



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Implementación de materiales anticorrosivos para el galpón de
Electromecánica.

Autores:

Lesmer Adrian Zambrano Zambrano
Limberg Antonio Barreto Bermello

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 recubrimientos protectores 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:

Lesmer Adrián Zambrano, Limberg Antonio Barreto Bermello

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Tosagua, agosto de 2025



Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quienes suscriben la presente:

Lesmer Adrian Zambrano Zambrano, Limberg Antonio Barreto Bermello

Estudiante(s) de la Carrera de **Electromecánica**, declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: Implementación de recubrimientos protectores 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



Lesmer Adrian Zambrano Zambrano Limberg Antonio Barreto Bermello



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: "Implementación de recubrimientos protectores en la estructura metálica del galpón de electromecánica." de sus autores: Lesmer Adrian Zambrano Zambrano, Limberg Antonio Barreto Bermello de la Carrera "Electromecánica", y como Tutor(a) del Trabajo el Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

Tosagua, agosto del 2025

Ing. Andrés Gozoso Andrade García, Mg.
DIRECTOR (A)

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.
TUTOR(A)

Ing. Jimmy Zambrano Loor, Mg.
PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes
SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

Lic. Fátima Saldarriaga Santana, Mg.

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso. A quienes nos brindaron su apoyo, confianza y palabras de aliento en los momentos clave. Cada gesto, por pequeño que parezca, ha significado mucho para nosotros.

Gracias por estar presentes, por compartir sus conocimientos, por inspirarnos y motivarnos a seguir adelante.

Lesmer Adrian Zambrano Zambrano

Limberg Antonio Barreto Bermello

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestros padres, por ser nuestro pilar constante, por su amor incondicional y por enseñarnos con el ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido en este proceso. Gracias por ser parte de este camino.

Lesmer Adrian Zambrano Zambrano

Limberg Antonio Barreto Bermello

RESUMEN

La implementación de recubrimientos protectores en la estructura metálica del galpón de Electromecánica busca garantizar la durabilidad y resistencia del material frente a factores de corrosión y deterioro ambiental. Estos recubrimientos actúan como una barrera física que evita el contacto directo del metal con la humedad, agentes químicos y cambios de temperatura, reduciendo así el riesgo de oxidación. Además, contribuyen al mantenimiento preventivo, optimizando costos a largo plazo y asegurando la seguridad estructural. Su aplicación se fundamenta en técnicas modernas de protección superficial, lo que favorece la conservación del galpón y el desarrollo eficiente de las actividades académicas y técnicas.

PALABRAS CLAVE

Corrosión, recubrimientos protectores, estructura metálica, durabilidad, mantenimiento.

ABSTRACT

The implementation of protective coatings on the metallic structure of the Electromechanics workshop aims to ensure the durability and resistance of the material against corrosion and environmental deterioration. These coatings act as a physical barrier that prevents direct contact between the metal and humidity, chemical agents, and temperature changes, thus reducing the risk of oxidation. In addition, they contribute to preventive maintenance, optimizing long-term costs and ensuring structural safety. Their application is based on modern surface protection techniques, which favor the preservation of the workshop and the efficient development of academic and technical activities.

KEYWORDS

Corrosion, protective coatings, metal structure, durability, maintenance

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VII
PALABRAS CLAVE	VI
ABSTRACT	VII
KEYWORDS	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	X
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. METODOLOGÍA	3
1.4.1. Procedimiento	3
1.4.2. Técnicas	4
1.4.3. Métodos	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. DEFINICIONES	6
2.1.1 Fundamentos teóricos y mecanismos de protección	6
Norma técnica: ISO 12944	6
Proceso y control técnico	6
Ventajas y limitaciones	6
Aplicación al contexto del galpón electromecánico	7
Innovaciones	7

2.1.2 Principios y mecanismos de protección.....	7
Clasificación y tipologías de recubrimientos	8
Preparación y aplicación técnica para recubrimiento.....	8
Ventajas y limitaciones de los recubrimientos.....	8
Aplicación al galpón electromecánico	9
2.2. ANTECEDENTES.....	9
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS	11
2.3.1 Trabajos relacionados en otro continente.....	11
2.3.2 Trabajos relaciones en el mismo continente	12
2.3.3 Trabajos relacionados en el Ecuador	12
2.3.4 Trabajos relacionados en la provincia de Manabí	13
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	15
3.3 OBJETIVO 3	15
3.3.1 Plan de monitoreo propuesta	16
3.3.2 Indicadores.....	16
• Preservación de color y textura	16
• Espesor mayor a 85% del diseño.....	16
• Adherencia grado mayor a 3B	16
3.3.3 Registro y mantenimiento	17
• Bitácora técnica con fotos y fichas de revisión.....	17
• Mantenimiento correctivo en zonas con pérdida visible.....	17
• Informe anual técnico a dirección de mantenimiento institucional.....	17
.....	17
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
4.1. CONCLUSIONES	19
4.2. RECOMENDACIONES.....	20
BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXOS	24

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

ÍNDICE DE TABLAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Toda infraestructura metálica es clave en el sector industrial como también lugares que hacen de talleres desde bodegas, galpones educativos hasta talleres automotrices; ya que aquí se manejan equipos, herramientas y materiales que pueden crear condiciones difíciles para el acero, por ende uno de los principales retos técnicos es la protección contra la corrosión ya que básicamente es un fenómeno electroquímico que va desgastando poco a poco los metales que están en contacto con la humedad, sales, contaminantes y otras condiciones ambientales desfavorables (Revie & Uhlig, 2008).

