmósfera, almacenamiento en caseta o bajo abrigo ventilado, en las cuales el metal sólo se humidifica por el rocío o el contacto accidental con la lluvia.

Factores internos:

- ✓ Como naturaleza y propiedades electroquímicas del metal, así como características de los productos de corrosión.

Cada uno de estos factores juega un rol en la manifestación e incremento de la velocidad de corrosión, pero el efecto combinado de varios de ellos es lo que origina las mayores pérdidas.

1.4.4 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.

Los factores climáticos tienen una influencia crucial para el desarrollo de la corrosión, así como en el transporte de los contaminantes sobre la superficie de los metales.

Según plantea (Corvo y Veleva, 2003; citado por: López, 2007), cuando se evalúa la corrosión atmosférica de metales, los parámetros más importantes son relacionados por la combinación de:

- ❖ Temperatura (T) y Humedad Relativa (HR): habitualmente descrito como el complejo T-HR. La humedad es una medida del contenido de vapor de agua en el gas (aire) y se expresa en porcentajes (%). Sus valores son función viceversa de la temperatura, es decir, cuando la HR aumenta, la T disminuye y en una forma viceversa.
- ❖ Precipitación pluvial: valores anuales de las precipitaciones pluviales.
- ❖ Tiempo de humectación (TDH): durante éste existe humedad en la superficie del metal y la corrosión puede desarrollarse. Esta capa de humedad puede ser generada por lluvia, niebla, nieve, condensación capilar, rocío u otros fenómenos similares.

➤ Temperatura (T).

El efecto de la temperatura en la corrosión atmosférica no resulta determinante en las condiciones del ambiente de Cuba, ya que las variaciones no son de consideración. Su efecto fundamental se manifiesta bajo la acción de la radiación solar. De acuerdo con lo anterior, al aumentar la temperatura de la superficie metálica, disminuye la velocidad de corrosión e incluso, el proceso corrosivo se detiene en ausencia de humedad (Echeverría,

C.A. *et al.* 2003 (b)). Por lo antes expuesto se puede observar que en muchos casos la corrosión atmosférica bajo techo simple es mayor que a la intemperie.

➤ **Humedad Relativa (HR).**

Uno de los tipos de corrosión atmosférica es la húmeda, la cual se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, según refiere (Echeverría, M. *et al.* 2009; González, 2013).

El mecanismo de la corrosión atmosférica húmeda es el que se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año, es por ello que constituye el mecanismo fundamental.

De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas de humedecimiento y secado periódico, en lo que determina la falta de establecimiento de capas de productos de corrosión protectoras. No obstante se insiste que lo que determina en la magnitud de la corrosión atmosférica es el tiempo en que permanece la superficie metálica húmeda.

➤ **Tiempo de humectación (TDH).**

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

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

Por otro lado es importante analizar en qué intervalos de temperatura se da el TDH, ya que los niveles de temperatura determinan la cinética del proceso de corrosión, es decir su velocidad de corrosión. (Espada, L.R. 2005; citado por: Mora, 2015).

➤ **Efecto de las lluvias.**

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

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

➤ **Influencia de los vientos.**

Según (Echeverría, C.A. *et al.* 2003 (a)), en Cuba el encargado de transportar los contaminantes es el viento. Destaca (Echeverría, C.A. *et al.* 2006; González, 2014) que la velocidad del viento puede promover un doble efecto, si se conjuga con la lluvia ya que en ausencia de esta, una alta velocidad del viento produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión. Por su parte, un efecto combinado de la lluvia con el viento, da lugar al lavado de la superficie del metal, es decir una remoción de los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto también disminuye la velocidad de corrosión.

Según (Feliú, S. *et al.* 1971; Echeverría, C.A. *et al.* 2003 (b)) refiere que la velocidad de corrosión depende de la velocidad y dirección del viento, principalmente en atmósferas marinas.

➤ **Influencia del aerosol marino.**

Las propiedades del agua de mar como medio corrosivo están fundamentalmente determinadas por su contenido salino. La salinidad total y la composición de los océanos son casi constantes, aunque puede variar considerablemente en los mares interiores. La acción del agua de mar sobre los materiales metálicos es de naturaleza electroquímica. Todas las leyes que rigen la corrosión electroquímica son aplicables a la corrosión marina. (Hing, 2010). La corrosión atmosférica es una de las formas más comunes en que se presenta este fenómeno. De todos los componentes particulares que penetran en la atmósfera los aerosoles marinos son los más abundantes. Mientras mayor es la velocidad de los vientos, mayor es la abundancia de cabrillas generadoras de salpicaduras en la superficie del mar. (Echeverría, 1991).

Según (Gonzales, 2011), 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. La influencia de los cloruros, transportados por el aerosol marino, es muy significativa en la elevación de la velocidad de corrosión y una vez que ya está formada la capa, existe un proceso de absorción competitiva entre los cloruros y los sulfatos.

Por otro lado (Veldéz, *et al.* 2013), plantea que la corrosión marina, en particular se manifiesta en las zonas donde se rompen las olas (splash zone), que generan una espuma blanca, con alto contenido de burbujas de aire, que aportan O_2 para la corrosión.

En estudios de la corrosión atmosférica realizados hasta la actualidad se demuestra que una de las principales causas de la agresividad atmosférica en Cuba, lo constituye la influencia del aerosol marino, el cual al conjugar su acción con factores meteorológicos y de contaminación, ocasionan pérdidas de consideración.

1.5 Principales problemas de diseño anticorrosivo.

En las últimas décadas se ha venido estudiando la influencia del diseño anticorrosivo por el deterioro de las estructuras y objetos metálicos, ya que los mismos propician el decantamiento del fenómeno en las diversas formas que puede presentarse, para que de forma conjunta se ponga en práctica la protección anticorrosiva y conservación apropiada que puedan ayudar a resolver el problema. (San Martín, 2016)

Plantea (Echeverría, C. A. *et al.* 2003 (a)) que para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas (UNE-EN ISO12944 – 3, 2007), (UNE-EN ISO 12944 – 4, 2007) y la (UNE-EN ISO 12944 – 5, 2007).

Cuando se suscribe una Norma Internacional, se contraen obligaciones bajo consideraciones técnicas de cumplir lo establecido en las mismas. En aquellos casos que se establezcan garantías, quedan obligados mediante documentos contractuales, a cumplir con las obligaciones técnicas, de lo contrario pueden ser demandados, aplicándose los

procedimientos penales correspondientes. El sistema de normalización establecido en Cuba está basado en el empleo de las Normas ISO. (González, A. *et al.* 2014)

Estas normas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño, que deben cumplir como consideración técnica que: “El sistema protector debe ser efectivo por el tiempo de vida de la estructura”. Es decir, cuando se presente un problema de diseño anticorrosivo, hay que garantizar mediante una protección adicional la durabilidad del sistema protector. (Serrano, 2015)

Según la Norma UNE-EN ISO 12944 - 3: 2007, los criterios básicos de diseño deben cumplir con los siguientes aspectos:

- ✓ Cuando se presente un problema de diseño anticorrosivo, hay que garantizar mediante una protección adicional la durabilidad del sistema protector.
- ✓ Las superficies de las estructuras de acero expuestas a los agentes corrosivos deben ser pequeñas en extensión y tener el número más pequeño posible de irregularidades (por ejemplo: superposiciones, esquinas, bordes).
- ✓ Las uniones deben ser realizadas preferiblemente mediante soldadura, en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible.
- ✓ Las soldaduras discontinuas y por puntos se deben usar solamente cuando los riesgos de corrosión sean insignificantes.

Según la Norma UNE-EN ISO 12944 - 3: 2007 se puede encontrar en la actualidad varios problemas de diseño anticorrosivo expuestos al medio ambiente, los cuales deben ser erradicados para la protección del patrimonio:

- 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 50mm y profundidades menores de 100mm, 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.

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

- Bordes:

Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado 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. En la generalidad de los casos, no se toman medidas por el interior de los componentes huecos y las áreas cerradas donde progresa constantemente la corrosión en las condiciones climáticas y de agresividad existentes en Cuba. Esta situación se agrava si previamente se han sometido las estructuras a la acción del ambiente, contaminándose las superficies interiores.

- Entallas:

Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deberían tener un radio mínimo de 50mm, 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 protección.

1.6 Protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC).

Los sistemas de Protección Anticorrosivas y de Conservación (SIPAYC), es resultado de la experiencia desarrollada por más de 30 años de actividad docente- investigativa, con investigaciones a ciclo completo (Investigación+Desarrollo+Innovación) en el campo del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación. Al incorporarle las metodologías, procedimientos, medios y productos que se emplean en los campos antes señalados, conjuntamente con el saber y saber hacer, conforma para cada componente, equipo, instalación o estructura objeto de estudio, las Tecnologías de servicios, que tienen desarrolladas la Unidad de Desarrollo e Innovación – Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos (UDI-CEAT), de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas y se integra como sistema con diferentes tecnologías de productos anticorrosivos, diseñados especialmente para ellas.

El UDI-CEAT se ha dedicado, desde su creación, al estudio de la corrosión atmosférica y al desarrollo de productos para la conservación y la protección anticorrosiva. El desarrollo de Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), es una propuesta que puede ofrecer soluciones al problema de la conservación del patrimonio, con la utilización de estos productos nacionales para nuestras condiciones específicas que sustituyen a los de importación, respondiendo a lo planteado en los lineamientos del VI congreso del PCC relacionado con la conservación del patrimonio y la sustitución de importaciones. Los mismos han sido evaluados en almacenes, técnica militar y otros objetos museables en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva

brindando muy buenos resultados por más de 20 años sin que se hayan biodeteriorado y sin que hayan dañado las piezas.

Estos productos desarrollados por la UDI-CEAT de la Universidad de Matanzas no son más que recubrimientos protectores entre los que se pueden encontrar: Materiales compuestos de matriz asfáltica, Grasas de conservación, Cera abrillantadora e impermeabilizante y Disolución de Fosfato.

Los recubrimientos protectores se emplean ampliamente para el control de la corrosión, proporcionando una protección de larga duración bajo un amplio rango de condiciones corrosivas. El principio esencial de acción es aislar o separar al metal del medio corrosivo (Roberge, P. 2000; Fragata, F. et al. 2002; Morcillo, M. *et al.* 2002 (b); Ochoa, *et al.* 2005; Morcillo, M. 2002 (a); Rodríguez, M.T. 2004; Espada, L.R. 2005; Shifler, D. 2005; Schmidt, D.P. *et al.* 2006). Un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados aplicados sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión.

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

1.7 Caracterización de los recubrimientos protectores.

1.7.1 Sistemas de protección con pinturas.

Aunque el UDI-CEAT de la Universidad de Matanzas no desarrolla sistemas de protección con pinturas, se puede decir que son los métodos de protección más empleados por lo tanto se deben tener en cuenta cuando se proponen sistemas para la protección y conservación anticorrosiva.

De acuerdo con (Hassan, 2010), la protección por recubrimientos es uno de los métodos más ampliamente utilizados, siendo los sistemas de protección anticorrosivos con pinturas los más difundidos por las ventajas que representan tanto desde el punto de vista económico, como de su facilidad de aplicación, versatilidad de empleo y propiedades protectoras en sustratos y ambientes muy diversos. Sin embargo se debe tener en cuenta

que según (Echeverría, *et al.* 2012), los mismos carecen de un enfoque integral, al no incluir soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo, protección adicional y conservación para el propio sistema.

Las pinturas son permeables al agua y al oxígeno, los cuales la penetran hasta la superficie metálica, pero ambos no pueden provocar el proceso de corrosión de no existir contaminantes sobre la superficie que aumenten la conductividad en la interfase acero-pintura y favorezcan el proceso corrosivo. (Muxlhanga, *et.al.* 2010)

Los sistemas de pinturas diseñados para proteger y conservar las superficies metálicas no pueden ser constituidos por una sola capa, sino por una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas que responden a distintos requerimientos y posibilitando que se obtenga el espesor deseado. (Pérez, 1998; Morcillo, 2002; Ochoa, 2005; Echeverría, *et al.* 2010)

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: Capa que 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 ahí que su requerimiento más importante sea una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.

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

La Norma UNE-EN ISO 12944 - 5: 2007 ofrece varios esquemas de pinturas en función de la agresividad corrosiva del medio, cada uno de los cuales define el grado de preparación superficial, tipo de pintura, número de capas, espesor y durabilidad.

Según Urbán (2009) la durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como: tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del

sustrato antes de la preparación, la efectividad de la preparación de superficie, la calidad de la aplicación y las condiciones de exposición antes y durante la aplicación.

Al respecto, se establecen tres niveles de durabilidad de los sistemas de pintura (Norma UNE-EN 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, I. 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 los cuales son materiales que pueden ser fácilmente aplicados y removidos, y que serán reemplazados periódicamente durante la vida del sistema; estos son: recubrimientos fosfáticos, materiales compuestos de matriz asfáltica, grasas de conservación y cera abrillantadora e impermeabilizante. (González, 2011; López, I. 2013)

En el caso de los materiales que conforman las piezas de museo, no siempre se puede emplear pintura, porque es de importancia conservar el aspecto original de la pieza. No obstante, en los tanques sí es factible emplear este tipo de recubrimiento, aunque conservando su color original.

Por lo antes expuesto se puede decir que un sistema de protección de pinturas se puede aplicar para la protección y conservación anticorrosiva del tanque T-34 aunque se ha de resaltar que estos sistemas de protección no son totalmente resistentes a los medios agresivos, por ende se deberá aplicar un sistema de protección anticorrosiva y

conservación adicional, por ejemplo, las ceras abrillantadoras que fueron aplicadas, obteniéndose muy buenos resultados, en las piezas de la Sala de Esclavitud del museo “La Ruta del Esclavo”.

1.7.2 Protección anticorrosiva y conservación adicional.

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

Varios autores (Echeverría, *et al.* 2008; Gonzales, A. 2011; López, I. 2013), brindan la descripción de las propiedades de estos tipos de recubrimientos entre los que se encuentran:

a) Materiales compuestos de matriz asfáltica.

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

Los rellenos poseen altos valores de dureza, resistencia y módulo de elasticidad. La combinación adecuada de la matriz y el relleno origina unos materiales con mejores propiedades que las partes que los componen por separado. Algunos rellenos presentan un excelente comportamiento ante la corrosión y ataque de agentes ambientales, por otra parte, presentan buenas propiedades mecánicas, en particular, una excelente resistencia mecánica tanto a tracción, como a compresión, flexión, cortadura y resistencia al impacto, lo cual justifica su utilización en estructuras. Uno de los materiales más utilizados como matriz es el asfalto y una de las formas de mejorar sus propiedades es oxidándolo.

El Mástique asfáltico DISTIN 403 está especialmente preparado para usarlo en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción

agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de la aplicación específica que se requiera.

El DISTIN 403 L ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc. la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraña para la protección inferior y exterior de los automóviles, contenedores y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana.

b) 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. Un ejemplo de ello es su duración por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas. Estos resultados no se han reportado por otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo.

