



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la estructura metálica del galpón de electromecánica.

Autor:

Richard Antonio Merchán Castro
Josselyn Rubí Benavidez Aveiga

Tutor:

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades de Estudio.

Carrera:

Electromecánica.

Tosagua, agosto del 2025

CERTIFICACION DEL TUTOR

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.; docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en calidad de Tutor.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto integrador con el título: Implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la estructura metálica del galpón de electromecánica, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de sus autores:

Richard Antonio Merchán Castro, Josselyn Rubí Benavidez Aveiga

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Tosagua, agosto de 2025



Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien suscribe la presente: **Richard Antonio Merchán Castro, Josselyn Rubí Benavidez Aveiga**

Estudiantes de la Carrera de **Electromecánica** declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: **Implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la estructura metálica del galpón de electromecánica**, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Tosagua, agosto de 2025


Richard Antonio Merchán Castro Josselyn Rubí Benavidez Aveiga



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: Implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la estructura metálica del galpón de electromecánica de sus autores **Richard Merchán Castro, Josselyn Rubí Benavidez Aveiga** de la Carrera “**Electromecánica**”, y como Tutor del Trabajo el Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

Tosagua, agosto de 2025

Ing. Andrés Andrade García, Mg.

DIRECTOR

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

TUTOR

Ing. Jimmy Arturo Zambrano Loo, Mg.

PRIMER MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes.

SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

Lic. Fátima Saldarriaga Santana, Mg.

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Primero quiero darle gracias a dios por ser mi guía y fortaleza, a mis padres quienes han sido el pilar fundamental de mi vida a mi madre por su amor, su sacrificio y sus enseñanzas que me han formado como persona A mi padre, por su dedicación, su ejemplo de esfuerzo y perseverancia por enseñarme que los sueños se alcanzan con trabajo constante y determinación gracias por ser mi mayor motivación este logro también es suyo sin su amor y guía no habría sido posible, quiero expresar mi mas sincero agradecimiento al publico presente por su atención y acompañamiento y a todos los ingenieros que con su experiencia y dedicación me han enseñado tanto a lo largo de este camino gracias por compartir sus conocimientos.

Richard Merchán

A Dios, por concederme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa académica, a mis padres y en especial a mi esposo, por su apoyo incondicional, su confianza y sus palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante en cada momento de dificultad a la universidad, por brindarme un espacio de formación académica y profesional que me permitió crecer en conocimientos y valores.

Josselyn Benavidez

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza, la salud y la perseverancia para culminar este proceso.
A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mis profesores e ingenieros mentores, por compartir su conocimiento y por sembrar en mí la pasión por la ingeniería. Y a todos aquellos que, de una u otra manera, formaron parte de este camino. Esta tesis es también resultado de ustedes.

Con gratitud y humildad

Richard Merchán

RESUMEN

La presente propuesta técnica tiene como objetivo principal la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la estructura metálica del galpón de la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, campus Tosagua. Esta infraestructura cumple un rol fundamental en las actividades académicas prácticas y técnicas de los estudiantes. Sin embargo, presenta signos evidentes de deterioro por corrosión, provocados por la exposición constante a un entorno costero húmedo, lo cual compromete su integridad estructural y funcionalidad operativa.

El proyecto surge como respuesta a la ausencia de un plan sistemático de mantenimiento en la institución. Para ello, se plantearon tres objetivos específicos: primero, diagnosticar el estado actual de los elementos estructurales metálicos mediante inspección visual y registro gráfico; segundo, diseñar un plan técnico de mantenimiento preventivo adecuado a las condiciones climáticas y constructivas del galpón; y tercero, proponer e implementar acciones correctivas y preventivas en las zonas afectadas.

Entre los principales resultados se destacan la elaboración de un plano técnico, donde se identificaron y categorizaron las zonas con corrosión leve, moderada y crítica, así como el diseño de un cronograma técnico de actividades basado en ciclos semestrales.

También se desarrollaron herramientas de control como fichas técnicas de seguimiento, con el fin de asegurar una trazabilidad documentada de cada intervención. El proyecto incluyó un desglose detallado de materiales y costos estimados para la ejecución inicial.

Esta propuesta técnica no solo resuelve una necesidad física de la institución, sino que también fortalece la cultura del mantenimiento preventivo, integra el aprendizaje técnico con la práctica profesional, y promueve la participación activa de estudiantes y personal académico en el cuidado de la infraestructura universitaria.

PALABRAS CLAVE

Mantenimiento preventivo, estructura metálica, corrosión, galpón educativo.

ABSTRACT

The main objective of this technical proposal is the implementation of a preventive maintenance program for the metal structure of the Electromechanics workshop at the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Tosagua campus. This facility plays a fundamental role in the practical and technical academic activities of the students. However, it shows evident signs of deterioration due to corrosion, caused by constant exposure to a humid coastal environment, which compromises its structural integrity and operational functionality.

This project emerges as a response to the lack of a systematic maintenance plan within the institution. To address this issue, three specific objectives were established: first, to diagnose the current condition of the metallic structural elements through visual inspection and graphical documentation; second, to design a technical preventive maintenance plan suited to the climatic and construction conditions of the workshop; and third, to propose and implement corrective and preventive actions in the affected areas.

Among the main outcomes are the development of an intervened technical floor plan identifying and classifying zones with light, moderate, and severe corrosion, and the creation of a technical schedule of activities based on semi-annual cycles. Control tools such as technical follow-up sheets were also developed to ensure documented traceability of each intervention. The project included a detailed breakdown of materials and estimated costs for initial implementation.

This technical proposal not only addresses a physical need of the institution, but also strengthens the culture of preventive maintenance, integrates technical learning with professional practice, and promotes active participation of students and academic staff in the care of university infrastructure.

KEYWORDS

Preventive maintenance, metal structure, corrosion, educational workshop.

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
INDICE.....	VIII
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1_Objetivo general.....	5
1.3.2Objetivos específicos.....	5
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.4.1 Técnicas.....	6
1.4.2 Métodos.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. DEFINICIONES.....	9
2.1.1 Mantenimiento Preventivo.....	9
2.1.2 Estructura metálica.....	10
2.2 ANTECEDENTES.....	12
2.3 TRABAJOS RELACIONADOS.....	14
2.3.1 Trabajo relacionado en Asia.....	14
2.3.2 Trabajo relacionado en Colombia.....	15
2.3.3 Trabajo relacionado en el Ecuador.....	16
2.3.4 Trabajo relacionado en la provincia de Manabí.....	16

<i>CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA</i>	<i>18</i>
<i>OBJETIVO 1</i>	<i>18</i>
<i>OBJETIVO 2</i>	<i>19</i>
<i>OBJETIVO 3</i>	<i>21</i>
<i>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	<i>24</i>
<i>CONCLUSIONES.....</i>	<i>24</i>
<i>RECOMENDACIONES.....</i>	<i>25</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	<i>26</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>28</i>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Levantamiento gráfico de las zonas con daño estructural.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 2. Cronograma propuesto para el mantenimiento preventivo con sus respectivas actividades.....</i>	<i>28</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Formato de fichas de seguimiento como propuesta para el mantenimiento.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2. Desglose de materiales y costos para el mantenimiento preventivo.....</i>	<i>30</i>

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo es una herramienta clave para cuidar las estructuras metálicas en el ámbito industrial, su uso nos permite adelantarnos a posibles fallas, minimizar sorpresas y lo más importante, evitar gastos innecesarios en reparaciones costosas: en el momento que hablamos de edificaciones con estructuras de acero o hierro, este tipo de mantenimiento se vuelve aún más crucial, ya que estas estructuras están constantemente expuestas a las inclemencias del tiempo, la humedad y el desgaste natural que resulta del uso diario.

