



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Implementación de sistemas de protección estructural contra sismos en el galpón de electromecánica.

Autores:

Anchundia Lucas Winter Stalin

Macias Reyes Víctor Manuel

Tutor(a)

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(a).

CERTIFICO:

Que el presente proyecto integrador con el título: **“Implementación de sistemas de protección estructural contra sismos 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 su(s) autor(es):

Anchundia Lucas Winter Stalin, Macias Reyes Víctor Manuel

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Tosagua, agosto de 2025.


Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quienes suscriben la presente:

Anchundia Lucas Winter Stalin, Macias Reyes Víctor Manuel

Estudiantes de la Carrera de **Electromecánica** declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "**Implementación de sistemas de protección estructural contra sismos en el 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



Anchundia Lucas Winter Stalin

Macias Reyes Victor Manuel



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 sismos en el galpón de electromecánica” de sus autores: **Anchundia Lucas Winter Stalin, Macias Reyes Víctor Manuel** de la Carrera “Electromecánica”, y como Tutor del Trabajo el Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg

Tosagua, agosto de 2025

Ing. Andrés Andrade García, Mg.

DIRECTOR

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg

TUTOR

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes

SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

PRIMER MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. Fátima Saldarriaga Santana, Mg.

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este proyecto de titulación.

En primer lugar, damos gracias a Dios, por brindarnos salud, fortaleza y sabiduría durante todo este proceso académico. A nuestra familia, por el amor incondicional, apoyo constante y palabras de aliento en los momentos más difíciles; sin ese respaldo, este logro no habría sido posible.

A nuestro asesor(a) de tesis, Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg, por su guía, paciencia y dedicación a lo largo de la elaboración de este proyecto. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para encaminar este trabajo hacia un resultado exitoso.

A nuestros docentes y a la institución educativa UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ por brindarnos una formación integral, herramientas académicas de calidad y por fomentar en nosotros un pensamiento crítico y ético.

También agradecemos a nuestros compañeros de estudio, quienes, con su colaboración, amistad y motivación, hicieron de esta etapa una experiencia enriquecedora tanto a nivel académico como personal.

Este logro no es solo nuestro, sino también de todos quienes creyeron en nosotros y nos acompañaron durante este camino. ¡Gracias!

Anchundia Lucas Winter Stalin

Macias Reyes Víctor Manuel

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto con todo nuestro corazón a las personas que han sido pilares fundamentales en mi vida.

A nuestros padres, por su amor incondicional, su sacrificio diario y por enseñarnos el valor del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por creer en nosotros incluso en los momentos de duda.

A nuestra familia, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y su fe en nuestras capacidades. Su compañía ha sido esencial en cada etapa de este camino.

A nuestros amigos, por estar presentes en los momentos difíciles y por compartir alegrías, aprendizajes y experiencias inolvidables.

Y finalmente, dedicamos este logro a nosotros mismos, por no rendirnos, por seguir adelante a pesar de los desafíos y por demostrarnos que somos capaces de alcanzar nuestras metas.

Anchundia Lucas Winter Stalin

Macias Reyes Víctor Manuel

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo implementar un sistema de protección estructural contra sismos en el galpón de la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), campus Tosagua. La infraestructura metálica liviana presenta deficiencias como falta de arriostramientos diagonales, uniones sin rigidizadores, cubiertas mal ancladas y presencia de corrosión superficial, lo que aumenta su vulnerabilidad sísmica. Mediante una inspección visual, levantamiento técnico y análisis normativo según la NEC-SE-DS (2015), se identificaron las zonas críticas para la intervención.

La propuesta incluye soluciones de bajo costo, como la incorporación de arriostramientos tipo “X”, refuerzo de conexiones metálicas y mejoramiento de los sistemas de anclaje. Estas fueron representadas mediante planos en AutoCAD acompañadas de un desglose presupuestario. Asimismo, se diseñó un componente formativo orientado a socializar medidas de prevención y mantenimiento con la comunidad universitaria, mediante talleres, señalética y la elaboración de un manual técnico.

Este proyecto fortalece la seguridad estructural del campus, fomenta una cultura de prevención de riesgos y brinda a los estudiantes experiencia práctica en ingeniería. La intervención puede ser replicada en otras sedes con estructuras similares, consolidando a la ULEAM como referente en gestión estructural preventiva en zonas sísmicas.

PALABRAS CLAVE:

Protección estructural, resistencia sísmica, galpón metálico, refuerzo estructural, prevención de riesgos, ULEAM, zona sísmica.

ABSTRACT

The objective of this project is to implement a structural earthquake protection system in the warehouse of the Electromechanical Engineering Department at the Laica Eloy Alfaro University of Manabí (ULEAM), Tosagua campus. The lightweight metal infrastructure has deficiencies such as a lack of diagonal bracing, joints without stiffeners, poorly anchored roofs, and surface corrosion, which increase its seismic vulnerability. Through a visual inspection, technical survey, and regulatory analysis according to NEC-SE-DS (2015), critical areas for intervention were identified.

The proposal includes low-cost solutions, such as the incorporation of “X” type bracing, reinforcement of metal connections, and improvement of anchoring systems. These were represented by AutoCAD drawings accompanied by a budget breakdown. A training component was also designed to raise awareness of prevention and maintenance measures among the university community through workshops, signage, and the development of a technical manual.

This project strengthens the structural safety of the campus, promotes a culture of risk prevention, and provides students with practical engineering experience. The intervention can be replicated at other sites with similar structures, consolidating ULEAM as a benchmark in preventive structural management in seismic areas.

KEYWORDS:

Structural protection, seismic resistance, steel structure, structural reinforcement, risk prevention, ULEAM, seismic zone.

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	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	5
1.4.1 Procedimiento	5
1.4.2 Técnicas	6
1. Inspección visual técnica.	6
2. Dibujo técnico asistido por computadora (AutoCAD).	7
3. Taller participativo.....	7
1.4.3 Métodos	8
Método analítico-descriptivo.....	8
Método empírico-técnico.....	8
Método participativo-comunicativo.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 DEFINICIONES	9
2.1.1 Protección estructural	9
2.1.2 Resistencia sísmica	9

2.2	ANTECEDENTES	15
2.3	TRABAJOS RELACIONADOS	20
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		25
3.1	OBJETIVO 1	25
3.2	OBJETIVO 2	26
3.3	OBJETIVO 3	29
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		31
4.1.	CONCLUSIONES	31
4.2.	RECOMENDACIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA		36
ANEXOS		36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Planta arquitectónica baja intervenida	27
Ilustración 2.	Planta arquitectónica alta intervenida.....	28
Ilustración 3.	Estructura del galpón	36
Ilustración 4.	Inspección visual	36
Ilustración 5.	En el proceso de mejoramiento.....	37
Ilustración 6.	Refuerzo de conexiones (columnas)	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Presupuesto estimado de la intervención estructural	28
----------	---	----

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La protección estructural contra sismos es un elemento importantísimo dentro del diseño y mantenimiento de galpones destinados a actividades técnicas e industriales, principalmente las estructuras metálicas debido a su uso recurrente y su exposición a cargas que soportan grandes peso y es por eso que se necesitan soluciones integrales que ayuden a mitigar los efectos de los movimientos telúricos, como lo es la costa ecuatoriana, por aquello es que es toma relevancia la implementación de sistemas de protección estructural, lo cual se vuelve una prioridad técnica para asegurar la integridad de las construcciones y la seguridad de quienes las ocupan, así como de los equipos. Según Arévalo y Galarza (2020), estos sistemas de protección estructural son clave para disminuir la vulnerabilidad sísmica, utilizando tecnologías pasivas como amortiguadores, disipadores de energía y refuerzos estructurales, lo cual ha sido ampliamente comprobado en entornos industriales.

