

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL  
UTILIZANDO SMART COATING EN EL GALPÓN № 18H DE  
LA PARROQUIA CACHAMAY, SECTOR CASTILLITO, CALLE  
LA ASUNCIÓN, ESTADO BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS BACHILLERES  
BERMUDEZ L., ANA P. y CORDOVA  
B., JOSE J. PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL.**

**CIUDAD BOLÍVAR, FEBRERO DE 2023**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado, titulado “**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL UTILIZANDO SMART COATING EN EL GALPÓN N° 18H DE LA PARROQUIA CACHAMAY, SECTOR CASTILLITO, CALLE LA ASUNCIÓN, ESTADO BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ.**”, presentado por los bachilleres **BERMUDEZ L., ANA P.** y **CORDOVA B., JOSE J.**, cédulas de identidad N° 26.048.244 y 26.512.870 ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

PROF. Antonio Sequera

(Asesor)

PROF. Giovanni Grieco

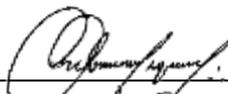
(Jurado)

PROF. Beatriz Echeverría

(Jurado)

\_\_\_\_\_  
Profesor Rodolfo Gonzales  
Jefe del Departamento de Ing. Civil

Firmas:

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Profesor Francisco Monteverde  
Director de la Escuela

Ciudad Bolívar, Febrero de 2023

## **DEDICATORIA**

Dios por haberme permitido llegar hasta aquí hoy, por darme fuerza y salud para llevar a cabo mis metas y objetivos.

A todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

A mis padres y familia por creer en mí desde el primer día. Por sus sacrificios y su apoyo constante que han sido la clave de mi éxito.

A mis compañeros y amigos, por las risas y el estudio. Por las conversaciones alentadoras, y los momentos que compartimos juntos.

*Bermúdez L., Ana P*

## DEDICATORIA

Principalmente a Dios todo poderoso el único ser que tiene en sus manos la libertad de iluminarnos y guiarnos. Quien nos dio paciencia y entereza necesaria para culminarlo.

A mis padres Córdova, Manuel J. y Blanco de Córdova, Yoly R. los pilares que con su empeño, apoyo, confianza y amor lograron que haya podido alcanzar la meta propuesta.

Para mi hermana Yoselyn Janiver Córdova Blanco y a mi abuelo José Eusebio Blanco Méndez por su apoyo incondicional.

A todos mis familiares, amigos, compañeros y profesores que me han brindado constantemente su apoyo y muy especialmente aquellos que no pudieron acompañarnos en la culminación de este logro.

**A ustedes le dedico este trabajo, ¡Muchas gracias por haber creído en mí!**  
*Córdova B., José J.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todopoderoso, por ser mi escudo y fortaleza

A la Universidad De Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela Ciencia de la Tierra, por darme la oportunidad de lograr una mis metas más anheladas.

Al Ing. Sequera, por su asesoría para el logro de este trabajo de Investigación.

A mis profesores, por la enseñanza y por guiarme en mi camino.

A la empresa CONAIRE por permitirnos desarrollar este trabajo de investigación en conjunto.

A mis padres, hermana, y a toda mi familia....

A mis amigos, que de alguna u otra forma contribuyeron para el logro de mis objetivos.

**Gracias a Todos...**  
*Bermúdez L., Ana P*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro Padre Celestial... Señor gracias te doy porque sé que tú no te olvidas de mí en ningún lugar ni momento de mi vida... ¡MIL GRACIAS!

Mis padres, que con su empuje, dedicación y cariño nos brindaron la confianza para superar los momentos difíciles y alcanzar una de mis metas, ser Ingeniero Civil.

A esas personas, familiares, amigos y compañeros, que aparecieron en nuestras vidas para compartir nuestras luchas, penas, alegrías y logros, es por eso que se le agradece su apoyo.

A nuestro tutor académico el Ing. Sequera, Antonio, quien logro orientarnos cognoscitivamente y asesoro en la elaboración del proyecto. En especial aquellos profesores que a través de su pedagogía lograron impartir sus conocimientos de manera imparcial.

A la empresa Conaire C.A. y sus trabajadores por permitirnos desarrollar el tema de nuestro trabajo de grado en sus instalaciones.

**¡A todos ustedes muchas gracias y bendiciones!**  
*Córdova B., José J.*

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo de grado propuesto a la Universidad de Oriente consiste en estudiar el uso, en un plan de mantenimiento, del material “Smart Coating” o “Recubrimiento inteligente” como un elemento capaz de adaptarse de manera dinámica a los estímulos del exterior y tener la habilidad para reparar de manera automática e independiente cualquier tipo de imperfección o daño que se produjera en el recubrimiento del galpón № 18-H En La Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz; daños a su vez ocasionados por la falta de cuidado o mantenimiento del mismo en su estructura metálica. Así mismo, se contemplara la utilización de materiales como, lija, cepillo de alambre, láminas de zinc o galvanizada, equipo para aplicación del recubrimiento inteligente de nanopartículas y nanomateriales sobre soldaduras, vigas, cubierta del techo, correas demás perfiles tubulares que son indispensables. En cuanto a su metodología es del tipo descriptiva y de diseño documental y de campo. De tal manera que se revisó bibliografía existente sobre el correcto proceso que conlleva el mantenimiento de estructuras metálicas, acero y galpones. Toda la información necesaria fue recabada mediante herramientas tales como cámara fotográfica, calculadoras, laptops, bibliografías, libros. Una vez obtenidos los resultados se pudo realizar los estudios adecuados para llegar a las conclusiones, recomendaciones y así finalmente realizar la propuesta, teniendo una estimación de costos en dólares y permitiendo resaltar la importancia y beneficios que conllevara en un futuro el uso de este tipo de material en el campo de la ingeniería Civil en el área de estructuras metálicas.

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	3
1.1    Planteamiento del problema.....	3
1.2    Objetivos de la investigación.....	13
1.2.1    Objetivo General.....	13
1.2.2    Objetivos Específicos.....	14
1.3    Justificación de la Investigación.....	14
1.4    Alcance de la Investigación.....	16
1.5    Limitaciones de la investigación.....	17
CAPITULO II.....	18
GENERALIDADES.....	18
2.1    Ubicación Geográfica.....	18
2.2    Acceso al Área de Estudio.....	20
2.3    Misión.....	21
2.4    Visión.....	21
2.5    Objetivos de la Empresa.....	22
2.5.1    Económico.....	22
2.5.2    De Mercado.....	22
2.5.3    Innovación.....	22
2.6    Historia.....	23

2.7	Clima.....	26
2.8	Temperatura promedio en Ciudad Guayana .....	27
2.9	Viento.....	27
2.10	Topografía.....	28
2.11	Altitud .....	29
2.12	Flora .....	29
2.13	Vegetación .....	30
2.14	Hidrografía.....	31
2.15	Cuencas Hidrográficas .....	32
2.16	Características Geomorfológicas .....	33
2.17	Geología.....	33
CAPITULO III .....		34
MARCO TEÓRICO .....		34
3.1	Antecedentes .....	34
3.2	Bases Teóricas .....	39
3.2.1	Estructura Metálica.....	39
3.2.2	Componentes de un galpón .....	40
3.2.3	Ventajas y desventajas del acero como material estructural .....	43
3.2.4	Mantenimiento de una estructura .....	46
3.2.4.1	Clasificación del mantenimiento .....	48
3.2.5	Relación de costos del Mantenimiento.....	49
3.2.5.1	Plan de Mantenimiento .....	50
3.2.5.2	Patológicas más importantes sobre estructuras metálicas.....	51
3.3	Bases legales .....	58
3.3.1	Definición de Términos Básicos .....	66
CAPITULO IV .....		71
METODOLOGÍA DE TRABAJO .....		71
4.1	Tipo de Investigación.....	71
4.2	Diseño de la Investigación.....	72
4.3	Población .....	73
4.4	Muestra de la investigación .....	74
4.5	Técnicas para la recolección de datos.....	75
4.5.1	Instrumentos de Recolección de datos .....	75

CAPITULO V .....	77
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	77
5.1    Identificar el tipo de galpón estudiado estableciendo sus componentes y uso.....	77
5.1.1    Tipología del galpón estudiado .....	77
5.2    Explicar la condición actual en la que se encuentra el galpón y sus elementos.....	79
5.3    Características y elementos que se deben cumplir en proceso de mantenimiento de estructuras metálicas.....	89
5.3.1    Cuidado y mantenimiento de estructuras metálicas .....	89
5.3.1.1    Mantenimiento Recomendado para el Usuario.....	90
5.3.1.2    Mantenimiento Recomendado para el Profesional Calificado .....	91
5.3.2    Evitar la humedad y corrosión en los metales .....	91
5.3.3    Inspecciones en regla.....	92
5.3.4    Establecer planes de inspección y Mantenimiento.....	93
5.3.5    Consejos para el mantenimiento de estructuras metálicas .....	95
5.4    Analizar la efectividad del Smart Coating como recubrimiento para mantenimiento.....	96
5.4.1    Ventajas del uso del Smart Coting como recubrimiento.....	96
5.5    Realizar un plan de acción para el mantenimiento del galpón usando el recubrimiento Smart Coating.....	100
CAPITULO VI.....	101
PROPUESTA .....	101
6.1    Delimitación del problema.....	101
6.2    Justificación .....	102
6.3    Objetivos del mantenimiento .....	102
6.4    Resultados.....	103
6.4.1    Fase de estudio .....	103
6.4.1.1    Tipología del galpón .....	103
6.4.2    Fase de diagnóstico: Planificación de las revisiones (inspección) ..	106
6.4.2.1    Levantamiento de daños o fallas.....	106
6.4.2.2    Establecer el nivel de riesgo .....	108
6.4.2.3    Recubrimiento recomendado .....	109
6.4.2.4    Reporte de inspección.....	110
6.4.2.5    Frecuencia de inspección .....	111
6.4.3    Fase de decisión.....	113
6.4.3.1    Elaboración de un plan de mantenimiento.....	113

6.4.4	Fase de ejecución y seguimiento .....	121
6.4.4.1	Aplicación del recubrimiento inteligente.....	121
6.4.4.2	Informe de mantenimiento.....	123
6.4.4.3	Evaluación de costos: Presupuestos para atacar las deficiencias detectadas (Véase apéndice C).....	125
6.5	Factibilidad .....	131
6.5.1	Factibilidad Económica.....	132
6.5.2	Factibilidad Operativa .....	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		136
Conclusiones .....		136
Recomendaciones.....		138
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS .....		139
APÉNDICES .....		143
ANEXOS.....		158

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1 Vista satelital de la ubicación geográfica de la zona de estudio, CONAIRE, C.A. (Google Maps, 2023).....	18
Figura 2.2 Vista satelital del punto de referencia seleccionada para las coordenadas	19
Figura 2.3 Vista satelital de los puntos de acceso al área de estudio seleccionada.....	20
Figura 2.5 Vegetación herbácea de la Sabana, Ciudad Guayana al Gurí.....	30
Figura 2.6. El punto donde se unen el Orinoco y el Caroní, en Ciudad Guayana .....	31
Figura 2.7 El río Caroní, a la salida de la central hidroeléctrica Raúl Leoni en el Gurí .....	32
Figura 3.1 Componentes típicos de un galpón, Proyecto y Construcción de Galpones Modulares (Arna et al. 2014) .....	40
Figura 3.2 Componentes típicos de los galpones, Proyecto y Construcción de Galpones Modulares (Arna et al. 2014) .....	41
Figura 3.3 Tipos de Galpones. Proyecto y Construcción de Galpones Modulares (Arna et al. 2014) .....	42
Figura 3.4. Esquema básico para que se desarrolle el proceso de corrosión .....	52
Figura 3.5. Proceso cíclico de formación de herrumbre en atmósferas contaminadas con SO <sub>2</sub> .....	53
Figura 5.3 Fotografía de los desperdicios de aves que afectan el galpon .....	80
Figura 5.4 Fotografía de los desperdicios de aves que afectan el galpon .....	81
Figura 5.5 Fotografía de la cubierta del techo del galpon.....	82
Figura 5.6 Fotografía de la cubierta del techo del galpon.....	82
Figura 5.7 Fotografía de la cubierta del techo del galpon.....	83
Figura 5.8 Fotografía de las correas del galpon .....	84
Figura 5.9 Fotografía de las correas del galpon .....	84
Figura 5.10 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.....	85
Figura 5.11 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.....	85
Figura 5.12 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.....	86
Figura 5.13 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.....	86
Figura 5.14 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.....	87
Figura 5.15 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.....	87
Figura 5.16 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.....	88
Figura 5.17 Desarrollo de recubrimientos inteligentes (Progress in Organic Coatings) .....	97
Figura 5.18. Liberación controlada de un inhibidor de corrosión, encapsulado en un material poroso, como consecuencia de un estímulo externo. ....	98
Figura 6.1 Esquema del proceso de encapsulado para las nanopartículas mesoporosas de sílice de núcleo hueco.....	110
Figura 6.2 Procedimiento de preparación de superficies y sistemas de protección ..	122

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1.1. Información recopilada del Informe Global de Competitividad, 2016 .....	5
2.1 Coordenadas del área de estudio (Elaboración propia).....	19
3.1 Velocidad de corrosión del acero al carbono en distintos puntos geográficos .....	53
5.1 Requisitos dimensionales para operaciones de mantenimiento, Mantenimiento de estructuras metálicas. (Ramos Lugo Oscar Iván y Díaz Segura Mauricio 2020) .....	94
5.2 Requisitos dimensionales para operaciones de mantenimiento. Mantenimiento de estructuras metálicas. (Ramos Lugo Oscar Iván y Díaz Segura Mauricio 2020) .....	96
6.1. Tipología del galpón estudiado .....	103
6.2 Elementos identificados del galpón estudiado .....	105
6.3 Patologías identificadas del galpón estudiado.....	106
6.4 Nivel de riesgo identificado del galpón estudiado .....	108
6.5 Plan de mantenimiento preventivo para el galpón en estudio, inspección.....	113
6.6 Plan de mantenimiento preventivo para el galpón en estudio, limpieza .....	115
6.7 Plan de mantenimiento preventivo para el galpón en estudio, pintura .....	117
6.8 Plan de mantenimiento correctivo para el galpón en estudio, reparación.....	118
6.9 Plan de mantenimiento correctivo para el galpón en estudio, sustitución .....	120
6.10 Requisitos para la aplicación del Smart coating .....	123
6.11 Formulario de control de calidad del mantenimiento realizado.....	124
6.12 Partidas correspondientes al costo del mantenimiento.....	125
6.13 Partida 1 .....	126
6.14 Partida 2 .....	127
6.15 Partida 3 .....	128
6.16 Partida 4 .....	129
6.17 Partida 5 .....	130
6.18 análisis de costo total de mantenimiento.....	131
6.19 Factibilidad económica comparativa del proyecto (Véase apéndice D) .....	132

## LISTA DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
APÉNDICES A .....	144
Tablas para establecer el nivel o grado de riesgo de las estructuras metálicas de sufrir ciertas patologías .....	144
A.1 Escala y descripción de los grados de corrosión, ASTM D 610 “Método de prueba estándar para evaluación del grado de corrosión en las superficies de acero pintadas” .....	145
A.2 Clasificación de ambientes corrosivos, norma ISO 12944-2, “Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores” .....	145
A.3 Categorización por tamaño y densidad de ampollamiento, norma ASTM D714, 2002, “Evaluación del grado de ampollas (Blistering) de pinturas” .....	146
A.4 Categorización del daño según zona de incisión, norma ASTM D660 “Método de prueba estándar para evaluar el grado de Agrietamiento (Checking) de pinturas exteriores” .....	146
A.5 Categorización de los grados de descamación, norma ASTM D772 “Método de prueba estándar para Evaluación del grado de descamación (Scaling) de las pinturas exteriores” .....	146
A.6 Escala de mantenimiento general .....	147
APÉNDICES B .....	148
Normas y especificaciones para la reparación de superficies metálicas para la pintura... ..	148
B.1 Las normas de mayor utilización en toda América Latina, Steel Structure Painting Council (S.S.P.C.) y Swedish Standard Institute (SIS 055900) .....	149
B.2 Limpieza y capa de pintura recomendada según el ambiente, manual de pintura de la CBCA.....	149
Figura B.1 Patrones de grados de corrosión (SIS 055900-1967).....	150
APÉNDICES C .....	151
Tarifas de costos para presupuesto de mantenimiento .....	151
C.1 Tarifa de Costo Horario para herramientas .....	152
C.2 Tarifa de Costo de mano de Obra.....	152
C.3 Tarifa de Costo de Materiales .....	152
APÉNDICES D .....	154
Ley de los cinco de sitter, factibilidad de costos.....	154
D.1 Ley de Sitter .....	155

Figura D.1 Grafico de la ley de Sitter .....	155
APÉNDICES E .....	156
Curva de la bañera (COVENIN 3049-93).....	156
E.1 Curva de la bañera (COVENIN 3049-93) .....	157

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1 Normas Venezolanas recomendadas para la preparación de las especificaciones generales de construcción y mantenimiento de los galpones.....	159
2 Sistema de clasificación AWS .....	159
3 Lamina de zing recomendada.....	160
4 Recubrimiento inteligente recomendado.....	161
5 recubrimiento inteligente recomendado para estructura metálicas .....	162
6 recubrimiento inteligente recomendado para cubrir grietas en paredes y piso .....	163
<b>7 Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso .....</b>	<b>164</b>

## INTRODUCCIÓN

En el transcurso de la carrera de ingeniería se suele dar un mayor enfoque a la parte de diseño y construcción, si bien es cierto que son conocimientos que forman parte fundamental de la profesión debemos tener una visión más general y prestar detallada atención al mantenimiento de las estructuras, en este caso las metálicas. Los metales son materiales versátiles que han agregado características especiales a las construcciones permitiendo desarrollar mejores edificaciones con metales como el acero utilizado en fabricar edificaciones como los galpones pero una de sus desventajas es que con el tiempo puede llegar a corroerse si no se le aplica el adecuado mantenimiento.

En este sentido, para poder realizar un mantenimiento apropiado a las estructuras metálicas debemos enfocarnos e ir a la par con las nuevas tecnologías, como por ejemplo los recubrimientos inteligentes o bien conocidos por su traducción al inglés como Smart coating. Debido a que este tipo de tecnología nos ayudara a minimizar los daños o pérdidas de galpones por corrosión.

En este caso, términos como mantenimiento, recubrimientos inteligentes, nanotecnología, nanotubos deben ser entendidos y manejados correctamente para poder ponerlos en práctica eficazmente dentro de un gran rango de factibilidad. Es por ello que este trabajo de investigación se desarrolla en las siguientes etapas o capítulos:

Capítulo I: Se esboza la situación a investigar planteando el problema y la necesidad de su resolución mediante la justificación del proyecto. Se establecen los objetivos, tanto el general como los específicos, así como el alcance y las limitaciones que retrasarían su desarrollo.

Capítulo II: Se establecen las generalidades del tema planteado describiendo la ubicación y acceso al galpón, las características de la empresa que hace uso del mismo y se especifica las características de la zona de Puerto Ordaz.

Capítulo III: Se establece el marco teórico de la investigación indagando las bases teóricas referentes a estructuras metálicas, recubrimientos y mantenimiento del galpón. Además se documentan las bases legales que intervienen en la investigación.

Capítulo IV: Se define la metodología de trabajo utilizada junto con la población y muestra de la investigación, explicando las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo V: Del análisis e interpretación de resultados, se cumple cabalmente con los objetivos identificando el galpón estudiado, sus características, se explica su condición actual y se analiza la efectividad del recubrimiento inteligente.

Capítulo VI: se plantea la propuesta y se explica su secuencial desarrollo de manera muy específica.

## CAPITULO I

### SITUACIÓN A INVESTIGAR

#### 1.1 Planteamiento del problema

El uso de metal en la construcción se remonta a los tiempos de la Antigua Grecia, y según Mercado Girado, R. (2015-216), en la investigación científica de “Los Metales en las Sociedades Prehistóricas”, se han encontrado algunos templos donde ya se utilizaban vigas de metal forjado. En la edad media se empleaban elementos de metal en las naves laterales de las catedrales, Sin embargo, el metal como elemento estructural comienza a usarse en el siglo XVIII.

Así mismo, resalta que desde la antigüedad donde el metal se empleaba frecuentemente en la construcción, por primera vez, en el año de 1975 se emplean construcciones portantes de fundición, con el fin de cubrir claros de 12 metros en una torre de la fábrica de Neviansk (En Rusia), luego se usó el hierro de fundición, que soporta bien las cargas de compresión, en construcciones de arco y en columnas, recientemente los metales se utilizan en edificios grandes y para usos sociales (teatros, edificios deportivos, salas deportivas, entre otros) y en edificios industriales (espacios para producción de alimentos, laboratorios especializados, hangares, etc.).

De acuerdo al proyecto de García, O. (2006) “Mantenimiento General”, realizado en la Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC), señala que en cuanto al mantenimiento en general puede considerarse tan antiguo como la existencia del hombre. Por relatos históricos sabemos que el hombre desde sus principios practicaba el mantenimiento aunque no en forma lógica y ordenada, sino forzado por las necesidades básicas para su supervivencia, utilizando cada día medios más efectivos para conseguir sus fines.

La misma investigación nos indica que desde la revolución industrial hasta la actualidad, la evolución del mantenimiento referente a estructuras de metal ha estado vinculada con la historia del progreso técnico y cultural, posteriormente con el comienzo del presente siglo se inició la etapa de realización del mantenimiento correctivo y la creación de los primeros galpones, que vino a tomar relevancia durante la Segunda Guerra Mundial en la industria militar.

Es por ello, que la historia del mantenimiento en estructuras metálicas se puede dividir en cuatro generaciones: la primera caracterizada por acciones de mantenimiento puramente correctivo –repara cuando se daña– se mantuvo hasta 1950. En el periodo de 1950 hasta 1980 se ubica la segunda generación, en esta época aparece el mantenimiento preventivo –reparaciones programadas–. La tercera generación abarcó 1980 al 2000, marcada por la aplicación de mantenimientos predictivos –monitoreo de condición–. A partir del siglo XXI, la cuarta generación hace que las empresas involucren el mantenimiento en toda estructura de acero de una manera integral; productiva total, centrada en riesgos, centrada en confiabilidad, gestión enfocada a resultados, gestión del conocimiento y eficiencia energética.

El artículo “Los países del mundo con la mejor y peor infraestructura”, publicado en (Enero 2016), por la BBC News Mundo, establece que de acuerdo a las condiciones de mantenimiento de infraestructura, la ventaja es cada vez más clara para Asia. Así lo determina un estudio comparativo llevado a cabo por el Foro Económico Mundial, que le otorga a Asia cuatro de los cinco primeros puestos en infraestructura. Hong Kong se lleva el máximo galardón.

Este mismo artículo indica que en América Latina, Panamá es el que lleva la delantera, pero ocupa apenas el puesto 40 a nivel mundial. El Informe Global de Competitividad 2015-2016, establece que la mejor infraestructura, en el mundo se encuentra en Hong Kong, el puerto, territorio y antigua colonia británica que actualmente opera como una zona semi-autónoma, bajo la soberanía china. Sin dejar de lado el hecho de que el sistema constructivo de Hong Kong es tan bueno como el desarrollo de su mantenimiento.

Tabla 1.1. Información recopilada del Informe Global de Competitividad, 2016

<b>Líderes latinoamericanos en infraestructura</b>	
1	Panamá
2	Chile
3	Uruguay
4	México
5	El Salvador

El segundo lugar es para otra ciudad asiática, en este caso Singapur, seguida en tercer lugar por Holanda, la única nación europea en los primeros cinco. El quinteto lo completan Emiratos Árabes Unidos y Japón. La economía más poderosa del mundo, Estados Unidos, apenas ocupa el lugar número once, lo que no sorprende a los que presencian la cada vez más notoria vejez de parte de la red de infraestructura de ese país, Alemania está en el séptimo lugar y Reino Unido, el país donde se originaron los ferrocarriles, apenas llega al noveno lugar.

Pero, si las naciones europeas y Estados Unidos enfrentan una caída relativa frente a sus competidores asiáticos, la condición de las naciones latinoamericanas es mucho más apremiante en términos de infraestructura. La nación que sale mejor librada es la región de Panamá apenas ocupa el puesto 40 entre 140 naciones que hacen parte del estudio (la muestra excluye a algunos países, entre ellos a Cuba). Chile llega al puesto 45, seguido en América Latina por Uruguay y México. En la versión del 2014, Chile había encabezado el escalafón latinoamericano.

Con respecto a Venezuela, el estudio la ubica en el puesto 119 en el mundo, y el penúltimo en América Latina, apenas superado por Haití. Un indicador que sorprende para una nación que contó con décadas de bonanza petrolera y enormes obras de infraestructura como el metro de Caracas, muchos años antes que varios de sus vecinos. Por lo que se puede concluir que el deseo de los países más desarrollados es que en el sector de la construcción se desarrollen tecnologías, sistemas y procesos constructivos más innovadores y competitivos que permitan garantizar mayores niveles de calidad y seguridad en la construcción, así como la mejora de la competitividad general del sector a través de su modernización y tecnificación. Este deseo se ve distante entre la mayoría de los países de América Latina.

Además, si se considera el tiempo como una variable significativa tanto en los procesos de construcción como en los de deconstrucción, cabe esperar la propagación de las estructuras metálicas debido a que, para todos en la industria de la construcción es innegable la versatilidad del metal y cómo éste material permite a arquitectos e ingenieros la ejecución de trabajos con mayor libertad para alcanzar sus visiones verdaderamente ambiciosas.

Sin embargo, Marín Mario Tenan (2019). Fundamentos para la gestión del envejecimiento y conservación sostenible de las estructuras del patrimonio arquitectónico. [Tesis Doctoral] Universidad Politécnica de Madrid, puntualiza que una inversión de gran índole requiere su permanencia y estabilidad en el tiempo; y es ahí donde interviene el "mantenimiento de estructuras": que es el trabajo realizado para mantener, restaurar o mejorar todas las instalaciones, es decir, cada parte de una edificación, sus servicios y alrededores a un estándar actualmente aceptable y para mantener la utilidad y el valor de la instalación.

También señala, que con el pasar del tiempo, todas las obras están expuestas a sufrir desgastes y daños, debido a condiciones externas o cuando se hace un uso indebido de ellas. El mantenimiento en las estructuras de acero constituye un aspecto realmente importante y no debe ser pasado por alto, ya que puede prolongar el período de vida de la estructura.

Por lo que la falta de planificación puede ser considerada como una de las peores negligencias en el campo del mantenimiento, en este contexto, descuidar el mantenimiento preventivo acaba aumentando las posibilidades de necesitar mantenimientos correctivos, pues mientras uno intenta evitar el avance del desgaste, el otro corrige un problema que se producirá por el desgaste avanzado. Según el artículo publicado Vida útil de una construcción según su tipo; en la página web Ingenieros Asesores (Octubre 2022). Los principales errores durante un procedimiento de mantenimiento son:

**1. Operar de manera desorganizada:** la desorganización puede desencadenar muchas consecuencias, como el incumplimiento de los plazos, la reducción de la productividad, la caída de los estándares de calidad y una serie de problemas más.

**2. Negligencia de las recomendaciones de los fabricantes:** es cuando el equipo encargado de mantenimiento es irresponsable, sigue su intuición y no las orientaciones y requisitos establecidos por los ingenieros de la obra.

**3. Ignorar la importancia del historial de mantenimiento:** ignorar el historial es renunciar a un diagnóstico preciso y una solución funcional.

