



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Implementación de Sistemas de Protección Estructural Contra
Vientos Fuertes en el Galpón de Electromecánica

Autores:

Steven Alejandro Cusme Espinoza
Marlene Esperanza Zambrano Zambrano

Tutor:

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes

Unidad Académica:

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

Carrera:

Electromecánica.

Chone, Agosto del 2025

CERTIFICACION DEL TUTOR

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes; 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 sistemas de protección estructural contra vientos fuertes en el 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:

Steven Alejandro Cusme Espinoza

Marlene Esperanza Zambrano Zambrano

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Agosto del 2025.



Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes

TUTOR(A)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quienes suscriben la presente:

Steven Alejandro Cusme Espinoza

Marlene Esperanza Zambrano Zambrano

Estudiantes de la Carrera de **Electromecánica**, declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "Implementación de sistemas de protección estructural contra vientos fuertes en el galpón de Electromecánica", previa a la obtención del Título de Tecnólogo superior en 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.

Chone, Agosto del 2025

 
Steven Alejandro Cusme Espinoza Marlene Esperanza Zambrano Zambrano



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: "Implementación de sistemas de protección estructural contra vientos fuertes en el galpón de Electromecánica" de sus autores: Steven Alejandro Cusme Espinoza, Marlene Esperanza Zambrano Zambrano de la Carrera "Electromecánica", y como Tutor del Trabajo el Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes

Chone, Agosto del 2025

Ing. Andrés Gozoso García Mg.
DIRECTOR(A)

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes
TUTOR(A)

Ing. Ricardo Javier Parraga Orellana
PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. José Fabricio Mejía Saldarriaga
SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

Lic. Fátima Saldarriaga Santana, Mg
SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Primeramente le agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto en mi vida, también quiero agradecer de todo corazón a mi mamá, por ser mi apoyo constante en cada etapa de mi vida, gracias por estar siempre para mí, por tu amor, tus consejos y por no soltarme nunca, incluso en los momentos más difíciles.

A mi esposa, gracias infinitas por acompañarme en los buenos y en los malos momentos, tu amor, tu paciencia y tu apoyo incondicional han sido mi motor para seguir adelante ,no podría haberlo logrado sin ti.

También agradezco a mis compañeros de clase, por compartir este camino de aprendizaje, por el compañerismo y por cada momento vivido juntos. Por supuesto, a los Ingenieros que nos guiaron con sus enseñanzas y nos transmitieron su conocimiento con dedicación y compromiso, gracias por ayudarnos a crecer como profesionales y como personas.

Steven Alejandro Cusme Espinoza

Quiero darle las gracias a Dios por darme la fortaleza, salud y sabiduría necesarias para culminar este proyecto ,también estoy agradecida con la vida por que cada dia me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser ,siempre he sabido que el amor de los padres es único e incondicional ,por eso agradezco el esfuerzo que ha hecho cada uno de ellos, por inculcarme su amor y los valores que hoy me definen como persona y no dejarme rendir en cada paso que he dado, por los consejos y el apoyo incondicional que nunca me faltó. Muchos de mis logros se los debo a ustedes que me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

También le dedico con todo mi amor y cariño mi proyecto a la persona que está conmigo en estos momentos (mi pareja) por creer en mi capacidad de superarme, me ha motivado a dar lo mejor de mí ,a seguir adelante y no

rendirme en cada uno de mis propósitos. A todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

A mi misma por tener el positivismo siempre así no fuera fácil el camino, de creer en mí y todo lo que puedo llegar a lograr con disciplina y esfuerzo .

A cada uno de los Ingenieros que me impartieron un poco de sus conocimientos, mi más admiraciones por la ética y responsabilidad que tuvieron conmigo durante toda la carrera.

Marlene Esperanza Zambrano Zambrano

DEDICATORIA

Dedico este logro en primer lugar a Dios, por darme la vida, la fuerza y la sabiduría para seguir adelante en cada paso del camino, Sin Su guía nada de esto habría sido posible.

A mi esposa por su amor, su paciencia y por estar siempre a mi lado, en los momentos buenos y también en los más difíciles, gracias por ser mi compañera de vida y mi mayor motivación.

A mi mamá por ser mi ejemplo de lucha y dedicación, por su apoyo incondicional ,por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A los ingenieros que nos compartieron su conocimiento con vocación y entrega, por cada enseñanza, por su tiempo y por haber sido parte esencial en nuestra formación.

Steven Alejandro Cusme Espinoza

Dedico este proyecto a Dios que me ha mantenido con salud para realizar cada una de mis metas , a mi amor mas bonito que es mi abuela por su amor y ternura que me transmite para que todo me salga bien ,a mis padres y herman@s que son mi mayor soporte durante todo este proceso, dándome ánimo y confianza para seguir adelante.

A mis docentes de la carrera por su paciencia y por transmitirme el conocimiento necesario para crecer profesionalmente, este trabajo representa el resultado de la dedicación y compromiso que puse desde el inicio.

Marlene Esperanza Zambrano Zambrano

RESUMEN

El presente trabajo surge ante la necesidad de fortalecer la infraestructura del galpón de la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) en la extensión Tosagua frente a eventos meteorológicos extremos particularmente vientos fuertes que podrían comprometer la estabilidad estructural y la seguridad de los estudiantes, el objetivo general consistió en implementar un sistema de protección estructural eficiente aplicando normativas técnicas vigentes y principios de seguridad estructural, la metodología se desarrolló en tres etapas: diagnóstico, diseño e implementación utilizando técnicas in situ, revisión de planos estructurales, simulaciones técnicas y validaciones de campo, en la fase diagnóstica se identificaron vulnerabilidades mediante inspecciones técnicas; en la etapa de diseño se propusieron soluciones estructurales adaptadas a las condiciones del galpón y finalmente se ejecutó la instalación de los elementos de protección diseñados, los resultados demostraron que la estructura mejoró significativamente su capacidad para resistir cargas dinámicas asociadas al viento así en conclusión se cumplió con los objetivos específicos establecidos y se evidenció que la solución propuesta es funcional, replicable y sostenible de la misma manera se recomienda su mantenimiento periódico y considerar su aplicación en otras infraestructuras académicas de características similares y ubicadas en zonas de riesgo.

