

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



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Título: Propuesta y aplicación de tecnologías para la conservación del patrimonio (armamento y objetos metálicos) en el museo “La Ruta del Esclavo” a partir del SIPAYC.**

**Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.**

**Autor:** Félix Serrano Mena

**Tutora:** DrC. Idaelsys López Arias

**Cotutor:** MSc. Asael González Betancourt

**Matanzas, 2015.**

# *Pensamiento:*

*Para obtener el éxito verdadero hágase estas cuatro preguntas ¿Por qué? ¿Por qué no? ¿Por qué no yo? ¿Por qué no ahora?*

*James Allen*

## **DECLARACION DE AUTORIDAD**

Yo Félix Serrano Mena declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma Titulado: Propuesta y aplicación de tecnologías para la conservación del patrimonio (armamento y objetos metálicos) en el museo “La Ruta del Esclavo” a partir del SIPAYC, realizado en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, por tanto autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a hacer uso del mismo, tanto en ella como en cualquier otra institución del país, con la finalidad que se estime necesario.

---

Félix Serrano Mena

# NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
**Presidente del Tribunal**

\_\_\_\_\_  
**Tribunal.**

\_\_\_\_\_  
**Tribunal.**

\_\_\_\_\_  
**Tribunal.**

\_\_\_\_\_  
**Tribunal.**

# **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de diploma a:

- En especial a mi madre, padre y padrastro que me apoyaron incondicionalmente en todo para que este trabajo se hiciera realidad.
- A mi tutora DrC. Idaelsys López Arias que siempre estuvo presente en todo momento que la necesitaba.
- A mi cotutor Msc. Asael González Betancourt y al profesor Ariel que dedicaron parte de su tiempo para enseñarme.

# **AGRADECIMIENTOS**

*Las palabras que no van seguidas de hechos, no valen nada.*

*Esopo*

- A mis padres y hermana, que son los que me guiaron por el camino del bien desde los primeros momentos y de los cuales siempre estaré orgulloso.
- A mi tutora Idaelsys López Arias por su gran apoyo y paciencia en la elaboración del trabajo de diploma.
- A todos mis amigos que se preocuparon por la realización de este trabajo de diploma.
- A los trabajadores del CEAT que todos aportaron un granito de arena para que se cumpliera este objetivo.

## **RESUMEN**

En el trabajo se aborda como objetivo, la propuesta de solución para la conservación del armamento (cañones y objetos), que están expuestos en el museo “La Ruta del Esclavo” y que forman parte del patrimonio nacional. Esta es una tarea de importancia contemplada en los lineamientos del VI Congreso del PCC. No obstante, existe carencia de productos específicos para esta actividad que puede ser solucionada con la introducción de los productos DISTIN. Para llevar a cabo la misma, se aplica la metodología para el análisis y solución de los problemas de corrosión, que incluye la realización de un diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión presentes en las piezas que se estudian. A partir de este, se elaboran las tecnologías de conservación para el armamento y los objetos metálicos de las vitrinas de la sala de esclavitud, que en el caso de los últimos, llegaron hasta la etapa de innovación. Se realizó la valoración económica y del impacto social de la conservación de las piezas.

## **SUMMARY**

This research paper is aimed to a solution proposal for the preservation of the armament (cannons and objects) that is exposed in the museum “La Ruta del Esclavo” and that is part of the national heritage. This is an important task included in a guideline of the VI Congress of the Cuban Communist Party. However, there is a lack of specific products for the fulfillment of the task, but this can be solved with the inclusion of DISTIN products. For the fulfillment of the task is applied the methodology for the analysis and solution of corrosion problems which includes the execution of a diagnostic of the problems of the anticorrosion design and of the corrosion that the pieces on study showed. From this study on are elaborated the preservation technologies for the armament and for the metallic objects of the display case of the slavery hall which arrived to the innovation phase. Economic and social impact assessment of the pieces preservation was made.

# Índice

	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1: Análisis Bibliográfico.	3
1.1 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios.	3
1.2 Tipos de corrosión. Mecanismos. Factores que influyen.	4
1.3 Corrosión Atmosférica.	9
1.3.1 Factores que influyen en la corrosión atmosférica.	10
1.3.2 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.	11
1.4 Principales problemas de diseño anticorrosivo.	13
1.5 Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC).	16
1.5.1 Caracterización de los componentes de un SIPAYC en el campo de los recubrimientos.	17
1.5.2 Análisis de materiales.	17
1.5.3 Diseño anticorrosivo.	17
1.5.4 Preparación superficial.	18
1.5.5 Protección anticorrosiva con pinturas.	20
1.5.6 Protección anticorrosiva y conservación adicional.	22
1.5.6.1 Materiales compuestos de matriz asfáltica.	22
1.5.6.2 Grasas de conservación.	23
1.5.6.3 Cera abrillantadora e impermeabilizante.	24
1.5.6.4 Disolución de Fosfatado.	24
Conclusiones parciales del capítulo.	25
Capítulo II. Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en el armamento y objetos del museo “La Ruta del Esclavo”.	26
2.1 Identificación del problema.	26
2.2.1 Diseño anticorrosivo y recomendaciones de puesta en obra.	
Características mecánicas, químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción y protección anticorrosiva.	26
2.2.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y las reales.	29

2.2.3 Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales. Ensayos de recepción.	32
2.1.4 Historia del problema.	32
2.1.5 Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema.	33
2.2 Análisis del problema. Propuesta de soluciones.	33
2.2.1 Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.	33
2.2.2 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico – económicas y sociales.	36
2.3 Análisis de los resultados obtenidos del diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y la corrosión.	37
2.3.1 Análisis de los resultados de la caracterización ambiental.	37
2.3.2 Análisis de los resultados de la caracterización de los materiales que componen las piezas y el armamento en estudio del museo.	38
2.3.3 Análisis de los diferentes problemas de diseño anticorrosivo presentes en el armamento y los objetos del museo.	39
2.3.4 Análisis de los problemas de corrosión presentes en el armamento y los objetos del museo.	41
Conclusiones parciales del capítulo.	43
Capítulo III. Soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en el armamento y objetos del museo “La Ruta del Esclavo”.	44
3.1 Medidas que deben aplicarse.	44
3.2 Métodos de protección que pueden aplicarse.	45
3.3 Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC).	46
3.3.1 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en el armamento.	47
3.3.2 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.	49
3.3.3 Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.	50
3.3.4 Productos que se emplean para la conservación del armamento y objetos metálicos expuestos en el museo.	51

3.4 Valoración económica de la aplicación y propuesta del SIPAYC para el armamento y objetos metálicos expuestos en el museo.	52
3.5 Impacto social de la conservación del patrimonio en el museo “La Ruta del Esclavo”.	53
3.6 Análisis de los resultados de las soluciones propuestas y aplicadas a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión del museo.	56
Conclusiones parciales del capítulo.	64
Conclusiones	65
Recomendaciones	66
Bibliografía	67
Anexos	71

## Introducción

Una tecnología para la conservación anticorrosiva, es una herramienta técnica de la cual se vale el personal calificado para disminuir el proceso de deterioro de un material. Los materiales metálicos, entre las que se encuentran las aleaciones más usadas a lo largo del desarrollo de la humanidad, manifiestan diferentes mecanismos de corrosión que provocan pérdidas irreparables en muchos casos, estas pueden ser directas cuando están relacionadas con el propio material e indirectas cuando se relacionan con el medio, la actividad para la cual está diseñado el mismo y otros aspectos. Debido al avance vertiginoso de la ciencia y la técnica, materiales usados en épocas pasadas dejan de tener interés desde el punto de vista técnico, pero siguen formando parte de la historia y adquieren valor patrimonial. Su conservación es una tarea contemplada en los lineamientos del VI Congreso del PCC, específicamente reflejada en el **lineamiento 163** que plantea "...contribuir al fomento de la conservación del patrimonio, mediante la transferencia de tecnologías de productos y procedimientos aplicables a objetos patrimoniales....". El museo "La Ruta del esclavo", es una institución de carácter patrimonial que atesora evidencias del desarrollo social en una etapa importante para América Latina. Su conservación es una tarea de importancia por lo que representa para la historia de nuestro país y del continente, sin dejar de estar ligado al desarrollo de la humanidad. El Consejo Nacional de Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura de la República de Cuba, con sede en Habana, es quien rige la política que debe seguirse para la conservación del patrimonio cultural de la nación, sujeto a los preceptos de la Ley No. 1, "Ley de Protección al Patrimonio Cultural y su Reglamento". No obstante, los esfuerzos que se realizan para llevar a cabo esta tarea son insuficientes, sumándose a ello la carencia de productos apropiados para la conservación. La mayoría de los productos que hoy se ofertan en el mercado son foráneos; pero el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas, desarrolla una amplia gama de productos adecuados a nuestras condiciones climáticas y a precios relativamente más ventajosos que los del mercado internacional, cumpliendo con los lineamientos 129 y 130 relacionados con el desarrollo de tecnologías y la

sustitución de importaciones. De acuerdo con lo anterior, este trabajo de investigación se realiza sobre la base de dar respuesta al **problema científico** siguiente:

Deterioro por corrosión del armamento y objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”.

La respuesta a esta interrogante se ha basado en estudios y consultas en la bibliografía relacionadas con el tema de investigación que conduce a la **hipótesis** siguiente:

Se puede elaborar el SIPAYC para disminuir el deterioro por corrosión del armamento y objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”, si se realiza el estudio del fenómeno y las causas que lo originan.

#### **Objetivo principal.**

Elaborar el SIPAYC, para el armamento y objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”, a partir del estudio del fenómeno y las causas que lo originan.

#### **Objetivos específicos.**

1. Realizar el diagnóstico del deterioro por corrosión del armamento y objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”.
2. Determinar tipos de materiales, problemas de diseño anticorrosivo, tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen para proponer medidas y soluciones a los problemas.
3. Elaborar el SIPAYC para el armamento y los objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”.
4. Realizar la valoración económica y el impacto social de la protección anticorrosiva con las tecnologías elaboradas.

## **Capítulo I: Análisis bibliográfico.**

En la mayoría de las instituciones, edificaciones, locales y ambientes en general, de nuestro país, la corrosión atmosférica causa daños considerables, sin que se le dé solución en muchos casos, por lo que se pierden objetos y materiales que no pueden ser repuestos. En el caso del armamento y los objetos metálicos, 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.

### **1.1 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios.**

Por corrosión se entiende a los cambios aparecidos sobre la superficie de un material originados por la influencia indeseada de los factores químicos y electroquímicos. (Agueda, 2010). Los materiales y en especial los metales, son obtenidos a partir de especies minerales estables en las condiciones naturales. El paso de estos materiales a su estado natural combinado, es llamado corrosión (Pancorvo, 2011).

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).

El control de la corrosión es llevado a cabo para comprender los mecanismos de la corrosión, así como la resistencia de los materiales y diseños, con sistemas y métodos de protección, dispositivos y tratamientos. (López, 2012).

Es evidente, que a partir de lo planteado por los diferentes autores, la corrosión tiene mucha importancia desde el punto de vista material, económico. También en lo social causa pérdidas y no siempre se analizan. El daño que causa este

fenómeno al patrimonio no se ha tratado a profundidad y no deja ser de relevancia para la humanidad.

## **1.2 Tipos de corrosión. Mecanismos. Factores que influyen.**

La corrosión depende del tiempo durante el cual la humedad atmosférica permanece sobre la superficie metálica y, por ello, está ligada a la combinación de una serie de factores. Los más importantes son el poder contaminante intrínseco de la atmósfera, así como diversos agentes climáticos entre los que cabe destacar, además de la humedad, la temperatura. (Pancorbo, 2011). En dependencia de ello, varios son los tipos y mecanismos de corrosión que se ponen de manifiesto. A continuación se relacionan los siguientes:

Corrosión atmosférica.

Húmeda

Tipo: Corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica húmeda, se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, 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, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica mojada se presenta en aquellas zonas donde existe acumulación de agua en la cual pueden o no estar disueltos contaminantes, como cloruros y sulfatos fundamentalmente.

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.

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.

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 intersticial.

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  $\alpha/\beta$ , la fase  $\beta$  es más rica en Cinc y por tanto es más activa con respecto a la fase  $\alpha$ , que es más rica en Cobre, estableciéndose una celda galvánica, donde la fase  $\beta$  actúa como ánodo y se disuelve

preferentemente el Cinc y la fase  $\alpha$ , 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 en 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.

Corrosión interfacial.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, 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 interfase 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 interfase 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.

De los tipos de corrosión mencionados la corrosión atmosférica húmeda es la de mayores posibilidades de ocurrencia en el armamento que se estudia, aunque no se descartan el resto de los mecanismos. Esta es la más perjudicial y la que mayores pérdidas ocasiona, coincidiendo con (Tomashov, 1979), por el hecho de que la mayoría de las estructuras están expuestas a la atmósfera.

### **1.3 Corrosión Atmosférica.**

La corrosión atmosférica es la suma de procesos parciales de corrosión que tienen lugar cada vez que se forma la capa de electrolito. Representa más del 50 % de las pérdidas totales por corrosión. Difícil de investigar por la dificultad de simular en el laboratorio las condiciones atmosféricas reales. (Feliú y Andrade, 1991).

Mecanismo

A temperatura ambiente y en superficies secas procede a velocidad infinitesimal.

Rápida en superficies húmedas: mecanismo electroquímico.

El electrolito está constituido:

- a) por una película de humedad (unas pocas monocapas)
- b) película acuosa (centenares de  $\mu\text{m}$ ): metal perceptiblemente mojado.

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. (Tomashov, 1979) plantea que alrededor de un 80% (y tal vez más) de las estructuras metálicas que están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50% de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. (Citado por: Cervera, 2013).

Los metales constituyen un grupo de materiales en esencia inestables, ya que el proceso que determina su deterioro, la corrosión, es totalmente espontáneo,

debido a la tendencia de regresar a su estado original, es decir, convertirse en minerales (óxidos, cloruros, sulfatos, carbonatos), de donde han sido extraídos por diferentes procesos tecnológicos desarrollados por el hombre. De ahí que la presencia en la atmósfera de oxígeno, humedad, salinidad (Cl<sup>-</sup>), compuestos de azufre (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SH<sub>2</sub>...), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y otros contaminantes ambientales, en contacto directo con los metales, provocaran reacciones que facilitarían la trayectoria de los mismos hasta llegar a su condición inicial. (Acán, 2011).

La corrosión atmosférica puede ser clasificada en:

- a) Corrosión seca. Se produce en los metales que tienen una energía libre de formación de óxidos negativa.
- b) Corrosión húmeda. Requiere de la humedad atmosférica, y aumenta cuando la humedad excede de un valor crítico, frecuentemente por encima del 70%.
- c) Corrosión por mojado. Se origina cuando se expone el metal a la lluvia o a otras fuentes de agua.

