



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de software de simulación

Autores:

Ángela Josefa Muñoz Álava
Víctor Miguel Vera Mendoza

Tutor(a)

Ing. René Fernando López Barberán

Unidad Académica:

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

Carrera:

Tecnología Superior en electromecánica

El Carmen, Febrero del 2026

CERTIFICACION DEL TUTOR

Ing. René Fernando López Barberán; 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: “Análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de software de simulación” 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):

Ángela Josefa Muñoz Álava, Víctor Miguel Vera Mendoza

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

El Carmen, Febrero del 2026

Ing. Fernando López, Mag.

TUTOR

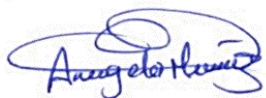
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

Ángela Josefa Muñoz Álava, Víctor Miguel Vera Mendoza

Estudiante(s) de la Carrera de **Tecnología Superior en electromecánica**, declaro(amos) bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: “Análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de software de simulación”, previa a la obtención del Título de Tecnología 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.

El Carmen, Febrero del 2026



Ángela Josefa Muñoz Álava



Víctor Miguel Vera Mendoza



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: “Análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de software de simulación” de su(s) autor(es): Ángela Josefa Muñoz Álava, Víctor Miguel Vera Mendoza de la Carrera “**Tecnología Superior en electromecánica**”, y como Tutor(a) del Trabajo el/la Ing. René Fernando López Barberán.

El Carmen, Febrero del 2026

Ing. María Minaya, Mag.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Fernando López, Mag.
TUTOR

Ing. Rocío Mendoza, Mag.
PRIMER MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos López, Mag.
SEGUNDO MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por brindarnos la fortaleza, la salud y la constancia necesarias para culminar esta etapa de formación académica, asimismo expresar el agradecimiento a las autoridades, docentes y personal académico quienes, a través de sus conocimientos, orientación y apoyo, contribuyeron de manera significativa a nuestro desarrollo profesional y a la realización del presente trabajo de titulación.

De manera especial, a nuestro tutor de tesis por su acompañamiento, asesoría técnica y disposición permanente durante el desarrollo de este proyecto, aportando valiosas observaciones que permitieron mejorar la calidad del trabajo realizado.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias y seres queridos por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante, los cuales fueron fundamentales para alcanzar este logro académico.

Ángela Josefa Muñoz Álava, Víctor Miguel Vera Mendoza

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo, con profundo cariño y gratitud, a Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarnos el valor del esfuerzo y la perseverancia, a los/as compañeros(as) y docentes, por compartir momentos de aprendizaje, de compañerismo y crecimiento personal.

Ángela Josefa Muñoz Álava, Víctor Miguel Vera Mendoza

RESUMEN

El presente proyecto aborda la necesidad de evaluar el comportamiento estructural de una estructura metálica antes de su ejecución, considerando que la ausencia de análisis previo puede generar riesgos de falla, sobredimensionamiento o uso ineficiente de materiales. El objetivo general fue realizar el análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante simulación computarizada, con el fin de verificar su desempeño bajo condiciones de carga estática. La metodología empleada consistió en el modelado tridimensional de la estructura conforme a las restricciones de diseño, la aplicación de condiciones de frontera en la base de las columnas y la simulación numérica de cargas distribuidas sobre vigas y correas, utilizando un software especializado de análisis por elementos finitos. Como resultados se obtuvieron valores de tensión máxima dentro de los límites admisibles del material, un desplazamiento máximo controlado y un factor de seguridad adecuado para la estructura analizada. Se concluye que la estructura cumple con los criterios básicos de resistencia y estabilidad, demostrando que la simulación estructural es una herramienta eficaz para la toma de decisiones técnicas en proyectos de ingeniería electromecánica.

PALABRAS CLAVE

Estructuras metálicas, análisis de esfuerzos, deformaciones estructurales, simulación computacional, método de elementos finitos.

ABSTRACT

This project addresses the need to evaluate the structural behavior of a steel structure before its construction, considering that the absence of prior analysis can lead to risks of failure, over-dimensioning, or inefficient use of materials. The overall objective was to perform a stress and strain analysis of a steel structure using computer simulation to verify its performance under static loading conditions. The methodology employed consisted of three-dimensional modeling of the structure according to the design constraints, the application of boundary conditions at the base of the columns, and the numerical simulation of distributed loads on beams and purlins, using specialized finite element analysis software. The results showed maximum stress values within the material's allowable limits, a controlled maximum displacement, and an adequate safety factor for the analyzed structure. It is concluded that the structure meets the basic criteria for strength and stability, demonstrating that structural simulation is an effective tool for technical decision-making in electromechanical engineering projects.

KEYWORDS

Metal structures, stress analysis, structural deformations, computer simulation, finite element method.

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
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
1.4.2. Técnicas	7
1.4.3. Métodos.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. DEFINICIONES	10
2.2. ANTECEDENTES.....	12
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS.....	14
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	17
3.1. DESARROLLO	17
3.1.1. Descripción de la propuesta	21
3.1.2. Etapas.....	22
3.1.3. Presupuesto.....	24
3.2. RESULTADOS.....	24

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
4.1. CONCLUSIONES	26
4.2. RECOMENDACIONES	26
ANEXOS	32

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vista general de la estructura metálica de la cubierta del techo.	18
Ilustración 2. Análisis estructural del sistema bajo a la acción de carga distribuida uniforme.....	19
Ilustración 3. Distribución de esfuerzos axiales y de flexión en la estructura metálica.....	20
Ilustración 4. Distribución de desplazamientos totales en la estructura metálica bajo carga.	20
Ilustración 5. Distribución del factor de seguridad en los elementos de la estructura metálica.....	21
Ilustración 6. <i>Modelo estructural tridimensional de la cubierta metálica con condiciones de carga y apoyos.</i>	32
Ilustración 7. Estructura metálica de cubierta durante el proceso de montaje en obra.....	32

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El análisis de esfuerzos y deformaciones constituye una etapa fundamental en el diseño y evaluación de estructuras metálicas, ya que permite determinar el comportamiento mecánico de los elementos estructurales frente a las cargas aplicadas. Este análisis se centra en la identificación de tensiones internas, tanto axiales como de flexión, así como en la cuantificación de los desplazamientos producidos por dichas sollicitaciones (Cárceles, 2009). Comprender la distribución de esfuerzos y las deformaciones resultantes es esencial para verificar que la estructura opere dentro de límites admisibles de resistencia y rigidez. En este contexto, el análisis estructural se convierte en una herramienta técnica indispensable para garantizar la seguridad, funcionalidad y durabilidad de las estructuras metálicas, especialmente en aplicaciones donde las cargas estáticas representan un factor determinante en el desempeño estructural.

La simulación de estructuras metálicas mediante herramientas computarizadas ha adquirido una relevancia significativa en el ámbito de la ingeniería y la tecnología, debido a su capacidad para reproducir de manera aproximada el comportamiento real de los sistemas estructurales. A través de la simulación, es posible modelar la geometría, asignar propiedades mecánicas a los materiales, definir condiciones de apoyo y aplicar cargas de forma controlada. Este enfoque permite analizar diferentes escenarios de carga sin recurrir a ensayos físicos costosos o complejos (Liang, 2022). Asimismo, la simulación estructural facilita la visualización de resultados como mapas de tensiones, deformaciones y factores de seguridad, lo que contribuye a una mejor interpretación del comportamiento estructural y a la toma de decisiones técnicas fundamentadas durante el proceso de diseño y evaluación.

En los últimos años, diversos trabajos han abordado el análisis de esfuerzos y deformaciones en estructuras metálicas mediante métodos de simulación computacional, principalmente utilizando el método de elementos finitos. Estas investigaciones se han enfocado en evaluar el comportamiento estructural de vigas, pórticos y uniones metálicas bajo diferentes condiciones de

carga, con el objetivo de validar modelos numéricos y optimizar diseños estructurales (Elsayed, 2011). Los resultados obtenidos en estos estudios demuestran la efectividad de la simulación como herramienta para predecir concentraciones de esfuerzo y zonas críticas de deformación.

La importancia del tema abordado radica en la necesidad de asegurar que las estructuras metálicas cumplan con criterios adecuados de seguridad estructural y desempeño mecánico. Un análisis incorrecto o insuficiente de esfuerzos y deformaciones puede derivar en fallas estructurales, sobrecostos o riesgos para los usuarios. La aplicación de simulaciones computarizadas permite anticipar estos problemas desde la etapa de diseño, reduciendo incertidumbres y optimizando el uso de materiales. Además, el análisis detallado de resultados como tensiones máximas, desplazamientos y factores de seguridad proporciona información clave para evaluar la viabilidad técnica de una estructura. Por ello, el uso de herramientas de simulación se consolida como una práctica esencial en el análisis moderno de estructuras metálicas.

El desarrollo de este tema se encuentra directamente relacionado con la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, ya que integra conocimientos de mecánica de materiales, estructuras metálicas y herramientas de diseño asistido por computadora. La capacidad de modelar y simular estructuras metálicas fortalece las competencias técnicas del estudiante, preparándolo para enfrentar situaciones reales del ámbito profesional. Asimismo, el uso de simulaciones computarizadas responde a las demandas actuales del sector industrial, donde se requiere personal técnico capacitado en el análisis y evaluación de sistemas estructurales. En este sentido, el presente trabajo contribuye a la formación integral del tecnólogo en electromecánica, al aplicar conceptos teóricos en un entorno práctico y orientado a la resolución de problemas técnicos reales.

