



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Análisis y simulación de un sistema de transmisión por engranaje para aplicaciones industriales en la carrera de electromecánica en la ULEAM extensión el Carmen

Autores:

Jair Gustavo Cueva Ponce
Stefany Beatriz Barco Mantilla

Tutor

Ing. Fernando López, 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 carrera de Electromecánica de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Barco Mantilla Stefany Beatriz, legalmente matriculado/a en la carrera de Electromecánica, período académico 2025(1), cumpliendo el total de 144 horas, cuyo tema del proyecto es "Análisis y simulación de un sistema de transmisión por engranajes para aplicaciones industriales en 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, 8 de diciembre de 2025.

Lo certifico,



Ing. Fernando López, MSc.
Docente Tutor(a)
Área: Electromecánica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

Jair Gustavo Cueva Ponce, Stefany Beatriz Barco Mantilla

Estudiantes de la Carrera de **Tecnología Superior en Electromecánica**, declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "Análisis y simulación de un sistema de transmisión por engranaje para aplicaciones industriales en la carrera de electromecánica en la ULEAM extensión el Carmen", previa a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Carmen, Septiembre de 2025.



Jair Gustavo Cueva Ponce



Stefany Beatriz Barco Mantilla



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: "Análisis y simulación de un sistema de transmisión por engranaje para aplicaciones industriales en la carrera de electromecánica en la ULEAM extensión el Carmen" de sus autores: Jair Gustavo Cueva Ponce, Stefany Beatriz Barco Mantilla de la Carrera "Tecnología Superior en Electromecánica", y como Tutor del Trabajo el Ing. Fernando López, MSc.

El Carmen, Septiembre de 2025

Ing. Bladimir Mora, Mag.,
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Fernando López, MSc.
TUTOR

Ing. Rocío Mendoza, Mag.,
PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. Carlos López, Mag.,
SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Empezamos dando gracias a Dios, quien nos ha permitido llegar hasta donde estamos. Sabemos que, sin su guía, nada de esto sería una realidad.

A nuestros padres, nuestro más profundo agradecimiento. Su amor, su apoyo incondicional y su ejemplo de perseverancia han sido el motor que nos impulsó a seguir adelante. Ustedes han sido nuestra inspiración y nuestro apoyo incondicional. Recordamos cada palabra de aliento, cada sacrificio y cada muestra de confianza que nos dieron, porque eso fue lo que nos impulsó a continuar. Este logro es tanto de ustedes como nuestro.

Y por supuesto, al ingeniero Fernando López Barberán, nuestro tutor, gracias por su compromiso y por guiarnos en este proceso. Sus conocimientos, sus consejos y su constante acompañamiento fueron clave para culminar con éxito este largo camino.

Jair Gustavo Cueva Ponce y Stefany Beatriz Barco Mantilla

DEDICATORIA

Con la más profunda gratitud, dedicamos este trabajo a nuestras familias, cuyo amor, apoyo y confianza han sido una fuerza guía para nosotros en cada etapa de nuestro viaje académico.

A los ingenieros que, con toda su experiencia e instrucciones, ayudaron a nuestro crecimiento profesional, especialmente al tutor Fernando López por su paciencia, compromiso y valiosa orientación.

Este crédito también lo extendemos a nuestros colegas, quienes con palabras de aliento y siempre motivación positiva nos ayudaron frente a cada desafío.

En el camino hacia la finalización de nuestra titulación de tecnología superior en electromecánica, compartimos este logro junto con todos los que han sido parte: amigos, el propio grupo de trabajo.

Jair Gustavo Cueva Ponce y Stefany Beatriz Barco Mantilla

RESUMEN

El presente trabajo analiza un sistema de transmisión por engranajes helicoidales cruzados a 90°, modelado y simulado en SolidWorks mediante el método de elementos finitos (FEA). Esta metodología permite predecir tensiones, deformaciones y factores de seguridad sin necesidad de fabricar prototipos, optimizando así el diseño y reduciendo costos.

Los engranajes helicoidales, aunque presentan menor eficiencia que los paralelos por la fricción de deslizamiento, ofrecen una transmisión más silenciosa y estable, beneficiosa en aplicaciones industriales donde se busca reducir vibraciones y ruidos.

La investigación se centra en evaluar el comportamiento mecánico de los engranajes bajo cargas específicas, utilizando acero ASTM A36 como material base. Los resultados de la simulación mostraron un esfuerzo máximo de 184.67 MPa, un desplazamiento de 0.01 mm y un factor de seguridad mínimo de 1.35, lo que confirma la viabilidad del diseño, aunque con margen de mejora para incrementar la durabilidad.

El proyecto integra conocimientos de mecánica de máquinas, resistencia de materiales y diseño asistido por computadora, fortaleciendo la formación en Tecnología Superior en Electromecánica. Además, resalta la importancia de la simulación como herramienta preventiva para anticipar fallos, optimizar sistemas de transmisión y aportar soluciones sostenibles en entornos industriales.

PALABRAS CLAVE

Simulación, análisis estructural, solidworks, engranajes, optimización.

ABSTRACT

This paper analyzes a 90° crossed helical gear transmission system, modeled and simulated in SolidWorks using the finite element analysis (FEA). This methodology allows stresses, deformations, and safety factors to be predicted without the need to manufacture prototypes, thus optimizing the design and reducing costs.

Helical gears, although less efficient than parallel gears due to lateral friction, offer a quieter and more stable transmission, beneficial in industrial applications where vibration and noise reduction are desired.

The research focuses on evaluating the mechanical behavior of the gears under specific loads, using ASTM A36 steel as the base material. Simulation results showed a maximum stress of 184.67 MPa, a displacement of 0.01 mm, and a minimum safety factor of 1.35, confirming the viability of the design, although with room for improvement to increase durability.

The project integrates knowledge of machine mechanics, material strength, and computer-aided design, strengthening training in Advanced Electromechanical Technology. Furthermore, it highlights the importance of simulation as a preventive tool for anticipating failures, optimizing transmission systems, and providing sustainable solutions in industrial environments.

KEYWORDS

Simulation, structural analysis, solidworks, gears, optimization.