La corrosión como tal no es solo una pérdida económica significativa en términos de mantenimiento y reemplazo de materiales, sino que también puede provocar daños estructurales considerables si no se ve a tiempo. Según la Asociación Mundial de Corrosión (NACE), las pérdidas económicas a nivel global debido a la corrosión alcanzan billones de dólares cada año, siendo la infraestructura industrial uno de los sectores más perjudicados (Koch et al., 2016), desde este punto de vista es que esta situación realza la importancia de implementar medidas correctivas y preventivas que aseguren la seguridad, operatividad y eficiencia en los espacios de trabajo.

Aunque parezca que no fuera así, hay que decir que los recubrimientos protectores son una de las estrategias más efectivas y comunes para luchar contra la corrosión en estructuras metálicas, ya que básicamente estos sistemas funcionan como una barrera física que separa el metal del entorno, evitando el contacto directo con agentes corrosivos. Por tal razón el elegir el recubrimiento adecuado va a depender de varios factores, como el tipo de metal, las condiciones de exposición, los requisitos estéticos y la facilidad de aplicación y mantenimiento (Munger & Vincent, 2014).

La propuesta para implementar esta investigación no es que solo ayuda a preservar la parte física de una infraestructura, sino que también refleja una cultura de mantenimiento enfocada en la mejora continua, a su vez este estudio será fundamental para desarrollar protocolos de mantenimiento que se puedan

aplicar a futuras estructuras metálicas en entornos educativos o industriales. Por lo consiguiente, esta investigación se convierte en una herramienta importante para la toma de decisiones en la conservación de infraestructuras metálicas que están expuestas a condiciones adversas.

1.1. PROBLEMA

Las estructuras metálicas en entornos industriales y educativos, como el galpón de Electromecánica que está situado en la UNITEV-Campus Tosagua, están siempre previsto de condiciones climáticas adversas, humedad y contaminantes que fomentan la corrosión, esto debido a que Tosagua como tal está cerca de zonas costeras y aún más donde está situado el galpón se recibe mucho aire y agua salitrosa. Por ende, hay que hacer énfasis a que, si no se realiza un mantenimiento preventivo adecuado y no se aplican recubrimientos protectores, esto puede llevar a un debilitamiento de la estructura, poniendo en peligro tanto la seguridad de los usuarios como la integridad del edificio.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el ámbito académico la propuesta de implementación de recubrimientos protectores en la estructura metálica del galpón de electromecánica de la ULEAM, campus Tosagua, es una gran oportunidad para combinar la teoría con la práctica en el campo de la ingeniería y tecnología en electromecánica, además hay que recalcar que este proyecto permitirá a estudiantes y docentes poner en práctica metodologías para diagnosticar la corrosión, elegir materiales y evaluar resultados, lo que fortalecerá sus habilidades en inspección técnica, análisis de datos y mantenimiento preventivo. Además, se alinea con la formación profesional enfocada en resolver problemas reales, potenciando la capacidad de investigación y la creación de propuestas técnicas adaptadas a las necesidades locales.

Desde la perspectiva tecnológica esta propuesta de intervención se justifica por la necesidad de garantizar la durabilidad y funcionalidad de la estructura metálica expuesta a condiciones ambientales propias de la zona costera de Tosagua,

donde factores como humedad, salinidad y temperatura aceleran los procesos de corrosión. La selección de recubrimientos protectores adecuados no solo prolongará la vida útil de los elementos estructurales, sino que optimizará los costos de mantenimiento y reducirá los riesgos asociados a fallas mecánicas

En cuanto a su relación con la línea de investigación institucional de la ULEAM, este trabajo se enmarca en el eje de Ingeniería, Industria, Construcción, Urbanismo y Arquitectura para un desarrollo sustentable y sostenible ya que promueve la generación de soluciones técnicas para la conservación y mejora de infraestructuras universitarias, además se puede tranquilamente replicar en proyectos similares en otros campus o sedes, donde las estructuras metálicas también enfrentan condiciones ambientales adversas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Proponer una implementación de recubrimientos protectores en la estructura metálica del galpón de Electromecánica.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar el estado actual de la estructura metálica en cuanto a presencia de corrosión.
2. Seleccionar el tipo de recubrimiento protector adecuado para el entorno del galpón.
3. Evaluar la efectividad del recubrimiento mediante inspecciones posteriores.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

1. Diagnóstico del estado actual de la estructura metálica: se realizó una inspección visual de las superficies metálicas, en este caso para identificar cuales zonas tienen afectación de corrosión o algún desgaste, todo esto se lo realizó mediante un registro fotográfico.

2. Investigación y selección de materiales de recubrimiento: a partir de investigación propia en este caso personalizada a especialista en recubrimiento y también apoyados en bibliografía recientes se seleccionó la opción óptima para el entorno en el que está el galpón considerando las condiciones ambientales del cantón Tosagua.

3. Preparación de la superficie mediante limpieza y eliminación de óxido: en este punto se realizó una limpieza mecánica y también la eliminación del óxido mediante un cepillo de hierro permitiendo así que la superficie quede lisa para cualquier adherencia.

4. Aplicación del recubrimiento protector: Al proveedor que se le compró el recubrimiento, nos recomendó la cantidad y forma que estaba dentro de la papeleta del fabricante para que no se desperdicie ni tampoco seunte muy poco y más bien la mezcla quede perfecta para la aplicación.

5. Evaluación de la aplicación y monitoreo del desempeño a corto plazo: pasado un tiempo determinado cada tres meses después de la aplicación justamente para evaluar la adherencia, integridad y desempeño del recubrimiento.

1.4.2. Técnicas

Inspección visual y fotográfica

- la inspección visual es una técnica muy válida para evaluar la presencia y grado de corrosión en superficies metálicas (ASTM International, 2015). Hay que recalcar que se utilizó al inicio para identificar cuáles eran las zonas que presentaban deterioro y luego se utilizó al final para documentar como quedaron luego de la aplicación.