De los mecanismos antes señalados, varios autores (Echeverría, et al, 2002) coinciden en que solo la corrosión húmeda y mojada es posible, siendo la primera la de mayores afectaciones al material.

### **1.3.1 Factores que influyen en la corrosión atmosférica.**

De acuerdo con (Morcillo, 2002) 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 ocurrencia y aceleración de la velocidad de corrosión. Pero el efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas.

En nuestras condiciones los factores externos juegan un papel fundamental, ya que la humedad y la contaminación ambiental por aerosol marino, fundamentalmente, intensifican el ataque corrosivo.

### **1.3.2 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.**

Según plantea (Corvo y Veleva, 2003) 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.

- ❖ Humedad Relativa (HR).

Ya que las estructuras metálicas expuestas a la atmósfera no se encuentran bañadas por grandes cantidades de electrolitos, la mayor parte de la corrosión atmosférica tiene lugar en celdas de corrosión altamente localizadas.

Uno de los tipos de corrosión atmosférica a señalar es la húmeda, donde el desarrollo de su mecanismo, que se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, refiere Domínguez, se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc., lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 % (Feliú, 1991).

❖ Influencia de los vientos.

Según (Gómez ,1999) la velocidad del viento puede promover un doble efecto a su vez, 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.

❖ Influencia del aerosol marino.

La corrosión atmosférica en los países de climas tropicales húmedos como México, Taiwán, Egipto, Vietnam, India y Cuba ha sido abordada por varios investigadores, donde se determina la influencia en la corrosión del aerosol marino. (Echeverría, C.A. et al. 2000; Echeverría, C.A. et al. 2006).

El aerosol marino está constituido por agua de mar o sal de mar, que en pequeñas partículas son arrastradas por los vientos desde la superficie del mar y transportado a grandes distancias y grandes alturas. Para los países costeros y las islas, este constituye uno de los factores que mayor influencia tiene en las elevadas pérdidas por corrosión que se producen en estas áreas. En las condiciones climáticas de Cuba, este factor resulta determinante (Echeverría, C.A. et al. 2000). 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 otra parte, en nuestras condiciones ambientales se ha planteado que se distinguen 2 períodos cualitativamente diferentes en el año, uno es la temporada invernal o de seca (octubre a marzo), con gran influencia de los vientos del norte-nordeste que producen grandes concentraciones de aerosol marino en el aire y el otro es la temporada de lluvias o de verano (abril a septiembre), donde los vientos provenientes del sur son de poca envergadura (Echeverría, C.A. et al. 2000).

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

#### **1.4 Principales problemas de diseño anticorrosivo.**

La Norma ISO 12944 - 3: 2007, establece los criterios básicos de diseño, que 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.

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

•Accesibilidad: Los componentes de acero deben diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura

protector. Es muy importante cumplir con los criterios donde se debe lograr separaciones entre componentes superiores a 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.

- Entallas: Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deberían tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.

- Refuerzos: Cuando se requieren refuerzos, por ejemplo entre un alma y una pestaña, es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.

- Manipulación, transporte y montaje: Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes durante su manipulación y transporte,

así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector durante el transporte, las elevaciones y las operaciones a pie de obra.

- Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua: Deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidables 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.

Las soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión no son abordadas frecuentemente como sistema, sino que se hace de forma aislada o incompleta, por lo que en muchas ocasiones no se es del todo efectivo en el tratamiento a estos problemas.

### **1.5 Sistema de Protección Anticorrosiva y de 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 (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 tiene desarrolladas el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos(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.

Un SIPAYC constituye un traje a la medida para tratar y dar solución a los problemas que presente un objeto, equipo, estructura o instalación en específico. Su aplicación práctica en un determinado objeto de estudio, conjuntamente con las

metodologías, procedimientos, técnicas y productos a emplear, así como el saber y saber hacer, conforman la tecnología específica de aplicación de los SIPAYC.

### **1.5.1 Caracterización de los componentes de un SIPAYC en el campo de los recubrimientos.**

El diagnóstico abarca todas las etapas de la metodología que se desarrolla seguidamente, con la aplicación de técnicas no destructivas de fotografía digital, medición ultrasónica, toma de muestras y otras que permitan caracterizar los componentes de un SIPAYC.

Se analiza de forma obligada, el cumplimiento de las normas internacionales en este campo del diseño anticorrosivo, corrosión, protección anticorrosiva y conservación.

### **1.5.2 Análisis de materiales.**

A los materiales, hay que prestarle especial atención, analizando si ellos, se corresponden con los establecidos, las condiciones de explotación y lo que establece la normas internacionales actualmente vigentes. Para un equipo o instalación ya construida, se prefiere aplicar métodos de protección y conservación, antes que comenzar por cambiar los materiales existentes, lo que resulta por lo general más costoso.

Dentro de los materiales que se analizan, además de los que conforman el equipo o instalación, se incluyen los recubrimientos, constituidos como se analiza en el trabajo, no solamente por las pinturas.

### **1.5.3 Diseño anticorrosivo.**

Los problemas de diseño anticorrosivo, los crea el Ingeniero, desde que realiza el diseño. Existen muchos problemas de diseño y son muy frecuentes en los equipos e instalaciones y causan problemas en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva.

Las garantías de calidad en el diseño anticorrosivo lo establece el cumplimiento de la Norma Internacional (UNE-EN ISO 12944-3:1998) y otras, que precisan diferentes aspectos en el diseño anticorrosivo que tienen que cumplirse por los diseñadores.

#### **1.5.4 Preparación superficial.**

La durabilidad de la pinturas y en general de los recubrimientos está dada por la calidad de la preparación previa. La preparación de la superficie depende de muchos factores, entre los cuales podemos señalar:

- ✓ Agresividad corrosiva de la atmósfera.
- ✓ Tipo de metal y estado superficial.
- ✓ Forma y tamaño de la pieza o instalación.
- ✓ Tipo de recubrimiento a aplicar.
- ✓ Medios técnicos disponibles.
- ✓ Tiempo de duración deseado.

Es aceptado que las fallas de los recubrimientos antes del tiempo de vida útil se debe en un alto porcentaje a deficiencias en la preparación de la superficie, los cuales comprenden los tratamientos físicos y químicos que deben realizarse antes de aplicar la primera capa de pintura sobre la superficie a pintar. Una buena preparación es esencial para su eficaz protección y para su aspecto visual final. (Hassan, 2010; Echeverría, et.al, 2010).

Además se tienen que considerar a la hora de realizarse la preparación algunos aspectos como el tipo de metal, el estado superficial, el tamaño del objeto, los costos de operación y las condiciones de trabajo, que pueden ser determinantes en la selección de la preparación superficial a desarrollar.

En general todos los métodos de preparación superficial conllevan los siguientes pasos:

- Desengrasado.
- Decapado.
- Se incluyen enjuagues intermedios y finales.
- Se incluye en dependencia de la situación el pasivado y el fosfatado.

Los enjuagues cumplen la función de eliminar los contaminantes sobre la superficie metálica, que son los causantes de la corrosión interfacial.

En todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia (Ruiz y Echeverría, 2010; Hassan, 2010).

Existen diferentes métodos de decapado de la superficie metálica:

Métodos manuales: Son los métodos más rudimentarios donde se emplean piquetas, espátulas y cepillos para eliminar gruesas capas de óxido, requiriendo posteriormente de la utilización de otros métodos manuales mecanizados o químicos para completar la preparación. Estos métodos como máximo logran una superficie con un grado de preparación St 1.

Métodos manuales-mecanizados: Estos métodos están basados en el empleo de cepillos de alambre con taladros, lijas y discos abrasivos, los que tienen un mayor rendimiento que los manuales pero no logran una superficie bien preparada para recibir posteriormente el recubrimiento. Es necesario completar la preparación con otros métodos.

Métodos por proyección de partículas y agua: Estos métodos, que están basado en el chorreado de partículas a presión, entre las cuales se encuentra la arena, granallas de acero y de otros metales, aserrín o sales, así como agua a presión, son mucho más efectivos que los anteriores, tienen un mayor rendimiento por hora-hombre y producen acabados de la superficie que cumplen con los requerimientos de las normas internacionales.

Método químico (fosfatación): La formación de películas fosfóricas consiste en tratar las piezas con una solución compuesta por ácido fosfórico y algunas de sus sales, de la que precipita una fina película cristalina compuesta por fosfatos metálicos que quedan perfectamente adheridos al metal base y posee un elevado poder protector, el cual puede ser incrementado mediante tratamientos complementarios. (Hassan, 2010; Echeverría, et.al, 2010).

### 1.5.5 Protección anticorrosiva con pinturas.

La aplicación de pinturas es un método de protección muy utilizado. En los últimos dos decenios se han producido cambios sustanciales en la composición de los sistemas de pinturas. En los últimos dos decenios se han producido cambios sustanciales en la composición de los sistemas de pinturas. Al respecto (Almeida, et.al, 2006), destaca que a finales de los años 80 estaban disponibles excelentes formulaciones de pinturas. Sin embargo, la necesidad de la protección ambiental mundial y la protección de la salud humana, condujo a la completa prohibición de muchas de esas tradicionales formulaciones de pinturas, debido a que incluían productos tóxicos y/o carcinogénicos en su composición. Por tanto, los años 90 vieron un cambio radical en la dirección de las tecnologías de pinturas, lo que hizo necesario reformular la mayoría de estas, apareciendo las pinturas ecológicas.

La protección por recubrimientos es uno de los métodos más ampliamente utilizados, destacándose entre ellos las pinturas, por las ventajas que representa tanto desde el punto de vista económico, como de su facilidad de aplicación, versatilidad de empleo y propiedades protectoras en sustratos y ambientes muy diversos. (Hassan, 2010)

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. (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 que posibilitarán que se obtenga el espesor deseado (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 ISO 12944 - 5: 2007 ofrece varios esquemas de pinturas en función de la agresividad corrosiva del medio, cada uno de los cuales define el grado de preparación superficial, tipo de pintura, número de capas, espesor y durabilidad. La durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como: tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del sustrato antes de la preparación, la efectividad de la preparación de superficie, la calidad de la aplicación y las condiciones de exposición antes y durante la aplicación.

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

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

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

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

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

Sin embargo los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, por limitaciones propias y ante

la presencia de problemas de diseño anticorrosivo, se emplea otros sistemas protectores como una protección adicional, estos son: recubrimientos fosfáticos, materiales compuestos de matriz asfáltica, grasas de conservación y cera abrillantadora e impermeabilizante. (López, et.al, 2013)

La totalidad de los productos que hoy se emplean con estos fines son de importación, exceptuando los de la línea DISTIN que comienzan a comercializarse a través de la prestación del servicio de conservación del transporte en explotación.

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 cañones sí es factible emplear este tipo de recubrimiento, aunque conservando su color original.

#### **1.5.6 Protección anticorrosiva y conservación adicional.**

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

##### **1.5.6.1 Materiales compuestos de matriz asfáltica.**

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

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

El DISTIN 404 L ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc. la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraña para la protección inferior y exterior de los automóviles, contenedores y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana. El Mástique asfáltico DISTIN 404 está especialmente preparado para usarlo en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de la aplicación específica que se requiera.

#### **1.5.6.2 Grasas de conservación.**

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Un ejemplo de ello es su duración por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas. Estos resultados no se han reportado por otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo (Echeverría, C.A. et al. 2008).

Estas grasas presentan alta resistencia al agua, medios salinos, la no afectación a los recubrimientos de pintura y la formación de una capa protectora que se endurece con el tiempo por curado y no se cuarteo ni chorrea, resistiendo temperaturas superiores a 80° C sobre la superficie metálica (Echeverría, C.A. et al. 2010).

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos en general,

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

#### **1.5.6.3 Cera abrillantadora e impermeabilizante.**

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

#### **1.5.6.4 Disolución de Fosfatado.**

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

La disolución de fosfatado no decapante DISTIN 505 para la preparación rápida de superficies metálicas no oxidadas, logrando los mismos efectos que la anterior. Ambos productos garantizan la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

## **Conclusiones parciales del capítulo.**

1. La corrosión está presente en la mayoría de los ambientes a los cuales están expuestos los materiales, incluidos los del armamento y objetos que forman parte del patrimonio.
2. Existe carencia de productos para la conservación del patrimonio tangible, que se deteriora mayormente por la corrosión atmosférica, lo que hace necesario la búsqueda de soluciones con productos nacionales tal como se plantea en los lineamientos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.
3. Un Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC) puede ofrecer las soluciones necesarias a los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión a partir de productos nacionales para el patrimonio tangible.

## **Capítulo II. Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en el armamento y objetos metálicos del museo “La Ruta del Esclavo”.**

### **2.1 Identificación del problema.**

#### **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.

El armamento y los objetos metálicos expuestos en las sala de esclavitud del museo “La Ruta del Esclavo”, a los cuales se le realiza un estudio en este trabajo, presentan varios problemas de diseño anticorrosivo que se muestran en las figuras del Anexo 2 tales como los resquicios, accesibilidad, imperfecciones en la superficie de las soldaduras, componentes huecos, zonas de retención de humedad, depósitos y agua, bordes, prevención de la corrosión galvánica (par metálico), problemas de preparación superficial y ausencia de recubrimientos.

La estructura del armamento y los objetos metálicos está compuesta por fundición, acero al carbono, bronce, madera y conchas de hueso.

El **acero al carbono** es el material por excelencia para la construcción de estructuras metálicas. El término acero sirve comúnmente para denominar, en ingeniería metalúrgica, a una mezcla de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03 % y el 2,14 % en masa de su composición, dependiendo del

grado. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,14 % se producen fundiciones que, en oposición al acero, son mucho más frágiles y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas. La composición química de los aceros al carbono es compleja, además del hierro y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación otros elementos necesarios para su producción, tales como silicio y manganeso, y hay otros que se consideran impurezas por la dificultad de excluirlos totalmente -azufre, fósforo, oxígeno e hidrógeno. El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad. No se debe confundir el acero con el hierro, que es un metal duro y relativamente dúctil. La diferencia principal entre el hierro y el acero se halla en el porcentaje del carbono: el acero es hierro con un porcentaje de carbono de entre el 0,03 % y el 1,075 %, a partir de este porcentaje se consideran otras aleaciones con hierro.

Las **fundiciones** están presentes también en estas piezas de museo. Se denomina fundición al proceso de fabricar objetos con metales fundidos mediante moldes, que suele ser la etapa siguiente a la fundición extractiva. La fundición es un proceso que implica más que la simple fusión del metal para extraerlo de la mena. La mayoría de las menas minerales son compuestos en los que el metal está combinado con el oxígeno (en los óxidos), el azufre (en los sulfuros) o el carbono y el oxígeno (en los carbonatos), entre otros. Para obtener el metal en su forma elemental se debe producir una reacción química de reducción que descomponga estos compuestos. Por ello en la fundición se requiere el uso de sustancias reductoras que al reaccionar con los elementos metálicos oxidados los transformen en sus formas metálicas.