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	X
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.....	7
2.1. DEFINICIONES	7

2.2. ANTECEDENTES.....	10
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS.....	12
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	15
3.1. DESARROLLO	15
3.1.1. Descripción de la propuesta	15
3.1.2. Etapas	16
3.1.3. Presupuesto	18
3.2. RESULTADOS	18
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
4.1. CONCLUSIONES	24
4.2. RECOMENDACIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación 3D simplificada del motorreductor.	19
Ilustración 2. Diagrama de contornos de la distribución de esfuerzos.	21
Ilustración 3. Punto crítico con la mayor concentración de esfuerzos.....	22
Ilustración 4. Diagrama de contornos con la distribución de desplazamientos.	22
Ilustración 5. Diagrama de contornos con la distribución del factor de seguridad.	23
Ilustración 6. Plano del ensamblaje en vista frontal y lateral con las cotas principales de cada engranaje.	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones principales de los engranajes.	19
Tabla 2. Configuración principal de la simulación	20
Tabla 3. Resultados principales de la simulación	23

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo inicia con el análisis detallado de un sistema de transmisión por engranajes helicoidales dispuestos a 90° , modelado tridimensionalmente en SolidWorks para evaluar su comportamiento mecánico bajo condiciones de carga específicas. Esta etapa resulta fundamental, ya que permite identificar, de forma virtual y sin incurrir en costos de fabricación, las tensiones, deformaciones y distribución de esfuerzos que se generan en los componentes durante su funcionamiento. La simulación computacional, apoyada en métodos de elementos finitos, proporciona datos precisos que facilitan la comprensión del desempeño del sistema y sirven como base para tomar decisiones de diseño orientadas a la optimización, resistencia y durabilidad de los engranajes en aplicaciones industriales (Roda, 2015).

La transmisión por engranajes constituye uno de los sistemas mecánicos más eficientes para la transferencia de potencia y movimiento entre ejes, ofreciendo una relación de transmisión constante y un elevado rendimiento energético, que puede superar el 95 % en condiciones óptimas. En este proyecto se emplean engranajes helicoidales cruzados a 90° , una configuración que, si bien presenta menor eficiencia que los engranajes paralelos debido a la fricción de deslizamiento, proporciona una transmisión más suave y silenciosa, lo que resulta ventajoso para aplicaciones industriales donde se requiere reducir vibraciones y ruidos (MAITRA, 2011). El estudio de este tipo de engranajes es pertinente, ya que su diseño, materiales y condiciones de carga influyen directamente en la vida útil del sistema y en su capacidad para transmitir torque de manera confiable en entornos de trabajo exigentes.

En el ámbito académico, se han desarrollado investigaciones recientes que demuestran la utilidad de la simulación computacional en el análisis de sistemas de engranajes. Un ejemplo de ello es el estudio sobre metodologías para la modelación matemática y simulación de engranajes rectos con el fin de validar su diseño, en dicho proyecto se utilizó ANSYS para realizar el análisis de un par de engranajes rectos, evaluando parámetros como la deformación total, el

esfuerzo de Von Mises, el factor de seguridad, la vida útil y la resistencia a la fatiga, corroborando posteriormente los resultados con simulaciones en SolidWorks y cálculos analíticos (Choto, Aquino, Tierra, & Morillo, 2022). Este tipo de investigaciones respaldan la pertinencia de emplear herramientas CAD y CAE en el presente estudio, dado que permiten obtener resultados precisos y confiables para la optimización y validación de sistemas de transmisión por engranajes en contextos industriales.

El estudio y simulación de sistemas de transmisión por engranajes reviste gran importancia en el ámbito industrial, ya que estos mecanismos son fundamentales en una amplia variedad de maquinarias y equipos, desde sistemas de producción hasta aplicaciones de transporte y generación de energía. Una correcta selección y análisis de engranajes permite optimizar el rendimiento, reducir el desgaste prematuro y minimizar costos de mantenimiento, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa. Además, el uso de herramientas de simulación ofrece la posibilidad de predecir el comportamiento mecánico de los componentes antes de su fabricación, disminuyendo el riesgo de fallos y favoreciendo procesos de diseño más sostenibles y rentables para la industria.

El presente tema se vincula directamente con la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, ya que involucra conocimientos fundamentales de mecánica aplicada, análisis de materiales, transmisión de potencia y uso de software de diseño y simulación, competencias clave en la formación de un tecnólogo en esta especialidad. La ejecución de este proyecto permite aplicar de manera práctica los principios aprendidos en asignaturas como mecánica de máquinas, resistencia de materiales y diseño mecánico, fortaleciendo las habilidades técnicas necesarias para intervenir en el diseño, mantenimiento y optimización de sistemas mecánicos en entornos industriales reales.

1.1. PROBLEMA

En la actualidad, las industrias que dependen de sistemas de transmisión por engranajes se enfrentan a desafíos asociados al desgaste prematuro, ruidos y vibraciones excesivas, así como a fallos mecánicos derivados de una selección inadecuada de materiales o de un diseño que no contempla las condiciones reales de operación. Estos inconvenientes no solo afectan la eficiencia del sistema, sino que también incrementan los costos de mantenimiento y provocan paradas no programadas en la producción. La ausencia de un análisis previo mediante herramientas de simulación limita la capacidad de predecir comportamientos críticos, lo que conlleva a implementar soluciones correctivas en lugar de preventivas.

Dada la necesidad de optimizar el diseño y la confiabilidad de sistemas de transmisión por engranajes en aplicaciones industriales, se plantea la problemática de determinar cómo el análisis y la simulación de engranajes helicoidales cruzados a 90° pueden proporcionar información precisa sobre su comportamiento mecánico bajo condiciones de carga específicas. La carencia de estudios previos enfocados en este tipo de transmisión, en el contexto de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, dificulta la adopción de criterios de diseño basados en datos técnicos, lo que resalta la importancia de desarrollar un modelo simulado que permita identificar tensiones, deformaciones y factores de seguridad para garantizar un funcionamiento eficiente y duradero del sistema.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el ámbito académico, el presente trabajo constituye una oportunidad para aplicar de manera integrada los conocimientos adquiridos en asignaturas relacionadas con la mecánica de máquinas, resistencia de materiales, diseño mecánico y uso de software de modelado y simulación. El desarrollo de un análisis y simulación de un sistema de transmisión por engranaje no solo fortalece las competencias técnicas del estudiante, sino que también fomenta el

pensamiento crítico y la capacidad para resolver problemas reales de ingeniería mediante metodologías basadas en el uso de herramientas CAD y CAE. De este modo, el proyecto se alinea con el propósito formativo de la carrera, que busca preparar profesionales capaces de enfrentar retos técnicos en el sector industrial.

En el ámbito tecnológico, este proyecto aporta valor al proponer el uso de simulaciones por elementos finitos como método de evaluación del desempeño de engranajes helicoidales cruzados a 90° en condiciones de carga específicas. Esta metodología permite optimizar el diseño, reducir los tiempos de desarrollo y minimizar los costos asociados a la fabricación de prototipos físicos. Asimismo, proporciona información técnica que facilita la toma de decisiones en cuanto a selección de materiales, geometría de los dientes y parámetros operativos, contribuyendo al mejoramiento de la confiabilidad y eficiencia de los sistemas de transmisión en aplicaciones industriales.

El tema planteado se enmarca dentro de la línea de investigación institucional de *ingeniería, industria, construcción, urbanismo y arquitectura para un desarrollo sustentable y sostenible*, ya que promueve el diseño y análisis de componentes mecánicos orientados a mejorar la eficiencia energética y la durabilidad de los equipos industriales. La incorporación de simulaciones previas a la fabricación fomenta el uso racional de recursos y reduce el impacto ambiental asociado a fallos o rediseños innecesarios. En este sentido, la propuesta contribuye al desarrollo de soluciones técnicas que responden a las necesidades productivas actuales, asegurando al mismo tiempo la sostenibilidad de los procesos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Simular el comportamiento mecánico de un sistema de transmisión por engranajes con el fin de evaluar su comportamiento bajo condiciones de carga específicas.