Limpieza y preparación de superficie

- Chorro de arena (sandblasting)
- Cepillado mecánico o manual
- Limpieza química con solventes o ácidos

Aplicación de recubrimientos

- Pinturas anticorrosivas (primarios y acabados)
- Recubrimientos epóxicos
- Poliuretanos
- Galvanizado en frío

Métodos de aplicación

- Brocha o rodillo
- Aspersión convencional
- Aspersión airless (alta presión)

Técnicas avanzadas

- Galvanizado por inmersión en caliente
- Recubrimientos en polvo (powder coating)
- Metalizado por proyección térmica

1.4.3. Métodos

Método descriptivo: Justamente en el momento que se aplicó en la fase diagnóstica para verificar el estado inicial de la estructura metálica. De tal manera como refiere Hernández, Fernández y Baptista (2014), este método permite describir con detalle las características observadas en un fenómeno para su análisis sistemático.

Método experimental: Se seleccionó y aplicó en este caso el recubrimiento, permitiendo comparar su rendimiento con las condiciones iniciales, así también lo indica Kerlinger y Lee (2002) que este método consiste en aplicar una intervención controlada para evaluar su efecto sobre un objeto o sistema.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

2.1.1 Fundamentos teóricos y mecanismos de protección

Los recubrimientos metálicos como la galvanización en caliente actúan como barrera física y protección catódica sacrificial: el zinc se oxida preferentemente, formando capas como ZnO y ZnCO₃ que protegen el acero subyacente. El fosfatizado (capa de fosfato de hierro, zinc o manganeso) ofrece una superficie adherente, porosidad controlada y sirve de base para pinturas o aceites sellantes, mejorando la adhesión y resistencia a la corrosión.

Norma técnica: ISO 12944

La norma ISO 12944 define sistemas de protección basados en tipo de ambiente, preparación superficial, tipos de recubrimientos y ejecución del trabajo. En ambientes industriales (C3–C5), se recomienda galvanizado (o zinc rico) seguido de capa intermedia epoxídica y capa final de poliuretano o polisiloxano.

Proceso y control técnico

Preparación de superficie: granallado hasta SSPC-SP 5 o SP 10 para eliminar impurezas y asegurar adherencia metálica adecuada.

Aplicación del recubrimiento metálico: galvanizado en caliente requiere limpieza alcalina, decapado ácido, flux y baño de zinc fundido; fosfatizado implica inmersión o aspersión con ácido fosfórico y sales metálicas.

Inspección y control de calidad: medición del espesor (p. ej. $\geq 85 \mu\text{m}$ según BS EN ISO 1461), adhesión, uniformidad y ensayo acelerado tipo niebla salina o EIS.

Ventajas y limitaciones

Ventajas: larga durabilidad en condiciones agresivas, protección catódica activa, mínima necesidad de mantenimiento superficial, costo competitivo

comparado con acero inoxidable.

Limitaciones: costoso proceso inicial, potencial fragilidad en aceros de alta resistencia por embrittlement, los recortes expuestos requieren pintura adicional, temperatura máxima recomendable ~200 °C.

Aplicación al contexto del galpón electromecánico

El ambiente interior de un galpón con exposición a humedad, aerosoles industriales y posible contacto químico se califica como moderadamente a altamente corrosivo (C3–C5). Según normas, la implementación ideal sería un sistema: primer de zinc o galvanizado + capa intermedia epóxica + capa superior de poliuretano para asegurar longevidad y estética.

Innovaciones

Investigaciones recientes analizan recubrimientos híbridos o nanomateriales, como la incorporación de óxido de grafeno reducido (rGO) en resinas sobre acero galvanizado, mejorando las propiedades de barrera e inhibición iónica, especialmente a bajas concentraciones (~0,05 %).

También existen estudios donde han utilizado el nitruro de boro hexagonal y los cuales han mostrado un potencial como capa dieléctrica y barrera química para protección avanzada en entornos agresivos.

2.1.2 Principios y mecanismos de protección

Los recubrimientos orgánicos crean una barrera física impermeable que inhibe el contacto de humedad, oxígeno y agentes corrosivos con el sustrato metálico. Adicionalmente, se usan pigmentos inhibidores de corrosión que ralentizan las reacciones electroquímicas, y el sistema mult capas (primer, intermedio, acabado) asegura mayor desempeño funcional y estético.

Clasificación y tipologías de recubrimientos

Epóxicos (dos componentes): excelente adherencia química y resistencia mecánica, adecuados como capa intermedia o primer en ambientes húmedos o químicos.

Poliuretanos (PUR): ofrecen gran resistencia UV, flexibilidad y mantenimiento de brillo, típicamente usados como capa superior en exteriores.

Siloxanos/polisiloxanos: combinan resistencia química, durabilidad y permiten prescindir de capa intermedia en ambientes muy corrosivos.

Preparación y aplicación técnica para recubrimiento

- **Preparación de superficie**: limpieza química o abrasiva para remover contaminantes, óxidos y escamas de soldadura. Estándares tipo SSPC o ISO12944 aplican también aquí.
- **Aplicación**: métodos por spray, rodillo o brocha; se controlan condiciones ambientales (temperatura, humedad) para asegurar curado adecuado y evitar defectos como ampollas o mal adhesión.
- **Ensayos de control**: tests de adherencia (cross-cut), espesor (micrómetros), pruebas aceleradas (niebla salina, EIS), y resistencia mecánica o abrasión.

Ventajas y limitaciones de los recubrimientos

Ventajas: alta resistencia química y estética, formulaciones versátiles (incluyendo ecológicas), buena adherencia incluso sobre sustrato con humedad mínima.

Limitaciones: degradación UV (epóxicos expuestos pierden color y se agrietan), necesidad de renovación periódica (cada 10-15 años), menor protección sacrificial frente a daños localizados comparado con zinc.