La acumulación de estos factores puede comprometer tanto la seguridad como el funcionamiento óptimo de la infraestructura si no se actúa a tiempo. Según lo expuesto por Maldonado y Cordero (2020), el mantenimiento preventivo es un proceso organizado y planificado que tiene como propósito mantener las condiciones operativas y de seguridad de los elementos estructurales, reduciendo la probabilidad de fallos graves que puedan afectar la estabilidad de la construcción.

La estructura metálica de un almacén o bodega es fundamental, ya que garantiza la resistencia y la solidez del espacio donde se llevan a cabo actividades educativas y prácticas, además estos sistemas están expuestos a tensiones cíclicas, cargas dinámicas, problemas de corrosión y otros fenómenos ambientales que, si no se les aplica una estrategia de mantenimiento adecuada, pueden llevar a un deterioro gradual de las partes estructurales. Según Ospina y Ramírez (2021), implementar programas de mantenimiento estructural ayuda a detectar a tiempo condiciones anormales en vigas, columnas, uniones y techos metálicos, lo que mejora la capacidad de la estructura para responder a cargas y eventos externos.

La relevancia del tema tratado se encuentra en que el mantenimiento preventivo no solo aumenta la seguridad estructural y la eficiencia operativa, sino que además constituye una estrategia sostenible desde la perspectiva económica y ambiental. Una estructura metálica que recibe un mantenimiento adecuado previene reemplazos prematuros, minimiza el consumo de recursos y asegura

condiciones favorables para el trabajo y la formación técnica. Como resalta Salazar (2021), una política de mantenimiento preventivo puede reducir en un 40 % los costos vinculados a paradas inesperadas o reparaciones mayores, particularmente en instalaciones educativas y productivas.

Desde el enfoque educativo y laboral, este asunto adquiere una gran importancia para la disciplina de Electromecánica, puesto que impulsa la utilización de saberes técnicos en la evaluación de estructuras, administración del mantenimiento, regulaciones de seguridad en la industria y aseguramiento de la calidad; el crear un programa de mantenimiento preventivo es una experiencia realmente enriquecedora para los estudiantes ya que les brinda la oportunidad de involucrarse de manera activa en el diseño, la planificación y la evaluación de acciones concretas en su propio entorno académico y esto no solo fortalece sus habilidades técnicas y organizativas, sino que también promueve un aprendizaje más aplicado y contextualizado. Así es como esta propuesta no solo impulsa su desarrollo profesional, sino que también los prepara para enfrentar los desafíos del mundo industrial con una perspectiva más estratégica, consciente y enfocada en la prevención.

1.1. PROBLEMA

Hoy en día, el espacio físico dedicado a la formación técnica universitaria es fundamental para crear entornos de enseñanza y aprendizaje que se ajusten a las necesidades de cada disciplina, esto es especialmente cierto en áreas que requieren un alto nivel de práctica, como la Electromecánica, por eso el taller de prácticas de esta carrera en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), que se encuentra en el campus de Tosagua, se convierte en un lugar clave donde los estudiantes llevan a cabo actividades académicas directamente relacionadas con el montaje y la operación de sistemas eléctricos, mecánicos e hidráulicos, esto a su vez les ayuda a fortalecer sus habilidades técnicas en un entorno real de aplicación.

Esta infraestructura, mayoritariamente compuesta de metal, ha estado expuesta durante años a condiciones climáticas desfavorables propias de la región manabita, tales como la alta humedad, lluvias frecuentes y exposición directa al

sol, lo que aumenta notablemente el riesgo de deterioro debido a la corrosión, fatiga de los materiales y deformaciones.

A pesar de lo importante que es el taller como un lugar para la práctica, hasta ahora no se ha implementado un programa formal de mantenimiento preventivo y realmente esto es crucial para anticipar daños estructurales y para cuidar los componentes metálicos que lo componen, en definitiva cuenta la ausencia de un plan técnico que incluya inspecciones regulares, tratamientos adecuados contra la corrosión y evaluaciones estructurales ha llevado a un deterioro gradual en elementos esenciales como columnas, vigas, uniones soldadas y paneles de cubierta.

Como indican investigaciones anteriores (Maldonado y Cordero, 2020), las estructuras metálicas que se encuentran en ambientes tropicales requieren de estrategias de mantenimiento sistemáticas para conservar su funcionalidad y seguridad estructural.

Ante esta problemática, es fundamental desarrollar e implementar un programa de mantenimiento preventivo que se ajuste a las características técnicas del taller del campus de Tosagua. Un programa de este tipo debería contemplar inspecciones sistemáticas, detección oportuna de fallas potenciales, aplicación de tratamientos anticorrosivos, elaboración de registros técnicos detallados y seguimiento continuo de las intervenciones realizadas, de modo que no solo contribuya a la conservación estructural del taller, sino que además impulse mejoras en el ambiente de aprendizaje, fomente una cultura institucional orientada al mantenimiento preventivo y brinde a los estudiantes una referencia concreta sobre cómo aplicar una gestión técnica integral en contextos reales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Desde la perspectiva académica, la puesta en marcha de un programa de mantenimiento preventivo en la estructura metálica del taller de Electromecánica del campus de Tosagua ofrece una oportunidad para mejorar la capacitación técnica de los estudiantes. Este taller es el lugar donde se realizan prácticas esenciales para la carrera, como montajes estructurales, pruebas mecánicas y

aplicaciones de sistemas electromecánicos. Sin embargo, la ausencia de un plan de mantenimiento bien estructurado limita la continuidad de las actividades académicas y restringe la participación activa de los estudiantes en proyectos de intervención técnica con aplicación real, por lo que implementar esta propuesta permite generar un aprendizaje más significativo al vincular directamente la teoría con la práctica, facilitando la identificación de problemas concretos, la evaluación de las condiciones estructurales del entorno y la aplicación de estrategias propias del mantenimiento industrial, lo cual fortalece el perfil profesional de los futuros técnicos e ingenieros en electromecánica al prepararlos para enfrentar desafíos del campo laboral con mayor seguridad y competencia desde una perspectiva tecnológica, esta propuesta facilita el uso de herramientas fundamentales para la planificación, la inspección técnica y el control del mantenimiento en una estructura metálica sometida a condiciones exigentes, de modo que, aunque no se recurrirá a software avanzado de simulación, se incorporarán instrumentos técnicos como fichas de inspección, cronogramas de mantenimiento, planos elaborados en AutoCAD y documentación contenida en manuales especializados, lo cual permitirá desarrollar competencias clave en la evaluación estructural, la gestión de activos físicos y la prevención de fallos mecánicos, aspectos que resultan indispensables para un desempeño profesional eficiente dentro de contextos industriales reales. Además, la implementación de métodos sistemáticos para la detección de fallas, la documentación técnica de intervenciones y la programación de actividades favorecerá una gestión efectiva del taller, en consonancia con criterios de sostenibilidad y seguridad estructural.