**4. Gestionar el mantenimiento de manera ineficiente:** El resultado de ello es la falta de comunicación con el sector operativo. Con la acumulación de negligencias, ruido de comunicación y falta de planificación, la operación no cumple con los procedimientos preventivos y termina cubriendo con los altos costos de las medidas correctivas no planificadas. Finalmente, también destacamos la definición de mano de obra no calificada.

Igualmente señala que, la vida útil de una estructura implica un periodo de tiempo, desde su puesta en servicio, en el cual mantiene su funcionalidad, seguridad y aspecto. Cada tipo de material presenta diferentes grados de estas dimensiones por lo que requieren de diferente conservación. El periodo de servicio y vida útil es diferente para la madera, el acero, el hormigón armado, el metal y el concreto.

A su vez las estructuras metálicas se ven afectadas principalmente por las condiciones atmosféricas y los agentes contaminantes. Ambos producen corrosión como óxido de hierro, también conocido como herrumbre. Para alargar la vida de estas infraestructuras se han de preservar de la lluvia, humedad, el viento y la salinidad; debido a que el efecto de estos factores pudiera mermar gravemente su resistencia y es por ello que este tipo de estructuras si presentan adecuada protección pueden llegar a durar alrededor de 60 años en un planteamiento hipotético.

En el caso de Venezuela las condiciones atmosféricas varían en sus distintos estados, por encontrarse en la zona intertropical, por lo tanto los agentes externos que afectaran la vida útil de los galpones va a variar dependiendo de la región de estudio. Actualmente con el crecimiento de la población las industrias se ven en la necesidad de expandirse lo cual se traduce en un incremento de la infraestructura de las mismas, las estructuras metálicas livianas vienen siendo las estructuras más utilizadas tanto para la producción como para el almacenamiento. Por lo tanto, la pérdida de estas estructuras incide directamente en el factor económico y tiene un impacto significativo, puesto que, al año se pierden miles de toneladas de metal y es necesaria una reconstrucción de las instalaciones dañadas.

Con respecto, al estado Bolívar, específicamente en Puerto Ordaz, se debe tener en cuenta que la ciudad es sede de empresas básicas, de tratamiento y estos factores traen elementos contaminantes que aumenta los niveles de elementos químicos presentes en el ambiente causante de desgaste en los galpones por corrosión, ya sea por la humedad que estos generan o los compuestos químicos corrosivos presente en el ambiente y emitidos por las industrias. Además, se debe considerar la poca evolución del sistema de mantenimiento, la baja calidad de los materiales implementados en el país y la falta de materiales innovadores que ayuden a desarrollar un mejor mantenimiento.

Se considera a Puerto Ordaz como una zona industrial de gran influencia para la región, por ende, se contempla que es relevante prestar detallada atención al mantenimiento de los galpones ya construidos, buscando prolongar su vida útil para el desarrollo económico e industrial. Los galpones de la parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle la Asunción, Puerto Ordaz, tienen un lapso mayor a los 15 años de haber sido construidos, lo que hace presumir por los diferentes factores: ambientales, la calidad de los materiales, la falta de mantenimiento, han venido deteriorando, especialmente el galpón N° 18h, objeto de estudio.

En este caso, el galpón número 18-H presenta desgaste de ciertos elementos, lo que hace presumir que la capa de recubrimiento utilizada es ineficiente y ya se encuentra en mal estado lo cual podría dejar vulnerable elementos de riesgo, partes como el techo presentan una gran capa de óxido, algunas con segmentos afectadas por la corrosión. Salazar, J (2015), señala “la corrosión consiste en el proceso de deterioro de materiales metálicos mediante reacciones químicas y electroquímicas, debido a que estos materiales buscan alcanzar un estado de menor potencial energético” pág. 54.

Por lo que, se puede observar que el proceso oxidación y corrosión han dejado el techo con goteras lo que traería como consecuencia que se filtre el agua al interior del galpón, agregando a ello un drenaje ineficaz que impide la correcta evacuación del agua, partes fundamentales de la estructuras como juntas, uniones, vigas y columnas presentan fallas considerables en su recubrimiento casi deteriorado por completo. Estas características son similares en la mayoría de los galpones vecinos e inclusive en de la región.

En otro orden de ideas, para el mantenimiento de estructuras metálicas se emplea con regularidad los recubrimientos, (teniendo en cuenta que la capa de protección que fue colocada anteriormente en la estructura se encuentra dañada parcial o totalmente), es importante acotar que el tipo de material que sea utilizado jugara un papel fundamental para proteger o aislar los componentes metálicos de los agentes agresores. Por ello se debe disponer de los materiales adecuados e innovadores, que hagan menor daño al ambiente y que extiendan en gran manera la vida útil de los galpones, como es el caso del Smart Coating.

Teniendo conocimiento que este galpón N°18h, está ubicado en una región tropical de sabana, agregando que en el país y región ha sido víctima estos últimos años de fuerte y torrenciales lluvias con tempestuosos vientos alternadas con olas de calor. Por todos estos motivos, se hace necesario comprender las labores de inspección y cuidados continuos de la estructura, lo que comúnmente se conoce como mantenimiento de estructuras metálicas.

Así mismo, el realizar un plan de mantenimiento del galpón de fácil desarrollo y económico con tecnologías innovadoras se vuelve de vital importancia para contrarrestar los efectos causados por los factores degradantes (biológicos, físicos, químicos), los defectos constructivos por falta de calidad o desordenes en los procesos, así como falta de un programa de mantenimiento de estructuras metálicas.

Esto nos lleva a preguntarnos:

1. ¿Qué tipo de galpón estamos estudiando y cuáles son sus componentes y uso?
  
2. ¿Cuál es la condición actual en la que se encuentra el galpón y sus elementos?
  
3. ¿Cuáles son las características y elementos que se deben cumplir en el mantenimiento de estructuras metálicas?
  
4. ¿Es efectivo el Smart Coating como recubrimiento para mantenimiento?
  
5. ¿Cuál es el plan de mantenimiento que se debe implementar para el galpón usando el recubrimiento Smart Coating?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer un plan de mantenimiento estructural utilizando Smart coating en el Galpón № 18-H de La Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar el tipo de galpón estudiado estableciendo sus componentes y uso.
  
2. Explicar la condición actual en la que se encuentra el galpón y sus elementos.
  
3. Determinar las características y elementos que se deben cumplir en el mantenimiento de estructuras metálicas.
  
4. Analizar la efectividad del Smart Coating como recubrimiento para mantenimiento.
  
5. Realizar un plan de acción para el mantenimiento del galpón usando el recubrimiento Smart Coating.

### **1.3 Justificación de la Investigación**

Se ha hecho frecuente el abandono, el uso de materiales poco innovadores u obsoletos actualmente y la falta de un plan de mantenimiento progresivo en la estructura metálica de los galpones ubicados en el Estado Bolívar, Puerto Ordaz, específicamente el Galpón N° 18h, ya que podremos observar que los diferentes agentes corrosivos y desgastantes han mitigado la integridad de algunos galpones.

Toda estructura necesita un cuidado adecuado según el tipo y material, los propietarios de edificaciones a menudo quieren saber cuánto mantenimiento es necesario para las estructuras metálicas. Esta es información que todo ingeniero debe conocer. Por lo tanto, se debe enfatizar la importancia del mantenimiento en su conjunto, ya sea preventivo, predictivo o correctivo. Después de todo, estos procedimientos son directamente responsables de la operatividad y seguridad de su ambiente de trabajo.

El Galpón № 18 de la parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle la Asunción, Puerto Ordaz, Ciudad Guayana, se encuentra mitigado por los procesos de corrosión, con una capa de protección maltratada que no cumple con su principal función, aislar el metal de los agentes externos exponiendo componentes estructurales importantes.

Por lo anteriormente expuesto se justificara:

**1.** Desde el punto de vista teórico, el presente trabajo podrá recabar información sobre un mantenimiento novedoso con el Smart Coating, los tipos de galpones y sus componentes y el estado actual del Galpón № 18 de la parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle la Asunción, Puerto Ordaz, Ciudad Guayana. Conocimientos que pueden servir para profundizar sobre el objeto estudiado a través de las herramientas que ofrece la ingeniería de métodos y servirá como referencia para posteriores trabajos de investigación.

2. Desde el punto de vista técnico, el proyecto aporta beneficio como las ventajas que se resultan de la elaboración de un plan de mantenimiento con recubrimientos innovadores como el Smart Coating, lo cual extenderá la vida útil del galpón.

3. Desde el punto de vista social, el proyecto es relevante en el área de Ingeniería Civil, porque permite implementar materiales novedosos al mantenimiento de galpones logrando innovar los procesos de mantenimientos existentes en el área de estructuras metálicas, mejorando la calidad de vida de los que ahí laboran y de los que viven en sus alrededores al encontrarse en un ambiente seguro y en óptimas condiciones.

La corrosión tiene muchas repercusiones a nivel económico, de seguridad y de conservación de materiales, por lo que su estudio y mitigación es de suma importancia.

#### **1.4 Alcance de la Investigación**

La investigación se circunscribe en desarrollar un plan de mantenimiento para el mejoramiento de la vida útil de la estructura del Galpón N° 18 que se encuentra en la parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle la Asunción, Puerto Ordaz, a través de la innovación de los materiales utilizados para el mantenimiento de las estructuras metálicas, como el Smart Coating.

## **1.5 Limitaciones de la investigación**

El proyecto presenta limitaciones relacionadas a:

1. Dificultad en la obtención de información relevante sobre los planos estructurales originales del Galpón № 18h En La Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz.

2. Falta de estudios previos del tema, en el país, sobre mantenimiento de galpones con Smart Coating. Los estudios previos permiten fundamentar la relevancia de una investigación.

## CAPITULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación Geográfica

CONAIRE, C.A. está ubicado en el galpón N° 18-H en la Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle la Asunción, Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela. Se encuentra a 226 metros del Colegio Fe y Alegría de Puerto Ordaz.

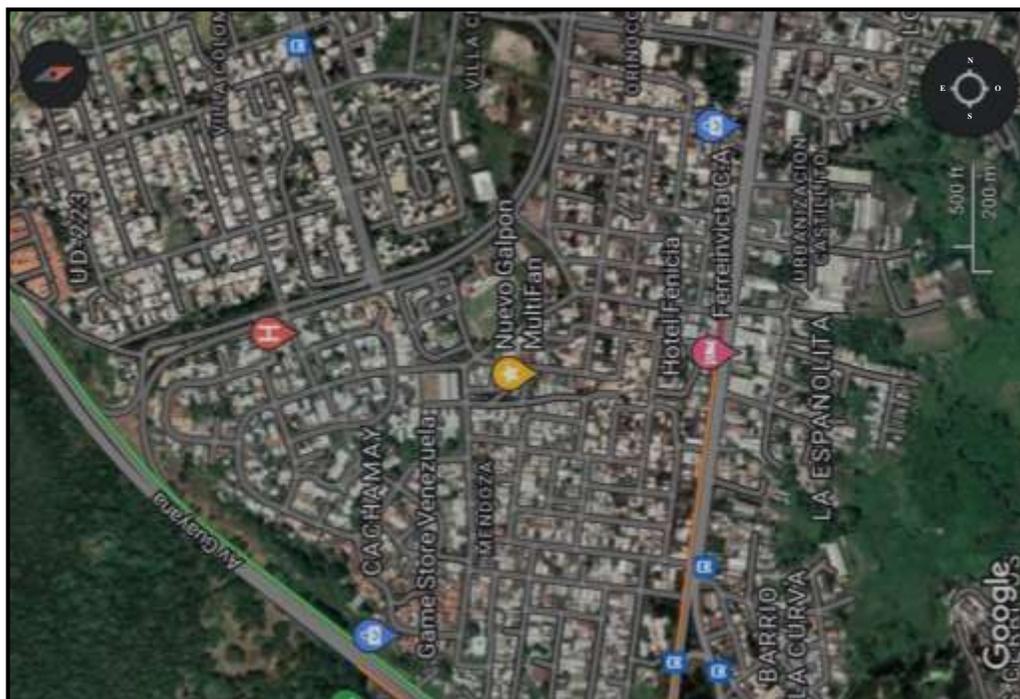


Figura 2.1 Vista satelital de la ubicación geográfica de la zona de estudio, CONAIRE, C.A. (Google Maps, 2023).

Tabla 2.1 Coordenadas del área de estudio (Elaboración propia)

Punto de Referencia Seleccionado		
	Norte (N)	Oeste (W)
Coordenadas	8° 18' 37,9"	62° 42' 22,8"

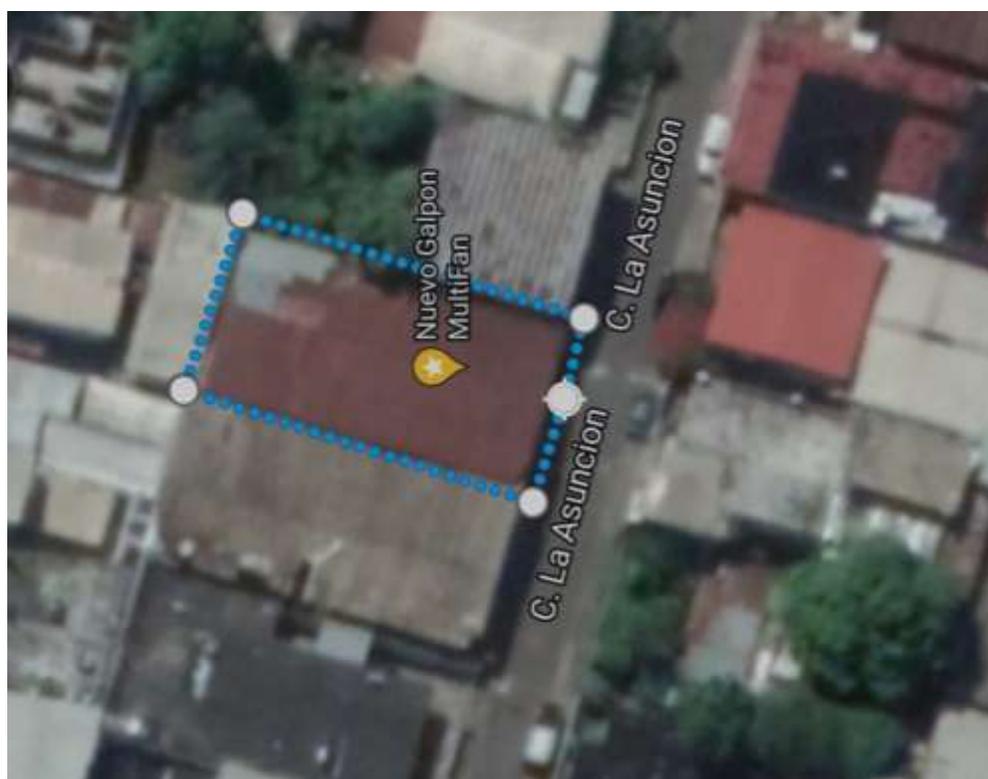


Figura 2.2 Vista satelital del punto de referencia seleccionada para las coordenadas

## 2.2 Acceso al Área de Estudio

Para acceder al área de estudio se puede entrar por la Calle La Asunción por medio de una de sus interacciones con la Calle Ote., Calle Tucupido y Calle La Pascua



Figura 2.3 Vista satelital de los puntos de acceso al área de estudio seleccionada

### **2.3 Misión**

La misión de CONAIRE, C.A. es la fabricación y comercialización de ventiladores comerciales e industriales. La compañía tiene el compromiso de ser una empresa con presencia en todo el país a través de un fuerte compromiso con el mejoramiento continuo en productividad y calidad de nuestros productos.

Tienen la voluntad de ser una empresa rentable, ya que este factor es el que les permite invertir en su futuro, para continuar creciendo y asegurando el bienestar de quienes pertenecen a la empresa y de todos lo que se relaciona con ella.

### **2.4 Visión**

Ser reconocidos como una empresa única y diferente en todos los aspectos relacionados a su ramo. Son una compañía que ve en el diseño, la innovación, la calidad de sus productos, el compromiso y la pasión de quienes trabajan en ella. Las fortalezas leen permitido triunfar en el país. No descansaran hasta lograr ser la compañía más importante del país en su rubro.

## **2.5 Objetivos de la Empresa**

### **2.5.1 Económico**

El objetivo económico de CONAIRE, C.A., es la obtención de beneficios, a través de la inclusión en el mercado de un producto que permita cubrir las necesidades de expansión, desarrollo, investigación y fabricación de nuevos productos y asegure su estabilidad en el mercado y empleo a quienes integran la empresa.

### **2.5.2 De Mercado**

CONAIRE, C.A., como un objetivo básico de mercado, tiene el de mantener niveles atractivos de múltiples precios que le permitan colocar en alto en cualquier época del año sus productos, garantizando de ésta manera las previsiones relativas a su participación y competencia en el mercado nacional de equipos de ventilación industrial.

### **2.5.3 Innovación**

CONAIRE ha asumido la necesidad del buen diseño de los productos como un factor clave para la competitividad en todo el mercado nacional. Con este objetivo, en el año 2010 se formó el Departamento de diseño y desarrollo compuesto por un grupo de técnicos y profesionales capaces de responder a las necesidades que surgen en cada etapa del proceso de desarrollo de productos.

Trabajar con un fuerte énfasis en la innovación, la eficiencia y calidad de los productos, permiten que MULTIFAN-CONAIRE, C.A. se mantenga competitivo dentro del mercado. Las visitas a ferias internacionales permiten una constante actualización de las tendencias del mercado, así como la opción de ampliar la oferta para las diversas líneas de productos.

Con el objetivo de acelerar y mejorar el proceso de diseño, se exploran vías alternativas, ya sea subcontratando servicios de diseño con profesionales y oficinas de diseño, como manteniendo una constante rotación de alumnos en práctica de distintas Universidades.

## **2.6 Historia**

CONAIRE C.A., surge en 1.980, en la avenida principal de Castillito, calle Hermandad, Puerto Ordaz, como una de muchas empresas venezolanas pioneras en la fabricación de equipos acondicionares de aire tipo central.

La total aceptación de CONAIRE, C.A., en nuestro mercado, es producto del exitoso binomio que conformaron sus fundadores Roberto Bienes y su esposa Soraya Onoris de Bienes; así como también de otros visionarios que tuvieron la fe y el coraje de fundar dicha planta, que es hoy todo un complejo productor.

Las instalaciones iniciales de la planta eran; con un área de 175 metros cuadrado. Su dotación de personal era de 12 trabajadores que laboraban en sólo un turno al día. Con esta combinación de recursos empezó CONAIRE, C.A., la conquista de un mercado que desde hacía años ya conocía otras marcas de aparatos generadores de aire acondicionado.

A los pocos años de su creación, CONAIRE, C.A., vio su primera expansión. El espacio físico ya no era suficiente y trasladó la fabricación de los gabinetes metálicos a un nuevo local de 250 metros cuadrados al cual llamó departamento de Metal, conformado por 15 personas y el departamento inicial, o sea; el ubicado en el primer local se llamó Ensamblaje y contaba con 18 personas. La separación entre locales era de 100 metros. Su producción aumentó a 135 toneladas mensuales de refrigeración.

Luego, en 1.994 CONAIRE, CA, sufrió una nueva expansión. Esta vez trasladó toda la planta hacia el Conjunto Industrial Unare II, en un sólo local. La situación lo ameritaba por razones de producción, se introdujeron modificaciones y se modernizaron los equipos producidos.

Después de un estudio de mercado CONAIRE, C.A crea un nuevo departamento dedicado al suministro e instalación de ventilación industrial principalmente al sector de las industrias básicas de Guayana basado en nuestra amplia experiencia. En 2008 desarrollaron la línea completa de ventiladores comerciales / industriales marca MULTIFAN destinados a todo el mercado nacional.

CONAIRE, C.A., cierra los departamento destinados a la fabricación de aire acondicionado producto de un mercado en declive debido a la poca demanda para esa época, inclinando toda su producción al departamento de MULTIFAN, manteniendo su aceptación en Venezuela en la fabricación de equipos Industriales que se equiparan a los mejores del país, empleando para ello, en un alto porcentaje, materia prima e insumos nacionales.

En el 2017 CONAIRE, C.A, se traslada a el Galpón № 18h En La Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz para seguir desempeñando su excelente labor con eficiencia, En la actualidad la compañía se encuentra dirigida por el gerente de operaciones y jefe de ventas, el ingeniero Manuel Córdova, encargado de gestionar la materia prima e insumos, la producción y ventas de todo el departamento de MULTIFAN.

El secreto del éxito en el mercado se atribuye tanto a la experiencia y profesionalismo del ingenieros y técnicos especializados en el desarrollo, fabricación y servicio de los equipos de la empresa, como a la alta calidad del personal que trabaja para quienes los distribuyen e instalan y que están todos en capacidad de ofrecer un total respaldo en ventas, proyectos, instalación y lo más importante: Mantenimiento y suministro de repuestos en todo el país.

A través del tiempo han ganado reputación por la calidad de los productos MULTIFAN en el uso de la tecnología como CAD/CAM corte por CNC y Balanceo Digital Dinámico, asesoría y soporte siempre desde el diseño al despacho somos muchas manos con una sola intención, su completa satisfacción.

A continuación se presenta el Organigrama de la nueva estructura organizativa de CONAIRE, C.A.

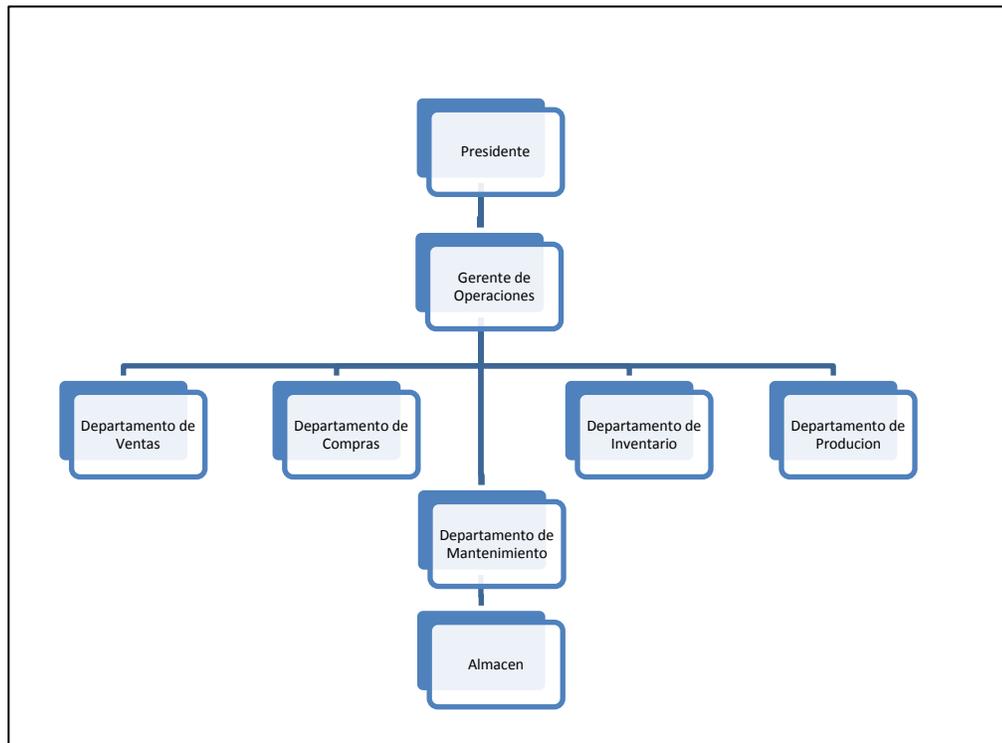


Figura 2.4 Organigrama General de CONAIRE, C.A.

## 2.7 Clima

De acuerdo al artículo publicado por Ochoa, M. (2019). Climas de Venezuela. Price Travel; el clima en Puerto Ordaz es de tipo tropical con lluvias durante todo el año. La temperatura oscila entre los 22 °C y los 28 °C, siendo abril y mayo los meses más calurosos ya que el termómetro puede llegar hasta los 33°C. Los meses más frescos son diciembre y enero, un par de grados menos en comparación con los meses más cálidos.

Por lo que Puerto Ordaz es un destino con lluvias durante todo el año. El periodo de mayo a julio es el más lluvioso con precipitaciones abundantes y constantes, mientras que la época más seca es entre enero y marzo cuando se presentan lluvias esporádicas y ligeras.

## **2.8 Temperatura promedio en Ciudad Guayana**

Siguiendo con el artículo anterior también se define que la temporada calurosa dura 1,9 meses, del 9 de marzo al 6 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. El mes más cálido del año en Ciudad Guayana es abril, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y mínima de 24 °C.

La temporada fresca dura 2,1 meses, del 5 de junio al 9 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El mes más frío del año en Ciudad Guayana es enero, con una temperatura mínima promedio de 22 °C y máxima de 32 °C.

## **2.9 Viento**

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. La velocidad promedio del viento por hora en Ciudad Guayana tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 5,1 meses, del 21 de diciembre al 25 de mayo, con velocidades promedio del viento de más de 11,2 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Ciudad Guayana es marzo, con vientos a una velocidad promedio de 14,2 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 6,9 meses, del 25 de mayo al 21 de diciembre. El mes más calmado del año en Ciudad Guayana es septiembre, con vientos a una velocidad promedio de 8,2 kilómetros por hora.

## **2.10 Topografía**

Hernández, J. (2012). Topografía, Altitud, Flora y Vegetación. Topographic-map, nos indica que la ciudad está situada a 13 msnm de altitud en la confluencia de los ríos Caroní y Orinoco. Se encuentra unida, por autopista, a Ciudad Bolívar y Upata y por carreteras a la Región Administrativa de Guayana. Además es terminal del ferrocarril minero de los yacimientos del Cerro Bolívar. El Puerto de Ciudad Guayana se ha reabierto por la reactivación del eje fluvial Apure-Orinoco.

### **2.11 Altitud**

1. Altitud mínima: 2 m.
2. Altitud media: 63 m.
3. Altitud máxima: 380 m.

### **2.12 Flora**

Flora y fauna del Edo. Bolívar (2012) la Flora de la región se destaca por una amplia variedad de Orquídeas. Dentro del mapa de vegetación actual de Venezuela del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables se clasifican zonas de formaciones vegetales en áreas Arbóreas, Arbustivas, Herbáceas, Mixtas y Áreas descubiertas, es decir, existen bosques, bosques de galerías y manglares, espinar y matorrales, chaparros, sabanas y vegetación especial; así mismo en la Dirección de Turismo de la Gobernación del Estado Bolívar se determinaron como ecosistemas naturales con potencial turístico en la identidad de los Ecosistemas de Bosques, Sabanas.

### 2.13 Vegetación

Debido a su inmensa extensión, la vegetación de la región de Guayana, con excepción de la generada por las nieves eternas de los Andes y los médanos de Falcón, es un muestrario de toda la vegetación que cubre el suelo venezolano; efectivamente, a través de su amplia geografía se encuentra vegetación halófila, que es la típica de los manglares; vegetación herbácea, de las sabanas; xerófito, que es la del espinar o bosque xerófito; la higrófila de las selvas y la propia del bosque nublado, propia de las laderas montañosas. La ubicación de estos tipos de vegetación, dentro del territorio guayanés, será dada en cada uno de los estados de la región.



Figura 2.5 Vegetación herbácea de la Sabana, Ciudad Guayana al Gurí.