Aplicación al galpón electromecánico

En interiores del galpón con exposición a aerosoles, condensación o agentes eléctricos, un sistema eficaz sería: primer epóxico anticorrosivo + capa intermedia epólica pigmentada + acabado de poliuretano para resistencia a químicos y estética. En techos o exteriores adjuntos, el poliuretano protege de UV y mantiene apariencia.

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).

Antes de la ejecución del presente proyecto titulado “Implementación de recubrimientos protectores en la estructura metálica del galpón de electromecánica”, en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), campus Tosagua, no se contaba con una intervención técnica planificada para el mantenimiento preventivo de las estructuras metálicas del galpón que sirve como espacio de prácticas para los estudiantes de la carrera de Electromecánica. Lo único que se había realizado eran limpiezas superficiales periódicas, aplicaciones de pinturas sin previo estudio o asesoramiento y reparaciones de pronto donde se veía más deterioro, hay que decir que dichas intervenciones, aunque fueron muy necesarias en su momento, no tenían ninguna planificación o criterio especializado en recubrimiento de protectores.

Así mismo se carecía de registros institucionales donde se señale que hay realizado una inspección minuciosa asociados a la exposición del metal a la humedad y temperatura de la zona. Por estas razones se justifica la necesidad de una propuesta más concreta y con mayor detalle para justamente conocer los recubrimientos protectores adecuados para este galpón y sobre todo que ofrezca una solución a largo plazo.

Por otra parte, desde el punto de vista académico, tampoco se había promovido la integración de este tipo de proyectos en el currículo de la carrera, desaprovechando así una oportunidad formativa para que los estudiantes participen activamente en procesos reales de mantenimiento industrial, selección de materiales y aplicación de tecnologías anticorrosivas.

En consecuencia, la situación previa a la ejecución de este proyecto reflejaba una necesidad técnica latente, tanto por el deterioro progresivo de la infraestructura como por la ausencia de una cultura institucional de mantenimiento estructural preventivo en edificaciones con componentes metálicos. Este escenario motivó el desarrollo de la presente propuesta, orientada a diseñar un sistema técnico y eficiente de recubrimientos protectores que asegure la conservación a largo plazo del galpón y potencie su funcionalidad como espacio de formación práctica para los futuros tecnólogos e ingenieros electromecánicos de la ULEAM.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

2.3.1 Trabajos relacionados en otro continente

Recientemente en el continente europeo se ha llevado a cabo un estudio que aborda de manera directa el problema de la corrosión en ambientes marinos, especialmente en lo que respecta a estructuras metálicas que están expuestas a condiciones severas. Este trabajo liderado por Bogatu y su equipo, se centró en evaluar la efectividad de recubrimientos protectores aplicados sobre acero S355JR que fue sumergido en agua de mar natural del puerto de Constanta, en el Mar Negro y para ello, se utilizaron técnicas electroquímicas, como la evolución del potencial de circuito abierto (OCP) y la resistencia a la polarización lineal, con el objetivo de estimar la densidad de corriente de corrosión durante un periodo de inmersión de 22 semanas, dentro de la cual se compararon varias configuraciones, incluyendo: acero simplemente decapado, acero recubierto con imprimación epólica, un acristalado con una capa superior de pintura de poliuretano y una versión mejorada de esta última, que incorpora partículas de kreutzonita.

Los resultados mostraron que el sistema que combinó imprimación epólica y pintura de poliuretano mejorada con kreutzonita logró una protección notablemente superior. Esto demuestra que actúa como una barrera efectiva contra los factores corrosivos del entorno marino, además de ser una opción económica en comparación con las nanopartículas, gracias a la estabilidad térmica y mecánica del mineral utilizado (Bogatu et al., 2025).

Este proyecto europeo ofrece un referente claro y actualizado que, además de mostrar resultados positivos, se destaca por su enfoque práctico y aplicable a galpones o estructuras metálicas similares en entornos costeros.

2.3.2 Trabajos relaciones en el mismo continente

El siguiente trabajo dentro del continente sudamericano se revisó y analizó uno en Colombia, en el cual la empresa Pintuco ha creado recubrimientos especializados que protegen las estructuras metálicas en obras civiles de las duras condiciones ambientales, especialmente en la costa caribeña y en ciudades como Bogotá y Medellín, de los cuales la empresa presentó productos como el “Pintuprimer Epoxi 70RS” son conocidos por su rápido tiempo de secado, que oscila entre 20 y 30 minutos, y por su capacidad de aplicarse en capas gruesas, cabe recalcar que esto no solo aumenta la productividad durante la aplicación, sino que también asegura que no se comprometan ni la durabilidad ni la estética (Pintuco, 2020). Además, su formulación cumple con el estándar ISO 12944, lo que garantiza una protección anticorrosiva que se alinea con las normas internacionales (Pintuco, 2020).

Por otro lado, en países vecinos como lo son Perú y Colombia se han estado implementando cada vez más sistemas multicapa como una estrategia efectiva: una capa base rica en zinc que ofrece protección catódica, seguida de capas intermedias de epóxico y un acabado de poliuretano que actúa como una barrera física contra la humedad y los agentes químicos. Estos sistemas combinados brindan una resistencia superior, una durabilidad notable y una excelente adherencia, siendo especialmente útiles en entornos costeros e industriales (Ordoñez Abril et al., 2025).

El estudio también reuze que la selección del recubrimiento debe considerar las condiciones operativas y la naturaleza del sustrato para garantizar efectividad a largo plazo (Ordoñez Abril et al., 2025).

2.3.3 Trabajos relacionados en el Ecuador

En este caso es la capital del Ecuador: Quito, la Escuela Politécnica Nacional llevó a cabo una investigación relevante destinada a evaluar la resistencia de recubrimientos anticorrosivos aplicados a acero al carbono, tanto bajo condiciones controladas de laboratorio como en ambientes reales del país. En este estudio, los autores compararon el comportamiento de diferentes

recubrimientos mediante ensayos acelerados en cámara de niebla salina y en dispositivos de luz xenón, complementándolos con pruebas de campo llevadas a cabo durante un año en nueve ciudades ecuatorianas, pero aquí lo más importante era reconocer como varía de una zona a otras, es decir entre la costa y la sierra ecuatoriana.