1.1. PROBLEMA

En la actualidad, el diseño y evaluación de estructuras metálicas se enfrentan a diversas limitaciones cuando el análisis de esfuerzos y deformaciones no se realiza de manera adecuada o se basa únicamente en métodos simplificados. Esta situación puede generar incertidumbre respecto al comportamiento real de la estructura frente a las cargas aplicadas, especialmente en términos de distribución de tensiones, deformaciones y niveles de seguridad. La ausencia de un análisis detallado puede conducir a diseños sobredimensionados, uso ineficiente de materiales o, en casos críticos, a riesgos estructurales. Además, la limitada aplicación de herramientas de simulación computarizada en el ámbito técnico dificulta la visualización y comprensión del comportamiento estructural, lo que reduce la capacidad de toma de decisiones fundamentadas durante las etapas de diseño y evaluación.

En este contexto, se plantea el problema de la necesidad de realizar un análisis preciso de los esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de simulación computarizada, que permita evaluar su comportamiento estructural bajo carga estática. La falta de modelos estructurales adecuadamente definidos y analizados puede impedir la correcta identificación de zonas críticas de esfuerzo y desplazamiento, así como la verificación de factores de seguridad aceptables. Por ello, resulta necesario desarrollar un modelo que integre el análisis de esfuerzos y deformaciones con herramientas de simulación, a fin de obtener resultados confiables que respalden la evaluación técnica de la estructura metálica y contribuyan a la validación de su desempeño mecánico.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el ámbito académico, el presente trabajo se justifica por su aporte al fortalecimiento de los conocimientos teóricos y prácticos relacionados con el análisis de esfuerzos y deformaciones en estructuras metálicas. El desarrollo de este estudio permite aplicar conceptos fundamentales de mecánica de materiales y análisis estructural en un entorno de simulación computarizada, favoreciendo la comprensión del comportamiento mecánico de las estructuras

bajo carga estática. Asimismo, contribuye a la formación del estudiante al integrar el uso de herramientas de diseño y análisis asistido por computadora, promoviendo el desarrollo de competencias técnicas necesarias para la interpretación de resultados y la toma de decisiones fundamentadas en el análisis estructural.

Desde el punto de vista tecnológico, la justificación del estudio radica en la aplicación de herramientas de simulación como apoyo al análisis de estructuras metálicas, lo que permite optimizar los procesos de evaluación estructural sin recurrir exclusivamente a métodos experimentales. La simulación computarizada facilita la identificación de esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad, proporcionando información precisa sobre el desempeño de la estructura. Este enfoque tecnológico contribuye a mejorar la eficiencia en el análisis estructural, reducir tiempos de evaluación y minimizar errores asociados a cálculos manuales, lo cual resulta relevante en el contexto actual de la industria y la construcción, donde se demanda el uso de tecnologías que respalden diseños seguros y técnicamente viables.

La presente investigación se justifica además por su relación directa con la línea de investigación institucional denominada *Ingeniería, industria, construcción, urbanismo y arquitectura*, ya que aborda el análisis y evaluación de una estructura metálica, elemento fundamental en el desarrollo de infraestructuras. El estudio integra principios de ingeniería estructural con herramientas tecnológicas aplicadas a la construcción, contribuyendo al análisis técnico de sistemas estructurales utilizados en edificaciones. De esta manera, el trabajo se alinea con los objetivos de la línea de investigación al generar conocimiento aplicado que puede ser utilizado como referencia técnica para el diseño, análisis y mejora de estructuras metálicas en el ámbito de la ingeniería y la construcción.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante simulación computarizada, con el fin de evaluar su comportamiento estructural bajo carga estática y verificar condiciones de seguridad.

1.3.2. Objetivos específicos

Elaborar el modelo CAD de la estructura metálica considerando la geometría, perfiles estructurales y restricciones de diseño establecidas.

Ejecutar la simulación de esfuerzos y deformaciones de la estructura metálica sometida a carga estática, aplicando condiciones de frontera adecuadas.

Analizar los resultados obtenidos de la simulación para la identificación de tensiones, desplazamientos y factores de seguridad de la estructura.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

El procedimiento metodológico se desarrolló mediante una secuencia ordenada de pasos orientados al análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica, utilizando herramientas de simulación computarizada. Cada etapa del procedimiento se encuentra directamente relacionada con los objetivos específicos del estudio, permitiendo una ejecución sistemática y coherente de la propuesta técnica.

En una primera etapa, se realizó la definición geométrica de la estructura metálica, considerando la disposición de columnas, vigas y correas, así como sus dimensiones y alturas correspondientes. Posteriormente, se elaboró el modelo tridimensional CAD de la estructura, asignando los perfiles estructurales definidos para cada elemento. Este modelo permitió representar de manera

precisa la geometría real de la estructura y sirvió como base para el análisis posterior.

En la segunda etapa, se procedió a la configuración del análisis estructural mediante simulación computarizada. Para ello, se asignaron las propiedades mecánicas del material estructural, se definieron las condiciones de frontera estableciendo la restricción fija en la base de las columnas y se aplicó una carga estática distribuida sobre vigas y correas. Asimismo, se generó la malla de elementos finitos necesaria para el cálculo numérico del comportamiento estructural.

Finalmente, se ejecutó la simulación y se realizó el análisis de los resultados obtenidos. En esta etapa se evaluaron las tensiones axiales y de flexión, los desplazamientos totales máximos y el factor de seguridad de la estructura. Los resultados fueron interpretados con el fin de identificar zonas críticas y verificar que el comportamiento estructural se mantenga dentro de límites aceptables, cumpliendo así con el objetivo de evaluar la seguridad y desempeño de la estructura metálica analizada.

1.4.2. Técnicas

Modelado tridimensional asistido por computadora (CAD).

Esta técnica se fundamenta en el uso de herramientas digitales para la representación geométrica precisa de estructuras metálicas, permitiendo definir dimensiones, perfiles y disposición espacial de los elementos estructurales. Su utilización resulta adecuada debido a que facilita la creación de un modelo fiel a la estructura real, el cual es indispensable para posteriores análisis estructurales. En el proyecto, esta técnica se aplicó en la elaboración del modelo tridimensional de la estructura metálica, considerando columnas, vigas y correas conforme a las restricciones de diseño establecidas (Xuebao, 2010).

Simulación estructural mediante el método de elementos finitos.

La simulación estructural se basa en la segmentación del modelo en elementos finitos para resolver numéricamente el comportamiento mecánico de la estructura bajo determinadas condiciones de carga y apoyo. Esta técnica se emplea debido a su capacidad para estimar esfuerzos, deformaciones y desplazamientos con un alto nivel de detalle. En el proyecto, se aplicó durante el análisis de la estructura metálica sometida a carga estática distribuida, permitiendo evaluar tensiones axiales, de flexión y el desplazamiento total de los elementos estructurales.

Análisis de resultados de simulación.

Esta técnica consiste en la interpretación técnica de los resultados obtenidos a partir de la simulación computarizada, tales como mapas de tensiones, desplazamientos y factores de seguridad. Su aplicación es necesaria para identificar zonas críticas y verificar el comportamiento estructural frente a las cargas aplicadas (Ali, 2025). En el desarrollo del proyecto, esta técnica se utilizó para analizar los valores máximos de tensión, el desplazamiento total máximo y el factor de seguridad mínimo, con el fin de evaluar la seguridad y desempeño de la estructura metálica.

Verificación del desempeño estructural.

La verificación del desempeño estructural se fundamenta en la comparación de los resultados obtenidos con criterios de aceptación relacionados con resistencia y rigidez. Esta técnica permite determinar si la estructura cumple con condiciones adecuadas de seguridad. En el proyecto, se aplicó al evaluar los esfuerzos máximos, deformaciones y el factor de seguridad resultante de la simulación, permitiendo concluir sobre la viabilidad técnica de la estructura analizada.

1.4.3. Métodos

Método de análisis estructural estático.

Este método se fundamenta en el estudio del comportamiento de una estructura sometida a cargas constantes en el tiempo, permitiendo determinar esfuerzos internos y deformaciones sin considerar efectos dinámicos. Su utilización es adecuada debido a que el proyecto se centra en la evaluación de la estructura metálica bajo una carga estática distribuida, lo cual facilita una interpretación clara del comportamiento estructural (Yuxuan, 2023). En el desarrollo del proyecto, este método se aplicó durante la etapa de simulación para calcular tensiones axiales, esfuerzos de flexión y desplazamientos generados por la carga aplicada.

Método de elementos finitos.

El método de elementos finitos se basa en la segmentación de la estructura en un conjunto de elementos interconectados, lo que permite resolver numéricamente problemas complejos de análisis estructural. Este método se empleó debido a su precisión y capacidad para representar el comportamiento mecánico de estructuras metálicas con geometrías definidas. En el proyecto, se aplicó en la simulación computarizada del modelo estructural, permitiendo obtener resultados detallados de esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad en los diferentes elementos de la estructura.

Método de modelado estructural tridimensional.

Este método se fundamenta en la representación geométrica tridimensional de la estructura, incorporando dimensiones reales y perfiles estructurales específicos. Su aplicación es necesaria para asegurar que el análisis estructural se base en un modelo que represente fielmente la configuración de la estructura metálica. En el proyecto, este método se utilizó en la elaboración del modelo CAD de la estructura, constituyendo la base para la aplicación de la simulación estructural y el posterior análisis de resultados.