PALABRAS CLAVE

Protección estructural, vientos fuertes, galpón, infraestructura educativa, carga dinámica.

ABSTRACT

This work arose from the need to strengthen the infrastructure of the Electromechanics program warehouse at the Eloy Alfaro Laica University of Manabí (ULEAM) in the Tosagua extension, against extreme weather events, particularly strong winds, that could compromise structural stability and student safety. The overall objective was to implement an efficient structural protection system, applying current technical regulations and structural safety principles. The methodology was developed in three stages: diagnosis, design, and implementation using in-situ techniques, review of structural plans, technical simulations, and field validations. In the diagnostic phase, vulnerabilities were identified through technical inspections; in the design stage, structural solutions adapted to the warehouse's conditions were proposed, and finally, the installation of the designed protection elements was executed. The results demonstrated that the structure significantly improved its capacity to withstand dynamic loads associated with wind. In conclusion, the established specific objectives were met, and it was evident that the proposed solution is functional, replicable, and sustainable. It is recommended to maintain it periodically and consider its application in other academic infrastructures with similar characteristics and located in risk areas.

KEYWORDS

Structural protection, strong winds, shed, educational infrastructure, dynamic load.

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
PALABRAS CLAVE	VI
ABSTRACT	VII
KEYWORDS	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. METODOLOGÍA	6
1.4.1. Procedimiento	6
1.4.2. Técnicas	7
1.4.3. Métodos	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. DEFINICIONES	10
2.2. ANTECEDENTES	13
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS	15
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	16
3.1. OBJETIVO 1	19
3.2. OBJETIVO 2	20
3.3. OBJETIVO 3	22

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
4.1. CONCLUSIONES	24
4.2. RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXOS	29

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Planos de un galpón	16
Ilustración 2: Sistema de refuerzo	17
Ilustración 3: Diseño y simulación de sistema de protección para el Galpón	18
Ilustración 4 instalación del sistema de contraviento dentro del galpón	19
Ilustración 5 trabajador pintando el sistema de refuerzo con pintura antioxidante	20

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Cuando la fuerza del viento supera los límites previstos en una estructura no solo se pone a prueba la resistencia de los materiales sino también la capacidad del diseño para proteger lo que resguarda en zonas donde los eventos climáticos extremos son cada vez más frecuentes como ocurre en diversas regiones costeras del Ecuador, la ausencia de mecanismos de protección estructural se convierte en un riesgo latente, esta realidad se hace evidente en el galpón de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí donde pese a su importancia funcional y académica la infraestructura no cuenta con sistemas adecuados que mitiguen los efectos de los vientos fuertes. La adopción de normativas de construcción que consideren la resistencia al viento y la integración de tecnologías innovadoras también son cruciales para proteger tanto las propiedades como a los residentes (Deceuninck, 2025).

Frente a este escenario garantizar la estabilidad estructural de edificaciones como el galpón no solo responde a una necesidad técnica sino también a una responsabilidad institucional en cuanto a la seguridad de estudiantes, docentes y equipos especializados que allí se resguardan, este espacio constituye un entorno fundamental para la ejecución de prácticas, pruebas de laboratorio y actividades formativas propias de la carrera por lo que cualquier afectación a su infraestructura comprometería el desarrollo académico y operativo del programa.

Varios estudios técnicos han resaltado lo crucial que es fortalecer las estructuras que están a merced de vientos extremos. Por ejemplo un análisis de Erazo et al. (2021) señalan que en la República Dominicana las construcciones que fueron diseñadas solo para soportar sismos no son suficientes si no se consideran los efectos del viento ciclónico durante los huracanes, además en diversas investigaciones como las que se han hecho sobre telecomunicaciones en áreas tropicales de Cuba se ha estudiado de diferentes maneras el comportamiento de las estructuras reticuladas que cumplen con las normas internacionales y locales donde se ha encontrado que las cargas de viento pueden aumentar hasta un 30% si no se aplican criterios modernos de diseño estructural (Parnás et al., 2023).

La importancia de poder abordar esta problemática radica en la necesidad de garantizar condiciones estructurales seguras y de maneras sostenibles en espacios donde se desarrollan procesos educativos fundamentales para la formación técnica ya que en el galpón de Electromecánica por sus características constructivas y funcionales representa un entorno clave para la aplicación práctica de conocimientos relacionados con estructuras dinámica de cargas, resistencia de materiales y normativas técnicas por lo que su vulnerabilidad ante vientos fuertes compromete no solo la integridad física de la edificación sino que también la calidad del proceso de manera formativa.

La presente propuesta se vincula directamente con los fundamentos de la carrera ya que permite aplicar conocimientos en análisis estructural, comportamiento de materiales, diseño técnico y normativa de seguridad ante solicitaciones dinámicas, a través del estudio, diseño e implementación de sistemas de protección estructural desarrollamos habilidades clave para diagnosticar vulnerabilidades, proponer soluciones sostenibles y ejecutar mejoras en edificaciones lo cual fortalece el perfil profesional de los estudiantes en su formación, este proyecto se alinea con los objetivos del programa académico al integrar teoría, práctica y responsabilidad social en un contexto concreto, como lo es la infraestructura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, donde se lleva a cabo esta intervención.