## 2.14 Hidrografía

Según estudios realizados por el INAMEH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) (1998) Su red hidrográfica la conforma principalmente el río Orinoco, después el Caroní, el Caura, el Paragua, entre otros. Así mismo se encuentra la caída de agua más alta del mundo, el Churún-Merú, conocido como el Salto Ángel. En su mayoría los ríos son aprovechados para producir energía eléctrica, debido a sus fuertes torrentes, aquí se encuentra el embalse hidroeléctrico más importante del país. Hay que destacar que la región de Guayana es una de las reservas de agua más grande del mundo, la confluencia del Orinoco con el Caroní, es una de las cuatro hoyas hidráulicas mayores del planeta.



Figura 2.6. El punto donde se unen el Orinoco y el Caroní, en Ciudad Guayana.



Figura 2.7 El río Caroní, a la salida de la central hidroeléctrica Raúl Leoni en el Gurí.

### **2.15 Cuencas Hidrográficas**

La mayor parte del territorio está formado por el Macizo calinoso de Ciudad Guayana, el cual se caracteriza por ser un sector de montañas bajas con penillanuras moderadas o fuertemente onduladas, cuyas alturas oscilan entre los 40 y 350 msnm, flaqueadas por la Sierra Imataca al noreste y la cordillera de Carambola al Sur, donde se encuentran las elevaciones más significativas como los cerros Azul (556 msnm) y Murciélagos (455 msnm). El ámbito municipal está regado por los ríos Orinoco y Caroní. A la cuenca del primero drenan los ríos Upata y sus afluentes, Yocoima y El Platanal, al occidente desemboca el pequeño río La Ceiba. Al segundo tributan los ríos Ure y Retumbo, principalmente.

## **2.16 Características Geomorfológicas**

En Ciudad Guayana están presentes tres tipos de paisajes: Planicie, Peniplanicie y Lomerío. La Topografía de los paisajes de planicie es plana con pendientes entre 0-4%. Los paisajes de planicie presentan una topografía severamente ondulada con pendientes de 4-16% y los paisajes de Lomerío son de topografía ondulada a fuertemente ondulada y están constituidos por relieves de lomas cuyas pendientes son mayores de 8%.

## **2.17 Geología**

Depósitos sedimentarios recientes suprayantes a la proyección geológica Imataca. Cuenta con depósitos aluviales de gravas y arenas, depósitos de arcillas y lomos de greisses feldespáticos y graoníticos.

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

Fernández Acuña, Mónica de acuerdo a su proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción (2018) desarrolló una investigación de título “PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL POLIDEPORTIVO DE CARTAGO”. Con el cual el proyecto realizado se encargó de satisfacer las necesidades y ofrecer una herramienta para clasificar el estado de las instalaciones e infraestructuras, mediante un programa de mantenimiento con actividades como limpieza, pintura, reparación y sustitución de elementos dañados. Y se concluyó lo siguiente:

**1.**Se persiguen ciertos objetivos, en primera instancia, una cronología o línea de tiempo con las principales intervenciones y construcción de instalaciones hechas en el polideportivo, permitiendo obtener un estimado de la vida útil de las estructuras.

**2.**Se llevó a cabo un diagnóstico de las patologías o fallas presentes en las estructuras, para lo cual fue necesario un levantamiento aproximado de dimensiones de las estructuras en estudio, las cuales constan del gimnasio principal, tres canchas de tenis, dos de ellas techadas, una cancha multiuso, un gimnasio multiuso, una

cancha sintética una piscina pedagógica y una olímpica, una soda, un centro de capacitaciones, la casa de máquinas, el pasillo techado, entre otras.

Gómez Pazmiño, Michel Ángelo en su trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero industrial desarrolló la siguiente investigación (2019) titulada “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL TALLER DE METALMECÁNICA DE LA EMPRESA ENSAMBLAJES S.A”. En el cual su primordial objetivo proponer una solución para minimizar las paras en los procesos y prolongar la vida útil en las máquinas del taller de metalmecánica de la empresa Ensamblajes S.A, consiguiendo con ello reducir los costos que se generan por mantenimientos correctivos. Posteriormente el autor obtiene las siguientes conclusiones:

**1.** Se puede concluir que las condiciones en las que se encuentran actualmente las máquinas del taller de metalmecánica de Ensamblajes S.A, no garantizan una producción continua por lo cual, si se mantienen en esas condiciones, pueden llegar a tener daños graves y altos costos por mantenimiento correctivos.

**2.** Se da a conocer que el proponer un plan de mantenimiento preventivo, no necesariamente indica que nunca las máquinas vayan a fallar o se eliminen las paras imprevista en las misma, el propósito de tener un plan es de que la empresa y los trabajadores hagan conciencia de lo necesario que es tener las máquinas en buen estado, libres de polvo, que se les dé un constante chequeo para poder prolongar su tiempo de vida útil y que funcionen de forma óptima, para que así respondan a la demanda de producción que tiene la empresa.

Zea Tomero, Cristina en memoria para optar al grado de Doctor desarrolló la siguiente investigación en Madrid (2019) titulada “RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS INTELIGENTES Y MEDIOAMBIENTALMENTE ACEPTABLES BASADOS EN NANOPARTÍCULAS DE SÍLICE”. El principal objetivo de esta tesis doctoral ha sido sintetizar y caracterizar una nueva generación de diferentes nanocontenedores de sílice mesoporosa, cargarlos con un inhibidor de corrosión medioambientalmente aceptable y encapsularlos mediante la aplicación de un recubrimiento polimérico inteligente.

Posteriormente, evaluar su capacidad inhibidora y de liberación controlada del compuesto activo, bajo demanda en función del pH del medio agresivo, siendo a continuación integrados en diferentes recubrimientos tipo sol-gel para evaluar así, su capacidad de protección. En la cual la autora llegó a las siguientes conclusiones:

**1.** Se ha conseguido sintetizar con éxito, tanto nanopartículas mesoporosas de sílice, como novedosas nanopartículas mesoporosas de sílice de núcleo hueco. Estas últimas, a partir de una nueva ruta de síntesis que ha permitido un incremento significativo de la cantidad de especie activa cargada, respecto a las cápsulas mesoporosas convencionales (+24%).

**2.** Se ha confirmado mediante curvas de polarización lineal, que el fosfomolibdato de sodio ofrece un excelente comportamiento sobre acero al carbono y puede considerarse como un inhibidor de corrosión medioambientalmente aceptable.

3. Una de las conclusiones más relevantes de la presente Tesis Doctoral, es que los resultados demuestran que las nanopartículas diseñadas en este estudio, se comportan también de manera inteligente en ausencia de cápsula externa. Esto se debe a la particularidad de las especies de molibdeno y fósforo y la influencia del pH en la formación de las mismas. Esto puede suponer un avance interesante para prescindir de la cápsula y agilizar el proceso de síntesis, evitando la etapa de encapsulado y facilitando su escalado industrial.

4. El efecto beneficioso de la presencia de nanopartículas en los recubrimientos, se ha verificado mediante los mapas de potencial obtenidos en la SKP, alrededor de un defecto generado de manera artificial, observándose una disminución significativa en la diferencia de potencial entre los defectos y las áreas intactas en el caso de recubrimientos cargados, respecto a los recubrimientos en blanco de referencia.

5. Los mapas de densidad de corriente obtenidos mediante LEIS, también confirman la capacidad anticorrosiva de las nanopartículas, al observarse una menor extensión de la zona afectada con el paso del tiempo, respecto al caso de los recubrimientos de referencia.

Hernández Vargas, Mireya Lizbeth para optar por el grado de: maestro en ingeniería desarrolló en el año (2013) su tesis titulada “SÍNTESIS DE RECUBRIMIENTOS POLIMÉRICOS INTELIGENTES” En este trabajo se investigaron las condiciones de síntesis para incorporar nanopartículas inorgánicas sobre una matriz de látex poliacrílico conformados por los monómeros acrilato de butilo, metil metacrilato y ácido acrílico.

Dicha formulación es utilizada en la producción de recubrimientos comerciales, vía polimerización en emulsión por radicales libres, además se estudió el efecto de factores tales como la concentración y tipo de nanopartículas sobre la estabilidad de la emulsión, conversión monomérica, formación de aglomerados, peso molecular, temperatura de estabilidad térmica y viscosidad. Los resultados muestran que fue posible sintetizar látex nano estructurados estable a distintas concentraciones de nanopartículas (entre 1 y 3%g/g). Más aun, es posible obtener películas (recubrimientos) del secado de las emulsiones control y de los látex nanoestructurados, los cuales son transparentes a la luz visible, sugiriendo una buena dispersión en emulsiones de SiO<sub>2</sub>, Bentonita y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, además de que algunas emulsiones adoptan el color característico de las nanopartículas incorporadas.

A la vista de los resultados obtenidos de dichos análisis se concluye lo siguiente:

Es posible sintetizar recubrimiento poliacrílico con y sin incorporación de nanopartículas inorgánicas, vía radicales libre en polimerización en emulsión en proceso Batch. Obteniéndose emulsiones estables. Esta estabilidad se observó hasta por un periodo de 6 meses sin detectarse sedimentación de las partículas de látex. De acuerdo análisis de conversión y aglomerados se observó que la conversión del poliacrílico se ve afectada por la incorporación de las nanopartículas inorgánicas, es decir, la conversión disminuye conforme incrementa el porcentaje de nanopartículas.

## **3.2 Bases Teóricas**

### **3.2.1 Estructura Metálica**

Mc Cormick J. (1992). “Cuando hablamos de una estructura metálica nos referimos a cualquier estructura que esté formada principalmente por materiales metálicos, comúnmente de acero. Uno de los sectores donde son más utilizadas es el industrial, ya que estos tipos de estructuras son idóneas para la construcción gracias a la versatilidad que presentan y a su coste de producción”. pág. 68

Tomando lo anterior en cuenta, se define un galpón como una construcción techada adaptable a un gran número de usos, cuya separación entre columnas permite grandes espacios libres de obstrucciones, con mayor libertad para la distribución de la tabiquería interna y un mayor aprovechamiento de las áreas útiles. Por lo general son estructuras de un solo nivel, con pavimento y fachadas, cerradas o no. Eventualmente pueden contener entrepisos destinados a usos administrativos o de depósito. En todo caso, las características de estas estructuras conducen a importantes economías en la solución del sistema de fundaciones.

Entre los tipos de galpones encontramos diferentes tipos de construcciones, las cuales dependerán exclusivamente del uso o solicitaciones al cual será sometido. Entre ellos se encuentran galpones de hormigón, madera, tungsteno y reticulado. Cada uno de estos puede o no llevar accesorios adjuntos a la estructura con el fin de dar una mejor estética y durabilidad a la obra.

### 3.2.2 Componentes de un galpón

La solución más rápida y económica de los galpones consiste en estructuras sencillas de acero, que pueden normalizarse aplicando soluciones modulares. Las estructuras de los galpones están formadas por pórticos separados a distancias convenientes, los cuales pueden ser de vigas laminadas, soldadas o de vigas de celosía. Sobre los pórticos se apoyan las correas que soportan el material de cubierta del techo. Las correas que soportan el material de cerramiento de las fachadas se denominan largueros, y se apoyan rectamente sobre las columnas. Por facilidades constructivas, para los largueros se emplean perfiles laminados de sección tipo canal.

Cuando la separación entre columnas es muy grande, se recomienda apoyar el material de cubierta de las fachadas sobre unos miembros verticales intermedios llamados paraleles, normalmente resueltos con perfiles doble T o I.

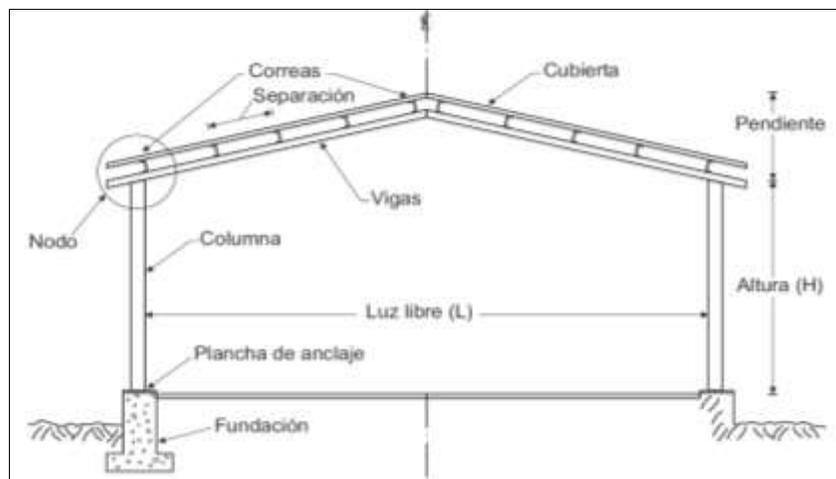


Figura 3.1 Componentes típicos de un galpón, Proyecto y Construcción de Galpones Modulares (Arna et al. 2014).

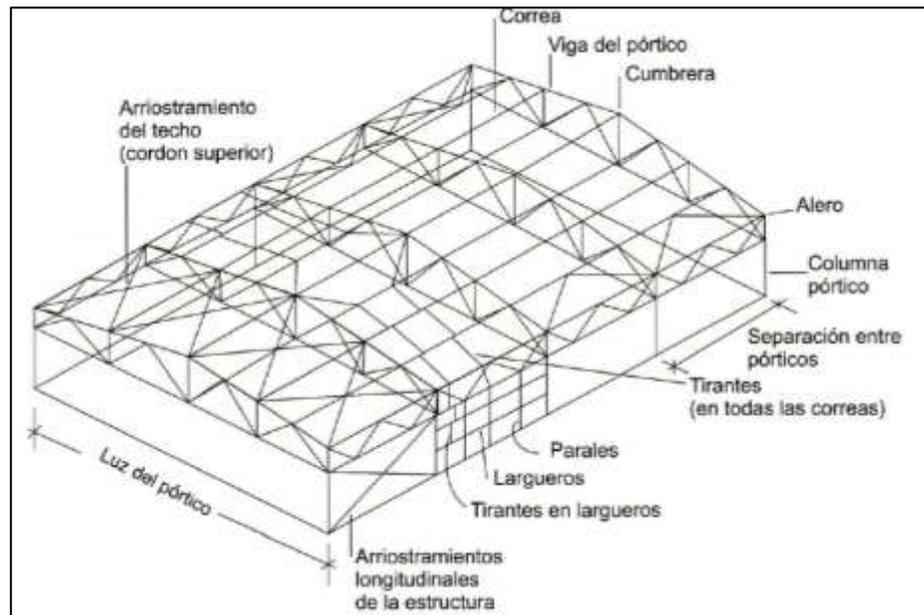


Figura 3.2 Componentes típicos de los galpones, Proyecto y Construcción de Galpones Modulares (Arna et al. 2014).

Para garantizar la rigidez y resistencia necesarias para las solicitaciones producidas por las acciones del viento, el sismo, y las grúas móviles, entre otras, se dispone de los arriostamientos, tanto del techo como de las fachadas, por lo general con perfiles L dispuestos en cruces de San Andrés, que son los encargados de canalizar y transmitir las solicitaciones a las fundaciones.

Los galpones pueden clasificarse atendiendo a múltiples variables, así por ejemplo en el universo de los galpones para uso industrial, su clasificación se hace en función de la capacidad de las grúas (que a su vez condiciona la altura del riel) en: semi-livianas, livianas, semi-medianas, medianas, semi-pesadas y pesadas. Una clasificación más universal es la que se muestra en la Figura 3.3.

Los galpones de un solo tramo se utilizan donde se necesitan grandes espacios interiores, libres de columnas, tales como gimnasios y auditorios, o en áreas pequeñas, tales como casetas, estacionamientos, oficinas, pequeños locales comerciales. En edificaciones de gran anchura, donde las columnas interiores no constituyen un inconveniente, como pueden ser hospitales y oficinas, suele emplearse el galpón de vanos múltiples.

Las estructuras a una sola agua, de pendiente suave, se utilizan para extensiones o ampliaciones laterales de manera de obtener espacios útiles adicionales, cerrados o abiertos. Para aprovechar la iluminación natural se utiliza el techo en forma de diente de sierra, cuyo lado corto se resuelve con material translucido el cual se apoya sobre una cara que puede ser vertical, inclinada o curva, tal como se muestra en la Fig. 3.3.

Número de tramos	Techo		Estructura	
	Inclinación	Forma	Pórticos	Forma
Simple	A dos aguas	Plana	Perfiles laminados, soldados, compuestos	Sección constante
Simple con anexo	A un agua	Arcos	Atrilado	Sección variable
Múltiples		Circular	Colexia Warren	Triangular
		Diente de sierra	Colexia Pratt	Trapezoidal
				Arcos
				Circular

Figura 3.3 Tipos de Galpones. Proyecto y Construcción de Galpones Modulares (Arna et al. 2014).

### **3.2.3 Ventajas y desventajas del acero como material estructural**

Según McCormac (2012), explica que algunas de las ventajas del acero son las siguientes:

**1. Fusibilidad:** Es la facilidad de poder dar forma a los metales, convirtiéndolos de sólidos a líquidos y colocándolos en moldes.

**2. Forjabilidad:** Es la capacidad de soportar las variaciones de formas, en estado sólido caliente, mediante acciones mecánicas sin pérdida de su cohesión.

**3. Maleabilidad:** Propiedad que permite modificar su forma a temperatura ambiente en láminas, mediante la acción de martillado y estirado.

**4. Facilidad de corte:** Es la capacidad de poder separar el metal en pedazos, por medio de una herramienta cortante adecuada, como sierra y soplete.

**5. Soldabilidad:** Consiste en la unión de dos metales por presión y fusión hasta formar un cuerpo único.

**6. Alta Resistencia:** La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras; esto es de gran importancia en puentes de

grandes claros, en edificios altos y en estructuras con malas condiciones en la cimentación.

**7. Uniformidad:** Las propiedades del acero no cambian considerablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

**8. Elasticidad:** Es la propiedad de los cuerpos de recuperar su estado primitivo al cesar la fuerza que los deforma.

**9. Durabilidad:** Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado, esto quiere decir que duraran indefinidamente. Investigaciones, indican bajo ciertas condiciones que no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura.

**10. Ductilidad:** Es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin romperse bajo altos esfuerzos de tensión.

**11. Tenacidad:** Resistencia a la rotura por tracción que tienen los cuerpos debido a la cohesión de sus moléculas. Es una propiedad que aumenta debido a tratamientos mecánicos adecuados, como el laminado, martillado, etc.

El mismo autor explica las desventajas del acero, las cuales son las siguientes:

**1. Costo de mantenimiento:** La gran parte de los aceros son susceptibles a la corrosión ya que están expuestos al aire y al agua, por consiguiente, deben pintarse periódicamente. Aunque los aceros intemperados pueden ser bastante efectivos en ciertas situaciones para limitar la corrosión, hay muchos casos donde su uso no es factible.

**2. Protección contra el fuego:** Algunos miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente durante los incendios, cuando los otros materiales de un edificio se queman. El acero es un excelente conductor de calor, de manera que los miembros de acero sin protección pueden transmitir suficiente calor de una sección o comportamiento incendiado de un edificio a secciones cercanas del mismo edificio e incendiar el material presente. En consecuencia, la estructura de acero de un edificio debe protegerse con materiales con ciertas características aislantes o el edificio deberá acondicionarse con un sistema de rociadores para que cumpla con los requisitos del código de construcción.

**3. Susceptibilidad al pandeo:** De acuerdo con la esbeltez que obtenga el elemento de acero, mientras más largos y delgados, mayor es el peligro de flexión. Como ya se indicó previamente, el acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al usarse como columnas no logra ser muy económico ya que al ser sometido a compresión, tiende a pandearse y debe usarse bastante material, solo para hacer más rígidas las columnas contra el posible pandeo.

**4. Fatiga:** La resistencia de un elemento de acero estructural se puede ver afectada si se somete a un gran número de cambios de magnitud de esfuerzo y permanentes en el tiempo.

**5. Oxidación y Corrosión:** Al estar en presencia de oxígeno, el acero se oxida, formando una capa de óxido, lo que hace que haya una pérdida de resistencia y a su vez, en presencia de humedad y agua, el material pierde las funciones químicas y se deteriora. (McCormac, 2012).

#### **3.2.4 Mantenimiento de una estructura**

Una de las principales etapas del ciclo de vida de una estructura es el mantenimiento, desde su concepción durante el diseño y ejecución debe considerarse su relevancia en la escogencia de materiales, la calidad de estos y la función dentro del inmueble. Como cualquier otro producto, una estructura se deteriora con el tiempo y pierde su valor.

Es por esta razón que muchos autores hacen referencia a este concepto y de su importancia, ya que no solamente afecta la perspectiva y confort de las personas, sino que un mal desarrollo de esta práctica trae consecuencias económicas e, incluso, estructurales en los proyectos, por lo que según Arencibia (2008), el mantenimiento no es más que:

“Trabajos que deben realizarse de forma cíclica para la atención de equipos y de los elementos componentes de las construcciones con el fin de subsanar sus deficiencias y mantener de manera eficaz los servicios que brinden con énfasis especial de aquellas partes que por su uso continuado o por su ubicación se encuentran más expuestos al deterioro”(Arencibia, 2008, p.3).

Por lo que un mantenimiento adecuado sobre un inmueble garantiza una prolongación de su vida útil, o bien, un avance lento del deterioro, convirtiéndose en una actividad que todos los que hagan uso de la estructura deben realizar y de una forma rutinaria. Las características y reparaciones dependerán estrictamente de la tipología constructiva, época y materiales que se emplearon para su construcción.

El proceso de deterioro, como se detallará más adelante, se relaciona con la interacción de la estructura con el entorno, ya que estas se ven degradadas por elementos ambientales como cambios térmicos, luz solar, humedad, lluvia y, en términos generales, por su uso, además de los factores biológicos y químicos que contribuyen. De forma que el plan de mantenimiento es único para cada estructura, ya que un programa de mantenimiento equivocado no sería rentable en primera instancia y no atacaría la problemática que presente el inmueble; sería inservible. El nivel adecuado de mantenimiento dependerá de varias consideraciones: a) El tipo de estructura, b) Tamaño de la misma, c) Antigüedad del inmueble, d) La zona donde está ubicada.

### **3.2.4.1 Clasificación del mantenimiento**

Actualmente, existen muchas formas de clasificar el mantenimiento, por ejemplo, dependiendo del tipo de proyecto o el momento en el que se realiza. Esta última es la más empleada hoy día. El mantenimiento según el momento se divide en:

**1. Mantenimiento preventivo:** Este tipo de mantenimiento con lleva un conjunto de operaciones de inspección programada o planificada de forma periódica de las estructuras, para prever y evitar posibles fallos que conlleven a problemas de funcionamiento, además de ser una forma de mitigar el deterioro, prolongando la vida útil del inmueble.

**2.** La principal finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir deficiencias antes de que estas provoquen daños. También, se trata de una actividad destinada a evitar gastos mayores, ya que el costo de reparación o sustitución de elementos dañados tienen un valor más elevado.

**3. Mantenimiento correctivo:** Consta de operaciones con el fin de corregir o reparar un fallo de la estructura a nivel funcional o de servicio que debe ser atendido antes de que se complique y pueda convertirse en un daño estructural irreversible. La diferencia con el mantenimiento preventivo es que este se realiza una vez que exista un daño o deterioro avanzado y no pueda ser corregido con métodos preventivos. Para este tipo de mantenimiento, existen dos enfoques, estos son:

4. Mantenimiento paliativo (arreglo): Se corrige la falla, pero no se elimina la fuente del daño o causa.

5. Mantenimiento curativo, o bien reparación: Se corrige tanto la falla como la causa de origen, evitando que esta vuelva a desarrollarse y generar el daño.

Aunque el realizar un mantenimiento correctivo es una situación no deseada es inevitable, ya que este no puede ser eliminado en su totalidad, por lo que su buen empleo asegura reparaciones definitivas a las fallas en el momento en el que estas se presenten. Entre los ejemplos más comunes que se asocian a este tipo de mantenimiento esta la sustitución de elementos por acción de la corrosión. Entre los pasos para realizar un adecuado mantenimiento correctivo, según Olivares (2015), están: a) Registro del daño o fallo, b) Planificación y previsión de las medidas a seguir, c) Ejecución de la medida (reparación sustitución), d) Seguimiento, e) Resolución del daño.

### **3.2.5 Relación de costos del Mantenimiento**

Los costos de mantenimiento generan una inversión importante que repercute sobre el presupuesto de las entidades. Incluso, se dice que el gasto por mantenimiento de una estructura durante su vida útil es más importante que los costos de construcción. Por lo que una correcta planificación conlleva a la reducción de estos gastos, al asignar el presupuesto o recursos necesarios, tanto económicos como humanos, para satisfacer las labores de mejoras que se requieran.

### **3.2.5.1 Plan de Mantenimiento**

Un plan de mantenimiento es la herramienta de aplicación de procedimientos normalizada para desarrollar acciones preventivas y correctivas sobre una o varias estructuras atendiendo las necesidades de estas que surgen con el paso del tiempo.

Esta herramienta demanda tiempo para su elaboración, partiendo de la inspección, estudio de las patologías, causas y gravedad de estas, las soluciones, además del permanente monitoreo, controlando la frecuencia y el personal que se requiere para cada una de las tareas.

Un plan de mantenimiento se convierte en un registro documentado. Su nula existencia hace del mantenimiento una labor que depende de una persona y de su memoria, por lo que, en caso de que este deje su labor, no se tiene información de los trabajos hechos ni la forma en la que fueron abordados y, de existir informes, estos pueden perderse.

Para conocer la estructura, es importante tener acceso a planos con dimensiones y tipos de materiales empleados, esto permitirá capacitar a los equipos de mantenimiento. También, es de mucha ayuda contar, si es posible, con el registro de pasadas reparaciones. Pero, por lo general, los planes de mantenimiento se realizan cuando aparecen los primeros daños.

En forma general, los planes o guías de mantenimiento son esenciales para corregir el deterioro en las estructuras y tener los procedimientos para atacar cada problema.

### **3.2.5.2 Patológicas más importantes sobre estructuras metálicas**

❖ **Corrosión:** esta patología es una de la más importante y frecuente que se presenta en obras de acero, ya sea en elementos de carácter estructural como en el caso de accesorios. La corrosión es un fenómeno que afecta la superficie general de los elementos de acero inicia con la oxidación, más conocido como herrumbre, se trata de la presencia de una capa de color rojizo, fino, granulado, pero, a medida que transcurre el tiempo, se convierte en pequeñas escamas sobre la superficie. Se origina al contacto del oxígeno o aire con el hierro presente en el acero. Desgasta el elemento hasta convertirse en corrosión, lo cual implica el deterioro de las propiedades físicas y químicas. Se crean dos zonas, la anódica, donde se produce la disolución del metal (corrosión) y la catódica, donde el metal permanece inmune.

La corrosión se clasifica según diferentes consideraciones como por ejemplo el medio y la forma. A nivel de construcción, es más común utilizar la clasificación según la forma en la que se presenta y las causas, pero también es muy usada la clasificación según la gravedad.

Entre los principales factores externos que determinan la intensidad del deterioro causado por la corrosión están: el tiempo de residencia de la película de electrolito sobre la superficie del metal; la composición química de la atmósfera (contaminación del aire con gases, vapores ácidos y aerosoles del mar); la temperatura del ambiente.