El **bronce** se encuentra en los remaches del mango del cuchillo. Se denomina así a toda aleación metálica de cobre y estaño, además de otros metales (exceptuando el zinc que da lugar al latón), en la que el primero constituye su base y el segundo aparece en una proporción del 3 al 20 %.

El bronce fue la primera aleación de importancia obtenida por el hombre y da su nombre al período prehistórico conocido como Edad del Bronce. Durante milenios fue la aleación básica para la fabricación de armas y utensilios, y orfebres de todas las épocas lo han utilizado en joyería, medallas y escultura.

Cabe destacar entre sus aplicaciones actuales su uso en partes mecánicas resistentes al roce y a la corrosión, en instrumentos musicales de buena calidad como campanas, gongs, platillos de acompañamiento, saxofones, y en la fabricación de cuerdas de pianos, arpas y guitarras.

Exceptuando al acero, las aleaciones de bronce son superiores a las de hierro en casi todas las aplicaciones. Por su elevado calor específico, el mayor de todos los sólidos, se emplea en aplicaciones de transferencia del calor.

La **madera** es un material ortótropo, con distinta elasticidad según la dirección de deformación, encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Las características de la madera varían según la especie del árbol origen e incluso dentro de la misma especie por las condiciones del lugar de crecimiento. Aun así hay algunas características cualitativas comunes a casi todas las maderas. Tiene un comportamiento higroscópico, pudiendo absorber humedad, tanto del ambiente como en caso de inmersión en agua, si bien de forma y en cantidades distintas. La polaridad de la madera le hace afín con otros productos polares como agua, barnices, pegamentos con base de agua, etc. En composición media se constituye de un 50 % de carbono (C), un 42 % de oxígeno (O), un 6 % de hidrógeno (H) y el 2 % restante de nitrógeno (N) y otros elementos.

Los componentes principales de la madera son la celulosa, un polisacárido que constituye alrededor de la mitad del material total, la lignina (aproximadamente un 25 %), que es un polímero resultante de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos y que proporciona dureza y protección, y la hemicelulosa (alrededor de un 25 %) cuya función es actuar como unión de las fibras. Existen otros componentes minoritarios como resinas, ceras, grasas y otras sustancias.

Una **concha** es la cobertura dura, rígida y exterior que poseen ciertos animales. Solo se consideran conchas a los exoesqueletos de los moluscos. Las conchas o caparazón, les sirve a los animales invertebrados (moluscos), como elemento defensivo para protegerse de las agresiones externas, y como punto de anclaje para sus músculos y órganos. Es decir, para la protección y el soporte anatómico. Tiene tres capas nácar o endostraco, mesostraco y periostraco aunque alguna de ellas puede desaparecer en ciertos grupos de moluscos. Las conchas son muy duraderas y permanecen mucho más tiempo que los animales de cuerpo blando que las producen. En lugares donde se acumulan grandes cantidades de conchas se forman sedimentos que pueden convertirse por compresión en caliza.

### **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 2009 (Anexo 1), por estar ubicado el museo “La Ruta del Esclavo” a una distancia de 300 m aproximadamente del mar (Fig.2.1), la misma se puede clasificar como extrema (C5).



Fig. 2.1 Vista del museo hacia la bahía de Matanzas.

También al encontrarse cercano a la zona industrial esta debe ser más agresiva y se puede clasificar como atmósfera marina- industrial según el criterio de (Feliú, 1971). El armamento que se encuentra a la intemperie está totalmente expuesto a estas condiciones de extrema agresividad. (Fig. 2.2)



Fig. 2.2 Armamento (cañón) expuesto a la intemperie en el museo “La Ruta del Esclavo”.

Sin embargo, los objetos metálicos que se encuentran en vitrinas en las salas (Figs. 2.3 y 2.4), pueden estar bajo una atmósfera de muy alta agresividad corrosiva, ya que al existir apantallamiento, el efecto del aerosol marino y los gases industriales se reduce.



Fig. 2.3 Objetos metálicos en vitrinas, sin conservar, en el museo “La Ruta del Esclavo”.



Fig. 2.4 Objetos metálicos sin protección anticorrosiva, en vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo”.

Atendiendo a la norma UNE –EN ISO 12944-2:2007, por estar en una zona costera se puede considerar de muy alta agresividad corrosiva (C5M) y por la influencia de los gases por estar enclavado el museo en la zona industrial de Matanzas, también es considerada de muy alta agresividad corrosiva (C5I). En realidad, hay una atmósfera mixta, donde predomina la contaminación marina.

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

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

En el museo “La Ruta del Esclavo”, los materiales no presentan, en sentido general ningún tipo de conservación. Sus superficies aparecen desnudas y desprotegidas, con evidencia de los efectos del medio sobre ellos. No cuentan con productos para llevar a cabo la tarea de conservación y el personal encargado necesita preparación. Se desconocen las normas que rigen los procesos de protección anticorrosiva y conservación.

### **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.

El museo “La Ruta del Esclavo” de Matanzas, fue terminado como fortaleza militar en la década del cuarenta del siglo XVIII. Aproximadamente desde esa época, los cañones en estudio, fueron instalados en ella. No se tienen datos de la conservación que se les aplicaba. En la actualidad, dos presentan recubrimiento,

aunque dañado. No se tienen datos de qué normas se siguieron para hacer esta conservación. El resto de los cañones están en avanzado estado de deterioro.

Las objetos metálicos de las vitrinas, fueron encontradas en excavaciones arqueológicas. Se fueron llevando al castillo a partir del año 2002, cuando abre sus puertas al pueblo convertido en un museo. La sala de esclavitud es creada en el 2007. En ella se exponen los objetos metálicas de vitrina que se estudian en este trabajo. El museo tiene 13 años de servicio y la sala de esclavitud 8 años.

Las piezas metálicas de las vitrinas, fueron intervenidas con métodos de conservación inapropiados, años atrás, lo que aceleró su deterioro.

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

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

Se tomaron imágenes digitales de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión en el armamento y las piezas metálicas expuestas en las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo” las cuales se pueden observar en el Anexo 2, con una cámara Casio y un teléfono celular Samsung. En el trabajo participaron especialistas en la temática de corrosión y conservación del Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas y la especialista en conservación del museo.

## **2.2 Análisis del problema. Propuesta de soluciones.**

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

Se basa en identificar el tipo de corrosión y con ello las causas que la originan, en algunos casos es necesario auxiliarse de medios de observación para poder

identificarla, entre ellas el microscopio estereoscópico, metalográfico, mediciones ultrasónicas, rayos X, microscopía electrónica de barrido (MEB) y otros ensayos especiales esto implica conocer las características de los diferentes tipos de corrosión que pueden presentarse en las condiciones de problema dado. Por ello hay que considerar en este aspecto todos los posibles tipos que puedan estar presentes y considerar además la posibilidad de acción combinada de efectos físicos y químicos que influyen en la corrosión.

Se precisa tener en cuenta los daños físicos y químicos que afectan por corrosión, precisando los tipos de corrosión más comunes, descripción detallada de los mecanismos y los factores que influyen; así como, los daños biológicos y/o biodeterioros, precisando también los tipos y factores que influyen. Cada uno debe ser analizado profundamente considerando todos los elementos.

En las figuras del Anexo 2 se muestran los problemas de corrosión causados por los diferentes problemas de diseño anticorrosivo frente a la agresividad atmosférica reinante en el ambiente del museo.

Los principales tipos de corrosión que se encuentran en los cañones son la corrosión picadura, la corrosión electroquímica atmosférica generalizada o 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%.

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.

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 los cañones y por los problemas de diseño anticorrosivo mencionados en los puntos anteriores.

Por problemas de preparación superficial, se observa la **corrosión interfacial** en el armamento (cañones), 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.

Mientras que en los objetos metálicos presentes en las vitrinas los principales tipos de corrosión predominantes son la corrosión electroquímica atmosférica

generalizada y la corrosión por par metálico provocadas por el uso incorrecto de productos anticorrosivos y por la ausencia de los mismos en las piezas.

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.

### **2.2.2 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico – económicas y sociales.**

Incluye evaluaciones realizadas de la magnitud de daño con datos técnicos y económicos; aplicación de métodos no destructivos para evaluar el daño causado; ensayos para determinar la magnitud de la velocidad de corrosión y evaluaciones realizadas. Resultados de evaluaciones o fundamentación de los ensayos.

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

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

Las pérdidas que ocasiona la corrosión en el armamento y las piezas del museo son mayormente de tipo social, ya que las piezas que atesora esta institución ya han cumplido bastante su vida útil, aunque sí tienen valor histórico-patrimonial por su significado e importancia en hechos, etapas de la colonia y el desarrollo de la esclavitud en Cuba y el continente americano.

## 2.3 Análisis de los resultados obtenidos del diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y la corrosión.

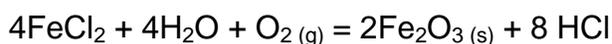
### 2.3.1 Análisis de los resultados de la caracterización ambiental.

La atmósfera en la que están expuestos el armamento (cañones) y los objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”, es de agresividad corrosiva extrema, con una combinación de contaminación marina con industrial, donde el aerosol marino es el contaminante que mayor influencia tiene en la agresividad atmosférica, ya que los cloruros y sulfatos presentes en él, desarrollan ciclos de formación de herrumbre, según el mecanismo que se muestra a continuación:

Ciclo de formación de herrumbre por cloruros:

El cloruro se deposita sobre la superficie metálica, formando con el acero cloruro de hierro  $\text{FeCl}_2$ .

El cloruro de hierro (II) en presencia del oxígeno del aire y la humedad interviene en la siguiente reacción:



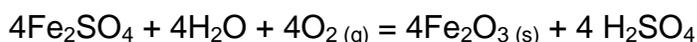
Como se observa se forma óxido férrico que precipita sobre la superficie metálica y forma la herrumbre y se origina ácido clorhídrico.

El ácido clorhídrico ataca el metal y forma nuevamente cloruro de hierro (II).  $2\text{HCl} + \text{Fe} = \text{H}_2(\text{g}) + \text{FeCl}_2$

El ciclo de formación de herrumbre por sulfatos es idéntico al ciclo por cloruros y tiene los siguientes pasos:

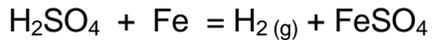
El sulfato se deposita sobre la superficie metálica, formando con el acero sulfato de hierro  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ .

El sulfato de hierro (II) en presencia del oxígeno del aire y la humedad interviene en la siguiente reacción:



Como se observa se forma óxido férrico que precipita sobre la superficie metálica y forma la herrumbre y se origina ácido sulfúrico.

El ácido sulfúrico ataca el metal y forma nuevamente cloruro de hierro (II).



Es importante observar que el ataque fundamental sobre el metal se debe a la acción del ácido, por lo cual se incrementa apreciablemente la velocidad de corrosión.

Como se repite el ciclo, basta con un solo ión cloruro o ión sulfato para que se desencadene el proceso corrosivo.

Además de estos mecanismos se desarrollan otros por contaminantes gaseosos provenientes de la zona industrial y de las vías de transporte aledañas al museo. Sin embargo, estas contaminaciones dependen de diversos factores que las hacen menos estables que la provocada por el aerosol marino, cuyo carácter estacional lo hace más incidente en el invierno que en el verano. Esto se debe a que en el período de las entradas de los frentes fríos por la costa norte, hay mayor arrastre de este contaminante desde el mar hacia la tierra. En las zonas costeras del litoral norte, donde se encuentra ubicado este museo, es donde se alcanzan los mayores niveles de deposición de cloruros y sulfatos en Cuba y como consecuencia, se alcanzan los mayores niveles de corrosión. El deterioro de los materiales que conforman las piezas del museo, así lo corroboran.

### **2.3.2 Análisis de los resultados de la caracterización de los materiales que componen los objetos metálicos y el armamento en estudio del museo.**

De los materiales que componen el armamento (cañones) y los objetos en el museo, los de mayor interés desde el punto de vista práctico para la protección anticorrosiva y la conservación, son el acero al carbono y las fundiciones. Estos son materiales de baja resistencia a la corrosión. El acero al carbono estructural, del cual se componen las bases de tres cañones y casi toda la estructura de los objetos estudiados expuestos en las vitrinas, es el de menor resistencia a la corrosión. Este acero hipoeutectoide, presenta en su microestructura la fase ferrita+perlita, su contenido de carbono es relativamente bajo y su contenido de

hierro es más alto que el de las fundiciones. Estas características de su composición lo hacen más inestable frente a los agentes corrosivos de la atmósfera como el oxígeno y los iones cloruro y sulfato, aunque eventual y puntualmente pueden aparecer otros contaminantes por contaminaciones adicionales.

Las fundiciones tienen mayor contenido de carbono y en su microestructura presenta las fases ferrita+ cementita. El alto contenido de carbono aumenta su dureza, por lo que no pueden ser sometidas a conformado y las piezas se obtienen en moldes. Es más resistente que el acero a la corrosión, pero aun así, también sufre daños por deterioro ante este fenómeno.

Por otra parte, la madera contribuye a la corrosión del acero y la fundición cuando se acoplan estructuras de estos materiales porque al ser higroscópica adsorbe humedad y aporta electrolito al mecanismo de corrosión, pero también, en ella pueden desarrollarse microorganismos, cuyas materias metabólicas pueden desarrollar la corrosión microbológica.

El bronce se patina y es más estable que el acero. Al estar en contacto con él, como en la empuñadura del cuchillo expuesto en vitrina, causa corrosión galvánica por par metálico, donde el acero de la hoja se corroe.

La concha no reacciona con el metal acero, pero sí crea resquicios donde la corrosión se desarrolla en presencia de humedad y contaminantes.

### **2.3.3 Análisis de los diferentes problemas de diseño anticorrosivo presentes en el armamento y los objetos metálicos del museo.**

Dentro de los problemas de diseño anticorrosivo se destacan los resquicios, sobre todo en los cañones, por el acople de partes metálicas en su estructura. También puede observarse entre la madera del mango del cuchillo y el acero de la hoja, los pernos en los cañones y la cubierta de concha de la navaja con la hoja de acero. En estas zonas, la acumulación de humedad, aún en partículas microscópicas; así

como de los contaminantes, es todo lo que se necesita para desencadenar el proceso corrosivo, que frecuentemente comienza por una pequeña celda.