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 cuarteo ni chorro, resistiendo temperaturas superiores a 80°C sobre la superficie metálica.

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente formulada para el procedimiento de conservación estructural en componentes huecos, intersticios, áreas

cerradas y otras zonas inaccesibles de estructuras metálicas y equipos en general, proporcionando una barrera al agua y otros agentes. La capa que se forma por evaporación del solvente, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente.

La grasa DISTIN 316 L cumple con todos los parámetros de la DISTIN 314 L, pero afecta los recubrimientos de pintura, por su coloración negra, por lo que se recomienda para materiales no pintados almacenados. No se inflama, en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

Debido a las propiedades que presentan las grasas mostradas anteriormente, pueden ser aplicadas en los sistemas de protección anticorrosiva de objetos museables aunque, a juicio del autor, en caso de aplicarse grasa la más aceptada para la protección y conservación anticorrosiva del tanque T-34 será la DISTIN 314 L y la menos apropiada la DISTIN 316 L.

c) Cera abrillantadora e impermeabilizante.

La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas. Proporciona a los recubrimientos de pintura una mayor resistencia a la radiación ultravioleta. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas.

d) Disolución de Fosfatado.

La disolución de fosfatado decapante DISTIN 504 para la preparación rápida de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas, previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Se recomienda aplicar recubrimiento después de las 72 horas.

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

Ambos productos garantizan la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO 1

1. El tanque T-34 expuesto en el exterior del museo Playa Girón, el cual posee un alto valor patrimonial, sufre deterioro bajo la influencia de la corrosión atmosférica.
2. Un Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación adecuada contra la corrosión atmosférica, debe resolver los problemas de diseño anticorrosivo que la fomentan.
3. Los recubrimientos protectores con pinturas y los desarrollados por la UDI-CEAT: disolución de fosfatado, materiales compuestos de matriz asfáltica, grasas de conservación y cera abrillantadora e impermeabilizante; ofrecen protección y conservación anticorrosiva a las estructuras metálicas expuestas en museos, para dar solución a los problemas de diseño anticorrosivo y conservación imperantes en las mismas.
4. No siempre un único método de protección garantiza que no se deteriore el material; se requiere la combinación de métodos de protección o medidas adicionales.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se describen los materiales y métodos que serán empleados para dar solución al problema del deterioro, producto de la corrosión atmosférica, en el tanque T-34 expuesto en la zona exterior del museo Playa Girón.

El análisis de este tanque, el cual fue tomado como objeto de estudio en el trabajo, se desarrolla en base a la Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión, elaborada por el Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas.

Esta Metodología es el resultado de la experiencia práctica desarrollada durante más de 30 años por investigadores de este centro. Se tomaron, además, referencias de (González, J. A. *et al.* 1984; Domínguez, 1987; Norma ISO 12944 de la 1-8: 2007 y Norma ISO 11303: 2009).

2.1 Identificación del problema.

Para el correcto análisis de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación presentes en el tanque T-34, expuesto en el exterior del museo Playa Girón, fue necesario realizar un diagnóstico de las condiciones actuales del mismo a partir de los siguientes pasos:

- **Análisis visual**

Se realiza un examen visual detallado para observar todos los problemas que existen en la pieza objeto de estudio.

- **Fotografía digital**

Después de realizado el análisis visual, se procede a la toma de fotos de todos los problemas existentes en la pieza para, posteriormente, analizarlas durante el trabajo de mesa. Para ello se empleó la cámara de un teléfono celular marca Samsung.

2.1.1 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.

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

Los principales problemas de diseño anticorrosivo, según la Norma UNE-EN ISO 12944-3: 2007, se aprecian en el tanque T-34 son las áreas cerradas y componentes huecos, problemas de accesibilidad, tratamiento de orificio, resquicios, refuerzos; zonas de acumulación de depósitos y humedad, bordes, imperfecciones en la superficie de las soldaduras, conexiones con pernos y también existencia de problemas de preparación superficial.

Los materiales de los cuales está compuesto el tanque T-34 se exponen a continuación:

Acero estructural:

Término que corresponde a un gran número de aleaciones que contienen hierro, como componente principal, y pequeñas cantidades de carbono, que generalmente no superan el 1%, como principal elemento de aleación. Estas aleaciones pueden llamarse con mayor propiedad aceros al carbono, y representan más del 90% de la producción total de aceros en el mundo. También puede haber en los aceros pequeñas cantidades, generalmente del orden de unos puntos porcentuales, de otros elementos, como: manganeso, silicio, cromo, molibdeno y níquel. 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. Por ejemplo, un mayor contenido de cromo, del orden de 12%, se agrega para producir el importante grupo de aleaciones conocidas como aceros inoxidables.

Este es el material que compone el cuerpo del tanque y el que sufre mayor deterioro por corrosión.

Caucho (goma):

Actualmente se fabrican miles de artículos de caucho para usos muy diferentes. El caucho es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, artículos impermeables y aislantes, por sus excelentes propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas. Es repelente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. Se disuelve con facilidad ante petrolatos, bencenos y algunos hidrocarburos. El caucho natural suele vulcanizarse, proceso por el cual se calienta y se le añade azufre o selenio, con lo que se logra el enlazamiento de las cadenas de elastómeros, para mejorar su resistencia a las variaciones de temperatura y elasticidad.

Este material es empleado específicamente en los neumáticos del tanque.

Fundiciones:

Son aleaciones de hierro-carbono donde el contenido de carbono varía entre 2,14 y 6,67%. Además de hierro y carbono lleva otros elementos como: silicio, manganeso, fósforo, azufre y oxígeno. Obtienen su forma definitiva por colada, permitiendo la fabricación con relativa facilidad de piezas de grandes dimensiones. Son más baratas que los aceros y de fabricación más sencilla por emplearse instalaciones menos costosas y realizarse la fusión a temperaturas más bajas, además son fáciles de mecanizar. Son más resistentes a la corrosión que los aceros comunes, pero su contenido de hierro los hace susceptibles al fenómeno en ambientes como el atmosférico y en contacto con el acero provocará la formación de una pila galvánica, con el consecuente deterioro de este último.

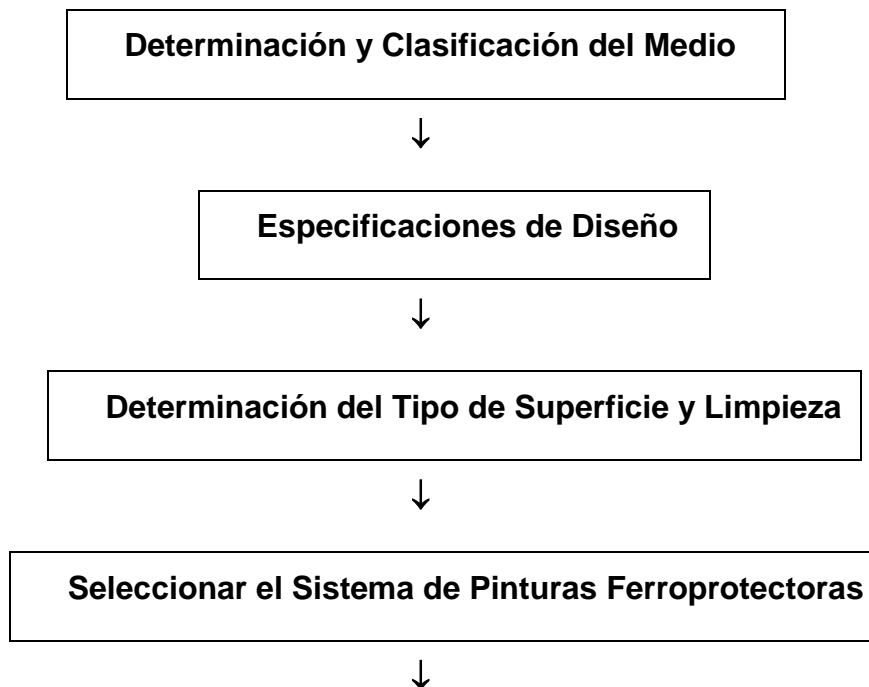
Este material se encuentra las esteras del tanque y en piezas y accesorios formando parte de la estructura.

Recubrimiento:

El tanque posee recubrimiento, específicamente pintura con el objetivo de proteger contra la corrosión. Las pinturas son sustancias aparentemente homogéneas que pueden aplicarse en forma de capa delgada sobre cualquier superficie y que por procesos químico-físicos se solidifican produciendo capas adherentes y poco porosas, aislando el material del medio exterior y cumple diversas funciones tales como: protección anticorrosiva, color a gusto, brillo, entre otras.

Existen muchas clases de pinturas que proporcionan una protección más o menos eficaz contra la corrosión. Las pinturas que no son anticorrosivas, 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.

Diagrama de aplicación de pinturas ferroprotectoras.



Ejecución y Supervisión del Trabajo



Mantenimiento y Control

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. Estos pasos en la práctica se violan frecuentemente, afectando la durabilidad de los sistemas de pinturas.

2.1.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y las 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.

Según el Mapa de agresividad corrosiva de la Atmósfera de Cuba (Fig. 2.1 Anexo1), por estar ubicado el Museo Municipal Playa Girón a aproximadamente 100 m de la costa sur de la isla, la misma se puede clasificar como alta (C4) por cloruros y sulfatos, procedentes del aerosol marino. Las edificaciones que rodean el local son sencillas y producen cierto apantallamiento pero no detienen el paso de los contaminantes en su totalidad. (Fig. 2.2 Anexos1)

El museo se encuentra ubicado en perímetro turístico de Playa Girón; localizado en una zona urbana cercana a la costa, con contaminación debido a que penetran en la instalación los gases de combustión producto de los automóviles y vehículos que circulan en la zona con un paso constante. De acuerdo con esta ubicación geográfica y rigiéndose por la Norma ISO 12944-2: 2007, la agresividad corrosiva, se considera muy alta (C5-M)

(en el análisis se tiene en cuenta esta planificación para escoger el sistema de pintura a recomendar) y siguiendo el criterio de (Feliú, 1987; Citado por: López, 2007), estamos en presencia de una atmósfera marina-urbano.

El tanque T-34 expuesto en el museo presenta problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en toda su estructura metálica y se encuentra en la zona exterior de la instalación expuesto a este tipo de atmósfera mencionada anteriormente. Éste exhibe en su superficie abundante polvo y materias sólidas además de que se encuentra en condiciones inapropiadas, ya que está situado a la intemperie sobre 2 bloques de hormigón aproximadamente a 50 cm del suelo, con plantas ornamentales a su alrededor (Fig. 2.3 Anexo1).

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

Los aspectos de Normalización, toman cada día mayor importancia, por lo cual desde un principio hay que preguntarse:

¿Tienen implementadas las Normas ISO 9000?

Cómo bien se conoce, para los propósitos de gestión de calidad, tienen que implementarse las Normas de la serie ISO 9000.

¿Qué Normas de Calidad emplean?

Normas cubanas, ISO, etc. Considerar aquí que en Cuba las recomendadas actualmente son las Normas ISO, hasta tanto se actualice el Sistema de Normas Cubanas, que respondía en general a las GOST.

¿Han implementado sus propias Normas de Calidad en los procesos?

Con la respuesta a estas preguntas podemos tener elementos del rigor con que se trabaja. Se puede profundizar al respecto además en:

- Normas de calidad de los materiales de que disponen.
- Normas de calidad en el proceso de construcción y montaje.
- Normas de calidad para el control de los procesos de protección anticorrosivo.

- Ensayos de calidad de los productos que emplean o información precisa al respecto.

Los aspectos legales del cumplimiento de las normas tienen mucha importancia. Baste señalar lo siguiente: En cada contrato, se establece el período de garantía, que tiene una consideración jurídica, objeto de cláusulas en la parte administrativa del contrato. El tiempo de garantía tiene que ser menor que la durabilidad del sistema protector, que es una consideración técnica que puede ayudar al propietario a establecer un sistema de mantenimiento.

En la Norma UNE-EN ISO 12944 – 1: 2007 para sistema de pinturas, se establecen tres clases de durabilidad:

- ✓ Baja (L) de 2 a 5 años.
- ✓ Media (M) de 5 a 15 años.
- ✓ Alta (H) de más de 15 años.

En esta propia norma se precisa que son de obligatorio cumplimiento para los países firmantes, en particular la Comunidad Europea y los países que la suscriban. Además, no cumplir con los requisitos y recomendaciones dados en esta norma puede conducir a serias consecuencias económicas.

Se debe comprobar la calidad de los productos utilizados en la preparación previa y como recubrimientos; además si el componente, equipo o instalación ya viene protegido, hay que exigir los ensayos de calidad realizados a los productos. Por ello, los ensayos de recepción constituyen una de las acciones más importantes y a estos no se les presta mucha atención.

Para la protección anticorrosiva y los trabajos de mantenimiento que se le hacen al tanque T-34 no se tiene en cuenta la calificación del personal para realizar dicha tarea, ni las normas internacionales establecidas, ya que se le aplica pintura sin tener en cuenta el número de capas, el espesor recomendado, limpiezas frecuentes. En las chapisterías que se ejecutan no se tienen en cuenta los problemas de diseño anticorrosivo porque surgen nuevas soldaduras irregulares con respecto a las ya existentes.

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.

Este museo de estilo sencillo fue constituido, a finales de 1959, como albergue obrero de la escuela de mar y pesca radicada en el mismo lugar. Desde 1964 hasta 1976 sus dos salones exhibieron una exposición fotográfica alegórica a las acciones y respuesta del pueblo cubano sobre las malas intenciones de las fuerzas mercenarias que pretendían aniquilar a la naciente Revolución Cubana. La ampliación de su inmueble y reinauguración, con carácter de Museo Municipal, se realizó el 19 de Abril de 1976 dedicándose fundamentalmente a hacer resaltar las acciones de abril de 1961. Sus funciones de rescate, conservación, atesoramiento, exposición transitoria y difusión están destinadas también a la historia de la localidad. Por los extraordinarios valores históricos que guardia este memorial, la Comisión Nacional de Monumentos, declaró el museo de Playa Girón como Monumento Nacional descrito por la Resolución número 3 del 10 de octubre de 1987.

En el área exterior del museo se muestran vehículos utilizados en las acciones combativas de la zona. Entre estos se encuentra el T-34, que es un tanque similar al utilizado por nuestro Comandante en Jefe para abrir fuego contra el buque Houston en Playa larga. Este modelo de tanque, de fabricación soviética, era parte de un pedido inicial total de 205 unidades, pero después de los combates de Girón, Cuba hace en septiembre de 1961 otro pedido que continúa llegando hasta 1963. El mismo se encuentra expuesto en el museo desde el 19 de abril de 1976 y desde esas fechas este vehículo está expuesto en estas condiciones y ha sido sometido a varias restauraciones que se evidencian en su casco exterior, dejando soldaduras sin rebajar, que dan lugar a nuevos problemas de diseño anticorrosivo y que se suman a los ya existentes. Se ha pintado varias veces sin atender a las normas internacionales que determinan la calidad de este tipo de trabajo. Al T-34 nunca antes se le diagnosticaron los problemas de diseño anticorrosivo y de

corrosión existentes en él lo, que es evidente por el avanzado grado de deterioro que presenta.