1.3.2. Objetivos específicos

Elaborar el modelo tridimensional del sistema de engranajes definiendo sus dimensiones, materiales y condiciones de montaje.

Realizar la simulación computacional del sistema de engranajes mediante herramientas de elementos finitos.

Analizar e interpretar los resultados de la simulación, identificando las zonas críticas.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

Para el desarrollo de la propuesta se siguió un procedimiento estructurado en tres fases, directamente relacionadas con los objetivos específicos establecidos:

- **Modelado tridimensional del sistema de engranajes**
 - Se recopilaron los datos geométricos y parámetros necesarios para la creación del modelo.
 - Se utilizó el software CAD para diseñar el modelo tridimensional de los dos engranajes helicoidales cruzados a 90°.
 - Se asignó el material acero ASTM A36 a ambos engranajes, registrando sus propiedades mecánicas relevantes.
- **Simulación computacional mediante elementos finitos**

- Se definieron las condiciones de contorno: los agujeros de los ejes fueron configurados como geometría fija, y en el engranaje pequeño se aplicó una carga de torsión de 20.2 Nm en el agujero del eje.
 - Se generó una malla adecuada para el análisis.
 - Se ejecutó el cálculo estático para obtener valores de tensiones (Von Mises), deformaciones totales y factor de seguridad.
- **Análisis e interpretación de resultados**
 - Se revisaron los resultados gráficos y numéricos obtenidos en la simulación, identificando las zonas críticas.
 - Se compararon los valores obtenidos con las propiedades mecánicas del material.

1.4.2. Técnicas

Modelado tridimensional asistido por computadora (CAD) – El modelado 3D es una técnica ampliamente utilizada para la representación geométrica precisa de piezas y mecanismos en un entorno virtual, lo que permite visualizar, modificar y analizar el diseño antes de su fabricación (EBAC, 2023). Se utilizó esta técnica para crear en SolidWorks el sistema de engranajes helicoidales cruzados a 90°, definiendo con exactitud sus dimensiones, materiales y condiciones de montaje. Su aplicación en este proyecto permitió obtener un modelo fiel que sirvió como base para el análisis por elementos finitos.

Simulación por elementos finitos (FEA) – La técnica de análisis por elementos finitos consiste en dividir un modelo complejo en elementos más pequeños para evaluar su comportamiento bajo condiciones específicas de carga y restricción, obteniendo resultados de tensiones, deformaciones y desplazamientos con alta precisión (Piñera , 2013). En este proyecto, se empleó a través del módulo Simulation de SolidWorks para predecir el desempeño mecánico del sistema de engranajes, identificando zonas críticas y validando la resistencia del diseño.

1.4.3. Métodos

Método experimental virtual – Este método consiste en realizar pruebas y evaluaciones en un entorno digital que simula condiciones reales, evitando la necesidad de fabricar prototipos físicos (Vez Labrador, 2019). Se aplicó en este proyecto durante la fase de simulación del sistema de engranajes, permitiendo obtener resultados rápidos y precisos sobre su comportamiento mecánico y reduciendo los costos y tiempos de desarrollo.

Método analítico-comparativo – Este método se basa en el análisis de resultados numéricos y gráficos obtenidos a partir de una simulación o cálculo, comparándolos con valores teóricos o con las propiedades del material. (Moya, 2007) En el presente trabajo, se utilizó en la etapa final para contrastar los valores de tensiones y deformaciones del análisis por elementos finitos con las propiedades mecánicas del acero ASTM A36, determinando la viabilidad del diseño y posibles mejoras.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

Fundamentación teórica del primer componente: Análisis y simulación

El análisis y la simulación en ingeniería mecánica constituyen herramientas esenciales para predecir el comportamiento de sistemas y componentes antes de su fabricación, lo que reduce significativamente los costos y tiempos de desarrollo. La simulación numérica, apoyada en el método de elementos finitos (FEA, por sus siglas en inglés), permite modelar de manera precisa fenómenos físicos como tensiones, deformaciones y desplazamientos bajo condiciones específicas de carga y restricción (Richard, 2008). Estas técnicas son ampliamente utilizadas en la industria para optimizar diseños, evaluar el rendimiento estructural y garantizar la seguridad de los componentes.

El método de elementos finitos (MEF) se basa en la discretización de un modelo continuo en elementos más pequeños conectados entre sí por nodos, sobre los cuales se resuelven ecuaciones que describen el comportamiento mecánico del sistema (Alejandro, 2016). Este procedimiento resulta especialmente útil para geometrías complejas, como engranajes helicoidales, donde la interacción entre dientes y el contacto en ángulo producen distribuciones de esfuerzo difíciles de calcular mediante métodos analíticos convencionales. En este contexto, la simulación ofrece una visión detallada de las zonas críticas y permite realizar ajustes de diseño antes de la fabricación.

El análisis por simulación no sustituye la validación física, pero constituye una etapa previa fundamental para reducir la cantidad de prototipos y pruebas experimentales necesarias (Sócrates, 2022). En el caso de transmisiones por engranajes, las simulaciones pueden incluir análisis estáticos, dinámicos y de contacto, lo que permite identificar problemas como concentraciones de tensión en la raíz de los dientes, desalineamientos y vibraciones. Además, la simulación computacional ofrece la ventaja de explorar escenarios de carga que serían difíciles o costosos de reproducir físicamente.

En este proyecto, el análisis y la simulación se han realizado mediante el módulo Simulation de SolidWorks, que integra herramientas CAD y CAE en un mismo entorno. Esto permite no solo modelar los engranajes con precisión, sino también aplicar condiciones de contorno y cargas, generar mallas adaptadas a la geometría y obtener resultados numéricos y gráficos del comportamiento del sistema. Esta metodología ha demostrado ser eficaz en investigaciones previas, se validaron diseños de engranajes rectos mediante simulación, logrando resultados cercanos a los obtenidos con métodos analíticos (Infanzón, 2010).

Fundamentación teórica del segundo componente: Transmisión por engranaje

Las transmisiones por engranajes son mecanismos ampliamente utilizados en ingeniería mecánica para transferir movimiento y potencia entre ejes, manteniendo una relación de transmisión constante y un alto rendimiento

(Richard, 2008). Están formadas por ruedas dentadas que engranan entre sí, permitiendo transformar velocidad y torque de acuerdo con las necesidades del sistema. Entre sus ventajas destacan su alta eficiencia, durabilidad y capacidad de transmitir grandes cargas con un tamaño relativamente compacto.

