



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Diseño Y Simulación De Una Cisterna Móvil Para La Carrera De
Electromecánica En La Uleam Extensión El Carmen

Autores:

Miguel Homero Alcívar Cevallos
César Nahin Álvarez Alvarado

Tutor(a):

Ing. César Sinchiguano, MSc.

Unidad Académica:

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

Carrera:

Tecnología Superior en Electromecánica.

El Carmen, 21 de septiembre de 2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-05-IT-001-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS TÉCNICAS Y TECNOLÓGICAS	VERSIÓN: 3
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Titulación bajo la autoría del estudiante MIGUEL HOMERO ALCÍVAR CEVALLOS legalmente matriculado/a en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 144 horas, cuyo tema del proyecto es "Diseño y simulación de una cisterna móvil destinada a la carrera de Electromecánica en la ULEAM, Extensión El Carmen."

El presente trabajo de titulación ha sido desarrollado en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, El Carmen de 18 de agosto 2025.

Lo certifico,



Ing. César Sinchiguano, M.Sc
Docente Tutor(a)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

Miguel Homero Alcívar Cevallos, César Nahin Álvarez Alvarado

Estudiante(s) de la Carrera de **Tecnología Superior en Electromecánica**, declaro(amos) bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**”, previa a la obtención del Título de Diseño y Simulación , 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, ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Miguel Homero Alcívar Cevallos

César Nahin Álvarez Alvarado

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del tribunal examinador aprueban el trabajo de titulación con modalidad proyecto integrador, titulado **“Diseño y simulación de una Cisterna móvil para la carrera de Electromecánica en la Uleam extensión el Carmen”** de su(s) autor(es): Miguel Homero Alcívar Cevallos, Cesar Nahin Álvarez Alvarado de la carrera “Tecnología Superior en Electromecánica” y como tutor (a) del trabajo el/la **Cesar Sinchiguano, MSc**

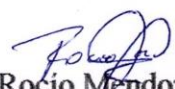
EL Carmen Septiembre 2025



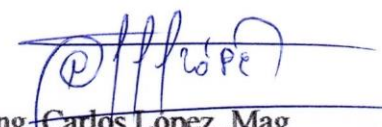
Ing. Bladimir Mora, Mag
PRESIDENTE TRIBUNAL



Ing. Cesar Sinchiguano
TUTOR(A)



Ing. Rocio Mendoza, Mag
PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL



Ing. Carlos Lopez, Mag
SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

El autor/los autores

César Nahin Álvarez Alvarado

Agradezco a y a los docentes, los encargados de todo mi aprendizaje durante mis estudios.

Miguel Homero Alcívar Cevallos

Agradezco profundamente a mi familia por su amor y apoyo incondicional, a mis docentes por guiarme con paciencia y sabiduría, y a mis amigos por estar siempre presentes en este camino. Cada uno dejó una huella en este logro.

DEDICATORIA

El autor/los autores

César Nahin Álvarez Alvarado

A una persona muy importante la cual ya no se encuentra en este plano terrenal, a mis compañeros por los momentos vividos y a mi familia por su apoyo, esfuerzo y amor incondicional.

Miguel Homero Alcívar Cevallos

A mi familia, por ser mi refugio en los días difíciles y mi mayor fuente de fuerza. A quienes creyeron en mí, incluso cuando yo dudaba. Esta meta también es suya.

RESUMEN

La presente tesis aborda la necesidad de desarrollar una solución técnica para el transporte eficiente de líquidos, mediante el diseño y simulación de una cisterna móvil electromecánica. Esta necesidad surge ante la falta de sistemas integrados que combinen criterios estructurales, operativos y pedagógicos, particularmente en el contexto de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la ULEAM Extensión El Carmen. El objetivo general fue diseñar y simular un tanque móvil funcional, utilizando herramientas CAD y de simulación computacional. La metodología incluyó tres etapas: recopilación de requerimientos técnicos, modelado 3D en SolidWorks y validación mediante análisis estructurales y de dinámica de fluidos. Los resultados evidenciaron un esfuerzo máximo de 42.47 MPa, una deformación de apenas 0.21 mm y un factor de seguridad de 4.9, lo que confirma la viabilidad del diseño. Además, la simulación del llenado permitió visualizar el comportamiento del fluido, aportando valor formativo. Se concluye que el diseño cumple con los requisitos técnicos y puede ser implementado o utilizado como recurso pedagógico para fortalecer la formación práctica de los estudiantes.

PALABRAS CLAVE

Cisterna móvil, diseño CAD, simulación estructural, dinámica de fluidos, CFD.

ABSTRACT

This thesis addresses the need to develop a technical solution for the efficient transportation of liquids through the design and simulation of a mobile electromechanical tank. This need arises from the absence of integrated systems that combine structural, operational, and pedagogical criteria, particularly within the context of the Electromechanical Technology program at ULEAM – El Carmen Extension. The general objective was to design and simulate a functional mobile tank using CAD tools and computational simulation. The methodology included three stages: collection of technical requirements, 3D modeling in SolidWorks, and validation through structural and fluid dynamics simulations. The results showed a maximum stress of 42.47 MPa, a deformation of only 0.21 mm, and a safety factor of 4.9, confirming the structural feasibility of the design. In addition, the fluid filling simulation provided insight into the internal flow behavior, adding educational value. It is concluded that the design meets the established technical requirements and can be implemented or used as a pedagogical resource to strengthen students' practical training.

KEYWORDS

Mobile tank, CAD design, structural simulation, fluid dynamics, CFD.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
PALABRAS CLAVE	VI
ABSTRACT.....	VII
KEYWORDS.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. METODOLOGÍA	5
1.4.1. Procedimiento	5
1.4.2. Técnicas	6
1.4.3. Métodos	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. DEFINICIONES	8
2.2. ANTECEDENTES.....	11
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS	13
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	15
3.1. DESARROLLO	15
3.1.1. Descripción de la propuesta.....	15
3.1.2. Etapas	22

3.1.3. Presupuesto.....	25
3.2. RESULTADOS	25
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
4.1. CONCLUSIONES	28
4.2. RECOMENDACIONES	29
BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXOS	32

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Extracto de la tabla nacional de pesos y dimensiones de vehículos motorizados.....	16
Ilustración 2. Modelo 3D del tanque.....	18
Ilustración 3. Vista inferior del tanque con sus apoyos.....	19
Ilustración 4. Vista interna del tanque mostrando el rompeolas central.	19
Ilustración 5. Gráfico de contornos con la distribución de esfuerzos en todo el tanque.	20
Ilustración 6. Gráfico de contornos de las deformaciones del tanque.....	21
Ilustración 7. Gráfico de contornos con la distribución del factor de seguridad en cada punto del tanque.....	21
Ilustración 8. Secuencia de llenado del tanque en el plano central vertical longitudinal.	22
Ilustración 9. Resumen de los parámetros de diseño. ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 10. Malla computacional del tanque.	32
Ilustración 11. Distribución de cargas en rojo y de apoyos en verde.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de parámetros de diseño..... 17

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El diseño y la simulación se han convertido en herramientas fundamentales en el ámbito tecnológico, permitiendo optimizar procesos, reducir costos y mejorar la eficiencia de sistemas electromecánicos. En el contexto de la Tecnología Superior en Electromecánica, estas metodologías adquieren especial relevancia, ya que facilitan la creación de prototipos virtuales antes de su implementación física. Mediante software especializado, es posible analizar el comportamiento de los diseños bajo diversas condiciones, asegurando su funcionalidad y durabilidad. En este sentido, el presente trabajo empleará técnicas de diseño asistido por computadora (CAD) y simulación para desarrollar una solución innovadora que responda a las necesidades específicas de la carrera. De esta manera, se busca fortalecer las competencias prácticas de los estudiantes, alineadas con las demandas del sector industrial (ESSS, 2023).

La implementación de una cisterna móvil representa una solución versátil y eficiente para el transporte y almacenamiento de líquidos, con aplicaciones en diversos sectores, como el agrícola, industrial y de servicios. En el campo de la electromecánica, este tipo de sistemas requiere la integración de componentes mecánicos, eléctricos y de control, lo que lo convierte en un proyecto idóneo para aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera. El modelo propuesto no solo busca cumplir con funciones prácticas, sino también incorporar innovaciones que mejoren su autonomía, seguridad y facilidad de operación. De esta manera, el proyecto se alinea con las necesidades tecnológicas actuales, ofreciendo un prototipo que puede ser adaptado a diferentes contextos y requerimientos (Tecnotanques, 2025).