Método de análisis e interpretación de resultados.

Este método se basa en la evaluación técnica de los datos obtenidos a partir de la simulación, permitiendo identificar valores críticos y verificar el desempeño estructural. Su utilización es fundamental para transformar los resultados numéricos en conclusiones técnicas. En el proyecto, este método se aplicó en la etapa final del estudio, donde se analizaron las tensiones máximas, el desplazamiento total máximo y el factor de seguridad, con el fin de evaluar la seguridad y comportamiento de la estructura metálica analizada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

Fundamentación teórica del análisis de esfuerzos y deformaciones.

El análisis de esfuerzos y deformaciones es una disciplina fundamental dentro de la mecánica estructural, orientada a determinar cómo responden los elementos estructurales ante la aplicación de cargas externas. Los esfuerzos representan las fuerzas internas que se generan dentro de un material para equilibrar las cargas aplicadas, mientras que las deformaciones corresponden a los cambios geométricos que experimenta la estructura como resultado de dichos esfuerzos (Zeng, 2020). Este análisis permite evaluar si una estructura es capaz de soportar las cargas de servicio sin presentar fallas o deformaciones excesivas que comprometan su funcionalidad.

Desde el punto de vista estructural, los esfuerzos pueden clasificarse en diferentes tipos, entre los que se destacan los esfuerzos axiales, de flexión, cortante y torsión. En estructuras metálicas, los esfuerzos axiales y de flexión son especialmente relevantes debido a la naturaleza de los elementos que las conforman, como columnas y vigas (THG, 2014). El estudio de estos esfuerzos permite identificar zonas críticas donde se concentran mayores solicitaciones, lo cual resulta esencial para evaluar la seguridad estructural y el desempeño mecánico del sistema analizado.

Las deformaciones estructurales se manifiestan como desplazamientos, elongaciones o curvaturas en los elementos sometidos a carga. Aunque toda estructura experimenta deformaciones al ser cargada, estas deben mantenerse dentro de límites admisibles para evitar daños estructurales o funcionales. En el análisis estructural, el control de las deformaciones es tan importante como la resistencia, ya que desplazamientos excesivos pueden afectar la estabilidad, el confort y la integridad de la estructura metálica (Si-Wei, 2016).

El comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales metálicos se describe generalmente mediante relaciones elásticas, en las cuales existe una proporcionalidad entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante (Michael,

2022). Este comportamiento permite predecir la respuesta estructural bajo cargas moderadas y constituye la base para los análisis estructurales lineales. Comprender esta relación es indispensable para interpretar correctamente los resultados obtenidos en el análisis de estructuras metálicas.

En el contexto del análisis estructural aplicado, la evaluación de esfuerzos y deformaciones permite verificar el cumplimiento de criterios de diseño relacionados con resistencia y rigidez. Este proceso contribuye a la identificación de posibles fallas, al dimensionamiento adecuado de los elementos estructurales y a la validación del desempeño global de la estructura (Hibbeler, 2024). Por ello, el análisis de esfuerzos y deformaciones se considera una herramienta esencial en el estudio y evaluación de estructuras metálicas.

Fundamentación teórica de la simulación de estructuras metálicas.

La simulación de estructuras metálicas constituye una herramienta computacional que permite analizar el comportamiento estructural de manera virtual, mediante modelos matemáticos y numéricos. Esta técnica se apoya en la representación digital de la geometría, las propiedades del material y las condiciones de carga y apoyo, con el objetivo de reproducir el comportamiento real de la estructura. Su aplicación ha incrementado significativamente en el ámbito de la ingeniería y la tecnología debido a su eficiencia y precisión.

Uno de los fundamentos principales de la simulación estructural es el método de elementos finitos, el cual permite dividir una estructura compleja en un conjunto de elementos más simples interconectados entre sí (Alexandra, 2025). A través de este método, es posible resolver ecuaciones que describen el comportamiento mecánico de la estructura bajo diferentes condiciones. La simulación mediante elementos finitos facilita el análisis de estructuras metálicas con geometrías definidas y múltiples componentes estructurales.

La simulación estructural ofrece ventajas significativas frente a los métodos tradicionales de cálculo, ya que permite evaluar diferentes escenarios de carga y condiciones de diseño sin necesidad de realizar ensayos físicos. Asimismo, proporciona resultados visuales como mapas de tensiones y

deformaciones, lo que mejora la comprensión del comportamiento estructural. Estas características convierten a la simulación en una herramienta eficaz para el análisis y evaluación de estructuras metálicas.

En el análisis de estructuras metálicas, la simulación permite estudiar el efecto de cargas estáticas sobre vigas, columnas y correas, así como evaluar la influencia de las condiciones de apoyo en el comportamiento global de la estructura. Además, facilita la obtención de parámetros importantes como desplazamientos máximos y factores de seguridad, los cuales son esenciales para determinar la viabilidad técnica de la estructura analizada.

En el ámbito académico y tecnológico, la simulación de estructuras metálicas contribuye al desarrollo de competencias relacionadas con el análisis estructural y el uso de herramientas computacionales. Su aplicación permite integrar conocimientos teóricos con prácticas de modelado y análisis, fortaleciendo la capacidad de evaluación técnica. Por esta razón, la simulación estructural se consolida como un recurso fundamental en el estudio moderno de estructuras metálicas.

2.2. ANTECEDENTES

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, es una institución pública de educación superior del Ecuador la cual se orienta a la formación profesional, como a la investigación científica y al desarrollo territorial. En concordancia con la normativa institucional, la institución promueve procesos académicos basados en la innovación, la pertinencia social y la aplicación de conocimientos para resolver múltiples necesidades mediante proyectos ejecutados por estudiantes y docentes (ULEAM, 2021). Dentro de su estructura organizativa, la ULEAM cuenta con varias extensiones en la provincia de Manabí, entre ellas la Extensión El Carmen, la que atiende a una población de la zona norte de Manabí y otros sectores adyacentes.

La Extensión El Carmen se distingue de múltiples instituciones por ser inédita en ofertar carreras que aportan al desarrollo industrial, agrícola y

tecnológico, entre las cuales destaca la carrera de Electromecánica. En este programa académico se ejecuta el presente proyecto enfocado en el análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de software. La carrera está diseñada para formar profesionales capaces de comprender, diseñar y optimizar sistemas mecánicos y electromecánicos (Jesús, 2025). Asimismo, el plan de estudios promueve prácticas relacionadas con eficiencia energética, mantenimiento industrial, seguridad técnica y uso de tecnologías orientadas al modelado y simulación computacional.

Estos proyectos pretenden mejorar las condiciones técnicas de talleres y laboratorios, fundamentales para la enseñanza práctica de la ingeniería, incluyendo espacios donde se emplean herramientas para el análisis estructural y la simulación computacional. La modernización progresiva de la infraestructura responde también a los lineamientos del Modelo de Gestión de Infraestructura Educativa promovido por las instituciones de educación superior del país, donde se enfatiza la necesidad de ambientes seguros, resistentes y adecuados para la formación científica.

En este marco institucional, el proyecto de análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica se integra como una actividad académica como también organizada y direccionada con la política de mejora continua, de tal manera que contribuya a la evaluación técnica de elementos constructivos y al fortalecimiento de competencias profesionales avanzadas en simulación, diseño estructural y gestión de riesgos. Son estos tipos de estudios los que permiten a la carrera de Electromecánica permanecer sembrando prácticas formativas basadas en la aplicación directa de herramientas de uso en la industria moderna.

Antes de la ejecución del presente proyecto, en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí "ULEAM" y específicamente en la Extensión El Carmen, se habían desarrollado diversas iniciativas relacionadas con la evaluación estructural de elementos metálicos y la incorporación de tecnologías de simulación para fines académicos y de investigación (ULEAM, 2025). Estas actividades se centraron en la comprensión del comportamiento mecánico de

estructuras metálicas a través de métodos de modelado computacional, principalmente con herramientas de simulación, para predecir esfuerzos, deformaciones y posibles zonas críticas en vigas, pórticos y cubiertas metálicas.

En poco tiempo la carrera de Electromecánica ha promovido prácticas de laboratorio y proyectos específicos, donde los estudiantes aplican software, para analizar el comportamiento de diferentes componentes estructurales los que han sido sometidos a cargas estáticas y dinámicas. De estas experiencias han permitieron alcanzar resultados relativos entre modelos computacionales y ensayos prácticos con diferentes materiales (Delgado, 2025), favoreciendo en tal punto múltiples competencias, cálculo y optimizando estructuras, de igual forma la gestión de la seguridad y eficiencia energética de los sistemas.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

En estudios a nivel internacional, esencialmente en Europa y Asia, el análisis de esfuerzos y deformaciones en estructuras metálicas mediante software de simulación ha sido ampliamente deliberado como una herramienta esencial para optimizar el desempeño mecánico y la eficiencia estructural (Shumak, 2002). Investigaciones desarrolladas en España han demostrado que la integración de métodos numéricos y modelado por elementos finitos permite predecir efectivamente y con alta precisión el comportamiento de vigas y pórticos metálicos sometidos a cargas complejas (Tanaka, 2002). De igual manera, estudios realizados en Alemania evidencian de tal manera que el uso de Software mejora significativamente la evaluación de deformaciones plásticas y el diseño seguro de estructuras para lo que son entornos industriales.