Los engranajes helicoidales, a diferencia de los rectos, presentan dientes inclinados con respecto al eje de rotación, lo que les permite un contacto progresivo durante el engrane y una transmisión más suave y silenciosa (MAITRA, 2011). En configuraciones cruzadas a 90° , como la empleada en este proyecto, se logra transmitir movimiento entre ejes no paralelos, aunque con una ligera disminución de eficiencia debido al deslizamiento que se produce en la zona de contacto. Este tipo de engranajes es común en maquinaria industrial donde la reducción de ruido y vibraciones es prioritaria.

El desempeño de un sistema de engranajes depende de múltiples factores, incluyendo el diseño geométrico de los dientes, el material empleado, las condiciones de lubricación y las cargas aplicadas. El uso de aceros como el ASTM A36, con propiedades mecánicas adecuadas, proporciona resistencia suficiente para soportar esfuerzos de flexión y contacto, siempre que se respeten los límites de tensión del material (CHIMBO, 2020). La correcta selección de materiales y parámetros de diseño es clave para garantizar la vida útil y el rendimiento del sistema.

La evaluación y optimización de transmisiones por engranajes mediante simulación se ha convertido en una práctica habitual en el sector industrial. Esta metodología permite anticipar problemas como desgaste, pitting o fractura de dientes, y optimizar la geometría para mejorar la eficiencia y reducir el peso (Li, 2023). En el contexto educativo, su estudio aporta una base sólida para que futuros profesionales de la electromecánica puedan intervenir en el diseño, mantenimiento y mejora de sistemas mecánicos, contribuyendo al desarrollo industrial sostenible.

2.2. ANTECEDENTES

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) es una institución de educación superior pública del Ecuador, con sede principal en la ciudad de Manta y diversas extensiones en la provincia de Manabí y otras regiones del país. Fue creada mediante Ley N.º 39 publicada en el Registro Oficial N.º 857 del 13 de noviembre de 1985, con el objetivo de formar profesionales competentes, comprometidos con el desarrollo social, económico y cultural de la nación (ULEAM, 2023). Su modelo educativo está orientado hacia la integración de la docencia, investigación y vinculación con la sociedad, en concordancia con las políticas del sistema de educación superior ecuatoriano.

La Extensión El Carmen, lugar donde se ejecutó el presente proyecto, oferta la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, cuyo propósito es formar tecnólogos con habilidades técnicas y competencias prácticas para intervenir en procesos de diseño, operación, mantenimiento y optimización de sistemas electromecánicos en entornos industriales. Esta carrera combina conocimientos de mecánica, electricidad, electrónica y automatización, con énfasis en el uso de herramientas tecnológicas como el modelado 3D y la simulación computacional para la solución de problemas técnicos reales (ULEAM E. , 2025).

La ULEAM, a través de su Extensión El Carmen, cuenta con laboratorios, talleres y recursos tecnológicos que permiten desarrollar prácticas y proyectos aplicados, contribuyendo al aprendizaje basado en la experiencia. La implementación de trabajos de titulación orientados a la simulación de sistemas mecánicos responde a la necesidad de reforzar las competencias de los estudiantes en el análisis de componentes antes de su fabricación, promoviendo un enfoque preventivo y optimizador en la ingeniería aplicada. Este entorno académico, junto con el acceso a software especializado como SolidWorks, crea las condiciones necesarias para la ejecución de proyectos como el presente, que busca integrar el conocimiento teórico con su aplicación práctica.

Previo a la ejecución de este proyecto, en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la ULEAM Extensión El Carmen se habían desarrollado trabajos de titulación y prácticas académicas relacionadas con transmisiones mecánicas, principalmente orientadas a sistemas de engranajes rectos y cónicos, tanto en su diseño como en su simulación. Estos trabajos se centraban en configuraciones más comunes, con aplicaciones didácticas y en algunos casos vinculadas a la industria local, pero no se habían abordado en profundidad transmisiones por engranajes helicoidales cruzados a 90°, como las que se emplean en maquinaria especializada.

En la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la ULEAM Extensión El Carmen, antes de la ejecución de este proyecto únicamente se habían realizado simulaciones de pequeña escala con engranajes rectos, principalmente en el marco de la asignatura de Diseño y Desarrollo Mecánico. Estas prácticas se enfocaban en modelos básicos y configuraciones sencillas, con el objetivo de reforzar conceptos teóricos y familiarizar a los estudiantes con el uso de herramientas de modelado y simulación. Sin embargo, no se habían desarrollado trabajos que abordaran de manera específica el análisis de cargas de torsión sobre engranajes helicoidales cruzados, ni el estudio de las particularidades del contacto inclinado entre dientes, lo que marca la novedad y pertinencia del presente proyecto.

En el ámbito industrial de la región, la aplicación de simulaciones por elementos finitos en engranajes helicoidales cruzados es escasa, predominando aún el uso de cálculos aproximados y experiencia empírica para su diseño y evaluación. Esta carencia de estudios técnicos detallados justifica la ejecución del presente proyecto, que busca aportar un análisis más especializado y adaptado a las necesidades formativas y profesionales de la carrera, integrando herramientas de modelado CAD y simulación CAE para obtener resultados precisos y replicables en contextos reales de operación.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

En Europa, se desarrolló un modelo dinámico plano para el estudio del comportamiento vibratorio de transmisiones planetarias de dientes rectos, integrando capacidades avanzadas respecto a modelos previos. Este trabajo incorporó la posibilidad de simular cualquier tipo de engranaje con perfil de evolvente, incluyendo ruedas corregidas y el manejo de contactos múltiples tanto en contra flanco como fuera de la línea de acción, el cálculo de fuerzas de contacto se realizó mediante un método híbrido que combina formulaciones analíticas con modelos de elementos finitos, considerando además la flexibilidad de los cuerpos de las ruedas mediante una matriz de rigidez no diagonal, el modelo abarcó el comportamiento completo de la transmisión, incluyendo fuerzas disipativas por rozamiento y amortiguamiento del lubricante, así como deformaciones en los dientes (Iglesias, 2013). La validación se efectuó a través de simulaciones en régimen estático y dinámico, incorporando errores de posicionamiento y excentricidad en los planetas para evaluar su efecto en el reparto de carga. Este antecedente internacional demuestra la aplicabilidad del modelado computacional avanzado en el análisis de engranajes, destacando la relevancia de integrar técnicas híbridas de MEF y formulaciones analíticas para comprender fenómenos complejos, lo que guarda relación con el enfoque de simulación adoptado en el presente proyecto.

En Venezuela se desarrolló un programa de simulación para engranajes de dientes rectos basado en el método de elementos finitos (MEF), implementado en lenguaje LISP y con geometría definida según los estándares de la American Gear Manufacturers Association (AGMA). Esta herramienta de código abierto y bajo licencia GNU/GPL permite modelar el punto de contacto de máximo esfuerzo de un par de engranajes en dos dimensiones, para posteriormente ser analizado con cualquier software de cálculo por MEF. La validación se realizó comparando los resultados obtenidos con la teoría de Hertz y con el método de la AGMA, encontrando coincidencias muy cercanas que evidencian la fiabilidad del modelado (Chacón, Vergara, Díaz, & Andueza, 2011). Este antecedente

demuestra cómo el uso de herramientas computacionales específicas puede mejorar la precisión del análisis de engranajes, aportando bases metodológicas aplicables al presente proyecto en cuanto a la simulación y verificación de resultados obtenidos por elementos finitos.