En el ámbito del diseño de cisternas móviles, existen investigaciones y proyectos previos que han sentado bases importantes para el desarrollo de sistemas similares. Un ejemplo destacado es el Trabajo de Final de Grado realizado para el diseño de una cisterna destinada al transporte de combustible de aviación dentro de aeropuertos, el cual abordó aspectos clave como la geometría, resistencia estructural y normativas ADR (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera). Dicho estudio utilizó herramientas de simulación para validar el diseño y garantizar la integridad del sistema, además de incluir un análisis económico para determinar su viabilidad.

Aunque este proyecto se enfocó en un contexto aeronáutico, su metodología, basada en normativas, simulación por software y evaluación de costos, resulta relevante para el presente trabajo, adaptando sus principios a las necesidades específicas de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la ULEAM Extensión El Carmen (Portolés, 2017).

El desarrollo de una cisterna móvil en el contexto académico de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica adquiere gran relevancia, ya que no solo fortalece las competencias técnicas de los estudiantes en diseño, simulación e integración de sistemas electromecánicos, sino que también responde a necesidades prácticas de la industria local. Este tipo de proyectos fomenta la aplicación de conocimientos teóricos en situaciones reales, promoviendo la innovación y el desarrollo de soluciones tecnológicas adaptables a diversos sectores productivos. Además, al incorporar normativas de seguridad y eficiencia energética, el proyecto contribuye a la formación de profesionales conscientes de los estándares de calidad y sostenibilidad. La implementación de este prototipo podría servir como modelo para futuras investigaciones o aplicaciones comerciales, generando un impacto positivo tanto en el ámbito educativo como en el productivo de la región.

Aunque este proyecto se enfoca exclusivamente en la parte mecánica, e diseño y simulación de una cisterna móvil guarda una estrecha relación con la Tecnología Superior en Electromecánica, ya que integra conocimientos fundamentales de ambas disciplinas: los principios mecánicos para la estructura y movilidad del sistema, y los componentes eléctricos y de automatización para su funcionamiento óptimo. Esta iniciativa permite a los estudiantes aplicar competencias clave de la carrera, como el manejo de software CAD/CAM, análisis de esfuerzos mecánicos, selección de materiales, entre otros. Además, al abordar un proyecto tangible desde la fase de diseño hasta la simulación, se fortalece el perfil profesional de los futuros tecnólogos, capacitándolos para resolver problemas complejos en el campo industrial. De esta manera, el trabajo no solo se alinea con el plan de estudios, sino que también potencia habilidades prácticas demandadas en el sector laboral actual.

1.1. PROBLEMA

En la actualidad, el transporte y almacenamiento de líquidos en la región de El Carmen presenta importantes limitaciones técnicas y operativas. Muchas de las cisternas utilizadas en sectores agrícolas, industriales y de servicios, e incluso en el transporte de agua a domicilios, son equipos obsoletos que no incorporan tecnologías electromecánicas modernas, lo que genera problemas de eficiencia, seguridad en el transporte y control preciso de los fluidos. Estas limitaciones se traducen en mayores costos operativos, riesgos de derrames, contaminación del fluido transportado y un mantenimiento frecuente que afecta la productividad. Además, en el ámbito académico de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, se detecta una carencia de proyectos integradores que permitan a los estudiantes aplicar simultáneamente conocimientos de mecánica, electricidad y automatización en el desarrollo de soluciones tecnológicas funcionales. Esta desconexión entre la formación teórica y las necesidades del sector productivo local evidencia la necesidad de desarrollar prototipos innovadores que sirvan como puente entre el aula y la industria.

Ante esta situación, surge la necesidad de desarrollar una cisterna móvil electromecánica que solucione estas deficiencias técnicas y al mismo tiempo sirva como herramienta pedagógica para los estudiantes. El problema central radica en la ausencia de un sistema integrado que combine: un diseño estructural óptimo mediante herramientas CAD, un análisis de resistencia mediante simulaciones por elementos finitos, criterios de movilidad y seguridad acordes a las necesidades regionales. Esta problemática es particularmente relevante para la ULEAM Extensión El Carmen, donde se requiere fortalecer los proyectos aplicados de la carrera de Electromecánica, demostrando cómo la tecnología puede ofrecer soluciones prácticas a desafíos reales de la industria local, mientras se forman profesionales con competencias técnicas actualizadas.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de esta cisterna móvil adquiere especial relevancia académica al constituirse como un proyecto integrador que sintetiza los conocimientos fundamentales de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica. Este trabajo permite aplicar de manera

práctica contenidos curriculares esenciales como: diseño mecánico asistido por computadora (CAD), principios de hidráulica básica, análisis de esfuerzos mediante simulación, selección de materiales, automatización de sistemas y control electromecánico. Al abordar un proyecto tangible desde su fase conceptual hasta la validación por simulación, se fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo a los estudiantes desarrollar competencias técnicas demandadas en el sector industrial. Además, el prototipo servirá como referente para futuros trabajos académicos y como material didáctico para prácticas de laboratorio, enriqueciendo así el proceso formativo de las nuevas generaciones de tecnólogos electromecánicos.

Desde la perspectiva tecnológica, este proyecto introduce innovaciones significativas al integrar soluciones electromecánicas avanzadas en el diseño de cisternas móviles. La implementación de sistemas de control automatizado para el monitoreo de niveles, válvulas de seguridad electromagnéticas y sensores de presión representa un avance frente a los modelos convencionales. Tecnológicamente, el proyecto es relevante porque emplea herramientas de simulación digital para optimizar el diseño estructural, reduciendo costos de prototipo físico y permite probar diferentes materiales para observar el desempeño y la resistencia de la cisterna. Estas características no solo elevan los estándares de eficiencia y seguridad del equipo, sino que además demuestran cómo la convergencia de tecnologías mecánicas y eléctricas puede generar soluciones más robustas y versátiles para la industria regional, posicionando a los estudiantes a la vanguardia de las aplicaciones electromecánicas.

El presente trabajo se enmarca dentro de la línea de investigación institucional “Ingeniería, Industria, Construcción, Urbanismo y Arquitectura para un Desarrollo Sustentable y Sostenible”, al proponer una solución técnica orientada al diseño y simulación de un sistema de transporte eficiente para líquidos. La cisterna móvil electromecánica diseñada responde a necesidades reales del entorno productivo, con un enfoque práctico que integra el uso de herramientas digitales, criterios estructurales, y principios de sostenibilidad en el diseño. Al no requerir una implementación física inmediata, pero sí validar su funcionalidad mediante simulación computacional, se promueve la optimización de recursos, la innovación en procesos de formación tecnológica y el desarrollo de soluciones replicables para contextos rurales o industriales.

De esta forma, el proyecto contribuye al fortalecimiento de capacidades en el ámbito de la ingeniería aplicada, alineándose con los objetivos de desarrollo sustentable y sostenible impulsados por la institución.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y simular una cisterna móvil electromecánica funcional, mediante herramientas CAD y simulaciones computacionales

1.3.2. Objetivos específicos

Documentar los requerimientos funcionales, y parámetros operativos necesarios para el diseño de la cisterna móvil.

Desarrollar el modelo 3D de la cisterna móvil utilizando software CAD.

Realizar pruebas virtuales mediante la utilización de software de simulación especializado.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

El desarrollo del proyecto se ejecutará mediante la siguiente secuencia metodológica, alineada directamente con los objetivos específicos planteados:

- ❖ Fase de Recopilación de Datos (Corresponde al Objetivo Específico 1)
 - Paso 1.1: Documentación de los requerimientos técnicos
 - Paso 1.2: Determinación de parámetros críticos
 - Paso 1.3: Selección preliminar de materiales
- ❖ Fase de Diseño Electromecánico (Corresponde al Objetivo Específico 2)
 - Paso 2.1: Modelado 3D de la estructura principal en software CAD considerando.
 - Paso 2.2: Obtención de planos de la estructura principal
- ❖ Fase de Simulación y Validación (Corresponde al Objetivo Específico 3)

- Paso 3.1: Análisis estructural mediante software de simulación estructural
- Paso 3.2: Simulación de comportamiento de fluidos
- Paso 3.4: Análisis de los resultados obtenidos

1.4.2. Técnicas

Modelado CAD 3D (Computer-Aided Design)

Fundamentación: El modelado 3D es el proceso de crear una representación digital tridimensional de un objeto usando software CAD. Este software emplea algoritmos para generar una malla de polígonos, formada por vértices conectados por aristas, que definen la superficie del objeto. Esta técnica permite visualizar con precisión cualquier forma, desde las más simples hasta las más complejas (EBAC, 2023).

Su implementación fue crucial porque permite:

- Visualizar dimensionalmente la cisterna antes de su fabricación
- Detectar interferencias entre componentes mecánicos y eléctricos
- Generar planos técnicos precisos para posibles fabricaciones futuras
- Facilitar modificaciones iterativas del diseño con bajo costo

Se aplicó específicamente para desarrollar la estructura principal de la cisterna, los soportes de montaje y la disposición espacial de los componentes electromecánicos.