Existen en la actualidad, varios galpones que se utilizan con fines educativos en carreras como la: mecánica, eléctrica, electromecánica, mecánica automotriz, entre otras que tienen características específicas y requieren un enfoque técnico especializado, se dice esto porque en su mayoría de veces estas estructuras están hechas de marcos metálicos, cubiertas ligeras y grandes espacios sin elementos intermedios, lo cual pueden ser vulnerables a deformaciones y colapsos durante sismos si no se implementan adecuadamente medidas de refuerzo y control estructural. Además, como mencionan Paredes y Torres (2021), existen elementos no estructurales como las luminarias y cableado eléctricos que también hay que considerar porque son un riesgo latente.

En la actualidad hay investigaciones que han experimentado cómo implementar soluciones de protección sísmica en estructuras en América Latina: por ejemplo, un estudio llevado a cabo por Andrade, Jaramillo y Muñoz (2022) en la Universidad Técnica de Ambato analizó la efectividad de los sistemas de aislamiento base en laboratorios metálicos, mostrando una mejora del 35% en la disipación de energía y una notable reducción en el desplazamiento estructural; de manera similar, en Colombia, nos dice González y Restrepo (2023) que ellos implementaron el uso de refuerzos en pórticos metálicos con perfiles compuestos para optimizar la respuesta dinámica de galpones destinados a actividades técnicas, encontrando una mejora significativa en la resistencia a cargas laterales.

La relevancia proponer un diseño e implementación de un sistemas de protección sísmica en el galpón de electromecánica no solo se centra en proteger una infraestructura que es de suma importancia para el desarrollo académico, sino también para asegurar que las operaciones continúen sin contratiempos durante un sismo, ya que esto ayudará a prevenir pérdidas materiales, interrupciones en la educación y situaciones de riesgo para estudiantes y docentes; teniendo en cuenta que este tipo de intervención está va de la mano con los principios de seguridad estructural establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS (2015), que define criterios específicos para edificaciones ubicadas en zonas con amenaza sísmica media y alta.

Finalmente, esta implementación es un ejemplo real donde los estudiantes enriquecerán su aprendizaje práctico promoviendo habilidades como la selección de materiales y evaluación de riesgos. De esta manera, este proyecto no solo apoya el desarrollo profesional de los estudiantes, sino que también refuerza una cultura de prevención y resiliencia ante desastres naturales.

1.1. PROBLEMA

El galpón de electromecánica situado en la ULEAM- UNITEV en el Campus Tosagua, alberga maquinaria mecánica, eléctrica, biomédica, carece de mecanismos de protección adecuados, con lo cual esto implica mayores riesgos de fallo estructural, daños a equipos sensibles y paralización de operaciones, generando pérdidas económicas significativas y afectando la seguridad del personal.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el ámbito académico, el galpón de la carrera de Electromecánica en el campus Tosagua se presenta como un espacio fundamental para que los estudiantes adquieran experiencia práctica en áreas como mecánica estructural, instalaciones industriales, sistemas eléctricos y automatización. Sin embargo, la constante amenaza de sismos en la región costera de Manabí pone en peligro tanto la continuidad de las actividades formativas como la seguridad de docentes y alumnos, es por esto que es importante la implementación de un sistema de protección estructural sismo-resistente que refleje un compromiso institucional con la calidad educativa, la prevención de riesgos y el cumplimiento de estándares básicos de seguridad en los entornos de aprendizaje técnico.

Desde un enfoque tecnológico, la intervención que proponemos permite aplicar conocimientos de análisis estructural y diseño de refuerzos metálicos adaptados a galpones con estructuras ya existentes, es importante reconocer que es una gran oportunidad para introducir soluciones innovadoras como arriostramientos especiales, disipadores de energía o aislamiento de base, que mejoren el comportamiento del galpón frente a eventos sísmicos. La ejecución del proyecto también facilita la integración de herramientas de simulación estructural, modelado asistido por computadora (CAD/CAE) y análisis normativo, lo que fortalece las capacidades técnicas de los docentes y ofrece a los estudiantes experiencias prácticas de aprendizaje aplicadas a problemas de su entorno inmediato.

En cuanto a las líneas de investigación de la ULEAM dentro del contexto académico y científico de la institución está comprometido con la ejecución de esta propuesta, ya que no solo se trata de un aporte al desarrollo de proyectos que se alinea con la línea de “Ingeniería, industria, construcción, urbanismo y arquitectura para un desarrollo sustentable y sostenible”, sino que también se conecta con “Educación y nuevos escenarios de la formación profesional”. Ambas líneas son fundamentales para fortalecer soluciones ingenieriles con un enfoque territorial, considerando que esta propuesta contribuye al cumplimiento del Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) y fomenta las iniciativas, las cuales tienen un impacto positivo en la comunidad universitaria y consolidando así al campus de Tosagua como un referente regional en infraestructura educativa segura y resiliente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Proponer la implementación de un sistema de protección estructural sismo-resistente en el galpón de la carrera de Electromecánica del campus Tosagua.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el estado actual de la estructura metálica del galpón de electromecánica.
- Delinear una propuesta técnica de refuerzo estructural sismo-resistente, que se adapte a las condiciones constructivas del galpón.
- Integrar medidas de seguridad y mantenimiento estructural con la comunidad universitaria.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Procedimiento

La implementación de esta propuesta se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos técnicos secuenciales: primero, se realizó un levantamiento técnico del galpón de electromecánica en el campus de Tosagua, lo cual incluyó inspecciones visuales, la toma de fotografías, mediciones con cinta métrica, nivel y escuadra, además de la recopilación de información de los planos arquitectónicos y estructurales existentes.

Como segunda parte se realizó una representación gráfica del estado actual de la estructura utilizando AutoCAD, con lo cual se elaboraron planos detallados donde se identificaron las áreas vulnerables, como uniones corroídas, elementos sin arriostramiento y puntos de anclaje débiles. Esta información fue clave para generar un

diagnóstico técnico preliminar sobre las deficiencias estructurales frente a eventos sísmicos.