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, por tanto, debe de realizarse por el especialista que realizará el análisis. En el trabajo participaron además especialistas en la temática de corrosión y conservación de la UDI-CEAT de la Universidad de Matanzas y el especialista en conservación del museo.

Se tomaron imágenes digitales del estado actual del tanque T-34, con un teléfono celular marca Samsung, 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.

Se realiza un análisis más profundo de los problemas el tanque, utilizando información presentada en el capítulo anterior y abarcando la propuesta para darle solución a estos problemas.

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

¿En qué forma se presenta la corrosión?

La forma en que se presenta la corrosión nos permite identificar el tipo de corrosión y con ello las causas que la originan, no obstante 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.

¿Qué tipos de corrosión se presentan?

Ello 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.

¿Cuáles son las causas de la corrosión?

Para contestar esta pregunta es necesario conocer profundamente los factores más importantes que influyen en la corrosión en el sistema estudiado y discriminar entre ellos para obtener el o los factores más influyentes; pues resulta frecuente que la causa de un problema de corrosión resulte de la acción combinada de varios factores, e incluso de problemas operacionales.

Considerando las dos preguntas anteriores, se debe 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, detallando también los tipos y factores que influyen. Cada uno debe ser analizado profundamente considerando todos los elementos.

En el Anexo 2 (Fig. 1- 12) se muestran los problemas de corrosión causados por los diferentes problemas de diseño anticorrosivo frente a la agresividad atmosférica predominante en el ambiente del museo.

Los principales tipos de corrosión presentes en tanque T-43, expuesto en la zona exterior del museo Playa Girón, son la corrosión electroquímica, corrosión intersticial, corrosión por picaduras, la corrosión galvánica por celda de aireación diferencial y par metálico, corrosión interfacial y la corrosión atmosférica generalizada y localizada ya sea húmeda o mojada.

La **corrosión electroquímica** es un proceso espontáneo que denota siempre la existencia de una zona anódica (la que sufre la corrosión), una zona catódica y un electrolito, y es imprescindible la existencia de estos tres elementos, además de una buena unión eléctrica entre ánodos y cátodos, para que este tipo de corrosión pueda tener lugar. La corrosión más frecuente siempre es de naturaleza electroquímica y resulta de la formación sobre la

superficie metálica de multitud de zonas anódicas y catódicas; el electrolito es, en caso de no estar sumergido o enterrado el metal, el agua condensada de la atmósfera, para lo que la humedad relativa deberá ser del 70%.

Por problemas de preparación superficial, se observa la **corrosión interfacial** en el tanque, expuesto en la intemperie del museo. Esta se desarrolla a partir de celdas que van surgiendo por debajo de la superficie protegida y desprenden el recubrimiento, dejando ver el área del material cubierta con óxido metálico de color pardo rojizo.

La **corrosión picadura** 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.

También se presenta la **corrosión por celdas de aireación diferencial** provocada por la diferencia de concentración de oxígeno entre la superficie donde se encuentra el contaminante y el resto. Esta es también corrosión del tipo electroquímica, atmosférica, pero no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial. El factor determinante es la presencia de humedad, conjuntamente con el depósito o intersticio, además de los contaminantes que como el aerosol marino aceleran el proceso corrosivo. Las cuales son originadas por encontrarse a la intemperie el tanque y por algunos problemas de diseño anticorrosivo.

La **corrosión galvánica (par metálico)** viene dada por la continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. Influye también la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales.

La **corrosión atmosférica mojada**, que tiene lugar cuando existe presencia de agua en la superficie. Pero con solo haber humedad, se produce la **corrosión atmosférica húmeda**. Ambas se clasifican del tipo de corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme. La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos provenientes del

aerosol marino, son factores que influyen en la aceleración de la corrosión cuando existe humedad.

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

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. Ensayos para identificar el biodeterioro. Evaluaciones realizadas.

Tiene en cuenta aspectos económicos en correspondencia con las Normas Internacionales actualmente vigentes. En este sentido, la relación coste - eficacia de un determinado sistema protector frente a la corrosión será, generalmente, directamente proporcional al tiempo durante el cual dicha protección es efectiva, reduciendo al mínimo el volumen de los trabajos de mantenimiento o de sustitución necesarios durante la vida en servicio de la estructura. Para recubrimientos protectores, la intensidad del fallo, antes de que sea sometido al primer trabajo de mantenimiento general, debe acordarse entre las partes interesadas y valorarse conforme a las Normas ISO 4628 - 1: 1982 y 4628 - 3: 1982. La primera que establece los principios generales y el esquema de evaluación y la segunda que establece los grados de oxidación permisibles, que son los que se acuerdan entre las partes. Al respecto se establece como máximo de afectación un 1% de la superficie afectada, posterior a lo cual hay que ejecutar el mantenimiento.

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.

El tanque T-34 tiene afectada más del 1% de la superficie pintada además del avanzado grado de deterioro que presenta, es decir, el sistema de protección está dañado y vencido por lo que es necesario restablecer el sistema de pintura anticorrosiva (ISO 12944-5: 2007). Se conoce que no se le efectúa la limpieza requerida antes de aplicar el recubrimiento y esto causa que se dañe el mismo, lo que es evidente en varias áreas donde se observa la corrosión interfacial y el desprendimiento de la capa de pintura.

Aunque no se cuenta con datos sobre el costo de la pintura y el mantenimiento, se sabe que se ha pintado en varias ocasiones y no se ha logrado la protección deseada, por lo que se puede plantear que se ha incurrido en gastos sin beneficios, que representan pérdidas económicas. Además se ha de decir, que los problemas de corrosión presentados en el tanque T-34 no provocan afectaciones al medio como tal; pero el deterioro del mismo, lo que es evidente por su aspecto, sí implica daños a su valor patrimonial y por ende, pérdidas desde el punto de vista social por lo que es importante su conservación, de acuerdo con el lineamiento 163 del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.

2.2.3 Medidas que deben aplicarse.

Este aspecto no se incluye en los textos, sin embargo en la práctica es de gran importancia ya que en la mayoría de los casos en que se presentan problemas de corrosión, los mismos son ocasionados por modificaciones introducidas por el propio hombre y que se resuelven con medidas que eliminen las causas que provocan el problema.

Estas medidas deben aplicarse a corto, mediano y largo plazo. Incluye acondicionamiento, rehabilitación, así como las derivadas de la disminución o eliminación de la contaminación y teniendo en cuenta 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 el tanque T-34, se proponen las siguientes medidas:

- Limpiar diariamente todas las áreas teniendo en cuenta tanto las zonas en el exterior como interior del tanque, con paño húmedo y seco.
- Colocar una lona sobre toda la superficie exterior del tanque durante las horas en que se encuentra cerrada el museo, para evitar la deposición de contaminantes situados por el viento y el humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia.
- Brindar solución a los problemas de diseño anticorrosivo que no impliquen cambios en la estructura del tanque, para que de esta forma no se pierda el valor patrimonial de la pieza.
- El tanque tiene más del 1% de la superficie pintada dañada por lo que es necesario identificar y aplicar el sistema de pintura adecuado para las condiciones de exposición (atmosféricas) y la durabilidad que se quiere lograr con el mismo.
- Como los sistemas de pinturas no siempre son resistentes a las condiciones de la atmósfera, aplicar métodos de protección y conservación adicional.
- Para evitar el deterioro del sistema de protección con pinturas y otros recubrimientos de protección y conservación adicionales, realizar anualmente el mantenimiento del tanque y la restauración parcial del recubrimiento en caso de que haya sido dañado en algún momento.

2.2.4 Métodos de protección que pueden aplicarse.

Los métodos de protección se aplican una vez analizadas todas las medidas que puedan proponerse, ya que económicamente, la aplicación de métodos motiva un incremento de los costos. Estos métodos se seleccionan en base a las características del sistema y se fundamentan convenientemente.

Se debe tener en cuenta que dentro de los métodos de protección contra la corrosión, se incluye el diseño y la operación adecuada. Ellos son:

- 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 UNE-EN ISO 12944- 4:2007 establece todos los aspectos a tener en cuenta en la elaboración, ejecución y control de un proyecto de pintura, 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.

Según Urbán (2009) la durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como: tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del sustrato antes de la preparación, la calidad de la aplicación, las condiciones de exposición antes y durante la aplicación y la efectividad de la preparación de superficie.

La efectividad de la preparación de la superficie metálica es fundamental antes de aplicar un recubrimiento de pintura ya que esta viene dada por los tratamientos físicos y químicos que deben realizarse antes de aplicar la primera capa de pintura sobre la superficie a pintar además de estar en función del nivel de corrosividad del acero, es decir, a medida que aumente la categoría de corrosión, aumentará la exigencia en cuanto a la preparación de la superficie metálica. Una buena preparación es esencial para su eficaz protección y para su aspecto visual final. (Hassan, 2010; Norma UNE-EN ISO 12944-5:2007)

La preparación de la superficie se puede resumir en los siguientes pasos:

- ✓ Eliminación de óxido y películas de pintura desprendibles.
- ✓ Descontaminación de la superficie metálica: El lavado de la superficie, además de eliminar el polvo de la operación anterior, disuelve y arrastra todas las sales depositadas, incluyendo algunas que son fuertes y solubles.
- ✓ Fosfatación como recubrimiento temporal y acabado de la superficie: Con respecto al proceso de formación de la capa de fosfato, es necesario que transcurra cierto tiempo, una vez aplicada la misma y convertido todo el óxido de la superficie, operación que en ocasiones conlleva más de una aplicación.

Por ello, se hace necesario establecer una secuencia de trabajo que permita por una parte realizar limpieza, lavado de superficie, y por otra, ir aplicando el fosfatado antes de pintar.

La aplicación de pinturas anticorrosivas es el método de protección más utilizado contra el deterioro por corrosión en estructuras metálicas puesto que son fáciles de aplicar, presentan gran diversidad de colores, existe una amplia variedad de ellas de acuerdo a sus características y resistencia, son de bajo costo y, además, es posible su combinación con otros recubrimientos que ofrecen una resistencia adicional a este fenómeno.

Se debe tener en cuenta que los sistemas de pinturas no siempre son resistentes a los medios de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva por ello, ante la presencia de problemas de diseño anticorrosivo, se emplean otros sistemas protectores como protección adicional.

Para el caso de estudio, los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión, pueden ser resueltos con la aplicación de pinturas, mástique asfáltico, grasas anticorrosivas, cera abrillantadora e impermeabilizante y disolución de fosfatado.

En el capítulo se propone un sistema de recubrimiento con pinturas anticorrosivas para disminuir los efectos de la corrosión en el tanque T-34; seleccionado a partir de la norma UNE-EN_ISO_12944-5:2007 teniendo en cuenta el grado de corrosividad de la atmósfera y la durabilidad que se quiere lograr con el mismo para luego recurrir a otros recubrimientos protectores como una protección adicional.

2.2.5 Propuesta de un sistema de pintura.

En esta sección del capítulo se propone un sistema de pintura protector para el tanque, que responde a las condiciones de la atmósfera y la durabilidad deseada según la Norma UNE-ISO 12944-5: 2007, donde se exponen varias tablas y se registran diferentes tipos de sistemas de pinturas, para la protección de estructuras de acero frente a la corrosión.

En correspondencia con la clasificación de agresividad corrosiva de la atmósfera presente en el Museo Playa Girón, la cual es considerada muy alta (C5-M) según la Norma ISO 12944-2: 2007, y el tiempo de duración deseado del sistema de pintura, que para el tanque se pretende que sea una durabilidad baja (2 a 5 años) puesto que el tiempo de vida

útil del SYPAYC es de 5 años. Aunque no se considere como un período de garantía, este sirve como guía para posteriores mantenimientos.

En función de lo antes expuesto, en la tabla A.7 de la Norma UNE-ISO 12944-5: 2007, se selecciona el sistema S7.01 para una durabilidad baja, con un grado de preparación de la superficie similar al Sa 2½. Tipo de imprimación (misceláneos de pigmentos anticorrosivos), con ligante de Clorocaucho (CR) y un número de capas de (1-2) con espesor nominal de película seca de 80 µm. Por otro lado, como capas de acabado incluyendo capas intermedias se tiene como ligante al Acrílico (AY), Clorocaucho o Policloruro de vinilo (PVC) con un número de capas de 2, espesor nominal de película seca de 120 µm. Por tanto, el número de capas para el sistema de pintura está entre (3-4), con un espesor total de 200 µm.

Como se desconocen los datos acerca de los recubrimientos de pinturas anteriores, para la protección del tanque se escoge una pintura de imprimación y una pintura de acabado, que cumplan con el sistema de pintura seleccionado. (Ver tabla 2.1)

Tabla 2.1 Pinturas propuestas.

	Imprimación	Acabado
Pintura seleccionada	HEMPATEX PRIMER 16320	HEMPEL'S MIO ESMALTE CR 667E0
Color de pintura	Verde 41270	Verde 4014E

Para más información ver las fichas técnicas de cada pintura que están en el Anexo 3.

De acuerdo a los precios de las pinturas en el mercado, para aplicar el sistema de pintura seleccionado, con los productos de la marca Hempel, se necesita incurrir en los siguientes gastos de productos. (Ver tabla 2.2)

Tabla 2.2 Costo de las pinturas seleccionadas.

Tipo de pintura seleccionada	Costo en divisa (CUC)/L
HEMPATEX PRIMER 16320	3,9

HEMPEL'S MIO ESMALTE CR 667E0	4,3
-------------------------------	-----

Para conocer que cantidad de pintura se requiere en la imprimación y el acabado es necesario conocer el área a pintar del tanque T-34, la cual se estima que es de 48 m², y luego se divide esta área entre el rendimiento teórico de cada ficha (la de la pintura utilizada en la implementación y la de la utilizada en el acabado).

A partir de estos resultados, es posible calcular entonces el gasto total de pintura y su precio.

Se pudo obtener que para este tanque sean necesarios 10,5 litros de imprimación a un costo de 40,95 CUC y 14,3 litros de acabado a un costo de 61,49 CUC, para un costo total de pintura de 102,44 CUC.

Estos valores de consumo y precio de la pintura es el que se debe manejar en la ficha de costo de los trabajos de pintado, cuando el museo haya definido qué entidad realizará esta labor.

2.3 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).

Para lograr la propuesta para la protección anticorrosiva y la conservación del tanque T-34 expuesto en el museo Playa Girón, se hizo necesario realizar la caracterización atmosférica y la determinación de las condiciones de exposición del mismo. Se diagnosticaron los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación. Se analizaron y se propusieron las medidas necesarias para dar solución a estos.

El SIPAYC comprende 3 etapas en la solución a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión incluyendo una etapa intermedia:

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

En esta etapa 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 en áreas de acumulación de depósito y humedad y retirar.

2da etapa (Etapa intermedia): Preparación y pintado.