El problema de accesibilidad se presenta en la parte inferior de los cañones, que por su alto peso, no pueden ser levantados para ser conservados en esta zona, hacia donde escurren la humedad, los contaminantes y los productos de corrosión, desarrollándose puntos (celdas) donde el fenómeno causa deterioro.

Las imperfecciones en la superficie de la soldadura aparecen en el cuerpo de los cañones, dejando ver claramente los resquicios que se forman, donde se acumulan humedad, contaminantes y productos de corrosión. Se observa en algunos lugares, que la fundición se desprende en forma de cascarilla.

Los cañones como tal, conforman un componente hueco, donde se acumulan la humedad y los contaminantes, pero además, se deposita basura y materias que contribuyen a crear depósitos debajo de los cuales el proceso corrosivo causa un grave deterioro. En estas zonas existe un desprendimiento abundante de óxido en forma de cascarilla que también crea depósitos.

Las zonas de retención de humedad, depósitos y agua, se presentan en las bases y en el interior de los cañones. La gran cantidad de productos de corrosión, arena, piedras, materia vegetal, entre otras, son depósitos que retienen la humedad y los contaminantes creando las condiciones para que ocurra la corrosión.

Los bordes irregulares se observan en el cuchillo, el machete y los cañones. En las irregularidades de estos se observa el material deteriorado y que le faltan porciones del material. Esto es evidencia del efecto de la corrosión.

El problema de la prevención galvánica por par metálico se presenta en el cuchillo, donde se ponen en contacto los remaches de bronce, con el acero del cuchillo y en los acoples de la fundición del cañón con el acero del soporte. En todos estos casos el acero se deteriora por ser el metal más activo, por lo que cede sus electrones y se oxida.

Además de todos estos problemas, la preparación superficial deficiente causa corrosión, como es evidente en las ruedas de uno de los cañones y en el soporte de otro que son los que están recubiertos con pintura. Se observan puntos de corrosión y desprendimiento del recubrimiento por causa de la corrosión interfacial.

#### **2.3.4 Análisis de los problemas de corrosión presentes en el armamento y los objetos metálicos del museo.**

La corrosión electroquímica atmosférica es la que se presenta en esta instalación, porque están creadas las condiciones de humedad y temperatura, que en presencia del oxígeno y el resto de los contaminantes donde el cloruro y el sulfato ejercen una gran influencia. La atmósfera por su contenido alto en aerosol marino y la alta humedad es muy propicia para que ocurra este tipo de corrosión, por mecanismos húmedo la mayor parte del día, ya que la temperatura influye en que haya menos condensación, de la misma forma que en las madrugadas ocurre el mecanismo de corrosión atmosférica mojada, en aquellas estructuras que están a la intemperie, como es el caso de los cañones.

Debido a los problemas de diseño anticorrosivo esta corrosión adquiere otra clasificación, de acuerdo con el problema que la ocasiona. Así, la corrosión en resquicios tiene lugar en los orificios, intersticios o resquicios que se presentan en los cañones fundamentalmente, pero también en el cuchillo y la navaja. En estos lugares la corrosión no ocurre de forma uniforme sino localizada, se forman celdas de aireación diferencial, por la deposición de sales, polvo y materias, debajo de las cuales se crean ánodos por menor concentración de oxígeno y en los alrededores cátodos, que cuanto mayor sea este último, más intenso será el ataque corrosivo. Lo mismo ocurre en las zonas de acumulación de depósito y humedad, donde aparece también este tipo de corrosión, que es galvánica, pero diferente a la galvánica por par metálico, que está presente en el cañón (unión: fundición-acero) y en el cuchillo (unión: bronce-acero). En ambos casos el acero actúa como ánodo, por ser más activo y cede sus electrones oxidándose. El resultado en todos los casos es la pérdida del material por el deterioro.

Los cañones están muy deteriorados y hay casos en los que se observan solo restos de recubrimiento. Pero en aquellos que están pintados, es evidente la corrosión que se presenta en forma de puntos dispersos por la superficie sobre la pintura o desprendimiento del recubrimiento, debajo del cual aparece una superficie oxidada. Esto se debe a la mala preparación superficial que permite la presencia de contaminantes bajo la interface acero-pintura o la penetración de ellos junto con la humedad desde el exterior hasta la superficie metálica, por envejecimiento del recubrimiento, lo cual provoca porosidad.

Los factores que influyen en la corrosión en esta zona, son el viento que traslada a los contaminantes, fundamentalmente del mar hacia la tierra, incrementando su concentración en el ambiente, lo que hace más intenso el proceso corrosivo. La humedad, porque provee la capa electrolítica y da lugar al mecanismo de corrosión atmosférica húmeda o mojada. La temperatura, puede actuar como catalizador de la corrosión, pero en las horas en que seca la superficie, la detiene. Las horas de humectación, tiempo en que permanece la superficie mojada o húmeda también influye. En nuestro país es de gran influencia, pues la mayor parte del tiempo la superficie se humedece y ocurre la corrosión. Además, el polvo que se deposita sobre todo en las superficies de los cañones, es el vehículo apropiado para contaminantes y humedad, dando lugar a diversos mecanismos de corrosión. Las precipitaciones, pueden lavar estas superficies y disminuir el proceso corrosivo; pero también aumentan la humedad y favorecen la corrosión.

## **Conclusiones parciales del capítulo.**

1. El ambiente donde está ubicado el museo es de extrema agresividad corrosiva, predominando la contaminación por aerosol marino, aunque existen otras contaminaciones de fuentes antropogénicas. Se clasifica para la selección del recubrimiento como C5M-C5I.
2. Los materiales de mayor interés para la conservación en el estudio realizado en este museo son el acero al carbono y la fundición, por ser de baja resistencia a la corrosión.
3. Tanto el armamento como los objetos metálicos estudiados en este museo, presentan problemas de diseño anticorrosivo que potencian el desarrollo de la corrosión.
4. La corrosión electroquímica atmosférica es la que se desarrolla en este museo, aunque también tiene otras denominaciones en dependencia del problema que la genera.
5. Existen varios factores atmosféricos que influyen en la corrosión en esta instalación donde el viento, la humedad y los contaminantes juegan un papel fundamental.

## **Capítulo III. Soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en el armamento y objetos metálicos del museo “La Ruta del Esclavo”.**

En este capítulo se aborda lo referente a las soluciones de los problemas de diseño anticorrosivo y los tipos de corrosión empleados en la propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) y la valoración económica e impacto social de las propuestas de soluciones.

### **3.1 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.

Para poner un ejemplo, citaremos el problema de la contaminación ambiental, la cual puede ser eliminada con la aplicación de medidas y no precisamente con la aplicación de métodos de protección, ya que la solución resultaría en la mayoría de los casos mucho más costosa.

Medidas que deben aplicarse a corto, mediano y largo plazo. Incluye acondicionamiento, rehabilitación, así como las derivadas de la disminución o eliminación de la contaminación.

Otras medidas que normalmente no se consideran métodos de conservación y/o protección. Ubicación de las instalaciones, apantallamiento con vegetación, etc.

Para lograr una protección anticorrosiva y de conservación adecuada se pueden poner en práctica medidas tales como:

- Limpieza periódica de vitrinas y objetos contenidos en ellas y lavado de los cañones.

- Ventilar las vitrinas y las salas de manera tal que se evite o se minimice la contaminación por microorganismo evitando así el desarrollo de la corrosión microbiológica.
- Aplicar métodos de protección anticorrosiva con recubrimientos sin dañar la estética y el valor patrimonial de la pieza.
- Solucionar problemas de diseño anticorrosivo sin modificar el diseño original de la pieza.

### **3.2 Métodos de protección que pueden aplicarse.**

Se aplican una vez analizadas todas las medidas que puedan proponerse, ya que económicamente, la aplicación de métodos motiva un incremento de los costos.

Los métodos de protección se seleccionan en base a las características del sistema y se fundamentan convenientemente.

Hay que tener en cuenta que dentro de los métodos de protección contra la corrosión, se incluye el diseño y la operación adecuada.

- Métodos de protección contra el deterioro por corrosión.
- Métodos de protección contra el biodeterioro. Métodos de conservación.
- Métodos de diseño para la protección y conservación.
- Protección por operaciones adecuadas durante los procesos.

Uno de los métodos de protección más ampliamente difundidos es la aplicación de recubrimientos de pinturas. Al respecto la Norma ISO 12944 establece todos los aspectos a tener en cuenta en la elaboración, ejecución y control de un proyecto de pintura en la ISO 12944 – 8: 1998, precisa las especificaciones del proyecto, del sistema de pintura, de los trabajos de pintado y de inspección y ensayo, tal cual se tiene que proceder al ejecutar cualquier proyecto de protección anticorrosivo.

Cuando se realiza un diagnóstico de un equipo o instalación, se tiene que tener en cuenta que todos los elementos que integran la misma, el ambiente que la rodea, el proceso que tiene lugar y los hombres que la operan, son

elementos del sistema. Por tanto todos intervienen en la protección anticorrosiva y conservación de la misma.

Para el caso de los objetos expuestos en las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo”, se pueden aplicar recubrimientos protectores con ceras abrillantadoras para no afectar la estética de la pieza y solucionando problemas de diseño anticorrosivo fundamentalmente resquicios y par metálico.

El armamento (cañones) por su parte, requiere que se le aplique pinturas anticorrosivas y que se resuelvan los problemas de diseño anticorrosivo, cuidando de no dañar su valor patrimonial.

Es necesario elaborar el SIPAYC para los objetos metálicos y el armamento del museo.

### **3.3 Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC).**

El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre otras líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), que abarca componentes, piezas, equipos y estructuras, de acuerdo con una metodología desarrollada que se reporta en (Echeverria, C.A. et al. 2010).

Para la aplicación de las soluciones propuestas por el SIPAYC, se desarrollan tres etapas fundamentales:

En la primera etapa se le da solución a los problemas de diseño anticorrosivo de forma manual o manual mecanizada, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como las electro-esmeriladoras o los cepillos de alambre con taladro. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar.

Después viene una etapa intermedia en la cual se realiza la limpieza superficial y la aplicación de recubrimientos.

Finalmente una segunda etapa donde se le dan soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo que necesitan de productos anticorrosivos y conservación diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada pieza objeto de estudio.

### **3.3.1 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en el armamento.**

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

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

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

Los diferentes métodos que existen para una preparación superficial son:

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

- ✓ Método por chorro abrasivo seco y húmedo: Es el chorreado de partículas a presión como arena, granallas, sales, así como agua alcanzando grados Sa3, Sa2 1/2, para usar preferentemente en mantenimientos capitales.

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

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

Algunos pasos fundamentales para la preparación previa son:

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

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

En el método manual mecanizado se utilizan cepillos de alambre con taladros, electro-esmeriladora, lijas y discos abrasivos, luego se limpian las superficies con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio, para adquirir un suave brillo metálico. Estos métodos tienen un mayor rendimiento que los manuales pero aun no logran una superficie bien preparada para la aplicación del recubrimiento. Por lo que después es necesario aplicar un método químico como la Disolución de Fosfato Decapante DISTIN 504 dependiendo del estado inicial de la superficie y del resultado deseado, con lo cual se logra un acabado similar al Sa 21/2 que es el requerido por las normas, además de poseer una superficie con una protección.

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

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

### **3.3.2 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.**

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

- ✓ **Accesibilidad:** Este problema se puede resolver convirtiendo el área inaccesible en otro problema de diseño anticorrosivo con mejores condiciones para la conservación como lo son las áreas cerradas y los componentes huecos. En el caso de las áreas cerradas deben estar previstos de agujeros de acceso y drenaje. En ambos casos se le aplican algún tipo de grasa anticorrosiva y se cierran de tal manera que no exista la entrada de los diferentes contaminantes.
- ✓ **Tratamiento de orificios:** Los orificios que surgen entre piezas que no se pueden separar se le aplican grasas de conservación líquidas y posteriormente debe ser sellado con algún tipo de masilla. En el caso de poder separar las partes, se le aplica algún tipo de masilla anticorrosiva que selle todo el orificio.
- ✓ **Prevención de la corrosión galvánica:** Para prevenir este tipo de problema hay que lograr separar las partes de los materiales de diferentes potenciales mediante algunas juntas con masillas anticorrosivas que eliminen los orificios. En el caso de no poder separar las partes se deben reforzar los esquemas de pinturas sobre los diferentes materiales.
- ✓ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:** Una de las soluciones es la de favorecer una superficie inclinada que impida la retención de los diferentes contaminantes mediante la aplicación de alguna masilla anticorrosiva. La otra solución es la de practicar algún tipo de agujero que permita el drenaje de los contaminantes que se puedan depositar y otra

solución puede ser la de inclinar la superficie metálica.

- ✓ **Bordes:** Los bordes deben ser redondeados mediante la aplicación de algún método mecánico.
- ✓ **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras:** Las soldaduras deben estar lo más lisas posibles para evitar la deposición de los contaminantes y para ello se aplica algún método mecánico. Si las soldaduras no son continuas se recomienda la aplicación de alguna grasa de conservación líquida en los orificios y posteriormente se debe aplicar la soldadura continua.
- ✓ **Conexiones con pernos:** Los pernos deben ser preparados superficialmente, se le debe aplicar algún recubrimiento de pintura anticorrosiva con el esquema de pintura recomendado para la zona donde se encuentre y posteriormente se aplica algún producto anticorrosivo que pueda eliminar los orificios que surgen entre ellos y las partes que serán unidas.
- ✓ **Áreas cerradas y componentes huecos:** Estos problemas a pesar de ser los que menos sufren la corrosión, se les debe aplicar alguna grasa anticorrosiva líquida. Para ellos hay que realizarle dos orificios tecnológicos, uno de acceso y otro de drenaje. Posteriormente se sellan.

### 3.3.3 Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.

Para seleccionar el sistema de pintura anticorrosiva más idóneo para el armamento (cañones) del museo, se toma el grado de agresividad corrosiva de la atmósfera, que en este caso se definió por la norma UNE-EN ISO 12944-2 como C5M y C5I. Con este y con la durabilidad que se desea, 2-5 años (baja) o 5-15 años (media), se selecciona en la tabla correspondiente, según la norma UNE-EN ISO 12944-5, el sistema recomendado para nuestras especificaciones. La durabilidad va a depender del comportamiento del sistema protector en el tiempo. Para este caso el sistema es el S5.06, el grado de limpieza de la superficie recomendado es similar a Sa 2<sub>1/2</sub>, el ligante es poliuretano, el tipo de imprimación es enriquecida en zinc, con 1 capa de 40 µm, el acabado es poliuretano, con 3-4 capas de 280 µm, para un total de 4-5 capas de 320 µm de espesor.