En otro contexto como es en América, algunos estudios han aplicado herramientas de simulación a través de una computadora para analizar el comportamiento estructural de elementos metálicos, fortaleciendo metodologías tecnológicas que dan esa robustez a la ingeniería aplicada. Por ejemplo, en México, hay investigaciones orientadas al diseño de estructuras industriales mismas que han empleado Software de Simulación para determinar concentraciones de esfuerzos y deformaciones en componentes sometidos a cargas estáticas y dinámicas, de esta manera logrando optimizar geometrías y

reducir factores de falla (Revista Continente, 2013). Asimismo, en Brasil se han implementado simulaciones numéricas para estudiar la integridad de estructuras metálicas empleadas en cubiertas y soportes industriales, combinando análisis computacional con normativas de diseño sostenible (Da Silva, 2021). Estos aportes regionales refuerzan la pertinencia del análisis computacional en el desarrollo académico y práctico de proyectos en la carrera de Electromecánica de la ULEAM Extensión El Carmen.

Asimismo, como antecedentes internacionales, en el contexto ecuatoriano se han desarrollado trabajos que también se aplican técnicas de simulación numérica para el análisis estructural mediante software. Por ejemplo, en la investigación sobre el uso de software de simulación para el análisis de estructuras metálicas automotrices realizada por Pachacamac, donde se evaluaron otras herramientas de simulación basadas en el método de elementos finitos (FEA), destacando la aplicación de Software y otros que permiten comparar criterios como precisión de resultados (Pachacama, 2024), y facilidades de modelado estructural, lo que manifiesta lo importante de estas plataformas para analizar esfuerzos y deformaciones en componentes metálicos y bajo diferentes condiciones de carga y diseño.

Considerando ya una representación más específica, diversos trabajos de grado en universidades ecuatorianas utilizan métodos numéricos para evaluar la respuesta estructural en estructuras metálicas (Castillo, 2012). En tesis elaboradas en la Universidad Politécnica Salesiana y otras instituciones se emplearon programas como ANSYS y SAP2000 para estimar esfuerzos, deformaciones y desplazamientos en elementos metálicos mediante el método de elementos finitos, evidenciando la aplicabilidad de estos softwares en estudios de comportamiento estructural frente a cargas estáticas y dinámicas.

En correspondencia con estudios desarrollados a nivel cantonal o dentro de la provincia de Manabí, la revisión de la literatura científica, repositorios institucionales de universidades locales y bases de datos académicas nacionales no evidencia la existencia de trabajos específicos orientados al análisis de esfuerzos y deformaciones en estructuras metálicas mediante el uso de software

de simulación. Si bien se identifican investigaciones relacionadas con diseño estructural, análisis sísmico y modelación general de edificaciones metálicas, es así que estas no abordan de manera directa la evaluación o análisis de esfuerzos y deformaciones mediante herramientas de simulación. En consecuencia, el presente estudio se podría decir que constituye un grandioso aporte a nivel cantonal y provincial, siendo en tal forma la base técnica y científica para futuras investigaciones en el ámbito del análisis estructural asistido por software en Manabí.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El desarrollo de la propuesta se inició con la elaboración del modelo CAD de la estructura metálica, considerando la disposición geométrica de columnas, vigas y correas, así como las dimensiones y perfiles estructurales definidos. El modelado se realizó en el software, respetando las restricciones de diseño y las condiciones reales de apoyo, estableciendo la fijación en la base de cada columna. Posteriormente, se aplicó una carga estática distribuida de 300 kg sobre vigas y correas para efectuar la simulación de esfuerzos y deformaciones. Los resultados obtenidos permitieron evaluar tensiones, desplazamientos y el factor de seguridad, facilitando el análisis estructural conforme a los objetivos planteados.

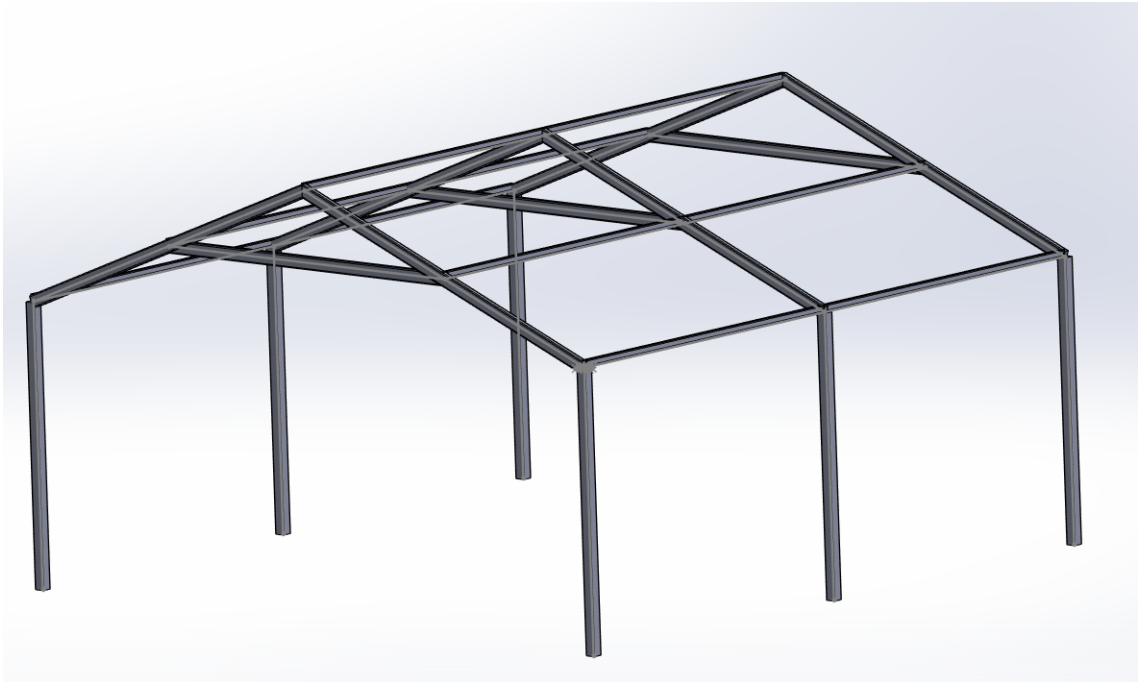
3.1. DESARROLLO

Elaboración del modelo CAD de la estructura metálica.

En esta etapa se desarrolló el modelo tridimensional de la estructura metálica utilizando el software, considerando las restricciones geométricas y constructivas del diseño. La estructura está conformada por seis columnas dispuestas en una matriz de dos filas separadas 10 m y tres columnas separadas 5 m, con una altura estructural de 4 m y una altura máxima del techo de 6 m. Se emplearon perfiles tubulares de 150×3 mm para las columnas, vigas de sección 170×90×4 mm y correas tipo canal C ISO 100×10. El modelo CAD permitió representar con precisión la configuración estructural y sirvió como base para la simulación posterior.

Ilustración 1.

Vista general de la estructura metálica de la cubierta del techo.