Entonces por medio de este trabajo comparativo, los autores pudieron identificar la categoría corrosiva de cada ciudad, revelando diferencias relevantes entre una y otra, en este caso en particular, Quito presentó un comportamiento único, influenciado por su altitud, el clima urbano y su menor exposición al aire yodado, lo que resultó en un perfil de corrosividad diferente al que se observó en ciudades como Guayaquil o Esmeraldas, las cuales están más influenciadas a las playas, aire, humedad y temperaturas que son totalmente distintas a la de Quito.

De este modo, el estudio no solo aporta datos comparativos esenciales, sino que también destaca la importancia de diseñar estrategias de protección de acuerdo con el entorno específico de exposición.

2.3.4 Trabajos relacionados en la provincia de Manabí

En la provincia de Manabí, perteneciente a unas de las 24 provincias del Ecuador, se llevó a cabo una investigación muy interesante que analizó cómo la atmósfera costera afecta a las estructuras metálicas, centrándose en el acero al carbono expuesto en varias áreas de la costa del cantón Manta. Para entender mejor el nivel de agresividad de la atmósfera, los investigadores instalaron probetas metálicas y captadores de paño seco en ocho lugares a lo largo de un gradiente que va desde la línea costera, lo cual permitió comparar la deposición de iones cloruro y medir la velocidad de corrosión tanto mensual como anual durante un año de exposición (Guerra Mera et al., 2023).

De igual forma, se documentó la variabilidad de la corrosividad, destacando que, en ciertos puntos, la atmósfera alcanzó la categoría extrema (CX), un nivel hasta entonces no reportado en estudios ecuatorianos, lo cual proporciona una relevancia mayor por la severidad del entorno corrosivo costero en la región y la necesidad de medidas de protección robustas (Guerra Mera et al., 2023)

Adicionalmente las diferencias observadas entre los datos calculados a partir del contexto ambiental y los obtenidos mediante mediciones directas de corrosión demostraron la importancia de emplear criterios de durabilidad localizados y basados en evidencia empírica, antes de proceder al diseño, construcción o mantenimiento de estructuras metálicas.

Este estudio en Manabí ofrece información relevante para proyectos similares, como el galpón de electromecánica en la ULEAM- UNITEV, campus Tosagua, puesto que proporciona datos concretos sobre las condiciones corrosivas reales del entorno costero.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 OBJETIVO 1

3.3.1 Identificar el estado actual de la estructura metálica en cuanto a presencia de corrosión

El primer paso en la implementación de recubrimientos protectores consiste en evaluar minuciosamente el estado actual de la estructura metálica del galpón. Para ello, se realiza una inspección visual que permita detectar signos de corrosión, tales como manchas de óxido, desprendimiento de pintura, decoloración o formación de escamas. También es importante identificar zonas con mayor exposición a la humedad, como uniones, pernos, bases de columnas o áreas en contacto directo con el suelo. En algunos casos se pueden emplear ensayos no destructivos, como mediciones de espesor con ultrasonido o pruebas de adherencia, para determinar el grado de deterioro. Esta evaluación inicial orienta el tipo de tratamiento de superficie y el recubrimiento más adecuado, garantizando así la efectividad del proceso de protección.

3.2 OBJETIVO 2

3.3.2 Seleccionar el tipo de recubrimiento protector adecuado para el entorno del galpón

La elección del recubrimiento protector depende de las condiciones ambientales a las que está expuesta la estructura metálica. En el caso del galpón de Electromecánica, se deben considerar factores como la humedad relativa, la presencia de polvo, vapores químicos, cambios de temperatura y posibles filtraciones de agua. Un recubrimiento anticorrosivo epóxico es recomendable por su alta resistencia química y mecánica, ofreciendo una barrera eficaz contra la humedad y agentes agresivos. Para la capa de acabado, un recubrimiento de poliuretano resulta adecuado, ya que proporciona resistencia a la radiación UV, al desgaste y un acabado estético uniforme. Alternativamente, en zonas de mayor exposición, puede emplearse galvanizado en frío o proyección térmica de

zinc, garantizando mayor durabilidad. La combinación de un sistema de imprimación epóxica más una capa de acabado de poliuretano asegura una protección integral y de larga duración para el entorno del galpón.

3.3 OBJETIVO 3

3.3.1 Plan de monitoreo propuesta

Tabla 1. Plan de monitoreo propuesto

Fase	Actividad	Frecuencia	Herramientas	Norma
F1	Inspección visual general	Semestral	Cámara, checklist	ASTM D714
F2	Medición de espesor (DFT)	Anual	Medidor electromagnético	ASTM D7091
F3	Prueba de adherencia	Bianual	Cinta + bisturí	ASTM D3359

Fuente: Fuente: Propia (Zambrano, Lesmer; Barreto, Limberg, 2025)