En la provincia de Chimborazo se desarrolló un módulo de simulación para el diagnóstico vibracional de fallas en engranajes, implementado en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica. El proyecto inició con el análisis del módulo existente según la norma ISO 9000, seguido del rediseño de componentes en SolidWorks para incorporar diferentes modos de falla en un solo sistema, generando así un rotor kit versátil; la fabricación se realizó mediante mecanizado CNC, integrando fallas como diente roto, encuentro de dientes y desalineación lineal; posteriormente, se realizaron pruebas bajo la norma ISO 20816-1 utilizando el equipo Vibracheck 200 ABG y el software MAINTraQ Predictive, lo que permitió obtener espectros y formas de onda característicos para cada condición de falla (Condemaita & Molano, 2022). El análisis cuantitativo, realizado con el método de mínimos cuadrados, evidenció diferencias significativas en las líneas de tendencia según el modo de falla, validando el uso de cartas de Charlotte para la identificación de problemas en engranajes. Este antecedente demuestra la pertinencia de integrar simulación y diagnóstico técnico en entornos académicos, reforzando la formación práctica en análisis de sistemas de transmisión.

En el cantón Portoviejo se desarrolló un estudio sobre la síntesis geométrica de una transmisión dentada cilíndrica de dientes rectos normales, enfocado en el diseño preciso de los perfiles de los dientes para garantizar una relación de transmisión constante entre el eje conductor y el eje conducido; el trabajo detalla los principios de interferencia y contacto entre dientes, así como la necesidad de que estos posean perfiles conjugados para una transmisión eficiente de potencia; si bien este estudio se centra en engranajes rectos y no en engranajes helicoidales cruzados como en el presente proyecto, constituye un referente regional en cuanto al análisis geométrico de engranajes y el cumplimiento de parámetros de diseño para aplicaciones mecánicas (Bone & Garcia, 2022). De

acuerdo con la revisión de la literatura realizada, no se han encontrado trabajos en otros cantones de Manabí que aborden específicamente el análisis y simulación de engranajes helicoidales cruzados, lo que resalta el carácter innovador y diferencial del presente estudio.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. DESARROLLO

En esta sección se describe la implementación práctica de la propuesta orientada a analizar y simular un sistema de transmisión por engranajes helicoidales cruzados a 90°, correspondiente a un motorreductor acoplado a un motor eléctrico de 5 HP. El desarrollo del proyecto siguió la metodología planteada en los objetivos específicos, iniciando con el modelado tridimensional preciso de los engranajes, la configuración de las propiedades del material y la definición de las condiciones de carga y restricción en el software de simulación. Posteriormente, se ejecutó el análisis mediante el método de elementos finitos, obteniendo resultados de tensiones, desplazamientos y factor de seguridad que permitieron evaluar el comportamiento del sistema bajo condiciones operativas reales. Este apartado presenta de manera ordenada cada una de las etapas realizadas, los fundamentos técnicos aplicados y las decisiones adoptadas durante la simulación, asegurando que los datos obtenidos sean coherentes con el funcionamiento esperado de un motorreductor de la potencia especificada.

3.1.1. Descripción de la propuesta

Descripción del Objetivo Específico 1

Se elaboró el modelo tridimensional del sistema de engranajes helicoidales cruzados a 90°, perteneciente a un motorreductor para un motor eléctrico de 5 HP, utilizando el software SolidWorks. El diseño incluyó la definición precisa de las dimensiones geométricas de cada engranaje, así como la orientación y disposición de los dientes para garantizar el correcto acoplamiento. Además, se asignó el material acero ASTM A36 con sus propiedades mecánicas específicas, lo que permitió preparar el modelo para la etapa de simulación con datos fieles a un componente real.

Descripción del Objetivo Específico 2

Se llevó a cabo la simulación computacional del sistema mediante el método de elementos finitos, empleando el módulo Simulation de SolidWorks. Para ello, se fijaron los agujeros de los ejes como geometría restringida y se aplicó una carga

de torsión de 20.2 Nm sobre el eje del engranaje más pequeño, correspondiente al engranaje conductor del motorreductor. Se generó una malla refinada en las zonas de contacto para obtener resultados más precisos en el cálculo de tensiones, desplazamientos y factor de seguridad. Esta etapa permitió reproducir las condiciones de trabajo de un sistema real y evaluar su desempeño bajo cargas propias de un motor de 5 HP.

Descripción del Objetivo Específico 3

Se analizaron e interpretaron los resultados obtenidos de la simulación, identificando el punto crítico de mayor esfuerzo —184.67 MPa— localizado en el extremo de un diente del engranaje conductor, en la zona central de contacto. Se determinó un desplazamiento máximo de 0.01 mm en la parte superior del engranaje, atribuible a la torsión en el punto más alejado del eje de giro. Finalmente, se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 1.35 en la zona de mayor sollicitación, valor que permite establecer criterios sobre la resistencia y vida útil del sistema. La interpretación de estos datos posibilitó evaluar la viabilidad del diseño y su capacidad para operar de forma segura en un motorreductor de las características planteadas.

3.1.2. Etapas

Etapas 1: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 1

- Recolección de datos geométricos y técnicos necesarios para el modelado de los engranajes helicoidales cruzados a 90°, incluyendo radios exteriores, radios en el fondo de los dientes y diámetros de los agujeros de eje.
- Configuración del entorno de trabajo en SolidWorks para el modelado tridimensional de las piezas, asegurando la correcta orientación de los dientes y la alineación de los ejes.
- Asignación del material acero ASTM A36 a ambos engranajes, incorporando propiedades como módulo de elasticidad, límite de fluencia y densidad para su uso en la simulación.

- Generación del conjunto ensamblado, verificando la correcta interacción entre engranajes y el acoplamiento propio de un motorreductor de 5 HP.

Etapas 2: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 2

- Importación del modelo tridimensional al módulo *Simulation* de SolidWorks para la configuración del análisis por elementos finitos.
- Definición de las condiciones de contorno, fijando los agujeros de los ejes como geometría restringida y aplicando una carga de torsión de 20.2 Nm en el eje del engranaje más pequeño (conductor).
- Creación de una malla refinada en las zonas de contacto de los dientes para obtener mayor precisión en el cálculo de tensiones y deformaciones.
- Ejecución del análisis estático para determinar la distribución de tensiones (Von Mises), desplazamientos totales y factor de seguridad del sistema bajo las condiciones de carga simuladas.