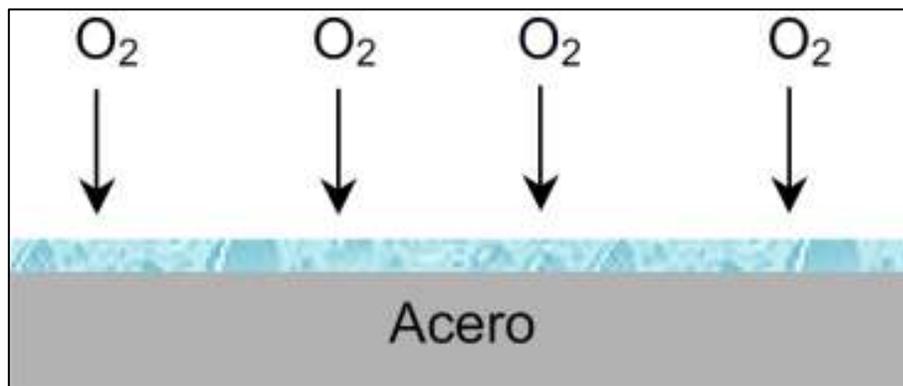


Figura 3.4. Esquema básico para que se desarrolle el proceso de corrosión

Los principales contaminantes atmosféricos que afectan el proceso de corrosión son NaCl y SO<sub>2</sub>. El NaCl se incorpora al ambiente desde el mar, siendo sus efectos más notorios cerca de la orilla. El SO<sub>2</sub> se encuentra en atmósferas impurificadas por humos industriales y en contacto con el agua que cae da lugar a la llamada lluvia ácida. Ambas sustancias estimulan grandemente la corrosión ya que aumentan la actividad de la película acuosa.

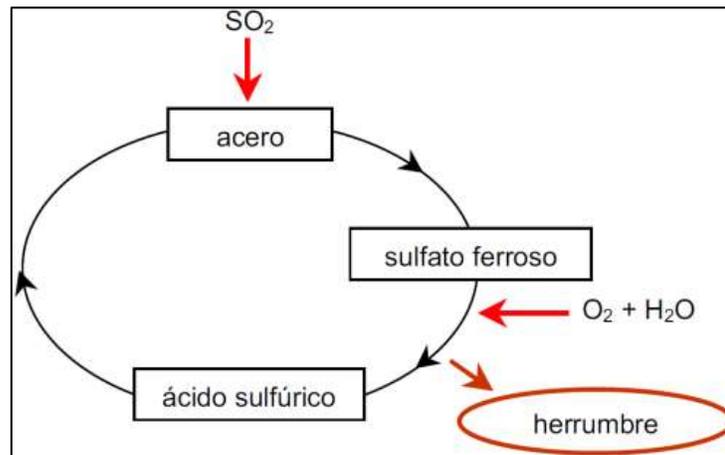


Figura 3.5. Proceso cíclico de formación de herrumbre en atmósferas contaminadas con  $\text{SO}_2$ .

Por todo lo expuesto resulta evidente que el comportamiento del acero frente a la corrosión depende de la ubicación geográfica de la exposición, de su temperatura y humedad relativa y del contenido de poluentes. Ello es presentado en la Tabla 4.1.

Tabla 3.1 Velocidad de corrosión del acero al carbono en distintos puntos geográficos

<b>Atmósfera</b>	<b>Velocidad de corrosión <math>\mu\text{m.año}^{-1}</math></b>
Polar	1
Rural árida	5
Rural marina	13
Industrial	14 – 51
Urbana	19 – 23
Rural	20 – 28
Semi-industrial	28 – 48
Industrial marina	94
Marina	132 – 686
Marina – sobre la playa	1070

Emisiones de piscinas y su afectación sobre las estructuras: Agentes externos, como la humedad tienden a ser un factor o causa de problemas en estructuras ya que, al perder su protección de las capas de pintura u otros sistemas como el galvánico. Si ya las condiciones ambientales causan estos fenómenos, la presencia de una piscina va a agravarlos, pues esta genera emisiones al evaporarse el agua, llevando consigo elementos químicos como el cloro.

❖ Daño en pintura: Otra de las patologías más importantes que afecta las diferentes estructuras en especial las de acero es el daño en pintura, incluso, es la primera falla que suele mostrarse con el paso del tiempo. La pintura, al tratarse de la inmediata defensa de los elementos y al verse afectada por las condiciones o factores externos, es la primera en presentar ciertas afecciones como agrietamientos, ampollamiento, descamación e incluso decoloración.

La resistencia de la pintura ante estas patologías no solamente depende de usar los mejores materiales para su producción, sino también de la forma de aplicación bajo los parámetros descritos en las normas técnicas, la criticidad del ambiente donde se aplique, la mano de obra que la coloque y el mantenimiento que se le dé; con frecuentes retoques y limpieza. Es evidente que muchas de estas condiciones no se cumplen y hace que las pinturas tengan una vida útil más reducida, generando problemas como los antes mencionados, exponiendo los elementos estructurales y no estructurales, a desgaste y falla. Los daños en la pintura se pueden representar de la siguiente manera:

**1.** Ampollamiento, según la norma ASTM D714, 2002, “Evaluación del grado de ampollas (Blistering) de pinturas” el ampollamiento o blistering es un fenómeno peculiar de las superficies pintadas que consiste en la formación de ampollas en relación con alguna debilidad del sistema.

**2.** Agrietamiento, es otra de las principales patologías que sufren las pinturas. El agrietamiento es un fenómeno manifestado en películas de pintura por roturas leves en la película que no penetran a través del último recubrimiento aplicado.

**3.** Descamación, la descamación o scalings es un fenómeno que se manifiesta en las películas de pintura por el desprendimiento real de las piezas de la película, ya sea de su sustrato o de la pintura aplicada. Además, esta patología, generalmente, está precedida por agrietamiento o formación de ampollas, y es el resultado de la pérdida de adhesión, generalmente debido a factores de tensión y deformación que entran en juego sobre la superficie de los elementos.

El ataque de los fenómenos atmosféricos y ciertos agentes contaminantes, producen corrosión en el acero en forma de herrumbre u óxido (óxido de hierro hidratado). En el caso de las estructuras metálicas, son fundamentales la revisión y el cuidado continuo.

Toda estructura metálica que esté expuesta a factores externos de corrosión, como viento, lluvia, salinidad, entre otros, sufre daños significativos que afectan la resistencia, durabilidad y estética de este elemento. Es por eso, que el proceso de acabado superficial y final es importante, para extender la vida útil de una inversión en infraestructura.

En Agosto de 2018, Carro Rodríguez, Jorge reportó en un artículo “El Futuro de los recubrimientos: “Smart Coatings” frente a la corrosión para la industria offshore” En este artículo se pueden observar los avances recientes en la producción de recubrimientos ya que se intentan utilizar sistemas combinados de protección contra la corrosión con objeto de expandir la vida útil del recubrimiento y proporcionar una inhibición de la corrosión duradera en el tiempo y en medios altamente corrosivos.

En este sentido, Rodríguez define el “Smart Coatings” o “recubrimientos inteligentes”, como aquellos capaces de adaptarse de manera dinámica a los estímulos del exterior, para proporcionar una respuesta ante ellos. Algunos ejemplos de este tipo de recubrimientos son recubrimientos antimicrobianos, pinturas anti incrustantes (anti fouling), recubrimientos auto curables y con auto limpieza, recubrimientos con nanocápsulas, entre otros.

Por otra parte, la reparación de los daños visibles o internos en los revestimientos se puede lograr utilizando técnicas convencionales, pero estas son complicadas y costosas, por lo que industrialmente no son aplicables y la cuestión más importante es la necesidad de hacer frente a los defectos internos y a los daños ocultos o invisibles. En consecuencia, el desarrollo de nuevos revestimientos inteligentes con capacidad de auto reparación constituye una tecnología muy importante para tratar eficazmente con grietas internas o daños difícilmente invisibles.

Además, al formarse a base de componentes nanométricos, las propiedades del material varían al disminuir el tamaño de las nanopartículas, pues con ella varía la relación superficie/volumen y también debido a efectos cuánticos (confinamiento cuántico). Por lo tanto, los materiales de tamaño nanométrico presentarán unas propiedades diferentes a las que tienen en su forma macroscópica.

Las técnicas de fabricación de los materiales nanométricos pueden dividirse en dos tipos. Los procesos que comienzan con la fabricación de materiales normales, que se van reduciendo hasta alcanzar la escala nanométrica. Estos métodos ofrecen fiabilidad y complejidad en los dispositivos, aunque normalmente conllevan elevados costes energéticos, una mayor imperfección en la superficie de las estructuras, así como problemas de contaminación.

Por otro lado, la fabricación mediante otro método supone la construcción de estructuras, átomo a átomo, o molécula a molécula. El grado de miniaturización alcanzable mediante este enfoque es superior al que se puede conseguir con los procesos top-down, ya que hoy día se dispone de una gran capacidad para situar átomos y moléculas individuales en un lugar determinado.

Estos tipos de recubrimientos se basan en la habilidad que tienen para reparar de manera automática e independiente cualquier tipo de imperfección o daño que se produjera en el recubrimiento. Para conseguir este efecto se utilizan dos tipos de tecnologías: adición de nanocápsulas poliméricas o bien inhibiendo las zonas potenciales de corrosión a través de inhibidores.

El método más usado es el de adicionar microcápsulas que actúen directamente en las zonas dañadas. Estas microcápsulas contienen algún tipo de nanopartícula líquida, sólida o gaseosa, que da lugar a la reparación del recubrimiento. Este tipo de nanomateriales fueron aplicados por primera vez en el año 2001. La actuación que tienen estos tipos de recubrimientos ante la presencia de un defecto (grieta) en la pintura. En este caso, cuando el daño generado rompe la cápsula, se desprende el monómero que contiene, que reacciona con el catalizador existente en el recubrimiento, para sellar la grieta.

### **3.3 Bases legales**

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
Gaceta Oficial Extraordinaria N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1.999.

Artículo 26. Toda persona tiene derecho de acceso a los órganos de administración de justicia para hacer valer sus derechos e intereses, incluso los colectivos o difusos, a la tutela efectiva de los mismos y a obtener con prontitud la decisión correspondiente. El Estado garantizará una justicia gratuita, accesible, imparcial, idónea, transparente, autónoma, independiente, responsable, equitativa y expedita, sin dilaciones indebidas, sin formalismos o reposiciones inútiles. (p. 312.172)

Artículo 27. Toda persona tiene derecho a ser amparada por los tribunales en el goce y ejercicio de los derechos y garantías constitucionales, aun de aquellos inherentes a la persona que no figuren expresamente en esta Constitución o en los instrumentos internacionales sobre derechos humanos.

El procedimiento de la acción de amparo constitucional será oral, público, breve, gratuito y no sujeto a formalidad, y la autoridad judicial competente tendrá potestad para restablecer inmediatamente la situación jurídica infringida o la situación que más se asemeje a ella. Todo tiempo será hábil y el tribunal lo tramitará con preferencia a cualquier otro asunto.

La acción de amparo a la libertad o seguridad podrá ser interpuesta por cualquier persona, y el detenido o detenida será puesto o puesta bajo la custodia del tribunal de manera inmediata, sin dilación alguna.

El ejercicio de este derecho no puede ser afectado, en modo alguno, por la declaración del estado de excepción o de la restricción de garantías constitucionales. (p. 312.172)

Artículo 117. Todas las personas tendrán derecho a disponer de bienes y servicios de calidad, así como a una información adecuada y no engañosa sobre el contenido y características de los productos y servicios que consumen, a la libertad de elección y a un trato equitativo y digno. La ley establecerá los mecanismos necesarios para garantizar esos derechos, las normas de control de calidad y cantidad de bienes y servicios, los procedimientos de defensa del público consumidor, el resarcimiento de los daños ocasionados y las sanciones correspondientes por la violación de estos derechos. (p. 312.178)

Artículo 129. Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.

En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley. (p. 312.179)

Artículo 178. Son de la competencia del Municipio el gobierno y administración de sus intereses y la gestión de las materias que le asigne esta Constitución y las leyes nacionales, en cuanto concierne a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la de la política referente a la materia inquilinaria con criterios de equidad, justicia y contenido de interés social, de conformidad con la delegación prevista en la ley que rige la materia, la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las siguientes áreas:

**1.** Ordenación territorial y urbanística; patrimonio histórico; vivienda de interés social; turismo local; parques y jardines, plazas, balnearios y otros sitios de recreación; arquitectura civil, nomenclatura y ornato público.

**2.** Vialidad urbana; circulación y ordenación del tránsito de vehículos y personas en las vías municipales; servicios de transporte público urbano de pasajeros y pasajeras.

**3.** Espectáculos públicos y publicidad comercial, en cuanto concierne a los intereses y fines específicos municipales.

**4.** Protección del ambiente y cooperación con el saneamiento ambiental; aseo urbano y domiciliario, comprendidos los servicios de limpieza, de recolección y tratamiento de residuos y protección civil.

5. Salubridad y atención primaria en salud, servicios de protección a la primera y segunda infancia, a la adolescencia y a la tercera edad; educación preescolar, servicios de integración familiar de la persona con discapacidad al desarrollo comunitario, actividades e instalaciones culturales y deportivas; servicios de prevención y protección, vigilancia y control de los bienes y las actividades relativas a las materias de la competencia municipal.

6. Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico, alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios.

7. Justicia de paz, prevención y protección vecinal y servicios de policía municipal, conforme a la legislación nacional aplicable.

8. Las demás que le atribuyan esta Constitución y la ley. (p. 312.182)

LEY ORGÁNICA DE VENEZUELA CONSTRUCCION CIVIL, Gaceta Oficial De La República Bolivariana De Venezuela N° 42.496 del 02/11/2022.

Artículo 73: Contratación Conjunta de Proyecto y Obra

Los procesos de contratación de obras, aún en casos excluidos de modalidad de selección de contratistas, sólo podrán iniciarse siempre que exista el respectivo proyecto.

Excepcionalmente, podrá contratarse conjuntamente el proyecto y la ejecución de una obra, cuando a ésta se incorporen como parte fundamental, equipos altamente especializados; o cuando equipos de esa índole, deban ser utilizados para ejecutar la obra. (p 33)

## CAPÍTULO I Delitos contra la administración ambiental

### Artículo 33: Autorización de actividades tipificadas como delitos

Los funcionarios públicos o funcionarias públicas que indebidamente o ilegalmente autoricen la realización de actividades tipificadas como delitos en esta Ley, o como delitos o contravenciones en las leyes especiales, serán sancionados o sancionadas con las penas correspondientes al delito o contravención cometido, aumentadas al doble. La sanción acarreará la inhabilitación para el ejercicio de funciones o empleos públicos hasta por dos años después de cumplida la sanción principal. (p.45)

## CAPÍTULO II Delitos contra la ordenación del territorio

### Artículo 37: Ejecución de actividades no permitidas

La persona natural o jurídica que construya obras o desarrolle actividades no permitidas de acuerdo a los planes de ordenación del territorio o las normas técnicas, en los lechos, vegas y planicies inundables de los ríos u otros cuerpos de agua, será sancionada con prisión de seis meses a un año o multa de seiscientas unidades tributarias (600 U.T.) a un mil unidades tributarias (1.000 U.T). (p.46)

#### Artículo 38: Contravención de planes de ordenación del territorio

La persona natural o jurídica que provoque la degradación o alteración nociva de la topografía o el paisaje por actividades mineras, industriales, tecnológicas, forestales, urbanísticas o de cualquier tipo, en contravención de los planes de ordenación del territorio y de las normas técnicas que rigen la materia, será sancionada con arresto de tres a nueve meses o multa de trescientas unidades tributarias (300 U.T.) a novecientas unidades tributarias (900 U.T.). (p.47)

#### Artículo 39 Contravención de planes de ordenación del territorio en zonas montañosas

La persona natural o jurídica que provoque la degradación o alteración nociva de la topografía o el paisaje en zonas montañosas, en sierras o mesetas por actividades mineras, industriales, tecnológicas, forestales, urbanísticas o de cualquier tipo, en contravención de los planes de ordenación del territorio y de las normas técnicas que rigen la materia, será sancionada con prisión de uno a dos años o multa de un mil unidades tributarias (1.000 U.T.) a dos mil unidades tributarias (2.000 U.T.).

Se ordenará al infractor la ejecución de medidas a fin de impedir la repetición de los hechos y de corregir la situación alterada y se fijará un plazo para ello. Si vencido el plazo los conectivos no han sido ejecutados, se procederá a la ejecución de la astreinte según lo previsto en la presente Ley, y se ordenará la prohibición definitiva de la actividad origen de la agresión.

Si los correctivos no fuesen posibles por resultar los daños irreparables, se acordará la reordenación de los lugares alterados y la pena será aumentada el doble. (p.47)

#### Artículo 40: Ocupación ilícita de áreas naturales protegidas

La persona natural o jurídica que ocupare ilícitamente áreas naturales protegidas, o que en dichas áreas se dediquen a actividades comerciales o industriales o efectúe labores de carácter agropecuario, pastoril o forestal o alteración o destrucción de la flora o vegetación, en violación de las normas sobre la materia, será sancionada con prisión de dos meses a un año o multa de doscientas unidades tributarias (200 U.T.) a un mil unidades tributarias (1.000 U.T.). (p.47)

#### Artículo 41: Modificación o destrucción de bienes protegidos

La persona natural o jurídica que degrade, altere o destruya edificaciones o bienes protegidos por su valor paisajístico, turístico, ambiental o ecológico, en violación a las normas sobre la materia será sancionada con prisión de dos meses a un año o multa de doscientas unidades tributarias (200 U.T.) a un mil unidades tributarias (1.000 U.T.). (p.47)

#### Artículo 42: Edificación en terrenos no edificables

La persona natural o jurídica que promueva o construya edificaciones en espacios no destinados a ese fin según los planes de ordenación del territorio o en aquellas declaradas zonas de riesgo, será sancionada con

prisión de cuatro meses a dos años o multa de cuatrocientas unidades tributarias (400 U.T.) a dos mil unidades tributarias (2.000 U.T.). (p.48)

### 3.3.1 Definición de Términos Básicos

- **Acero estructural.** En las estructuras metálicas, aplicase a todo miembro o elemento que se designa así en los documentos del contrato y/o es necesario para la resistencia y la estabilidad de la estructura. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

- **Análisis dinámico.** En sistemas elásticos es un análisis de superposición modal para obtener la respuesta estructural a las acciones dinámicas. En sistemas inelásticos es un análisis en el cual se calcula la historia en el tiempo de la respuesta estructural a las acciones dinámicas. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

- **Proyecto estructural.** Conjunto del análisis y el diseño estructural de una edificación METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

- **Sistema resistente a sismos.** Parte del sistema estructural que se considera suministra a la edificación la resistencia, rigidez y ductilidad necesarias para soportar las acciones sísmicas. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

- **Viga.** Miembro estructural en el cual puede considerarse que las tensiones internas en cualquier sección transversal dan como resultantes una fuerza cortante y un momento flector. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

- **Arriostramiento** es el elemento estructural que sirve para arriostar, es decir, para rigidizar o estabilizar la estructura impidiendo o limitando parcialmente los desplazamientos/deformaciones de la misma. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

- **Cerramiento perimetral:** es un sistema de seguridad cerrado que separa dos espacios con el objetivo de proteger y demarcar el límite tanto interior como exterior de esas áreas. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

• **ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés, es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

• **Soldadura:** es un proceso de fijación en el cual se realiza la unión de dos o más piezas de un material (generalmente metales o termoplásticos). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

• **La Patología estructural.** Es el estudio sistemático y ordenado del comportamiento irregular de una estructura o sus elementos, cuando presenta algún tipo de falla o daño, causado por factores internos o externos que no garanticen su seguridad. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA GALPONES EN VENEZUELA. (Daniel González, 2016).

• **Nanométrico:** El nanómetro es una unidad de longitud que equivale a una mil millonésima parte de un metro ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) o a la millonésima parte de un milímetro. Comúnmente se utiliza para medir la longitud de onda de la radiación infrarroja y la luz. <https://www.significadode.org/nanometrico.htm>

- **Nanopartículas:** partículas microscópicas con una dimensión menor a la de 100 nanómetros (el equivalente a un millar de átomos). <https://solmeglas.com/que-son-nanoparticulas-tipos/>

- **Moléculas:** Agrupación definida y ordenada de átomos que constituye la porción más pequeña de una sustancia pura y conserva todas sus propiedades. <https://dle.rae.es/>  
DICCIONARIO REAL ACADEMIA ESPAÑOLA

- **Átomos:** Partícula indivisible por métodos químicos, formada por un núcleo rodeado de electrones. Partícula material de pequeñez extremada. <https://dle.rae.es/>  
DICCIONARIO REAL ACADEMIA ESPAÑOLA

- **Nanotecnología:** La Nanotecnología se sirve de objetos o artefactos de muy reducido tamaño. [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/nanomaterials/es/index.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/es/index.htm)

- **Nanomateriales:** Nanomateriales son un producto nanotecnológico de creciente importancia. Contienen nanopartículas, de un tamaño que no supera los 100 nanómetros al menos en una dimensión. [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/nanomaterials/es/index.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/es/index.htm)

• **Nanotubos:** Los nanotubos de carbono son tubos diminutos de láminas de átomos de carbono enrolladas que, entre otras aplicaciones, podrían servir para administrar calor terapéutico, fármacos y sensores médicos en puntos precisos para atacar células cancerígenas.

[https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/nanomaterials/es/index.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/es/index.htm)

• **Nanofibras de Carbono:** Las nanofibras de carbono (CNF) son un tipo de material sintético de carbono nanoestructurado, de naturaleza similar al grafito, con ventajosas propiedades para diversos campos de aplicación como la catálisis o los materiales compuestos. <https://boletinagrario.com/ap-6,nanofibra,3405.html>

• **Orgánico:** Cualquier compuesto químico cuya estructura base sea una cadena o anillo hidrocarbonado y en el que el carbono comparte electrones para crear un enlace fuerte (covalente). <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/organico.htm>

• **Inorgánico:** Son los compuestos químicos que presentan diversos elementos pero no tienen al carbono como componente principal. <https://definicion.de/inorganico/>

• **Electrolito:** Sustancia que se descompone en iones (partículas cargadas de electricidad) cuando se disuelve en agua o los líquidos del cuerpo <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/electrolito>

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En el siguiente capítulo se especifican las actividades, procedimientos y herramientas que se usarán para desarrollar el proyecto de grado, para conocer la condición actual del galpón № 18h en la parroquia Cachamay, sector castillito, calle la asunción, estado Bolívar-puerto Ordaz, lograr una propuesta de plan de mantenimiento estructural utilizando Smart coating óptima y en cumplimiento con las normativas vigentes. A continuación se presenta dicha metodología:

#### **4.1 Tipo de Investigación**

De acuerdo al problema planteado y a los objetivos a alcanzar, el tipo de investigación que se incorporó es descriptiva y proyectista, la cual implica observar y describir el comportamiento de un sujeto u objeto sin influir sobre él de ninguna manera. Considerando lo señalado por Arias (2006) en su libro “El Proyecto De Investigación” en donde puntualiza que la investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.24).

Sin embargo, La investigación es también de tipo proyectiva, porque consiste en la elaboración de una propuesta, un plan o procedimiento..., como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de una institución..., en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, de los procesos explicativos y de las tendencias futuras (Hurtado de Barrera, 2010, p.567).

El objeto de esta investigación es explicar las condiciones actuales que presenta proponer un plan de mantenimiento estructural utilizando Smart coating del Galpón N° 18-H En La Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz; y se logró mediante el desarrollo de una serie de procedimientos a través de los cuales conoceremos el galpón estudiado y sus elementos, se determinará las características que deben cumplir el mantenimiento de estructuras metálicas, así como el recubrimiento que se debe utilizar.

#### **4.2 Diseño de la Investigación**

En función a la estrategia para abordar la investigación se implementó un diseño no experimental fundamentado en una investigación documental de campo, Al respecto, según los autores Finol y Nava (2001), especifican “La investigación documental es un proceso sistemático de búsqueda, selección, lectura, registro, organización, descripción, análisis e interpretación de datos extraídos de fuentes documentales, existentes en torno a un problema, con el fin de encontrar respuestas e interrogantes planteadas en cualquier área del conocimiento humano”.

Según los autores Santa Paella y Feliberto Martins (2010), definen: “La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta”. (p.88).

Esta investigación es una combinación entre documental y de campo, porque, en igual medida se basó en la obtención de datos provenientes de publicaciones, investigaciones y materiales impresos de empresas, asociaciones de investigación en la materia, entre otros, que se complementaran con los datos que se extraerán de visitas programadas al galpón № 18h en la parroquia Cachamay, sector castillito, calle la asunción, estado Bolívar-Puerto Ordaz, con el fin de la realización de este proyecto, sin incurrir en una intrusión directa.

### **4.3 Población**

Una característica de conocimiento científico es la generalidad, de allí que la ciencia busque extender los resultados de manera que sean aplicables, no solo a uno o a pocos casos, sino que sean aplicables a muchos casos similares o de la misma clase. En este sentido, una investigación puede tener como propósito el estudio de un conjunto denominado población.

La población, o en términos más precisos población objetivo, se fundamenta metodológicamente en las concepciones de Arias, F (2006) quien la describe como “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio”. (p. 81).

Podemos establecer que la población y muestra seleccionada para esta investigación está constituida por un galpón ubicado en la parcela N° 18-H en la Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz.

#### **4.4 Muestra de la investigación**

Según Tamayo (2003), la muestra se define como la “totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrado de un conjunto “N” de entidades que participan de una determinada característica y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación” (p.176).

Para esta investigación se escogió como muestra y población representativa un galpón ubicado en la parcela N° 18-H en la Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz, ocupado por una empresa conocida como CONAIRE, C.A. Dedicada a la construcción de ventiladores industriales.

## **4.5 Técnicas para la recolección de datos**

Batista P., Fernández C., Hernández S. (2003) acotan que: “Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente”. (p. 345). Asimismo, Arias (2006), explica que “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. (p. 67).

La realización de esta investigación requirió de: a) La observación, b) Asesorías académicas, c) Entrevistas no estructuradas, d) Revisión documental y bibliográfica.

### **4.5.1 Instrumentos de Recolección de datos**

En función de los objetivos definidos, se emplearon una serie de instrumentos de recolección de información, orientadas de manera esencial a alcanzar los fines propuestos. A tal efecto, Arias (2006) lo define como: “Un instrumento de recolección de datos es un dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. (p.69).

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- Guía de observación con escala de estimación: de acuerdo a Vallejo, Ordoñez, Villalobos, Sánchez (2007, p. 166), es un recurso físico que básicamente puede mostrar aspectos observados agrupados según la conveniencia de estudio y observaciones respectivas. En el caso de la escala de estimación Arias (2006) la define como el instrumento que consiste en una escala que busca medir como se manifiesta una situación o conducta.

- Fotografías, es un instrumento de registro muy altamente usado, quizás el más frecuente de todos. Permite registrar la realidad de manera objetiva, aunque esta condición ha sido cuestionada por algunos debido a la actual facilidad de manipulación de imágenes. Permite realizar análisis cuantitativos y cualitativos.

- Instrumentos medición, permiten medir y registrar la realidad en términos objetivos. Los de uso más corrientes son aquellos referidos a condiciones dimensionales y físico ambientales. El instrumento que se utilizara es la cinta métrica,

- Instrumentos de registro, permiten registrar la realidad en sus condiciones perceptuales tradicionales, abarcando más allá de lo posible en términos objetivos. Los instrumentos son los teléfonos celulares, cámaras fotográficas, computadora, libreta de anotaciones y lápiz.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Identificar el tipo de galpón estudiado estableciendo sus componentes y uso

##### 5.1.1 Tipología del galpón estudiado

Dentro del universo de galpones existentes hasta la actualidad presentaremos la tipología en la que se clasifica, según sus características, del Galpón N° 18-H En La Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar-Puerto Ordaz.



Figura 5.1 Fotografía de la fachada del galpón.