Finalmente, este proyecto se alinea perfectamente con las directrices de investigación de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), especialmente en lo que respecta a la "Ingeniería Aplicada a la solución de problemas locales" y la "Gestión de riesgos y mantenimiento de infraestructura educativa".

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar un programa de mantenimiento preventivo para la estructura de metal del galpón destinado a la carrera de Electromecánica, con el propósito de asegurar su operatividad y estabilidad estructural.

Objetivos específicos

- Evaluar la condición actual de los elementos metálicos que conforman la estructura del galpón de Electromecánica en la ULEAM, Campus Tosagua.
- Crear un plan de mantenimiento preventivo que se ajuste a las características constructivas del galpón y las condiciones ambientales.
- Proponer medidas correctivas y de mantenimiento preventivo para los elementos estructurales del galpón.

1. METODOLOGÍA

Procedimiento: Para el desarrollo del presente proyecto se siguió un proceso secuencial que permitió alcanzar los objetivos específicos propuestos:

Diagnóstico estructural inicial: Se realizó una inspección visual detallada de los elementos metálicos que conforman la estructura del galpón, abarcando componentes como columnas, vigas, uniones soldadas y la cubierta, con la finalidad de identificar signos evidentes de daños, tales como presencia de corrosión, desprendimiento de recubrimientos, aflojamiento en los puntos de unión y deformaciones. Esta se complementó con un levantamiento gráfico sencillo utilizando AutoCAD para ilustrar las zonas afectadas.

Clasificación y priorización de problemas:

Con los datos recopilados durante la revisión, se llevó a cabo una clasificación de los distintos tipos de deterioro que se identificaron y se estableció un orden de prioridad para su atención teniendo en cuenta tanto su gravedad estructural como su impacto en la funcionalidad del galpón.

Diseño del plan de mantenimiento preventivo:

Se elaboró una propuesta técnica integral que incluye la elaboración de cronogramas de intervención, la definición de listas de verificación para inspecciones periódicas, la clasificación de los tipos de mantenimiento recomendados como limpieza superficial, reapriete de uniones y aplicación de recubrimientos protectores, así como la asignación de responsabilidades al personal encargado de su ejecución, de modo que esta planificación fue estructurada considerando las particularidades climáticas del campus Tosagua y las capacidades técnicas y logísticas disponibles, con el objetivo de garantizar su viabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

Evaluación y seguimiento: Se definieron criterios de evaluación y seguimiento para observar el estado de la estructura tras la intervención. Se crearon formularios de control y protocolos para inspecciones periódicas para asegurar la continuidad del mantenimiento a mediano y largo plazo.

1.2.1 Técnicas

Inspección visual estructural

Aplicación:

Esta metodología fue empleada en la etapa de diagnóstico para examinar y registrar físicamente la condición de las vigas, columnas, nudos y techos del galpón en el campus de Tosagua y para asegurar el cumplimiento de criterios técnicos establecidos nos basamos formularios estandarizados adaptados a partir de las directrices del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), lo cual permitió sistematizar la recolección de datos durante las inspecciones y mantener la coherencia en la evaluación del estado estructural del galpón.

Levantamiento gráfico técnico (AutoCAD)

Aplicación:

En el presente proyecto se utilizó el software AutoCAD para elaborar el plano

en planta del galpón, donde se identificaron y marcaron detalladamente las áreas que presentan daños visibles, tales como corrosión o debilitamiento en los elementos metálicos, lo cual permite una planificación más precisa y efectiva de las intervenciones correctivas y preventivas proyectadas

Registro técnico sistemático

Aplicación:

Se utilizó para anotar cada acción realizada, incluyendo la fecha de inspección, el tipo de intervención llevada a cabo, los materiales utilizados y las observaciones, todo con el fin de facilitar futuras revisiones

1.2.2 Métodos

Método analítico-descriptivo

Aplicación:

Para este proyecto se utilizó el método analítico-descriptivo en la fase de inicio, lo que nos permitió evaluar el estado del galpón mediante inspecciones visuales respaldadas por formularios estandarizados y así se pudieron identificar las principales problemáticas estructurales sin modificar las condiciones originales de la infraestructura.

Método inductivo

Fundamentación: El método inductivo se fundamenta en la observación de casos específicos para crear generalizaciones que se pueden aplicar en un contexto más amplio (Sampieri et al., 2022).

Aplicación: Se llevó a cabo durante la identificación de patrones de daño en

la estructura, permitiendo establecer criterios de intervención según los tipos de deterioro más comunes identificados en la estructura metálica del galpón.

- **Método inductivo**

- **Fundamentación:** El método inductivo se fundamenta en la observación de casos específicos para crear generalizaciones que se pueden aplicar en un contexto más amplio (Sampieri et al., 2022).

Aplicación: Se llevó a cabo durante la identificación de patrones de daño en la estructura, permitiendo establecer criterios de intervención según los tipos de deterioro más comunes identificados en la estructura metálica del galpón.

Método proyectivo

Fundamentación: Este método se centra en la creación de propuestas técnicas basadas en un diagnóstico previo, con el objetivo de resolver problemas concretos (Tamayo y Tamayo, 2016).

Aplicación: Se utilizó para elaborar el plan de mantenimiento preventivo, organizando acciones técnicas, recursos necesarios y cronogramas, con el fin de reducir los riesgos estructurales en el galpón de la ULEAM, campus Tosagua.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

2.1.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo constituye un enfoque técnico orientado a preservar el buen estado y funcionamiento de equipos, sistemas o infraestructuras a través de acciones planificadas y periódicas, de manera que se puedan anticipar posibles fallos y prolongar la vida útil de los activos, considerando siempre sus condiciones de operación. Este método contempla actividades como inspecciones programadas, limpieza de componentes, ajustes mecánicos, aplicación de recubrimientos protectores y otras tareas específicas, las cuales se ejecutan en función del nivel de uso, la exposición a factores ambientales y el estado estructural del elemento intervenido, tal como señalan Sampieri, Collado y Lucio (2022).