Etapas 3: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 3

- Revisión de los resultados gráficos y numéricos obtenidos de la simulación, identificando el punto crítico de mayor tensión (184.67 MPa) ubicado en el extremo del diente del engranaje conductor.
- Análisis del desplazamiento máximo (0.01 mm) en la parte superior del engranaje, atribuido a la torsión en el punto más alejado del eje de giro.
- Evaluación del factor de seguridad mínimo de 1.35 en la zona de mayor sollicitación, comparando el valor obtenido con las propiedades mecánicas del acero ASTM A36 para determinar la viabilidad del diseño.
- Elaboración de observaciones técnicas sobre el comportamiento del sistema, considerando las exigencias mecánicas propias de un motorreductor de 5 HP y proponiendo recomendaciones para optimizar su resistencia y durabilidad.

3.1.3. Presupuesto

El presente proyecto no generó gastos asociados a materiales, equipos o mano de obra, debido a que todas las actividades se realizaron de manera virtual mediante el uso de software de modelado y simulación. El presupuesto general cubrió los tres objetivos de manera integral, empleando únicamente recursos informáticos disponibles en la institución y licencias académicas de SolidWorks.

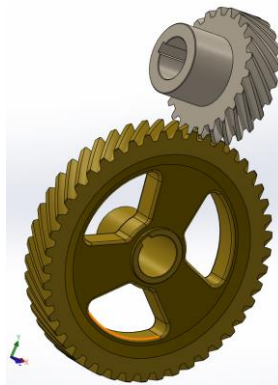
3.2. RESULTADOS

Objetivo Específico 1:

El modelado tridimensional del sistema de engranajes helicoidales cruzados a 90° se desarrolló en SolidWorks, tomando como base las dimensiones proporcionadas para cada pieza y asegurando un ensamblaje preciso que garantice el correcto acoplamiento. El engranaje mayor se diseñó con un radio exterior de 90.26 mm y un radio en el fondo de diente de 84.30 mm, mientras que el engranaje menor presentó un radio exterior de 45.53 mm y un radio en el fondo de diente de 39.58 mm. Ambos engranajes fueron configurados con un agujero central de 15 mm de radio para su montaje en el eje correspondiente. La orientación de los dientes se ajustó para reproducir la configuración helicoidal cruzada propia de este tipo de transmisión.

Ilustración 1.

Representación 3D simplificada del motorreductor.



Se seleccionó el acero ASTM A36 como material para ambos engranajes, cargando en el software sus propiedades mecánicas —módulo de elasticidad de 200 GPa, límite de fluencia de 250 MPa y densidad de 7850 kg/m³— con el fin de asegurar que la simulación reflejara un comportamiento realista. La correcta asignación del material y la precisión en el modelado fueron fundamentales para que el análisis por elementos finitos posterior arrojara resultados confiables. El ensamblaje final del sistema permitió verificar la alineación de los ejes y la interacción adecuada entre dientes, validando así que el modelo estaba listo para la etapa de simulación.

Tabla 1.

Dimensiones principales de los engranajes.

Engranaje	Radio exterior (mm)	Radio en fondo de diente (mm)	Radio de agujero de eje (mm)	Material
Grande	90.26	84.30	15.00	ASTM A36
Pequeño	45.53	39.58	15.00	ASTM A36

Objetivo Específico 2:

Para la simulación, el modelo tridimensional se exportó al módulo *Simulation* de SolidWorks, donde se configuraron las condiciones de contorno. Los agujeros centrales de ambos engranajes se fijaron como geometría restringida para evitar desplazamientos no deseados, mientras que en el engranaje más pequeño (conductor) se aplicó una carga de torsión de 20.2 Nm, representando el par transmitido por un motorreductor acoplado a un motor de 5 HP. Este escenario reprodujo las condiciones reales de operación del sistema.

La malla generada se refinó especialmente en las zonas de contacto entre dientes para capturar con mayor precisión la distribución de esfuerzos. Se seleccionó un análisis estático lineal, obteniendo como resultados principales la distribución de tensiones de Von Mises, los desplazamientos totales y el factor de seguridad. El proceso de cálculo permitió identificar las zonas críticas del sistema y confirmar que el modelo, las restricciones y las cargas aplicadas eran consistentes con el comportamiento esperado de un conjunto mecánico de estas características.

Tabla 2.

Configuración principal de la simulación

Parámetro	Valor
Tipo de análisis	Estático
Método de cálculo	Elementos finitos (FEA)
Carga aplicada	Torsión 20.2 Nm
Restricciones	Agujeros de ejes fijos
Malla	Refinada en dientes

Objetivo Específico 3:

Logros obtenidos:

El análisis de la simulación reveló que el máximo esfuerzo alcanzó un valor de 184.67 MPa, localizado en el extremo de un diente del engranaje conductor, en la zona central de contacto. Este valor, aunque inferior al límite de fluencia del acero ASTM A36 (250 MPa), indica que el componente trabaja en un rango elevado de sollicitación, lo que podría influir en su vida útil si el sistema opera bajo cargas repetitivas o en condiciones de impacto. El desplazamiento máximo registrado fue de 0.01 mm en la parte superior del engranaje, resultado atribuible a la torsión generada en el punto más alejado del eje de giro.

Ilustración 2.

Diagrama de contornos de la distribución de esfuerzos.

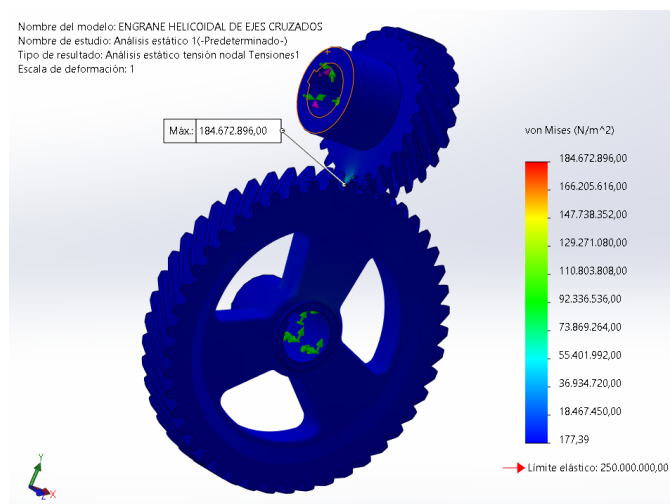


Ilustración 3.

Punto crítico con la mayor concentración de esfuerzos.