En la tercera fase, se llevó a cabo el diseño técnico de una propuesta para un refuerzo estructural que resista sismos, con lo cual se pretende que se incorporen elementos como cruces de San Andrés, placas base reforzadas, platinas de anclaje y conexiones que pueden ser soldadas o atornilladas, todo siguiendo las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS (2015).

Como último paso propuesto se implementó una socialización sobre educación preventiva, en la que se organizaron charlas técnicas y actividades formativas dirigidas a estudiantes y personal docente y administrativo del campus, con el fin de sensibilizar sobre el riesgo sísmico, las medidas preventivas y los protocolos de actuación en caso de emergencia.

1.4.2 Técnicas

1. Inspección visual técnica.

En este proyecto, se utilizó como punto de partida para el reconocimiento físico de la estructura del galpón, lo que permitió documentar su estado actual sin necesidad de contar con equipos sofisticados. Según Delgado (2020) la inspección visual es una técnica fundamental de diagnóstico que se utiliza en estructuras metálicas para identificar señales visibles de deterioro, fisuras, deformaciones o ensamblajes incorrectos.

2. Dibujo técnico asistido por computadora (AutoCAD).

En este caso se utilizó el software AutoCAD como herramienta de dibujo técnico para crear los planos del galpón tal como está actualmente y de paso para facilitar la revisión de los refuerzos estructurales que se proponen. El uso de AutoCAD permite representar gráficamente las condiciones existentes de una estructura y proyectar intervenciones de manera precisa (Morales & Ríos, 2019).

3. Taller participativo.

Se tratará de aplicar al final del proyecto con la finalidad de involucrar a toda la comunidad universitaria en lo que respecta a la comprensión de riesgo sísmico y de esta manera fomentar una cultura de prevención mediante actividades prácticas y exposiciones guiadas. Esta técnica educativa promueve la participación de la comunidad en procesos de reflexión, aprendizaje y construcción de soluciones (Freire, 2011).

1.4.3 Métodos

Método analítico-descriptivo.

Especialmente se utilizó este método para registrar y analizar cada uno de los componentes del galpón, tales como columnas, vigas, arriostres y uniones, identificando debilidades o fallas potenciales, es también importante conocer que este método consiste en observar y descomponer el objeto de estudio en sus partes constituyentes para describir sus características y condiciones (Hernández et al., 2014).

Método empírico-técnico.

Durante este trabajo investigativo que fue aplicado directamente en una observación de campo, que fue durante la toma de medidas y evaluación directa de la estructura, con lo cual los datos obtenidos se usaron para fundamentar las propuestas de intervención estructural, considerando condiciones reales; hay que recalcar que el método empírico permite recopilar datos directamente del entorno mediante observación y experiencia práctica (Tamayo, 2012).

Método participativo-comunicativo.

Para esta última parte se utilizó un método que reunía a varios actores, ya que la idea era socializar los hallazgos del diagnóstico y de paso concienciar a la comunidad educativa sobre la importancia de la protección estructural frente a sismos. Y como dice Pérez & Molina (2016) este método promueve el involucramiento de los actores en los procesos de transformación y mejora del entorno.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIONES

2.1.1 Protección estructural

La protección estructural se refiere al conjunto de estrategias, elementos y técnicas aplicadas al diseño, construcción o refuerzo de edificaciones con el fin de garantizar su estabilidad y funcionalidad ante diversas solicitudes externas, tales como cargas vivas, cargas muertas, viento, lluvia, y de forma especial, los sismos. Este concepto integra componentes de análisis estructural, materiales de ingeniería, normativas técnicas y criterios de seguridad, con el propósito de disminuir el riesgo de fallos o colapsos que comprometan la vida útil de una estructura o la integridad de sus ocupantes (Chopra, 2017).

En el contexto de edificaciones metálicas como galpones, la protección estructural cobra particular relevancia debido a las características físicas de los materiales involucrados, en este caso en particular hablaremos del acero, que a pesar de su alta resistencia y ductilidad, puede presentar fallos si no se considera un diseño adecuado en uniones, fundaciones o elementos de contraventeo. En estructuras livianas o de gran luz libre, como los galpones industriales o académicos, se requiere reforzar el comportamiento global mediante el uso de arriostramientos diagonales, placas de anclaje, rigidizadores, conexiones soldadas de calidad y refuerzos puntuales en puntos críticos (Alvarado et al., 2020).

En Ecuador, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015) establece los parámetros mínimos para edificaciones en zonas sísmicas, siendo especialmente exigente en zonas como la costa manabita, que se encuentra en una región de amenaza sísmica alta. Según esta norma, se deben considerar factores como el tipo de suelo, la categoría de ocupación, la regularidad en planta y altura, y las características de los materiales usados.

Entre los sistemas de protección más utilizados en estructuras metálicas se encuentran:

- Arriostramientos diagonales (cruces de San Andrés): Mejoran la rigidez lateral del pórtico, permitiendo una mejor disipación de energía durante un evento sísmico (Prieto & Gómez, 2021).
- Placas base reforzadas: Proveen mayor capacidad de carga en los apoyos columna-cimentación, reduciendo desplazamientos laterales.
- Refuerzos en conexiones: Las conexiones son los puntos más vulnerables; reforzarlas con platinas, ángulos y soldaduras adecuadas mejora la integridad estructural.
- Revestimientos resistentes: La protección contra la corrosión, como parte de la protección estructural, es clave en zonas costeras con alta humedad (Serrano et al., 2019).

Además, el diseño estructural debe estar acompañado de mantenimiento periódico y no basta con construir elementos de refuerzo ya que se requiere supervisión visual y técnica, monitoreo de deformaciones y evaluación del comportamiento post-evento.

Según la Asociación Internacional de Ingeniería de Seguridad Estructural (IASE, 2022), el mantenimiento preventivo mejora la vida útil de una estructura en más de un 25 % en contextos de amenaza sísmica si se integra a un plan sistemático.

La implementación de sistemas de protección estructural también se relaciona con los principios de resiliencia estructural, es decir, la capacidad del sistema construido para resistir y recuperarse ante un evento adverso, por consiguiente, según lo que dice Bruneau et al. (2003), la resiliencia en ingeniería estructural comprende cuatro dimensiones: robustez, redundancia, rapidez de recuperación y capacidad de adaptación. Por eso es que una estructura protegida de forma correcta, por tanto, no solo evita el colapso, sino que minimiza daños funcionales y permite una recuperación operativa rápida.

Otro aspecto para considerar es el enfoque de protección estructural pasiva y activa, ya que la protección pasiva comprende todos aquellos elementos que están integrados en el diseño de la estructura, como refuerzos, geometría resistente, materiales dúctiles, entre otros; mientras que la protección activa, en cambio, involucra sistemas que se activan ante una señal sísmica, como los amortiguadores viscoelásticos o los aisladores de base, que, si bien son más costosos, ofrecen ventajas adicionales en edificaciones críticas (Chopra, 2017).