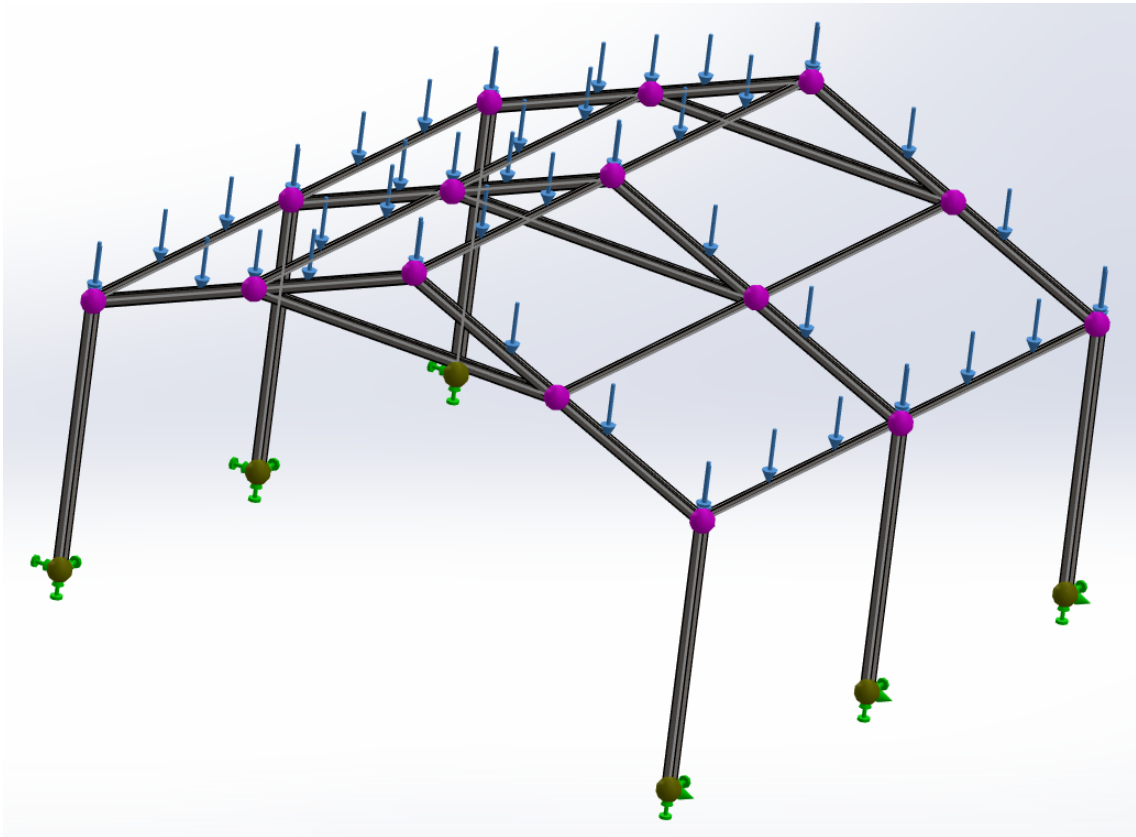


Simulación de esfuerzos y deformaciones bajo carga estática

Una vez completado el modelado, se procedió a realizar la simulación estructural mediante el software. Se definieron condiciones de frontera con geometría fija en la base de cada columna, representando un empotramiento estructural. La estructura fue sometida a una carga estática de 300 kg, distribuida uniformemente sobre vigas y correas. El análisis permitió evaluar el comportamiento mecánico del sistema frente a sollicitaciones de tensión axial y flexión. Los parámetros de simulación fueron configurados de acuerdo con criterios estándar de análisis estructural, garantizando la coherencia entre el modelo físico y el modelo numérico empleado en el estudio.

Ilustración 2.

Análisis estructural del sistema bajo a la acción de carga distribuida uniforme.



Análisis de resultados de la simulación

Los resultados obtenidos de la simulación permitieron analizar los esfuerzos, deformaciones y el nivel de seguridad de la estructura metálica. Se registró un valor máximo de tensión equivalente de 84,74 MPa, localizado en zonas críticas de conexión entre vigas y columnas. El desplazamiento máximo resultante (URES) fue de 15 mm, valor que se encuentra dentro de límites aceptables para este tipo de estructura. Asimismo, el factor de seguridad mínimo obtenido fue de 3, lo que indica un comportamiento estructural adecuado frente a la carga aplicada. El análisis de estos resultados permitió verificar la viabilidad del diseño propuesto y su correcto desempeño estructural.

Ilustración 3.

Distribución de esfuerzos axiales y de flexión en la estructura metálica.

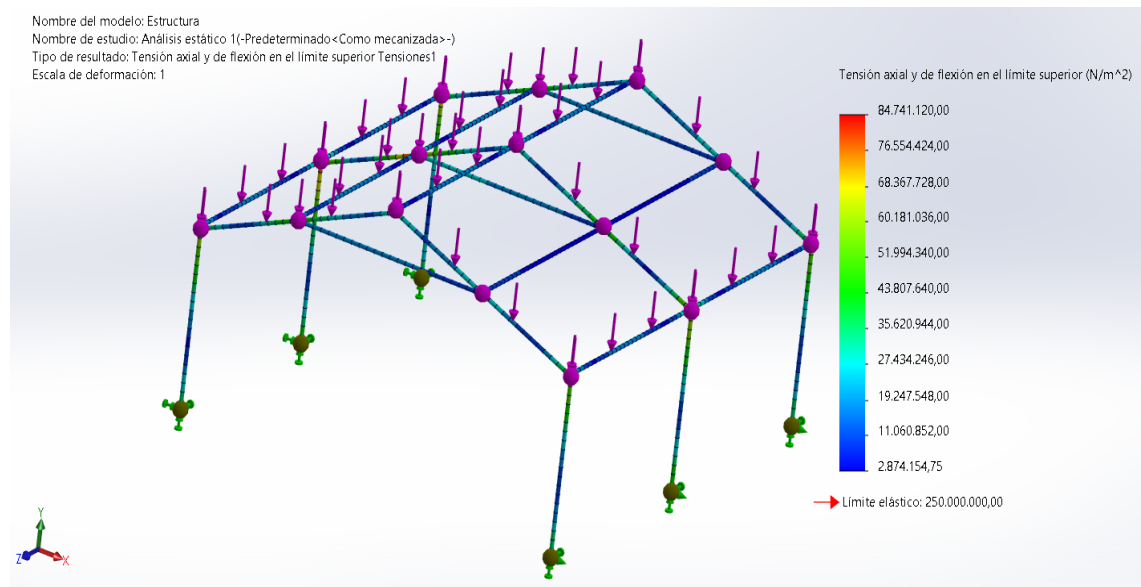


Ilustración 4.

Distribución de desplazamientos totales en la estructura metálica bajo carga.

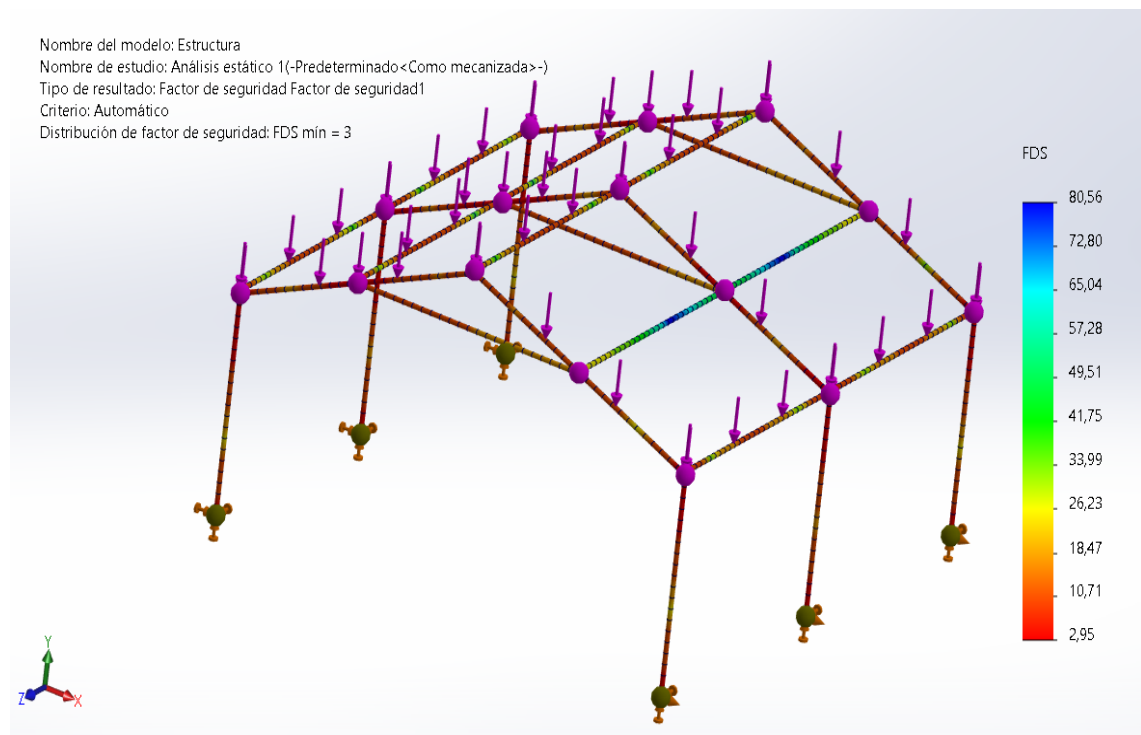
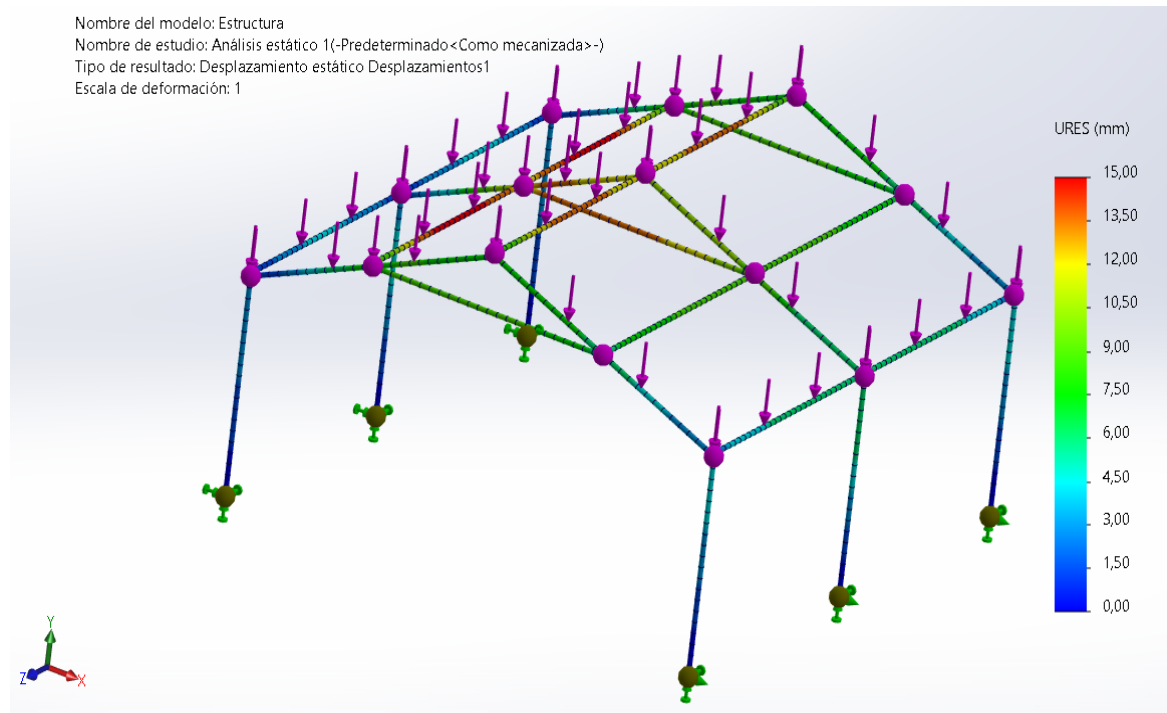


Ilustración 5.