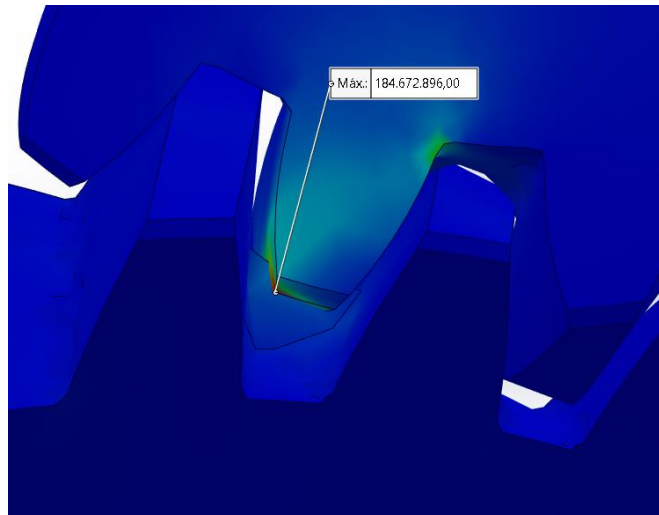
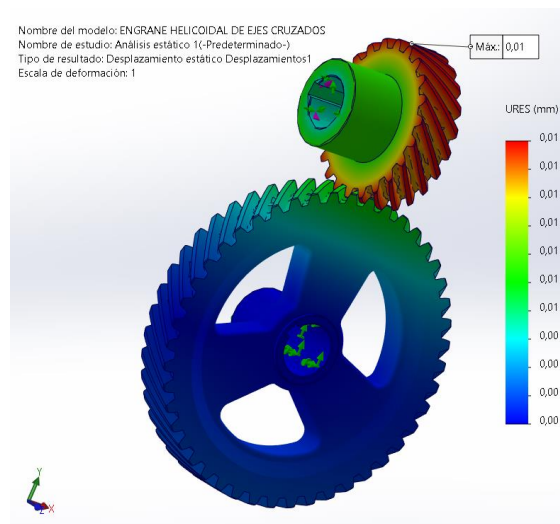


Ilustración 4.

Diagrama de contornos con la distribución de desplazamientos.



El factor de seguridad mínimo obtenido fue de 1.35 en la zona de mayor esfuerzo, lo que, si bien asegura que el engranaje soporta la carga, deja un margen de seguridad reducido para imprevistos como sobrecargas o desalineaciones. Estos resultados permiten concluir que el diseño es funcional para un motorreductor de 5 HP, pero su margen de seguridad podría optimizarse mediante modificaciones en el perfil de los dientes o el uso de un material con mayor resistencia mecánica. La interpretación de estos datos resulta clave para

orientar mejoras futuras en el diseño y asegurar una operación confiable a largo plazo.

Ilustración 5.

Diagrama de contornos con la distribución del factor de seguridad.

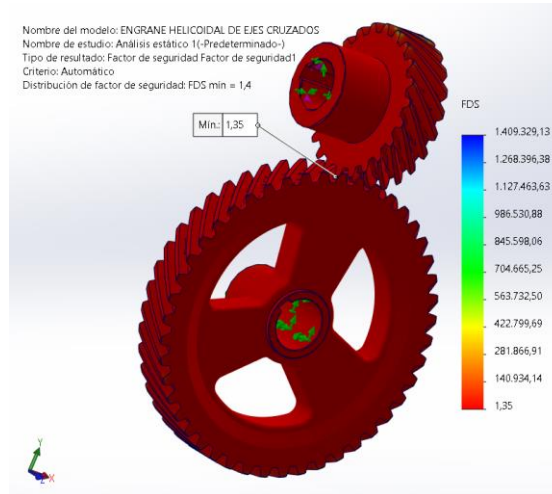


Tabla 3.

Resultados principales de la simulación

Parámetro	Valor	Ubicación crítica
Tensión máx. (MPa)	184.67	Extremo de diente, engranaje conductor
Desplazamiento máx. (mm)	0.01	Parte superior del engranaje conductor
Factor de seguridad min.	1.35	Zona de mayor tensión, engranaje conductor

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Conclusión del Objetivo Específico 1

Se cumplió con la elaboración del modelo tridimensional del sistema de engranajes helicoidales cruzados a 90°, correspondiente a un motoreductor de 5 HP, utilizando el software SolidWorks. El diseño incluyó dimensiones precisas, selección de material ASTM A36 y configuración de las condiciones de montaje, lo que permitió obtener un modelo apto para la simulación y fiel a una aplicación industrial real.

Conclusión del Objetivo Específico 2

Se cumplió con la realización de la simulación computacional mediante el método de elementos finitos, reproduciendo las condiciones de carga y restricción propias del sistema. La configuración de la malla y la correcta aplicación de la torsión permitieron obtener resultados confiables de tensiones, desplazamientos y factor de seguridad, representativos del comportamiento mecánico bajo condiciones reales de operación.

Conclusión del Objetivo Específico 3

Se cumplió con el análisis e interpretación de los resultados de la simulación, identificando el punto crítico de mayor tensión (184.67 MPa) en el engranaje conductor, un desplazamiento máximo de 0.01 mm en la parte superior del mismo, y un factor de seguridad mínimo de 1.35. Estos resultados permiten concluir que el diseño es funcional para la potencia establecida, aunque se podrían implementar mejoras para aumentar su margen de seguridad y prolongar su vida útil.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar este estudio como material de referencia para la enseñanza de análisis por elementos finitos en sistemas de transmisión,

incorporando prácticas que incluyan variaciones en geometría y material para evaluar su impacto en el rendimiento.

Se recomienda que realicen proyectos similares, se sugiere considerar un factor de seguridad mayor a 1.35 en el diseño, evaluando opciones como el uso de aceros de mayor resistencia o modificaciones en el perfil de los dientes para reducir concentraciones de tensión.

Se recomienda aplicar análisis por elementos finitos antes de la fabricación para prevenir fallas y optimizar el diseño, reduciendo así costos de mantenimiento y paradas no programadas.

Se aconseja realizar estudios complementarios que incluyan análisis dinámico y de fatiga, para prever el comportamiento del sistema en condiciones prolongadas de operación y cargas variables.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandro, V. (2016). *SCIÉNDOCIENCIA PARA EL DESARROLLO*. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1509/1515>
- Bone, J., & Garcia, D. (2022). *Síntesis Geométrica De Una Transmisión Dentada Cilíndrica De Dientes*. Portoviejo: UTM.
- Chacón, R., Vergara, M., Díaz, M., & Andueza, L. (2011). Programa de Simulación para Engranajes de Dientes Rectos por Elementos Finitos. *Ciencia e Ingeniería*, 123-127.
- CHIMBO, L. (2020). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19308/1/UPS%20-%20TTS178.pdf>
- Choto, L., Aquino, S., Tierra, L., & Morillo, C. (2022). Estudio de metodologías para la modelación matemática y simulación de engranes rectos para validar su diseño. *Polo del conocimiento*, 2380-2402.
- Condemaita, J., & Molano, C. (2022). *Implementación de un módulo de simulación para el diagnóstico vibracional de fallas en engranajes para el rotor kit del laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética*. Riobamba: ESPOCH.
- 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>
- Iglesias, M. (2013). *Modelo para el estudio del comportamiento vibratorio de transmisiones planetarias*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Infanzón, L. (2010). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ*. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3cac9ae0-d441-4680-a3d6-edb29f3487ff/content>