Finalmente, en edificaciones educativas, la protección estructural adquiere un carácter aún más relevante, dado el tipo de ocupación (alta concentración de personas), el valor social del espacio, y el riesgo asociado a la interrupción del proceso de enseñanza-aprendizaje, es por eso que los diseños deben alinearse no solo con criterios económicos, sino con principios de sostenibilidad, resiliencia y seguridad humana.

La protección estructural se refiere al conjunto de estrategias, elementos y técnicas aplicadas al diseño, construcción o refuerzo de edificaciones con el fin de garantizar su estabilidad y funcionalidad ante diversas solicitudes externas, tales como cargas vivas, cargas muertas, viento, lluvia, y de forma especial, los sismos. Este concepto integra componentes de análisis estructural, materiales de ingeniería, normativas técnicas y criterios de seguridad, con el propósito de disminuir el riesgo de fallos o colapsos que comprometan la vida útil de una estructura o la integridad de sus ocupantes (Chopra, 2017).

En el contexto de edificaciones metálicas como galpones, la protección estructural cobra particular relevancia debido a las características físicas de los materiales involucrados, en este caso en particular hablaremos del acero, que a pesar de su alta resistencia y ductilidad, puede presentar fallos si no se considera un diseño adecuado en uniones, fundaciones o elementos de contraventeo. En estructuras livianas o de gran luz libre, como los galpones industriales o académicos, se requiere reforzar el comportamiento global mediante el uso de arriostramientos diagonales, placas de anclaje, rigidizadores, conexiones soldadas de calidad y refuerzos puntuales en puntos críticos (Alvarado et al., 2020).

En Ecuador, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015) establece los parámetros mínimos para edificaciones en zonas sísmicas, siendo especialmente exigente en zonas como la costa manabita, que se encuentra en una región de amenaza sísmica alta. Según esta norma, se deben considerar factores como el tipo de suelo, la categoría de ocupación, la regularidad en planta y altura, y las características de los materiales usados.

Entre los sistemas de protección más utilizados en estructuras metálicas se encuentran:

- Arriostramientos diagonales (cruces de San Andrés): Mejoran la rigidez lateral del pórtico, permitiendo una mejor disipación de energía durante un evento sísmico (Prieto & Gómez, 2021).
- Placas base reforzadas: Proveen mayor capacidad de carga en los apoyos columna-cimentación, reduciendo desplazamientos laterales.
- Refuerzos en conexiones: Las conexiones son los puntos más vulnerables; reforzarlas con platinas, ángulos y soldaduras adecuadas mejora la integridad estructural.
- Revestimientos resistentes: La protección contra la corrosión, como parte de la protección estructural, es clave en zonas costeras con alta humedad (Serrano et al., 2019).

Además, el diseño estructural debe estar acompañado de mantenimiento periódico y no basta con construir elementos de refuerzo ya que se requiere supervisión visual y técnica, monitoreo de deformaciones y evaluación del comportamiento post-evento. Según la Asociación Internacional de Ingeniería de Seguridad Estructural (IASE, 2022), el mantenimiento preventivo mejora la vida útil de una estructura en más de un 25 % en contextos de amenaza sísmica si se integra a un plan sistemático.

La implementación de sistemas de protección estructural también se relaciona con los principios de resiliencia estructural, es decir, la capacidad del sistema construido para resistir y recuperarse ante un evento adverso, por consiguiente, según lo que dice Bruneau et al. (2003), la resiliencia en ingeniería estructural comprende cuatro dimensiones: robustez, redundancia, rapidez de recuperación y capacidad de adaptación. Por eso es que una estructura protegida de forma correcta, por tanto, no solo evita el colapso, sino que minimiza daños funcionales y permite una recuperación operativa rápida.

Otro aspecto para considerar es el enfoque de protección estructural pasiva y activa, ya que la protección pasiva comprende todos aquellos elementos que están integrados en el diseño de la estructura, como refuerzos, geometría resistente, materiales dúctiles, entre otros; mientras que la protección activa, en cambio, involucra sistemas que se activan ante una señal sísmica, como los amortiguadores viscoelásticos o los aisladores de base, que, si bien son más costosos, ofrecen ventajas adicionales en edificaciones críticas (Chopra, 2017).

Finalmente, en edificaciones educativas, la protección estructural adquiere un carácter aún más relevante, dado el tipo de ocupación (alta concentración de personas), el valor social del espacio, y el riesgo asociado a la interrupción del proceso de enseñanza-aprendizaje, es por eso que los diseños deben alinearse no solo con criterios económicos, sino con principios de sostenibilidad, resiliencia y seguridad humana.

2.1.2 Resistencia sísmica

La resistencia sísmica es el saber que tanto puede aguantar una estructura o sistema constructivo en el momento de uno movimiento telúrico sin colapsar por las fuerzas dinámicas provocadas por un evento sísmico; es importante conocer que significa ya que esto responde a la necesidad de reducir las pérdidas humanas, económicas y funcionales causadas por los terremotos, especialmente en zonas de alta peligrosidad como la región costera de Ecuador. (NEC-SE-DS, 2015).

Desde el punto de vista técnico, la resistencia sísmica depende de múltiples factores: que van desde el terreno donde se va a plantar la infraestructura hasta el mantenimiento que se haga una vez concluida la obra (Chopra, 2017), para el caso específico de estructuras metálicas como galpones, el diseño sismo-resistente se enfoca principalmente en garantizar la plasticidad, estabilidad y continuidad estructural de los elementos que la componen.

Fundamentos de la resistencia sísmica

Los terremotos generan fuerzas horizontales (laterales) que inducen movimientos bruscos en las edificaciones. Según CENAPRED (2019), estas fuerzas actúan en múltiples direcciones, provocando esfuerzos de flexión, corte y torsión en las estructuras, con lo

cual la resistencia sísmica implica: la capacidad de la edificación de absorber y disipar esta energía sin experimentar daños estructurales severos.

En el diseño actualizado, se valora también la ductilidad, es decir, la capacidad de una estructura de deformarse sin colapsar, lo que permite que los ocupantes evacúen a tiempo.

En este sentido, las estructuras deben diseñarse bajo el concepto de diseño por capacidad, priorizando que ciertas partes se comporten de manera dúctil (como vigas), mientras que otras deben permanecer elásticas (como columnas) (Mander & Priestley, 2012).

En estructuras metálicas, como el galpón de la carrera de Electromecánica, la resistencia sísmica está directamente relacionada con:

- La geometría estructural (regularidad en planta y elevación).
- La resistencia y calidad del acero y soldaduras.
- La configuración de arriostramientos laterales.
- La calidad de las fundaciones y su anclaje al terreno.
- La existencia de conexiones rígidas o articuladas adecuadamente diseñadas.