Distribución del factor de seguridad en los elementos de la estructura metálica.



3.1.1. Descripción de la propuesta

Descripción del Objetivo Específico 1

La propuesta inicia con la elaboración del modelo CAD de la estructura metálica, alineada al primer objetivo específico, el cual busca representar geoméricamente el sistema estructural conforme a las restricciones de diseño establecidas. Para ello, se modelaron las columnas, vigas y correas utilizando perfiles normalizados, respetando las dimensiones, separaciones y alturas definidas en la configuración estructural. El modelado tridimensional permitió visualizar la disposición espacial de los elementos, verificar interferencias y asegurar la correcta conexión entre componentes. Este proceso constituyó una etapa fundamental, ya que el modelo CAD sirvió como base para el análisis posterior de esfuerzos y deformaciones mediante simulación computarizada.

Descripción del Objetivo Específico 2

El segundo objetivo específico se desarrolló mediante la simulación de la estructura metálica sometida a carga estática, utilizando el modelo CAD previamente elaborado. En esta etapa se definieron las condiciones de frontera, estableciendo la fijación en la base de las columnas, así como la aplicación de una carga distribuida sobre vigas y correas. La simulación permitió evaluar el comportamiento estructural frente a solicitaciones reales de servicio, considerando esfuerzos axiales y de flexión. Este análisis computacional facilitó la obtención de datos cuantificables sobre tensiones y desplazamientos, constituyéndose como una herramienta clave para la evaluación técnica del diseño estructural propuesto.

Descripción del Objetivo Específico 3

El tercer objetivo específico se centró en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir de la simulación estructural. En esta fase se evaluaron los valores máximos de esfuerzo, deformación y desplazamiento, así como el factor de seguridad de la estructura metálica. El análisis permitió identificar zonas críticas y verificar que los resultados se mantuvieran dentro de límites aceptables para un adecuado desempeño estructural. La interpretación de estos datos contribuyó a validar la viabilidad del diseño propuesto y a comprobar que la estructura cumple con los criterios básicos de resistencia y estabilidad, en concordancia con los objetivos planteados en la propuesta.

3.1.2. Etapas

Etapas 1: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 1

La primera etapa consistió en el levantamiento de información técnica necesaria para la elaboración del modelo CAD de la estructura metálica. Se definieron las dimensiones generales, la disposición de columnas, vigas y correas, así como los perfiles estructurales a emplear. Esta información permitió establecer las restricciones geométricas y constructivas del diseño, asegurando coherencia entre los elementos que conforman la estructura.

Posteriormente, se desarrolló el modelado tridimensional de la estructura utilizando el software. Cada componente estructural fue representado de manera individual y ensamblado conforme a la configuración definida. El modelo final permitió verificar la correcta alineación de los elementos y sirvió como base para la simulación estructural, garantizando una representación fiel del sistema a analizar.

Etapa 2: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 2

En la segunda etapa se preparó el modelo CAD para el análisis estructural mediante el módulo Software. Se asignaron los materiales correspondientes y se definieron las condiciones de frontera, considerando la fijación en la base de las columnas. Además, se estableció la aplicación de la carga estática distribuida sobre vigas y correas, conforme a los criterios planteados en la propuesta.

A continuación, se ejecutó la simulación de esfuerzos y deformaciones bajo las condiciones establecidas. El proceso permitió obtener resultados referentes a tensiones, desplazamientos y comportamiento estructural general. Estos datos fueron generados mediante el análisis numérico del modelo, constituyendo la base para la evaluación posterior del desempeño de la estructura metálica.

Etapa 3: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 3

La tercera etapa estuvo orientada al procesamiento y análisis de los resultados obtenidos de la simulación estructural. Se revisaron los valores máximos de esfuerzos y deformaciones, identificando las zonas con mayor sollicitación. Este análisis permitió evaluar el comportamiento del sistema frente a la carga aplicada y verificar el cumplimiento de los límites establecidos.

Finalmente, se interpretaron los resultados considerando el desplazamiento máximo y el factor de seguridad obtenido. La evaluación técnica permitió determinar la viabilidad estructural del diseño propuesto y sustentar las conclusiones del estudio. Esta etapa consolidó la relación entre los resultados de simulación y los objetivos planteados en la propuesta.

3.1.3. Presupuesto

En el desarrollo de la presente propuesta no se incurrió en costos económicos directos, ya que las actividades realizadas se limitaron al análisis técnico académico mediante el modelado CAD de la estructura metálica y la simulación de esfuerzos y deformaciones. La ejecución del estudio se efectuó exclusivamente con recursos informáticos disponibles para fines educativos, sin requerir la adquisición de materiales, equipos adicionales ni la contratación de servicios externos.

Por lo tanto, el presupuesto general cubrió los tres objetivos de manera integral, ya que el trabajo se basó exclusivamente en el uso de software de simulación y conocimientos técnicos adquiridos durante la formación académica, sin implicar inversión económica adicional.

3.2. RESULTADOS

Objetivo 1: Logros obtenidos en el objetivo 1.

El primer objetivo específico se cumplió mediante la elaboración exitosa del modelo CAD tridimensional de la estructura metálica. El modelo representó adecuadamente la disposición de columnas, vigas y correas, respetando las dimensiones, perfiles estructurales y restricciones geométricas establecidas en la propuesta.

El uso del software permitió verificar la correcta alineación y ensamblaje de los elementos estructurales. Además, facilitó la identificación visual de la configuración general de la estructura, asegurando coherencia entre el diseño conceptual y la representación digital.

Como resultado, se obtuvo un modelo CAD funcional y técnicamente consistente, el cual sirvió como base confiable para el desarrollo del análisis estructural. Este modelo garantizó condiciones adecuadas para la simulación de esfuerzos y deformaciones en las etapas posteriores.

Objetivo 2: Logros obtenidos en el objetivo 2.

El segundo objetivo específico se alcanzó mediante la ejecución de la simulación estructural bajo condiciones de carga estática definidas. Se aplicó

una carga distribuida de 300 kg sobre vigas y correas, junto con condiciones de fijación en la base de las columnas.

La simulación permitió obtener resultados detallados sobre el comportamiento mecánico de la estructura, incluyendo esfuerzos axiales, esfuerzos de flexión y desplazamientos. Estos datos fueron generados a partir del análisis numérico realizado por el software de simulación.

Como logro principal, se obtuvieron valores confiables de tensiones y deformaciones, los cuales permitieron evaluar el desempeño estructural del sistema. La simulación evidenció un comportamiento acorde a las condiciones de diseño establecidas.

Objetivo 3: Logros obtenidos en el objetivo 3

El tercer objetivo específico se cumplió mediante el análisis técnico de los resultados obtenidos en la simulación estructural. Se identificó un valor máximo de tensión equivalente de 84,74 MPa, localizado en zonas críticas de la estructura.

Asimismo, se determinó un desplazamiento máximo de 15 mm, valor considerado aceptable para el tipo de estructura analizada. Estos resultados permitieron evaluar la rigidez y estabilidad del sistema estructural.

Finalmente, se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 3, lo cual indica que la estructura presenta un nivel adecuado de resistencia frente a la carga aplicada. Este análisis permitió validar la viabilidad del diseño propuesto.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Se concluye que el objetivo específico 1 fue cumplido satisfactoriamente, ya que se logró desarrollar un modelo CAD tridimensional de la estructura metálica que representa de forma adecuada su geometría, los perfiles estructurales seleccionados y las restricciones de diseño establecidas. Este modelo permitió visualizar con claridad la configuración estructural y sirvió como base fundamental para la ejecución de la simulación estructural, garantizando coherencia y precisión en las etapas posteriores del proyecto.

Se determina que el objetivo específico 2 fue cumplido, dado que se ejecutó correctamente la simulación de esfuerzos y deformaciones de la estructura metálica sometida a carga estática. La aplicación adecuada de las condiciones de frontera y de los parámetros de carga permitió obtener resultados confiables, los cuales reflejan el comportamiento real de la estructura ante las sollicitaciones mecánicas consideradas en el análisis.

Se concluye que el objetivo específico 3 fue alcanzado, puesto que se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos en la simulación estructural. Fue posible identificar las zonas críticas de tensiones, los desplazamientos máximos y los factores de seguridad de la estructura, lo que permitió evaluar su estabilidad y desempeño estructural, aportando información relevante para la toma de decisiones técnicas.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a estudiantes y docentes de la carrera de Electromecánica y áreas afines utilizar la metodología de modelado CAD y simulación estructural aplicada en este proyecto como herramienta de apoyo académico, ya que permite comprender de manera práctica el comportamiento de estructuras metálicas antes de su construcción, optimizando el proceso de aprendizaje y reduciendo posibles errores de diseño.