Simulación por Elementos Finitos (FEA - Finite Element Analysis)

Fundamentación: El análisis de elementos finitos (FEA) es un método computarizado que predice el comportamiento de un producto ante fuerzas, vibraciones, calor y flujo de fluidos. Permite simular si un producto se romperá, desgastará o funcionará correctamente en condiciones reales. Funciona dividiendo el objeto en miles de pequeños "elementos finitos", calculando el comportamiento de cada uno con ecuaciones matemáticas y luego sumando estos resultados individuales para predecir el comportamiento general del objeto (Autodesk, 2025).

Esta técnica fue fundamental para:

- Validar la resistencia estructural bajo cargas operativas.
- Identificar puntos críticos de tensión en la estructura
- Optimizar el espesor de materiales para reducir peso sin comprometer seguridad
- Simular condiciones extremas

Se aplicó específicamente en la fase de validación técnica, analizando el comportamiento del diseño ante:

- Esfuerzos estáticos (peso del líquido a 100% capacidad)
- Cargas dinámicas (movimiento del fluido durante transporte)
- Presiones internas según tipo de fluido

1.4.3. Métodos

Método de Diseño Iterativo

Fundamentación: El diseño iterativo es un enfoque en el desarrollo de productos que, en lugar de seguir un proceso lineal, se basa en ciclos repetitivos de diseño. Comienza con una versión inicial que se prueba y evalúa para obtener retroalimentación. Con base en estos resultados, se realizan mejoras y modificaciones para crear una nueva versión. Este ciclo se repite hasta alcanzar el producto deseado, permitiendo incorporar continuamente comentarios de usuarios y pruebas para identificar problemas y oportunidades de mejora (3DALIA, 2023).

Este método se implementó en todas las fases de desarrollo del proyecto por su capacidad para:

- Permitir mejoras progresivas mediante ciclos de diseño-evaluación-optimización
- Reducir riesgos técnicos al detectar errores en etapas tempranas
- Adaptarse a cambios en requerimientos durante el proceso

Se aplicó específicamente en:

- Modificaciones geométricas del tanque principal tras análisis de simulación
- Ajustes en la ubicación de componentes electromecánicos tras las pruebas
- Optimización del sistema de basado en resultados de pruebas virtuales

Método de Prototipado Virtual

Fundamentación: El prototipado digital es una técnica que permite crear y probar una versión virtual de un producto o servicio antes de su fabricación real. Utilizando software especializado, los equipos pueden manipular y evaluar modelos digitales, obteniendo una visión clara del funcionamiento final y detectando posibles problemas tempranamente. Además, facilita la colaboración y la recopilación de comentarios, ahorrando tiempo y recursos y asegurando la calidad en campos como la ingeniería, la fabricación y el diseño (MCAD, 2022).

Este método fue esencial al permitir:

- Reducir costos al evitar fabricación física de múltiples prototipos
- Evaluar múltiples escenarios operativos mediante modelos digitales
- Generar datos técnicos cuantitativos para la validación del diseño

Su aplicación cubrió:

- Pruebas de resistencia estructural mediante FEA
- Simulación de condiciones dinámicas de transporte
- Validación del sistema

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

Diseño y simulación en Electromecánica

Conceptos Fundamentales del Diseño Electromecánico

El diseño electromecánico integra principios de mecánica, electricidad y control para crear sistemas funcionales. En este proyecto, el proceso inicia con la definición de

parámetros críticos como capacidad, presión de trabajo y condiciones ambientales, que determinan la selección de materiales y configuración estructural. El uso de herramientas CAD permite transformar estos requerimientos en modelos digitales precisos, facilitando la visualización tridimensional y la detección temprana de incompatibilidades entre componentes (Quintero & Castro, 2024).

Diseño Asistido por Computadora

Las plataformas de diseño CAD (como SolidWorks o Inventor) ofrecen capacidades avanzadas para modelado paramétrico, ensamblajes virtuales y generación de planos técnicos. Estas herramientas son esenciales para optimizar la geometría de la cisterna, definir puntos de anclaje para equipos electromecánicos y garantizar que el diseño cumpla con normativas internacionales. La interoperabilidad entre software de diseño y análisis estructural reduce significativamente los tiempos de desarrollo (Rojas & Rojas, 2014).

Principios de Simulación Numérica

La simulación por elementos finitos (FEA) analiza el comportamiento estructural bajo diversas condiciones de carga, identificando zonas críticas de tensión y deformación. Este enfoque computacional permite evaluar escenarios complejos como vibraciones durante el transporte o presiones hidrostáticas, sin necesidad de prototipos físicos. La correlación entre datos simulados y teóricos valida la robustez del diseño antes de su implementación (Laín, García, Quintero, & Orrego, 2008).

Análisis de Fluidos Computacional (CFD)

Para cisternas móviles, el estudio del movimiento interno del líquido (sloshing) es crucial para garantizar estabilidad dinámica. Las simulaciones CFD modelan patrones de flujo, fuerzas de inercia y distribución de presiones, permitiendo ajustes en deflectores internos o geometría del tanque. Esta técnica prevé comportamientos riesgosos como sobrepresiones o desequilibrios durante frenados bruscos (Lozano, 2019).

Cisternas móviles

Configuración Estructural Básica

Las cisternas móviles son sistemas de almacenamiento y transporte diseñados para mantener líquidos de manera segura durante su traslado. Su estructura típica incluye un

cuerpo cilíndrico o elíptico, fabricado en acero grado comercial o aluminio, con refuerzos internos que garantizan integridad estructural. El diseño debe considerar factores como capacidad volumétrica, peso máximo autorizado y resistencia a vibraciones, cumpliendo con normativas internacionales para transporte de líquidos (Fernandez Aedo, 2024).

Sistemas de Seguridad y Contención

Un componente crítico en cisternas móviles es su sistema de seguridad, que incluye válvulas de alivio de presión, dispositivos antiderrame y protecciones contra impactos. Los deflectores internos son elementos clave para controlar el movimiento del líquido (efecto sloshing) durante aceleraciones o frenados, mejorando la estabilidad dinámica del conjunto. Estos elementos deben diseñarse para operar incluso en condiciones de emergencia (Carbis Loadtec, 2016).

Componentes Electromecánicos Integrados

La modernización de cisternas móviles incorpora sistemas automatizados para monitoreo y control. Sensores de nivel (ultrasónicos o por presión), actuadores eléctricos para válvulas de control y sistemas de adquisición de datos permiten operación precisa y registro de parámetros críticos. Estos componentes se integran en una red de control que puede incluir interfaces hombre-máquina (HMI) para supervisión en tiempo real (Technoton, 2025).

Consideraciones de Movilidad y Operación

El diseño debe optimizar la relación peso-capacidad para cumplir con regulaciones vehiculares locales. Factores como centro de gravedad, aerodinámica y distribución de masas afectan directamente el rendimiento durante el transporte. Se implementan sistemas de sujeción del líquido que minimizan transferencias de masa durante maniobras, mejorando seguridad vial y eficiencia operativa (Luyi, 2024).

Materiales y Protección Ambiental

La selección de materiales considera resistencia a la corrosión, durabilidad y compatibilidad con el líquido transportado. Para aplicaciones con sustancias peligrosas, se emplean recubrimientos especiales y sistemas de doble contención. El diseño ecológico moderno incorpora características como recuperación de vapores y sistemas de limpieza

automatizados, reduciendo el impacto ambiental durante operaciones de carga y descarga (Fernandez Aedo, 2022).

2.2. ANTECEDENTES

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM)

La ULEAM es una institución de educación superior pública fundada en 1985, reconocida por su compromiso con el desarrollo científico y tecnológico de la región manabita. Con sede principal en Manta, la universidad ha expandido su cobertura mediante extensiones universitarias, ofreciendo programas académicos alineados con las necesidades productivas del Ecuador. La ULEAM se destaca por su enfoque en investigación aplicada y vinculación con la sociedad, contando con infraestructura moderna y convenios estratégicos con el sector industrial (ULEAM, 2020).

ULEAM Extensión El Carmen

Ubicada en el cantón El Carmen, esta extensión universitaria fue creada para democratizar el acceso a educación superior de calidad en la zona norte de Manabí. Inició operaciones en [año de creación] y actualmente ofrece carreras técnicas y tecnológicas diseñadas para potenciar el desarrollo agroindustrial y manufacturero de la región. La extensión cuenta con laboratorios especializados, talleres prácticos y un plantel docente con experiencia en sectores productivos locales, fortaleciendo el perfil profesional de sus egresados (ULEAM, 2025).