Normativa y criterios de diseño

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015) establece los parámetros de diseño sísmico que deben aplicarse en función de la zona geográfica, el uso de la edificación y su importancia. Para la zona 4 (de amenaza sísmica alta, como Tosagua), se exige que las edificaciones educativas cumplan con estrictos estándares de diseño sismoresistente, considerando un período de recurrencia de 475 años para el sismo de diseño.

Además, dicha norma establece que todas las estructuras deben resistir tanto el sismo de diseño como el sismo máximo considerado, mediante mecanismos que aseguren una respuesta elástica o inelástica controlada. Es decir, incluso si se exceden las cargas previstas, la estructura debe mantenerse estable o con daños reparables.

En este contexto, los galpones metálicos presentan ventajas y desafíos particulares; según Alvarado et al. (2020), su bajo peso reduce las cargas sísmicas aplicadas, pero la falta de muros estructurales o diafragmas rígidos puede generar movimientos importantes si no se incluyen elementos de rigidez lateral como cruces de San Andrés o placas rigidizadores, es por esto que el diseño y reforzamiento sismo-resistente debe contemplar estos aspectos, incluso en edificaciones existentes.

Tipos de sistemas resistentes

- Sistemas de pórticos arriostrados: Utilizan diagonales metálicas (en X o en V invertida) para resistir esfuerzos laterales, los cuales son muy comunes en estructuras industriales y galpones debido a su eficiencia estructural (Villacrés & Torres, 2021).
- Sistemas de pórticos rígidos: Transmiten las cargas mediante conexiones soldadas o atornilladas rígidas, permitiendo que vigas y columnas trabajen en conjunto.
- Sistemas de diafragmas rígidos (losas de entrepiso o cubiertas metálicas colaborantes): Distribuyen uniformemente las cargas sísmicas entre los elementos verticales resistentes.

Vulnerabilidades comunes en estructuras sin resistencia sísmica

- No existe arriostramientos perpendiculares.

- Cuando existen conexiones deterioradas por desgaste.
- No existen anclajes adecuados entre vigas y las cadenas del piso.
- No existe fijación en las estructuras
- Existen anomalías que generan arqueo en las estructuras.

Estas deficiencias han sido la causa de numerosos colapsos durante terremotos en América Latina, como ocurrió en el terremoto de Manabí en 2016, donde muchas edificaciones industriales y educativas colapsaron por no cumplir con los criterios mínimos de resistencia sísmica (Cruz et al., 2017).

Evaluación y reforzamiento de estructuras existentes

Las evaluaciones técnicas estructurales pueden ser la siguiente:

- Inspecciones visuales.
- Revisión de planos estructurales.
- Medición de deformaciones.
- Ensayos no destructivos en uniones.
- Evaluación de condiciones del terreno.

Las intervenciones necesarias que mejoran la resistencia sísmica pueden ser:

- Reemplazo o adición de arriostramientos.
- Refuerzo de conexiones con platinas y ángulos.
- Aumento de sección en columnas o vigas.
- Anclaje de elementos no estructurales (canaletas, maquinaria, luminarias).

- Resistencia sísmica como criterio de sostenibilidad y seguridad educativa

La resistencia sísmica no solo responde a criterios técnicos, sino que también constituye un pilar esencial en la seguridad institucional, la sostenibilidad estructural y el derecho a una educación segura. Según la UNESCO (2021), garantizar infraestructura educativa resistente a desastres naturales es un paso crucial hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 4 (educación de calidad) y el ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles).

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-Campus Tosagua en este caso lo referente a laboratorios cada vez se están equipando de mejor manera lo cual fomenta la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y esto es algo fundamental para preparar profesionales competentes (UNITEV, 2020).

Dentro del contexto universitario en la UNITEV-Campus Tosagua en la parte institucional, la infraestructura académica ha ido creciendo progresivamente para atender las necesidades de formación técnica y científica de los estudiantes de la carrera de

Electromecánica. Entre los espacios habilitados para la práctica académica se encuentra un galpón metálico de uso educativo, destinado a la realización de talleres, laboratorios y actividades aplicadas relacionadas con electricidad, mecánica, automatización y sistemas industriales. No obstante, hasta antes de la formulación del presente proyecto, dicho galpón no contaba con un sistema estructural diseñado o adaptado específicamente para resistir cargas sísmicas, a pesar de estar ubicado en una zona de amenaza sísmica alta, como lo establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015).

En resumen, antes de la ejecución del presente proyecto, no existía un enfoque integral orientado a la protección estructural sismo-resistente del galpón de electromecánica, ni en términos técnicos ni pedagógicos, por lo cual esta situación evidenciaba una brecha entre las exigencias normativas actuales, la realidad sísmica del territorio manabita y las condiciones reales de las edificaciones educativas dentro de la ULEAM, especialmente en su campus en Tosagua. Por tanto, el presente proyecto surge como una respuesta técnica, académica e institucional a dicha necesidad, enmarcada en los principios de prevención de riesgos, sostenibilidad y mejora continua de la calidad educativa.

2.3 TRABAJOS RELACIONADOS

2.3.1 Trabajo relacionado en otro continente.

En este caso en el continente asiático está Japón un país altamente propenso a sismos debido a su ubicación en el Anillo de Fuego del Pacífico, dentro del cual se han desarrollado múltiples investigaciones orientadas al refuerzo estructural de edificaciones educativas. Un estudio particularmente relevante es el realizado por Yamada, Suzuki y Tanaka (2019), titulado “*Seismic Retrofitting of Steel Frame School Buildings Using Diagonal Bracing Systems*”, publicado en la revista *Earthquake Engineering and*

Structural Dynamics, dentro del cual objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de incorporar sistemas de arriostramiento diagonal (tipo X) en escuelas construidas con estructuras metálicas de pórticos simples, muchas de las cuales fueron levantadas antes de la modernización de los códigos sísmicos en Japón posterior al terremoto de Kobe de 1995.

El estudio se llevó a cabo en tres escuelas técnicas y lo más importantes es que los autores se percataron de los problemas estructurales en sus uniones, fundaciones expuestas y conexiones debilitadas por corrosión superficial. El proceso de intervención consistió en la instalación de arriostramientos metálicos atornillados, rigidizadores en nudos estructurales y la mejora de las conexiones columna-viga mediante placas de refuerzo, algo que se debe resalta son los resultados que demostraron después de la implementación de estos elementos, la rigidez lateral aumentó entre un 60 % y 85 %, y se redujo significativamente la demanda de desplazamientos ante cargas sísmicas simuladas.

Una de las conclusiones más destacadas del estudio fue la viabilidad de aplicar soluciones estructurales sencillas y de bajo costo en edificaciones escolares existentes, sin necesidad de demoliciones ni reemplazo total de componentes.

2.3.2 Trabajo relacionado en el mismo continente

En el año 2021, un grupo de investigadores peruanos desarrolló un estudio titulado “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de pabellones metálicos en instituciones educativas del litoral norte del Perú*”, publicado en la revista *Revista de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de Piura*. Según lo que nos dice Gonzales, Ramírez y Huamán existía una problemática, la cual era la

inseguridad estructural en instalaciones escolares metálicas ubicadas en zonas de alta sismicidad, donde los sismos recurrentes han afectado tanto edificaciones nuevas como preexistentes.