Una vez seleccionado el sistema o esquema de pinturas, se escogen los productos con los que se va a realizar el trabajo, en el catálogo HEMPEL. En este caso el primario es HEMPADUR PRIMER 15300 y para el intermedio y acabado es HEMPEL'S POLYENAMEL 55100.

Si se solucionan todos los problemas de diseño anticorrosivo y se controla el cumplimiento de los requerimientos establecidos por las normas y el catálogo para estas pinturas, la durabilidad del sistema puede superar los cinco años. Entonces, de una durabilidad baja podría llegar a ser media o alta, pues el esquema seleccionado, está sugerido para cumplir esos plazos. No obstante, el SIPAYC se sugiere reponerlo cada cinco años, pero como las piezas de este museo no están en explotación se puede estudiar la posibilidad de que dure más tiempo. Para definirlo es necesario controlar el comportamiento del sistema de pintura aplicado y la conservación con productos DISTIN, anualmente y si supera los cinco años, podrá ser sugerido para durabilidad media en las condiciones de exposición de los cañones en el museo.

Si se logra mayor durabilidad, es una ventaja más en la aplicación del SIPAYC en piezas de museo, pues reduce el número de intervenciones a la pieza y contribuye a preservar su valor patrimonial, además, se reducen los costos de aplicación de este sistema en museos.

#### **3.3.4 Productos que se emplean para la conservación del armamento y objetos metálicos expuestos en el museo.**

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

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

### **3.4 Valoración económica de la aplicación y propuesta del SIPAYC para el armamento y objetos metálicos expuestos en el museo.**

En esta etapa se aplican los documentos normativos establecidos en cuanto a la elaboración de las fichas de costo y su actualización con nuevos documentos que sean emitidos en la etapa actual de cambios en la economía.

Se realiza una valoración económica de la propuesta de conservación del armamento y los objetos metálicos en el museo, aplicando el SIPAYC y se señalan sus ventajas.

Los productos de conservación DISTIN, son desarrollados por el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas. Cada uno de estos presenta características técnicas, definidas en su Ficha Técnica.

En el país se consumen productos similares, procedentes de importaciones, que poseen un valor monetario superior a los productos DISTIN, cuya demanda es mayor que la oferta; además, poseen precios muy competitivos por estar elaborados en un 100% con materias primas nacionales logrando así la sustitución de importaciones.

El precio de los productos ofertados no se rige por la oferta y la demanda aunque sean nuevos, sino por la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios que establece la ficha de costo país de obligatorio cumplimiento. Establece que el margen de ganancia debe ser hasta un 20% por encima de los gastos totales.

El procedimiento de conservación se oferta como un paquete tecnológico que incluye la tecnología en CD, curso de formación del personal, servicio de conservación de la pieza y los productos a utilizar.

Se elaboraron las fichas de costo para la aplicación del SIPAYC a los objetos metálicos de las vitrinas en la sala de esclavitud (ver Anexo 4) y para el armamento

(cuatro cañones) (ver Anexo 5). Se obtuvieron los valores de los diferentes costos en que se incurre para la aplicación del procedimiento de protección anticorrosiva y conservación. Se calculó el costo total que es de 82.6CUP de ellos 25.1CUC para los objetos de las vitrinas de la sala de esclavitud, con un precio de 99,1CUP de ellos 27.6CUC. Para los cañones el precio de los productos necesarios para aplicar el recubrimiento con pintura anticorrosiva, como el área total a pintar es de 30 m<sup>2</sup>, se necesitan 5L de imprimación HEMPADUR PRIMER 15300 a un precio/Litro de (0,22CUP y 0,97CUC) por lo que el costo de esta imprimación es (1,1CUP y 4,85CUC) y 7 L de intermedio y acabado HEMPEL'S POLYENAMEL 55100 a un precio de (0,27CUP y 1,19CUC) por lo que el acabado cuesta (1,89CUP y 8,33CUC), para un costo total de recubrimiento anticorrosivo (pintura) de (2,99CUP y 13,18CUC) a lo que hay que sumarle la mano de obra por la limpieza superficial y la aplicación del recubrimiento.

Para aplicar el SIPAYC, solucionando los problemas de diseño anticorrosivo con los productos DISTIN en los cuatro cañones, se incurre en un costo total de 381CUP de ellos 59CUC. El precio de este servicio es de 419CUP de ellos 64,8CUC.

### **3.5 Impacto social de la conservación del patrimonio en el museo “La Ruta del Esclavo”.**

El estudio del impacto social permite revisar, supervisar y controlar el cumplimiento de las metas sociales a nivel interno y externo. El impacto social se refiere a los resultados finales a nivel de propósito o finalidad de los programas de desarrollo cultural ramal, especial y de gobierno gestionados por las Direcciones Provinciales y/o Municipales de Cultura. Implican un mejoramiento significativo y perdurable o sustentable en el tiempo, de las condiciones, características, comportamientos y actitudes de la población que se plantearon como esenciales en la definición del banco de problemas que dio origen al programa. (MINCULT, 2013).

Según plantea (López et al, 2013) el patrimonio cultural de un pueblo constituye su herencia y encarna su memoria colectiva. Es a su vez el resultado de valores propios y valores aportados por otras culturas. Esa herencia pertenece en primer lugar a la comunidad en cuyo territorio radica, pero también y por extensión a toda la humanidad, es algo que tenemos el deber de transmitir a las generaciones futuras, cuya conservación está vinculada a la identidad cultural de los pueblos y constituye, además, un espacio de conocimiento y reconocimiento mutuo de comprensión y diálogo entre las diferentes culturas y grupos.

Está formado por los bienes culturales que la historia le ha legado a una nación y por aquellos que en el presente se crean y a los que la sociedad les otorga una especial importancia histórica, científica, simbólica o estética.

La tendencia actual es la de entender el Patrimonio Cultural en su sentido más amplio, abarcando todos los signos que documenten las actividades y logros de los seres humanos a lo largo del tiempo.

Los bienes patrimoniales reflejan parte de la historia del desarrollo de una nación y por esa razón es necesario conservarlos, para que llegue a las nuevas generaciones el legado de sus antepasados. En los museos se atesoran muchos de estos bienes, que con el paso del tiempo van sufriendo deterioro, por lo que hay que conservarlos; sobre todo, para evitar la restauración o alargar el período de su ejecución por los gastos que representa y las pérdidas en las propiedades y características originales de la pieza en cuestión.

El VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, aprobó en los Lineamientos Económicos y Sociales del partido el Lineamiento 163 que establece que es necesario “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 “La Ruta del Esclavo” (Castillo de San Severino de Matanzas) es una típica construcción militar renacentista, ejemplo de asimilación del sistema difundido por franceses e italianos en los siglos XVI y XVII. Comenzó a construirse en mayo de 1639 y se culminó la obra en la década del cuarenta del siglo XVIII. En su edificación participaron negros esclavos y operarios bajo el sistema de trabajo asalariado.

A lo largo de la historia el Castillo de San Severino pasó de ser fortaleza militar como plaza permanente abaluartada a prisión en el siglo XIX, siendo testigos sus muros, de disimiles atropellos, representación de las ansias de libertad del pueblo cubano. Los estudios arqueológicos en él, fundamentan su pasado glorioso como vigía del puerto y la Ciudad de Matanzas, y sus tristes años de cárcel y prisión militar. Posee un conjunto de valores arquitectónicos e históricos que lo hacen merecedor de la condición de patrimonio de la humanidad.

En el año 2002, abre sus puertas como museo. A partir de entonces es visitado por delegaciones, embajadores, personas de rango internacional, que han montado exposiciones y han hecho donaciones de piezas representativas de diferentes culturas.

En un encuentro con la dirección del Centro Provincial de Patrimonio Cultural y del Museo Provincial Palacio de Junco, así como a especialistas de conservación, se planteó que la mayor parte de las piezas metálicas del museo, se encontraban en mal estado de conservación, tal y como se observa en las fotos tomadas durante el diagnóstico (Anexo 2), pues están constituidas por metales ferrosos como el hierro, el acero y las fundiciones, presentando suciedad y corrosión. Por ello, el procedimiento aplicado a los objetos de la sala de esclavitud, está considerado como una solución efectiva al problema de la conservación que se presenta en esta institución. El armamento (cañones), requiere de inversiones para implementar el SIPAYC. Sin embargo, ya han sido identificados sus problemas y propuestas las soluciones, que han sido debidamente fundamentadas en este trabajo.

La aplicación del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) a las piezas del museo “La Ruta del Esclavo”, permite alargar la vida útil y conservar el valor patrimonial de estas, que son utilizadas para transmitir la historia a las generaciones que visitan en diferentes épocas esta institución. Mensualmente el museo es visitado por, aproximadamente, 600 personas, lo que equivale a un promedio anual de 7200 personas.

Teniendo en cuenta lo anterior, conservar estas piezas, es de importancia social, ya que las mismas forman parte del patrimonio nacional y de la humanidad. La tarea desarrollada en este trabajo, beneficia desde ese punto de vista a la sociedad, por lo que se considera de impacto.

### **3.6 Análisis de los resultados de las soluciones propuestas y aplicadas a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión del museo.**

Para lograr solucionar el problema del deterioro por corrosión en el armamento (cañones) y los objetos del museo “La Ruta del Esclavo”, se propusieron en primer lugar, una serie de medidas preventivas que deben ser puestas en práctica. Ellas se explican a continuación:

La limpieza periódica de vitrinas y objetos contenidos en ellas y lavado de los cañones, se sugiere para disminuir la concentración de contaminantes, polvo y humedad en las superficies metálicas. De esta manera, se influye directamente en estos elementos que intervienen en el proceso corrosivo y disminuye su efecto.

Ventilar las vitrinas y las salas de manera tal que se evite o se minimice la contaminación por microorganismo evitando así el desarrollo de la corrosión microbiológica. Esta medida es de primordial importancia para evitar el deterioro de las piezas en las vitrinas, pues este es la corrosión que puede jugar un papel más importante en su deterioro.

Aplicar métodos de protección anticorrosiva con recubrimientos sin dañar la estética y el valor patrimonial de la pieza. Se sugiere la aplicación de recubrimientos anticorrosivos, que actúen como barrera entre el metal y el medio corrosivo. Para las piezas de las vitrinas se empleó cera abrillantadora e

impermeabilizante. (Figs. 3.1; 3.2; 3.3; 3.4). Para los cañones se sugiere aplicar pintura anticorrosiva.

Solucionar problemas de diseño anticorrosivo sin modificar el diseño original de la pieza. Esta medida cuando se pone en práctica, es muy efectiva para garantizar la durabilidad del sistema protector, pues se eliminan las zonas por donde puede aparecer primero la corrosión o desarrollarse con más intensidad.

En el caso de los objetos de las vitrinas, el propio recubrimiento de cera es utilizado para resolver los problemas de diseño anticorrosivo que presentan, como son los resquicios, el par metálico y los bordes. (Figs.3.1; 3.2; 3.3; 3.4).



**Fig. 3.1 Objetos metálicos (bisagras y otros) de las vitrinas de la sala de esclavitud, conservados con el SIPAYC.**



Fig. 3.2 Objetos metálicos (grilletes) de las vitrinas de la sala de esclavitud, conservados con el SIPAYC.



Fig. 3.3 Objetos metálicos (machete, cuchillo, navaja y aguja) de las vitrinas de la sala de esclavitud, conservados con el SIPAYC.



**Fig. 3.4 Objetos metálicos (candados, bridas y otros) de las vitrinas de la sala de esclavitud, conservados con el SIPAYC.**

Luego de las medidas preventivas, el SIPAYC propone y le da solución a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en el armamento y en los objetos del museo, respectivamente. Para implementarlo, se desarrollan tres etapas fundamentales:

En la primera etapa se le da solución a los problemas de diseño anticorrosivo de forma manual o manual mecanizada, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como las electro-esmeriladoras o los cepillos de alambre con taladro. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar. En el caso de los objetos de las vitrinas, esta etapa no se puede efectuar, pues su estado no lo permite. Además, se dañaría su valor patrimonial. Para los cañones, se debe consultar y realizar esta labor con un especialista en patrimonio y museología, para no dañar el valor patrimonial de la pieza.

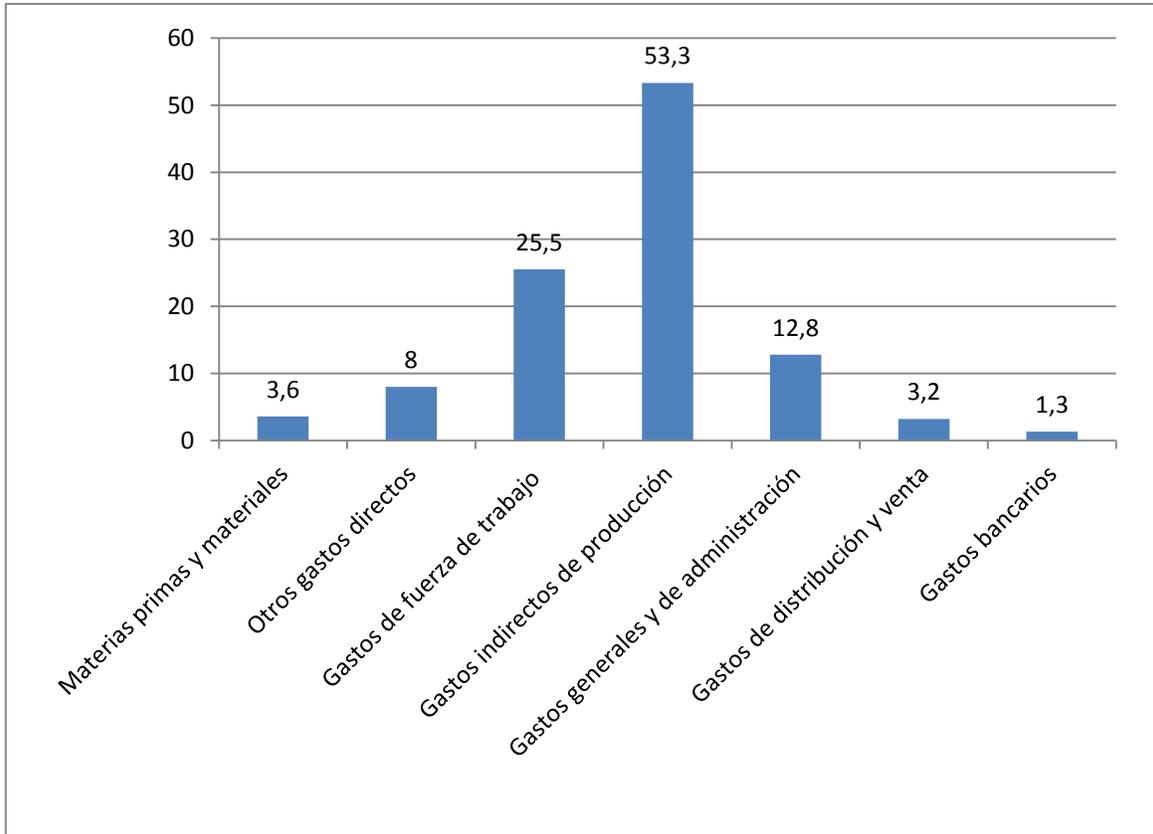
Después viene una etapa intermedia en la cual se realiza la limpieza superficial y la aplicación de recubrimientos. En el caso de los objetos de las vitrinas se hace con paño húmedo y solvente, si es necesario. Para los cañones se emplean

métodos manual mecanizados, sin dañar el valor patrimonial de la pieza y luego se aplica disolución de fosfatado para lograr el grado de limpieza superficial Sa 21/2. Luego los cañones serán pintados con imprimación HEMPADUR PRIMER 15300 y de intermedio y acabado HEMPEL'S POLYENAMEL 55100.