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Este programa académico, con duración de 4 semestres, forma profesionales capaces de integrar conocimientos mecánicos y eléctricos para mantener, operar y optimizar sistemas industriales (ULEAM, 2025). El plan de estudios combina fundamentos teóricos con prácticas en entornos reales, incluyendo módulos de:

- Diseño mecánico asistido por computadora
- Automatización industrial
- Mantenimiento de sistemas electromecánicos
- Gestión de proyectos tecnológicos

Situación Local en El Carmen

Contexto de Cisternas en la Zona

En El Carmen, la flota existente de tanqueros se compone principalmente de unidades para distribución de agua potable, muchas de las cuales presentan deterioro avanzado en sus estructuras y sistemas. Estos equipos carecen de mantenimiento adecuado, mostrando problemas de corrosión, fugas y sistemas de válvulas obsoletos. Adicionalmente, operan sin tecnología de monitoreo, dependiendo completamente de revisiones manuales. Su diseño no ha sido optimizado para las particulares condiciones viales de la zona, caracterizadas por vías secundarias con pendientes pronunciadas y superficies irregulares.

Usos Especializados Limitados

Se observan dos variantes mejor construidas pero escasas:

- **Tanques de acero inoxidable** para transporte de leche, propiedad de cooperativas lácteas locales. Estos presentan mejores condiciones, pero son adaptaciones de diseños genéricos no específicos para la región.
- **Cisternas de combustible** que solo operan para abastecimiento de estaciones de servicio, pertenecientes a empresas petroleras nacionales. Estos equipos, aunque mejor mantenidos, no son de fabricación local ni responden a necesidades particulares del territorio carmelita.

Ausencia de Desarrollo Tecnológico Local

Hasta la fecha, no se registran iniciativas académicas o empresariales en El Carmen que hayan abordado:

- El diseño optimizado de cisternas para condiciones locales
 - La simulación computacional de estructuras para estos fines
 - La integración de sistemas electromecánicos avanzados
- La ULEAM El Carmen no cuenta con prototipos previos en esta línea, siendo este

proyecto pionero en aplicar herramientas de ingeniería (CAD/FEA) al problema del transporte de líquidos en la zona.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

En el contexto europeo, uno de los trabajos más relevantes relacionados con el diseño y simulación, titulado *“Análisis, cálculo y diseño de un sistema rompeolas en una cisterna para el transporte de octano por carretera aplicado a la normativa ADR 2021”*. Este estudio, ejecutado en el marco normativo de la Unión Europea, se enfoca en el diseño de rompeolas internos en cisternas utilizadas para el transporte de líquidos peligrosos, como el octano, cumpliendo con las regulaciones establecidas por el Acuerdo ADR. El autor realiza un análisis técnico que incluye diseño CAD, simulación en SolidWorks, y aplicación de métodos de elementos finitos para evaluar la respuesta del fluido ante situaciones de frenado brusco o perturbaciones dinámicas. Aunque su enfoque está dirigido al transporte de mercancías peligrosas, su metodología de simulación estructural y análisis de comportamiento interno del fluido guarda relación directa con el presente trabajo, especialmente en lo referente a la inclusión de elementos rompeolas para mejorar la estabilidad del líquido en movimiento (Sánchez, 2022).

Otro trabajo relevante dentro del continente americano es la titulada *“Propuesta de una estación móvil ‘cisterna’ para el abastecimiento de combustibles líquidos en la empresa minera San Andrés – Potosí”*, desarrollada en Bolivia. Este estudio plantea una solución técnica y económica para optimizar el suministro de diésel en operaciones mineras mediante la implementación de un tanque móvil con capacidad de 20,000 litros. La propuesta incluye un análisis detallado de consumo, viabilidad financiera y cumplimiento normativo, lo que permitió justificar su factibilidad dentro del entorno industrial. Aunque el enfoque de esta monografía se centra en el abastecimiento de combustibles, guarda relación con el presente trabajo al abordar el diseño de una unidad móvil de almacenamiento y distribución de líquidos. Además, resalta la importancia de adaptar soluciones de ingeniería a necesidades operativas específicas, tal como se propone en el diseño de la cisterna para la carrera de Electromecánica (Rodríguez, 2024).

En el contexto nacional, un trabajo destacado es el titulado “*Análisis del comportamiento fluido-estructural en condiciones dinámicas de un tanquero con capacidad de 10,000 gal, para el transporte de combustible, utilizando el método computacional transitorio*”. Este estudio, realizado en otra provincia del Ecuador, aborda la interacción fluido-estructura en tanques móviles mediante simulaciones avanzadas en el software LS-DYNA, utilizando la metodología ALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian) para modelar el fenómeno de *sloshing* durante frenadas y giros bruscos del camión. Aunque el enfoque está dirigido al transporte de combustible, el uso de herramientas de simulación computacional y el análisis del comportamiento dinámico del fluido en un tanque móvil tiene una estrecha relación con la presente tesis. Este trabajo demuestra cómo las simulaciones virtuales permiten optimizar geometrías y mejorar el diseño estructural para garantizar la seguridad operativa, al igual que lo propuesto en el presente estudio mediante SolidWorks (Hernández, 2021).

Tras una revisión exhaustiva de literatura en bases de datos académicas de universidades locales y nacionales, así como en repositorios digitales de acceso público, no se encontraron trabajos previos desarrollados en otros cantones de la provincia de Manabí que aborden el diseño, simulación o análisis de cisternas móviles para el transporte de líquidos. Esta ausencia de antecedentes evidencia una brecha temática importante en la región, lo cual resalta la pertinencia y originalidad del presente proyecto. La falta de estudios similares en el ámbito local refuerza la necesidad de propuestas tecnológicas aplicadas como la desarrollada en esta tesis, orientadas a resolver problemáticas reales y fortalecer la formación técnica de los estudiantes en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. DESARROLLO

En esta sección se presenta el desarrollo práctico de la propuesta orientada al diseño y simulación de una cisterna móvil electromecánica, en respuesta a las necesidades identificadas en el Capítulo I. El proceso se centró en el cumplimiento progresivo de los objetivos específicos, iniciando con la recopilación de información técnica y operativa, seguida del modelado tridimensional del tanque, y culminando con simulaciones estructurales y de comportamiento de fluidos. Todas las actividades se enmarcan dentro de un enfoque técnico-aplicado, propio del nivel de formación tecnológica, y permiten demostrar la viabilidad del diseño propuesto como herramienta pedagógica y solución práctica.

El desarrollo de la propuesta se dividió en tres fases principales: recopilación de datos técnicos, diseño CAD del tanque y simulación computacional. Cada fase fue ejecutada utilizando herramientas de software especializadas, como SolidWorks, que permitieron modelar con precisión el sistema y evaluar su comportamiento ante condiciones de carga y operación. Si bien el proyecto no contempló la construcción física del prototipo, la validación virtual mediante simulaciones estructurales y de flujo de agua proporcionó los elementos necesarios para garantizar la funcionalidad, seguridad y aplicabilidad del diseño dentro del contexto educativo y técnico de la carrera. En los apartados siguientes se detalla el proceso seguido en cada etapa.

3.1.1. Descripción de la propuesta

La propuesta presentada en este trabajo tiene como finalidad diseñar y simular una cisterna móvil electromecánica que sirva como referencia técnica para su aplicación en contextos reales, así como para el fortalecimiento de procesos formativos en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica. El desarrollo de esta propuesta se abordó de manera progresiva a través de tres objetivos específicos, iniciando con el levantamiento de requerimientos técnicos, seguido por el modelado en CAD del tanque, y finalmente con simulaciones estructurales y de dinámica de fluidos. Cada uno de estos pasos permitió validar la factibilidad técnica del diseño, optimizando tanto su funcionalidad como su adaptabilidad al tipo de camión disponible en la región.

Descripción del Objetivo Específico 1: Documentar los requerimientos funcionales y parámetros operativos necesarios para el diseño de la cisterna móvil.

Para cumplir este objetivo se llevó a cabo una recopilación de datos técnicos relacionados con el transporte de agua en la región, considerando camiones de tipo 2DB, según la normativa de la aduana del Ecuador, los cuales son comúnmente utilizados para carga líquida como agua o leche. Se estableció que el tanque debe ser de estructura circular dado que son los más comunes en la zona, con una capacidad óptima del tanque de 10 m³, dado que se encuentra dentro de los límites permitidos, por debajo de los 4000 galones que transportan comúnmente los camiones para combustible (no hay normativa para otros tipos de fluidos), y resulta apropiada para aplicaciones de uso agrícola, sanitario o comunitario en zonas rurales.

Ilustración

1.