El galpón tiene un uso industrial destinado a la fabricación de ventiladores industriales. Se puede detallar que el galpón estudiado posee un solo tramo (simple) este se emplea en lugares donde se necesiten grandes espacios interiores, libres de columnas. El techo es plano inclinado a un agua, de pendiente suave, se utilizan para extensiones o ampliaciones laterales, para obtener espacios útiles adicionales.



Figura 5.2 Fotografía de la estructura del galpón estudiado.

En cuanto a la estructura utilizan porticos con perfiles soldados en vigas de celosia tipo Vierendeel. La estructura adopta una forma trapezoidal con seccion variable en sus porticos

## **5.2 Explicar la condición actual en la que se encuentra el galpón y sus elementos**

Además de los agentes agresivos naturales, como el agua, los cambios de temperaturas, entre otros, debemos agregar que la zona de Puerto Ordaz está conformada por varias zonas industriales que aumenta considerablemente la presencia de químicos contaminantes que aceleran la degradación del acero, como por ejemplo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), emitido por los humos industriales. El uso industrial del galpón en la fabricación de ventiladores industriales lo expone a la escoria producida por los residuos de las máquinas de soldar y cortadoras, estos residuos salen expedidos en diferentes direcciones a altas temperaturas son capaces de dañar la integridad de la capa protectora del acero exponiéndolo a la corrosión y/o acelerando el proceso.



Figura 5.3 Fotografía de los desperdicios de aves que afectan el galpón.



Figura 5.4 Fotografía de los desperdicios de aves que afectan el galpón.

Otro de los agentes degradantes silencio es el desperdicio producido por las aves, el desecho de aves como las palomas están compuestas por sustancias capaces de causar y acelerar la corrosión de los metales, es por ello que una estructura metálica al no tener un recubrimiento adecuado y resistente, las sustancias degradantes se filtrarían a través de la capa protectora y empezarían a corroer el metal.



Figura 5.5 Fotografía de la cubierta del techo del galpón.

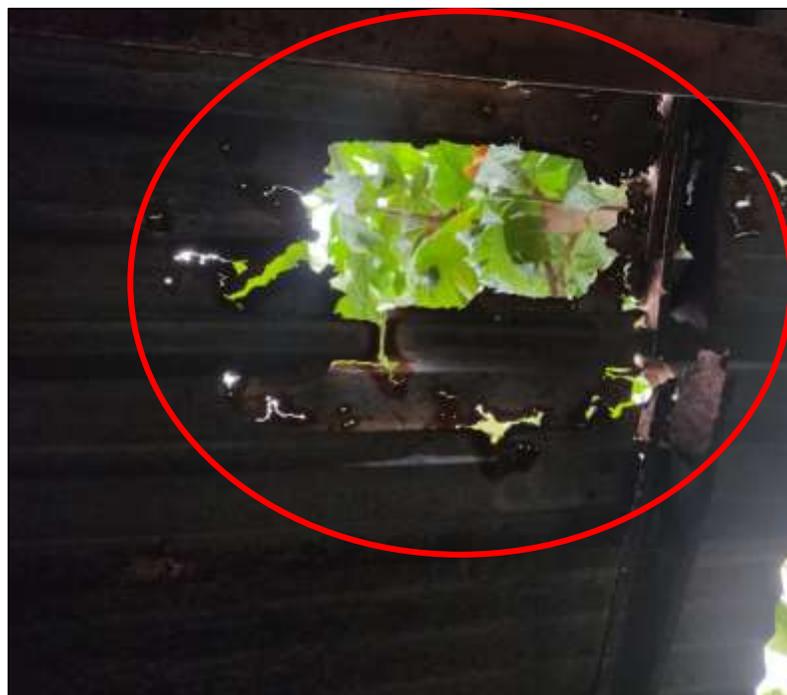


Figura 5.6 Fotografía de la cubierta del techo del galpón.

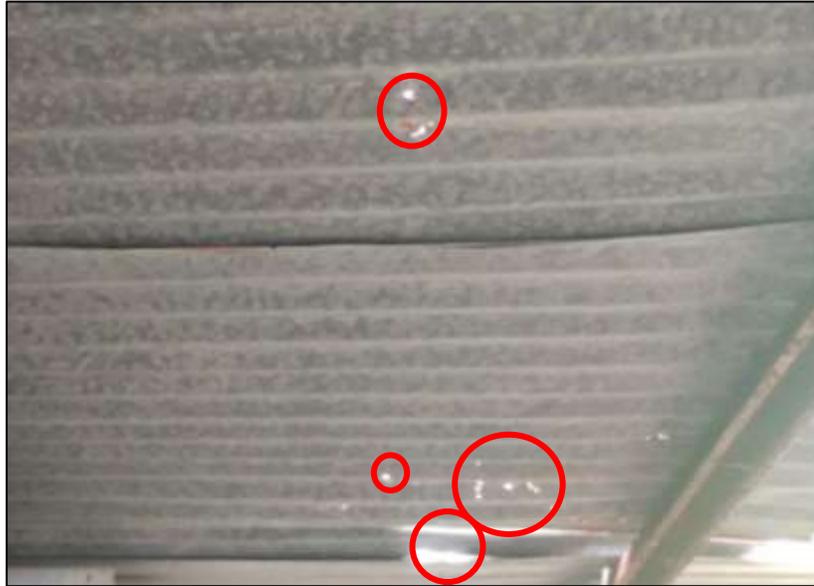


Figura 5.7 Fotografía de la cubierta del techo del galpón.

La cobertura del techo no tiene ningún tipo de recubrimiento y se encuentra en mal estado la cara expuesta al exterior se observa un proceso de corrosión activo, presentando partes en la que se encuentran desde agujeros pequeños por donde pasa el agua de lluvias hasta agujeros de gran tamaño producto de la corrosión que ha degradado parte del material y exponiendo en mayor medida las vigas y correas a los agentes agresivos.



Figura 5.8 Fotografía de las correas del galpón.



Figura 5.9 Fotografía de las correas del galpón.

Las correas del techo se les está formando la primera capa de óxido, es la primera etapa de la oxidación producto de la corrosión generalizada debido a la falta de recubrimiento, este componente estructural encargado de sostener la cubierta del techo al verse comprometido podría causar que el techo se caiga y caiga progresivamente, por lo cual se debe tener especial cuidado.



Figura 5.10 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.



Figura 5.11 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.



Figura 5.12 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.



Figura 5.13 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.



Figura 5.14 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.

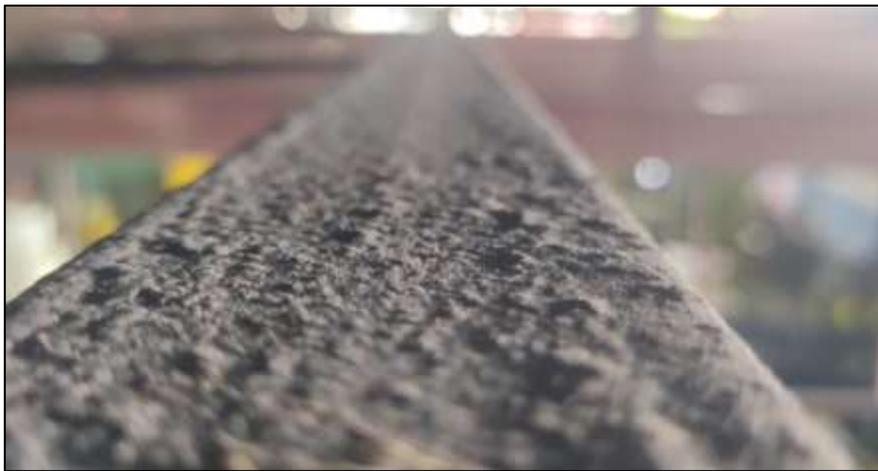


Figura 5.15 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.



Figura 5.16 Fotografía de elementos estructurales corroidos del galpón.

Los componentes más importantes como son las vigas de celosía y vigas de carga tienen como recubrimiento una capa de fondo para herrería que está empezando a presentar ampollamiento en casi un 60% de los perfiles tubulares rectangulares y T de alas ancha. Estos elementos deben estar constantemente protegidos de la corrosión porque representan la parte estructural que está sometida a soportar y distribuir las cargas a los demás componentes, al fallar una viga producto de la corrosión sobre los tubos estructurales entraría en riesgo la integridad del galpón reduciendo drásticamente su vida útil.

### **5.3 Características y elementos que se deben cumplir en proceso de mantenimiento de estructuras metálicas.**

#### **5.3.1 Cuidado y mantenimiento de estructuras metálicas**

La destrucción de metales y aleaciones diversas forma parte del proceso de corrosión de las estructuras metálicas causado por la climatología y los fenómenos químicos entre otros, por lo que su cuidado y mantenimiento requiere unas revisiones temporales. En caso de producirse fugas de saneamiento o abastecimiento, o infiltraciones de cubierta o fachada, se repararán rápidamente para que la humedad no ocasione o acelere procesos de corrosión de la estructura. No se manipularán los elementos estructurales ni se modificarán sin un estudio previo realizado por un técnico competente.

El mantenimiento incluye, como primer paso, una inspección periódica de la estructura. El inspector debe estar familiarizado no sólo con el metal como material, sino también con la acción estructural sumado a una mente abierta y actitud inquisitiva. Es esencial establecer plenamente la extensión y las causas del problema, de otro modo, este puede llegar a ser recurrente y requerir trabajos repetidos de reparación. Todas estas consideraciones tienen que tomarse en cuenta al elegir la opción de reparación apropiada. En términos generales, las opciones son las siguientes:

1. Permitir que continúe el deterioro, pero inspeccionar la estructura con la suficiente frecuencia para saber cuándo está por terminar su vida útil.
2. Demoler la parte dañada de la estructura y construir una nueva.

3. Reparar las partes dañadas, pero no tomar otras medidas.

4. Reparar sustancialmente, de modo que no haya deterioro en el futuro.

Cualquier decisión en las reparaciones incluye la elección de los materiales de reparación. Este es un asunto importante. Hay dos métodos básicos por los cuales pueden lograrse estos objetivos consisten en un mantenimiento correctivo o preventivo. Dependiendo de la naturaleza de la estructura y de las consecuencias de la falla en términos de vida, salud y dinero, debe emplearse uno u otro tipo de mantenimiento. El costo de reparación, de una estructura dañada, es mucho más alto que el de las medidas de protección a que se pudo someter cuando estaba sana.

El encargado de velar por el mantenimiento de una estructura debe contar con datos técnicos y económicos para tomar decisiones. Desafortunadamente no se tienen registros históricos de seguimiento, evaluación, mantenimiento y reparación de las estructuras asociados a los costos de las intervenciones y a los resultados obtenidos en aquellas estructuras que implementan un plan de mantenimiento por primera vez. Aquí radica la importancia de desarrollar un mantenimiento rutinario o programado.

#### **5.3.1.1 Mantenimiento Recomendado para el Usuario**

Inspección visual de humedades, así como de mecanismos interiores como enchufes en buen contacto para detección de anomalías visibles y dar aviso al profesional. Limpieza superficial de los enchufes y tuberías de agua servidas y comprobación de la ausencia de obstrucciones y olores en los puntos críticos de la red, prestando especial atención a las posibles fugas. Además de la comprobación del buen funcionamiento de apertura y cierre de las llaves de aguas claras.

### **5.3.1.2 Mantenimiento Recomendado para el Profesional Calificado**

Protección de la estructura metálica con recubrimiento para ambientes agresivos, como paso previo a la pintura, se realizará una limpieza de la superficie. Revisión general de la instalación eléctrica, por ejemplo la rigidez dieléctrica entre los conductores, el funcionamiento de todos los interruptores del cuadro de mando, las cubiertas aislantes de los interruptores, bases de enchufe de la instalación y verificando los fusibles de protección, reparándose los defectos encontrados.

Revisión de la instalación sanitaria general y, si existieran indicios de alguna manifestación patológica, se efectuaría una prueba de estanqueidad y presión de funcionamiento bajo la supervisión de un técnico competente. Se evitará la acumulación de sedimentos, vegetaciones y cuerpos extraños en los desagüe para conducir el agua de lluvia.

### **5.3.2 Evitar la humedad y corrosión en los metales**

Debido a las condiciones atmosféricas y a los agentes contaminantes, es posible que se produzcan corrosiones en el acero, como óxido de hierro hidratado o herrumbre; Debido a que a lo largo de su vida, las estructuras metálicas que serán fabricadas estarán expuestas a factores que podrían provocar su corrosión, tales como la lluvia, viento o salinidad. Esto puede producir daños que mermen su resistencia. Es por ello que alargar y preservar la vida de las infraestructuras es una prioridad; y por lo que el mantenimiento de las mismas tendrá un papel fundamental.

Tomando lo anterior en cuenta, existen además elementos contaminadores, que provocan una oxidación acelerada de las construcciones metálicas. Por todos estos motivos, son necesarias labores de inspección y cuidados continuos de las edificaciones. Lo que comúnmente es conocido como mantenimiento de estructuras metálicas. De esta manera se conseguirá prolongar la vida útil de los proyectos.

### **5.3.3 Inspecciones en regla**

Para realizar el mantenimiento de estructuras metálicas primero debemos distinguir el estado de las mismas. Para eso nos encontramos con varios métodos. Entre ellos tenemos los ensayos no destructivos, tintas de penetración, los ultrasonidos. Todos ellos nos permitirán verificar si las soldaduras o elementos están libres de fallas. Sin embargo, en el proceso de verificación de corrosión estructural, lo más usado es la validación visual, la que nos permite establecer el grado de corrosión de un elemento, para determinar si necesita un tratamiento de limpieza y pintura. Las inspecciones se deben hacer de forma periódica y constante.

La velocidad de deterioro del zinc se produce, generalmente, de forma lineal según el entorno. Esto permite estimar la vida útil del revestimiento, mediante las evaluaciones de su espesor. El galvanizado tiene un tiempo de vida útil mucho mayor. En el caso de los revestimientos orgánicos, dependerá de la preparación superficial y el sistema aplicado.

### **5.3.4 Establecer planes de inspección y Mantenimiento**

Será obligatorio incluir en el Proyecto de Construcción un “plan de inspección y mantenimiento” que defina las labores a llevar a cabo sobre los elementos metálicos de la estructura y así mantener su capacidad estructural y funcional durante su vida útil. El plan de inspección y mantenimiento deberá contener la definición precisa de, al menos, los siguientes conceptos relativos a la conservación:

1. Descripción de la estructura.
2. Estimación de la vida útil de cada elemento estructural.
3. Descripción de los puntos críticos más característicos de cada elemento.
4. Regularidad de las inspecciones recomendadas.
5. Criterios de inspección.
6. Medios auxiliares necesarios para el acceso a las diferentes zonas de la estructura.
7. Definición del tratamiento de protección propuesto para superficies inaccesibles.
8. Definición de la pintura de protección propuesta para superficies expuestas.
9. Calendario de repintado de la estructura.

Tabla 5.1 Requisitos dimensionales para operaciones de mantenimiento, Mantenimiento de estructuras metálicas. (Ramos Lugo Oscar Iván y Díaz Segura Mauricio 2020)

<b>MANTENIMIENTO</b>	
<b>DETALLES DE PINTURA</b>	Debido a diferentes agentes y factores ambientales, es normal que con el tiempo esta se vaya desgastando por lo que cada cierto tiempo es importante volver a reforzarla, especialmente si se desea mantener la estructura libre de corrosión y que además continúe teniendo un buen aspecto. Se puede trabajar únicamente en aquellos espacios que necesitan de un retoque o en las zonas que muestren algún tipo de deterioro en cuanto a este elemento.
<b>REFUERZO DE LA SOLDADURA</b>	En la fabricación de las estructuras muchas veces se utiliza soldadura además de tornillo o en vez de ellos, sin embargo, con el tiempo puede debilitarse, por lo que periódicamente debe ser reforzada para tener la certeza de que la estructura sea segura en todo momento. Se debe prestar especial atención a las áreas que tengan desperfectos evidentes y solucionarlos de manera inmediata.
<b>REEMPLAZO DE TORNILLOS</b>	Además del uso de la soldadura para unir las piezas que conforman las estructuras metálicas, también pueden fijarse con tornillos, los cuales deben ser revisados y reemplazados cada cierto tiempo según el daño que presenten, ya que con los cambios climáticos se pueden deteriorar y aflojar. Esta labor se realiza con el objetivo de que las estructuras continúen siendo seguras en todo momento.

<b>LIJADO Y LIMPIEZA</b>	La limpieza en las estructuras es necesaria si se desea mantenerlas libres de suciedad, polvo, y deterioro de los agentes ambientales, en algunos casos la suciedad o ciertos elementos, pueden quedar adheridos con fuerza en la superficie de la estructura, y en estos casos, la mejor alternativa que se tiene es ligar el agente extraño para evitar que se adhiera aún más en la estructura causando así un daño permanente.
--------------------------	--

### **5.3.5 Consejos para el mantenimiento de estructuras metálicas**

**1.** No soldar, no taladrar o adherir elementos adicionales, que podrían mermar la resistencia de los elementos, o modificar el estado de las cargas.

**2.** Evitar todo tipo de fugas en las instalaciones de agua o de otros fluidos que puedan provocar oxidaciones de los aceros.

**3.** Si las piezas están pintadas por todas sus partes, deberemos mantenerlas limpias para que las pinturas permanezcan en las mejores condiciones, así se favorecerá su durabilidad.

**4.** Debido a las dilataciones o asentamientos de los materiales, pueden aparecer con el tiempo, fisuras en algunas uniones de las paredes o tabiques. En tal caso de duda sobre cómo proceder se debe consultar al personal técnico.

Tabla 5.2 Requisitos dimensionales para operaciones de mantenimiento. Mantenimiento de estructuras metálicas. (Ramos Lugo Oscar Iván y Díaz Segura Mauricio 2020)

OPERACION	LONGITUD DE LA HERRAMIENTA D2(mm)	DISTANCIA DE LA HERRAMIENTA AL PARAMENTO D1(mm)	ANGULO DE OPERACIÓN $\alpha$ (°)
Preparación de superficies mediante chorreado	800	200-400	60-90
Limpieza con herramientas mecánicas (lijado)	100-350	--	--
Limpieza con herramientas manuales (cepillado)	100	--	--
Pulverización mecánica	300	--	90
Aplicación de pinturas:			
- Pulverizada	200-300	200-300	90
- Con brocha	200	--	45-90
- Con rodillo	200	--	10-90

#### 5.4 Analizar la efectividad del Smart Coating como recubrimiento para mantenimiento.

##### 5.4.1 Ventajas del uso del Smart Coating como recubrimiento

1. A medida que el tamaño se reduce a la escala nanométrica, aumenta el área superficial expuesta y esto favorece la mayor interacción entre átomos y moléculas cercanos, dando lugar a diversas interacciones, atracciones y repulsiones que causan efectos superficiales, electrónicos y cuánticos que afectan al comportamiento óptico, eléctrico y magnético de los materiales. Por lo que con una cantidad muy pequeña de nanomaterial se podría modificar y mejorar de forma muy significativa las propiedades de otros materiales, proporcionándole un gran potencial y valor añadido. Un ejemplo de esto serían los polímeros dotados con nanotubos de carbono, los cuales hacen que el material dotado tenga ligereza, resistencia mecánica y funcionalidad superior a la de los metales.

2. Los nanotubos y las nanofibras de carbono; pueden ser aplicados como aditivos por ejemplo en matrices poliméricas para mejorar alguna de las propiedades. Además mejoran también la conductividad eléctrica en adhesivos y pinturas sin modificar las propiedades reológicas de éstos e impiden la corrosión de los materiales que se recubren. Sus propiedades de conductividad eléctrica permiten que se puedan emplear en la construcción de ánodos y cátodos.

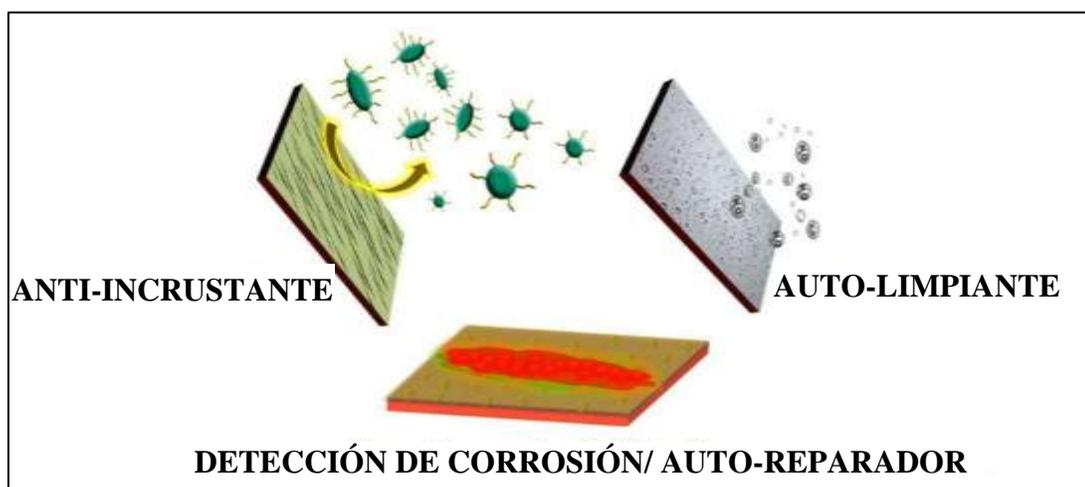


Figura 5.17 Desarrollo de recubrimientos inteligentes (Progress in Organic Coatings)

3. En sentido general, los recubrimientos funcionales (orgánicos, inorgánicos o híbridos) están diseñados para ofrecer una funcionalidad adicional a las propiamente intrínsecas de los recubrimientos (protección, decorativa, etc.). Esta funcionalidad adicional puede ser muy diversa y depende de las necesidades de la aplicación concreta en servicio del metal recubierto. Ejemplos típicos de recubrimientos funcionales son los recubrimientos antiestáticos, antibacterianos, auto-limpiadores, etc. La funcionalidad de estos materiales es constante y viene determinada únicamente por la formulación del propio recubrimiento.

Sin embargo, los recubrimientos funcionales inteligentes o “Smart Coatings” van más allá. Su funcionalidad no está constantemente activada, sino que únicamente se desencadena bajo demanda ante un estímulo. Por lo tanto, para que un recubrimiento pueda considerarse inteligente, además de ser funcional y proteger al sustrato, debe ser capaz de detectar un cambio o estímulo en el seno del propio recubrimiento, o bien extrínseco en el ambiente, y responder ante dicho estímulo de una manera activa, predecible y perceptible.

4. Los recubrimientos inteligentes basados en contenedores portadores de especies activas actúan como depósitos en los que quedan almacenadas las especies activas hasta que se requiere su actividad tras un cambio en las condiciones del entorno (daño mecánico, variación de pH, etc.) (Figura 5.17). De este modo, se consigue mejorar la eficacia y eficiencia en la inhibición del proceso de corrosión, una mayor durabilidad del recubrimiento protector y reducir notablemente la cantidad de inhibidor a incorporar al recubrimiento.

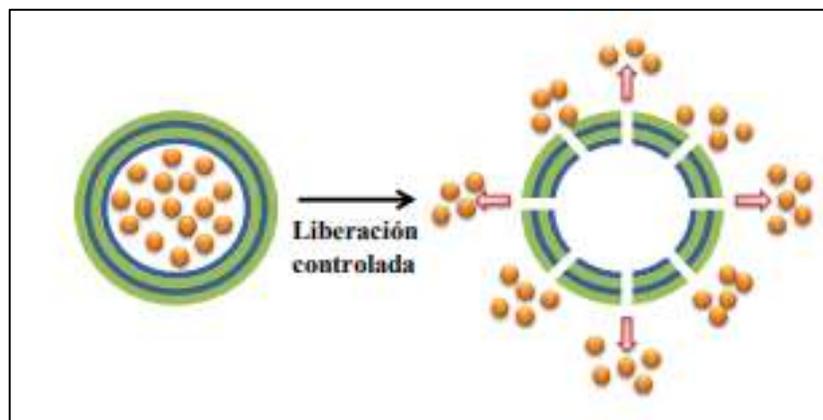


Figura 5.18. Liberación controlada de un inhibidor de corrosión, encapsulado en un material poroso, como consecuencia de un estímulo externo.

5. Los inhibidores de corrosión son sustancias que cuando se introducen en pequeñas cantidades en un electrolito en contacto con un metal, disminuyen su velocidad de corrosión. Son especialmente interesantes aquellas sustancias que pueden concentrarse en la interfase metal/electrolito, mediante su adsorción en la superficie metálica o bien por la formación de una película delgada.

6. Debido al desarrollo de la nanotecnología se ha abierto un gran abanico de posibilidades para la mejora de la eficiencia y eficacia de los mecanismos protectores de los inhibidores de corrosión, fundamentalmente, a partir de los conceptos de encapsulado y liberación inteligente de los mismos. De este modo, es posible extender la vida en servicio de los recubrimientos anticorrosivos, ya que el inhibidor permanece encapsulado y sólo es liberado en la zona afectada y en el momento preciso, bajo la acción de un estímulo externo vinculado al proceso de corrosión, mejorando simultáneamente su eficacia al actuar bajo demanda en la zona afectada.

7. De acuerdo a las investigaciones anteriormente mostradas, podemos puntualizar el Smart Coating como un material novedoso en cuanto al mantenimiento de estructuras metálicas y que a su vez va logrando innovar en los procesos de mantenimientos existentes en el área de estructuras, por lo que como resultado mejorará la calidad de vida útil de los materiales metálicos y del acero. También su uso evitara en grandes partes la corrosión, la cual tiene muchas repercusiones negativas a nivel económico, de seguridad y de conservación de materiales.

**5.5 Realizar un plan de acción para el mantenimiento del galpón usando el recubrimiento Smart Coating.**

<b>Plan de Acción para el mantenimiento del galpón con Smart Coating</b>		
<b>Fases</b>	<b>Actividad determinante</b>	<b>Consideraciones</b>
Fase de estudio	Descripción de la tipología del galpón	Debemos determinar su uso y ubicación, realizar mediciones de las dimensiones y determinar sus componentes o conjunto de elementos.
Fase de diagnóstico	Inspección	Se debe establecer los siguientes criterios: a) Grado de daño que sufren los elementos para su reparación; b) Grado de daño que sufren los elementos para su sustitución. Además se debe realizar el levantamiento de daños o fallas, Establecer su nivel de riesgo, se clasifican las prioridades según el reporte de inspecciones y se establece la frecuencia de inspección de la estructura.
Fase de decisión	Diseñar plan de acción para el mantenimiento	Para esta fase hay elegir el tipo de recubrimiento inteligente que se debe aplicar para elaborar el plan de mantenimiento y se debe evaluar su costo.
Fase de ejecución y seguimiento	Aplicación del recubrimiento inteligente	Para la aplicación del Smart Coating tenemos que considerar los siguientes factores: tipo de sustrato, acceso a la superficie, Preparación superficial recomendada, calidad de mano de obra.
	Realizar el informe de mantenimiento	Permite llevar un control de las fallas y daños que aparecen en la estructura a través del tiempo para poder llegar a predecirlas con mayor exactitud. Además de la verificación y validación de los trabajos ejecutados

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1 Delimitación del problema

El impacto económico de la corrosión en las estructuras metálicas es un aspecto de gran relevancia mundial. En la actualidad, la Organización Mundial de Corrosión (WCO) ha estimado que los costes directos por corrosión en el mundo se encuentran entre 1,3 - 1,4 trillones de euros, es decir, un 3,8% del producto interior bruto (PIB) de cada nación. Al mismo tiempo, se ha llegado a la conclusión de que entre un 20-25% de este coste anual, podría reducirse mediante la aplicación de tecnologías adecuadas de control de la corrosión.