1.1. PROBLEMA

Carencia de un Sistema de Protección Estructural Contra Vientos Fuertes en el Galpón de Electromecánica, es una evidente vulnerabilidad estructural ante vientos fuertes debido a la ausencia de sistemas de protección específicos, esta condición representa un riesgo para la integridad de la infraestructura, el equipamiento técnico y la seguridad de quienes utilizan el espacio.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Justificación desde lo académico

Esta propuesta representa una oportunidad concreta para aplicar conocimientos adquiridos en áreas fundamentales de la carrera de Electromecánica, tales como, resistencia de materiales, diseño técnico y normativas de seguridad. A través del estudio e implementación de un sistema de protección contra vientos fuertes, se integran saberes teóricos con la práctica profesional, fortaleciendo el perfil del estudiante mediante una experiencia real de diagnóstico, diseño y ejecución, el proyecto permitirá desarrollar habilidades en la resolución de problemas estructurales, fomentando el pensamiento crítico, la toma de decisiones técnicas y la innovación aplicada en contextos universitarios.

Justificación desde lo tecnológico

El proyecto permite aplicar criterios actuales acerca de la resistencia de materiales, orientados a la resistencia frente a cargas de viento mediante el uso de materiales adecuados, técnicas de refuerzo y normativas técnicas vigentes, la implementación de elementos como anclajes, arriostramientos y refuerzos estratégicos no solo mejora el comportamiento estructural del galpón sino que también incorpora soluciones sostenibles y replicables en otras edificaciones de similares características, de este modo se promueve el uso de tecnologías constructivas apropiadas con un enfoque preventivo que prioriza la eficiencia, la durabilidad y la seguridad.

Justificación desde la relación del título con la línea de investigación institucional

La “Implementación de sistemas de protección estructural contra vientos fuertes en el galpón de Electromecánica” responde directamente a esta línea de investigación al abordar una problemática específica: la vulnerabilidad del galpón ante fenómenos meteorológicos extremos que pueden afectar su estabilidad y funcionalidad al intervenir en esta estructura estratégica, el proyecto no solo aporta un enfoque preventivo y técnico sino que también fortalece la misión institucional de impulsar la innovación tecnológica y la sostenibilidad en sus espacios físicos, de esta manera el trabajo integra investigación aplicada, docencia y vinculación con el entorno alineándose con los objetivos de la universidad para mejorar la resiliencia de sus infraestructuras y garantizar un ambiente seguro y propicio para la formación técnica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Implementar sistemas de protección estructural contra vientos fuertes en el galpón de Electromecánica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar las vulnerabilidades estructurales del galpón de Electromecánica ante vientos fuertes mediante inspecciones técnicas y análisis de las condiciones actuales de la edificación.
- Diseñar sistemas de protección estructural adecuados para mitigar el impacto de los vientos fuertes en el galpón aplicando normas técnicas vigentes y criterios de eficiencia y seguridad.
- Implementar los sistemas de protección estructural diseñados en el galpón de Electromecánica y verificar su correcto funcionamiento mediante procesos de instalación técnica, inspecciones de calidad y validación estructural bajo condiciones simuladas de carga por viento.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

Se realizaron inspecciones técnicas in situ con el propósito de identificar las vulnerabilidades del galpón frente a la acción de vientos fuertes y para ello se aplicaron métodos de evaluación visual, levantamiento de información mediante fichas técnicas, análisis de la documentación constructiva existente y verificación del estado de los materiales y uniones estructurales, este análisis permitió determinar las zonas críticas que requieren intervención estableciendo un punto de partida para el desarrollo de soluciones técnicas.

El diseño se fundamentó en la aplicación de normativas estructurales vigentes como el NEC-SE-DS (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Diseño Sismo Resistente) y otras referencias técnicas pertinentes y se plantearon soluciones como arriostramientos, refuerzos metálicos y sistemas de fijación resistentes al viento, priorizando criterios de seguridad, eficiencia estructural y viabilidad constructiva de la misma manera se elaboraron planos técnicos y cálculos estructurales para simular el comportamiento de la estructura frente a sollicitaciones dinámicas.

Se procedió a la instalación de los sistemas de protección estructural diseñados en esta etapa incluyó actividades de montaje técnico, aplicación de procedimientos de control de calidad en la instalación y verificación del ajuste estructural de los elementos incorporados, inspecciones de resistencia y evaluación postinstalación con el fin de asegurar que las soluciones aplicadas cumplan con los requerimientos de seguridad estructural establecidos.

1.4.2. Técnicas

Inspección visual estructural in situ. - Según la guía de evaluación rápida de la FEMA P-154 y su adaptación en la NEC-2015, la inspección visual es la técnica fundamental para detectar patologías, deformaciones y deterioros estructurales a nivel superficial (Colaboradores de Wikipedia, 2023). Esta técnica permitió identificar zonas críticas como fisuras, corrosión, conexiones debilitadas, uniones flojas o soldaduras mal ejecutadas directamente sobre elementos estructurales sin necesidad de equipos sofisticados, se utilizó como parte de la primera fase de diagnóstico, mediante fichas de inspección útiles para registrar observaciones visuales en columnas, vigas y elementos metálicos del galpón.

Medición de deflexiones estáticas. - Es una técnica común en pruebas de carga estática permitiendo así detectar desplazamientos verticales precisos en elementos como son las vigas o columnas ya que esta técnica está respaldada por el International Building Code (IBC) el cual establece que para pruebas estructurales se deben utilizar dispositivos que miden desplazamientos con precisión de hasta 0.025 mm garantizando confiabilidad en la evaluación de deformaciones (International Code Council, 2015). Esto permite cuantificar desplazamientos en vigas o columnas bajo carga facilitando así la evaluación precisa de posibles deformaciones permanentes o excesivas respecto a criterios de servicio esta técnica se aplicó durante la primera fase de diagnóstico estructural para medir la deflexión de elementos susceptibles frente a la acción del viento.