Según lo planteado por Díaz y Martínez (2020), el mantenimiento preventivo permite minimizar la ocurrencia de fallos inesperados, optimizar el uso de los recursos disponibles, disminuir los costos asociados a reparaciones emergentes y garantizar condiciones seguras para las personas que interactúan con la infraestructura, mientras que el mantenimiento correctivo, solo se realiza después de que ya ha ocurrido un daño y más bien el mantenimiento preventivo se centra en anticiparse a los problemas a través de una planificación técnica bien organizada y esto a su vez permite actuar antes de que los inconvenientes afecten la integridad de alguna estructura.

En esta línea, Villanueva y Castro (2019) afirman que las instituciones educativas que adoptan programas de mantenimiento. Entre los componentes que componen un programa de mantenimiento preventivo se incluyen: la planificación de tareas, programación de actividades, priorización de intervenciones según su importancia, registro técnico de las acciones ejecutadas y monitoreo constante del estado de los componentes. La Organización Internacional de Normalización (ISO) respalda la relevancia de estos programas en sus normas técnicas sobre gestión de mantenimiento, como la ISO 55000, la

cual está dirigida a la gestión del ciclo de vida de los activos físicos (ISO, 2014). Cuando hablamos de estructuras metálicas, el mantenimiento preventivo implica llevar a cabo una serie de acciones esenciales y esto incluye revisar de manera periódica las uniones atornilladas o soldadas, realizar inspecciones visuales para detectar cualquier signo de corrosión, aplicar recubrimientos protectores, y varias acciones más, por esa razón todo esto es crucial para garantizar que la estabilidad y funcionalidad de la estructura se mantengan a lo largo del tiempo. Nos podemos percatar como señala Salazar (2021), que estas actividades deben ejecutarse con una frecuencia definida y conforme a procedimientos técnicos establecidos, los cuales deben adaptarse a las condiciones ambientales del entorno, especialmente en regiones con alta humedad relativa como la zona costera del Ecuador, donde el riesgo de corrosión se incrementa considerablemente.

2.1.2 Estructura metálica

Las estructuras metálicas se conforman a partir de componentes de acero u otras aleaciones organizadas estratégicamente con el propósito de resistir cargas y transferirlas de manera eficiente hacia la cimentación, lo que permite asegurar la estabilidad general del edificio, mientras que al mismo tiempo se distinguen por ofrecer una elevada resistencia mecánica, facilitar el proceso de transporte y montaje, y permitir la reutilización de materiales, características que las convierten en una alternativa altamente funcional no solo en construcciones industriales, sino también en espacios académicos técnicos donde la eficiencia, durabilidad y adaptabilidad son aspectos fundamentales para el desarrollo de actividades formativas (Crespo y Ortega, 2018).

Las estructuras metálicas están conformadas por perfiles laminados como vigas, columnas y cerchas, junto con uniones que pueden ser soldadas o atornilladas, sistemas de refuerzo específicos y cubiertas metálicas, todo lo cual trabaja en conjunto para soportar cargas de manera eficiente, aunque su rendimiento estructural depende directamente de factores como el tipo de acero empleado, la calidad en la ejecución de las conexiones, la protección superficial aplicada y las condiciones ambientales a las que se expone la estructura, por lo que uno de

los desafíos más críticos en su conservación es la corrosión, entendida como un proceso electroquímico que, en presencia de humedad, oxígeno y agentes contaminantes, degrada progresivamente el material metálico, generando pérdida de espesor, debilitamiento de los componentes y un aumento significativo del riesgo de falla estructural si no se implementan medidas de control adecuadas y oportunas (González y Rodríguez, 2020).

En zonas tropicales como la provincia de Manabí, donde se localiza el campus Tosagua de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), las estructuras metálicas se ven expuestas constantemente a condiciones ambientales agresivas caracterizadas por altos niveles de humedad, presencia de salinidad en el aire, lluvias frecuentes y variaciones térmicas considerables, lo cual incrementa notablemente el riesgo de aparición de óxidos y de fallos estructurales progresivos, por lo que resulta indispensable implementar un programa riguroso de inspecciones periódicas acompañado de la aplicación de sistemas de protección adecuados, tales como pinturas anticorrosivas, procesos de galvanizado o recubrimientos epóxicos que permitan prolongar la vida útil de los componentes metálicos y garantizar la seguridad de las instalaciones (Maldonado y Cordero, 2020).

Desde el enfoque de las normativas técnicas, tanto el diseño como la construcción y el mantenimiento de estructuras metálicas deben regirse por lineamientos establecidos en estándares como la AISC 360, emitida por el Instituto Americano de Construcción en Acero, y por las especificaciones del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), las cuales determinan criterios relacionados con las cargas estructurales, los tipos de uniones, los procedimientos de soldadura y las condiciones de operación, mientras que, complementariamente, la norma ISO 12944 proporciona una guía detallada para la protección contra la corrosión mediante el uso de recubrimientos, definiendo clases de exposición ambiental y ciclos de mantenimiento adaptados a las características del entorno, lo cual resulta fundamental para preservar la integridad de los elementos metálicos expuestos a condiciones adversas (ISO, 2018).

En contextos académicos como los talleres de prácticas de carreras técnicas, las estructuras metálicas no solo cumplen la función de soportar cargas físicas, sino que además constituyen una parte integral del entorno formativo, ya que su mantenimiento adecuado permite conservar un espacio seguro y operativo para las actividades educativas, al mismo tiempo que ofrece a los estudiantes una referencia tangible de cómo se aplica la gestión técnica en la realidad, por lo que, tal como señala Chacón (2021), este tipo de infraestructuras dentro de instituciones de educación técnica debe entenderse como un activo educativo que demanda una administración integral basada en el diagnóstico estructural, la intervención oportuna y una evaluación continua que garantice tanto su funcionalidad como su aporte al proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.2 ANTECEDENTES

La Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades de Estudios (UNITEV) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí se ha destacado por ofrecer una educación de calidad a técnicos altamente capacitados en distintos campos, como la electromecánica, explotación y mantenimiento de equipos biomédicos, entre otras. Esta Unidad que nace de la carencia de tecnólogos y de carreras cortas donde lo primordial es la práctica en la cual se ha puesto en marcha numerosos proyectos innovadores para elevar el nivel educativo y adaptarse a las exigencias del mercado laboral actual. Las instalaciones de la ULEAM disponen de laboratorios bien equipados y un cuerpo docente altamente calificado que fomenta la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza, lo cual es fundamental para preparar profesionales competentes. (UNITEV, 2020)

Previo a la implementación del presente proyecto, el espacio de la carrera de Electromecánica, situado en el campus Tosagua de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), se utilizaba espacios no adecuados para llevar a cabo prácticas académicas en áreas como sistemas eléctricos, mecánicos y automatización. Esta construcción fue proyectada con una estructura metálica que ofrecía una solución práctica, rápida de instalar y adecuada para los objetivos educativos de la carrera. Sin embargo, desde que fue construida y puesta en funcionamiento, no se había instaurado de manera formal un

programa de mantenimiento preventivo que permitiera preservar las condiciones estructurales y operativas del galpón a lo largo del tiempo.