De entre los diferentes sistemas de protección frente a la corrosión, sin duda alguna, la aplicación de recubrimientos de pintura es el método más utilizado para la protección de superficies, especialmente, en el caso de estructuras metálicas expuestas a la atmósfera. La WCO establece que durante las últimas décadas en Venezuela, los compuestos hexavalentes de cromo han sido los pigmentos anticorrosivos más. Sin embargo, estos compuestos de cromo son altamente tóxicos lo que ha dado lugar a severas restricciones. Por otra parte, la lixiviación constante del inhibidor de corrosión reduce el tiempo de vida de protección del revestimiento.

En este sentido, el desarrollo de las nanotecnologías permitido aumentar las posibilidades en el campo de las pinturas anticorrosivas, ofreciendo integrar en los revestimientos nanocontenedores cargados con componentes activos y encapsulados. Por medio de un diseño adecuado de la cápsula, la liberación del inhibidor de corrosión puede ser provocada por diferentes factores externos o internos (cambios de pH, daño mecánico, etc.), evitando la fuga espontánea del componente activo y logrando así una mayor eficiencia y economía en el uso del inhibidor.

## **6.2 Justificación**

La zona de Puerto Ordaz está conformada por industrias, con una gran variedad de galpones, ocasionando una atmosfera constituida por diferentes tipos de contaminantes creando un ambiente rico en agentes agresivos para el metal que sumado con los de origen natural merman drásticamente la vida útil de las estructura metálicas. Considerando la baja efectividad de los recubrimientos actuales a largo plazo sumado al hecho que representa un riesgo para las salud y el ambiente es vital la implantación de recubrimientos inteligentes capaces de reaccionar estímulos externos que conserven su efectiva a través del tiempo protegiendo prolongadamente la vida útil de los metales empleados en los galpones en sus elementos.

## **6.3 Objetivos del mantenimiento**

- 1.** Identificar la tipología del galpón.
- 2.** Resumir patologías del galpón.
- 3.** Determinar nivel de daños y frecuencia de las inspecciones.

4. Analizar la factibilidad del Smart Coating.

5. Realizar un plan de acción para el mantenimiento del galpón usando Smart Coating.

## 6.4 Resultados

### 6.4.1 Fase de estudio

#### 6.4.1.1 Tipología del galpón

Tabla 6.1. Tipología del galpón estudiado

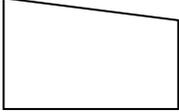
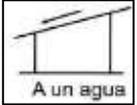
	<b>Descripción</b>	<b>Explicación</b>	<b>Fotografía</b>
<b>Uso</b>	Industrial	Fabricación de ventiladores industriales	
<b>Dimensiones</b>	Largo: 40metros Ancho: 15metros	—————	
<b>Número de tramos y forma de la estructura</b>	1 tramo (simple) Trapezoidal	Los galpones simples se emplea en lugares donde se necesiten grandes espacios interiores, libres de columnas	
<b>Tipo de inclinación y forma del techo</b>	Forma plana, inclinada a un agua	El techo tiene una estructura plana, lineal e inclinada que facilita el drenaje con una caída de pendiente suave	

Tabla 6.1. Tipología del galpón estudiado (continuación)

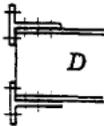
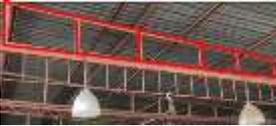
	<b>Descripción</b>	<b>Explicación</b>	<b>Fotografía</b>
<b>Tipo de estructura y sección</b>	Pórtico con perfiles soldados de sección plástica variable	Estructura capaz de resistir la acción sísmica y gravitacional mediante deformaciones debida a flexión como principal sollicitación de sus vigas y columnas. Estas secciones son de carácter dúctil y variable en cada pórtico.	
<b>Nivel de diseño</b>	Tipo 1	El pórtico es capaz de soportar limitada deformación inelásticas bajo cargas gravitacional y sísmica.	_____
<b>Tipo de construcción</b>	Estructuración con conexiones rígidas	Uniones de momento capaces de materializar empotramientos elásticos o nodos de pórtico rígidos	
<b>Tipo de viga</b>	De Celosía Vierendeel	Es una viga de alma abierta con cordones horizontales y barras verticales	

Tabla 6.2 Elementos identificados del galpón estudiado

Ítem	Elemento	Tipo	Explicación	Fotografía
1	Correas	Tubos perfil U	Soportan el material de la cubierta del techo	
2	Cubierta del techo	Láminas de Zinc	Laminas galvanizadas corrugadas	
3	Viga de pórtico	Tubos estructurales con perfiles rectangulares, apoyada sobre perfiles doble T de ala ancha	Los perfiles rectangulares están dispuestos como cordones horizontales y verticales teniendo como base el perfil doble T	
4	Columna del pórtico	Tubo perfil I	Con recubrimiento de concreto	
5	Cerramientos	Mampostería	Todos los cerramientos perimetrales están compuestos por paredes de bloques y mortero de concreto	
6	Portón de entrada	Abatible	Posee dos componentes abatibles de acero	
7	Rejas de ventilación	Secciones cuadradas estructurada con barras de acero	Dispuestas en la parte superior de las paredes de la entrada, su función es permitir la circulación de aire en el galpón	
<p><b>Nota:</b> el galpón estudiado a juicio de los investigadores no fue diseñado ni construido por un ingeniero, porque se detallan deficiencia en el diseño de los pórticos y soldaduras.</p>				

## 6.4.2 Fase de diagnóstico: Planificación de las revisiones (inspección)

### 6.4.2.1 Levantamiento de daños o fallas

Tabla 6.3 Patologías identificadas del galpón estudiado

Tipo de Patología del recubrimiento	Patología	Descripción	Ejemplo
Físicas	Humedad	Presencia de cierta cantidad o vapor de agua en la superficie, generando manchas verdes o blancas como se observa en el ejemplo	
	Erosión	Alteración de los elementos sin afectar sus propiedades químicas, en este un ejemplo es el daño que sufre el acero en su superficie perdiendo el recubrimiento.	
	Decoloración	Pérdida del color original de la pintura de recubrimiento por causa de los rayos solares o por acción directa de ácidos.	
	Suciedad	Residuos como polvo, desechos de seres vivos como excremento, entre otros, que se adhiere a la superficie, por anclaje mecánico o por modificación de la superficie en forma química (oxidación).	 

Tabla 6.3 Patologías identificadas del galpón estudiado  
(continuación)

Tipo de Patología del recubrimiento	Patología	Descripción	Ejemplo
Químicas	Disgregación	Son roturas que se producen en el interior del concreto por tracciones internas producto de procesos ligados a uso industrial o ataques químicos, que degradan el cemento. El proceso es lento y empieza con un cambio de coloración, seguido de fisuras progresivas.	
	Oxidación	La reacción de la superficie de un metal con el oxígeno del aire o el agua produce una capa superficial de óxido metálico color café-rojiza. La mejor opción frente a la oxidación cuando ésta supone una agresión hacia el elemento metálico es la prevención, aunque también es posible la reparación cuando no se ha sido capaz de evitar su aparición.	
Electroquímica	Corrosión	Se trata de un tipo especial de oxidación (más agresiva), que a diferencia de esta presenta la disolución del material perdiendo su sección y su capacidad portante, consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica, la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura y de las propiedades de los metales.	

### 6.4.2.2 Establecer el nivel de riesgo

Tabla 6.4 Nivel de riesgo identificado del galpón estudiado

Ítem	Elemento	Grado de riesgo			
		Acción directa	Recubrimiento		
		Corrosión	Ampollamiento	Agrietamiento	Descamación
1	Correas	2-S	4	7	6
2	Cubierta del techo	1-G	2	5	4
3	Viga de pórtico	3-S	6	7	6
4	Columna del pórtico	10	10	8	8
5	Cerramientos	10	10	8	8
6	Portón de entrada	8-S	8	7	6
7	Rejas de ventilación	6-S	8	7	6
Otras consideraciones					
		Categoría	Descripción		
8	Tipo de signos	Visibles	Los daños pueden ser observados en elementos de la infraestructura.		
9	Ambiente	C5-1	Áreas industriales, elevada humedad, atmósfera agresiva.		
10	Condición general de la estructura	Moderado	Deterioro significativo que podría afectar aspectos funcionales pero los componentes estructurales funcionan aún de forma adecuada, sin impacto en la seguridad de la estructura. Daños o defectos en la pintura o anticorrosivos que hacen que los elementos pierdan su protección y se puedan generar patologías a futuro.		
11	Mantenimiento recomendado	Programado	Preventivo		
Nota: la presente guía corresponde a una evaluación visual.					
(Véase apéndice A)					

### 6.4.2.3 Recubrimiento recomendado

❖ Agentes de sellado o autorreparadores (self-healing): se basan en un agente reparador microencapsulado, que se encuentra incorporado en una matriz que contiene un catalizador capaz de polimerizar el agente reparador.

❖ Nanocontenedores con inhibidores de corrosión: consisten en nanocontenedores que albergan en su interior inhibidores de corrosión. Tales sistemas proporcionan una protección activa, sostenible a largo plazo y evitan la propagación de las reacciones de corrosión sobre la superficie metálica. Cuando se ve perjudicada la integridad del recubrimiento, el nanocontenedor libera el inhibidor de corrosión y actúa sobre los iones agresivos o protegiendo la superficie metálica. Por ejemplo:

Nanopartículas mesoporosas de sílice cargadas con fosfomolibdato de sodio y encapsuladas con PDDA: se han sintetizado nanopartículas esféricas mesoporosas de sílice. Posteriormente, con el objetivo de aumentar su capacidad de carga y así mejorar la eficiencia de este tipo de nanocontenedores, se han sintetizado nanopartículas mesoporosas de sílice de núcleo hueco de nueva generación cargadas con un inhibidor de corrosión óptimo, medioambientalmente aceptable, como es el fosfomolibdato de sodio siendo un gran candidato para la protección del acero al carbono. Posteriormente, se encapsularon con un polielectrolito de carga positiva (policloruro de dialildimetilamonio) para evitar la liberación indeseada de inhibidor y permitir su liberación, únicamente, bajo determinadas condiciones externas de pH.

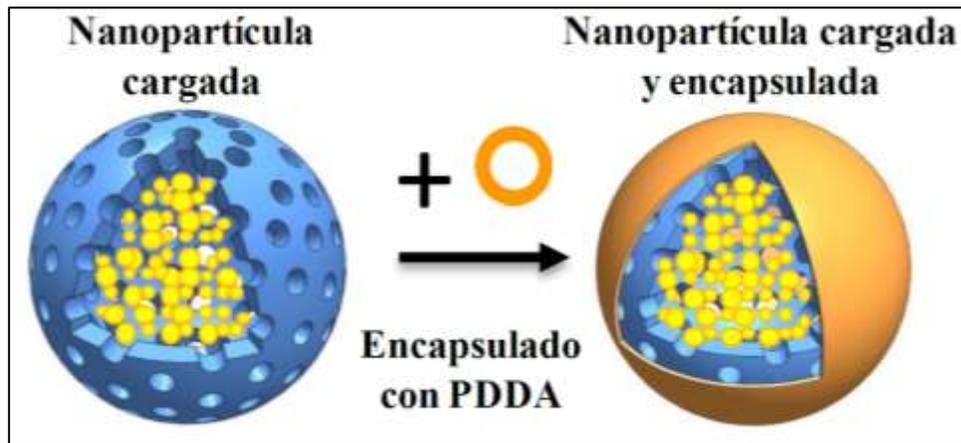


Figura 6.1 Esquema del proceso de encapsulado para las nanopartículas mesoporosas de sílice de núcleo hueco.

#### 6.4.2.4 Reporte de inspección.

Se detalló que ante un ambiente agresivo tipo C5-1 se ve afectada de forma moderada una estructura relativamente joven, presentando parte del techo con picaduras por corrosión localizada y oxidación por corrosión generalizada, observando gran parte de sus componentes comprometidos con un recubrimiento defectuoso y desgastado. Se puede asumir que esto es causa de mal manejo del mantenimiento o falta total de ello. La condición del galpón es recuperable, necesitando reemplazar algunas láminas de la cobertura del techo y parte de las correas pero principalmente se debe implementar un plan de acción que use un recubrimiento óptimo innovador y sostenible capaz de resistir las exigencias del ambiente.

#### 6.4.2.5 Frecuencia de inspección

Para un plan de mantenimiento implementado por primera vez, según fuentes consultadas y expertos, debido al uso dado a las estructuras en estudio, se sugiere realizar las inspecciones con un lapso de un año, la frecuencia mensual se reserva para aquellas tareas que no pueden realizarse con lapsos mayores. En muchas ocasiones están relacionadas con elementos que se ensucian o desajustan, aunque en algún caso se refieren al reemplazo de algún elemento. La frecuencia trimestral es igualmente utilizada cuando se trata de establecer la periodicidad para realizar tareas de mantenimiento.

Un método recomendado para ajustar la frecuencia en los planes de mantenimiento con un tiempo mayor o igual a dos años de haber sido implementados es el propuesto por Solís (2011), en su proyecto, donde estima la frecuencia dependiente de tres condiciones:

$$I = C \times F \times A \quad (\text{Ecuación 6.1})$$

Dónde:

I= intervalo de inspección

C= factor de costo

F= factor de falla

A= factor de ajuste

❖ Factor de costo: esta relación se puede expresar como el costo que involucra una inspección entre el costo total que traería no detectar o bien el hecho de ignorar las fallas existentes. Esta expresión es adimensional y ambos costos se expresan en unidad monetaria. La expresión es la siguiente:

$$C = \frac{C_i}{C_f} \quad (\text{Ecuación 6.2})$$

Dónde:

$C_i$ = costo de una inspección

$C_f$ = costo al no detectar una falla

❖ Factor de falla: es la cantidad de fallas que pueden aparecer durante la inspección, dividida entre el total de fallas detectadas en un año. Cabe mencionar que las unidades de este factor son años por inspección. Y se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{F_i}{\lambda} \quad (\text{Ecuación 6.3})$$

Dónde:

$F_i$ = cantidad de fallas por inspección

$\lambda$ = cantidad de fallas por año

❖ Factor de ajuste: el factor de ajuste se basa en la posibilidad de que ocurra más de cero fallas en un año utilizado la distribución acumulativa de Poisson con media igual a la cantidad de fallas por año ( $\lambda$ ).

### 6.4.3 Fase de decisión

#### 6.4.3.1 Elaboración de un plan de mantenimiento

Tabla 6.5 Plan de mantenimiento preventivo para el galpón en estudio, inspección

Actividad		Inspección
<b>Consideraciones</b>		
Revisión del estado general interno y externo de la estructura. Incluye estructura metálica (cubierta del techo, correas, vigas) mampostería, marcos, pisos, accesorios (portones de acceso, rejas, etc.), la red sanitaria y la red de agua de lluvia. Se debe establecer criterios como el grado de daño que sufren los elementos. Además se debe realizar el Levantamiento de daños o fallas, Establecer nivel de riesgo y prioridades. En el caso de suceder algún tipo de evento natural (sismo, inundación, etc.) o se observe algún fallo eventual que se considere riesgoso se debe realizar una inspección extraordinaria, con el fin de delimitar el problema y atacarlo de manera prudente.		
<b>Herramienta</b>		
Formulario y guía de inspección visual		
Elemento	Frecuencia	Descripción
Cubierta del techo y Correas	3 meses	Revisión de goteras y de detectarse alguna debe ser reparada (Especialmente en estación lluviosa).
	1 año	Revisión de puntos de corrosión, deformaciones, hundimientos que ocasionen acumulación de agua y el estado del recubrimiento.
Viga de pórtico	1 año	Revisión del estado del elemento estructural (viga de celosía), se revisa la aparición de fisuras, grietas, flechas, humedad, manchas, degradación química, suciedad, etc. (según sea el caso). Consultar a un experto sobre las causas de estos síntomas y las soluciones.
Columna del pórtico Cerramiento, mampostería y pisos	1 año	Se revisa la aparición de grietas, fisuras, huecos, deformaciones, desgaste, humedad, manchas, suciedad, etc.; así como la condición del acabado de estas como revestimientos y pintura (según sea el caso).
Portón de entrada y rejas de ventilación	1 año	Revisión de los distintos tipos de puertas y cerraduras de la estructura, se revisa la aparición de golpes, grietas, huecos, humedad, hongos, manchas, suciedad, efectividad de cierre, etc. (según sea el caso).

Continuación Tabla 6.5

<b>Elemento</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Descripción</b>
Red sanitaria y drenaje de agua de lluvia	6 meses	Revisión de deformaciones o pérdida de agua en los colectores y bajantes, de detectarse alguna se debe reparar de inmediato (Especialmente en estación lluviosa).
	1 año	Revisión general del estado de conservación y funcionamiento de los colectores, bajantes, taquillas, inodoros, trampas de grasa, con el propósito de detectar fugas y roturas, revisar los anclajes y deterioro general.
Instalaciones eléctricas, Cableado	6 meses	Revisión del estado de los interruptores, tomacorrientes, luminarias, lámparas y fotoceldas, detección de iluminación oscilante o fundida, roturas y sujeción.
	1 año	Verificación del estado de las conexiones de las líneas de distribución principal y secundaria, la continuidad eléctrica, funcionamiento del tablero de distribución eléctrica.

Tabla 6.6 Plan de mantenimiento preventivo para el galpón en estudio, limpieza

Actividad		Limpieza general
<b>Consideraciones</b>		
Esta actividad debe realizarse con la frecuencia indicada, para retirar toda acumulación de polvo, suciedad, excremento de aves, material orgánico, grasa, manchas por acción de la humedad u otros factores. Además, mantiene protegidas las estructuras ante condiciones ambientales o factores externos que deterioran y dan mal aspecto a las estructuras permitiendo observar más claramente el estado de los elementos durante las inspecciones ayudado a detectar las posibles patologías.		
Elemento	Frecuencia	Descripción/pasos
Estructura metálica principal y secundaria (vigas, correas, cubierta del techo, conexiones o soldaduras).	1 año	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe eliminar en seco el polvo superficial con sistemas de aspiración preferiblemente.</li> <li>2. Limpieza general del elemento con un producto jabonoso o emulsión neutra.</li> <li>3. Lavado con chorro a baja presión o cubeta.</li> <li>4. Secado de la superficie lavada.</li> </ol>
Muro de mampostería y obras de concreto reforzado (cerramientos, pedestales y columnas).	1 año	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se humedece la superficie del elemento.</li> <li>2. Frotar en seco con un cepillo de celdas de plástico suaves y retirar la suciedad.</li> <li>3. Lavado con chorro a baja presión o cubeta en zonas interiores del inmueble.</li> </ol>
Estructuras perimetrales (rejillas de ventilación, portón de acceso).	1 año	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza general del elemento con un producto jabonoso o emulsión neutra.</li> <li>2. Emplear esponjas suaves.</li> <li>3. Lavado con chorro a baja presión.</li> <li>4. Secado de la superficie lavada.</li> </ol>
Pisos, canalización de desagüe.	1 año	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Humedecer la superficie del piso para evitar el levantamiento del polvo y barrer con un cepillo.</li> <li>2. Lavado con chorro a baja presión.</li> <li>3. Se coloca un detergente neutro.</li> <li>4. Si existen manchas permanentes colocar directamente algún producto quita grasa y frotar con un cepillo suave.</li> <li>5. Limpieza del tanque séptico y todo tipo de drenajes retirando todo material orgánico o inorgánico que bloquee las salidas de agua.</li> </ol>

Continuación Tabla 6.6

Elemento	Frecuencia	Descripción
Instalación eléctrica	6 mese	<p>Se recomienda retirar el polvo de todos los dispositivos eléctricos (tomacorrientes, luminarias, canastas, tableros, tubería, etc.) en seco y tomando las precauciones necesarias.</p> <p><b>Nota:</b> Si algún dispositivo está en mal estado y presenta exposición de los conductores no realizar ningún trabajo de limpieza, solo reparación o sustitución.</p>

Tabla 6.7 Plan de mantenimiento preventivo para el galpón en estudio, pintura

Actividad		Pintura
<b>Consideraciones</b>		
<p>Para iniciar, se requiere hacer trabajos de limpieza profunda según lo establece la norma ISO 8501-1 que se relaciona con el ambiente corrosivo para esta estructura es C5-1, este tipo de limpieza permite remover la pintura dañada existente. El sistema de pintura tiene la función de dar protección a los elementos y debe dársele un mantenimiento apropiado en el período establecido, que representa la vida útil que puede soportar una pintura bajo condiciones extremas, pero ha de contemplarse que si la corrosión en las estructuras excede el Grado 3 visualizado durante las inspecciones, se deben realizar los trabajos de mantenimiento preventivo.</p>		
Elemento	Frecuencia	Descripción/pasos
Estructura metálica principal y secundaria (vigas, correas, cubierta del techo, conexiones o soldaduras).	5 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Raspado general sobre toda la superficie con un cepillo de acero retirando toda la pintura existente y se lava con chorro a alta presión.</li> <li>2. Se deja secar la superficie.</li> <li>3. Se aplican dos manos de smart coating con un espesor de 1,5 mills cada capa.</li> </ol>
Muro de mampostería y obras de concreto reforzado (cerramientos, pedestales y columnas).	5 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se realiza un frotamiento general sobre toda la superficie con un cepillo de acero duro retirando toda la pintura existente y se lava con chorro a alta presión.</li> <li>2. Se deja secar la superficie y se coloca una mano de sellador.</li> <li>3. Se aplican dos manos de pintura Smart coating self cleaning con un espesor de 1 mill cada capa.</li> </ol>
Estructuras perimetrales (rejillas de ventilación, portón de acceso) y Canalización de desagüe de lluvia.	5 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Raspado general sobre toda la superficie con un cepillo de acero retirando toda la pintura existente y se lava con chorro a alta presión.</li> <li>2. Se deja secar la superficie.</li> <li>3. Se aplican dos manos de Smart coating con un espesor de 1,5 mills cada capa.</li> </ol>

Tabla 6.8 Plan de mantenimiento correctivo para el galpón en estudio, reparación

Actividad		Reparación
<b>Consideraciones</b>		
<p>La reparación consiste en el arreglo de una estructura o elemento afectado, deteriorado o en mal estado para que siga cumpliendo la función para la cual fue diseñado dentro de los márgenes de confiabilidad y seguridad. Las reparaciones se pueden realizar sobre un elemento siempre y cuando su daño no represente un peligro estructural en el inmueble.</p>		
Elemento	Frecuencia	Descripción/pasos
Estructura metálica principal y secundaria (vigas, correas, cubierta del techo, conexiones o soldaduras).	1 año	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de la sujeción de los elementos a la estructura principal.</li> <li>2. En caso de que la sujeción o conexión de alguno de los elementos este deficiente se deben reforzar los dispositivos de sujeción o conexión y asegurar ya sea la viga, lámina de cubierta, cumbrera, canalización de lluvias, correas, etc.</li> <li>3. Sellado o tapado de goteras con anti goteras.</li> </ol>
Muro de mampostería y obras de concreto reforzado (cerramientos, pedestales y columnas).	1 año	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de aparición de micro fisuras o grietas sobre la superficie de los elementos.</li> <li>2. En caso de Micro fisuras (0,1mm a 0,5 mm) se recomienda un acabado elastomérico. Para Fisuras de 0,6mm a 2,00 mm se deben reparar con masilla elastomérica. Mientras para fisuras de 3mm a 20mm se debe aplicar un adhesivo que permita unir concreto viejo con nuevo, inmediatamente se deberá aplicar mortero de reparación el cual debe dejarse secar y curar por al menos 15 días.</li> <li>4. Se le da el acabado con pintura según lo establecido en el mantenimiento preventivo.</li> </ol> <p><b>Nota:</b> En caso de grietas de mayor tamaño se debe considerar otro sistema de reparación como el de uso de lechadas de concreto o en su defecto la sustitución del elemento por daño estructural, pero esto debe ser evaluado por un profesional.</p>

Continuación Tabla 6.8

Elemento	Frecuencia	Descripción
Estructuras perimetrales (rejillas de ventilación, portón de acceso).	1 año	1. Se debe aplicar el sistema de limpieza general del mantenimiento preventivo. 2. En caso de desprendimiento de las rejillas o perforación del portón se debe realizar la unión con soldadura. 3. Se le aplica el sistema de pintura del mantenimiento preventivo. <b>Nota:</b> La reparación se realizara siempre y cuando el desprendimiento sea en las uniones y no se presenten grandes deformaciones.
Pisos.	1 año	1. En caso de grietas estas deben abrirse en forma de "V" manteniendo una relación 1,5 cm x 1,5 cm se debe aplicar un adhesivo que permita unir concreto viejo con nuevo, inmediatamente se deberá aplicar mortero de reparación el cual debe dejarse secar y curar por al menos 8 días. 2. En caso de pulverización leve o erosión se requiere retirar toda la capa de material suelta hasta llegar a una superficie sólida, firme y rugosa, luego se limpia la superficie retirando todo polvo y se coloca un mortero para nivelación del piso, se deja curar y secar por 15 días esta solución puede ser empleada para espesores dañados de entre 2 mm y 6mm máximo de no ser así se requiere otro sistema de reparación.
Instalación eléctrica	1 año	Luego de la inspección y si los resultados arrojados presentan algún tipo de cableado con su recubrimiento plástico en mal estado y agrietado, siempre y cuando sea una zona pequeña hasta un máximo de 1 m de extensión se procederá aplicar aislante elástico, en cinta o térmico, para evitar cualquier tipo de discontinuidad eléctrica que ponga en peligro la seguridad del trabajador y del galpón.
<b>Nota:</b> las reparaciones se harán de acuerdo a los resultados de la inspección, después de la cual se establecerán las prioridades y orden de las reparaciones si así lo amerita. Ante fallas imprevistas que ocurren de manera espontánea se procederá a una evaluación del daño y se determinaran las reparaciones que se necesitan.		

Tabla 6.9 Plan de mantenimiento correctivo para el galpón en estudio, sustitución

Actividad		Sustitución
<b>Consideraciones</b>		
<p>Cuando la reparación no sea factible debido al nivel de daño o el final de la vida útil del elemento, es necesario su remplazo. Los trabajos de mantenimiento correctivo para los siguientes elementos pueden variar su frecuencia esta dependerá de las inspecciones por lo que el tiempo de sustitución puede aumentar o disminuir según la eficiencia del mantenimiento preventivo que se le esté dando, pero, además, dependerá de las condiciones externas a las que este expuesto y el uso.</p>		
Elemento	Frecuencia	Descripción/pasos
Estructura metálica principal y secundaria (vigas, correas, conexiones o soldaduras). Muro de mampostería y obras de concreto reforzado (cerramientos, pedestales y columnas).	5 años	Para un apropiado control se recomienda que un profesional en Ingeniería evalúe la estructura cada 5 años para saber si existe la necesidad de sustituir elementos estructurales principales (vigas, columnas, placas, etc.)
Estructuras perimetrales (rejillas de ventilación, portón de acceso).	5 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se retiran los elementos dañados.</li> <li>2. Se colocan elementos nuevos y se les da la protección con pintura sugerida en el mantenimiento preventivo.</li> </ol> Nota: Si antes del tiempo establecido los elementos presentan deformaciones agrietamientos o quebraduras la sustitución debe realizarse antes.
Cubierta del techo, pisos, canalización de desagüe.	5 años	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sustitución de los anclajes y láminas de cubierta, drenaje, sumideros, bajantes deteriorados o rotos.</li> <li>2. Repintado de la cubierta de techo y se les da la protección con pintura sugerida en el mantenimiento preventivo.</li> <li>3. Sustitución de llaves de paso, llaves de corte, válvulas reductoras de presión degradadas.</li> <li>4 Renovación de las juntas estructurales del piso en las zonas de sellado que se encuentren deterioradas.</li> </ol>

Continuación Tabla 6.9

Elemento	Frecuencia	Descripción
Instalación eléctrica	5 años	1. Sustitución de tomacorrientes y apagadores dañados por quebraduras. 2. Sustitución general de las lámparas, tubos, balastos y demás componentes de las luminarias (interiores y exteriores) y fotoceldas deteriorada. <b>Nota:</b> cuando se detecte algún fallo eléctrico debido a lo peligroso de los conductores expuestos se recomienda colocar protección ante humedad y lluvia.