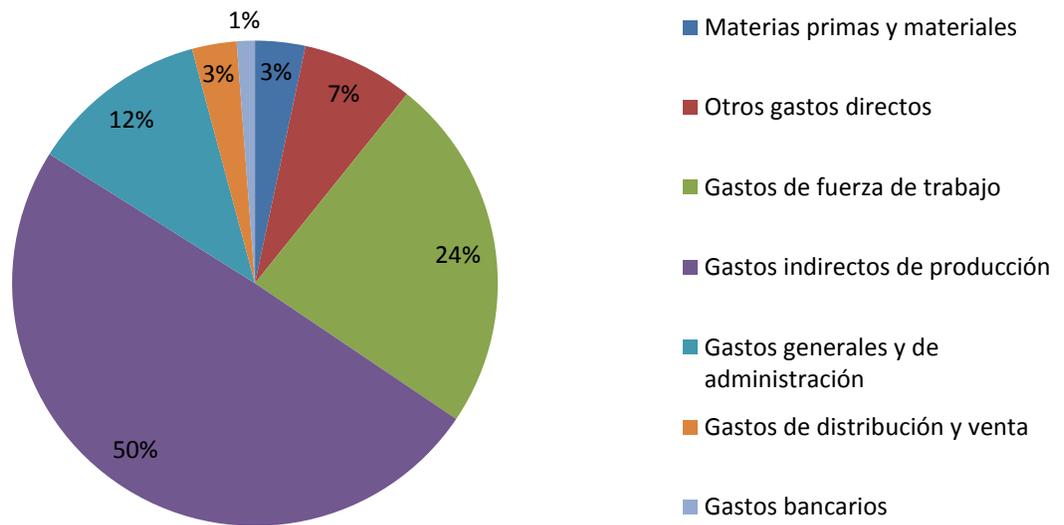
Finalmente una segunda etapa donde se le dan soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo que necesitan de productos anticorrosivos y conservación diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada pieza objeto de estudio. En el caso de los objetos de vitrina, no se le aplicó recubrimiento con pintura, pues esto dañaría su valor patrimonial. Se les aplicó cera abrillantadora impermeabilizante, DISTIN 603 L, en varias capas para resolver los problemas de diseño anticorrosivo y se dejaron secar al aire. Luego se volvieron a colocar en las vitrinas. (Figs.3.1; 3.2; 3.3; 3.4).

En el caso de los cañones, esta etapa debe realizarse una vez pintados, solucionando entonces, todos los problemas de diseño anticorrosivo que requieran el uso de productos de conservación. Para ello, igualmente se necesita la cooperación de un especialista en conservación del patrimonio y museología. Algunos resquicios y otros problemas de diseño anticorrosivo que lo requieran, se solucionarán con cera abrillantadora e impermeabilizante, que también se aplicará sobre la pintura como capa final, para proteger el recubrimiento.

Para aplicar el recubrimiento se incurre en costos que se reflejan en la ficha de costo elaborada para la propuesta del SIPAYC para el armamento (cañones) y la ficha de costo para los objetos de las vitrinas de la sala de esclavitud. Estas reflejan que el gasto de mayor incidencia en los costos para los objetos de las vitrinas es el de gastos indirectos de producción lo cual se constata en el gráfico de costos (Fig. 3.5) donde la columna correspondiente refleja un valor de 53.3CUP de los cuales incluye 2CUC, lo que corresponde al 50% de los costos totales (Fig. 3.6).



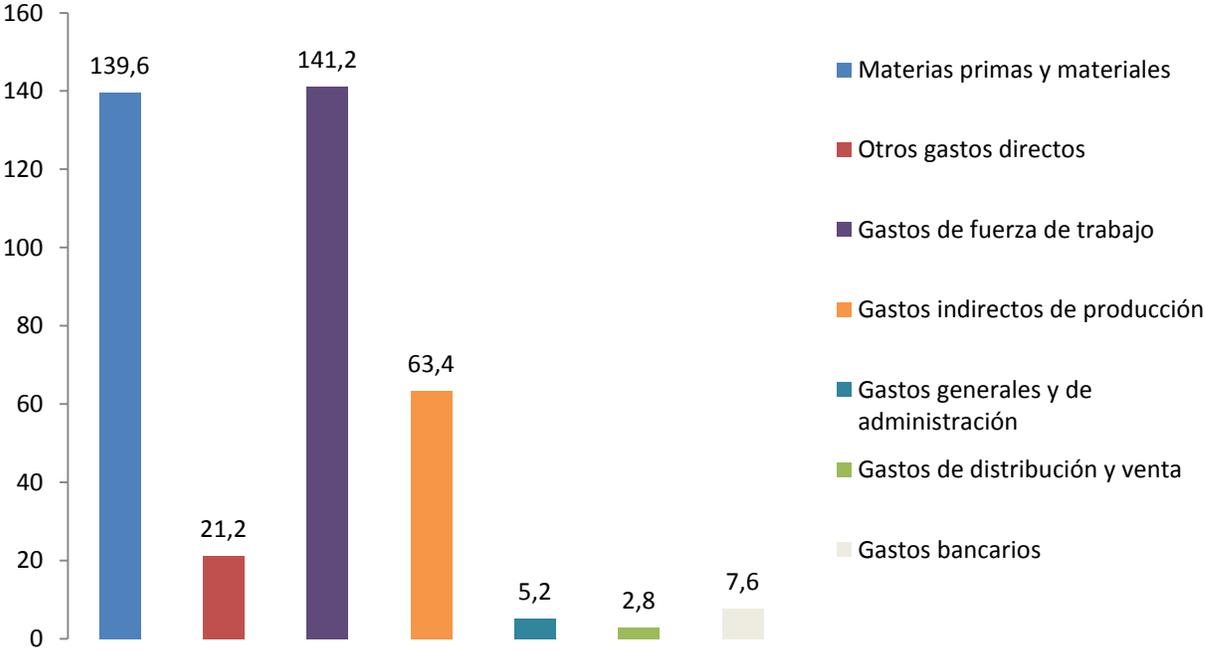
**Fig. 3.5** Gráfico de barras para costos del SIPAYC para objetos en vitrinas.



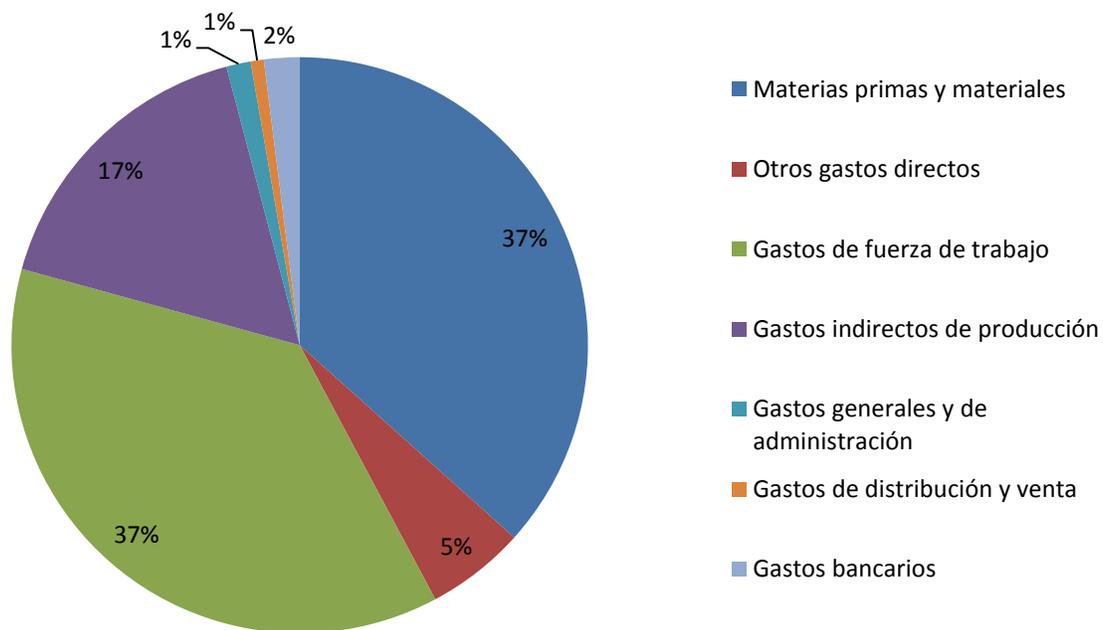
**Fig.3.6** Gráfico de estructura de costo del SIPAYC para objetos en las vitrinas.

El gasto de mayor incidencia en los costos para los cañones es el de gastos de fuerza de trabajo que se refleja en el gráfico de costos (Fig. 3.7) donde la columna correspondiente refleja un valor de 141.2CUP de ellos y muy cercanos los gastos de materias primas y materiales con un valor de 139.6CUP de los cuales 39CUC, estos corresponden al 37%, de los costos totales ambos. (Fig. 3.8).

El precio del SIPAYC tanto para los objetos de las vitrinas 99.1CUP y 27.6CUC, como para el de los cañones 419CUP y 64.8CUC, es muy ventajoso, pues no representa grandes inversiones y sí muchos beneficios desde el punto de vista social, por la preservación del valor patrimonial de las piezas, en una institución de valor continental, que despierta el interés de visitantes de variadas naciones. Esta es considerada una tarea de impacto social.



**Fig. 3.7** Gráfico de barras para costos del SIPAYC para los cañones.



**Fig. 3.8** Gráfico de estructura de costo del SIPAYC para los cañones.

## **Conclusiones parciales del capítulo.**

1. Las medidas preventivas, propuestas para contrarrestar la influencia de los contaminantes y la humedad sobre las superficies metálicas de los objetos de las vitrinas en la sala de esclavitud y en el armamento (cañones) en el museo, deben ser puestas en práctica cuanto antes, pues de ellas depende también en gran medida, la durabilidad del sistema protector.
2. Las soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo mediante el SIPAYC, para los objetos de las vitrinas, se logró con la aplicación del producto cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603L.
3. Para la protección anticorrosiva de los cañones, no se requieren grandes inversiones, sin embargo, es ventajoso desde el punto de vista de la conservación del patrimonio y social, aplicar las pinturas propuestas y luego los productos DISTIN.

## Conclusiones

- Se elaboró el SIPAYC para disminuir el deterioro por corrosión del armamento y objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”, con la realización del estudio del fenómeno y las causas que lo originan.
- El diagnóstico del deterioro por corrosión del armamento y objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”, permitió determinar la existencia de una serie de problemas en ellos, entre los que se encuentran la ausencia de recubrimientos protectores y escasa limpieza en los cañones que están a la intemperie.
- Entre los materiales presentes, el acero y las fundiciones son los más importantes para la conservación por el deterioro que causan los agentes corrosivos, intensificados sus efectos por los problemas de diseño anticorrosivo presentes en las piezas.
- Dentro de los tipos de corrosión presentes, la corrosión electroquímica, causada por el aerosol marino de la atmósfera, es la que mayor deterioro origina, en los cañones y en las piezas de las vitrinas.
- La tecnología elaborada a partir del SIPAYC para el armamento y los objetos en el museo “La Ruta del Esclavo”, es una propuesta de solución viable y una alternativa para el problema de avanzado deterioro que presentan estas piezas.
- De la valoración económica y el impacto social de la protección anticorrosiva con las tecnologías elaboradas, se concluye que no se necesitan grandes inversiones para aplicar la conservación propuesta para el armamento (cañones) y para los objetos metálicos de las vitrinas que ya fueron conservados y que esta, por la importancia de preservar el patrimonio nacional, es una tarea de impacto social.

## Recomendaciones

- Implementar las medidas preventivas propuestas, en el menor plazo posible.
- Realizar la conservación a los cañones mediante el SIPAYC propuesto, en breve plazo.
- Estudiar el comportamiento de la protección aplicada a los objetos metálicos en las vitrinas y cuando se aplique a los cañones, para determinar si es posible aumentar los plazos de reconservación.

## Bibliografía

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. Agueda, E. 2010. Elementos fijos. Quinta edición.
3. Arano Recio, D. (2013). Proyecto " Restauración de vestigios de artillería": aspectos sobre la investigación y conservación de cañones con aleación de hierro de la ciudad de San Francisco de Campeche. *Intervención (México DF)*, 4(8), 47-53.
4. Dueñas, J. B. C., & Rodríguez, J. S. (2007). Torrecampo. Museo PRASA. El programa de restauración de las colecciones arqueológicas del Museo PRASA Torrecampo. *Boletín de la Asociación Provincial de Museos Locales de Córdoba*, (8), 241-256.
5. 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.
6. 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.
7. Echeverría, C., Cortijo, O., Sarraff, M. (2000). Influencia de la corrosión atmosférica en la industria azucarera cubana. *Revista Centro Azúcar*, no. 3, ISSN- 0253 - 5777-p. 83-86.
8. 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.
9. Echeverría, C.A. 2003 (a). Métodos de protección a la atmósfera. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), Universidad de Matanzas. Conferencia especializada.

10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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
14. 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.
15. 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.
16. Echeverría, C.A. (2012). Material de conferencias de la Ingeniería de Materiales I. Facultad de ingenierías. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
17. Espinosa, Antonio. 2013. Trabajo de diploma en opción al título de licenciado en estudios socioculturales: Impacto sociocultural del procedimiento para la conservación de la colección de armas atesorada por el Museo Provincial "Palacio de Junco" de Matanzas.
18. Feliú S, Andrade M.C. 1991. Corrosión y protección metálicas. C.S.I.C., Madrid.