Se sugiere a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, fortalecer el uso de software de simulación estructural dentro de sus

asignaturas técnicas, promoviendo el desarrollo de proyectos similares que permitan analizar estructuras metálicas bajo diferentes tipos de cargas, con el fin de mejorar la formación técnica y analítica de los estudiantes.

Se recomienda a futuros investigadores o proyectistas complementar este tipo de estudios con simulaciones dinámicas y sísmicas, así como con la evaluación de distintos materiales y perfiles estructurales, para ampliar el alcance del análisis y obtener resultados más completos que aporten al diseño seguro y eficiente de estructuras metálicas.

Se aconseja a instituciones y profesionales del sector de la construcción metálica considerar el uso de simulaciones computacionales como una etapa previa obligatoria al proceso constructivo, ya que esta práctica contribuye a la optimización de recursos, mejora la seguridad estructural y facilita la toma de decisiones técnicas fundamentadas.

Bibliografía

- Acuña Herrera, J. A. (2023). Diseño y simulación mediante el software ANSYS de la estructura y su aplicación en la industria de la construcción. *REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNIVERSIDAD CENTRAL ECUADOR*, 54.
- Adrián Ouro Miguélez, F. F. (2025). Evaluación de la sostenibilidad de estructuras de acero desmontables y reconfigurables. *MDPI*, 2-4/27. Obtenido de https://www.mdpi.com/2075-5309/15/20/3651?utm_source
- Alexandra, Ş. S. (2025). Diseño y Simulación de Estructuras Mecánicas mediante FEM (Método de Elementos Finitos). *DOAJ*, 126-131.
- Ali, K. A. (2025). Inspección de Daños y Análisis de Modelos de Elementos Finitos de Factores Estáticos y Dinámicos de Tramos Compuestos de Hormigón y Vigas de Acero Debido a Cargas Vivas de Vehículos y Combinación de Cargas. *Ileta*, 151-162.
- ANSI/AISC, N.-2. (2024). *Especificación para estructuras de acero relacionadas con la seguridad para instalaciones nucleares*. Obtenido de <https://www.aisc.org/publications/steel-standards/ansiaisc-n690/>
- ANSYS, S. (2022). Análisis Estructural y Simulación. Obtenido de SOFTWARE: https://www.grupossc.com/ansys/soluciones/estructuras?utm_source
- Cárceles, J. G. (2009). *Análisis Del Proceso de Diseño*. Madrid: Departamento de Estructura de Edificación.
- Castillo, C. M. (2012). *Diseño y construcción de un bastidor*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Córdova, J. B. (2023). El método empírico – analítico en la práctica profesional pedagógica. *Educanatura*, 53 - 60 .
- Da Silva, A. &. (2021). <https://depec.com.br>. Obtenido de DEPEC Projetos e Engenharia em São Paulo : [https://depec.com.br/custo-do-m2-de-estruturas-metalicas-no-brasil/#:~:text=Table_title:%20Compara%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pre%C3%A7os%20com%20Outros%20Materiais,R\\$1000%20%7C%20Vantagens:%20Leveza%2C%20est%C3%A9tica%20natural%20%7C](https://depec.com.br/custo-do-m2-de-estruturas-metalicas-no-brasil/#:~:text=Table_title:%20Compara%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pre%C3%A7os%20com%20Outros%20Materiais,R$1000%20%7C%20Vantagens:%20Leveza%2C%20est%C3%A9tica%20natural%20%7C)
- Delgado, V. A. (2025). *Simulación de Esfuerzos en una Viga Sujeta a Diferentes Tipos de Carga*. Obtenido de <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/9185>
- Díaz Guilcamaigua, M. I. (29 de sept de 2023). *Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de Construcción y

evaluación de soportes mecánicos utilizando impresión:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24875>

- Elsayed, M. M.-H.-E. (2011). Análisis de elementos finitos de uniones viga-columna en marcos de acero sometidos a cargas cíclicas. *Revista de ingeniería de Alejandría*, 91-104.
- Eurocodigos CNT76, C. 7. (2024). *Normalización de: CTN 76 - Estructuras metálicas permanentes*. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/comites-tecnicos-de-normalizacion/comite/?c=CTN%2076>
- Gase, M. (4 de AGO de 2023). *La importancia de comprender los códigos AISC y AWS*. Obtenido de <https://www.fabtechexpo.com/news/the-importance-of-understanding-aisc-and-aws-codes#:~:text=La%20norma%20AISC%20360%2C%20Cap%C3%ADulo,para%20edificios%20y%20otras%20estructuras>.
- Hibbeler, R. C. (2024). *Análisis estructural*.
- ISTUR, V. P.-N.-R.-M. (01 de 07 de 2024). *El software de simulación como herramienta para el análisis de estructuras metálicas automotrices*. Obtenido de <https://vlex.ec:https://vlex.ec/vid/software-simulacion-herramienta-analisis-1092079026>
- Jesús, M. G. (24 de 02 de 2025). *Simulación de esfuerzos mecánicos en materiales para la ingeniería*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-81962024000100105&script=sci_arttext&lng=es
- Lemache, I. M. (2024). <http://dspace.unach.edu.ec>. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO : <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/12322/1/TESIS%20MARIELA%20DAMIAN%20LEMACHE.%20MAESTRIA%20SEGURIDAD%20INDUSTRIAL%20MENCION%20PREVENCION%20DE%20RIESGOS%20LABORALES.pdf>
- Liang, C. (2022). Aplicación y perspectiva del análisis de estructuras basado en el método de elementos finitos. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 28.
- Michael, C. (2022). *Elasticidad de los materiales*. Perlego.
- Mineduc. (2025). *Lineamientos de infraestructura educativa para instituciones de educación superior*. Quito: SENESCYT.
- N690-24, N. D. (2024). *EUROCODIGOS*. Obtenido de <https://www.aisc.org/publications/steel-standards/>

- Pachacama, V. A. (2024). *El software de simulación como herramienta para el análisis de estructuras*. ECUADOR: REVISTA CIENTIFICA ITSUR.
- Pérez Martínez, R. L. (2025). Innovaciones en ingeniería civil, materiales sostenibles y estructuras resilientes. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v9i24.137>, 136-158.
- Redalyc, J. M. (07 de 02 de 2024). <https://www.redalyc.org>. Obtenido de Simulación de esfuerzos mecánicos en materiales para la ingeniería: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=726280275005>
- Revista Continente, P. (1 de enero-junio de 2013). Especial Ciencia y Tecnología. Peru, Trujillo, América.
- Shumak, Y. (2002). Solución de problemas de ingeniería con análisis de elementos finitos. *SDC VERIFIER*, <https://sdcverifier.com/articles/what-is-fea/#fea-software-options>.
- Si-Wei, L. R.-L. (2016). Análisis directo de segundo orden de estructuras en forma de cúpula que constan de elementos cónicos con secciones en I. *ASCE*, 5.
- Tanaka, Y. &. (2002). <https://www.kenken.go.jp>. Obtenido de Computational–experimental analysis of steel structures under variable loads. *Journal of Structural Engineering of Japan*: <https://www.kenken.go.jp/english/contents/publications/paper/pdf/147.pdf#:~:text=In%20this%20paper%2C%20the%20technical%20research%20results,in%20this%20research%20paper%20by%20the%20editors>.
- THG, M. (12 de feb. de 2014). *Educate*. Obtenido de <https://www.educate.elsevier.com/>: <https://www.educate.elsevier.com/>
- ULEAM. (2021). *Plan Estratégico Institucional 2021-2026*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- ULEAM. (2022). *Malla curricular y lineamientos académicos de la carrera de Electromecánica*. Universidad Laica de Manabí.
- ULEAM. (2025). *Simulación de Esfuerzos en una Viga Sujeta a Diferentes Tipos de Carga*. El Carmen.
- W., L. Y. (2024). *Energy efficiency evaluation of aluminum-frame windows with insulated glazing filled with helium in educational buildings in Fujian, China*. Sustainability.
- Xuebao, J. (2010). Idealización de un modelo CAD para una simulación mediante el método de elementos finitos. *Researchgate*, 419-441.
- Yuxuan, C. S. (1 de Septiembre de 2023). *Sciencedirect*. Obtenido de Simulación de elementos finitos (EF) de alta precisión sobre el comportamiento

compresivo de una columna cruciforme de acero con imperfección de soldadura:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168874X23000537?utm_source.com

Zeng, C. X. (2020). Comportamiento dinámico de edificios de gran altura: Implementación de un sistema de monitoreo inteligente y análisis. *ASCE*, 4.

ANEXOS

Ilustración 6.

Modelo estructural tridimensional de la cubierta metálica con condiciones de carga y apoyos.