Dado que la edificación del galpón es relativamente nueva, las intervenciones realizadas sobre la estructura metálica han sido principalmente reacciones a problemas específicos que no se habían planificado, impulsadas por la manifestación visible de inconvenientes como la corrosión en columnas y vigas, el desprendimiento de recubrimientos superficiales, la presencia de humedad en las juntas y el deterioro en áreas expuestas al uso frecuente de maquinaria o equipos. Estas intervenciones se limitaban a retoques superficiales, sustitución de tornillos oxidados o ajustes menores en la cubierta metálica, sin seguir un enfoque técnico ni un plan de inspecciones regulares.

Además, no existen registros técnicos o históricos que documentaran el estado de la estructura durante el tiempo ni protocolos estandarizados de evaluación estructural adaptados al entorno costero del campus Tosagua. Esta falta de información complica la identificación de tendencias de deterioro, la gestión de recursos para el mantenimiento y la toma de decisiones fundamentadas en datos técnicos. Aunque tanto los docentes como los responsables del área eran conscientes de la importancia de conservar el galpón en condiciones estructurales seguras, la falta de un plan integral limitaba considerablemente la posibilidad de llevar a cabo una gestión técnica eficiente y sostenida en el tiempo, por lo que en este contexto se hizo evidente la necesidad urgente de diseñar un programa de mantenimiento preventivo orientado específicamente a la estructura metálica del galpón, considerando factores clave como las condiciones climáticas propias de la región, el uso constante del espacio por parte de estudiantes y docentes, y la responsabilidad institucional de garantizar un entorno seguro y operativo que favorezca el desarrollo adecuado de las prácticas técnicas.

Este proyecto marca uno de los primeros intentos organizado en la ULEAM en este caso el campus Tosagua para abordar de forma técnica y planificada el mantenimiento estructural de sus áreas educativas, con la meta de extender la durabilidad de sus instalaciones, disminuir riesgos operativos y establecer

fundamentos para una gestión de infraestructura basada en principios de sostenibilidad y prevención.

2.3 TRABAJOS RELACIONADOS

2.3.1 Trabajo relacionado en Asia

Un estudio realizado por Khan, Ahmed y Malik en el año 2021 en la Universidad Técnica de Lahore, Pakistán, tuvo como finalidad establecer un programa de mantenimiento preventivo para la estructura metálica de un taller de ingeniería mecánica sometido a condiciones climáticas extremas. Esta edificación, similar a un cobertizo universitario destinado a actividades prácticas, fue construida utilizando perfiles de acero al carbono y presentaba evidencias claras de deterioro, ya que se observaron signos avanzados de corrosión en varias zonas, desprendimiento del recubrimiento protector, debilitamiento progresivo en las uniones soldadas y deformaciones leves en algunos elementos de carga, lo cual indicaba un desgaste acumulado que comprometía tanto la integridad estructural como la seguridad del espacio utilizado para la formación técnica (Khan et al., 2021)..

El desarrollo del proyecto inició con una inspección estructural basada en los lineamientos de la norma ASTM E2018-15, lo cual permitió identificar fallas críticas en elementos clave como las vigas principales, los anclajes estructurales y las zonas de contacto directo con los equipos instalados, de modo que, a partir de esta evaluación inicial, se formuló un plan de mantenimiento preventivo que contempló actividades como la limpieza mecánica de superficies afectadas, la aplicación de recubrimientos epóxicos de alta resistencia, el refuerzo de uniones mediante la instalación de placas atornilladas y el establecimiento de un sistema de monitoreo estructural continuo utilizando sensores de deformación, mientras que la ejecución de estas acciones fue asumida conjuntamente por docentes y estudiantes, integrando el mantenimiento dentro del proceso formativo como una experiencia práctica de aprendizaje técnico aplicado (Khan et al., 2021).

Después de un año desde su implementación, se notó una reducción del 40% en los gastos de mantenimiento correctivo, además de un incremento en la vida

útil estimada de la estructura, que ahora se prevé en al menos 15 años, adicional se destacó la importancia de incorporar la gestión del mantenimiento en la cultura institucional y en los planes de estudio de las carreras técnicas.

Por tal razón este caso demuestra que la adopción de programas preventivos para estructuras metálicas en el entorno universitario no solo mejora la seguridad y funcionalidad, sino que también fortalece la relación entre la enseñanza, la investigación y la gestión operativa (Khan et al., 2021).

2.3.2 Trabajo relacionado en Colombia

En la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), en Colombia, se llevó a cabo en 2022 un proyecto titulado “Creación e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la estructura metálica del laboratorio de prácticas de ingeniería mecánica”, considerando que esta iniciativa nació como respuesta al deterioro progresivo de la infraestructura metálica del taller principal de la facultad, que se había visto afectada por la constante exposición a ambientes húmedos, el uso de maquinaria pesada y la falta de controles técnicos regulares.

El proyecto fue realizado por un equipo de docentes y estudiantes con el propósito de aumentar la durabilidad estructural del laboratorio, reducir los riesgos operativos y optimizar el uso de los recursos institucionales destinados al mantenimiento. En una primera fase, se llevó a cabo un diagnóstico técnico mediante inspecciones visuales y pruebas no destructivas, como ultrasonido y medición de espesores, siguiendo las pautas del Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), luego a partir de los hallazgos, se elaboró un cronograma de mantenimiento que incluyó limpieza mecánica, aplicación de recubrimientos anticorrosivos, ajuste de uniones y sustitución de componentes críticos (UTP, 2022).

Uno de los logros más destacados del proyecto fue la activa participación de los estudiantes en cada etapa del proceso y esto no solo fortaleció sus habilidades en diagnóstico estructural y gestión técnica, sino que también mostró que hubo una disminución del 30 % en fallos estructurales menores en comparación con años anteriores, por esa razón este caso es un claro ejemplo de cómo un plan de mantenimiento preventivo, adaptado a las condiciones climáticas y operativas

de la región, puede ser fundamental para asegurar la sostenibilidad de la infraestructura educativa y la formación técnica práctica en situaciones reales (UTP, 2022).

2.3.3 Trabajo relacionado en el Ecuador

En el año 2021, la Universidad Técnica de Ambato (UTA), situada en la provincia de Tungurahua, llevó a cabo un proyecto llamado “Plan de mantenimiento preventivo para la infraestructura metálica del laboratorio de máquinas y herramientas de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial”. Este proyecto surgió de la necesidad de asegurar que el local utilizado para prácticas técnicas mantuviera su funcionalidad y seguridad estructural y como para tener un contexto este espacio enfrentaba problemas como la corrosión en sus componentes metálicos, pintura descascarada y desgaste en las uniones atornilladas, todo esto debido al uso constante y al clima andino, conocido por su humedad variable y lluvias estacionales (UTA, 2021), entonces el objetivo principal fue desarrollar un plan técnico de mantenimiento preventivo que facilitara la identificación, intervención y supervisión adecuada de los daños estructurales.