Reconstrucción de cargas de viento mediante análisis modal operacional (OMA). - Implementa técnicas de identificación modal operativa para reconstruir cargas dinámicas de viento a partir de la respuesta estructural medida en campo, tal como describe Kazemi Amiri y Bucher (2017) en el contexto de estructuras expuestas a cargas de viento. Esta estrategia permite estimar indirectamente la intensidad de las cargas de viento que afectan la estructura sin necesidad de estaciones meteorológicas basándose en los desplazamientos medidos y en modelos de respuesta, se empleó en la fase de diagnóstico complementaria para simular el comportamiento del galpón ante sollicitaciones dinámicas.

1.4.3. Métodos

Inspección estructural visual directa. - Consiste en observar y documentar directamente el estado físico de los elementos estructurales del galpón como columnas, uniones, vigas y cubiertas, con el fin de identificar deformaciones, corrosión o fisuras. Esta técnica es reconocida por su utilidad en la detección temprana de fallos y es recomendada por López et al. (2004), que señala que la inspección visual permite obtener un diagnóstico preliminar confiable sin necesidad de equipos especializados. En el presente proyecto se aplicó durante el cumplimiento del primer objetivo específico con el propósito de diagnosticar las vulnerabilidades estructurales ante posibles vientos fuertes.

Modelado estructural por elementos finitos. - Permite simular el comportamiento estructural de una edificación frente a cargas dinámicas como el viento mediante el uso de software especializado, este procedimiento fue empleado en la fase de diseño de la propuesta correspondiente al segundo objetivo específico permitiendo así representar numéricamente la respuesta de la estructura reforzada y predecir su desempeño ante esfuerzos inducidos por vientos fuertes. Según Vázquez y López (2001) esta técnica se fundamenta en el análisis matemático preciso de sistemas estructurales complejos mediante ecuaciones diferenciales discretizadas.

Prueba de carga simulada controlada. - Consiste en aplicar sobre los elementos estructurales intervenidos cargas incrementales equivalentes a las generadas por vientos intensos, con el fin de validar su resistencia y estabilidad. Según Callo (2017) , este procedimiento es esencial para verificar si la capacidad portante de la estructura cumple con los requisitos de seguridad y funcionalidad, mediante mediciones de deformación y comparación con límites admisibles. En el proyecto se implementó al concluir la instalación de los sistemas de protección estructural cumpliendo así el tercer objetivo específico de evaluación técnica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

El viento constituye uno de los principales agentes naturales cuya influencia sobre edificaciones debe ser cuidadosamente considerada, especialmente en zonas donde los fenómenos meteorológicos extremos representan un riesgo recurrente, desde una perspectiva técnica el viento se define como el movimiento del aire provocado por diferencias de presión atmosférica manifestándose tanto en dirección horizontal como vertical, este fenómeno aunque natural adquiere un carácter potencialmente destructivo cuando actúa sobre superficies expuestas de edificaciones que no han sido diseñadas para resistir sus efectos. De acuerdo con estudios comparativos realizados sobre métodos de cálculo de carga de viento en edificaciones ecuatorianas, se ha evidenciado que la adecuada comprensión y aplicación de parámetros de viento es indispensable para garantizar la estabilidad estructural en contextos donde las condiciones topográficas y climáticas pueden intensificar su impacto (Pacheco et al., 2015).

La carga de viento se refiere a la presión ejercida por el viento sobre una estructura la cual puede ser de carácter positivo o negativo dependiendo de si la presión empuja o succiona los elementos estructurales, dicha carga es el resultado de la interacción entre la velocidad del viento, su densidad y diversos coeficientes que modifican su efecto según la altura, forma de la estructura y condiciones del entorno. Conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC SE-CG) el valor de diseño para la velocidad básica del viento se establece como un umbral mínimo sobre el cual se aplican factores de corrección para obtener la presión dinámica equivalente estos factores incluyen el coeficiente de forma que depende del tipo geométrico del edificio, el factor de exposición al viento relacionado con el entorno topográfico y el factor de altura que toma en cuenta la elevación del punto de impacto del viento sobre la estructura (Vargas, 2021).

La topografía circundante incide de forma significativa en la intensidad con la que el viento impacta sobre una construcción y por esta razón las normativas estructurales ecuatorianas clasifican las zonas de edificación en distintas categorías de exposición:

- tipo A cuando el entorno es completamente abierto y sin obstáculos.
- tipo B cuando existen edificaciones bajas o vegetación dispersa.
- tipo C cuando se trata de áreas urbanas con alta densidad de edificaciones.

Esta categorización permite ajustar los cálculos estructurales a condiciones del terreno minimizando el margen de error y mejorando la capacidad predictiva del diseño estructural, en la práctica no considerar adecuadamente estos elementos puede dar lugar a infraestructuras vulnerables frente a vientos intensos (Basantes, 2019).

Resulta imprescindible definir el concepto de estructura rígida ya que este condiciona la metodología de análisis estructural ante cargas dinámicas como el viento, una estructura se considera rígida cuando su periodo natural de vibración es inferior a un segundo (o su frecuencia es superior a 1 Hz), lo que implica que su comportamiento frente a cargas dinámicas es cuasi estático, en consecuencia dichas estructuras no requieren análisis de efectos resonantes o de amortiguamiento complejo sino que se rigen por principios de equilibrio estático reforzados con coeficientes de seguridad adicionales. Esta característica aplica, por ejemplo, a construcciones industriales como galpones, los cuales por su forma compacta y baja altura tienden a responder de forma rígida frente a sollicitaciones aerodinámicas (Sanchez et al., 2015).