Esta investigación fue realizada para varias instituciones públicas y parte de una inspección visual y luego un levantamiento de información por medio de planos y dentro de los principales hallazgos se indicó que muchas de estas estructuras carecían de arriostramientos laterales, presentaban uniones atornilladas corroídas y no contaban con anclajes efectivos a la cimentación.

Los planos de intervención fueron elaborados en AutoCAD y validados por ingenieros estructurales locales; se recalcó que además, se complementó el reforzamiento con la implementación de señalética sísmica y planes de evacuación, integrando el componente técnico con la gestión del riesgo escolar.

2.3.3 Trabajo relacionado en el Ecuador.

En la región Sierra del Ecuador, específicamente en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, se desarrolló el proyecto titulado “*Evaluación estructural y diseño de refuerzo sismo-resistente para galpón metálico de la Facultad de Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato*”, realizado por Jaramillo, Paredes y Ayala (2021) y publicado en la *Revista de Investigación en Ingeniería Estructural*.

El objetivo principal de este estudio fue que dentro del galpón metálico, el cual era destinado para las áreas de soldadura y prácticas de máquinas-herramientas, los cuales presentaban varias deficiencias estructurales, con lo cual lo primero que se realizó fueron inspecciones técnicas, levantamiento con herramientas básicas de medición y un plano

para verificar donde se iban a realizar las intervenciones, más allá de que no se utilizó software avanzado de simulación, el equipo se basó en principios de equilibrio estructural para proponer intervenciones técnicas.

La propuesta que se realizó dentro de la investigación constaba de un reforzamiento en todas las estructuras que mediante inspección visual se podía decir que estaba deteriorada y que además mediante equipos sofisticados se pudo determinar cuál era la gravedad de cada parte. Con lo cual la solución que se facilitó es la implementación de señalización sísmica, puntos de evacuación y capacitaciones periódicas para estudiantes y docentes., para que de esta manera este estudio tenga más relevancia en el tiempo se incluyó criterios de sostenibilidad estructural y adaptabilidad del diseño, considerando los recursos económicos y materiales disponibles en el entorno local.

2.3.4 Trabajo relacionado en la provincia de Manabí.

En este contexto, destaca el estudio realizado por Cedeño, Loor y Vélez (2018), titulado “*Análisis y propuesta de refuerzo estructural en un galpón metálico escolar en zona de amenaza sísmica alta, provincia de Manabí*”, publicado en la *Revista Técnica de Ingeniería Civil del Litoral*.

El objetivo principal del estudio fue evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica de un galpón metálico utilizado como aula-taller en una unidad educativa técnica del cantón Rocafuerte, en la provincia de Manabí. Esta estructura, construida con perfiles tubulares, presentaba problemas visibles de deformación en columnas, ausencia de arriostramientos laterales y conexiones soldadas que no cumplían con las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015). La metodología aplicada consistió

en inspecciones visuales, revisión de planos, entrevistas a usuarios y análisis comparativo con estructuras similares afectadas por el terremoto de 2016.

Como resultado, los autores propusieron un plan de reforzamiento estructural basado en el uso de arriostramientos en X, refuerzos en placas base con pernos de anclaje, soldaduras adicionales en los nudos estructurales y revestimientos anticorrosivos para prevenir el deterioro acelerado de los perfiles metálicos. El diseño fue elaborado en AutoCAD, priorizando soluciones de bajo costo, alta eficiencia y mínima intervención sobre el uso funcional del galpón. Además, el proyecto contempló la capacitación del personal docente y estudiantil en temas de seguridad estructural y evacuación, fortaleciendo el vínculo entre infraestructura y prevención de riesgos.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 OBJETIVO 1

Diagnóstico del estado actual de la estructura metálica del galpón de electromecánica

El galpón de la carrera de Electromecánica de la ULEAM, campus Tosagua, se encuentra construido con una estructura metálica que alberga talleres de electricidad, mecánica, electrónica, biomédica, oficinas, bodegas y servicios sanitarios, según el plano arquitectónico proporcionado. El levantamiento técnico y la inspección visual directa revelaron los siguientes aspectos:

- No existe arriostramientos transversales en los pórticos principales.
- Los atornillados están mal realizados entre las bases y columnas.
- El techo se puede observar que es de mala calidad y liviana
- Existe corrosión superficial en varias partes de vigas del galpón.
- Existen varios perfiles secundarios desalineados.

Según lo que nos relata la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS (2015), a sabiendas que está situada en el cantón Tosagua, una zona considerada de mediana hacia arriba para movimiento telúrico es que se concluye que la estructura presenta deficiencias críticas dese la cubierta hasta la cimentación, súmese a esto que existe múltiples compartimentos internos que también pueden inducir comportamientos torsionales no deseados si no se controlan adecuadamente.

3.2 OBJETIVO 2

Diseño de propuesta técnica de refuerzo estructural sismo-resistente.

Con base en el diagnóstico anterior, se plantea una propuesta de intervención técnica dividida en cuatro componentes estructurales fundamentales:

a. Incorporación de arriostramientos tipo “X” (Cruces de San Andrés)

Se propone instalar arriostramientos metálicos diagonales en los pórticos ubicados en las zonas del Taller de Mecánica, Taller de Electricidad y Taller de Electrónica, seleccionados por su uso intensivo y carga ocupacional.

- Material: Perfiles tubulares de acero ASTM A500.
- Ubicación: Sobre ejes estructurales A–A’, B–B’ según el plano.
- Uniones: Soldadura perimetral y platinas atornilladas con pernos de anclaje mecánicos M16.

b. Refuerzo de conexiones columna–viga y columna–base

- Instalación de platinas de refuerzo en uniones articuladas, especialmente en las zonas de mayor flexión o con evidencia de desplazamientos estructurales (por ejemplo, intersección de talleres y oficina administrativa).
- Anclaje químico de columnas a fundaciones, mediante el uso de pernos de anclaje de expansión Hilti HIT-HY 200-R o similar.