En esta 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 Sa 2 1/2. Luego se aplica el sistema de pintura que fue seleccionado y analizado anteriormente.

3ra etapa: Solución a los problemas de diseño anticorrosivo después de pintar.

En esta etapa, una vez aplicada la pintura, se soluciona aquellos problemas de diseño anticorrosivo que requieren el uso de productos de conservación. Entre ellos tenemos limpiar y preparar pernos (pintarlos, aplicar cera abrillantadora impermeabilizante DISTIN 603 que no afecta la estética aunque también se puede aplicar mástique asfáltico semisólido para las zonas no visibles del mismo) luego se ajustan y se pintan nuevamente, proyectar grasa líquida en los componentes huecos y sellar los orificios de acceso con mástique, crear superficies inclinadas con cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603, sellar resquicios con mástique DISTIN 404 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 aplicar cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603, sobre la pintura.

Todos estos productos, de fabricación nacional, que se proponen para ser aplicados sobre el caso de estudio tienen una función y característica determinada en torno a la conservación del mismo. A continuación se realiza una breve descripción de estos.

1. Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504 de Acción Rápida.

Para la preparación de superficies metálicas oxidadas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido y forma una capa protectora, resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. Aplicada sobre superficies pintadas elimina las manchas de óxido y convierte al óxido no afectando el recubrimiento de pintura. Formulado especialmente para tratar superficies oxidadas de alambres, perfiles, laminados, equipos y piezas. Garantiza la conservación temporal de superficies metálicas de días a semanas en las condiciones climáticas de Cuba en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

Al aplicar DISTIN 504 se forma una capa protectora con sales insolubles garantizando una superficie ideal para la aplicación posterior de grasas o aceites, las cuales penetran en la capa de fosfato. Como preparación previa antes de la aplicación de los recubrimientos de pintura, proporcionan un excelente anclaje de la pintura y una protección adicional por rotura del recubrimiento.

2. Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida DISTIN 603 L.

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

3. 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 antigavilla 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.

4. 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.

5. Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.

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

6. Grasa Semisólida Conservante y Lubricante DISTIN 314.

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

Las fichas técnicas de los productos anticorrosivos especificados anteriormente mostradas en el Anexo 4, brindan más información de los mismos.

2.4 Aspectos a tener en cuenta para la valoración económica.

Se basa en la aplicación de lo reglamentado en los documentos normativos, a partir de los cuales se elabora la ficha de costo del SIPAYC para el tanque T-34 (Anexo 5), determinando los principales indicadores económicos que permitan caracterizar los distintos productos a utilizar en la propuesta, donde pueden observarse diferentes costos tales como: gastos de materias primas y materiales, los gastos de elaboración que incluyen: fuerza de trabajo, indirectos de producción, generales y de administración, distribución y venta, y gastos bancario.

Para realizar un correcto análisis económico es necesario conocer las condiciones actuales del tanque, diagnosticando la propuesta de protección y conservación para la aplicación del SIPAYC, comparando los resultados con los principales indicadores económicos.

Se analizan las ventajas de aplicar el SIPAYC con productos nacionales de la marca DISTIN, desarrollados por la Unidad de Desarrollo e Innovación Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas.

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

Se realizó una valoración del impacto social en el museo Playa Girón que 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”.

El museo Playa Girón constituye un memorial dedicado a la batalla librada por el pueblo cubano en dicha localidad. En él se exhiben las evidencias materiales que testimonian los hechos ocurridos en Playa Girón, sitio donde tuvo lugar la primera gran derrota del

imperialismo yanqui en América; demostrando el heroísmo de las Milicias Nacionales Revolucionarias, Ejército Libertador, la Policía Nacional Revolucionaria y Marina de Guerra Revolucionaria que, por su espíritu revolucionario, aniquilaron apenas en 65 horas a la bien equipada fuerza mercenaria que invadieron el país del 17 al 19 de abril de 1961, enviada por los gobernantes estadounidenses. Por lo planteado anteriormente, se hace imperioso proteger las piezas que se exhiben en este museo para que estas experiencias vividas por el pueblo cubano puedan ser transmitidas a las nuevas generaciones y a todo aquel que le motive la historia de la Revolución Cubana.

En este sentido los productos DISTIN tienen una gran función, ya que son capaces de alargar la vida útil de las estructuras metálicas expuestas a la corrosión atmosférica brindándoles una protección y conservación anticorrosiva para que puedan mantener su aspecto y valor patrimonial.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO 2

1. El tanque T-34 se encuentra expuesto a la agresividad corrosiva de la atmósfera que provocan el deterioro de su estructura metálica.
2. Los problemas de diseño anticorrosivo presentes en la estructura del tanque, propician las condiciones para que se desarrolle un proceso de deterioro bajo la influencia de factores atmosféricos.
3. Un sistema de recubrimiento con pinturas adecuado puede brindar solución a los problemas de protección de la pieza pero ni siempre son resistentes a las condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva de la atmósfera.
4. Los productos DISTIN proporcionan una resistencia adicional a los sistemas de pintura contra los efectos de la corrosión.
5. Las piezas atesoradas en el museo Girón y las diversas actividades que en él se realizan, logran situar a los visitantes en el contexto histórico de aquel entonces, captando así la atención de los mismos y resultando de gran impacto en la sociedad por lo que se hace preciso la protección y conservación de estos objetos museables para el disfrute de las personas.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión confeccionada por la Unidad de Desarrollo e Innovación- Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas, desarrollada en el capítulo anterior.

3.1 Análisis de las condiciones ambientales y de exposición del tanque T-34 exhibido en el Museo Girón.

El tanque T-34, el cual se exhibe en el museo Playa Girón, forma parte del memorial histórico que testimonian los hechos ocurridos en esta comunidad, sitio donde tuvo lugar la primera gran derrota del imperialismo yanqui en América Latina.

Este museo está ubicado en el perímetro turístico del municipio Playa Girón, a aproximadamente unos 100 m de la costa sur de la Isla de Cuba, por lo que según el mapa de agresividad corrosiva de la atmósfera de Cuba (Fig. 2.1 Anexo1) se clasifica como alta (C4); las edificaciones que rodean el local son sencillas y producen cierto apantallamiento pero no logran disminuir la agresividad en su totalidad. En esta zona la influencia de los factores en la corrosión atmosférica es menor con respecto a la costa norte, ya que por lo general la influencia de los vientos, el aerosol marino, por citar ejemplos fluyen con mayor frecuencia de norte a sur, aunque no deja de considerarse que sigue siendo alta la incidencia de los mismos en esta zona; resaltando el aerosol marino como el agente que brinda mayor contaminación y que a su vez constituye la mayor emisión de fuentes naturales en esta atmósfera; aunque también es necesario considerar que los gases de combustión de los automóviles que transitan por la carretera cercana influyen en la elevación de la contaminación por fuente antropogénica. Por lo que se considera una zona urbano- marina. La Norma UNE-ISO_12944-2:2007 lo que tiene en cuenta es que al ser una zona costera, la categoría de agresividad corrosiva de la atmósfera, se considera muy alta (C5-M) y en este caso, que es el que se tiene en cuenta para escoger el sistema de pintura a recomendar, se consideran las pérdidas por corrosión en acero de bajo contenido de carbono entre 650-1500 g/m² al año.

Debido a estas influencias y dado a que las condiciones de exposición del tanque T-34 son idóneas para que ocurra el proceso de deterioro, este presenta grandes daños por

corrosión atmosférica, sobre todo, porque el material fundamental utilizado en su construcción es el acero estructural al carbono, el cual posee excelentes propiedades mecánicas, pero presenta baja resistencia a la corrosión. A esto se le adiciona que no se cumplen las normas para llevar a cabo la protección y la conservación adecuada del tanque, produciéndose nuevos problemas de diseño anticorrosivo en el mismo.

Otros materiales, como las fundiciones, también sufren el efecto de la atmósfera, pero con menor intensidad. Desde cualquier punto de vista, es necesaria una protección anticorrosiva adecuada en estos materiales que conforman el tanque, para resistir las condiciones de exposición y mantener su valor patrimonial.

El caucho no interactúa de la misma manera con los agentes atmosféricos y su durabilidad es mayor que la de los metales que se corroen. No obstante en este material se observa agrietamientos, lo que puede deberse a su falta de cuidado y a su propio desgaste por el paso del tiempo.

3.2 Análisis de las características de los materiales que componen el tanque T-34 y los productos con los que se conserva (materiales que están presente en el problema).

Los materiales que conforman el tanque T-34 son el acero estructural, el hierro fundido y el caucho, encontrándose el acero estructural en mayor proporción; además tiene aplicado un sistema de recubrimiento con pinturas.

El acero reforzado o estructural.

El tanque T-34 está estructurado generalmente por acero reforzado o estructural, material que corresponde a un gran número de aleaciones que contienen hierro, como componente principal, y pequeñas cantidades de carbono, como principal elemento de aleación que ayuda a elevar su resistencia y disminuye la plasticidad en la estructura. Las propiedades de resistencia mecánica del acero, lo avalan como material insustituible para la confección del cuerpo del tanque, ya que puede ser sometido a procesos de conformación, donde la maleabilidad característica en él, le permite ser obtenido en forma de lámina. También, puede ser sometido a soldadura y esto es aprovechado para unir las láminas y los accesorios. Teniendo en cuenta lo anterior, la selección de este

material, que además, es barato y se encuentra disponible en el mercado, por ser la aleación que más se produce mundialmente, es la adecuada si se le aplica una protección anticorrosiva efectiva para la atmósfera en la cual opera. Por otra parte, la composición del acero le confiere una estructura de muy baja resistencia a la corrosión y además, en estos momentos la protección anticorrosiva del tanque, que en este caso se realizó con pintura, está dañada y vencida lo que provoca que el tanque se esté deteriorando bajo las condiciones ambientales en las que se encuentra expuesto; por lo que debe ser debidamente protegido.

Las fundiciones.

Las fundiciones son aleaciones hierro - carbono con un contenido de este último entre 2,14 y 6,67 % C. Son más baratas y poseen mayor resistencia a la corrosión en comparación con el acero, pero son más duras y frágiles. También deben ser protegidas porque se corroen frente a la atmósfera contaminada. En el tanque T-34 están presentes en la estera, en las ruedas y en otras piezas y accesorios formando parte de su estructura.

El caucho.

El caucho, es un material que es empleado específicamente en la construcción de los neumáticos incluidos en el sistema de traslación en conjunto con la estera del tanque. Tiene la propiedad mecánica de poder sufrir mucha más deformación elástica bajo estrés que la mayoría de los materiales, y aun así regresar a su tamaño previo sin deformación permanente, facilitando el paso del vehículo por la carretera. Este material, es inerte ante los contaminantes atmosféricos aunque su exposición al oxígeno atmosférico por un tiempo prolongado, a los microorganismos y bajo la influencia de la radiación solar se endurece y se agrieta.

Recubrimientos con pintura.

Por otro lado se encuentra el recubrimiento con pintura que le brinda a la estructura protección anticorrosiva, dada por los componentes que la integran. De este no se tienen datos y sólo su color verde olivo es el indicado para esta técnica, pero como no se cumplen los requerimientos de limpieza y solución a los problemas anticorrosivo establecidos por la norma UNE-EN_ISO_12944 se deteriora en poco tiempo y no provee

al material la protección adecuada. Dicho esto, en el tanque se puede observar, por su aspecto, que este recubrimiento está dañado y vencido.

3.3 Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo presentes en el tanque T-34.

Los problemas de diseño anticorrosivo, presentes en toda la estructura del tanque T-34, crean las condiciones propicias para que se desarrolle el fenómeno de la corrosión e intensifican los efectos de los factores atmosféricos sobre los materiales que lo conforman.

Estos problemas debieron ser analizados desde la etapa de diseño, teniendo en cuenta la función y las condiciones de exposición bajo las cuales se encontraría el tanque, así mismo, el sistema de protección anticorrosiva y conservación de este. Sin embargo, el incumplimiento de las normas genera grandes problemas de deterioro en el mismo, lo cual es evidente por su aspecto. Se hace preciso entonces, profundizar en estos problemas presentes en el caso de estudio.

Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.

Este problema se aprecia en la estructura del tanque T-34, debido a las chapisterías que se aplicaron como parte de la restauración de objetos museables, fundamentalmente en las uniones de los accesorios soldados y en los refuerzos. Se desatan entonces nuevas soldaduras irregulares con respecto a las existentes que no son las deseadas, porque las mismas deben estar libres de imperfecciones; dígame asperezas, fracturas y orificios que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector. En las irregularidades de la soldadura se observa que aparecen puntos de corrosión (celdas), ya que esta superficie no está pareja, acumulándose polvo, humedad y contaminantes en las grietas de las imperfecciones, donde se desarrolla la corrosión. En estas imperfecciones es difícil lograr el espesor de pintura deseado, porque la capa no se logra de manera homogénea, deteriorándose a corto plazo. También, pueden quedar atrapados en las grietas e imperfecciones, por la deficiente preparación superficial que este problema provoca, la humedad y los contaminantes, que reaccionan bajo la capa de pintura. Se puede apreciar que el recubrimiento en estas zonas, está dañado y se observa una

coloración pardo-rojiza, característica de los procesos de corrosión, sobre el cordón de soldadura. En estos casos se presenta una corrosión atmosférica localizada.

Resquicios u orificios.

Este problema de diseño se pone de manifiesto en las uniones metal-metal del área exterior del tanque, por la presencia de soldaduras discontinuas e irregulares, pernos, bordes, refuerzos. Estas fisuras propician la acumulación de humedad, polvo, contaminantes, provocando la formación de pilas electroquímicas y desatando la corrosión electroquímica no uniforme intersticial. De acuerdo con la norma, problema 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. La superficie irregular debe emparejarse, para evitar que por la cercanía del mar, los iones cloruros y sulfatos contenidos en el aerosol marino, se acumulen en estas irregularidades y desaten los ciclos de formación de herrumbre, incidiendo sobre el acero que compone esos materiales. El sellado no siempre es posible, por lo que es necesario emplear productos con este mismo fin, pero que la norma no sugiere. Más adelante serán analizados los productos que se deben emplear para el sellado de resquicios u orificios.

Prevención de la retención de humedad, depósitos y agua.

En el tanque T-34 se manifiesta este tipo de problema en casi todas las superficies planas presentes. Estas configuraciones superficiales planas dan lugar a la acumulación del polvo, el agua y otros contaminantes que propician la corrosión. En el tanque se observan gruesas capas de polvo, evidencia de que ha estado mucho tiempo sin limpiarse. El polvo existente adsorbe humedad y también se inoculan contaminantes que están en la atmósfera y dan lugar al fenómeno de deterioro. Se considera mayor presencia de la corrosión atmosférica húmeda, aunque no se descarta la posibilidad de la existencia de la corrosión atmosférica mojada, producida en las horas de la madrugada debido a que el rocío se adhiere en las zonas planas de la estructura. La humedad tiende a disminuir en las horas del día por los efectos de la radiación solar y a aumentar en las horas de la noche, dando lugar a que exista un equilibrio entre la acumulación y secado del agua;

estas son zonas de depresión en la estructura que permiten el desarrollo de la corrosión atmosférica mojada y húmeda, por celda de aireación diferencial y localizada.