Extracto de la tabla nacional de pesos y dimensiones de vehículos motorizados.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB			CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10

Nota: Recuperado de Aduana del Ecuador, 2025: https://www.aduana.gob.ec/archivos/Boletines/tabla_nacional_de_pesos_y_dimensiones.pdf

También se identificaron las condiciones geométricas del camión: una longitud total de 12.2 metros, con una cabina de 2.5 metros, dejando un espacio útil de 9.7 metros para el tanque. Con base en estos datos, se definieron los parámetros críticos de diseño: capacidad volumétrica, restricciones dimensionales, distribución de carga, centro de gravedad bajo, tipo de material (acero AISI 304 por sus propiedades anticorrosivas y compatibilidad alimentaria) y espesor de 4 mm que es típico de este tipo de aplicaciones. Además, se incorporaron requerimientos funcionales como una lámina rompeolas interna, bocas de entrada, boca de salida, y sistemas de sujeción.

Dado que el ancho del camión es de 2.5 metros, se elige un diámetro de tanque

Los datos para el diseño se resumen de la siguiente manera:

Tabla

1.

Resumen de parámetros de diseño.

Parámetro	Valor	Justificación
Longitud total del camión	12.2 [m]	Máximo valor permitido
Longitud de la cabina	2.5 [m]	Máximo valor permitido
Longitud disponible para el tanque	9.7 [m]	Máximo valor permitido
Diámetro del tanque	1.2 [m]	Valor menor al ancho de cabina. Centro de gravedad más bajo
Longitud del tanque	8.84 [m]	Valor calculado a partir del volumen de un cilindro
Espesor de lámina	4 [mm]	Valor típico en aplicaciones en este rango de volúmenes
Material	AISI 304	Acero inoxidable típico en construcción de tanques y cisternas

Descripción del Objetivo Específico 2: Desarrollar el modelo 3D de la cisterna móvil utilizando software CAD.

Con base en los requerimientos establecidos, se procedió al modelado tridimensional del tanque en SolidWorks, con una forma cilíndrica horizontal de diámetro 1.2 m, lo cual permite mantener un centro de gravedad relativamente bajo. A partir de esta dimensión y respetando el volumen de 10 m³, se calculó una longitud efectiva de 8.84 metros, que se adapta perfectamente al espacio disponible detrás de la cabina del camión.

El modelo incluye:

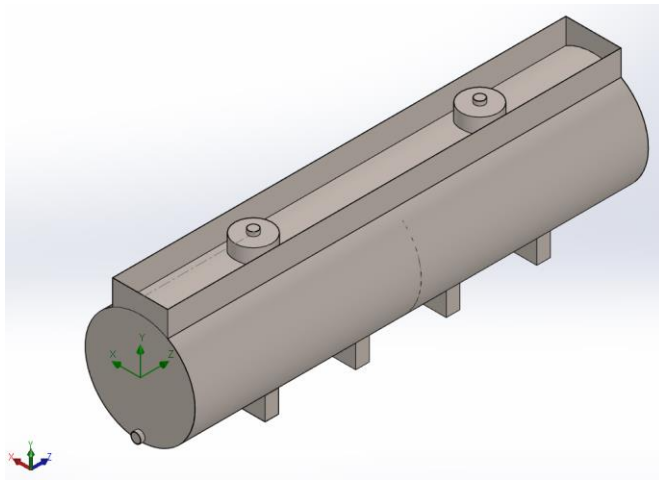
- Cuatro apoyos inferiores equidistantes, diseñados para fijación al bastidor del camión.
- Lámina rompeolas ubicada en el centro del tanque, con tres aberturas: una circular inferior de 400 mm de diámetro, una central circular del mismo diámetro y una superior a 150 mm del techo del tanque.
- Dos bocas de carga superiores, distribuidas en cada mitad del tanque.
- Una abertura de descarga en la parte inferior trasera.
- Tapa delantera y trasera, con detalles geométricos que garantizan integridad estructural y facilidad de mantenimiento.

A continuación, se muestra el modelo en 3D:

Ilustración

Modelo 3D del tanque.

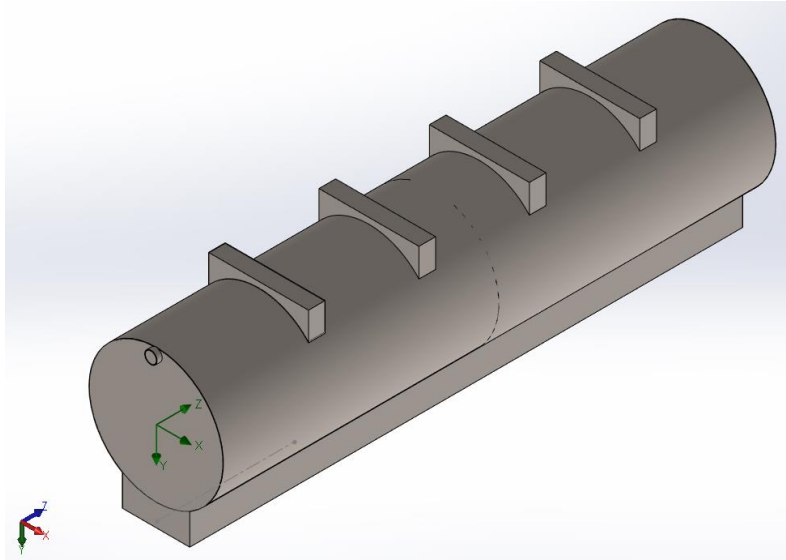
2.



Ilustración

Vista inferior del tanque con sus apoyos.

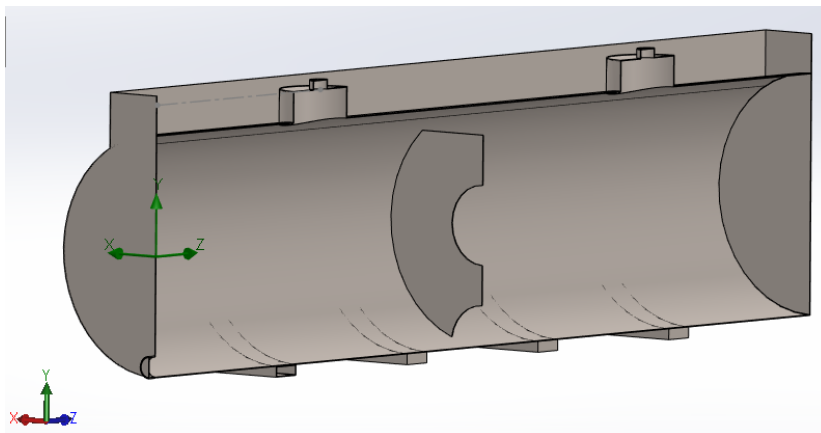
3.



Ilustración

Vista interna del tanque mostrando el rompeolas central.

4.



Descripción del Objetivo Específico 3: Realizar pruebas virtuales mediante la utilización de software de simulación especializado.

Para validar el diseño, se realizaron dos tipos de simulación en SolidWorks: análisis estructural estático y simulación de flujo (CFD) mostrando el llenado del tanque. En la primera simulación se aplicó una presión hidrostática simulando el tanque completamente

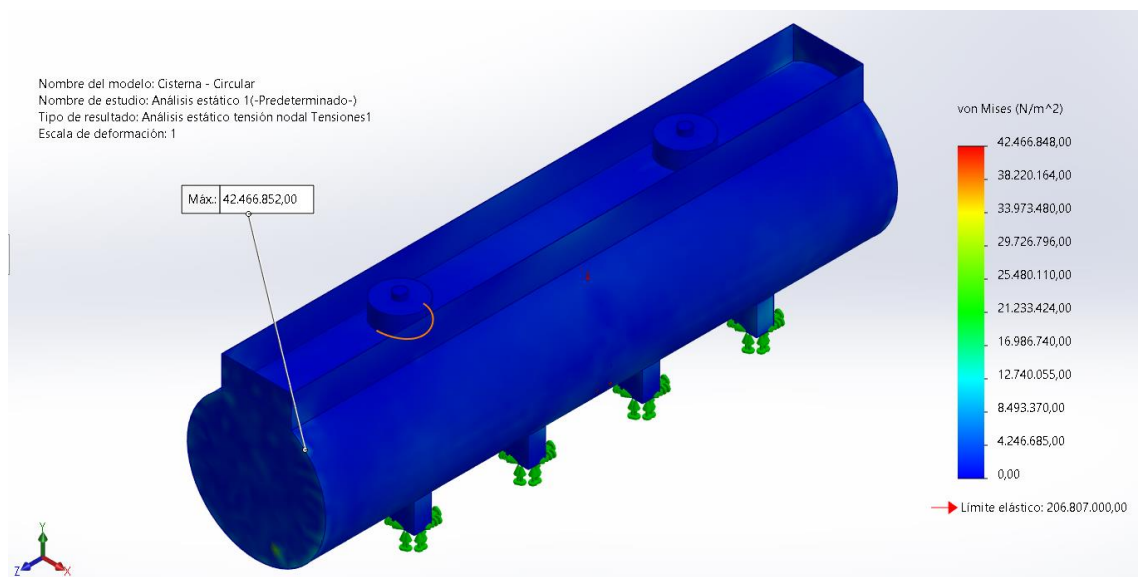
lleno de agua (densidad de 1000 kg/m^3), además de considerar la acción de la gravedad. Se fijaron las zonas de apoyo del tanque como restricciones y se aplicó una malla fina para obtener resultados precisos. Los resultados indicaron un esfuerzo máximo de 42.47 MPa, muy por debajo del límite elástico del acero AISI 304 (207 MPa), una deformación máxima de 0.21 mm en la tapa delantera, y un factor de seguridad mínimo de 4.9, lo que valida estructuralmente el diseño.