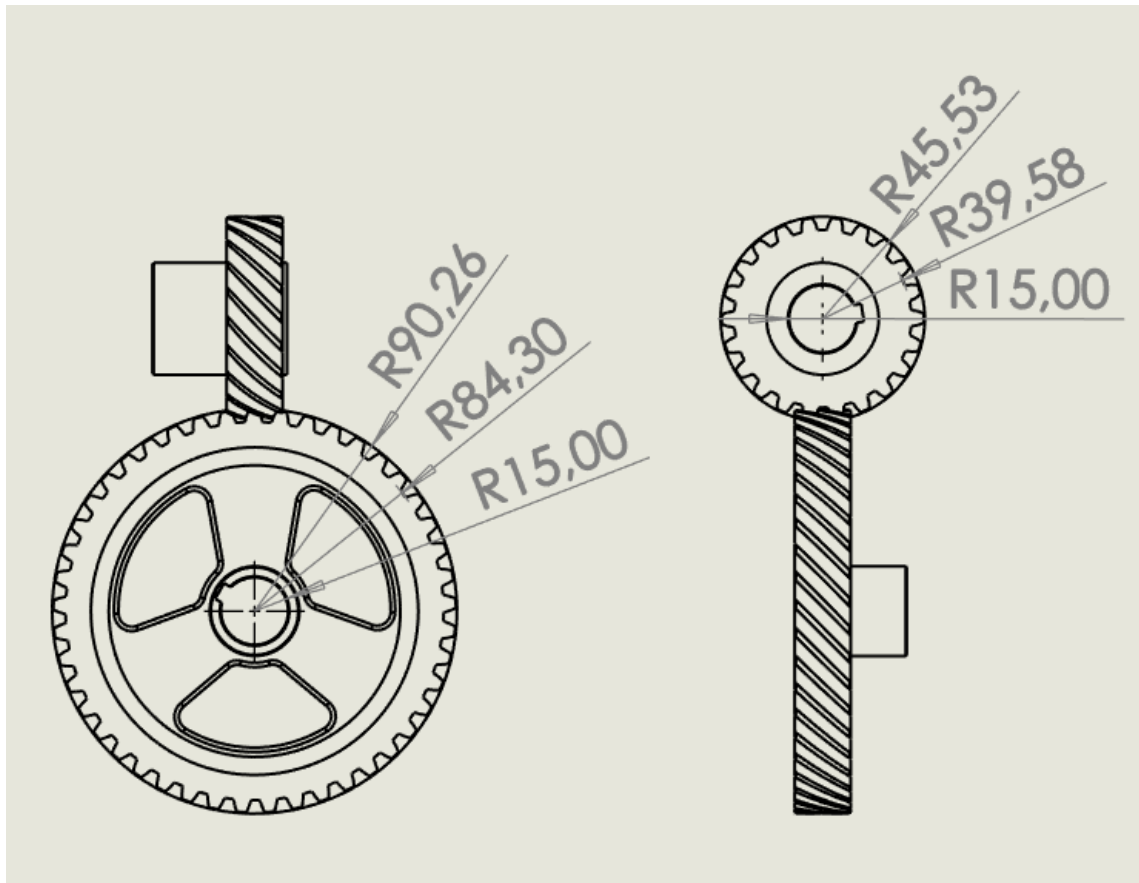
- Li, G. (2023). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ*. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e2145769-9ac9-486c-ad04-01cc43766462/content>
- MAITRA, G. M. (2011). *Handbook-Gear-Design-Maitra-2nd-Ed.pdf*. Obtenido de <https://gearkade.com/Gearkade%20content/Books/Handbook-Gear-Design-Maitra-2nd-Ed.pdf>
- Moya, R. (2007). *Researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/A-Hernandez-Battez/publication/237775562_SIMULACION_DEL_CONTACTO_EN_TRANSMISIONES_POR_ENGRANAJES/links/0f3175320c54b17f46000000/SIMULACION-DEL-CONTACTO-EN-TRANSMISIONES-POR-ENGRANAJES.pdf
- Piñera, P. (2013). *Repositorio Digital UPCT*. Obtenido de <file:///C:/Users/USER/Downloads/pfc5073.pdf>
- Richard, B. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Obtenido de <https://termoaplicadaunefm.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/disec3b1o-en-ingenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf>
- Roda, V. (2015). *tesisenred.net*. Obtenido de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/371447/vroda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sócrates, M. (2022). *dialnet*. Obtenido de <file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-EstudioDeMetodologiasParaLaModelacionMatematicaYSi-9042954.pdf>
- ULEAM. (2012). *ULEAM*. Obtenido de <https://www.uleam.edu.ec/historia/>
- ULEAM, E. (2025). *ULEAM*. Obtenido de <https://carreras.uleam.edu.ec/extension-el-carmen/carrera-electromecanica/>

Vez Labrador, S. (2019). *Universidad del País Vasco*. Obtenido de
<file:///C:/Users/USER/Downloads/TFM-Sergio%20Vez.pdf>

ANEXOS

Ilustración 6.

Plano del ensamblaje en vista frontal y lateral con las cotas principales de cada engranaje.



Stefany Barco - Jair Cueva

8%
Textos sospechosos

- 3% Similitudes
 - 0% similitudes entre artículos
 - 0% entre las fuentes mencionadas
- 5% Idiomas no reconocidos
- 38% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Stefany Barco - Jair Cueva.docx
ID del documento: 5cc05421017fa4dd4c136d981330dd1216f9d01d
Tamaño del documento original: 895,79 kB

Depositante: RENE FERNANDO LOPEZ BARBERAN
Fecha de depósito: 18/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 18/8/2025

Número de palabras: 6450
Número de caracteres: 45.478

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	MIGUE-CESAR-ELECTROMECANICA.pdf MIGUE-CESAR-ELECTROMECAN... Viene de de mi grupo 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (91 palabras)
2	MENDOZA ZAMBRANO.pdf MENDOZA ZAMBRANO... Viene de de mi grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
3	CALDERON COOL.pdf CALDERON COOL... Viene de de mi grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (52 palabras)
4	dspace.espoet.edu.ec Implementación de un módulo de simulación para en d... http://dspace.espoet.edu.ec/handle/123456789/12320 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (52 palabras)
5	ALFONSO ROQUE.pdf ALFONSO ROQUE... Viene de de mi grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Implementación de un módulo de sim... https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4587818	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	www.redalyc.org Programa de Simulación para Engranajes de Dientes Rectos p... http://www.redalyc.org/pdf/5075/507550773002.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
3	dialnet.unirioja.es https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9042954.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
4	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/23456789/7534/1/LEAM-ELECTRA-002.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
5	www.todopedia.online Transformadores de movimiento lineal a circular y vice... https://www.todopedia.online/transformadores-movimiento-lineal-a-circular-y-viceversa/5583	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1509/1515>
- <https://ebac.mx/blog/que-es-el-modelado-3d>
- <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3cac9ae0-d441-4680-a3d6-edb29f3487ff/content>
- <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e2145769-9ac9-486c-ad04-01cc43766462/content>
- https://www.researchgate.net/profile/A-Hernandez-Battez/publication/237775562_SIMULACION_DEL_CONTACTO_EN_TRANSMISIONES_POR_ENGRANAJES/links/0f3175320c...