Áreas cerradas y componente hueco.

Se puede decir que es un área cerrada cuando se puede quitar la tapa y acceder a su interior por una entrada amplia y cuando la profundidad es poca, permitiendo una conservación relativamente fácil; o es un componente hueco cuando el o los orificios de acceso son muy estrechos y no se puede acceder a ellos. Forman parte de la estructura del tanque y si no son conservadas sufren deterioro por corrosión electroquímica atmosférica en cualquiera de sus manifestaciones.

Puesto que 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 que 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.

Estas áreas en la pieza están desprotegidas y en el interior de estos penetra el aire con humedad y contaminantes como los iones cloruro y sulfato del aerosol marino permitiendo que se desarrolle la corrosión de adentro hacia afuera. La norma sugiere que deben ser conservadas estas áreas aunque no aconseja productos para ello. Por otra parte, señala que se debe poner especial cuidado para que no quede agua atrapada en estos lugares. En este trabajo se proponen productos para el tratamiento de este problema que serán analizados con posterioridad.

Bordes.

Los bordes filosos o irregulares crean resquicios donde puede desarrollarse la corrosión. En estos puntos 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. Por otra parte, el borde filoso o agudo no permite la aplicación de un sistema protector uniforme, ni de espesor adecuado. Este problema de diseño es muy evidente y

se presenta con bastante frecuencia en el tanque T-34 ya que es producido, por lo general, desde el proceso de fabricación o por las rebajas resultantes en taladradoras.

Conexiones con pernos.

Las conexiones con pernos, presentes en el tanque T-34 traen consigo la formación de resquicios u orificios 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, como los pernos no están aislados, al ponerse en contacto el acero de los pernos con el acero estructural de la pieza, el primero es menos activo y se reduce y el segundo es más activo y se oxida.

Refuerzos.

En el tanque T-34 aparecen refuerzos de hierro fundido y acero ajustados con pernos, en presencia de resquicios donde se acumula el polvo, la humedad y los contaminantes, desarrollándose la corrosión intersticial. También está presente el par metálico, cuando los refuerzos son ajustados con pernos de material diferente, en cuyo caso aparece la celda galvánica por par metálico.

Por lo antes dicho se puede decir que cuando se requieren refuerzos, es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema protector.

Preparación inadecuada de la superficie.

La mala preparación de la superficie está presente en casi toda la estructura del tanque y trae como consecuencia las aberturas de los recubrimientos antes del agotamiento de la vida útil de la pintura, la pérdida de la buena apariencia y como tal la esencia del suceso histórico que transmite la pieza. Siendo así, esta constituye el paso previo a la ocurrencia de la corrosión interfacial. La preparación superficial incluye tratamientos químicos, físicos, así como la eliminación de polvo y contaminantes.

3.4 Análisis de los tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen.

El mecanismo de corrosión a partir del cual se desarrollan los procesos de deterioro de los materiales metálicos, fundamentalmente acero al carbono estructural y fundiciones, en la pieza estudiada es **electroquímico**. Este ocurre mediante un proceso complejo, en el que pueden influir de acuerdo con (Domínguez, *et al.* 1987), el fenómeno de naturaleza no electroquímica, a lo que se suma el hecho de que en la práctica se opera con aleaciones y metales impuros, como es el caso de los metales mencionados, en presencia de una atmósfera altamente contaminada con diversas especies oxidantes.

No obstante, teniendo en cuenta que la atmósfera es el principal medio de interacción de estos materiales y que su principal agente contaminante es el aerosol marino, cuyas especies predominantes son los iones cloruros (Cl⁻), y los iones sulfatos (SO₄), se puede plantear que la corrosión electroquímica atmosférica en estos metales, ocurre por los mecanismos de corrosión **electroquímica atmosférica húmeda**, en que la capa electrolítica es prácticamente invisible y **mojada** con una condensación evidente sobre la superficie metálica, desarrollando los ciclos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos.

Estos mecanismos son de tipo **heterogéneo**, ya que ocurre de manera diversa en diferentes puntos de la superficie, con diferentes grados de intensidad y velocidad en el ataque.

En ellos influyen los problemas de diseño anticorrosivo, que van a propiciar el desarrollo de estos mecanismos en orificios (**corrosión intersticial**), donde los contaminantes y la humedad del aire se van a acumular en ellos desatando el complejo mecanismo de corrosión electroquímica heterogénea.

Este tipo de mecanismo se pone de manifiesto con otras particularidades en zonas de acumulación de depósitos y agua, pero en este caso es muy frecuente la **corrosión galvánica por celdas de concentración**, fundamentalmente el caso de la celda de aireación diferencial, donde ocurre una diferencia de concentración de oxígeno debajo de los depósitos en cuyo caso se forma un ánodo en contacto con el exterior de mayor concentración de oxígeno que se transforma en cátodo y ocurre la oxidación del metal

debajo del depósito. Este ataque es generalmente intenso y muy dañino para la superficie metálica.

Otro caso es la **corrosión galvánica por par metálico**, cuando el propio problema de diseño anticorrosivo pone en contacto especies metálicas diferentes que van a interactuar intercambiando electrones desde la especie más activa actuando como ánodo. Este tipo de corrosión es causa frecuente del deterioro en la estructura.

La corrosión por picadura se pone de manifiesto cuando un ion activo como cloruros, bromuros, yoduros o sulfatos actúa sobre la capa pasiva, se rompe la capa pasiva en un punto de muy pequeño diámetro y en ese punto se forma un ánodo, siendo el cátodo toda la superficie pasiva donde se puede reducir el agente oxidante. En estas condiciones con un ánodo muy pequeño y un cátodo muy grande, la densidad de corriente anódica es extremadamente elevada, del orden de la corriente crítica y tiene lugar en el interior de la picadura, por eso esa picadura progresa rápidamente y pasa de un lado a otro de la pared del metal pasivo. Para evitar este tipo de corrosión no se pueden poner en contacto con iones activos todos los metales pasivos, solamente aquellos que ofrecen resistencia a este tipo de fenómeno.

La **corrosión interfacial**, causada por una mala preparación superficial fundamentalmente, tiene lugar debajo de la interface acero-pintura y en lugares donde se ve dañado el recubrimiento en el tanque. Aunque también, puede deberse a la no solución de los problemas de diseño anticorrosivo que causan que se dañe el recubrimiento y sea atacada la superficie o por estar vencido el mismo, lo que origina la aparición de poros por donde penetran los contaminantes y la humedad.

Según Domínguez, *et al.* (1987), la pasividad tiene una gran importancia en la lucha contra la corrosión, señalando que si hubiera que escoger entre dos materiales metálicos para una construcción dada, se conseguirá mayor durabilidad del material si se escoge a uno que se pasiva que en el caso contrario. Este criterio se tiene en cuenta a la hora de escoger el material para los accesorios (manecillas, cintillos, entre otros), pero no se tuvo en cuenta el criterio de la norma UNE-EN ISO 12944-3: 2007, que plantea que la prevención de la corrosión galvánica por par metálico es un problema de diseño

anticorrosivo que debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar una estructura con materiales diferentes.

Estos materiales no necesitan conservación en esta atmósfera, ya que se autoprotegen al pasivarse, pero sí es importante proteger y aislar el acero que sufre un deterioro intenso al estar en contacto con ellos.

3.5 Análisis de las medidas a los problemas de diseño anticorrosivo.

Con el objetivo de minimizar los problemas de corrosión presentes en la estructura del tanque T-34 deben cumplirse una serie de medidas:

- Limpiar diariamente todas las áreas teniendo en cuenta tanto las zonas en el exterior como interior del tanque, con paño húmedo y seco.

Con esta medida, por una parte, el paño húmedo permite reducir las concentraciones de contaminantes, polvo y suciedad de la superficie metálica disminuyendo a su vez los efectos del proceso corrosivo y por otra parte, el paño seco elimina la capa electrolítica que aporta el paño húmedo y mejora la estética de la superficie aportando brillo.

- Colocar una lona sobre toda la superficie exterior del tanque durante las horas en que se encuentra cerrada el museo, para evitar la deposición de contaminantes situados por el viento y el humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia.

Esta medida evita que se creen las condiciones de capa electrolítica sobre la superficie del tanque fundamentalmente durante la noche y la madrugada; además disminuyen las deposiciones de polvo y contaminantes situados por el viento durante las horas en que el museo se encuentra cerrado, lo que no puede lograrse en horas de la mañana por estar la instalación abierta al público.

- Brindar solución a los problemas de diseño anticorrosivo que no impliquen cambios en la estructura del tanque, para que de esta forma no se pierda el valor patrimonial de la pieza.

La solución de los problemas de diseño anticorrosivo, sin que sea afectado el valor patrimonial del tanque, disminuye la intensidad de los efectos atmosféricos sobre el

mismo, por ende disminuye el desarrollo de la corrosión, el deterioro de sistema anticorrosivo protector y se evita la destrucción de la estructura como tal.

- El tanque tiene más del 1% de la superficie pintada dañada por lo que es necesario identificar y aplicar el sistema de pintura adecuado para las condiciones de exposición (atmosféricas) y la durabilidad que se quiere lograr con el mismo

El acero, por su baja resistencia a la corrosión, requiere una protección anticorrosiva adecuada, que puede garantizarse de manera eficiente con la selección de un sistema de pintura protectora en función de las condiciones de exposición y de durabilidad deseada. La protección con sistemas de pinturas anticorrosivas es un método muy ventajoso ya que estas son fáciles de aplicar, tienen una gran variedad de colores y precios y son muy efectivas a la hora de combatir la corrosión atmosférica.

- Como los sistemas de pintura no siempre son resistentes a las condiciones de la atmósfera, aplicar métodos de protección y conservación adicional.

Como los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a las condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, se hace necesario aplicar una conservación preventiva adicional con productos anticorrosivos entre los que se deben considerar los de la marca DISTIN por ser de fabricación nacional y de más bajo costo que los del mercado.

- Para evitar el deterioro del sistema de protección con pinturas, aplicar correctamente métodos de protección y conservación adicional sobre la superficie metálica, realizando anualmente el mantenimiento del tanque y la restauración parcial del recubrimiento en caso de que haya sido dañado en algún momento.

Se ha de cumplir el mantenimiento y las revisiones anuales recomendados para garantizar que el sistema protector seleccionado sea efectivo durante su tiempo de vida útil; de no cumplirse esto, queda la superficie metálica desprotegida y vulnerable a los efectos corrosivos.

3.6 Análisis de la aplicación del SIPAYC para el tanque T-34.

Las soluciones a los problemas de diseño se realizan antes y después de pintar con el objetivo de lograr una adecuada aplicación de la protección anticorrosiva y de sus

productos. Una buena preparación de la superficie es primordial para la durabilidad de los recubrimientos con pintura. El tanque T-34 presenta deterioro por corrosión en la mayor parte de su estructura, de acero de bajo contenido de carbono, por lo cual necesita la aplicación de métodos de limpieza superficial. Según la Norma ISO 12944 el grado de preparación que debe alcanzar la superficie metálica es Sa 2 ½ para que se encuentre bien preparada y con la aplicación de métodos manuales y manuales mecanizados solamente alcanza el grado de preparación St 3. Luego aplicando la disolución de fosfatado, que es un método químico muy utilizado actualmente en nuestro país, se puede alcanzar la preparación se logra el Sa 2 ½.

✓ Antes de pintar:

Se debe primeramente rebajar y emparejar soldaduras, biselar bordes, retirar y limpiar pernos, abrir orificios de drenaje en áreas de acumulación y depósito y componentes huecos.

La correcta preparación de la superficie, es trascendental para la estabilidad de los recubrimientos de pinturas, esto contribuye también a la disminución de los costos por reparación y mantenimiento.

El grado de limpieza adecuado, en dependencia del que se quiera alcanzar se puede emplear método manual o mecanizado y luego aplicar disolución de fosfatado DISTIN 504. Después se aplica la pintura según la norma.

Para la adecuada selección de la pintura hay que tener en cuenta lo que se establece en la Norma UNE EN ISO 12944: 5: 2007, que en su contenido se muestran tablas con los sistemas de pinturas que se ajustan a las condiciones agresivas evidentes en su entorno. Para seleccionar el sistema de pintura primeramente hay que conocer el nivel de agresividad corrosiva de la atmósfera siendo en este caso C5-M, también hay que conocer el tiempo de durabilidad del sistema de pintura, estando entre 2 a 5 años para el auto estudiado, clasificándose como un sistema de pintura de duración baja ya que el SIPAYC tiene un tiempo de vida útil de 5 años. Este tiempo no es necesariamente un periodo de garantías, pero sirve para poder planificar los períodos de mantenimiento.

En general el sistema de pintura seleccionado tiene que cumplir con el número S7.01, con un grado de preparación superficial análogo al Sa 2 ½, cuyo tipo de ligante es Clorocaucho (CR). El número de capas de imprimación es entre (1-2) y la de acabados es 2. El espesor total para la capa de imprimación es de 80µm, mientras que la de acabado presenta un espesor total de 120µm. Por tanto, el espesor total para el sistema de pintura es de 200µm. Cumpliendo con este proyecto obtenemos que para el tanque el primario sería HEMPATEX PRIMER 16320 y la de acabado HEMPEL'S MIO ESMALTECR 667E0. Las pinturas antes señaladas pertenecen a la firma HEMPEL y pueden emplearse para el pintado del tanque teniendo en cuenta que para el acabado se debe solicitar el color que se usa para la técnica militar (color verde).

✓ Después de pintar:

Se sellan los resquicios, teniendo en cuenta que no ocurran afectaciones en la estética del tanque por ser un objeto museable, que debe conservar su valor patrimonial, se le aplica mástique asfáltico DISTIN 404 en aquellas zonas donde no afecte la estética y cera abrillantadora impermeabilizante DISTIN 603 en las zonas visibles; después se atomiza grasa en los componentes huecos con grasa DISTIN 314 L; se colocan pernos sellando el resquicio con la aplicación de mástique en aquellos que no se van a retirar en todo el tiempo que requiere la conservación o grasa semisólida en los que se van a retirar periódicamente.

La aplicación de los productos DISTIN debe realizarse desde la limpieza superficial, para la que se utiliza Disolución de Fosfatado DISTIN 504 para lograr el grado Sa 2 ½. Se utilizará además, grasa anticorrosiva DISTIN 314 L en lugares que sean inaccesibles, componentes huecos como en la zona del cañón. Se aplicará la cera abrillantadora impermeabilizante DISTIN 603 arriba de la pintura para lograr sellar los poros y también para sellar los resquicios e intersticios que se crean en las uniones y todas aquellas partes que permanezcan a la vista del visitante. El mástique semisólido DISTIN 404 se empleará para sellar resquicios en las áreas no visibles.