A continuación, se muestran las gráficas obtenidas del software:

Ilustración

5.

Gráfico de contornos con la distribución de esfuerzos en todo el tanque.

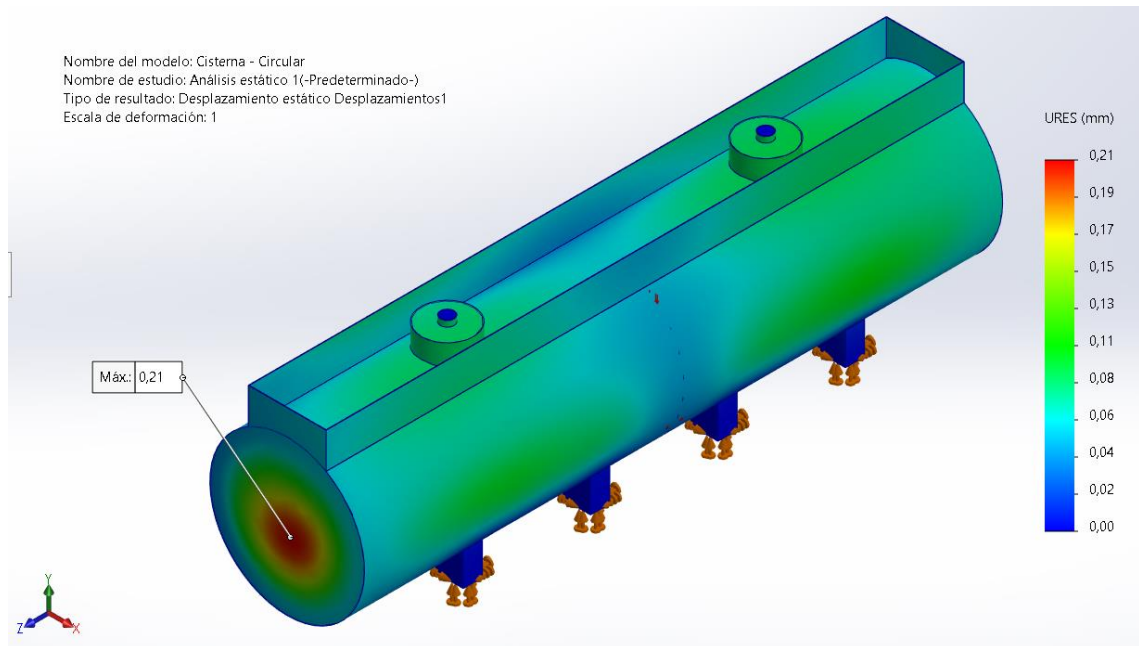


Como se observa, el esfuerzo máximo se encuentra en la junta entre la tapa y el cuerpo del cilindro, lo cual es normal ya que en las juntas de este tipo en donde típicamente se acumulan los esfuerzos.

Ilustración

Gráfico de contornos de las deformaciones del tanque.

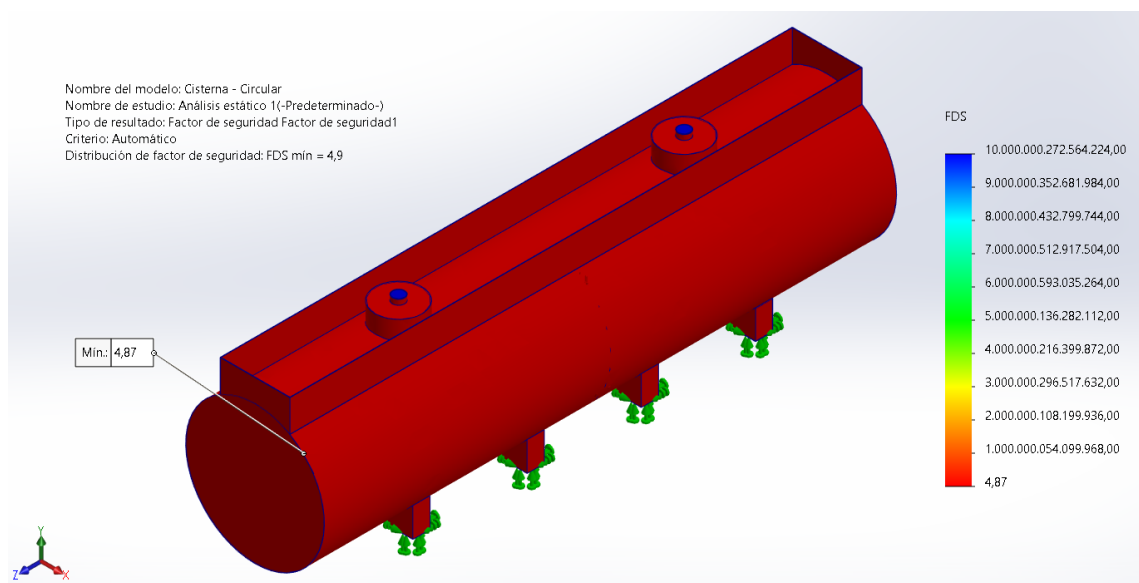
6.



Ilustración

Gráfico de contornos con la distribución del factor de seguridad en cada punto del tanque.

7.



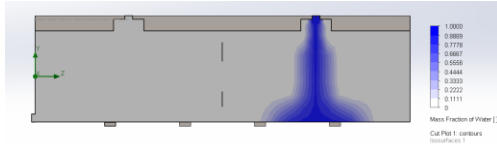
En la segunda simulación, se utilizó SolidWorks Flow Simulation para representar el proceso de llenado del tanque. Se definió un flujo interno con entrada de agua a 20 m³/h por una boca anterior y presión atmosférica en la parte posterior del tanque (entrada de aire), mientras que la salida fue cerrada. El análisis fue transitorio durante 20 segundos,

y se monitorearon presiones promedio, caudales y fracciones de masa de agua y aire. También se configuró un plano de corte longitudinal que permitió visualizar claramente la dinámica del llenado en 2D, generando resultados útiles tanto para validar el diseño como para fines pedagógicos.

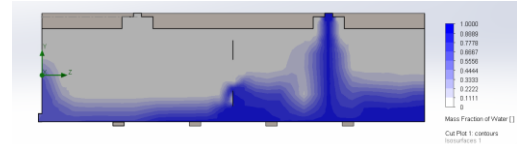
Ilustración

Secuencia de llenado del tanque en el plano central vertical longitudinal.

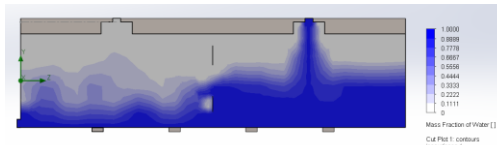
8.



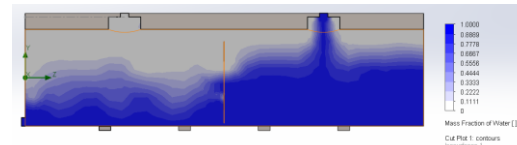
(1)



(2)



(3)



(4)

3.1.2. Etapas

Etapla 1: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 1.

Documentar los requerimientos funcionales y parámetros operativos necesarios para el diseño de la cisterna móvil

Esta etapa consistió en el levantamiento de información técnica y contextual que permitiera establecer una base sólida para el diseño de la cisterna. Para ello, se realizaron las siguientes actividades:

- Análisis de normativas y referencias regionales sobre capacidades máximas de carga y volúmenes típicos en camiones cisterna de tipo 2DB, determinando como referencia una capacidad adecuada de 10 m³.

- Determinación del espacio físico disponible en el camión, considerando una longitud total de 12.2 metros y una cabina de 2.5 metros, lo cual permitió establecer un área útil de 9.7 metros para ubicar el tanque.
- Selección preliminar del material, optando por acero inoxidable AISI 304 debido a su resistencia a la corrosión y su compatibilidad con el transporte de agua o alimentos.
- Definición de parámetros críticos de diseño, como diámetro del tanque (1.2 m), longitud estimada (8.84 m), espesor de lámina (4 mm), ubicación de bocas de carga y descarga, rompeolas interno, y sistema de sujeción mediante apoyos.