Los sistemas de protección estructural se configuran como estrategias técnicas esenciales para garantizar la resistencia y estabilidad de edificaciones ligeras expuestas a cargas dinámicas extremas así en este sentido los contravientos metálicos constituyen componentes fundamentales que se trata de diagonales estructurales que vinculan columnas y vigas para incrementar notablemente la rigidez lateral del galpón distribuyendo las fuerzas horizontales hacia la base. Según Corsa (2019) estos elementos mejoran la capacidad de la estructura para resistir desplazamientos inducidos por viento y reduciendo deformaciones excesivas y asegurando una respuesta estructural más confiable, a mano de esto Paredes et al. (2014) explican que los pórticos arriostrados excéntricamente (PAE) representan otra alternativa técnica avanzada ya que combinan pilares rígidos con diagonales que permiten disipar energías y resistir cargas laterales de forma híbrida aumentando la ductilidad de la estructura ante sollicitaciones intensas.

Adicionalmente el material de refuerzo debe seleccionarse con los criterios técnicos que puedan asegurar la resistencia mecánica tanto para la durabilidad y facilidad de montaje. Según el manual de construcción de galpones con perfiles estructurales (Gerdau, 2020) los perfiles W o tipo cajón son ampliamente empleados ya que ofrecen una alta relación entre rigidez y peso lo cual esto facilita su instalación sin interrumpir las actividades formativas, las normativas nacionales e internacionales establecen varios requisitos rigurosos para las uniones estructurales destacando que las soldaduras completas o pernos de alta resistencia deben de diseñarse conforme a los parámetros que garanticen transmisión efectiva de esfuerzos sin fatiga prematura. el cim

2.2. ANTECEDENTES

El proyecto fue realizado en el Campus Tosagua, una de las extensiones de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), institucionalizada como parte de la Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades de Estudio (UNITEV). Esta extensión forma parte de la jurisdicción administrativa de la Extensión Chone y fue inaugurada oficialmente en agosto, con el objetivo de ofrecer formación técnica superior a la juventud del norte de Manabí, incluyendo la carrera de Electromecánica (ULEAM, 2021).

La extensión Tosagua donde se ejecutó físicamente el presente proyecto ha sido concebida como un espacio para la formación académica, técnica y profesional especialmente en áreas estratégicas, si bien la extensión Chone fue la sede académica desde la cual se desarrolló y coordinó el proyecto las limitaciones de infraestructura técnica en esa localidad hicieron necesaria la ejecución práctica en el galpón de Electromecánica de la sede Tosagua el cual cuenta con condiciones adecuadas para las actividades de implementación estructural.

El compromiso que tiene la ULEAM con el desarrollo tecnológico y la innovación queda reflejado en su Plan Estratégico Institucional donde se establece como prioridad la promoción de los proyectos de investigación aplicada que impacten de manera positiva en las comunidades locales y así la implementación de sistemas de protección estructural contra vientos fuertes en el galpón responde no solo a un requerimiento técnico sino que también a los objetivos institucionales de fortalecimiento académico, transferencia tecnológica y vinculación con la sociedad (Uleam, 2023).

Antes de la ejecución del presente proyecto en la extensión Chone no se había implementado ninguna intervención técnica estructural orientada específicamente a la protección del galpón de Electromecánica frente a vientos fuertes o eventos meteorológicos extremos, si bien existían mantenimientos periódicos básicos centrados en el funcionamiento general del galpón como el refuerzo de algunas uniones metálicas o la sustitución de láminas deterioradas en la cubierta tales acciones no respondían a un análisis estructural profundo ni contempla criterios normativos sobre resistencia frente a cargas dinámicas originadas por fenómenos de viento.

Algunos trabajos de titulación anteriores habían abordado temas relacionados con el mantenimiento preventivo de instalaciones físicas o el análisis de materiales usados en galpones industriales pero no habían tratado la problemática específica de la ausencia de sistemas de protección estructural ante vientos fuertes, por tanto existía una carencia de propuestas formales orientadas a prevenir fallos estructurales causados por estos agentes naturales especialmente considerando que la región costera de Manabí se encuentra expuesta a fenómenos atmosféricos como borrascas, ventiscas o ráfagas intensas, propios de su ubicación geográfica y climatología tropical.

Asimismo cabe señalar que el galpón de Electromecánica había sido utilizado exclusivamente con fines académicos y prácticos sin que se realizara una evaluación técnica integral que permitiera anticipar los riesgos estructurales ante posibles vientos fuertes, la infraestructura aunque funcional para las actividades educativas presentaba vulnerabilidades en elementos clave como la cubierta liviana la fijación de columnas y la resistencia lateral, aspectos que podrían agravar el riesgo de colapsos parciales o desprendimientos.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

Diversas investigaciones han documentado intervenciones exitosas para reforzar estructuras metálicas existentes expuestas a cargas de viento como en Grecia Maraveas y Fasoulakis (2018) llevaron a cabo un análisis de manera detallada sobre la estructura de acero del centro deportivo “Dimitrios Vikelas” en la isla de Syros allí se identificaron problemas en el local buckling en arríos y conexiones deficientes debido al diseño original sin consideraciones eólicas a partir de eso propusieron refuerzos incluyendo diagonales adicionales, análisis modal y simulaciones no lineales de viento mediante time-history, estas mejoras logró cumplir con los códigos europeos y redujeron la vulnerabilidad estructural frente a las ráfagas extremas.

En América del Norte se han documentado estudios técnicos sobre la resistencia estructural de viviendas ligeras frente a vientos extremos. En Canadá, Stevenson y Kopp (2020) realizaron un análisis detallado sobre la resistencia de estructuras de madera en zonas expuestas a tornados y vientos severos identificando así fallos frecuentes en las conexiones de techo y muros. En su investigación propusieron mejoras técnicas como refuerzos de unión y fijaciones reforzadas que alinean así los diseños con normas contemporáneas lo que incrementó de manera significativamente la resiliencia estructural de las viviendas estudiadas y redujo el riesgo frente a eventos climáticos extremos.