Si se le proporciona solución a los problemas de diseño anticorrosivo evidentes en el tanque y la preparación superficial como se señaló anteriormente, los resultados serán satisfactorios, consiguiéndose una durabilidad de 5 años para el sistema de pintura que se

propone, como establece la norma para este tipo de agresividad. Los pasos para la aplicación de los recubrimientos de pinturas deben ser controlados en su totalidad, ya que es la garantía de que los proyectos de pinturas sugeridos den los resultados esperados. Es necesario controlar desde el momento en que se obtenga la pintura hasta que se haya logrado el espesor final del recubrimiento.

Los productos DISTIN que se proponen para la conservación del tanque T-34 fueron evaluados por los laboratorios LABET mediante los ensayos siguientes:

1. Ensayos acelerados en cámaras de niebla salina (NSS).

La evaluación se realiza por cada un ciclo de 100 horas con una exigencia de 500 horas sin afectaciones. Todos los productos expuestos pasaron sin afectaciones.

2. Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.

Los productos pasaron el ensayo durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono según la norma correspondiente, sin afectaciones.

Los resultados obtenidos en ambas pruebas corroboran que el recubrimiento formado proporciona una protección temporal por años, de las superficies metálicas en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto.

3.7 Análisis de los resultados de la valoración económica.

Para la aplicación del SIPAYC, según la propuesta que se realiza en este trabajo para el tanque T-34, se debe incurrir en una serie de gastos necesarios para aplicar la protección anticorrosiva y la conservación.

Para la protección anticorrosiva es necesario adquirir pintura anticorrosiva, que de acuerdo al sistema seleccionado S7.01, de base clorocaucho, con un primario de 80 μm de espesor en una 2 capas, se logra con HEMPATEX PRIMER 16320, cuyo rendimiento 9,2 m²/L, teniendo en cuenta que el total de superficie a pintar es de 48 m², se necesitan 10,5 litros de esta pintura. Para el intermedio y acabado de 160 μm de espesor, se necesitan 14,3 litros de HEMPEL'S MIO ESMALTE CR 667E0, por ser su rendimiento teórico de 6,7 m²/L a 70 μm . Por tanto, para lograr el sistema de pintura deseado de

240µm, con estos productos, se requiere emplear 24,8 litros de pintura, cuyos precios en el mercado oscilan entre ± 3.8 CUC por cada litro.

A este valor de los productos de pintura, se deben sumar los gastos por la aplicación de estas al tanque, que serán establecidos una vez que el museo determine qué entidad realizara estas labores.

Además, se sigue la metodología expresada en el capítulo anterior para el análisis económico de acuerdo a la ficha de costo confeccionada para aplicar el SIPAYC por trabajadores del CEAT.

Luego de un análisis de la misma, se observa que la mayor incidencia en los costos está dada por gastos de fuerza de trabajo.

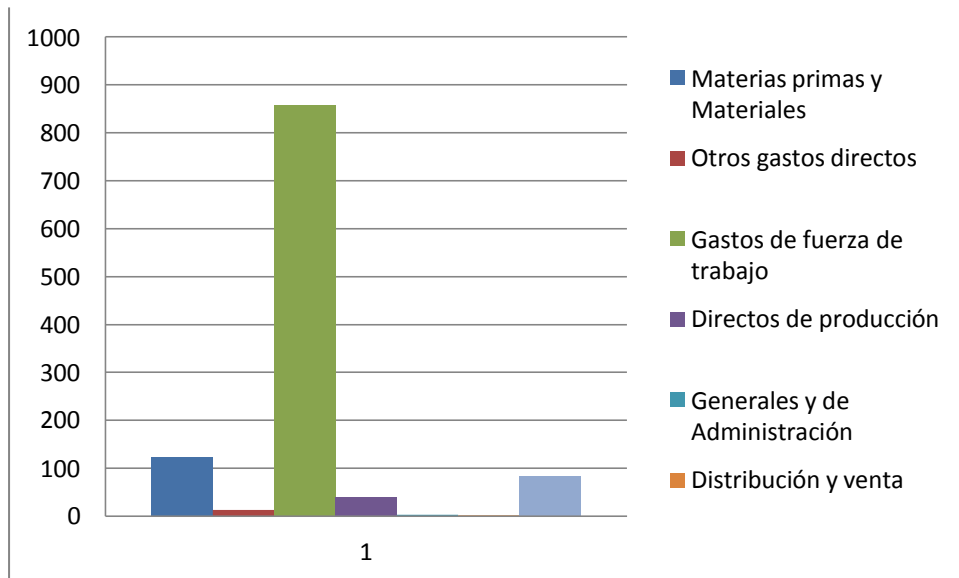


Fig.3.1 Estructura de costo para el SIPAYC propuesto.

La diferencia en magnitud, entre este costo y el resto, es sustancial. Esta se debe al costo de salario, vacaciones y seguridad social, que son los más elevados de la ficha.

En el gráfico de porcentaje de costos, se puede observar lo que representa cada costo en el costo total. El gasto de fuerza de trabajo representa el 76% del costo total para el SIPAYC en el tanque T-34. El resto de los costos está por debajo de este valor.

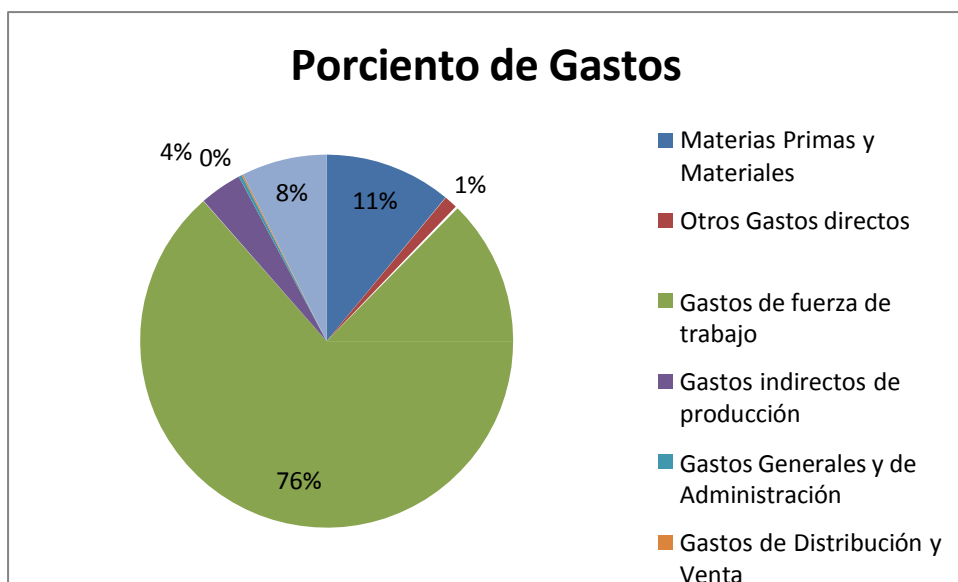


Fig. 3.2 Gráfico de porcentaje de costo del SIPAYC propuesto.

El costo total de la aplicación del SIPAYC es de 1076.10CUP, de los cuales 48.01 es CUC. El precio del servicio se calcula teniendo en cuenta la Resolución 1/2005 del Ministerios de Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios, este tiene un valor de 1291,3 CUP con un componente en dividas de 52,9 CUC. Este es ventajoso con respecto a los del mercado internacional y además, el servicio es más completo con respecto a otros, nacionales e internacionales.

Los precios de los productos utilizados en el SIPAYC son más ventajosos que el de productos similares de importación. Por ejemplo, la Grasa anticorrosiva DISTIN 314L, tiene un precio de.....(ver con Harold) y la DISTIN 314 tiene un precio de ... mientras que el ANTICOR SB se adquiere a más de 2cuc el quilogramo totalmente en divisa; lo que supera el precio de los productos antes mencionados, pero además, estudios realizados por (López, 2013) han demostrado que a los 2 y 3 meses de exposición aparecen puntos de corrosión por lo que no se considera un producto efectivo en nuestro medio. Por otra parte la Cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603L se obtiene a menos de 4CUP con un componente en divisa que no supera los 2CUC, que es más barato que un producto similar , la Cera Abrillantadora de Resina 325 (marca Autoglym) que cuesta 12,90 euros lo que equivale a... Todo ello demuestra lo ventajoso que

resultan los productos DISTIN frente a similares importaciones, por lo que es necesario tenerlos en cuenta a la hora de la protección y conservación anticorrosiva.

3.8 Resultados del impacto social.

El Museo Girón es un monumento nacional que integra el ambiente de nuestros pueblos, ciudades y sitios donde se han realizado hechos relevantes de nuestra historia. El estado cubano vela por la conservación del patrimonio cultural y la riqueza artística e histórica de nuestra nación. En esta instalación se realizan visitas dirigidas a centros de estudio, trabajos, organismos de base de las organizaciones políticas y de masas, instituciones culturales, turistas y otros interesados. El local abre sus puertas de lunes a domingo, por lo que diariamente asisten alrededor de 500-1000 personas otorgándole mayor por ciento al turismo extranjero. Anualmente asiste a esta institución, un promedio de 50 000 personas. El nivel de recaudación financiera diariamente, asciende a miles de pesos, pero no se destina absolutamente nada a la protección y conservación de las piezas. Sin embargo, estas son importantes porque el contacto con la historia admite engrandecer los valores culturales y el patriotismo de los cubanos, y la solidaridad por los visitantes extranjeros, entre otros; por ello, es significativo resguardar el tanque mediante un Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC) con el empleo de productos nacionales elaborados para este fin.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO 3

1. A pesar de que el museo Playa Girón está situado a unos 100m del mar se puede afirmar que la agresividad corrosiva de la atmósfera no llega a ser extrema debido a que los vientos penetran con menor fuerza en la costa sur de la isla.
2. Los factores atmosféricos, entre los que se destacan los contaminantes, la humedad relativa, el viento, el polvo y las horas de humectación influyen notablemente en el deterioro del tanque T-34.
3. El acero estructural al carbono y las fundiciones conforman la mayor parte del tanque, por lo que resultan los materiales de mayor interés a la hora de aplicar un sistema de protección y conservación en la pieza; siendo el acero el de más baja resistencia a la corrosión.
4. La aplicación del SIPAYC ofrece soluciones completas, efectivas y económicas en aras de resolver los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión presentes en las estructuras metálicas
5. El Museo Municipal Playa Girón, en su carácter de institución social, cuyo objeto es transmitir la historia y salvaguardar la identidad nacional, se beneficia con el estudio realizado y la propuesta para la conservación del T-34.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Con el estudio del deterioro por corrosión atmosférica en el tanque T-34 expuesto en el museo Girón, se logra proponer un Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC) para mitigarlo, valiéndose así la hipótesis planteada.
2. A través de la búsqueda bibliográfica se pudo analizar que las mayores pérdidas de estructuras metálicas, incluyendo a aquellas que forman parte del patrimonio cultural, se deben al fenómeno de la corrosión atmosférica.
3. Los problemas de diseño anticorrosivo, dentro de los que se destacan los orificios, conexiones con pernos, áreas cerradas y componentes huecos y acumulación de depósito y humedad, presentes en dichas estructuras aceleran el proceso corrosivo sobre las estructuras bajo la influencia de los factores atmosféricos.
4. Se identifican y clasifican los tipos de corrosión manifestadas en el tanque T-34, siendo la corrosión electroquímica atmosférica el mecanismo fundamental, con una gran influencia de cloruros y sulfatos procedentes del aerosol marino.
5. Las medidas preventivas propuestas para resolver los problemas de diseño anticorrosivo permiten minimizar los efectos de la corrosión y mantener el valor patrimonial de la pieza.
6. El costo total para la aplicación del SIPAYC es de 1076.10 CUP y define el precio del mismo que es de 1291.30 CUP, que es un precio ventajoso comparado con los del mercado por un servicio más completo.
7. La protección y conservación del tanque T-34 empleando productos DISTIN es una tarea de considerable impacto social.

RECOMENDACIONES

1. Cumplir las medidas preventivas propuestas para contrarrestar el efecto de los factores climáticos sobre la superficie del tanque.
2. Aplicar el SIPAYC en el tanque T-34 y generalizarlo a otros similares en iguales condiciones de exposición atmosférica.
3. Tener en cuenta los productos **DISTIN**, de fabricación nacional y de más bajo costo que los del mercado, a la hora de aplicar un sistema de protección y conservación adicional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acán, Ana Cepero. 2011 "El medio ambiente de la república de Cuba y su influencia en el deterioro del hierro y el bronce, algunos métodos para su evaluación, conservación y protección." Ediciones digitales 3.1.
2. Albrecht, P., Hall, T. 2003. Atmospheric corrosion resistance of structural steels. *Materials in Civil Engineering* 15(1): 2-24.
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. Barberos, A. (2011). La gestión del patrimonio histórico como instrumento para un desarrollo sostenible. Un caso práctico: El proyecto de desarrollo local.
5. Bilurbina, L. (2004). Corrosión y protección de los metales. P.134-153.
6. Bruzón, P. (2012). La Interpretación Del Patrimonio Histórico-Cultural en Museos Pequeños. Editorial Académica Española.
7. Castañeda, A. (2014). Influencia de la agresividad corrosiva en el deterioro de cuatro estructuras en la ciudad de La Habana www.unaicc.cu/biblioteca/revistas/obras/06/. / Cienciatecnica1.htm.
8. Cervera, J. E. (2013). Propuestas de mejoras del proceso tecnológico del aceite de Conservación en la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas. Matanzas. Trabajo de Diploma. Universidad de Matanzas.
9. CNPC. (2002). Protección al Patrimonio Cultural. Compendio de textos legislativos. Consejo Nacional de Patrimonio Cultural Ministerio de Cultura
10. Cole, I.S. et al. 2003. Holistic model for atmospheric corrosion Part 1 - Theoretical framework for production, transportation and deposition of marine salts. *Corrosion Engineering, Science and Technology* 38(2): 129-134.
11. Cook, D.C. 2005. Spectroscopic identification of protective and non- protective corrosion coatings on steel structures in marine environment. *Corrosion Science* 47(6): 2550-2570.
12. CORVO, F., VELEVA, L., L. 2003. Corrosión Atmosférica. En: ANDRADE da SILVA, J.R. (Ed) *Productos Electro - Electrónicos en Ambientes Tropicales*. Sao Paulo: Campinas, p.137-170.