#### 6.4.4 Fase de ejecución y seguimiento

##### 6.4.4.1 Aplicación del recubrimiento inteligente

Antes de pintar el trabajador limpiará manualmente el acero de herrumbre y escamas de laminación sueltas, polvo y otras sustancias extrañas, mediante cepillos de alambre u otros métodos que él seleccione, a fin de satisfacer los requisitos del "Steel Structures Painting Council" (Consejo para la Pintura de Estructuras de Acero), SSPC – SP2.

Se limpiará de aceites o grasas con disolventes, y se le quitará el polvo u otros materiales extraños mediante un barrido cuidadoso con cepillos de fibra u otros medios adecuados.

La pintura se suele aplicar con brocha, pistola o rodillo, o por roció con pistola de aire, a elección del fabricante. Cuando no se especifique el espesor de la capa, se requerirá un espesor seco mínimo.

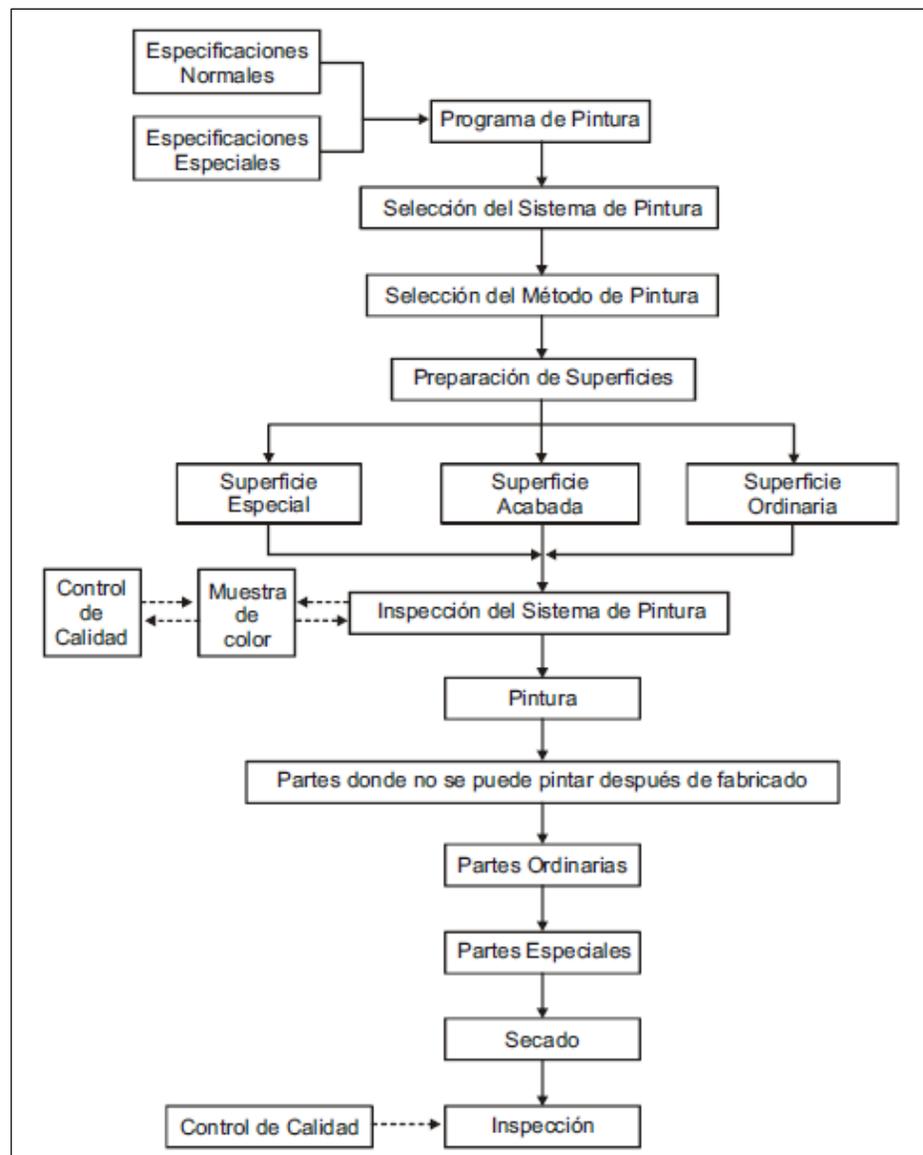


Figura 6.2 Procedimiento de preparación de superficies y sistemas de protección

Tabla 6.10 Requisitos para la aplicación del Smart coating

<b>Tipo de sustrato</b>	Acero
<b>Acceso a la superficie</b>	Escalera
<b>Preparación superficial</b>	SP2 o SP3
<b>Calidad de mano de obra</b>	Albañil o pintor con experiencia
<b>Numero de manos</b>	2
<b>Espesor final (mills)</b>	3
<b>Pintura recomendada</b>	Nanopartículas mesoporosas de sílice cargadas con fosfomolibdato de sodio y encapsuladas con PDDA
<b>Nombre comercial</b>	Silival o nanocontenedores
<b>Marcas disponibles</b>	ISAVAL o ADAPTA
<b>Expectativa de durabilidad</b>	Media duración (5 a 10 años)
<b>(Véase apéndice B)</b>	

#### 6.4.4.2 Informe de mantenimiento

Para esta fase, se espera que el personal realice nuevamente inspecciones con el formulario desarrollado para dar un seguimiento o control de las patologías encontradas y determinar si estas fueron retrasadas o eliminadas. Para lo cual se completara el siguiente formulario:

Tabla 6.11 Formulario de control de calidad del mantenimiento realizado

<b>CONTROL DE CALIDAD DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>Fecha:</b>		<b>Motivo de mantenimiento</b>		Preventivo ( ) Correctivo ( )	<b>Informe N°:</b>
<b>Inspector:</b>		<b>Tipo de inspección realizada</b>		Rutinaria ( ) Extraordinaria ( )	<b>Hoja N°:</b>
<b>Estructura:</b>					
<b>Descripción:</b>					
Deterioro/falla	Actividad realizada	Trabajador encargado	Descripción de actividad	Resultado	Observaciones
<b>Correas</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Cubierta del techo</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Viga de pórtico</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Columna del pórtico</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Cerramientos</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Portón de entrada</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Rejas de ventilación</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Red sanitaria</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Drenajes de lluvia</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Iluminación</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Instalación eléctrica</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Recubrimiento</b>				Acceptable ( ) Regular ( ) Deficiente ( )	
<b>Observaciones generales:</b>					

### 6.4.4.3 Evaluación de costos: Presupuestos para atacar las deficiencias detectadas (Véase apéndice C)

Tabla 6.12 Partidas correspondientes al costo del mantenimiento

<b>PARTIDA #1</b>	Reparación y sellado de goteras detectadas, sustitución de lámina de zinc dañada, instalación de bombillos
<b>PARTIDA #2</b>	Limpieza general de los elementos metálicos, muros de mampostería y obras de concreto reforzado, estructuras perimetrales, pisos y canalización de desagües
<b>PARTIDA #3</b>	Raspado general sobre toda la superficie de metal por método SSP2 y SSP3, retirando toda la suciedad generada con presión de aire.
<b>PARTIDA #4</b>	Refuerzo de algunos dispositivos de sujeción o conexión para asegurar la viga, soldadura, canalización de lluvias y correas.
<b>PARTIDA #5</b>	Reparación de la corrosión existente y reemplazo del recubrimiento anticorrosivo (aplicación del Smart coating).











Tabla 6.18 análisis de costo total de mantenimiento

<b>PARTIDAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO UNITARIO usd/h</b>	<b>HORAS</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
PARTIDA #1	Reparación y sellado de goteras detectadas, sustitución de lámina de zinc dañada, instalación de bombillos	3.97	40	158.8
PARTIDA #2	Limpieza general de los elementos metálicos, muros de mampostería y obras de concreto reforzado, estructuras perimetrales, pisos y canalización de desagües	4.53	40	181.2
PARTIDA #3	Raspado general sobre toda la superficie de metal por método SSP2 y SSP3, retirando toda la suciedad generada con presión de aire.	4.38	24	105.12
PARTIDA #4	Refuerzo de algunos dispositivos de sujeción o conexión para asegura la viga, soldadura, canalización de lluvias y correas.	1.87	80	149.6
PARTIDA #5	Reparación de la corrosión existente y reemplazo del recubrimiento anticorrosivo (aplicación del Smart coating).	5.31	104	552.24
Ingeniero		5	288	1440
				<b>2586.96</b>

## 6.5 Factibilidad

Es la ventaja económica y operativa de desarrollar el proyecto estudiado aprovechando los recursos disponibles para llevar a cabo los objetivos señalados.

### 6.5.1 Factibilidad Económica

Tabla 6.19 Factibilidad económica comparativa del proyecto  
(Véase apéndice D)

Costo según ley de los cinco de Sitter	Inversión en costo a razón de 5 veces en relación con su valor durante el diseño	Inversión en costo a razón de 125 veces en relación con su valor durante el diseño	
<b>Costos total asociado</b>	<b>2586,96\$</b>	<b>5820,6\$</b>	
<b>Inversión de corto plazo</b>			
<b>Inversiones de bajo costo</b>		<b>Inversiones de alto costo:</b>	
<b>PARTIDA #1</b> Reparación y sellado de goteras detectadas, sustitución de lámina de zinc dañada, instalación de bombillos	<b>158,8\$</b>	<b>PARTIDA #6</b> Sustitución de láminas de Zinc e Instalación de bombillos	<b>357,3\$</b>
<b>PARTIDA #2</b> Limpieza general de los elementos metálicos, muros de mampostería y obras de concreto reforzado, estructuras perimetrales, pisos y canalización de desagües	<b>181,2\$</b>	<b>PARTIDA #7</b> Sustitución de elementos metálicos, muros de mampostería y obras de concreto reforzado, estructuras perimetrales, y pisos y canalización de desagües	<b>407,7\$</b>
<b>PARTIDA #3</b> Raspado general sobre toda la superficie de metal por método SSP2 y SSP3, retirando toda la suciedad generada con presión de aire	<b>105,12\$</b>	<b>PARTIDA #8</b> limpieza con solventes	<b>236,52\$</b>
<b>PARTIDA #4</b> Refuerzo de algunos dispositivos de sujeción o conexión para asegura la viga, soldadura, canalización de lluvias y correas.	<b>149,6\$</b>	<b>PARTIDA #9</b> Sustitución de estructura metálica principal y miembros de conexión o soldadura	<b>336,6\$</b>
<b>PARTIDA #5</b> Reparación de la corrosión existente y reemplazo del recubrimiento anticorrosivo (aplicación del Smart coating).	<b>552.24\$</b>	<b>PARTIDA #10</b> Reemplazo del recubrimiento anticorrosivo (aplicación de pintura Alquílica)	<b>1.242,54\$</b>
<b>Durabilidad de recubrimiento</b>	5 a 10 años	2 a 3 años	
<b>% de eficiencia del recubrimiento</b>	90%	20%	
<b>Periodo para aplicación de recubrimiento</b>	En promedio cada 10 años	En promedio cada 2,5 años	
<b>Inversión a largo plazo</b>	552,24 \$ destinado a aplicar recubrimiento cada 10 años	421 \$ destinado a aplicar recubrimiento cada 2 años	
<b>Promedio de vida útil estimada del galpón</b>	75 años	60 años	

### **6.5.2 Factibilidad Operativa**

En cuanto a la factibilidad operativa de utilizar Smart coating para el mantenimiento de la estructura se ha determinado que resulta ventajoso porque la pintura al tener un índice de duración de 10 años reduce significativamente la frecuencia con la que se realizará el mantenimiento por lo tanto, las inversiones para costear el proyecto tendrán un largo período de tiempo para recuperar el capital invertido (Un ejemplo de esto se puede detallar en la factibilidad económica) mientras que al utilizar un recubrimiento convencional alquílico con un período de duración de 2 años se tendría que recurrir un mantenimiento con una frecuencia no mayor de 2 años debido a que tendrá que realizar una nueva capa de pintura a toda la estructura metálica significando trabajos muy repetitivos con una frecuencia baja.

El Smart coating al poseer nanotecnología para liberación de polímeros inhibidores que controlaran de manera reactiva cualquier proceso de corrosión y protegerá la estructura metálica de agentes degradantes cuando en esta se presenten, este proceso se estima tendrá una duración desde que se aplica la capa de pintura hasta que se remplace. Mientras que el recubrimiento a base de compuestos alquílicos emitirá constantemente los inhibidores hasta agotarse, proceso que dura alrededor de 1 año según la WCO, teniendo que remplazarlo para poder mantener su efectividad. Consideraron que estos compuestos poseen químicos contaminantes cuyas emisiones son perjudiciales para el ambiente y los individuos expuestos a ellos. Resultando así 100% factible operativamente la utilización del Smart coating en estructura metálica.

La mano de obra requerida para la aplicación del Smart coating es muy similar a la implementada para recubrimiento tradicional, ya que no se puede prescindir del personal calificado estipulado por la ASTM pero debemos tomar en cuenta que la contratación de mano de obra para los recubrimientos inteligente se realizara con una menor frecuencia en comparación con el mantenimiento donde se utilice pintura alquímica tradicional, disminuyendo las horas de trabajo necesarias.

Así mismo la mano de obra necesaria es totalmente accesible, puesto que se puede conseguir fácilmente, solo debe contar con las siguientes cualidades o conocimientos: a) Saber evaluar el espesor de la pintura necesaria, b) Conocer visualmente el grado de limpieza que necesita la superficie, c) Correcta aplicación de la pintura (experiencia), d) Destreza para trabajar en alturas.

Siguiendo la ideología formalizada en la gráfica de la curva de bañera (norma COVENIN 3049-93) se establece que durante el periodo de arranque de plan de acción el índice de fallas decrece a medida que transcurre el tiempo gracias a que se le hace revisión y reparación general a la estructura. Durante el periodo de operación normal el índice de fallas permanece constante o estable siempre que se siga implementando el plan de mantenimiento, ya que es un periodo de gran duración se dispone del tiempo suficiente para corregir cualquier detalle sobre el plan mantenimiento y de esta manera adecuarlo poco a poco a las necesidades del galpón con el fin de corregir las fallas antes de que sucedan.

Durante el periodo de desgaste el índice de falla, generalmente aumenta con el transcurrir del tiempo, evidenciándose justamente en este periodo los resultados de haber ejecutado un plan de mantenimiento provocando que el índice de falla crezca muy lentamente. Esto nos permite aseverar que el plan de mantenimiento propuesto, además de ser novedoso, es totalmente necesario aún más si permite la utilización de tecnología de vanguardia.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. El galpón estudiado se asocia visualmente al tipo industrial. Su tipología es tradicional y compuesta por elementos rudimentarios con deficiencia en su diseño muy frecuentes en la construcción arbitraria de estructuras metálicas en el país.

2. La condición general del galpón es moderadamente deteriorado producto de un inexistente plan de mantenimiento y un recubrimiento ineficiente.

3. No se evidencia daño estructural, por lo cual el galpón aun es funcional pero sus patologías deben ser tratadas.

4. En cualquier estructura metálica se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo, evitar futuros daños, y correctivo, reparar daños circunstanciales. Estableciendo actividades programadas destinada a identificar patologías (humedad, corrosión, fisuras, etc.), buscar y proponer soluciones

5. El Smart coating prolonga la vida útil de los galpones protegiéndolos por un periodo de 5 a 10 años conservando continuamente la efectividad de su inhibidor activándolos solamente ante estímulos ambientales u ocasionales aportándole la propiedad de regeneración de la capa de pintura, auto limpieza, anti incrustante. Además son integrados con nanotecnología amigable con el ambiente.

6. Para diseñar un plan de mantenimiento se programan las inspecciones, se establecen las actividades a realizar (limpieza, pintura, reparación o sustitución), se evalúan costos y se culmina con un control de calidad, procurando guardar los resultados para futuras estadísticas. Teniendo como ventaja la durabilidad del smart coating las reparaciones se reducirán al igual que los costos a largo plazo.

7. El plan de mantenimiento propuesto tiene un costo total calculado de 2586,96 usd.

8. Realizar mantenimiento a cualquier elemento de la estructura es más factible que remplazarlo por que resulta un 125% más elevado del costo inicial de diseño ya que involucra mayor procedimiento, material, tiempo y mano de obra.

9. El costo de total de pintar las superficies metálicas es de 552,24 \$ mientras que si se empleara una recubrimiento tradicional habría que realizar una inversión de 421 \$ según la revista TYT en su artículo “cotización de mantenimiento tradicional para elementos metálicos” pero si multiplicamos este valor por el número de capas de pintura que se darían en un año nos daría un total de 2.104,65 relativamente cercano a los 2.586,96usd que es el valor total estimado del este proyecto. Siendo significativa la diferencia del costo de ambos a largo plazo.

## **Recomendaciones**

- 1.** Para la construcción de galpones se debe seguir en la mayor medida posible lo exigido en las normas de construcción.
- 2.** Los planes de mantenimiento deben comenzar a implementarse inmediatamente se finalice la construcción de un galpón por lo cual deben ser considerado en cualquier proyecto de diseño y construcción de estructura metálica.
- 3.** Contratar personal capacitado o con experiencia según la exigencia del área y grado de conocimiento necesario para desarrollar las tareas de mantenimiento.
- 4.** Integrar más tecnología de vanguardia en el desarrollo de mantenimientos estructurales, preservando el medio ambiente.
- 5.** Usar las estadísticas generadas por el seguimiento consecuente del mantenimiento para una actualización continua, ajustándolo con el tiempo.
- 6.** Usar la información y el conocimiento obtenido en este proyecto para el desarrollo de futuras investigaciones en pro del desarrollo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

Acuña, M. (2018) **PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL POLIDEPORTIVO DE CARTAGO.** (Tesis Doctoral) Universidad Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11226/plan\\_mantenimiento\\_estructuras\\_polideportivo\\_cartago.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11226/plan_mantenimiento_estructuras_polideportivo_cartago.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ander Egg E., Forero N. (2007) **INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN SOCIAL** (3ra Edición). Humanitas.

Aguirre C y Figueroa A (2008) **ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO ENTRE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA Y HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS.** (Tesis de Grado) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito. P163 <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/607>

Arencibia, J. (2008) **CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE EL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS. ARQUITECTURA E INGENIERÍA,** 1 (1), 1-8. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193915927005.pdf> BBC Mundo. (2016) **LOS PAÍSES DEL MUNDO CON LA MEJOR Y PEOR INFRAESTRUCTURA.** BBC News, (1). Recuperado de [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160104\\_economia\\_paises\\_mejor\\_infraestructura\\_if](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160104_economia_paises_mejor_infraestructura_if)

Arnal Eduar, Achabal Felix, Gutierrez Arnaldo y Montemayor Felipe (2014) **PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE GALPONES MODULARES.** (1era Edición) Editorial Guayana Digital C.A. Caracas. P218 [https://www.academia.edu/44013052/Proyecto\\_y\\_construccion\\_de\\_galpones\\_modulares](https://www.academia.edu/44013052/Proyecto_y_construccion_de_galpones_modulares)

Balseca D y Dahik C (2012) **PROCESOS DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO.** (Tesis de Grado) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito. P364 <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4727>

Batista P., Fernández C., Y Hernández S. (2003) **METODOLOGÍA DE LA INVEST**

**IGACIÓN** (3era Edición). McGraw-Hill Interamericana. México, D. F.

Camacho Salazar, Pablo (2009) **DISEÑO DE UN PLAN MODELO DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS DEL ICE.** (Tesis de Grado) Instituto Tecnológico De Costa Rica, Escuela De Ingeniería En Construcción., Costa Rica. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6196/Dise%C3%B1o\\_Plan\\_Modelo\\_Mantenimiento\\_Edificios\\_ICE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6196/Dise%C3%B1o_Plan_Modelo_Mantenimiento_Edificios_ICE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. **Gaceta Oficial (Extraordinaria)** N° 36.860. 1999. Caracas.

Devera Rueda, Fredy A y Ortiz Palencia, Denise C (2019) **GUÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.** (Tesis de Grado) Universidad Santo Tomás, División de Ingenierías y Arquitectura. Bucaramanga. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18447/2019OrtizDenise.pdf?sequence=4>

Domingo Pannoni, Fabio (2019) **PRINCIPIO DE PROTECCION DE ESTRUCTURAS METALICAS EN SITUACION DE CORROSION Y FUEGO.** Gerdau Corsa. El Futuro se Moldea. Ciudad de México. P56 [https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx\\_gerdau/files/PDF/PRINCIPIOS%20DE%20PROTECCION%20ESTRUCTURAS%20METALICAS%20SITUACION%20CORROSION%20FUEGO.pdf](https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/PRINCIPIOS%20DE%20PROTECCION%20ESTRUCTURAS%20METALICAS%20SITUACION%20CORROSION%20FUEGO.pdf)

Finol de Navarro, Nava de Villalobos. (2000). **PROCESOS Y PRODUCTOS EN LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL** (2da Edición). EDILUZ.

Filias, A. (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** (6ta Edición). Episteme.

Fuenmayor E. (2017) **Predictiva 21.** (14 de enero del 2023) <https://predictiva21.com/calculando-frecuencia-optima-inspeccion/>

García, O. (2006) **MANTENIMIENTO GENERAL.** (Tesis Doctoral). Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia UPTC, Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf>

Gavidía A y Subía A (2015) **ELABORACION DE LOS PROCEDIMIENTO DE FABRICACION Y FABRICACION DE LAS ESTRUCTURA DE ACERO.** (Tesis de Grado) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito. P232 <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10578/1/CD-6256.pdf>

Gómez P. M., Angelo (2019) **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL TALLER DE METALMECÁNICA DE LA EMPRESA ENSAMBLAJES S.A.** (Tesis Doctoral) Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/7120/masandoval.pdf?sequence=1>

Gil Flores J., García J. (1996). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA.** Aljibe. Granada, España.

Hernández Vargas M. Lizbeth. (2013). **SÍNTESIS DE RECUBRIMIENTOS POLIMÉRICOS INTELIGENTES.** (Tesis Doctoral) Universidad nacional autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699262/0699262.pdf>

Hurtado de Barrera. (2010). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN,** Guía para la comprensión holística (4ta Edición). Quirón y Sypal.

Ingenieros Asesores. (Octubre 2022). **VIDA ÚTIL DE UNA CONSTRUCCIÓN SEGÚN SU TIPO.** Ingenieros Asesores (1-5). Recuperado de <https://ingenierosasesores.com/actualidad/mantenimiento-y-durabilidad-de-las-estructuras/>

Ley Orgánica De Venezuela Construcción Civil (2022), Gaceta Oficial N° 42496. Caracas.

**MANTENIMIENTO. DEFINICIONES,** 3049-93 (01 de diciembre de 1993). Norma COVENIN, Comité Técnico de Normalización (CT-3) Reunión N° 124. Caracas, Venezuela. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3049-93.pdf>

**MANUAL PARA EVALUAR LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA,** 2500-93 (01 de diciembre de 1993). Norma COVENIN, Comité Técnico de Normalización (CT-3) Reunión N° 124. Caracas, Venezuela. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2500-93.pdf>

Mario Tamayo y Tamayo. (2003). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA** (3era Edición). Limusa.

Mc Cormac. (2012). **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO** (5ta Edición). Alfaomega

Mercado Girado, R. (2015-2016). **LOS METALES EN LAS SOCIEDADES PROTOHISTÓRICAS.** (Tesis Doctoral). Universidad de Lleida, Ecuador. <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/59814/rmercadog.pdf?sequence=1>

Marín Mario Tenan (2019). **FUNDAMENTOS PARA LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO Y CONSERVACIÓN SOSTENIBLE DE LAS ESTRUCTURAS DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO.** (Tesis Doctoral) Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. [https://oa.upm.es/56007/1/MARIO\\_TENA\\_MARIN.pdf](https://oa.upm.es/56007/1/MARIO_TENA_MARIN.pdf)

Olivares Lambaren (2015). **COLECCIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.** Mantenimiento Sistemático.

Pérez Rondón, Félix A. (2021) **CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.** Ediciones USTA. Bucaramanga, Colombia. P112 <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Renovatec (2019) **Mantenimiento Renovatec** (13 de enero del 2023) [<http://mantenimiento.renovatec.com/plan-de-mantenimiento/145-frecuencia-de-las-tareas-de-mantenimiento>]

Rodríguez, J. (2022) **EL FUTURO DE LOS RECUBRIMIENTOS: “SMART COATINGS” FRENTE A LA CORROSIÓN PARA LA INDUSTRIA OFFSHORE.** MasScience. Recuperado de <https://www.masscience.com/perspectiva-en-recubrimientos-smart-coatings-frente-a-la-corrosion-para-la-industria-offshore/>

Santa Paella y Feliberto Martins. (2010). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA** (3era Edición). Fedupel.

Vallejo, Ordoñez, Villalobos, Sánchez. (2007). **ORIENTACIONES METODOLÓGICAS PARA INVESTIGACIONES EN EL ÁREA DE INGENIERÍA.** Editorial Kindle.

Zea Tomero C. (2019). **RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS INTELIGENTES Y MEDIOAMBIENTALMENTE ACEPTABLES BASADOS EN NANOPARTÍCULAS DE SÍLICE.** (Tesis Doctoral) Universidad Complutense de Madrid, Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/55797/1/T40981.pdf>

## **APÉNDICES**

## **APÉNDICES A**

Tablas para establecer el nivel o grado de riesgo de las estructuras metálicas de sufrir ciertas patologías

Tabla A.1 Escala y descripción de los grados de corrosión, ASTM D 610  
 “Método de prueba estándar para evaluación del grado de corrosión en las superficies de acero pintadas”

Grado de corrosión	Porcentaje de superficie corroída	Ejemplos visuales		
		Manchas(S)	General(G)	Picaduras(P)
10	Sin corrosión, menos o igual a 0.01%	Ninguna		
9	Mínima corrosión, más de 0.01% y hasta 0.03%	9S	9G	9P
8	Más de 0.03% y hasta 0.1%	8S	8G	8P
7	Más de 0.1% y hasta 0.3%	7S	7G	7P
6	Más de 0.3% y hasta 1.0%	6S	6G	6P
5	Más de 1.0% y hasta 3.0%	5S	5G	5P
4	Más de 3.0% y hasta 10.0%	4S	4G	4P
3	Más del 10.0% y hasta el 16.0%	3S	3G	3P
2	Más del 16.0% y hasta el 33.0%	2S	2G	2P
1	Más del 33.0% y hasta el 50.0%	1S	1G	1P
0	Más del 50%	Ninguna		

Tabla A.2 Clasificación de ambientes corrosivos, norma ISO 12944-2,  
 “Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores”.