19. GÓMEZ, J. 1999. 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.
20. 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.
21. ISO 12944-3:2007. Protección mediante sistemas de pintura y recubrimientos. Comité Técnico AEN/CTN 45 Pinturas y Barnices. Norma española.
22. López, G .2012. Microcorrosión en la industria alimenticia y bebida, automotriz y electrónica.
23. López. et al. 2013 Conservación de Patrimonio. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.
24. Morcillo, M. et al. 2002. Factors influencing the corrosion behaviour of coated steel sheets in lap-joints. Report EUR 20067 EN.
25. 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.
26. Pancorvo, Francisco.2011. Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.
27. Rocha, J. 2003. Productos electro – electrónicos en Ambientes Tropicales. Campiñas, SP: SITTA, gráfica.
28. Ruíz, R y Echeverría, C. (2012). Estudio de los problemas de diseño anticorrosivo, protección y corrosión en los contenedores del área de almacén de la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas. CD Monografías. Universidad de Matanzas.
29. Tomashov, N.D. 1979. Theory of corrosion and protection of metals. La Habana. Ed. Revolucionaria. 672 p.

30. UNE-EN ISO 8501-1:2008. Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores.
31. UNE-EN ISO 12944 – 1: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. UNE-EN ISO 12944 – 6: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.
37. VI Congreso del PCC: Lineamientos de la política económica y social del partido y de la Revolución.2011.

## Anexos

**ANEXO 1: Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba, 2009.**

### Características corrosivas de la atmósfera en Cuba



**ANEXO 2: Materiales, problemas de diseño anticorrosivo y tipos de corrosión.**



Fig. 1 Cañón 1. Fundición, acero al carbono.

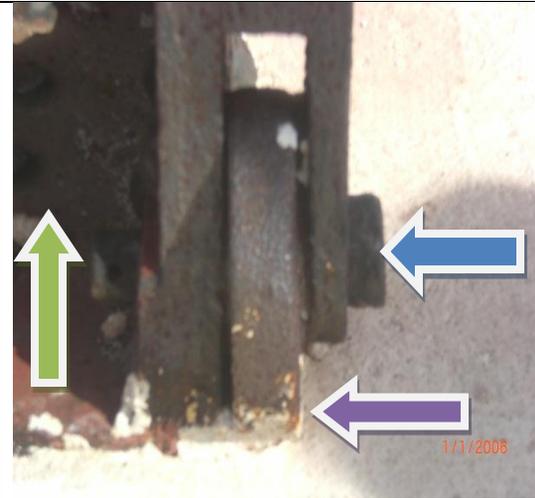


Fig. 2. Presenta conexiones con pernos, zonas de retención de humedad, depósitos y agua, resquicios y ausencia de recubrimientos. Corrosión electroquímica atmosférica localizada y generalizada, húmeda y mojada, por celdas de aireación diferencial, intersticial o en resquicios.



Fig 3. Presenta resquicios y mala preparación superficial. Corrosión en resquicios y por celdas de aireación diferencial.



Fig 4. Presenta conexiones con pernos, resquicios y zonas de retención de humedad, depósitos y agua. Corrosión en resquicios, electroquímica atmosférica localizada y generalizada, húmeda y mojada, por celdas de aireación diferencial.



Fig 5. Presenta problemas de accesibilidad, resquicios y ausencia de recubrimiento. Corrosión por celdas de aireación diferencial, en resquicios.



Fig 6. Presenta problemas de accesibilidad y mala preparación superficial. Corrosión picadura electroquímica atmosférica húmeda.



Fig 7. Cañon 2. Fundición y acero al carbono.

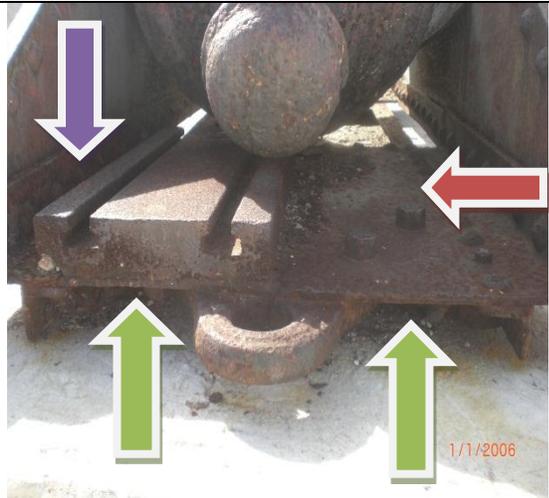


Fig 8. Presenta zonas de retención de humedad, depósitos y agua, conexiones con pernos y problemas de accesibilidad. Corrosión por celdas de aireación diferencial, en resquicios.

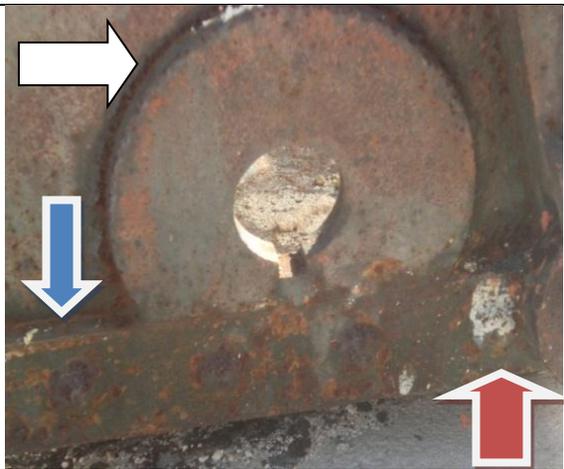


Fig 9. Presenta resquicios, accesibilidad y zonas de retención de humedad, depósitos y agua. Corrosión electroquímica atmosférica localizada, húmeda, por celdas de aireación

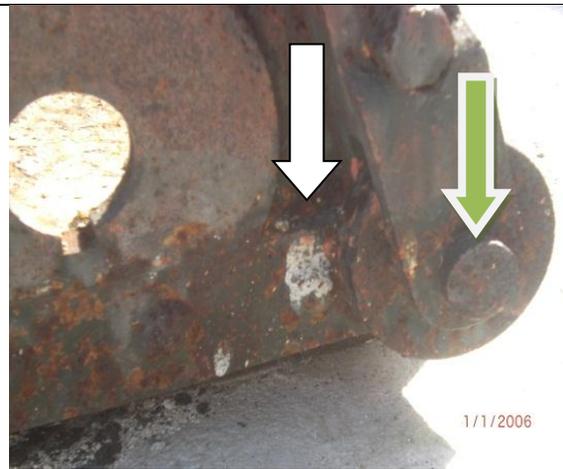


Fig 10. Presenta conexiones con pernos, resquicios y zonas de retención de humedad, depósitos y agua. Corrosión electroquímica atmosférica localizada, húmeda, por

diferencial.

celdas de aireación diferencial.



Fig 11. Presenta zonas de retención de humedad, depósitos y agua, resquicios. Corrosión electroquímica generalizada. Corrosión atmosférica

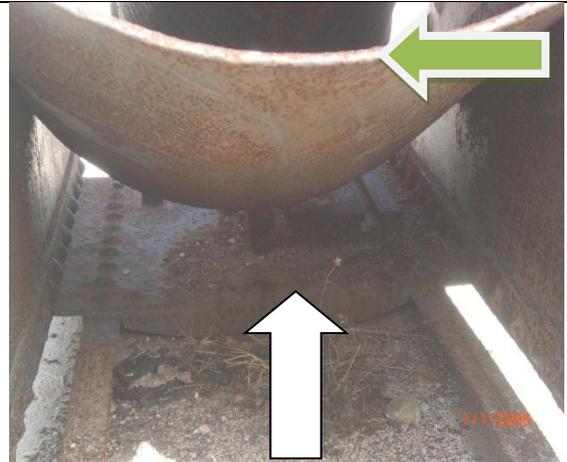


Fig 12. Presenta zonas de retención de humedad, depósitos y agua, bordes, resquicios. Corrosión electroquímica generalizada, en resquicios. Corrosión atmosférica

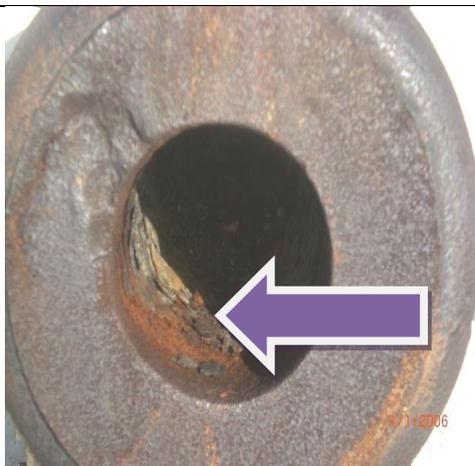


Fig 13. Presenta componentes huecos que permiten la retención de los contaminantes atmosféricos,



Fig 14. Presenta problemas de imperfecciones en las superficies de las soldaduras y ausencia de

bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada dentro del componente hueco. Por fuera celdas de aireación diferencial.

recubrimientos. Corrosión por celdas de aireación diferencial.



Fig. 15. Cañón 3. Fundición, acero al carbono

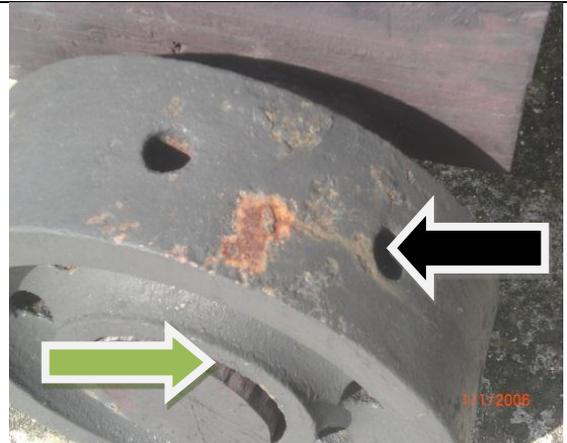


Fig. 16. Presenta componentes huecos y resquicios. Corrosión por celdas de aireación diferencial, en resquicios.



Fig. 17. Cañón 4. Fundición y acero al carbono.



Fig. 18. Presenta mala preparación superficial. Presenta corrosión por celdas de aireación diferencial.



Fig. 19. Presenta imperfecciones en las superficies de las soldaduras y mala preparación superficial. Corrosión por celdas de aireación diferencial.



Fig. 20. Presenta resquicios, componentes huecos y ausencia de recubrimientos. Corrosión por celdas de aireación diferencial.



Fig. 21. Presenta bordes y mala preparación superficial. Corrosión por celdas de aireación diferencial.



Fig. 22. Presenta componentes huecos que permiten la retención de los contaminantes atmosféricos, bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada dentro del componente hueco. Por fuera celdas de aireación diferencial. y ausencia de recubrimientos.



Fig. 23. Vitrina 1



Fig. 24. Machete de Plantación Sierra de Pan de Azúcar Pinar del Río (siglo 19). Acero al carbono. Presenta problemas de bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.

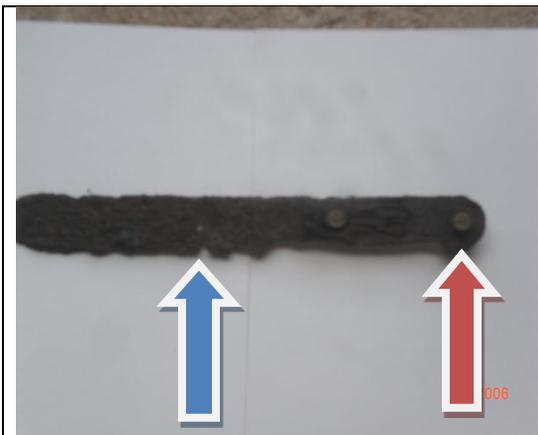


Fig. 25. Cuchillo con mango de madera Cueva El Grillete, Limonar, Matanzas (siglo 19). Acero al carbono, madera. Presenta problemas con la prevención de la corrosión galvánica, con los bordes. Corrosión electroquímica por par metálico, Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 26. Aguja para coser cuero Cueva El Grillete, Limonar, Matanzas (siglo 19). Acero al carbono. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 27. Navaja con conchas de hueso Cueva El Grillete, Limonar, Matanzas (siglo 19). Acero al carbono. Presenta problemas de resquicios entre las conchas y el metal. Corrosión en resquicios



Fig. 28. Vitrina 2



Fig. 29. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 30. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 31. Planchuela con argolla. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 32. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 33. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 34. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 35. Vitrina 3



Fig. 36. Bisagra de puerta colonial. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 37. Fijador de marco. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 38. Pestillo. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 39. Clavo. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 40. Fragmentos de calderos de hierro. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 41. Fragmentos de caldero de hierro. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 42. Vitrina 4



Fig. 43. Candado de hierro Cafetal La Dionisia, Canimar, Matanzas (siglo 19). Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 44. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 45. Estribos de montar caballo Cafetal La Dionisia, Canimar, Matanzas (siglo 19). Acero al carbono. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 46. Tenedor de Alpaca Cafetal La Dionisia, Canimar, Matanzas (siglo 19). Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.

	
<p>Fig. 47. Candado de hierro Cafetal La Dionisia, Caimar, Matanzas (siglo 19). Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.</p>	

## **Anexo 3: Fichas técnicas de los productos anticorrosivos utilizados.**

### **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 m<sup>2</sup> /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m<sup>2</sup>/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 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 m<sup>2</sup> /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.

## **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 603L**

#### **Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.**

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

Método de aplicación:

- Proyección: Pudiera aplicarse pero no se recomienda, ya que se pierde mucho producto.
- Frotado: Es el método más recomendado, para producir una fina capa sobre la superficie de pintura.
- Rendimiento: Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 8 a 10 m<sup>2</sup>/Litro.