13. Domínguez, J. (1987). Introducción a la corrosión y protección de metales. La Habana: Editorial EMPES, p. 25-29, p. 426-431, p. 325-368.
14. Echeverría, C.A. (2012). Material de conferencias de la Ingeniería de Materiales I. Facultad de ingenierías. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
15. Echeverría, C.A. 2003 (a). Métodos de protección a la atmósfera. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT), Universidad de Matanzas. Conferencia especializada
16. Echeverría, C.A. et al. 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.
17. Echeverría, C.A. et al. 2004. Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 - 16 - 0250 - 2.
18. 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
19. Echeverría, C.A. et al. 2010. Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
20. Echeverría, C.A. et al. 2012. Etapas para la solución o mitigación de los problemas de diseño anticorrosivo en los proyectos con sistemas de pinturas protectoras. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978 - 959 - 16 - 2070 - 5.
21. Echeverría, M. et al. (2006). Goma reciclada en recubrimientos anticorrosivos y de la construcción. Memorias del IX Congreso Internacional de Reciclaje. RECICLAJE 2006, Palacio de Convenciones. La Habana, CUBA. ISSN-1607-6281.
22. 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.
23. Feliú S, Andrade M.C.1991.Corrosión y protección metálicas. C.S.I.C., Madrid.
 24. Fontal, O. (2003). La educación patrimonial. Teoría y práctica en el aula, el museo e Internet. Editorial Trea. Gijón.
 25. Fragata, F. (2002). La pintura como técnica de protección anticorrosiva. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid.
 26. Galindo, L. (2015). Promoción sociocultural de los productos marca DISTIN en los museos del municipio del Matanzas en la actualidad. Tesis en opción al título de Licenciado en Estudios Socioculturales. Universidad de Matanzas.
 27. 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.
 28. González J A .Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. (1984) Hernández y Col. Madrid, España. 684 páginas.
 29. González, A., et al. 2015. Influencia del diseño anticorrosivo en la protección anticorrosiva del área de combustibles de una Central Eléctrica Diesel MTU SERIE 4000. Tecnología Química. ISSN 2224-6185.RTQ vol.35 no.2 Santiago de Cuba.
 30. 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”.
 31. 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.
 32. 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

33. Hassán, A. et al (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.
34. Hing, R. (2010). Estudio del comportamiento corrosivo de algunos materiales metálicos en agua de mar. Universidad de Oriente.
35. ISO 9223 (2012). Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Classification.
36. ISO/CD11844 (2000). Corrosion of metals and alloys – Classification of corrosivity of indoor atmospheres – Determination and estimation of indoor corrosivity.
37. Jorrín, N. (2016). Propuesta para la protección anticorrosiva y conservación de los vehículos (373-M y Super Skoda) expuestos en el Museo de Bomberos de Matanz. Trabajo de diploma en opción al título.
38. Llull Peñalba, Josué. (2005). Evolución del concepto y de la significación social del patrimonio cultural.
39. 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”.
40. López. et al. 2013 Conservación de Patrimonio. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.
41. 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. MatanzasMedina, 2015
42. Mora, A. (2014). Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación (SYPAYC) para el vehículo (PONTIAC) usado en las luchas clandestinas, expuesto en el Museo de la Revolución. Trabajo de diploma en opción al título.
43. Morcillo, M. et al. 2002 (a). Factors influencing the corrosion behavior of coated steel sheets in lap-joints. Report EUR 20067 EN.

44. Morcillo, M. et al. 2002 (b). Corrosión y protección de metales en atmósferas de Ibero América. Parte II- Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Ibero América (Red temática Pátina). Madrid.
45. 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.
46. 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.
47. Ochoa et al. (2005). Pinturas anticorrosivas. Habana, Empresa Nacional de Pinturas
48. Pancorvo, Francisco.2011. Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.
49. Pérez, C. (1998). Estudio de los sistemas de protección de las superficies metálicas expuestas a la intemperie. Santiago de Compostela: Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Santiago de Compostela, 245.
50. Roberge, P. et al. (2000). Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies.
51. Rodríguez, M. (2006). Desarrollo de aditivos para asfaltos modificados con bajos contenidos de hule. Publicación Técnica, 160 p.
52. Rubio, N. (2014). Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación del vehículo (Chrysler), expuesto en el museo Casa Natal José Antonio Echeverría. Trabajo de diploma en opción al título.
53. Samoilova, O; Zamyatina, O. 2005. Activity and Standards of ISO and IEC in the Field of Corrosion and Corrosion Protection. Protection of Metals 41(2): 192-203.
54. San Martín, L. (2016). Propuesta de Tecnologías para la Conservación Anticorrosiva de objetos museables (extintores) que se encuentran expuestos en el Museo de B. Trabajo de diploma en opción al título.

55. Schmidt, D.P. et al. 2006. Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment. *Progress in Organic Coatings* 57: 352– 364.
56. Serrano, F. (2015). Propuesta para la conservación anticorrosiva de armamento y objetos en el Museo “La Búsqueda del Esclavo”.
57. Shifler, D. 2005. Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life. *Corrosion Science* 47(5): 2335-2352.
58. Tomashov, N.D. 1979. Theory of corrosion and protection of metals. La Habana. Ed. Revolucionaria. 672 p
59. Uhlig H. (2000). Uhlig’s Corrosion Handbook 2da ed. (ed. R. W. Revie) (John Wiley & Sons, Londres).
60. UNE-EN 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.
61. UNE-EN ISO 12944 – 1: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.
62. UNE-EN ISO 12944 – 2: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part2: Clasificación de ambientes.
63. UNE-EN ISO 12944 – 3: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Consideraciones de diseño.
64. UNE-EN ISO 12944 – 4: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.
65. UNE-EN ISO 12944 – 5: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.
66. UNE-EN ISO 12944 – 6: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.

67. UNE-EN ISO 12944 -4(2007). Pinturas y barnices. Protección de pinturas y aceros frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.
68. UNE-EN ISO 12944 -5(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Protective paint systems.
69. UNE-EN ISO 12944 -6(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test method.
70. UNE-EN ISO12944 -1(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.
71. UNE-EN ISO12944 -3(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Design considerations.
72. Urbán, P. (2009). Construcción de estructuras metálicas. Editorial Club Universitario Casa del libro.
73. Valdez, B. et al. (2013). Corrosión y preservación de la infraestructura industrial. [books.google.com.cu/books ? isbn=8494023470](https://books.google.com.cu/books?isbn=8494023470).

ANEXOS

Anexo 1 Indicaciones



Fig.2.1 Mapa de la agresividad corrosiva de la atmósfera de Cuba.



Fig. 2.2 Ubicación del tanque T-34, detrás de la edificación del museo Playa Girón.



Fig. 2.3 Condiciones de exposición del tanque T-34.

Anexo 2 Problemas de corrosión y diseño anticorrosivo.

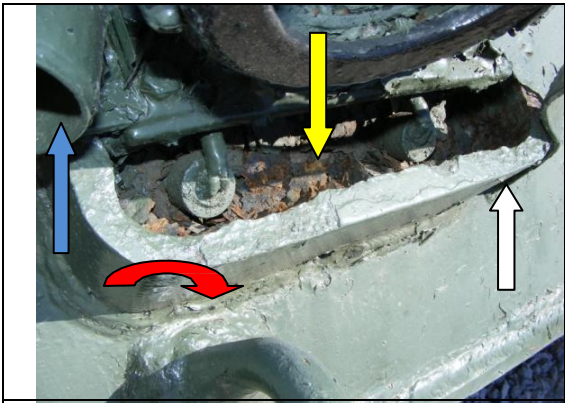


Fig.1. Imperfecciones en la superficie de la soldadura (rojo), resquicio (blanco), zona de acumulación y depósito (amarillo), componente hueco (azul).
Corrosión electroquímica atmosférica húmeda localizada e intersticial.

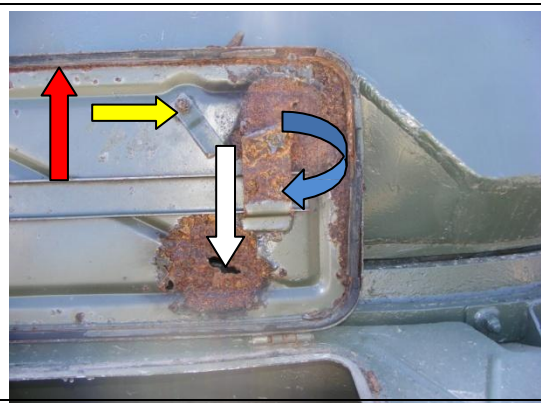


Fig.2 Componente hueco (blanco), resquicio (rojo), conexiones con pernos (amarillo), refuerzos (azul). Corrosión electroquímica atmosférica húmeda, intersticial y picadura.



Fig.3 Zona de acumulación de depósito y humedad (blanco), imperfecciones en la superficie de soldaduras (rojo). Corrosión electroquímica atmosférica húmeda localizada y dado el caso, mojada. Corrosión por celda de aeración diferencial.

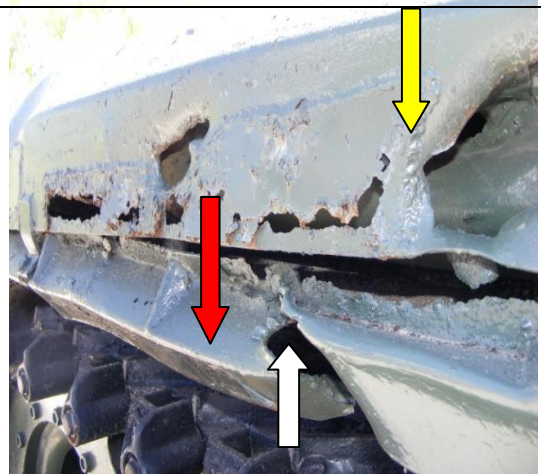


Fig.4 Bordes, accesibilidad (blanco), imperfecciones en la superficie de soldaduras (amarillo). Corrosión electroquímica atmosférica húmeda localizada, picadura.

Continuación del Anexo 1

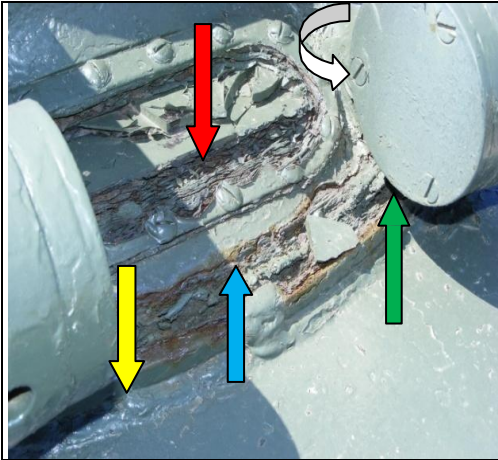


Fig.5 Conexiones con pernos (blanco), zona de acumulación y depósito (rojo), imperfecciones en la superficie de la soldadura (amarillo), bordes (azul), resquicio (verde). Corrosión electroquímica húmeda localizada, por celda de aireación diferencial y corrosión intersticial.

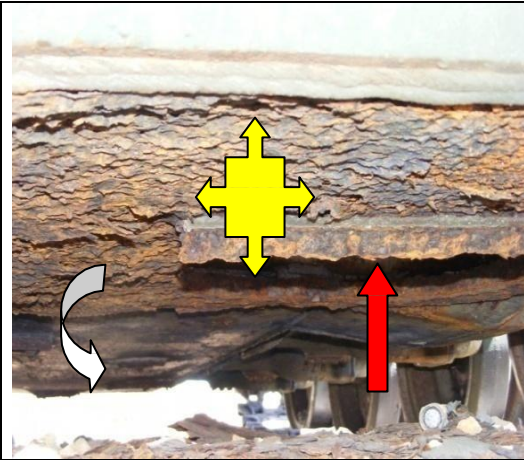


Fig. 6 Accesibilidad (blanco), bordes (rojo), ausencia de recubrimiento (amarillo). Corrosión electroquímica atmosférica húmeda generalizada.

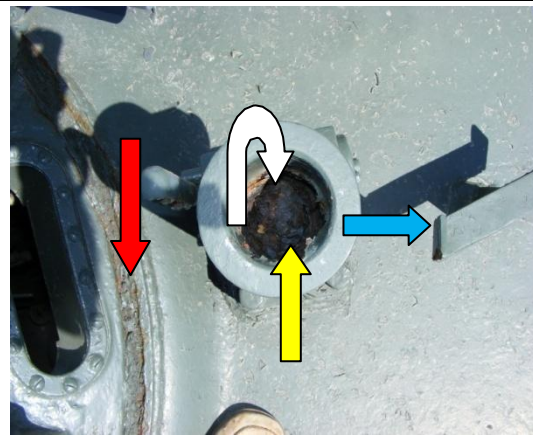


Fig.7 Componente hueco (blanco), resquicios (rojo), zona de acumulación de depósitos y humedad (amarillo), refuerzos (azul). Corrosión electroquímica atmosférica localizada.

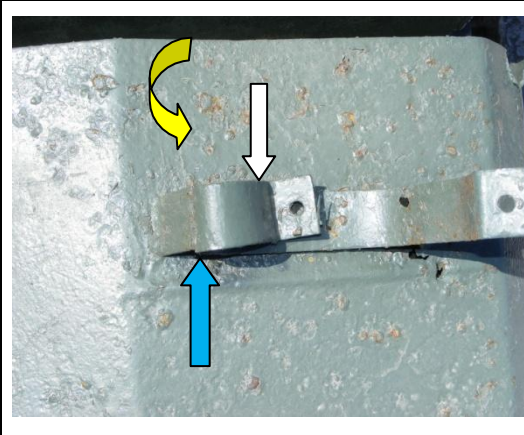


Fig.8 Refuerzos (blanco), resquicios (rojo), mala preparación superficial (amarillo). Corrosión por celda de aireación diferencial.

Continuación del Anexo 1

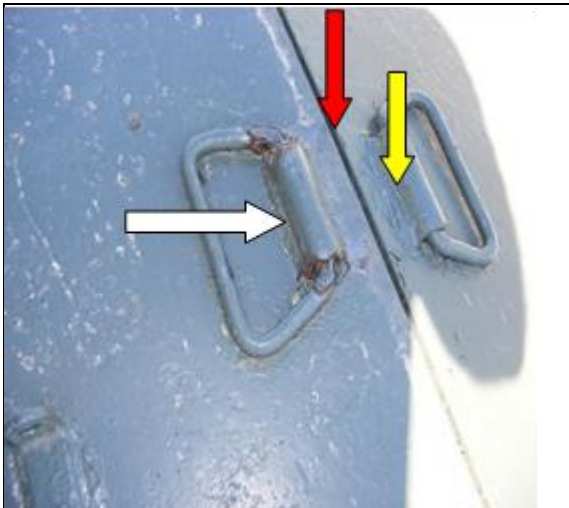


Fig.9 Refuerzos (blanco), resquicios (, imperfecciones en las soldaduras (amarillo). Corrosión electroquímica atmosférica localizada y celda de aireación diferencial.



Fig.10 Imperfecciones en la superficie de soldaduras (blanco), zona de acumulación y depósito (rojo). Corrosión electroquímica atmosférica húmeda localizada y por celda de aeración diferencial.

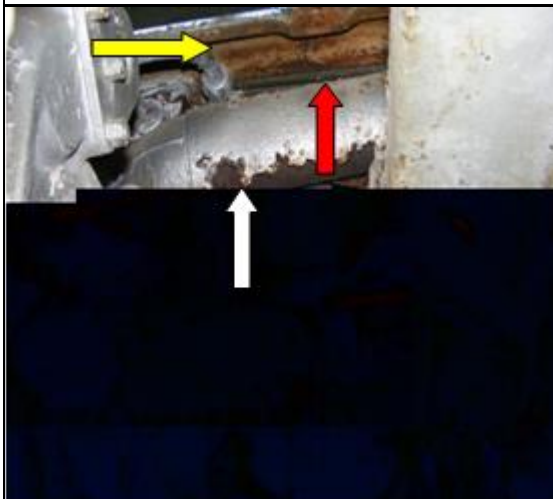


Fig. 11 Componente hueco (blanco), accesibilidad (rojo), resquicio (amarillo). Corrosión electroquímica atmosférica húmeda localizada por celda de aireación diferencial y picadura.