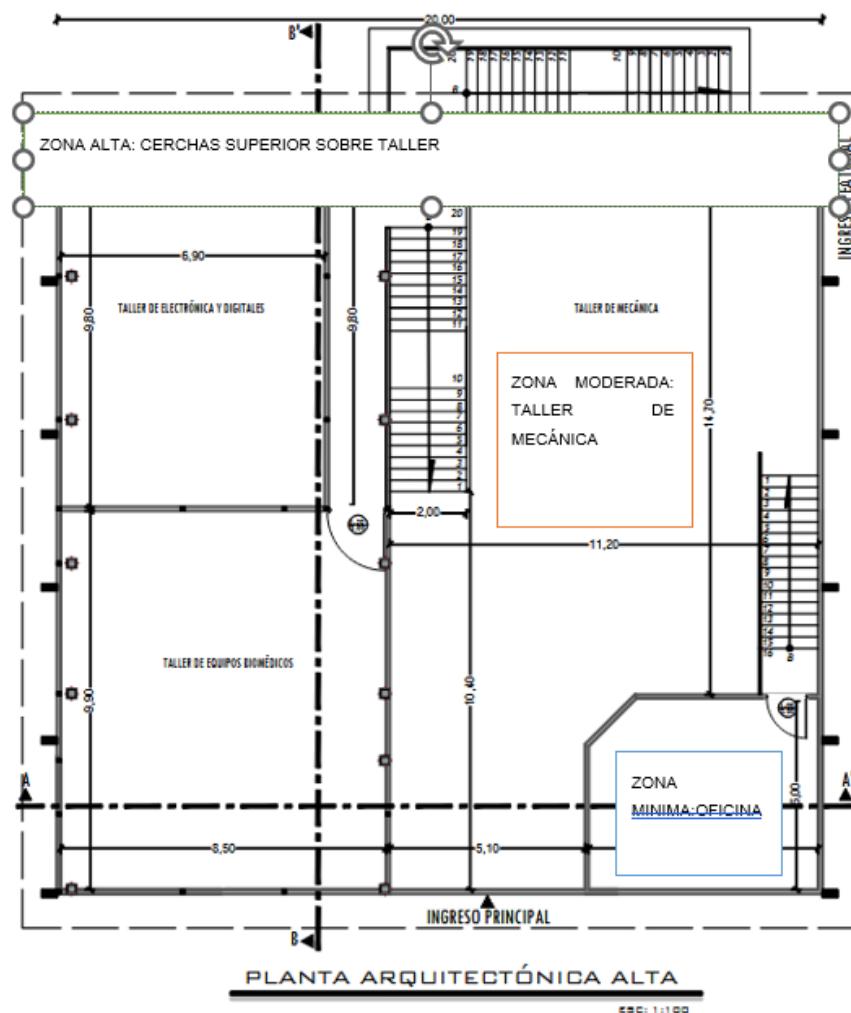
3.3.2 Indicadores

- Preservación de color y textura
- Espesor mayor a 85% del diseño
- Adherencia grado mayor a 3B

3.3.3 Registro y mantenimiento

- Bitácora técnica con fotos y fichas de revisión
- Mantenimiento correctivo en zonas con pérdida visible
- Informe anual técnico a dirección de mantenimiento institucional

Ilustración 1 Intervención propuesta dentro del galpón de electromecánica



Fuente: Propia (Zambrano, Lesmer; Barreto, Limberg, 2025)

3.3.4 Desglose de gastos (para 90 m² de superficie metálica estimada)

Tabla 2. Presupuesto estimado y propuesto para un área en específica

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Preparación superficial (granallado)	m ²	90	5,00	450,00
Imprimante epóxico zinc	m ²	90	6,50	585,00
Recubrimiento intermedio epóxico	m ²	90	6,00	540,00
Acabado poliuretano alifático	m ²	90	6,50	585,00
Mano de obra	jornada	6	180,00	1.080,00
Equipos y herramientas	global	1	—	600,00
Total estimado	—	—	—	3.840,00

Fuente: Fuente: Propia (Zambrano, Lesmer; Barreto, Limberg, 2025)

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La evaluación visual y técnica de la estructura metálica del galpón, basada en la visita in situ, permitió identificar tres niveles de afectación por corrosión: zonas críticas (como las cerchas superiores), zonas moderadas (el taller de mecánica) y zonas mínimas (la oficina), hay que recalcar que este diagnóstico reveló la presencia de corrosión severa en elementos elevados que están expuestos a la humedad ambiental y a la condensación, lo que podría comprometer la estabilidad estructural a largo plazo si no se actúa a tiempo.
- Dado el clima del cantón Tosagua, donde justamente está ubicado el galpón de electromecánica, el cual dicho entorno se clasifica como corrosividad C4 según la norma ISO 12944-2, se optó por un sistema de recubrimiento de tres capas (epóxico rico en zinc + epóxico intermedio + poliuretano alifático). Este sistema ofrece una protección duradera, excelente adherencia y resistencia química, cumpliendo así con los requisitos técnicos del proyecto.
- Se propone un plan de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, que incluye inspecciones semestrales y anuales, mediciones de espesores y evaluaciones de adherencia con la finalidad de asegurar que el recubrimiento se mantenga efectivo a lo largo del tiempo y permite tomar decisiones informadas para realizar intervenciones específicas sin necesidad de repintar todo.
- Se trato de realizar un diagrama real del galpón de electromecánica para delimitar gráficamente las zonas de intervención, lo cual permitió una comprensión clara de las áreas vulnerables facilitando así: la planificación operativa, la cuantificación de materiales, y la asignación de recursos técnicos y económicos de forma eficaz.

4.2. RECOMENDACIONES

- Por visualización propia y visto el avance de la corrosión en áreas críticas, como las cerchas de la cubierta, se sugiere llevar a cabo la aplicación del sistema de recubrimiento elegido en un plazo máximo de 60 días, ya que es fundamental priorizar la protección de los elementos estructurales elevados.
- Se propone establecer de manera formal el uso de fichas de inspección que se basen en las normas ASTM D714, D7091 y D3359, además de capacitar al personal técnico en su aplicación, con lo cual estaremos asegurando la continuidad del programa de monitoreo y la preservación del recubrimiento a largo plazo.
- Para mejorar la secuencia y monitoreo de las intervenciones, se sugiere implementar un registro digital, el cual puede ser una hoja de Excel, donde se anoten todas las inspecciones, los resultados de las mediciones, las áreas intervenidas y las fechas de replicación.
- Para verificar que el recubrimiento protector se aplique correctamente, es fundamental capacitar a los técnicos en la preparación de superficies, el control de espesores y el uso de pistolas airless, siguiendo si es posible las normas internacionales.
- La metodología que se aplicó dentro de este trabajo, tranquilamente puede servir como modelo para otros galpones o edificaciones de la institución, permitiendo establecer un programa institucional de mantenimiento preventivo contra la corrosión.