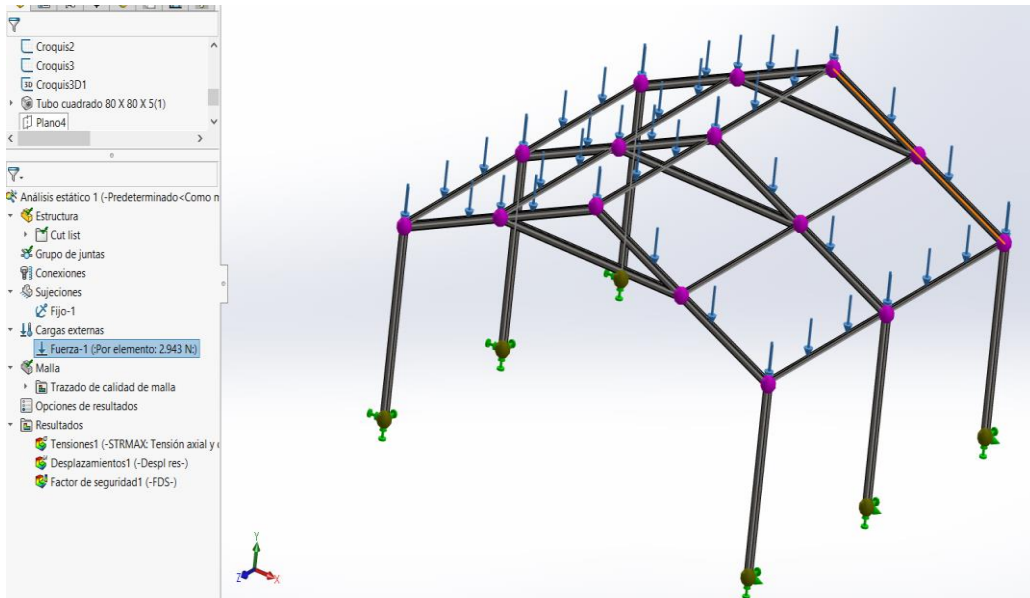


Ilustración 7.

Estructura metálica de cubierta durante el proceso de montaje en obra.





Ángela Muñoz - Victor Vera - copia

4%
Textos sospechosos

4% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos
52% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Ángela Muñoz - Victor Vera - copia.docx
ID del documento: d860d5e75ef925500d9ab9adb359963169b1f227
Tamaño del documento original: 1,05 MB

Depositante: RENE FERNANDO LOPEZ BARBERAN
Fecha de depósito: 4/2/2026
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 4/2/2026

Número de palabras: 6142
Número de caracteres: 43.897

Ubicación de las similitudes en el documento:




Fuentes principales detectadas


Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis Eduardo-Carlos.docx Tesis Eduardo-Carlos #6b8ce4 Viene de de mi grupo 6 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (92 palabras)
2	Tesis Steven-Anthony.docx Tesis Steven-Anthony #480de2 Viene de de mi grupo 9 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (81 palabras)
3	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/9179/1/ULEAM-ELECTM-032.pdf 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (51 palabras)
4	Tesis Alex-Sebastian.docx Tesis Alex-Sebastian #b2265e Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (52 palabras)
5	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/9185/1/ULEAM-ELECTM-036.pdf 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	edtk.co Análisis de esfuerzos y deformaciones en elementos estructurales https://edtk.co/plan/2683	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
2	doi.org Gamificación como estrategia didáctica para fortalecer la motivación aca... https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v8i1.1688	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
3	COOL ALVARADO.pdf COOL ALVARADO #228a12 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/7524/1/ULEAM-ELECTM-002.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: REGISTRO DE MODALIDAD Y TEMA	CÓDIGO: PAT-05-IT-F-002
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS TÉCNICAS Y TECNOLÓGICAS	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 2

DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE		
Facultad/Extensión: Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades		
Carrera: Tecnología Superior en Electromecánica		
Nombres y apellidos del estudiante: Muñoz Álava Ángela Josefa		
Nivel: III	Curso: III	Paralelo: B
Datos Personales:		
Cédula de Ciudadanía: 1312438177	Fecha de Nacimiento: 27/05/1986	
Edad: 39	Sexo: Femenino	Nacionalidad: Ecuatoriana
Estado Civil: Viuda	Certificado de Votación: 95605750	
Lugar de Residencia: barrio San José		
Provincia: Manabí	Cantón: El Carmen	Parroquia: El Carmen
Correos Electrónicos:	1) e1312438177@live.uleam.edu.ec	2) kkrashelita@gmail.com
Teléfono Celular: 0993350235	Teléfono Convencional: N/A	
Discapacidad	Visual: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	Física: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>
	Áuditiva: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	Intelectual: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>
	Psicológica: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	Lengua: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>
	Otras: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: REGISTRO DE MODALIDAD Y TEMA	CÓDIGO: PAT-05-IT-F-002
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS TÉCNICAS Y TECNOLÓGICAS	REVISIÓN: 1
		Página 2 de 2

No.	OPCIÓN DE APROBACIÓN PREVIO A TITULACIÓN	MODALIDAD	TEMA PROPUESTO O NÚCLEO PROBLÉMICO
1	Trabajo de Titulación	Proyecto Integrador	Análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de software de simulación para la carrera de TSE en la Uleam extensión El Carmen
2	Examen de carácter complejo	No Aplica	

RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Este proyecto se centra en la creación y evaluación de el análisis de esfuerzos y deformaciones con software de simulación es una herramienta esencial en la ingeniería estructural moderna para garantizar la seguridad, eficiencia y optimización de las estructuras metálicas. para la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica en la ULEAM, extensión El Carmen, con el objetivo de implementar esta tecnología como una herramienta eficiente y económica en los laboratorios de la carrera.

ARTICULACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON FUNCIONES SUSTANTIVAS

Trabajo de titulación se articula con proyectos y programas de Investigación:	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajo de titulación se articula con proyectos y programas de Vinculación:	<input type="checkbox"/>
Trabajo de titulación se articula con proyectos de asignaturas (Docencia):	<input type="checkbox"/>
Ninguna:	<input type="checkbox"/>

MECANISMO DE DESARROLLO Y PRESENTACIÓN

Trabajo de titulación grupal

TUTOR/A SOLICITADO/A

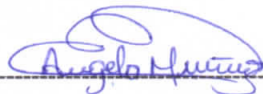
Ing. César Sinchiguano, MSc.
Ing. Fernando López, MSc.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

Nombres del estudiante que postula y presenta la propuesta:


Muñoz Álava Ángela Josefa

Firma:




Nota 1: La aprobación preliminar de este formato, la otorgará el responsable de Titulación, miembro de Comisión Académica.

Nota 2: El formato será llenado y presentado individualmente (por estudiante), firmado en físico, escaneado y subido en el sistema que corresponda en archivo .pdf.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: REGISTRO DE MODALIDAD Y TEMA	CÓDIGO: PAT-05-IT-F-002
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS TÉCNICAS Y TECNOLÓGICAS	REVISIÓN: 1 Página 1 de 2

DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE		
Facultad/Extensión: Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades		
Carrera: Tecnología Superior en Electromecánica		
Nombres y apellidos del estudiante: Víctor Miguel Vera Mendoza.		
Nivel: III	Curso: III	Paralelo: B
Datos Personales:		
Cédula de Ciudadanía: 1720514965	Fecha de Nacimiento: 19/05/1988	
Edad: 37	Sexo: Masculino	Nacionalidad: Ecuatoriana
Estado Civil: Divorciado	Certificado de Votación: 43316430	
Lugar de Residencia: Vía Pedernales Km. 11		
Provincia: Manabí	Cantón: El Carmen	Parroquia: El Carmen
Correos Electrónicos:	1) e1720514965@live.uleam.edu.ec	2) victormiguelvera.2010@hotmail.com
Teléfono Celular: 0988246720	Teléfono Convencional: N/A	
Discapacidad	Visual: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	Física: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>
	Auditiva: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	Intelectual: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>
	Psicológica: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	Lengua: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>
	Otras: <input type="checkbox"/> Grado de Discapacidad: <input type="checkbox"/>	

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: REGISTRO DE MODALIDAD Y TEMA	CÓDIGO: PAT-05-IT-F-002
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS TÉCNICAS Y TECNOLÓGICAS	REVISIÓN: 1 Página 2 de 2

No.	OPCIÓN DE APROBACIÓN PREVIO A TITULACIÓN	MODALIDAD	TEMA PROPUESTO O NÚCLEO PROBLÉMICO
1	Trabajo de Titulación	Proyecto Integrador	Análisis de esfuerzos y deformaciones en una estructura metálica mediante el uso de software de simulación para la carrera de TSE en la Uleam extensión El Carmen
2	Examen de carácter complejo	No Aplica	

RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Este proyecto se centra en la creación y evaluación del análisis de esfuerzos y deformaciones con software de simulación es una herramienta esencial en la ingeniería estructural moderna para garantizar la seguridad, eficiencia y optimización de las estructuras metálicas. para la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica en la ULEAM, extensión El Carmen, con el objetivo de implementar esta tecnología como una herramienta eficiente y económica en los laboratorios de la carrera

ARTICULACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON FUNCIONES SUSTANTIVAS

Trabajo de titulación se articula con proyectos y programas de Investigación:
 Trabajo de titulación se articula con proyectos y programas de Vinculación:
 Trabajo de titulación se articula con proyectos de asignaturas (Docencia):
 Ninguna:

X

MECANISMO DE DESARROLLO Y PRESENTACIÓN

Trabajo de titulación grupal

TUTOR/A SOLICITADO/A

Ing. César Sinchiguano, MSc.
 Ing. Fernando López, MSc.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

Nombres del estudiante que postula y presenta la propuesta:

Víctor Miguel Vera Mendoza

Firma:



Nota 1: La aprobación preliminar de este formato, la otorgará el responsable de Titulación, miembro de Comisión Académica.

Nota 2: El formato será llenado y presentado individualmente (por estudiante), firmado en físico, escaneado y subido en el sistema que corresponda en archivo .pdf.