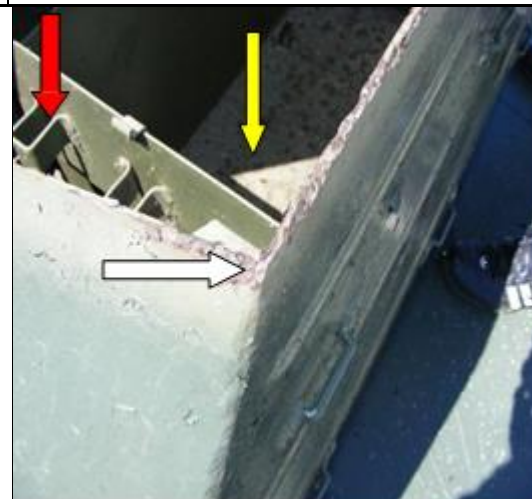


Fig.12 Bordes (blanco), refuerzos (rojo), zona de acumulación y depósito de humedad (amarillo). Corrosión electroquímica atmosférica húmeda localizad por celda de aireación diferencial.

Anexo 3 Fichas Técnicas de las pinturas utilizadas.



Ficha Técnica

HEMPATEX PRIMER 16320

DESCRIPCION

Imprimación anticorrosiva de clorocaucho modificado, exenta de plomo y cromatos. Contiene fosfato de cinc como pigmento inhibidor de la corrosión.

USO RECOMENDADO

Imprimación de tipo general para superficies de acero.

PROPIEDADES TECNICAS GENERALES

- Excelente adherencia sobre acero convenientemente preparado
- Buena humectación del sustrato
- Excelente resistencia al agua dulce y salada
- Buena resistencia a polucionantes atmosféricos
- Secado rápido
- Buena flexibilidad
- Repintable con clorocauchos y acrílicos gama HEMPATEX
- Apto para trabajos de mantenimiento

DATOS TECNICOS

Aspecto	Mate
Color	Verde 41270, Rojo 50890
Volumen de sólidos	46%
Rendimiento teórico	9.2 m ² /litro a 50 micras
Punto de inflamación	32°C, copa cerrada
Peso específico	1.4 Kg/litro
Secaje superficial	30 min (aprox) a 20°C (ISO 1517) con buena ventilación
Secaje al tacto	2-4 horas a 20°C según ventilación

APLICACION

Método	Pistola sin aire	Pistola aerográfica	Brocha
Dilución	5% máx	15% máx	5% máx
Diluyente	THINNER 08080		
Espesor	Húmedo: 125 micras Seco: 50 micras		
Intervalo de repintado	Mín: cuando esté seco Máx: no tiene (Ver OBSERVACIONES)		
Limpieza	THINNER 08080		
Pistola sin aire	Boquilla: 0.023" - Presión: 150 atm (Datos orientativos)		

HEMPEL
Ficha Técnica



16320

PREPARACION DE LA SUPERFICIE Y ESQUEMA RECOMENDADO

Acero nuevo:

- Chorreado abrasivo al grado Sa2½ de la norma ISO 8501-1.
- Puede utilizarse un shopprimer para la protección preliminar.
- Antes del repintado limpiar cuidadosamente la superficie de los daños del shopprimer y la contaminación acumulada durante el almacenaje de las planchas y el período de fabricación.
- Utilizar HEMPATEX PRIMER 16320 para reparaciones y parcheos.

Mantenimiento:

- Eliminar el aceite y la grasa con un detergente adecuado.
- Eliminar las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión.
- Eliminar la herrumbre y otros productos por chorreado abrasivo o limpieza mecánica.
- Parchear a continuación hasta el espesor de película original.

CAPAS SUBSIGUIENTES

Sistemas HEMPATEX o de acuerdo con la especificación.

OBSERVACIONES

Si las superficies pintadas han quedado expuestas durante un tiempo prolongado en ambientes contaminantes, limpiar cuidadosamente la superficie con agua dulce a alta presión, dejándola secar antes de repintar.

Temperatura de servicio

Tolera temperaturas de hasta 60°C en continuo y puntas de hasta 80°C. Siendo un producto termoplástico, la exposición prolongada a temperaturas superiores a 40°C puede provocar reblandecimiento de la película. Cuando la temperatura descienda de dicho valor, recuperará las propiedades mecánicas.

Espesores

Puede especificarse con otro espesor distinto al indicado. Ello alterará el rendimiento y puede influir en el tiempo de secado e intervalos de repintado. Espesor habitual 40-50 micras.

Intervalo de repintado

En sistemas multicapa con 50 micras por capa, el intervalo mínimo de repintado es de 4 horas a 20°C.

SEGURIDAD

Los envases llevan las correspondientes etiquetas de seguridad, cuyas indicaciones deben ser observadas. Además, deben seguirse las exigencias de la legislación nacional o local. Como regla general, debe evitarse la inhalación de los vapores de disolventes y de la neblina de pintura, así como el contacto de la pintura líquida con la piel y los ojos. Cuando se aplica pintura en espacios cerrados debe facilitarse ventilación forzada, acompañada de la adecuada protección respiratoria, de la piel y de los ojos, especialmente cuando se aplica a pistola.

EDICION

(G) Marzo 2004

(16320-41270-00508)

Para la correcta interpretación de esta hoja, ver la "Guía para las Hojas de Características Técnicas". Los datos, recomendaciones e instrucciones que se dan en esta hoja de características corresponden a los resultados obtenidos en ensayos de Laboratorio y en la utilización práctica del producto en circunstancias controladas o específicamente definidas. No se garantiza la completa reproductibilidad de los mismos en cada utilización concreta. El suministro de nuestros productos y la prestación de asistencia técnica quedan sujetos a nuestras CONDICIONES GENERALES DE VENTA, ENTREGA Y SERVICIO y, a menos que se hayan tomado otros acuerdos específicos, por escrito, el fabricante y el vendedor no asumen otras responsabilidades que las allí señaladas por los resultados obtenidos, perjuicios, daños directos o indirectos, producidos por el uso de los productos de acuerdo con nuestras recomendaciones. Las hojas de características pueden ser modificadas sin previo aviso. *Marca registrada por HEMPEL.



Ficha Técnica

HEMPEL'S MIO ESMALTE CR 667E0

DESCRIPCION

Pintura de acabado a base de clorocaucho pigmentada con óxido de hierro micáceo.

USO RECOMENDADO

Como capa de acabado para la protección de estructuras de acero y acero galvanizado en ambientes marinos e industriales.

PROPIEDADES TECNICAS GENERALES

- Secaje rápido
- Buena flexibilidad
- Excelente adherencia sobre imprimaciones de clorocaucho y acrílicas
- Resistente a la intemperie, al agua de mar y a salpicaduras ocasionales de ácidos y álcalis
- Cumple con el sistema de pintado SERCA ET.004/86 (B) de IBERDROLA

DATOS TECNICOS

Aspecto	Semi-mate
Color	Gris aluminio 0175E, Crema 1043E y Verde 4014E
Volumen de sólidos	47%
Rendimiento teórico	6.7 m ² /litro a 70 micras
Peso específico	1.4 Kg/litro
Secaje al tacto	1 hora a 20°C (INTA 16 02 29) con buena ventilación
Punto de inflamación	39°C, copa cerrada
COV	491 g/litro

APLICACION

Método	Brocha	Pistola sin aire
Dilución	5% máx	5% máx
Diluyente	THINNER 08630	
Espesor	Húmedo: 125-150 micras	Seco: 60-70 micras
Intervalo de repintado	Mín: 18 horas a 20°C Máx: no tiene (Ver OBSERVACIONES)	
Limpieza de equipos	THINNER 08630	
Pistola sin aire	Boquilla: 0.021"-0.026" - Presión: 170 atm (datos orientativos)	

HEMPEL
Ficha Técnica

Espesor	Húmedo: 125-150 micras Seco: 60-70 micras
Intervalo de repintado	Mín: 18 horas a 20°C Máx: no tiene (Ver OBSERVACIONES)
Limpieza de equipos	THINNER 08630
Pistola sin aire	Boquilla: 0.021"-0.026" - Presión: 170 atm (datos orientativos)



667E0

CONDICIONES DE APLICACION

De acuerdo con la práctica normal de un buen pintado. Cuando se aplica en locales cerrados, debe facilitarse buena ventilación durante la aplicación y el secaje.

CAPAS PRECEDENTES

HEMPEL'S MIO PRIMER CR 649E0 ó de acuerdo con la especificación.

OBSERVACIONES

Puede especificarse en espesores distintos de los indicados anteriormente, lo cual influirá sobre el rendimiento, el tiempo de secado y del intervalo de repintado.

Después de una exposición prolongada en ambientes contaminantes, debe limpiarse cuidadosamente la superficie con agua dulce a alta presión, antes de repintar.

SEGURIDAD

Los envases llevan las correspondientes etiquetas de seguridad, cuyas indicaciones deben ser observadas. Además, deben seguirse las exigencias de la legislación nacional o local. Como regla general, debe evitarse la inhalación de los vapores de disolventes y de la neblina de pintura, así como el contacto de la pintura líquida con la piel y los ojos. Cuando se aplica pintura en espacios cerrados debe facilitarse ventilación forzada, acompañada de la adecuada protección respiratoria, de la piel y de los ojos, especialmente cuando se aplica a pistola.

EDICION

(G) Febrero 2006

(667E0-0175E-00013)

Para la correcta interpretación de esta hoja, ver la "Guía para las Hojas de Características Técnicas". Los datos, recomendaciones e instrucciones que se dan en esta hoja de características corresponden a los resultados obtenidos en ensayos de Laboratorio y en la utilización práctica del producto en circunstancias controladas o específicamente definidas. No se garantiza la completa reproducibilidad de los mismos en cada utilización concreta. El suministro de nuestros productos y la prestación de asistencia técnica quedan sujetos a nuestras CONDICIONES GENERALES DE VENTA, ENTREGA Y SERVICIO y, a menos que se hayan tomado otros acuerdos específicos por escrito, el fabricante y el vendedor no asumen otras responsabilidades que las allí señaladas por los resultados obtenidos, perjuicios, daños directos o indirectos, producidos por el uso de los productos de acuerdo con nuestras recomendaciones. Las hojas de características pueden ser modificadas sin previo aviso. *Marca registrada por HEMPEL.

Anexo 4 Fichas Técnicas de los productos DISTIN utilizados.

Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.



Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½

Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 504 Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida

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

Modo de Aplicación:

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

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

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

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

FICHA TECNICA

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida. **DISTIN 603 L**

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

:: Método de aplicación ::

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

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

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

:: Protección anticorrosiva ::

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

:: Condiciones de conservación ::

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

:: Aplicaciones derivadas de sus propiedades ::

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

:: Transportación y almacenamiento ::

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

:: Aclaración al usuario ::

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero,

Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

**FICHA TÉCNICA DISTIN 404 L
Mástique Asfáltico Líquido**

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

Modo de Aplicación:

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

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

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

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

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

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

FICHA TÉCNICA DISTIN 404 **Mástique Asfáltico Semisólido con goma**

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

Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Pudiera aplicarse cuando se prepara de forma líquida, en este caso se recomienda el producto DISTIN 403 L.
- **Esparcimiento:** Se recomienda el esparcimiento con espátula del producto en frío o en caliente donde mejora la aplicación.

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

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

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

Condiciones de Protección:

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

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

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

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L **Grasa Líquida Tipo Solvente.**

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y a los recubrimientos de pintura. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o

con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. El recubrimiento que se forma por evaporación del solvente, es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

Método de Protección:

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

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

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

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

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y Almacenamiento:

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

hermeticidad.

Aclaración al cliente:

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas,

FICHA TÉCNICA DISTIN 314
Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

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

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

Método de Aplicación:

>> **Proyección:** Pudiera aplicarse de prepararse líquida, se oferta una grasa líquida con estas características.

>> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa fundida que posee una alta estabilidad coloidal, lo que permite fundirla en repetidas ocasiones, sin separar el aceite.

>> **Brocha o frotado:** Se emplea este método principalmente para la protección y lubricación de cables de acero, aunque puede ser aplicada a otros componentes o piezas que lo requieran.

>> **Rendimiento:** Para la aplicación de la grasa en forma líquida cuando está fundida, el rendimiento es de 8 a 10 m² /Kg a unos 100 ° C. En la preparación de superficies por frotado o brocha depende del espesor.

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

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

>> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 5 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.

>> **Almacén cerrado:** Garantiza de 5 a 10 años con las mismas características antes apuntadas.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y almacenamiento:

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

Aclaración al Cliente:

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

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

Anexo 5 Ficha de Costo del SIPAYC para el tanqueT-34.

Concepto de gastos	Fila	Total	De ello: CUC
1	2	3	4
Materias Primas y Materiales	1	123,6	30,
Materia Prima y materiales fundamentales	1,1	120,3	28,
Combustible y Lubricantes	1,2	1,4	1,
Energía Eléctrica	1,3	1,9	0,
Agua	1,4	0,0	0,
Sub total (Gastos de elaboración)	2	1000,6	18,
Otros Gastos directos	3	13,2	1,
Depreciación	3,1	12,8	0,
Arrendamiento de equipos	3,2	0,0	0,
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3,3	0,4	0,
Gastos de fuerza de trabajo	4	858,4	0,
Salarios	4,1	585,6	0,
Vacaciones	4,2	53,2	0,
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	4,3	146,4	0,
Contribución a la seguridad social.	4,4	73,2	0,
Estimulación en pesos convertibles	4,5	0,0	0,
Gastos indirectos de producción	5	41,3	12,
Depreciación	5,1	0,0	0,
Mantenimiento y Reparación	5,2	12,0	12,
Gastos Generales y de Administración	6	3,1	2,
Combustible y Lubricantes	6,1	1,6	1,
Energía Eléctrica	6,2	0,7	0,
Depreciación	6,3	0,0	0,
Ropa y Calzado (trabajo. Indirectos)	6,4	0,0	0,
Alimentos	6,5	0,0	0,
Otros	6,6	0,8	0,
Gastos de Distribución y Venta	7	1,5	1,
Combustible y Lubricantes	7,1	0,4	0,
Energía Eléctrica	7,2	0,0	0,
Depreciación	7,3	0,0	0,
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7,4	0,0	0,
Otros	7,5	1,0	1,
Gastos Bancarios	8	83,2	1,
Gastos Totales o Costo de producción	9	1076,1	48,
Margen utilidad S/ base autorizada	10	215,2	
Precio según lo establecido por el MFP	11	1291,3	

% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)	12		4,
Componente total en pesos convertibles	13		52,