Protección anticorrosiva:

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

Condiciones de conservación:

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y almacenamiento:

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

#### Anexo 4: Ficha económica de los objetos metálicos del museo.

Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
<b>Materias Primas y Materiales</b>	<b>1</b>	<b>3.6</b>	<b>1.4</b>
Materia Prima y materiales fundamentales	1.1	0.3	0.1
Combustible y Lubricantes	1.2	1.4	1.4
Energía Eléctrica	1.3	1.9	0.0
Agua	1.4	0.0	0.0
<b>Sub total (Gastos de elaboración)</b>	<b>2</b>	<b>104.1</b>	<b>27.7</b>
<b>Otros Gastos directos</b>	<b>3</b>	<b>8.0</b>	<b>6.0</b>
Depreciación	3.1	6.0	4.0
Arrendamiento de equipos	3.2	0.0	0.0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3.3	2.0	2.0
<b>Gastos de fuerza de trabajo</b>	<b>4</b>	<b>25.5</b>	<b>0.0</b>
Salarios	4.1	17.2	0.0
Vacaciones	4.2	1.6	0.0
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo	4.3	4.7	0.0
Contribución a la seguridad social	4.4	2.1	0.0
Estimulación en pesos convertibles	4.5	0.0	0.0
<b>Gastos indirectos de producción</b>	<b>5</b>	<b>53.3</b>	<b>2.0</b>
Depreciación	5.1	0.0	0.0
Mantenimiento y Reparación	5.2	2.0	2.0
<b>Gastos Generales y de Administración</b>	<b>6</b>	<b>12.8</b>	<b>11.9</b>
Combustible y Lubricantes	6.1	8.2	8.2
Energía Eléctrica	6.2	0.7	0.0
Depreciación	6.3	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	6.4	0.0	0.0
Alimentos	6.5	0.0	0.0
Otros	6.6	3.9	3.7
<b>Gastos de Distribución y Venta</b>	<b>7</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>
Combustible y Lubricantes	7.1	2.2	2.2
Energía Eléctrica	7.2	0.0	0.0
Depreciación	7.3	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7.4	0.0	0.0
Otros	7.5	1.0	1.0
<b>Gastos Bancarios</b>	<b>8</b>	<b>1.3</b>	<b>0.5</b>
<b>Gastos Totales o Costo de producción</b>	<b>9</b>	<b>82.6</b>	<b>25.1</b>
Margen utilidad S/ base autorizada	10	16.5	
<b>Precio según lo establecido por el MFP</b>	<b>11</b>	<b>99.1</b>	
% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)	12		2.5
<b>Componente total en pesos convertibles</b>	<b>13</b>		<b>27.6</b>

## Anexo 5: Ficha económica de los cañones del museo.

Concepto de gastos	Total Unitario	De ello: CUC
<b>Materias Primas y Materiales</b>	<b>139.6</b>	<b>39.6</b>
Materia Prima y materiales fundamentales	133	18.5
Combustible y Lubricantes	2.8	2.8
Energía Eléctrica	3.8	0.0
Agua	0.0	0.0
Sub total (Gastos de elaboración)	240	19.6
<b>Otros Gastos directos</b>	<b>21.2</b>	<b>2.0</b>
Depreciación	20.4	1.2
Arrendamiento de equipos	0.0	0.0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	0.6	0.6
<b>Gastos de fuerza de trabajo</b>	<b>141.2</b>	<b>0.0</b>
Salarios	94.8	0.0
Vacaciones	8.6	0.0
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo	25.8	0.0
Contribución a la seguridad social	11.8	0.0
Estimulación en pesos convertibles	0.0	0.0
<b>Gastos indirectos de producción</b>	<b>63.4</b>	<b>9.6</b>
Depreciación	0.0	0.0
Mantenimiento y Reparación	9.6	9.6
<b>Gastos Generales y de Administración</b>	<b>5.2</b>	<b>3.8</b>
Combustible y Lubricantes	2.6	2.6
Energía Eléctrica	1.4	0.0
Depreciación	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabajadores indirectos)	0.0	0.0
Alimentos	0.0	0.0
Otros	1.2	1.2
<b>Gastos de Distribución y Venta</b>	<b>2.8</b>	<b>2.8</b>
Combustible y Lubricantes	0.6	0.6
Energía Eléctrica	0.0	0.0
Depreciación	0.0	0.0
Ropa y Calzado (trabajadores indirectos)	0.0	0.0
Otros	2.0	2.0
<b>Gastos Bancarios</b>	<b>7.6</b>	<b>1.18</b>
<b>Gastos Totales o Costo de producción</b>	<b>381</b>	<b>59</b>
Margen utilidad S/ base autorizada	38	
<b>Precio según lo establecido por el MFP</b>	<b>419</b>	
% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)		5.8
<b>Componente total en pesos convertibles</b>		<b>64.8</b>

## **Anexo 6: Fichas técnicas de las pinturas.**

### **HEMPADUR PRIMER 15300/15302**

#### **DESCRIPCION**

Imprimación epoxi anticorrosiva curada con poliamida, de dos componentes que contiene fosfato de cinc como pigmento inhibidor de la corrosión.

#### **USO RECOMENDADO**

Como imprimación general para sistemas epoxi, poliuretano e intumescente.

#### **PROPIEDADES TECNICAS GENERALES**

- Exenta de plomo y cromato.
- Cura formando una película dura, tenaz y con elevadas propiedades protectoras.
- Excelente protección sobre superficies de acero y metálicas en general en ambientes marinos e industriales.
- Buena adherencia sobre ciertos tipos de galvanizado, aluminio y otros metales
- Excelente protección temporal en zonas recién chorreadas hasta la aplicación del sistema completo.
- Cumple con la especificación SSPC - Paint 22 y con la norma UNE 48271.
- Clasificada como Clase M1 según UNE 23727-90.

#### **DATOS TECNICOS**

Aspecto	Mate
Color	Gris 12170, Rojo 50890
Volumen de sólidos	52±2%
Rendimiento teórico	10,4 m <sup>2</sup> /litro a 50 micras
Punto de inflamación	26°C copa cerrada
Peso específico	1.3 Kg/litro
Secaje al tacto	3-4 horas aprox. a 20°C con buena ventilación
Curado total	1 semana a 20°C
VOC	455 g / litro

APLICACION	Método	Dilución
	Pistola sin aire	5% máx
	Pistola aerográfica	15% máx
	Brocha	5% máx

Endurecedor	CURING AGENT 95040
Proporción de mezcla	BASE 15309 :CURING AGENT 95040 ó 95570 - 4:1 en volumen
Vida de la mezcla	8 horas a 20°C con 95040 y 4 horas a 20°C con 95570
Diluyente	THINNER 08450 (ó 08460 para pistola sin aire)
Espesor recomendado	Húmedo: 100 micras aprox. Seco: 50 micras (Ver OBSERVACIONES)
Intervalo de repintado	Mín: 6 horas a 20°C Máx: no tiene (Ver OBSERVACIONES)
Limpieza	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610, THINNER 08450 ó 08460
Pistola sin aire	Boquilla: 0.021" - Presión: 175 atm (Datos orientativos)

## PREPARACION DE LA SUPERFICIE Y ESQUEMA

**Acero nuevo:** Chorreado abrasivo al grado Sa2½ de la norma ISO 8501.1. Puede utilizarse como protección temporal del acero, si es necesario. Los daños del RECOMENDADO shopprimer y la contaminación deben limpiarse cuidadosamente antes del pintado final. Usar HEMPADUR 15300/15302 para reparaciones y parcheos.

### Metales no férreos y aleaciones ligeras:

-Eliminar la contaminación y comunicar rugosidad a la superficie mediante un desengrasado cuidadoso y un chorreado muy ligero. En caso de acero galvanizado y debido a la variedad de tipos existentes, se recomienda efectuar un ensayo previo de adherencia.

### Mantenimiento:

- Eliminar aceite, grasa y suciedad con NAVI WASH 99330.
- Eliminar las sales y otros contaminantes con agua dulce a presión.
- Eliminar la herrumbre mediante chorreado abrasivo o limpieza mecánica.
- Baldear la superficie con agua dulce y dejarla secar.
- Parchear hasta el espesor de película original.

**Aplicación:**

A temperaturas ambientales y del sustrato comprendido entre 10 y 30°C, emplear CURING AGENT 95040. Para temperaturas inferiores, entre 10 y -10°C, utilizar CURING AGENT 95570. Aplicar solamente sobre superficies limpias y secas cuya temperatura se encuentre por encima del punto de rocío, a fin de evitar condensaciones.

**CAPAS SUBSIGUIENTES**

HEMPADUR HI-BUILD 45200/45201, HEMPEL'S POLYENAMEL 55100 o de acuerdo con la especificación.

**OBSERVACIONES**

Puede especificarse en espesores de película seca distintos del recomendado, de hasta 100 micras, pero hay que tener en cuenta que ello influirá sobre el rendimiento y muy probablemente también sobre el tiempo de secaje y el intervalo de repintado. Sobre galvanizado, se recomienda un espesor máximo de 40 micras. En condiciones normales de exposición a ambientes marinos e industriales, el producto no tiene intervalo máximo de repintado cuando se recubre con pinturas del tipo epoxi o poliuretano, por ej. nuestras gamas HEMPADUR, HEMPATHANE o POLYENAMEL. Para superficies en inmersión continua, interior de depósitos o tuberías, etc., el intervalo máximo de repintado con productos epoxi y poliuretanos es de 30 días a 20°C.

Cuando se recubre con productos del tipo clorocaucho, acrílicos o vinílicos, debe observarse un intervalo máximo de 2 a 3 días a 20°C, en función del tipo de producto y el espesor. En cualquier caso, a fin de asegurar la adherencia entre capas, es imprescindible que la superficie del HEMPADUR PRIMER 15300/15302 esté completamente limpia antes de aplicar cualquier pintura encima. Si debido a un largo intervalo de repintado o a su exposición a ambientes muy contaminados se ha acumulado polvo, suciedad, sales y polucionantes químicos sobre la superficie del HEMPADUR PRIMER 15300/15302, es necesario proceder a una cuidadosa limpieza de la misma, empleando agua a presión y detergentes, si es necesario, dejándola secar posteriormente.

**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.

## **HEMPEL'S POLYENAMEL 55100**

### **DESCRIPCION**

Esmalte de poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático, con una excelente retención de brillo y color.

### **USO RECOMENDADO**

Esmalte de acabado brillante de elevada calidad sobre una gran variedad de sustratos como acero, aluminio, fibra de vidrio, poliéster reforzado con fibra de vidrio, madera, etc. Cuando se desea un acabado de elevada calidad en ambientes altamente agresivos.

**Temperatura mínima de curado:** -10°C.

### **Temperatura de servicio**

Máxima en seco: 120°C (Ver OBSERVACIONES)

### **Certificados**

Clasificado como Clase M1 según la norma UNE 23 727 90

### **DATOS TECNICOS**

Aspecto	Muy brillante
Color	Blanco 10000 Otros según carta de colores
Volumen de sólidos	52±2%
Rendimiento teórico	7,5 m <sup>2</sup> /litro por capa a 70 micras
Punto de inflamación	31°C
Peso específico	1.3 Kg/litro
Secaje superficial	2½ horas aprox a 20°C
Secaje al tacto	4-5 horas a 20°C
Curado	7 días a 20°C
VOC	440 g/litro

### **APLICACIÓN**

Método Dilución

Pistola sin aire Ver OBSERVACIONES

Pistola aerográfica Ver OBSERVACIONES

Brocha 5% máx

Pistola sin aire Boquilla: 0.017"-0.019" - Presión: 75-100 atm (datos orientativos)

Diluyente THINNER 08880

Limpieza de utensilios HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610

Proporción de mezcla BASE 55109:CURING AGENT 955E0 - 4:1 en volumen

Vida de la mezcla 2 horas a 20°C

Espesor Húmedo: 75 micras

Seco: 35 micras

Intervalo de repintado Mín: 8 horas a 20°C

Máx: Ver OBSERVACIONES

### **CONDICIONES DE APLICACION Y CURADO**

La superficie debe estar completamente limpia y seca y su temperatura debe estar por encima del punto de rocío para evitar condensaciones. Temperatura mínima para un buen curado: -10°C. Si la superficie ha estado expuesta a una temperatura por debajo de los 0°C, debe evitarse el riesgo de hielo sobre la misma lo cual perjudicaría la adherencia. La lluvia, una alta humedad (superior a 75%) y la condensación durante la aplicación y las 16 horas posteriores a la misma pueden afectar la formación de película.

### **CAPAS PRECEDENTES**

HEMPADUR HI-BUILD 45200/45201, HEMPADUR 45304, HEMPADUR MASTIC 45880 o de acuerdo con la especificación.

### **CAPAS SUBSIGUIENTES**

Ninguna.

### **OBSERVACIONES**

#### **Colores**

Algunos colores rojos y amarillos sin plomo pueden decolorarse cuando se exponen a atmósferas que contienen cloro.

Los colores conteniendo pigmentos con plomo pueden sufrir decoloración cuando se exponen a atmósferas sulfurosas.

Para obtener una perfecta opacidad puede aplicarse una capa extra si es necesario, especialmente con colores sin plomo como el rojo, naranja, amarillo y verde.

#### **Temperatura de servicio**

A una temperatura superior a los 100°C puede sufrir decoloración.

#### **Espesor**

Puede especificarse a otros espesores, pero ello alterará el rendimiento y puede influir en el secaje y en los intervalos mínimos de repintado. Los espesores habituales son de 30-40 micras.

#### **Dilución**

El tipo y cantidad de diluyente dependerá de las condiciones de aplicación y método, temperatura, ventilación y sustrato.

Pistola sin aire: Se recomienda un 15-20% de dilución. En condiciones extremas puede diluirse un 25% si es necesario para obtener una satisfactoria formación de película.

Pistola convencional: Diluir a una viscosidad de 17-20 s/DIN 4 (aprox 35% en volumen). Aplicar a una presión de aire baja y una boquilla pequeña.

Para obtener los mejores resultados con cualquiera de los dos tipos de aplicación, aplicar una primera ligera capa de HEMPEL'S POLYENAMEL 55100 seguida a los 2-15 minutos de una capa completa para conseguir una formación de película correcta. No exceder los espesores recomendados.

### Intervalos de repintado y tiempo de secaje/curado:

Temperatura sustrato		-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
Secaje al tacto, aprox		45 horas (7 días)	20 horas 3 días	9 horas 32 horas	5 horas 16 horas	3 horas 12 horas
Resistencia a condensaciones o ligeras lluvias						
Curado completo, 70% H.R.		(2 meses)	32 días	14 días	7 días	5 días
Repintado consigo mismo	Mín.	3 días	1½ días	16 horas	8 horas	6 horas
	Máx.*	(6 meses)	(6 meses)	(6 meses)	3 meses	2 meses

\* El intervalo de repintado máximo se refiere a superficies expuestas a condiciones atmosféricas muy severas, fuerte condensación, variaciones importantes de temperatura, ataques químicos o abrasivos durante la vida del sistema de pintado. Bajo otras condiciones no tiene intervalo máximo de repintado.

Notas: Para una correcta adherencia es necesario que la superficie esté completamente limpia, especialmente con el intervalo de repintado es prolongado. Debe eliminarse la suciedad, el aceite y la grasa con un detergente apropiado. Las sales deben ser eliminadas con agua dulce a presión. Puede realizarse un test de limpieza para asegurar la calidad de la misma antes del repintado.

Si se excede el intervalo máximo de repintado es necesario conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas. Si se repinta con otro producto el intervalo máximo de repintado será de 1-3 días (20°C) según el producto.

El CURING AGENT 95370 es sensible a la humedad, por lo que debe almacenarse en locales secos y mantener los botes herméticamente cerrados hasta el momento de su utilización. Abrir los envases con precaución puesto que puede haber sobrepresión. La presencia de agua en la mezcla puede reducir la vida de la misma y provocar defectos en la película.

HEMPEL'S POLYENAMEL 55100 es sólo para uso profesional.

### **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.