Esta información permitió establecer un conjunto claro de requerimientos funcionales y operativos que sirvieron como guía para el modelado posterior.

Etapla 2: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 2.

Desarrollar el modelo 3D de la cisterna móvil utilizando software CAD

Con los parámetros definidos, se procedió al modelado tridimensional del tanque en software 3D, respetando los criterios técnicos establecidos en la etapa anterior. Las actividades desarrolladas incluyeron:

- Creación del modelo base del tanque con forma cilíndrica horizontal, definiendo un diámetro de 1.2 m y una longitud de 8.84 m, asegurando una capacidad volumétrica interna de 10 m³.
- Modelado detallado de componentes funcionales, incluyendo:
 - Lámina rompeolas interna, con orificios en zonas estratégicas para evitar oleaje excesivo.
 - Dos bocas superiores de carga, ubicadas en cada sección del tanque.
 - Abertura de descarga en la parte inferior trasera del cilindro.
 - Cuatro apoyos estructurales inferiores para sujeción al chasis del camión.

- Generación de planos técnicos, vistas seccionadas y representaciones explosionadas del conjunto, los cuales se utilizaron como soporte visual y documental del diseño.

El modelo 3D resultante fue evaluado visualmente y preparado para las simulaciones estructurales y de fluidos en la etapa siguiente.

Etapas 3: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 3.

Realizar pruebas virtuales mediante la utilización de software de simulación especializado

La última etapa del proyecto se enfocó en validar el diseño mediante simulaciones computacionales en SolidWorks. Se ejecutaron dos tipos de análisis: uno estructural y otro de dinámica de fluidos (CFD), siguiendo estas actividades:

- Análisis estructural estático:
 - Aplicación de presión hidrostática generada por una columna de agua completa, utilizando una condición de referencia en la parte superior del tanque.
 - Adición de la gravedad como carga externa, así como la restricción de los apoyos inferiores como superficies fijas.
 - Generación automática de una malla fina, y cálculo de esfuerzos de Von Mises, deformaciones y factor de seguridad.
 - Validación de los resultados: esfuerzo máximo de 42.47 MPa, deformación máxima de 0.21 mm, y factor de seguridad mínimo de 4.9.
- Simulación CFD (flujo interno):
 - Configuración del tanque con aire como fluido inicial y entrada de agua a 20 m³/h.
 - Presión atmosférica en la entrada posterior y salida cerrada.
 - Simulación transitoria de 20 segundos, visualizando el proceso de llenado con planos de corte longitudinales.

- Obtención de resultados como presiones promedio, caudales y fracciones de masa de agua y aire.

Estas simulaciones permitieron evaluar el comportamiento del tanque bajo condiciones de carga y operación, demostrando que cumple con los requisitos técnicos para su uso y aplicación educativa.

3.1.3. Presupuesto

En este proyecto no se incurrió en gastos directos relacionados con la adquisición de materiales, mano de obra, ni procesos de fabricación o implementación física, debido a que la propuesta se enfoca exclusivamente en el diseño y validación virtual de una cisterna móvil mediante herramientas de modelado y simulación computacional. Las actividades desarrolladas se limitaron al uso de software CAD y de simulación estructural y de fluidos, disponibles en los laboratorios de la institución, por lo que no fue necesario destinar recursos económicos adicionales para la ejecución del trabajo.

Por tanto, no se presenta un desglose de presupuesto por objetivos, dado que el trabajo se desarrolló con recursos disponibles en la ULEAM Extensión El Carmen, y no se contempló la fabricación ni adquisición de componentes físicos.

3.2. RESULTADOS

Objetivo 1: Logros obtenidos en el objetivo 1.

Documentar los requerimientos funcionales y parámetros operativos

Durante esta etapa se identificaron y definieron los parámetros necesarios para el diseño de la cisterna móvil. Se determinó que el volumen adecuado para este tipo de aplicación es de 10 m³, valor que se ajusta a las restricciones técnicas y normativas aplicables a camiones de tipo 2DB utilizados en la región. Asimismo, se establecieron las siguientes condiciones de diseño:

Tabla**2.***Resumen de los parámetros de diseño.*

Parámetro	Valor	Justificación
Volumen útil del tanque	10 m ³ (10,000 litros)	Capacidad compatible con usos agrícolas y comunitarios
Longitud útil disponible	9.7 m	Longitud total del camión menos la cabina (12.2 m - 2.5 m)
Diámetro del tanque	1.2 m	Permite mantener el centro de gravedad bajo
Longitud del tanque	8.84 m	Calculado para obtener el volumen requerido con diámetro de 1.2 m
Material	Acero inoxidable AISI 304	Alta resistencia a la corrosión, apto para uso alimentario
Espesor de lámina	4 mm	Adecuado para contener líquidos sin comprometer la integridad estructural
Accesorios funcionales	2 bocas superiores, rompeolas, boca de descarga	Mejora la operatividad y reduce el efecto del oleaje interno

Objetivo 2: Logros obtenidos en el objetivo 2.**Desarrollar el modelo 3D de la cisterna móvil**

Como resultado de esta etapa se obtuvo un modelo tridimensional detallado del tanque, desarrollado en SolidWorks, el cual incluye todos los elementos funcionales y estructurales definidos previamente. El modelo cumple con los requerimientos establecidos y se adapta correctamente al espacio físico del camión.

Componentes destacados del modelo 3D:

- Cuerpo cilíndrico horizontal de 1.2 m de diámetro y 8.84 m de largo.
- Lámina rompeolas interna con aberturas estratégicas (central, inferior y superior).
- Dos bocas superiores de carga, con tapas selladas.
- Boca de descarga inferior, ubicada en la parte posterior.
- Cuatro apoyos estructurales inferiores distribuidos equidistantes para sujeción al bastidor.

Objetivo 3: Logros obtenidos en el objetivo 2.

Realizar pruebas virtuales mediante simulación computacional

Simulación estructural (Análisis estático)

Se simuló el comportamiento estructural del tanque bajo condiciones de llenado total con agua (densidad: 1000 kg/m³), aplicando presión hidrostática y gravedad como cargas externas. Los apoyos fueron fijados como superficies rígidas.

Tabla

3.

Resultados obtenidos de la simulación.

Resultado obtenido	Valor	Interpretación
Esfuerzo máximo (Von Mises)	42.47 MPa (42,466,848 Pa)	Muy por debajo del límite elástico (207 MPa)
Deformación máxima	0.21 mm	En la tapa frontal, completamente aceptable
Factor de seguridad mínimo	4.9	Diseño estructural seguro bajo condiciones normales

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Objetivo Específico 1: Documentar los requerimientos funcionales y parámetros operativos necesarios para el diseño de la cisterna móvil.

Se cumplió con este objetivo mediante la recopilación y análisis de datos técnicos, normativos y operativos relevantes para el diseño del tanque. Se definieron parámetros clave como el volumen de 10 m³, las dimensiones geométricas, el tipo de material (acero inoxidable AISI 304), y los componentes funcionales necesarios (bocas de carga, descarga, rompeolas, apoyos estructurales). Esta información permitió establecer una base sólida y coherente para el desarrollo del modelo tridimensional.

Objetivo Específico 2: Desarrollar el modelo 3D de la cisterna móvil utilizando software CAD.

Este objetivo fue cumplido exitosamente con la elaboración de un modelo tridimensional detallado en el software CAD, respetando los requerimientos definidos previamente. El modelo incluyó todos los elementos estructurales y funcionales necesarios para su operación, así como planos técnicos y vistas seccionadas que permiten su análisis, presentación y uso pedagógico.

Objetivo Específico 3: Realizar pruebas virtuales mediante la utilización de software de simulación especializado.

Se cumplió este objetivo al realizar dos tipos de simulación: un análisis estructural estático y una simulación de flujo interno (CFD). Los resultados demostraron que el tanque diseñado soporta adecuadamente las condiciones de carga hidrostática con un factor de seguridad mayor a 4, y que su comportamiento durante el proceso de llenado es adecuado. Estas simulaciones permitieron validar virtualmente el diseño propuesto y comprobar su viabilidad técnica.

4.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere utilizar el modelo 3D y las simulaciones generadas en este trabajo como material didáctico, dado que permiten ilustrar conceptos clave como esfuerzos mecánicos, presiones hidrostáticas, comportamiento de fluidos y criterios de diseño aplicados a sistemas reales.

Se recomienda analizar la viabilidad de utilizar este diseño como base para desarrollar sistemas de transporte de agua, leche u otros líquidos, adaptados a las condiciones de la región. El modelo propuesto puede servir como punto de partida para soluciones prácticas y económicas, con diseño validado virtualmente.

Se aconseja tomar este proyecto como referencia metodológica, especialmente en cuanto al proceso de diseño asistido por computadora y validación mediante simulación, procurando siempre contextualizar los parámetros técnicos a la realidad operativa del entorno.