La metodología utilizada consistió en realizar inspecciones visuales minuciosas, clasificar el nivel de daño según su gravedad, aplicar fichas técnicas estandarizadas, y desarrollar un calendario de mantenimiento semestral. Las medidas preventivas incluyeron limpieza mecánica, aplicación de pinturas anticorrosivas, ajuste de las uniones estructurales, y registro técnico de las actividades realizadas (UTA,2021).

Un elemento notable del proyecto fue la activa participación de estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y Electromecánica, quienes contribuyeron en las etapas de diagnóstico y ejecución, mejorando así sus capacidades en mantenimiento y gestión de infraestructuras. Esta iniciativa logró aumentar la seguridad operativa del laboratorio, disminuir los fallos estructurales inesperados y cultivar una cultura de mantenimiento planificado dentro de la universidad (UTA,2021).

2.3.4 Trabajo relacionado en la provincia de Manabí

En el año 2022, la Universidad Técnica de Manabí (UTM), a través de su Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, llevó a cabo un proyecto denominado “Análisis técnico y propuesta de mantenimiento para la estructura metálica del edificio de prácticas de la carrera de Mecánica Industrial”, situado en su sede principal en Portoviejo. Esta propuesta nació como respuesta al deterioro creciente de las partes metálicas del edificio, como vigas, columnas y conexiones, que presentaban corrosión superficial, desgaste en las uniones atornilladas y pérdida de recubrimientos, debido a la elevada humedad del área costera y a la falta de un mantenimiento regular. (UTM,2022)

El propósito de este proyecto fue llevar a cabo un diagnóstico técnico sobre la situación estructural del galpón y proponer un plan de mantenimiento preventivo que se ajuste tanto al clima como al uso académico intensivo, para aquello se utilizaron metodologías como la inspección visual, el mapeo de áreas críticas y la evaluación del riesgo estructural. Las actividades recomendadas incluyeron limpieza mecánica, aplicación de pintura anticorrosiva, refuerzo de uniones y la creación de cronogramas semestrales de mantenimiento, todo con un seguimiento documentado (UTM, 2022). Este proyecto se llevó a cabo gracias a la colaboración de docentes y estudiantes, quienes no solo aplicaron los conocimientos técnicos que habían adquirido, sino que también contribuyeron a promover una cultura de prevención dentro de la institución, por tal razón los resultados obtenidos mejoraron la seguridad estructural del edificio y establecieron las bases para implementar este modelo en otras instalaciones universitarias de Manabí. (UTM, 2022).

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En este capítulo se deben detallan todos los componentes relacionados con el desarrollo o ejecución de la propuesta. En este capítulo se incluyen diseños, diagramas, desglose de gastos, cálculos, planos y demás elementos que permitan mostrar el desarrollo de la propuesta.

OBJETIVO 1

Diagnosticar el estado actual de los elementos estructurales metálicos del galpón de Electromecánica de la ULEAM, campus Tosagua

La fase inicial de la propuesta se centró en la realización de una inspección técnica sistemática que abarcó todos los componentes estructurales metálicos del galpón, considerando elementos como las columnas, vigas principales, cerchas, uniones soldadas, conexiones atornilladas y cubiertas, de manera que esta evaluación fue ejecutada conforme a las directrices establecidas por la norma ISO 12944 y complementada con las fichas técnicas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), lo cual permitió obtener un diagnóstico detallado del estado físico de la estructura y establecer criterios técnicos adecuados para la planificación de intervenciones correctivas y preventivas.

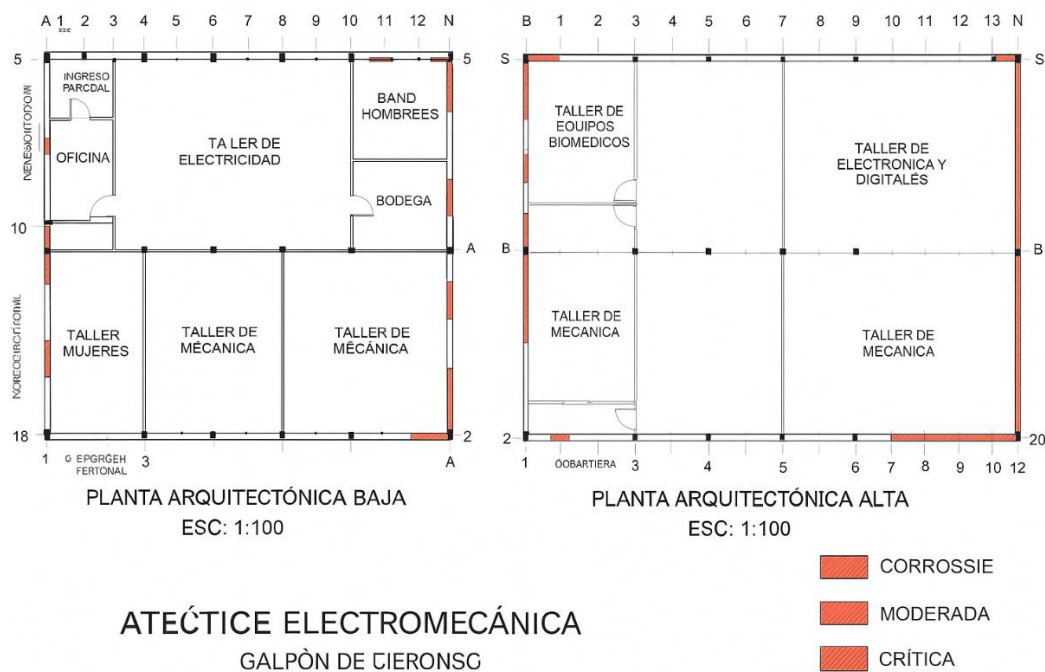
Se recorrieron los espacios del galpón, entre ellos los talleres de Mecánica, Electricidad, Electrónica, Equipos Biomédicos, así como la bodega, oficinas y servicios sanitarios. Los hallazgos más relevantes fueron:

- Corrosión leve en los laterales de la planta baja del taller de mecánica
- Corrosión moderada en columnas metálicas expuestas del lado norte y sur de la planta alta.
- Presencia de óxido en conexiones atornilladas de la cubierta de la planta alta.
- Acumulación de humedad en uniones bajas en el área de bodega y taller biomédico correspondiente a la planta baja.