En Ecuador un antecedente relevante fue el diseño estructural de un galpón comercial en el Cantón Daule de la provincia del Guayas que fue desarrollado por Carreño Peñafiel y Salas Mancilla (2025). En esta investigación se modeló la estructura metálica del galpón integrando cargas de viento, sísmicas y permanentes conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15. El análisis incluyó cimentaciones adaptadas al suelo local, contraventeos y cubiertas livianas utilizando software como Robot Structural Analysis.

En Manabí, no se ha llevado a cabo ningún proyecto relacionado con la implementación de sistemas de protección estructural contra vientos fuertes en el galpón.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

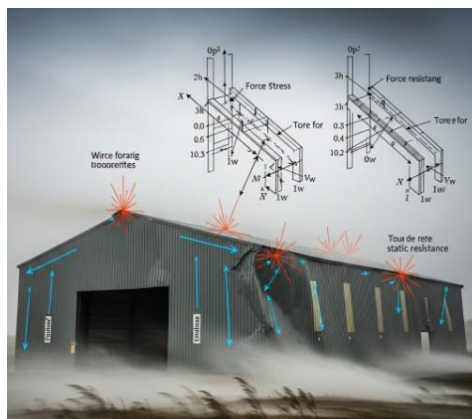
3.1. OBJETIVO 1

Diagnosticar las vulnerabilidades estructurales del galpón de Electromecánica ante vientos fuertes, mediante inspecciones técnicas y análisis de las condiciones actuales de la edificación.

Se llevó a cabo una evaluación técnica detallada del galpón, este análisis fue realizado por un equipo técnico especializado en estructuras metálicas quienes utilizaron herramientas de inspección visual, medición con niveles y escuadras. El diagnóstico permitió identificar diversas deficiencias que comprometían la estabilidad del galpón frente a eventos climáticos extremos especialmente por la ausencia de un sistema de protección contra cargas laterales generadas por vientos fuertes, entre los hallazgos más relevantes se destacan la falta de rigidizadores diagonales, conexiones flojas en elementos de soporte y anclajes base insuficientes para transmitir esfuerzos al suelo, estos factores fueron registrados en un informe técnico que sirvió como base para la fase de diseño.

Asimismo se revisaron planos constructivos existentes los cuales no contemplaban sistemas de protección estructural ante cargas de viento, lo que confirmó la necesidad de una intervención urgente, como parte del diagnóstico se consultaron normativas técnicas ecuatorianas (NEC) y criterios de evaluación estructural bajo acciones dinámicas para validar los puntos críticos identificados, este análisis permitió establecer con precisión las zonas vulnerables facilitando una planificación adecuada de los refuerzos a implementar.

Ilustración 1: Plano del galpón



3.2. OBJETIVO 2

Diseñar sistemas de protección estructural adecuados para mitigar el impacto de los vientos fuertes en el galpón, aplicando normas técnicas vigentes y criterios de eficiencia y seguridad.

Una vez identificadas las debilidades estructurales del galpón se procedió a diseñar un sistema de protección estructural enfocado en resistir vientos intensos, el diseño se basó en principios de ingeniería estructural tomando como referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción, la cual establece los criterios para calcular las cargas laterales provocadas por el viento en edificaciones ligeras.

El sistema diseñado incluyó la incorporación de elementos metálicos como lo son ángulos estructurales galvanizados, cableado de acero trenzado y también tensores ajustables estos fueron organizados de manera estratégica para formar una red de contravientos en las paredes laterales del galpón así estos componentes fueron seleccionados no solo por su resistencia mecánica sino también por su capacidad de adaptarse a la estructura existente sin generar un sobrepeso.

Ilustración 2:Sistema de refuerzo



Durante la fase de diseño se realizaron simulaciones estructurales mediante software especializado (como SAP2000 y AutoCAD), con el objetivo de prever el comportamiento del galpón ante diferentes escenarios de carga e identificar la distribución óptima de los refuerzos, también se consideraron varios factores como es la dirección predominante de los vientos en la zona y las características topográficas del entorno.

Ilustración 3:Diseño de simulación de sistema de protección para el galpón.



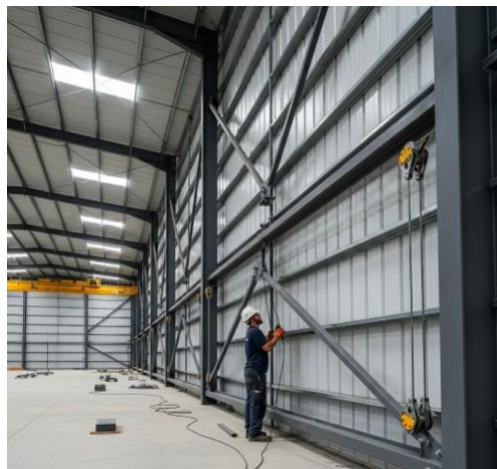
3.3. OBJETIVO 3

Implementar los sistemas de protección estructural diseñados en el galpón de Electromecánica y verificar su correcto funcionamiento mediante procesos de instalación técnica, inspecciones de calidad y validación estructural bajo condiciones simuladas de carga por viento.

La implementación del sistema de protección estructural se realizó conforme al diseño previamente aprobado, iniciando con el traslado de materiales desde la los almacenes de los proveedores hasta el galpón ubicado en la extensión Tosagua. Las tareas de instalación fueron ejecutadas por los propios estudiantes, dirigidos por el personal técnico docente, quienes siguieron procedimientos de montaje estructural y protocolos de seguridad industrial.

Primero se fijaron los anclajes metálicos a las bases estructurales utilizando pernos de expansión garantizando así una correcta transferencia de cargas luego se procedió a instalar los ángulos estructurales en las zonas previamente definidas empleando los pernos de alta resistencia y soldadura eléctrica donde fue necesario y sobre estos elementos se montaron los cables de acero y tensores mecánicos formando así un sistema de contraviento funcional.