BIBLIOGRAFÍA

Amancha Torres, H. F. (2020). *Análisis de recubrimientos anticorrosivos aplicados a los aceros Q235B y su incidencia en la tasa de corrosión, en el sistema de agua potable de Riobamba* (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato.

American Galvanizers Association. (2025). *Hot-dip galvanization process and performance*.

AMPP. (2024). *Protective coatings to defend from corrosion*.
<https://www.ampp.org>

ASTM International. (2021). *Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test (ASTM D3359-21)*. <https://www.astm.org/d3359-21.html>

Cajamarca Morquecho, M. A., & Romero Vintimilla, M. F. (2014). *Estudio del comportamiento de los recubrimientos anticorrosivos utilizados en estructuras metálicas de edificios de la región costa del Ecuador* (Trabajo de grado). Universidad Politécnica Salesiana.

Collazo, A., Díaz, B., Figueroa, R. F., Nóvoa, X. R., & Pérez, C. (2024). Corrosion resistance of a water-borne resin doped with graphene derivatives applied on galvanized steel. *Materials*, 17(11).

International Organization for Standardization. (n.d.). *ISO 12944: Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*.

Kaya, O., et al. (2024). Advances and challenges of hexagonal boron nitride-based anticorrosion coatings. *Applied Materials Reviews*.

Moreira Basurto, F. E., & Guerra Mera, J. C. (2024). Análisis de afectaciones por corrosión atmosférica en estructuras de hormigón armado en una zona costera de Manta, Manabí, Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 55(1), 78-86.

Nippon Paint Protective Coatings. (2023). *Selection of coating systems based on ISO 12944 for industrial structures in Southeast Asia* [Informe técnico]. Nippon Paint Malaysia.

PPG Protective & Marine Coatings. (2025). *Steelguard coating system applied to Wembley Stadium London* [Case study]. <https://www.ppgpmc.com>

Pérez Véliz, J. A., & Guerra Mera, J. C. (2024). [Referencia incompleta: agregar título del documento].

PW Consulting Chemical & Energy Research Center. (2024). *Impact of regional infrastructure development on demand for anti-corrosion coatings in Asia-Pacific* [Reporte de mercado].

Revie, R. W., & Uhlig, H. H. (2008). *Corrosion and corrosion control: An introduction to corrosion science and engineering* (4th ed.). Wiley.

Rincón Zambrano, D. A., Guerra Mera, J. C., & Castañeda Valdés, A. (2025). Análisis de afectaciones por corrosión atmosférica en estructuras de hormigón armado en Crucita, Portoviejo, Manabí, Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 56(1), 1-23.

SpecialChem Coatings. (2025). *Anti-corrosion coatings – Types and mechanisms*. <https://coatings.specialchem.com>

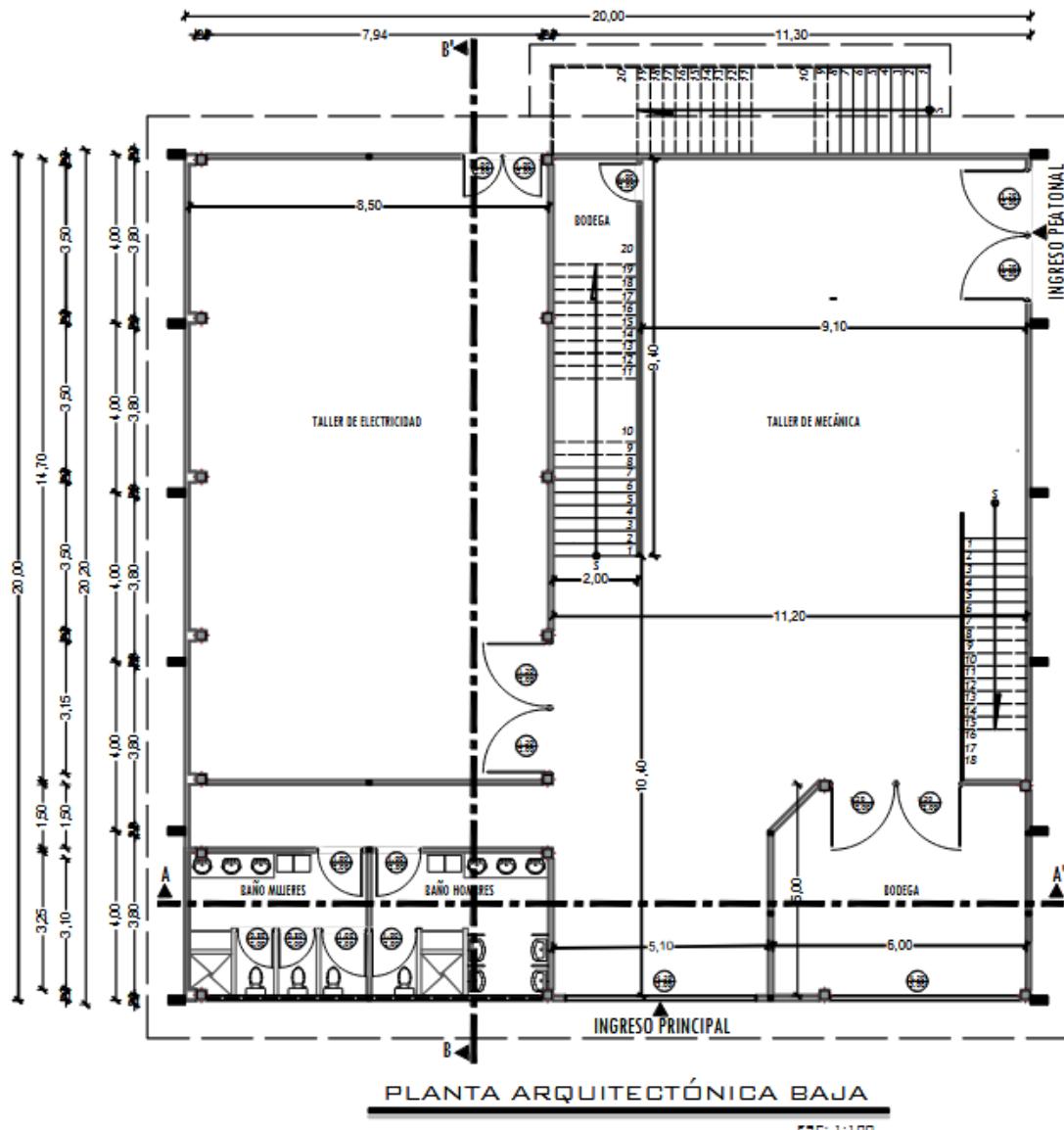
Torres Hinojosa, G. I. (2023). *Estudio de recubrimientos nanotecnológicos de películas delgadas para minimizar la corrosión en los elementos componentes de acero galvanizado de la red de distribución eléctrica* (Trabajo de grado). Universidad Técnica del Norte.