Levantamiento gráfico: Se marcó en el plano arquitectónico las zonas con daño estructural usando una codificación por colores:

- Rojo oscuro: Crítico
- Rojo medio: Moderado
- Rojo claro: Leve

Ilustración 1. Levantamiento gráfico de las zonas con daño estructural



Fuente: Propia (Merchán, Richard; Benavidez, Josselyn; 2025)

Criterios técnicos del diagnóstico:

- Evaluación visual detallada.
- Comparación con normas técnicas de mantenimiento estructural.
- Clasificación por severidad y función estructural del elemento.

OBJETIVO 2

Establecer un plan técnico de mantenimiento preventivo adaptado a las

condiciones del entorno y características constructivas del galpón

Se propuso un plan de mantenimiento semestral diseñado en función del entorno climático costero de Tosagua, que presenta altos niveles de humedad relativa, temperaturas elevadas y condiciones de exposición a salinidad ambiental. Estos factores aceleran los procesos de corrosión y fatiga estructural.

Componentes del plan:

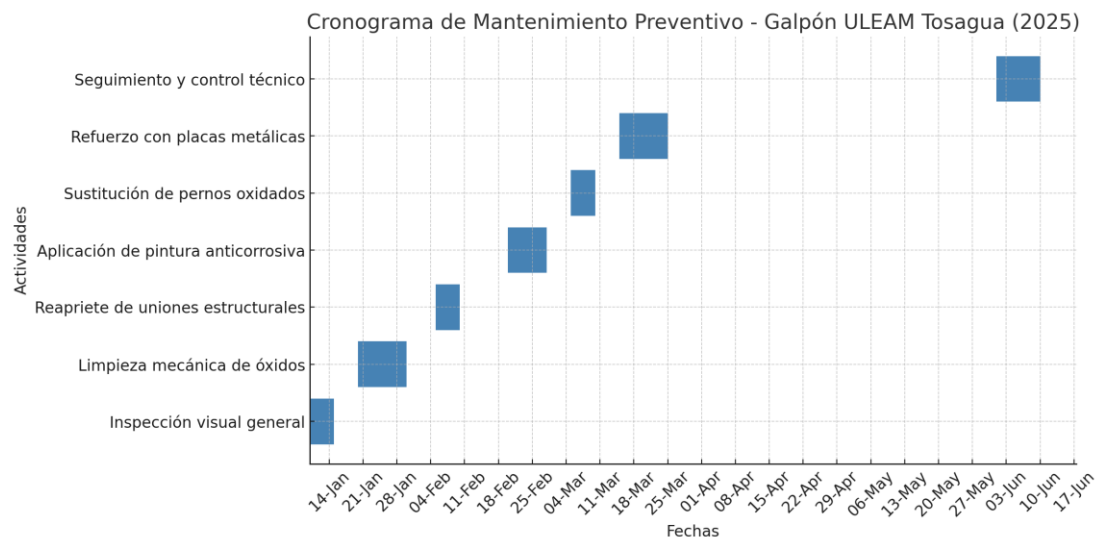
- **Frecuencia:** Ciclos semestrales, programados en los meses de febrero y agosto.

Actividades técnicas:

- Limpieza mecánica con cepillos de acero y disolvente.
- Aplicación de imprimantes anticorrosivos.
- Revisión y reapriete de uniones atornilladas.
- Aplicación de recubrimientos epóxicos clase C4 para estructuras expuestas.
- Inspecciones de seguimiento con formato técnico.

Cronograma: Se presenta mediante diagrama propuesto con las tareas distribuidas entre enero-junio y julio-diciembre.

Ilustración 2. Cronograma propuesto para el mantenimiento preventivo con sus respectivas actividades.



Fuente: Propia (Merchán, Richard; Benavidez, Josselyn;2025)

Fichas de seguimiento: Se incorporan formatos para registrar fecha, actividad, responsable, hallazgos y acciones.

Tabla 1. Formato de fichas de seguimiento como propuesta para el mantenimiento.

Fecha	Actividad realizada	Responsable	Hallazgos encontrados	Acciones ejecutadas	Observaciones adicionales
dd/mm/aaaa	Ej: Inspección visual general	Nombre del responsable	Corrosión moderada en columna A-5	Aplicación de pintura anticorrosiva clase C4	Sin novedades posteriores

Fuente: Propia (Merchán, Richard; Benavidez, Josselyn;2025)

Consideraciones ambientales: Se recomendó realizar las actividades durante la estación seca para evitar interferencias climáticas y asegurar el curado adecuado de los recubrimientos.

OBJETIVO 3

Proponer acciones correctivas y de mantenimiento preventivo en los

componentes estructurales del galpón

En función del diagnóstico inicial, se definieron las siguientes acciones correctivas y preventivas:

1. Remoción de corrosión:

- Lijado mecánico de áreas oxidadas.
- Limpieza profunda con disolventes industriales.

2. Rehabilitación estructural:

- Sustitución de pernos oxidados en uniones atornilladas.
- Refuerzo de bases metálicas mediante placas adicionales de acero A36 soldadas con procedimientos de soldadura certificados (norma AWS D1.1).

3. Protección superficial:

- Aplicación de imprimante epóxico base zinc.
- Recubrimiento con pintura anticorrosiva epóxica clase C4 con un espesor mínimo de 200 micras.

4. Control técnico:

- Inspección post-trabajos.
- Documentación con registros fotográficos y fichas técnicas.

5. Cálculo básico de materiales:

- Área estimada de intervención: 150 m² de superficie metálica.
- Rendimiento promedio de pintura epóxica: 8 m²/galón.
- Galones requeridos: 19 (se adquieren 25 por contingencia).

Desglose de materiales y costos para el mantenimiento preventivo:

Tabla 2. Desglose de materiales y costos para el mantenimiento preventivo

Actividad	Material / Servicio	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Limpieza mecánica	Lijas, disolvente, cepillos	10 kits	15,00	150,00
Pintura epóxica anticorrosiva	Galones clase C4	25 galones	25,00	625,00
Mano de obra técnica	Personal contratado	6 jornadas	60,00	360,00
Refuerzo estructural	Placas metálicas, soldadura	1 lote	300,00	300,00
Seguridad (EPP)	Guantes, gafas, overoles	5 kits	25,00	125,00
TOTAL, ESTIMADO				1.560,00

Fuente: Propia (Merchán, Richard; Benavidez, Josselyn;2025)

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El diagnóstico estructural realizado permitió identificar de forma precisa los principales deterioros en la infraestructura metálica del galpón, determinando la presencia de corrosión leve, moderada y crítica en zonas clave como talleres, bodega y cubiertas.
- Como parte del proceso técnico, se diseñó y sugirió una guía de mantenimiento preventivo con un tiempo estimado de cada seis meses, el cual fue ajustado específicamente a las condiciones climáticas propias de la zona tropical de Tosagua, de modo que contempla actividades como la limpieza mecánica de superficies expuestas hasta la implementación de refuerzos estructurales en zonas críticas, lo cual permite establecer un control sistemático y de esta manera ir reduciendo así el riesgo de fallos y extendiendo su vida útil de manera efectiva.
- La propuesta técnica contempló un conjunto de acciones correctivas puntuales acompañadas del cálculo detallado de materiales necesarios, que hay que recalcar solo son aproximados, adicional mediante un cronograma estructurado y la elaboración de un plano de intervención que permitió visualizar con claridad las zonas prioritarias, lo cual facilitó significativamente la ejecución práctica del plan de mantenimiento, mientras que, de manera complementaria, se diseñaron fichas sencillas de seguimiento técnico que sirven para registrar de forma clara las intervenciones realizadas y evaluar de manera continua el estado general de la infraestructura, garantizando así un control efectivo y documentado del proceso.
- La metodología aplicada en el desarrollo del proyecto, junto con la participación de los actores técnicos del entorno universitario, contribuye significativamente al fortalecimiento de la formación académica al permitir que los estudiantes se involucren en procesos.