Categoría	Corrosividad	Exterior	Interior	Espesor recomendado de capa
C1	Muy baja	-	Oficinas, tiendas, colegios, hoteles.	80 $\mu\text{m}$
C2	Baja	Áreas rurales.	Almacenes deportivos.	120-160 $\mu\text{m}$
C3	Media	Urbanas e industriales. Baja salinidad.	Industria alimentaria.	160-200 $\mu\text{m}$
C4	Alta	Áreas industriales y costeras. Moderada salinidad.	Plantas químicas, piscinas, barcos costeros y astilleros.	200-240 $\mu\text{m}$
C5-1	Muy alta (industrial)	Áreas industriales, elevada humedad, atmósfera agresiva.	Edificios o áreas con condensación casi permanente. Contaminación elevada.	240-320 $\mu\text{m}$
C5-M	Muy alta (marino)	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad.	Edificios o áreas con condensación casi permanente. Contaminación elevada.	240-320 $\mu\text{m}$

Tabla A.3 Categorización por tamaño y densidad de ampollamiento, norma ASTM D714, 2002, “Evaluación del grado de ampollas (Blistering) de pinturas”

Numero	Tamaño	Frecuencia	
10	0 mm	0	Sin ampollamiento
8	0-1mm	F	Poca
6	1-2mm	M	Media
4	2-3mm	MD	Media densa
2	3-5mm	D	Densa
0	+5	VD	Muy densa

Tabla A.4 Categorización del daño según zona de incisión, norma ASTM D660 “Método de prueba estándar para evaluar el grado de Agrietamiento (Checking) de pinturas exteriores”.

Grado	Tamaño de incisión
10	0 mm
9	0 a 0,5 mm
8	0,5 a 1 mm
7	1 a 2 mm
6	2 a 3 mm
5	3 a 5 mm
4	5 a 7 mm
3	7 a 10 mm
2	10 a 13 mm
1	13 a 16 mm
0	+16 mm

Tabla A.5 Categorización de los grados de descamación, norma ASTM D772 “Método de prueba estándar para Evaluación del grado de descamación (Scaling) de las pinturas exteriores”

Grado	Porcentaje de descamación
10	Sin descamación, menos o igual a 0.01%
8	Más de 0.1% y hasta 0.3% del área desprendida
6	Más de 1.0% y hasta 3.0% del área desprendida
4	Más de 10.0% y hasta 16.0% del área desprendida
2	Más de 33.0% y hasta 50.0% del área desprendida
0	Más del 50.0% área desprendida

Tabla A.6 Escala de mantenimiento general

<b>Condición</b>	<b>Porcentaje de superficie corroída</b>	<b>Listado de chequeo</b>
Satisfactoria	Sin corrosión, menos o igual a 0.01%. Mínima Corrosión, más de 0.01% y hasta 0% a 0.03%	20% de los deterioros, presente
Aceptable	Más de 0.03% y hasta 0.1% 20% a Más de 0.1% y hasta 0.3%	40% de los deterioros, presente
Moderada	Más de 0.3% y hasta 1.0% Más de 1.0% y hasta 3.0%	40% a 60% de los deterioros, presente
Deficiente	Más de 3.0% y hasta 10.0% Más del 10.0% y hasta el 16.0%	60% a 80% de los deterioros, presente
Grave	Más del 16.0% y hasta el 33.0% Más del 33.0% y hasta el 50.0%	80% a 100% de los deterioros, presente
Inaceptable	Más del 50%	-

## **APÉNDICES B**

Normas y especificaciones para la reparación de superficies metálicas para la pintura

Tabla B.1 Las normas de mayor utilización en toda América Latina, Steel Structure Painting Council (S.S.P.C.) y Swedish Standard Institute (SIS 055900)

<b>Descripción</b>	<b>SSPC</b>	<b>SIS 055900</b>
Limpieza con solventes	SP 1	----
Limpieza manual	SP 2	St 2
Limpieza motriz	SP 3	St 3
Limpieza con llama y cepillo	SP 4	----
Chorro abrasivo metal blanco	SP 5	St 3
Chorro abrasivo comercial	SP 6	St 2
Chorro abrasivo brush off	SP 7	St 1
Decapado	SP 8	----
Exposición ambiental y chorro abrasivo	SP 9	----
Chorro abrasivo metal casi blanco	SP 10	St 2 ½

Tabla B.2 Limpieza y capa de pintura recomendada según el ambiente, manual de pintura de la CBCA.

<b>Variable</b>	<b>Tipo de Limpieza</b>	<b>Rural</b>	<b>Urbano, Industrial o Marino</b>	<b>Componentes Enterrados</b>
Preparación de superficie mínima	Limpieza mecánica	St 3	St 3	----
	Explosión abrasiva	St 2 ½	St 2 ½	St 2 ½
Faja de espesor del sistema de pintura	Limpieza mecánica	125-175	150-250	250-375
	Explosión abrasiva	80-125	100-200	240-300



Figura B.1 Patrones de grados de corrosión (SIS 055900-1967)

## **APÉNDICES C**

Tarifas de costos para presupuesto de mantenimiento

Tabla C.1 Tarifa de Costo Horario para herramientas

TARIFA DE EQUIPOS					
N <sup>a</sup>	Detalle	Cant.	Costo (Usd)	Costo Horario (Usd)	Referencia
1	Esmeril 750W	1	40	0.5	Mercado Libre
2	Máquina para soldar 110/220v 160amp	1	135	1.90	Mercado Libre
3	Compresor de aire 2,5hp 50lts	1	250	2.33	Mercado Libre
4	Taladro 850W	1	60	0.78	Mercado Libre
5	Hidrojet 1900psi 1400W	1	120	1.65	Mercado Libre
6	Manguera de presión para Aire de ½	1	100	1.4	Mercado Libre

Tabla C.2 Tarifa de Costo de mano de Obra

TARIFAS MANO DE OBRA					
N <sup>a</sup>	Detalle	Número	Salario Mensual	Costo Horario (USD)	Referencia
1	Ingeniero	1	150	5	Revista de Construcción
2	Pintor	2	60	2	Revista de Construcción
3	Ayudante de Pintor	4	40	1.33	Revista de Construcción
4	Soldador	1	60	2	Revista de Construcción
5	Ayudante de soldador	1	40	1.33	Revista de Construcción
6	Albañil	1	60	2	Revista de Construcción
7	Ayudante de albañil	2	40	1.33	Revista de Construcción

Tabla C.3 Tarifa de Costo de Materiales

TÁRIFA DE MATERIALES						
N <sup>a</sup>	Detalle	Cant.	Unidad	Costo Unitario (Usd)	Total (Usd)	Fuente
1	Disco de lija para esmeril 4" P80	1	u	5	5	Mercado Libre
2	Lija 23x28cm	50	u	0.22	11	Mercado Libre
3	Base pintura	30	4000 cc	13.37	401.1	Mercado Libre
4	Sellador de juntas para mampostería (techos y muros)	40	lt	11.97	478.80	Revista construcción
5	Cierra metálica	2	u	6.25	12.50	Mercado Libre

6	Electrodo E6013 3/32	10	kg	1.85	18.5	Mercado Libre
7	Brochas	10	u	1.25	12.50	Mercado Libre
8	Lámina de Zinc galvanizada Cal. 0.20x0.80x3.66mts	1	u	13	13	Mercado Libre
9	Lámpara led 100 watts	3	u	15	45	Mercado Libre
10	Tornillos de fijación para techos	25	u	2	50	Mercado Libre
11	Interruptores sencillos con (apagador)	1	u	2	2	Mercado Libre
12	Interruptores (ticino)	1	u	5	5	Mercado Libre
13	Teipe (Cinta aislante, 3m)	1	u	2	2	Mercado Libre
14	Solvente	1	u	12	12	Mercado Libre
15	Toma corriente (enchufe)	1	u	2	2	Mercado Libre
16	Solución de jabón neutro	1	lt	0.5	0.5	Mercado Libre
17	Cepillo de alambre	3	u	2	6	Mercado Libre
18	Alicate eléctrico 8" 203cm	1	u	10	10	Mercado Libre
19	Alicate a Presión	1	u	10	10	Mercado Libre
20	Cepillo	1	u	5	5	Mercado Libre
21	Guantes	1	u	5	5	Mercado Libre
22	Gafas Protectoras	1	u	3	3	Mercado Libre
23	Cubre bocas paquete de 50und	50	u	0.2	10	Mercado Libre
24	Juego de destornilladores, 4 piezas	1	u	4	4	Mercado Libre
25	Tubo perfil U, 2x1x6mts, Esp 1.40mm	1	u	13	13	Mercado Libre
26	Pintura anticorrosiva Isaval (nanocontenedoras)	1	u	120	120	Amazon
27	Martillo 16oz	1	u	8	8	Mercado Libre
28	Nivel, 3 ángulos 30cm	1	u	5	5	Mercado Libre Mercado Libre
29	Cinzel	1	u	10	10	Mercado Libre
30	Lima de metal 25cm	10	u	5	50	Mercado Libre
31	Remachadora 10"	1	u	10	10	Mercado Libre

## **APÉNDICES D**

Ley de los cinco de Sitter, factibilidad de costos

Tabla D.1 Ley de Sitter

Fases	Descripción	Estado de la estructura	% de costo asociado al de proyecto
<b>A</b>	Período de diseño, construcción y curado.	Buena	1
<b>B</b>	Proceso de iniciación en desarrollo, pero aún no se presentan daños por propagación.	Mantenimiento preventivo	5
<b>C</b>	El deterioro propagador comienza.	Reparación y mantenimiento	25
<b>D</b>	Estado avanzado de propagación con daños extensos ocurriendo.	Rehabilitación	125

**Nota:** la ley dice que: “Un dólar gastado en la fase A equivale a cinco dólares en la fase B; equivale a 25 dólares en la C y a 125 dólares en la fase D”. Lo que implica que los ingenieros que trabajan en el seguimiento de las obras tienen que concentrarse en las fases A y B.

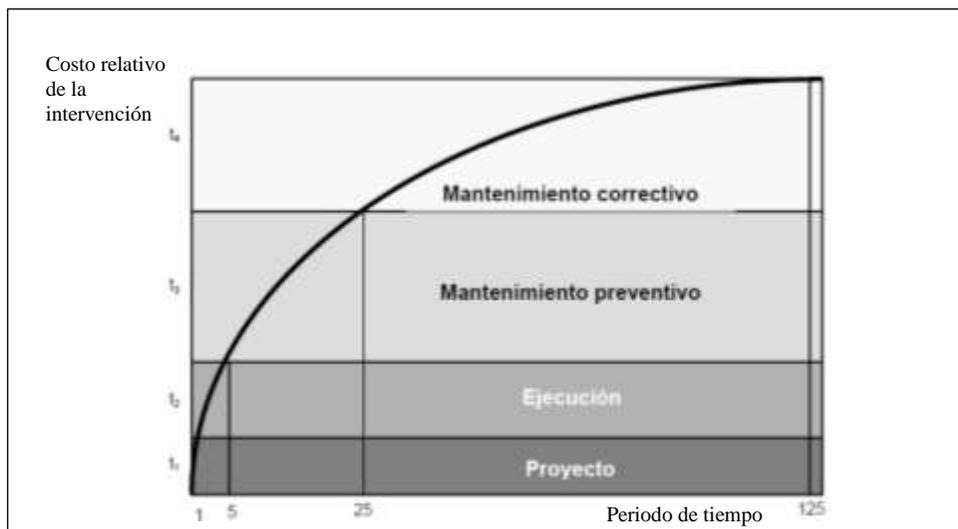


Figura D.1 Grafico de la ley de Sitter

## **APÉNDICES E**

Curva de la bañera (COVENIN 3049-93)

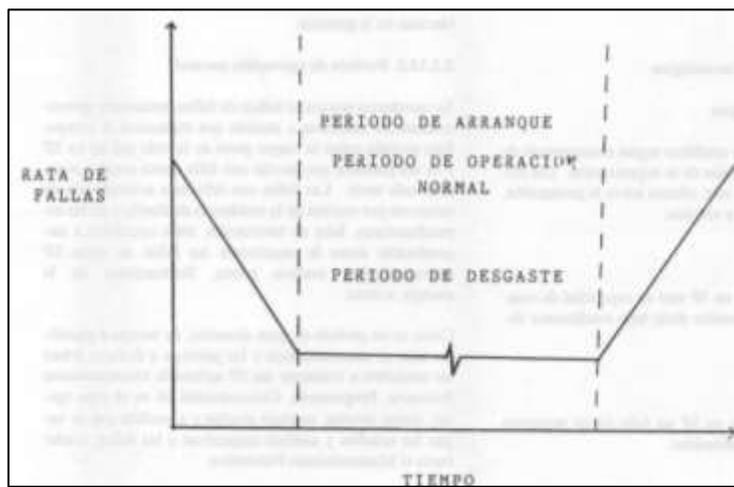
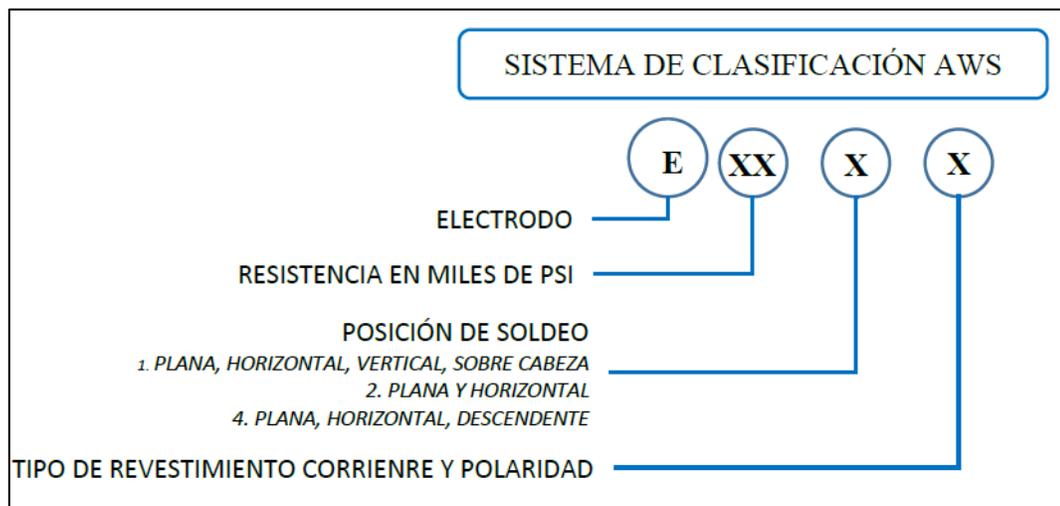


Figura E.1 Curva de la bañera (COVENIN 3049-93)

**ANEXOS**

## 1 Normas Venezolanas recomendadas para la preparación de las especificaciones generales de construcción y mantenimiento de los galpones

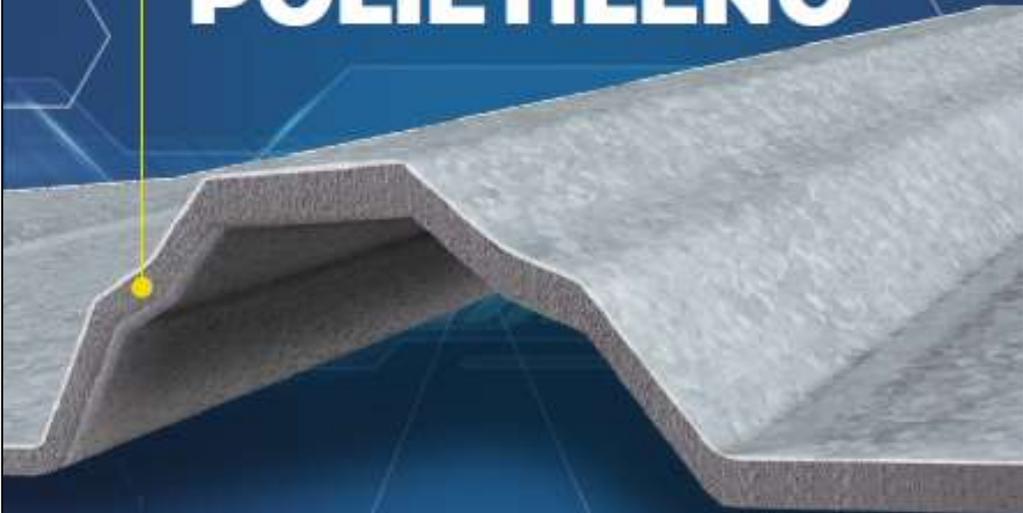
Norma COVENIN	Título
200:2004	Código eléctrico nacional
1618.1998	Estructura de acero para edificaciones, método de los estado limites
1753:2006	Proyecto y construcción de obras de concreto estructural
1756:2001	Edificaciones sismoresistentes
1755:1986	Código de prácticas normalizadas para la fabricación y construcción de estructuras de acero
2000:1992	Mediciones y codificaciones de partidas para estudios, proyectos y construcción. Parte II.A Edificaciones. Suplemento de la norma venezolana 2000/II.A-92
2000-2:1999	Proyecto, construcción y adaptación para edificaciones de uso publico
2733:1990	Accesibilidad a personas con impedimentos físicos
3400:1998	Impermeabilización de edificaciones
3621:2000	Diseño sismoresistente para instalaciones industriales



## 2 Sistema de clasificación AWS

**Confortérmico**

**NUEVA LÍNEA**  
DE CUBIERTAS METÁLICAS CON  
**ESPUMA DE POLIETILENO**



**FICHA TÉCNICA**  
MANUAL DE USO

EL ACERO DEL FUTURO  
**NOVACERO**

3 Lamina de zinc recomendada



**Autoclean**

## AUTOCLEAN



Los recubrimientos autolimpiantes desarrollados por Adapta Color están basados en dos líneas de investigación diferentes que dan fruto a las siguientes tecnologías:

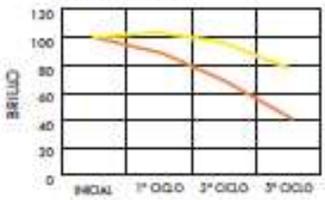
**Recubrimientos fotocatalíticos:** En las superficies se van depositando moléculas y compuestas orgánicas que son responsables de su manchado e indirectamente sirven de base de anclaje al polvo común. La acción fotocatalítica de estas pinturas actúa eliminando estas moléculas minimizando la posibilidad de anclaje de otros contaminantes y reduciendo la necesidad de mantenimiento de estas superficies.



**Recubrimientos hidrofóbicos:** Simulan el llamada "efecto loto", cuando las gotas de agua caen sobre las hojas de loto se recogen en círculos debido a que los diminutos filamentos de la superficie se unen creando una superficie que repela al agua. Este tipo de recubrimientos ha sido diseñado para que las gotas de agua resbalen evitando que se sequen en la superficie evitando la creación de moho o aspecto sucio, generando a su vez un efecto mecánico de las partículas depositadas en la película.

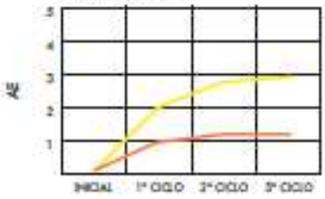
**AIRICO**  
**Instituto Tecnológico de la Construcción**  
 INFORME N°: IT 110082  
 Evolución del carácter autolimpiante

VARIACIÓN DE BRILLO



Ciclo	Autolimpiante	Estándar
INICIAL	100	100
1º CICLO	100	90
2º CICLO	100	80
3º CICLO	90	50

VARIACIÓN DE AE



Ciclo	Autolimpiante	Estándar
INICIAL	0.5	0.5
1º CICLO	2.0	1.0
2º CICLO	3.0	1.2
3º CICLO	3.5	1.3

[ 18 ]  
 Edición digital 1/15

#### 4 Recubrimiento inteligente recomendado

<p>▶ <b>Siltop profesional</b> Pintura mineral de silicato</p> <p>☑ CE CAS</p> 	<p>▶ <b>Sileco</b> Pintura silicato interior</p> <p>☑ CAS</p> 	<p>▶ <b>Isaltex Aluminio anticorrosivo</b> Esmalte a base de resina de silicona</p> <p>☑ ☑</p> 
<p>☑ Pintura para fachadas a base de silicato de potasio. Proporciona un recubrimiento resistente a la intemperie, con alto grado de blancura e impermeabilidad al agua de lluvia, así como transpirabilidad</p>	<p>☑ Pintura de interior libre de disolventes y biocidas, con muy bajo impacto sobre personas alérgicas. Producto respetuoso con el medio ambiente e hipoalérgico.</p>	<p>☑ Esmalte a base de resinas de silicona con elevada resistencia a las altas temperaturas, pudiendo alcanzar los 300°C. Tiene muy buena brochabilidad, nivelación y secado rápido.</p>
<i>Nuevo</i>		
<p>▶ <b>Acquatex Anticorrosivo negro</b> Esmalte a base de resina de silicona</p> 	<p>▶ <b>Isalnox Esmalte acua</b> Esmalte antioxidante directo al metal</p> <p>☑ ☑ ☑</p> 	<p>▶ <b>Silcoval Mate mineral</b> Pintura con resina de silicona</p> <p>☑ ☑ ☑</p> 
<p>☑ Esmalte acuoso a base de resinas de silicona, con elevada resistencia a las altas temperaturas. Capaz de soportar 450°C.</p> <p>☑ Pintado, en interior, de chimeneas, estufas, radiadores, depósitos, ... expuestos a elevadas temperaturas.</p>	<p>☑ Esmalte antioxidante de gran dureza y protección. Formulado con resinas de nueva generación de secado rápido, apto para el pintado directo sobre superficies metálicas ferrosas sin necesidad de imprimación. Base agua. Débil olor que desaparece al secar.</p>	<p>☑ Pintura de interior de acabado mate de componente silicónica, VOC free y ausente de olor. Permeable al vapor de agua, permitiendo la transpiración del soporte, a la vez que ofrece muy alta opacidad y blancura. Especialmente recomendada para el recubrimiento de placas de cartón-yeso. Con conservante antimoho para la protección de la película.</p>

## 5 recubrimiento inteligente recomendado para estructura metálicas

<p>▶ <b>Reviquarz Q-200</b> Mortero acrílico mineral</p> <p>☼ ☼ ☼ CE</p>	<p>▶ <b>Reviquarz SC 10</b> Mortero mineral base silicona</p> <p>☼ ☼ ☼ CE</p>	<p>▶ <b>Reviquarz NT 10</b> Mortero mineral nano tecnológico</p> <p>☼ ☼ ☼ CE</p>
		
<p>📄 Revestimiento acrílico en capa gruesa impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua. Destaca por su fácil aplicación y gran resistencia a la intemperie. Con conservante antimoho (para película).</p>	<p>📄 Mortero acrílico mineral de grano fino homogéneo a base de resinas de silicona para la impermeabilización de fachadas e interiores. Con conservante antimoho (para película).</p>	<p>📄 Mortero mineral estructurado en base a resinas híbridas de nano composite de última tecnología para la impermeabilización y decoración de fachadas. Con conservante antimoho (para película).</p>

6 recubrimiento inteligente recomendado para cubrir grietas en paredes y piso

## 7 Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	<b>PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL UTILIZANDO SMART COATING EN EL GALPÓN N<sup>o</sup> 18H DE LA PARROQUIA CACHAMAY, SECTOR CASTILLITO, CALLE LA ASUNCIÓN, ESTADO BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ.</b>
<b>Subtítulo</b>	PLAN DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL UTILIZANDO SMART COATING

**Autor(es)**

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Bermúdez L., Ana P.	CVLAC	26.048.244
	e-mail	<a href="mailto:anapatriciabermudezlozada@gmail.com">anapatriciabermudezlozada@gmail.com</a>
	e-mail	
Córdova B., José J.	CVLAC	26.512.870
	e-mail	<a href="mailto:jjavier08.jc@gmail.com">jjavier08.jc@gmail.com</a>
	e-mail	<a href="mailto:j.cbjavier@hotmail.com">j.cbjavier@hotmail.com</a>

**Palabras o frases claves:**

Recubrimiento inteligente
Smart coating
Acero
Plan
Mantenimiento
Galpón
Estructura metálica

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

<b>Área</b>	<b>Sub-área</b>
Ciencias de la Tierra	Departamento de Ingeniería Civil

### Resumen (abstract):

---

El propósito del presente trabajo de grado presentado a la Universidad de Oriente consiste en estudiar el uso del material “Smart Coating” o “Recubrimiento inteligente” como un elemento capaz de adaptarse de manera dinámica a los estímulos del exterior y tener la habilidad para reparar de manera automática e independiente cualquier tipo de imperfección o daño que se produjera en el recubrimiento del galpón № 18-H En La Parroquia Cachamay, Sector Castillito, Calle La Asunción, Estado Bolívar- Puerto Ordaz; daños a su vez ocasionados por la falta de cuidado o mantenimiento del mismo en su estructura metálica. Así mismo, se contemplara la utilización de materiales como, lija, cepillo de alambre, láminas de zinc o galvanizada, equipo para aplicación del recubrimiento inteligente de nanopartículas y nanomateriales sobre soldaduras, vigas, cubierta del techo, correas demás perfiles tubulares que son indispensables. En cuanto a su metodología es del tipo descriptiva y de diseño documental de campo. De tal manera que se realizó una bibliografía existente sobre el correcto proceso que conlleva el mantenimiento de estructuras metálicas, acero y galpones. Toda la información necesaria fue recabada mediante herramientas tales como cámara fotográfica, calculadoras, laptops, bibliografías, libros. Una vez obtenidos los resultados se pudo realizar los estudios adecuados para llegar a las conclusiones, recomendaciones y así finalmente realizar la propuesta, teniendo una estimación de costos en dólares y permitiendo resaltar la importancia y beneficios que conllevara en un futuro el uso de este tipo de material en el campo de la ingeniería Civil en el área de estructuras metálicas.

---

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

**Contribuidores:**

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Sequera, Antonio	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLA</b>	19.870.057
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:antonio.sequera@gmail.com">antonio.sequera@gmail.com</a>
	<b>e-mail</b>	
Grieco, Giovanni	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLA</b>	8.868.256
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:griecogio1913@gmail.com">griecogio1913@gmail.com</a>
	<b>e-mail</b>	
Echeverría, Beatriz	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLA</b>	21.013.748
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:echeverriabcc92@gmail.com">echeverriabcc92@gmail.com</a>
	<b>e-mail</b>	

**Fecha de discusión y aprobación:**

Año      Mes      Día

<b>2023</b>	<b>02</b>	<b>16</b>
-------------	-----------	-----------

**Lenguaje:** Spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

**Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>
Tesis_propuesta_plan_de_mantenimiento_ct.pdfx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U  
V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

**Alcance:**

**Espacial:** Parroquia Cachamay, Sector Castillito, C. la Asunción, Edo Bolívar-Puerto Ordaz. **(Opcional)**

**Temporal:** 10 años **(Opcional)**

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

**Ingeniero Civil**

**Nivel Asociado con el Trabajo:**

**Pregrado**

**Área de Estudio:**

**Ingeniería Civil**

**Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**

**Universidad de Oriente**

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN° 0975

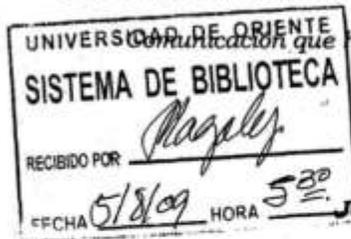
Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letdo el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

  
JUAN A. BOLANOS CURRELO  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

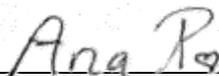
**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) :** "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



---

**AUTOR 1**



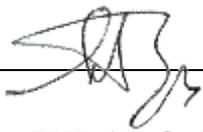
---

**AUTOR 2**



---

**TUTOR**



---

**JURADO 1**



---

**JURADO 2**

---

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:**