c. Refuerzo de la cubierta y amarre de elementos secundarios

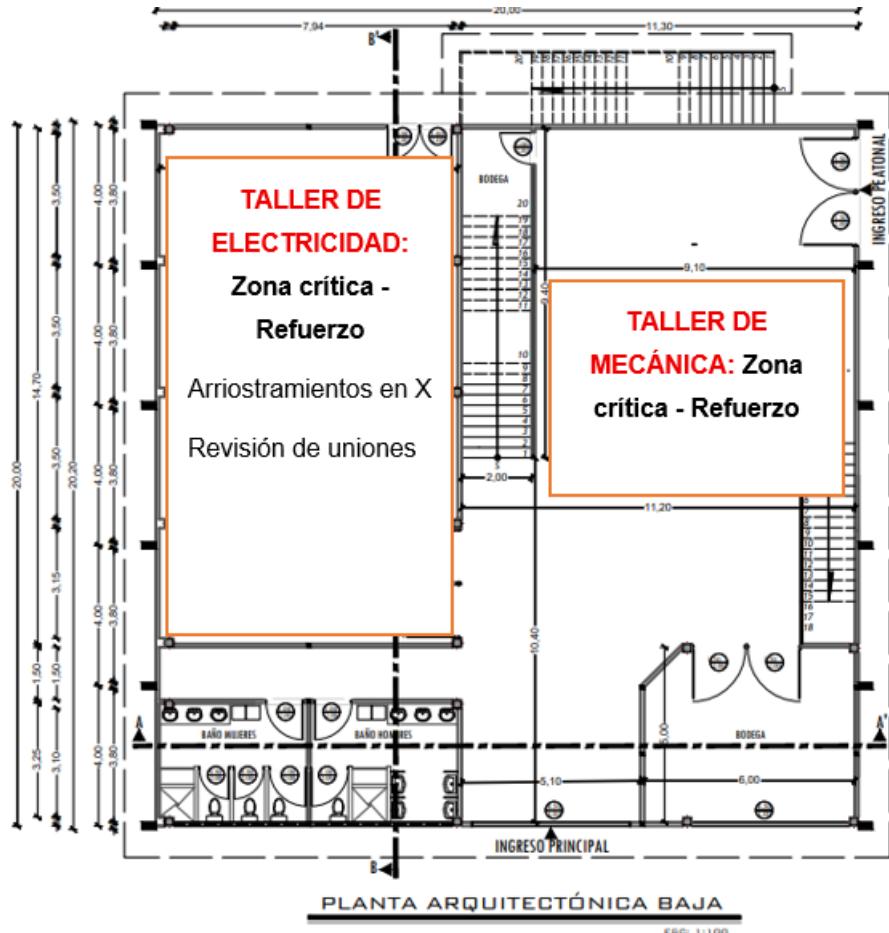
- Fijación de la cubierta con pernos auto-roscantes con arandelas antivibración.

- Incorporación de riostras horizontales entre vigas secundarias para mejorar la transmisión de cargas al sistema principal.
 - Se sugiere aplicar pintura anticorrosiva tipo esmalte industrial bicomponente en todos los elementos intervenidos.

d. Representación gráfica y costos estimados

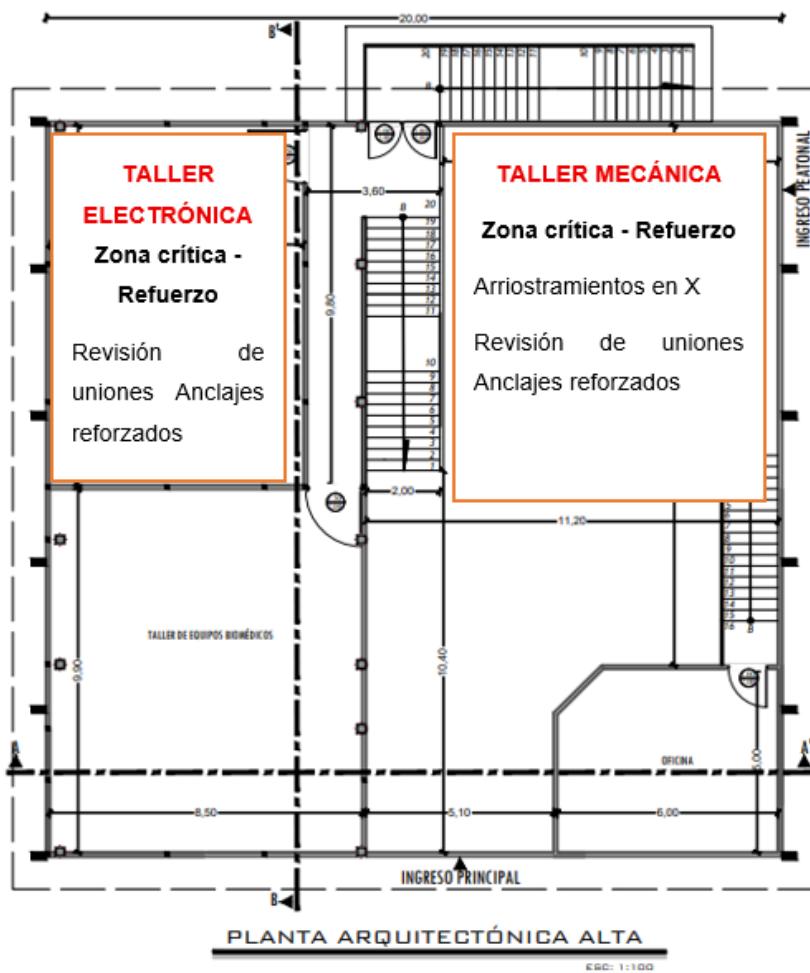
- Planos de intervención elaborados en AutoCAD.

Ilustración 1. Planta arquitectónica baja intervenida



Fuente: Propia. (Winter Anchundia, Víctor Macías, 2025)

Ilustración 2. Planta arquitectónica alta intervenida



Fuente: Propia. (Winter Anchundia, Víctor Macías, 2025)

- Presupuesto estimado de intervención estructural:

Tabla 1. Presupuesto estimado de la intervención estructural

Ítem	Cantidad estimada	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Arriostramientos metálicos	20 unidades	95,00	1.900,00
Platinas de refuerzo + soldadura	30 unidades	45,00	1.350,00

Anclajes químicos columna-base	40 unidades	25,00	1.000,00
Fijaciones para cubierta y riostras	120 unidades	3,00	360,00
Pintura anticorrosiva + aplicación	60 m ²	12,00	720,00
Total, estimado			5.330,00

3.3 OBJETIVO 3

Socialización de medidas de seguridad y mantenimiento estructural con la comunidad universitaria

Este componente busca asegurar la sostenibilidad del proyecto y la generación de una cultura institucional de prevención ante eventos sísmicos:

a. Talleres de capacitación

Se organizarán tres talleres dirigidos a estudiantes, docentes y personal administrativo:

- Taller 1: "¿Cómo responde una estructura metálica ante un sismo?"
- Taller 2: "Protocolos de evacuación y rutas seguras en galpones"
- Taller 3: "Inspección preventiva y mantenimiento estructural básico"

b. Elaboración de manual ilustrado

Se diseñará un manual de mantenimiento estructural preventivo, con instrucciones sobre revisión de uniones, identificación de corrosión y pautas para reportar anomalías.

c. Instalación de señalética de seguridad

Se colocarán señales resistentes al clima en zonas visibles, indicando:

- Rutas de evacuación
- Zonas seguras dentro del galpón
- Instrucciones básicas en caso de sismo

d. Evaluación de impacto

Se aplicará una encuesta de evaluación del nivel de conocimiento antes y después de los talleres, para medir el impacto de las actividades de capacitación y ajuste de contenidos.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La evaluación técnica del galpón de electromecánica permitió identificar deficiencias estructurales críticas, entre ellas la ausencia de arriostramientos diagonales, uniones metálicas sin rigidizadores, anclajes deficientes y signos iniciales de corrosión. Estos hallazgos evidencian una condición de vulnerabilidad sísmica, especialmente considerando que el campus Tosagua se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, según la NEC-SE-DS (2015).
- La propuesta para el refuerzo estructural que se define para estructuras sísmo resistentes va orientada para satisfacer de manera efectiva las necesidades técnicas y funcionales del galpón, la cual incorpora soluciones viables, económicas y que se pueden implementar sin interrumpir las actividades académicas.
- La integración de actividades de socialización y formación para la comunidad universitaria fortaleció el componente preventivo del proyecto, promoviendo una cultura institucional de gestión de riesgos. Las capacitaciones, señalización de seguridad y el manual de mantenimiento estructural permitirán una apropiación colectiva del espacio y fomentarán prácticas sostenibles de inspección y cuidado del galpón a largo plazo.
- El uso de herramientas accesibles como AutoCAD y métodos de inspección visual sistemática demuestra que es posible desarrollar propuestas estructurales efectivas sin necesidad de recurrir a software especializado, siempre que se aplique criterio técnico, normativa vigente y participación interdisciplinaria.

4.2. RECOMENDACIONES

- Es fundamental llevar a cabo de inmediato la propuesta técnica para la intervención estructura por cual se debe priorizar la instalación de arriostramientos y el refuerzo de uniones en las áreas que hemos identificado como críticas, especialmente en los talleres de electricidad y mecánica, donde se concentra la mayor carga operativa.
- Es fundamental establecer un monitoreo sobre el mantenimiento estructural que se realice de manera periódica, con revisiones semestrales, dichas revisiones deben incluir una inspección visual de las conexiones, la detección de corrosión, la verificación de los anclajes y la revisión de la cubierta.
- Es importante ampliar la intervención estructural a otras áreas del galpón en etapas futuras. Lo cual debería incluir la posibilidad de añadir disipadores de energía o mejorar la cimentación, siempre que haya recursos disponibles.
- Es muy importante fortalecer la cultura de prevención sísmica en la ULEAM- UNITEV Campus Tosagua a través de actividades formativas continuas, lo cual como mínimo debe incluir simulacros de evacuación y cursos introductorios sobre cómo se comportan las estructuras durante un sismo.
- Lo ideal sería documentar y replicar la experiencia del campus Tosagua en otras universidades, teniendo en cuenta que muchas de las estructuras educativas metálicas en el país presentan condiciones de diseño similares.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M., Vinueza, G., & Bravo, C. (2020). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en galpones metálicos industriales*. Revista Técnica de Ingeniería Estructural, 10(2), 40–55. <https://doi.org/10.32776/rtie.v10i2.178>
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., ... & von Winterfeldt, D. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthquake Spectra*, 19(4), 733–752. <https://doi.org/10.1193/1.1623497>
- Cedeño, A., Loor, P., & Vélez, M. (2018). Análisis y propuesta de refuerzo estructural en un galpón metálico escolar en zona de amenaza sísmica alta, provincia de Manabí. *Revista Técnica de Ingeniería Civil del Litoral*, 6(2), 33–47. <https://doi.org/10.26807/rticl.v6i2.184>
- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of Structures* (5th ed.). Pearson.
- Cruz, J., Cedeño, L., & Zambrano, E. (2017). *Lecciones del terremoto del 16 de abril de 2016 en estructuras metálicas en Manabí*. Revista de Ingeniería Civil del Ecuador, 9(1), 22–35.
- Delgado, R. (2020). *Evaluación visual en estructuras metálicas industriales: guía técnica*. Revista Ingeniería y Construcción, 12(3), 55–63. <https://doi.org/10.22201/ingc.v12n3.2020.235>
- Freire, P. (2011). *Pedagogía del oprimido* (30.^a ed.). Siglo XXI Editores.
- Gonzales, L., Ramírez, J., & Huamán, D. (2021). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de pabellones metálicos en instituciones

- educativas del litoral norte del Perú. *Revista de Ingeniería Civil y Arquitectura*, 12(1), 44–59. <https://doi.org/10.26495/rica.v12i1.221>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Jaramillo, E., Paredes, L., & Ayala, S. (2021). Evaluación estructural y diseño de refuerzo sismo-resistente para galpón metálico de la Facultad de Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. *Revista de Investigación en Ingeniería Estructural*, 9(1), 55–70. <https://doi.org/10.29019/riee.v9i1.221>
- Mander, J. B., & Priestley, M. J. N. (2012). *Seismic Design of Steel Structures*. Wiley.
- Morales, F., & Ríos, J. (2019). *Dibujo técnico asistido por computadora en proyectos estructurales*. Revista Técnica de Ingeniería Aplicada, 7(1), 22–35.
- NEC-SE-DS. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción – Diseño Sismo Resistente*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/nec>
- Pérez, C., & Molina, A. (2016). *Metodologías participativas para el desarrollo local*. Revista Ciencias Sociales, 22(1), 90–102.
- Prieto, R., & Gómez, D. (2021). *Elementos de arriostramiento en pórticos metálicos para refuerzo sísmico*. Revista de Ingeniería Civil Latinoamericana, 15(1), 88–101.
- Serrano, E., Torres, J., & Mendoza, C. (2019). *Protección contra la corrosión en estructuras metálicas costeras: estudio de caso en Manabí*. Revista de Materiales y Construcción, 11(4), 115–128.

- Tamayo, M. (2012). *El proceso de investigación científica* (6.^a ed.). Limusa.
- UNESCO. (2021). *Resilient Educational Infrastructure: A Global Priority*.
<https://www.unesco.org/en/infrastructure-resilience>
- Villacrés, G., & Torres, F. (2021). *Sistemas de arriostramiento en estructuras metálicas sujetas a cargas sísmicas*. Revista Técnica de Ingeniería Aplicada, 19(1), 50–64.
- Yamada, T., Suzuki, K., & Tanaka, H. (2019). Seismic retrofitting of steel frame school buildings using diagonal bracing systems. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 48(3), 342–358. <https://doi.org/10.1002/eqe.3140>

ANEXOS

Ilustración 3. Estructura del galpón



Fuente: Propia. (Winter Anchundia, Víctor Macías, 2025)

Ilustración 4. Inspección visual



Fuente: Propia. (Winter Anchundia, Víctor Macías, 2025)

Ilustración 5. En el proceso de mejoramiento de la infraestructura



Fuente: Propia. (Winter Anchundia, Víctor Macías, 2025)

Ilustración 6. Refuerzo de conexiones (columnas)



Fuente: Propia. (Winter Anchundia, Víctor Macías, 2025)