Yépez Intriago, A. C., López López, L. L., Navarro Peñaherrera, C. P., & Díaz Sánchez, M. E. (2024). Análisis de la tasa de corrosión en recubrimientos anticorrosivos en acero A-36: Corrosion rate analysis of anticorrosive coatings on A-36 steel. *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 7(14), 49-58.

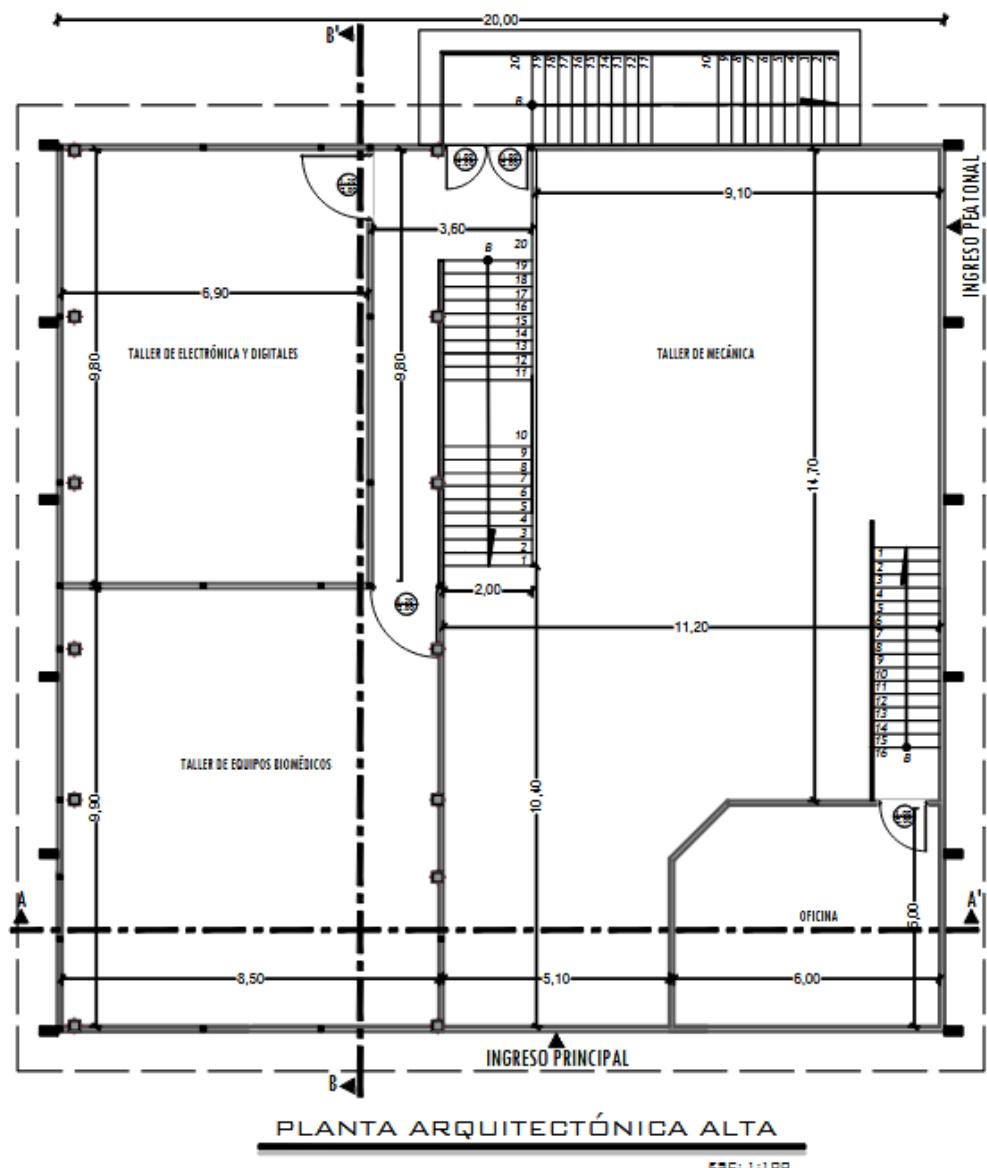
Zaki, A. (2020). Protective coatings for structural steel: A comprehensive review. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(4), 04020023.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003101](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003101)

ANEXOS

Anexo 1 Planta baja arquitectónica



Anexo 2 Planta alta arquitectónica



Anexo 3



Anexo 4