Ilustración 4: Instalación del sistema de contraviento dentro del galpón.



Durante el proceso, se aplicó pintura antioxidante a todos los componentes metálicos para prolongar su vida útil ante la exposición ambiental. Cada etapa de instalación fue supervisada mediante inspecciones internas, evaluando la alineación, tensión de los cables y firmeza de las uniones, luego se realizó una inspección final por parte de un técnico externo, quien confirmó la efectividad del sistema bajo cargas simuladas de viento mediante pruebas con tensiómetros y verificaciones visuales.

Ilustración 5: Trabajador pintando el sistema de refuerzo con pintura antioxidante.



Los materiales y elementos que se usaron en la implementación de protecciones contra vientos en el galpón electromecánico se detallan a continuación:

Anclajes metálicos tipo expansión

Estos anclajes fueron adquiridos para asegurar firmemente los elementos estructurales adicionales a la cimentación existente del galpón también se utilizaron principalmente en las bases donde se fijaron los ángulos estructurales y los tensores con el fin de garantizar resistencia a los esfuerzos de tracción generados por vientos fuertes es por eso que su instalación resultó esencial para evitar desprendimientos o inestabilidades en los puntos de anclaje contribuyendo a la seguridad y durabilidad del sistema estructural instalado.

Ángulos estructurales galvanizados

Se usaron estos perfiles de acero como refuerzos diagonales y horizontales en los muros del galpón ya que así su función principal fue aumentar la rigidez estructural y actuar como soporte físico para los cables tensores que contrarrestan las fuerzas del viento.

Pernos y tuercas de alta resistencia

Los pernos y tuercas fueron necesarios para ensamblar firmemente los ángulos estructurales y unirlos a los puntos de anclaje en la estructura existente ya que su alta resistencia permitió soportar los esfuerzos dinámicos transmitidos por el movimiento que generan los vientos fuertes.

Cable de acero trenzado

Este cable fue fundamental para la instalación del sistema de contraviento el cual permite distribuir de manera uniforme las cargas laterales provocadas por el viento este se instaló formando cruces diagonales en las paredes y techos desde los ángulos estructurales hacia puntos estratégicos de anclaje por su flexibilidad junto con su alta resistencia a la tracción permitió una instalación efectiva y segura.

Tensor mecánico ajustable

Los tensores ajustables fueron instalados junto a los cables de acero para permitir el tensado exacto del sistema de contraviento y su función fue mantener el sistema en constante presión evitando que los cables se aflojen con el tiempo debido a la vibración o al paso del viento esto aseguró que las cargas fueran siempre absorbidas correctamente por la estructura.

Pintura antioxidante estructural

Se aplicó pintura antioxidante sobre todos los elementos metálicos nuevos instalados incluyendo ángulos, pernos y uniones esta protección superficial evitó la corrosión causada por la exposición al clima la humedad y salinidad del ambiente.

Soldadura eléctrica

El proceso de soldadura se utilizó para fijar y ensamblar componentes metálicos en puntos donde los pernos no ofrecían suficiente resistencia o accesibilidad también se empleó en uniones estructurales que debían soportar mayores esfuerzos como las bases de los tensores y el alquiler del equipo y los consumibles (electrodos, protectores, etc.) fue necesario por la naturaleza temporal de la intervención.

Mano de obra técnica especializada

Se contrató personal capacitado para la ejecución de tareas críticas como soldadura la instalación de cables tensores y fijación estructural y la experiencia del equipo técnico garantizó la correcta implementación del sistema respetando así normas de seguridad, alineación y precisión en el montaje.

Inspección técnica estructural inicial y final

Luego de realizar una inspección estructural antes de la intervención para identificar las vulnerabilidades ante cargas por viento posteriormente se ejecutó una inspección final para verificar la eficacia del sistema instalado ambas inspecciones fueron realizadas por un técnico externo y permitieron validar que las soluciones aplicadas responden adecuadamente a los requerimientos de seguridad estructural.

Transporte de materiales y herramientas

El transporte fue necesario para trasladar desde Chone hasta la extensión Tosagua todos los materiales, herramientas y equipos requeridos para la implementación. Debido a que el galpón intervenido se ubica fuera de la sede central, esta logística representó un gasto indispensable para ejecutar físicamente el proyecto.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Se concluye con que el diagnóstico de las vulnerabilidades estructurales del galpón de Electromecánica ante vientos fuertes fue ejecutado de manera correcta mediante inspecciones técnicas y análisis de las condiciones existentes también este proceso permitió identificar con precisión las deficiencias estructurales tales como la ausencia de contravientos y la insuficiente fijación en las bases y aspectos que comprometen la estabilidad ante cargas dinámicas.

El diseño del sistema de protección estructural adecuado para mitigar el impacto de los vientos fuertes fue desarrollado y validado de acuerdo con las normativas técnicas vigentes y criterios de eficiencia y de seguridad estos lograron definir soluciones técnicas efectivas que integran elementos metálicos y tensores optimizados mediante simulaciones estructurales.