BIBLIOGRAFÍA

- 3DALIA. (25 de Julio de 2023). *3DALIA*. Obtenido de Diseño iterativo: <https://3dalia.com/disenio-iterativo/>
- Autodesk. (17 de Junio de 2025). *Autodesk*. Obtenido de Análisis de elementos finitos: <https://www.autodesk.com/mx/solutions/finite-element-analysis>
- Carbis Loadtec. (Abril de 2016). *Carbis Loadtec*. Obtenido de Trabajando en las cisternas: Seguridad en el almacenamiento: <https://www.carbisloadtec.com/trabajando-en-las-cisternas-seguridad-en-el-almacenamiento/>
- EBAC. (7 de Agosto de 2023). *EBAC*. Obtenido de ¿Qué es el modelado 3D y cómo funciona?: <https://ebac.mx/blog/que-es-el-modelado-3d>
- ESSS. (17 de Abril de 2023). *ESSS*. Obtenido de ¿Cuáles son las ventajas de utilizar la simulación en el diseño de equipos industriales?: <https://www.esss.com/es/blog/proyectos-de-equipos-industriales/>
- Fernandez Aedo. (21 de Junio de 2022). *Fernandez Aedo*. Obtenido de Conozca los diferentes tipos de cisternas: <https://fernandezaedo.com/conozca-los-diferentes-tipos-de-cisternas/>
- Fernandez Aedo. (24 de Mayo de 2024). *Fernandez Aedo*. Obtenido de ¿Qué nos puede decir la estructura de los camiones cisterna de líquidos químicos?: <https://fernandezaedo.com/que-nos-puede-decir-la-estructura-de-los-camiones-cisterna-de-liquidos-quimicos/>
- Laín, S., García, M., Quintero, B., & Orrego, S. (2008). Simulación numérica del flujo en turbomáquinas hidráulicas. *Universidad EAFIT*, 90-114.
- Lozano, A. (2019). *Apuntes sobre Dinámica de Fluidos Computacional*. GNU Free Documentation License.
- Luyi. (24 de Octubre de 2024). *Luyi auto*. Obtenido de Estructura interna de un camión cisterna: <https://es.luyiauto.com/info/internal-structure-of-a-tanker-truck-17130675642885120.html>
- MCAD. (2022 de Diciembre de 2022). *MCAD*. Obtenido de Qué es el prototipado digital: Beneficios y Herramientas: <https://mcad.co/prototipado-digital-beneficios-herramientas/>
- Portolés, C. G. (2017). *Diseño de una Cisterna para el Transporte de Combustible en Aeropuertos*. Barcelona: UPC.

- Quintero, S., & Castro, J. (2024). *Guía Metodológica para Orientar el Diseño Electromecánico de Subestaciones de Media Tensión del Tipo Convencional de Acuerdo con lo Requerido para un Sistema de Distribución Local-SDL*. Bucaramanga: UIS.
- Rojas, O., & Rojas, L. (2014). Diseño asistido por computador. *Industrial Data* , 7-15.
- Technoton. (18 de Junio de 2025). *Technoton*. Obtenido de Control de camiones cisterna: <https://jv-technoton.com/es/soluciones/control-de-los-camiones-cisterna/>
- Tecnotanques. (27 de Mayo de 2025). *Tecnotanques*. Obtenido de Cisterna Móvil: Solución Eficiente Para El Transporte y Almacenamiento De Agua: https://tecnotanques.com/cisterna-movil/?srsltid=AfmBOoq7uQ2HoorbPDnVfSUduhf_jZ03woyAZaZb3uLLAHRf7fNdpT2f
- ULEAM. (2020). *ULEAM*. Obtenido de <https://www.uleam.edu.ec/prueba-2/>
- ULEAM. (2025). *ULEAM Extensión El Carmen*. Obtenido de <https://carreras.uleam.edu.ec/extension-el-carmen/>
- ULEAM. (Junio de 2025). *ULEAM Extensión El Carmen*. Obtenido de Carrera de Electromecánica: <https://carreras.uleam.edu.ec/extension-el-carmen/carrera-electromecanica/>

ANEXOS

Sugerencia general. – Se pueden ubicar fotos, formatos empleados, entre otros.

Ilustración 9. Malla computacional del tanque.

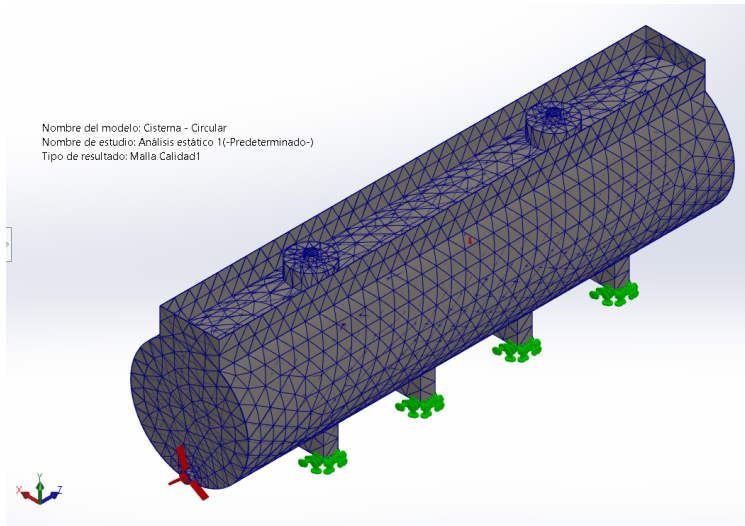
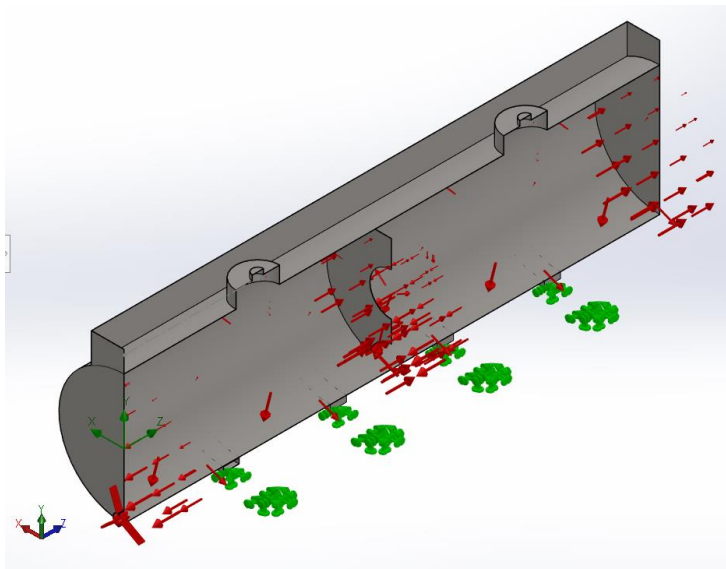


Ilustración 10. Distribución de cargas en rojo y de apoyos en verde.



MIGUE-CESAR-ELECTROMECHANICA

4%
Textos sospechosos

3% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

1% Idiomas no reconocidos

29% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: MIGUE-CESAR-ELECTROMECHANICA.pdf
ID del documento: 303ce075d361684be81e1da2bd3895baec184c55
Tamaño del documento original: 1,22 MB

Depositante: CESAR SINCHIGUANO CHIRIBOGA
Fecha de depósito: 11/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 11/8/2025

Número de palabras: 8012
Número de caracteres: 63.102



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 EM-2024-2-29.pdf EM-2024-2-29 #177048 Viene de de mi grupo 3 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (179 palabras)
2	 repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/7524/1/ULEAM-ELECTM-002.pdf 2 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (89 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 ANCUNDIA CALDERÓN Y ZAMBRANO CEDEÑO - MODELO TESIS FINAL... #3d0f52 Viene de de mi grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
2	 es.scribd.com PROYECTO Circuito Turístico PDF Turismo Ocio https://es.scribd.com/document/419634586/PROYECTO-Circuito-Turistico	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
3	 Similitud Shamira.docx Similitud Shamira #26151f Viene de de mi grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
4	 hdl.handle.net Efecto de la geometría del inyector directriz en el rendimiento e... http://hdl.handle.net/20.500.12894/197	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
5	 EM-2024-2-14.docx EM-2024-2-14 #388ad2 Viene de de mi grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1

 https://www.aduana.gob.ec/archivos/Boletines/tabla_nacional_de_pesos_y_dim
- 2

 <https://3dalia.com/disenio-iterativo/>
- 3

 <https://www.autodesk.com/mx/solutions/finite-element-analysis>
- 4

 <https://www.carbisloadtec.com/trabajando-en-las-cisternas-seguridad-en>
- 5

 <https://ebac.mx/blog/que-es-el-modelado-3d>