Recomendaciones

- Implementar el programa de mantenimiento preventivo de acuerdo con los plazos establecidos en el cronograma de Gantt, priorizando las áreas con corrosión crítica para frenar el deterioro de la estructura.
- Designar un grupo técnico encargado del monitoreo regular del estado de la estructura metálica, que esté capacitado en inspección visual, aplicación de recubrimientos y el cumplimiento de protocolos de seguridad.
- Garantizar el presupuesto anual necesario para la compra de materiales, equipos de protección personal (EPP) y la contratación de trabajadores cualificados, considerando posibles imprevistos climáticos.
- Incluir el mantenimiento preventivo dentro del plan institucional de gestión de infraestructura de la ULEAM, campus Tosagua, promoviendo la creación de informes semestrales que apoyen la toma de decisiones.
- Estimular la participación de los estudiantes en las etapas de diagnóstico, intervención y evaluación, como una estrategia educativa y de apropiación del entorno académico-técnico.
- Renovar de forma periódica los planos de intervención y los registros técnicos, basándose en los resultados de cada sesión de mantenimiento, para asegurar una clara trazabilidad del estado de conservación del galpón.

BIBLIOGRAFÍA

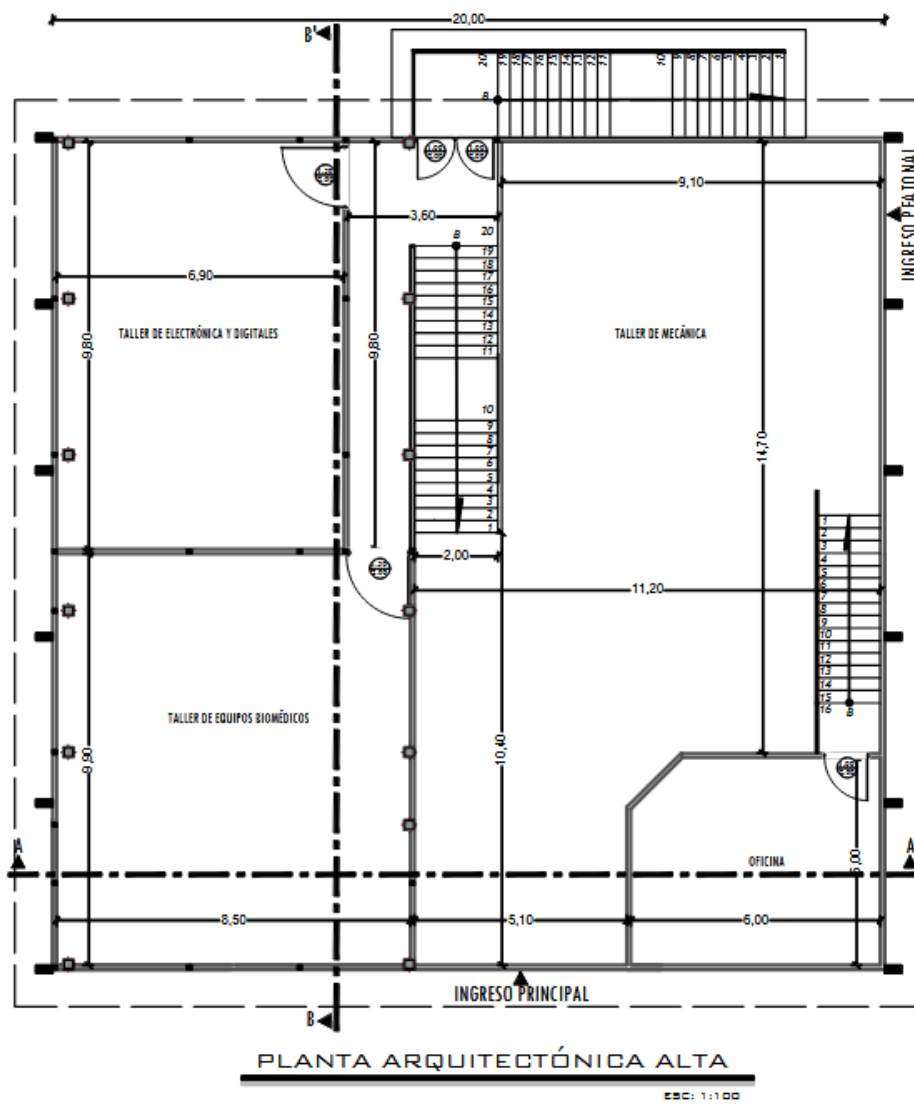
- American Welding Society. (2020). *AWS D1.1/D1.1M:2020 - Structural Welding Code – Steel*. AWS.
- Díaz, P., & Martínez, R. (2020). Gestión del mantenimiento preventivo en infraestructuras educativas. *Revista de Tecnología Aplicada*, 12(3), 112–124.
- González, H., & Rodríguez, V. (2020). Corrosión en estructuras de acero: causas y soluciones. *Ingeniería Estructural*, 18(1), 33–48.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 12944*. INEN.
- ISO. (2018). *ISO 12944: Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2014). *ISO 55000: Asset management – Overview, principles and terminology*. International Organization for Standardization.
- Maldonado, A., & Cordero, J. (2020). Mantenimiento de estructuras metálicas expuestas a ambientes tropicales. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 17(1), 27–39.
- Salazar, L. (2021). Importancia del mantenimiento preventivo en edificaciones educativas. *Revista de Tecnología y Educación*, 7(1), 22–30.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2022). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.

- Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2022). *Diagnóstico y propuesta de mantenimiento para la estructura metálica del bloque de talleres de la Facultad de Ciencias Técnicas*. ULEAM.

<https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/3194>

- <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34426>

Anexo 2. Plano arquitectónico planta alta



Anexo 3. Visitando los primeros avances del galpón de electromecánica



Anexo 4. *Verificando las posibles partes donde haya que realizar un mantenimiento.*