La implementación y la verificación del sistema de protección estructural diseñado se pudo llevar a cabo de manera satisfactoria mediante un proceso riguroso de instalación técnica, inspecciones de calidad y validaciones estructurales bajo condiciones simuladas así estas pruebas realizadas confirmaron la efectividad del sistema para poder resistir las sollicitaciones dinámicas provocadas por los vientos fuertes.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un cronograma periódico de inspecciones técnicas al sistema de protección estructural instalado en el galpón con el propósito de verificar su integridad y detectar posibles deterioros por exposición ambiental para garantizar su rendimiento ante eventos climatológicos extremos.
- Se sugiere capacitar al personal encargado del mantenimiento en la correcta revisión y ajuste de los elementos instalados tales como anclajes, tensores y refuerzos metálicos de forma que se asegure la continuidad del funcionamiento estructural sin comprometer la seguridad del espacio académico.
- Resulta conveniente considerar la posibilidad de replicar este tipo de soluciones estructurales en otras extensiones con condiciones climáticas similares especialmente en zonas rurales expuestas a vientos fuertes priorizando así la inversión en protección preventiva y asegurando la integridad de las edificaciones académicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Basantes. (2019). *Norma Ecuatoriana de La Construcción | PDF | Velocidad del viento* | *Ecuador*.
<https://es.scribd.com/document/332701351/Norma-Ecuatoriana-de-La-Construccion>
- Callo. (2017). *Los Ensayos de Carga en Estructuras | PDF | Medición | Concreto reforzado*. Scribd.
<https://es.scribd.com/document/350070249/Los-Ensayos-de-Carga-en-Estructuras>
- Carreño Peñafiel, M. J., & Salas Mancilla, A. J. (2025). *Diseño de un galpón para uso comercial ubicado en el Cantón Daule, provincia del Guayas* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30288>
- Colaboradores de Wikipedia. (2023). Reconocimiento geotécnico. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Reconocimiento_geot%C3%A9cnico&oldid=151913492
- Corsa, G. (2019). *USO DE CONTRAVIENTOS DE ACERO*.
- Deceuninck. (2025). *Deceuninck México | Blog | La Importancia de la Resistencia al Viento en la Construcción*.
https://deceuninck.com.mx/blog_resistencia_viento.html
- Erazo, Kalil, & Taveras. (2021). *Journal articles: «Carga de viento» – Grafiati*.
<https://www.grafiati.com/en/literature-selections/carga-de-viento/journal/>
- Gerdau. (2020). *GERDAU-Manual Galpones con Perfil Estructural*.
https://www.gerdau.com.ar/sites/ar_gerdau/files/downloadable_files/GERDAU-Manual%20Galpones%20con%20Perfil%20Estructural%20W.pdf
- International Code Council. (2015). *SECTION 6—TEST METHOD FOR DETERMINING DEFLECTION*. American Legal Publishing.
<https://codelibrary.amlegal.com/codes/newyorkcity/latest/NYCAAdmin/0-0-0-54344>

- Kazemi Amiri, & Bucher. (2017). (PDF) A procedure for in situ wind load reconstruction from structural response only based on field testing data. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2017.04.009>
- López, Pobes, García, Mora, Pérez, & Romero. (2004). *INSPECCIÓN TÉCNICA DE EDIFICIOS*.
- Maraveas, C., & Fasoulakis, Z. (2018). Wind-Induced Failure Analysis and Retrofit of an Existing Steel Structure. *Open Journal of Civil Engineering*, 08(03), Article 03. <https://doi.org/10.4236/ojce.2018.83021>
- Pacheco, Tohala, & Sanchez. (2015). *Comparación de métodos para el cálculo de la carga de viento usada en la construcción de edificios en el Ecuador*.
<https://1library.co/document/y93pjgly-comparacion-metodos-calculo-carga-a-viento-construccion-edificios-ecuador.html>
- Paredes, Guevara, & Toral. (2014). *ESTRUCTURAS DE ACERO*.
- Parnás, Rodríguez, & Fernández. (2023). (PDF) *Contribution to the estimation of the wind load on structures*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/381461105_Contribution_to_the_estimation_of_the_wind_load_on_structures
- Sanchez, Erazo, & Tohala. (2015). *Comparación de métodos para el cálculo de la carga de viento usada en la construcción de edificios en el Ecuador*.
<https://1library.co/document/y93pjgly-comparacion-metodos-calculo-carga-a-viento-construccion-edificios-ecuador.html>
- Stevenson, S. A., & Kopp, G. A. (2020). Prescriptive Design Standards for Resilience of Canadian Housing in High Winds. *Frontiers in Built Environment*, 6. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00099>
- ULEAM. (2021). ULEAM.
<https://www.uleam.edu.ec/iniciaron-las-cerreras-tecnicas-en-la-uleam/>
- Uleam. (2023). ULEAM.
<https://www.uleam.edu.ec/plan-estrategico-de-desarrollo-institucional>

Vargas, D. (2021). *1NEC-SE-CG - público—NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC NEC-SE-CG CARGAS (NO SÍSMICAS)*. Studocu.

<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/estructuras-3/1nec-se-cg-publico/10982702>

Vazquez, & Lopez. (2001). *El método de los Elementos Finitos, aplicado al análisis estructural—Manuel Vázquez, Eloísa López*.

https://www.academia.edu/38827344/El_m%C3%A9todo_de_los_Elementos_Finitos_aplicado_al_an%C3%A1lisis_estructural_Manuel_V%C3%A1zquez_Elo%C3%ADsa_L%C3%B3pez

ANEXOS

Anexo 1: Relleno de la base del galpón



Anexo 2: Soldadura en las uniones de las vigas para asegurar la estabilidad de la estructura.



Anexo 3: Levantamiento de las estructuras metálicas.



Anexo 4: Gastos de implementación galpón

Descripción del gasto	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Anclajes metálicos tipo expansión (para refuerzo de la cimentación)	12	\$ 3,00	\$ 36,00
Ángulos estructurales galvanizados (1.5" x 1.5" x 6 m)	6	\$ 16,00	\$ 96,00
Pernos y tuercas de alta resistencia (3/8")	40	\$ 0,50	\$ 20,00
Cable de acero trenzado (¼", 30 metros)	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Tensor mecánico ajustable (para cableado estructural)	8	\$ 4,00	\$ 32,00
Pintura antioxidante estructural (galón)	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Soldadura eléctrica (alquiler de equipo y consumibles)	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Mano de obra técnica especializada	1	\$ 180,00	\$ 180,00
Inspección técnica estructural inicial y final	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Transporte de materiales y herramientas	1	\$ 41,00	\$ 41,00
Total:			\$ 600,00