



## **UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**

### **Título:**

Análisis y simulación de un sistema de refrigeración de motores eléctricos en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen.

### **Autores:**

Castro Vidal Joseph Alexander  
Vargas Bravo Luis Ángel

### **Tutor(a)**

Ing. César Sinchiguano, Mg.


### **Unidad Académica:**

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

### **Carrera:**

Tecnología Superior en Electromecánica.

**El Carmen, Febrero del 2026**

 Uleam UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" MANABÍ	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:

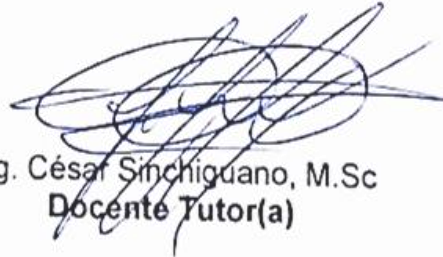
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Titulación bajo la autoría del estudiante VARGAS BRAVO LUIS ANGEL, legalmente matriculado/a en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, periodo académico 2025-1, cumpliendo el total de 144 horas, cuyo tema del proyecto es "Análisis y simulación de un sistema de refrigeración de motores eléctricos 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, El Carmen de 18 de 2025.

Lo certifico,



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

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

*Castro Vidal Joseph Alexander, Vargas Bravo Luis Ángel*

Estudiante(s) de la Carrera de **Tecnología Superior en Electromecánica**, declaro(amos) bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "Análisis y simulación de un sistema de refrigeración de motores eléctricos en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen.", previa a la obtención del Título de Tecnología Superior en Electromecánica, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

**El Carmen, Febrero del 2026**



Castro Vidal Joseph Alexander



Vargas Bravo Luis Ángel



# Uleam

UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

## 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 refrigeración de motores eléctricos en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen." de su(s) autor(es): Castro Vidal Joseph Alexander, Vargas Bravo Luis Ángel de la Carrera "Tecnología Superior en Electromecánica", y como Tutor(a) del Trabajo el/la Ing. César Sinchiguano, Mg.

El Carmen, Febrero del 2026




Ing. Bladimir Mora, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Marlon Serrano, Mg.  
PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL



Ing. César Sinchiguano, Mg.  
TUTOR(A)



Ing. Danilo Arévalo, Mg.  
SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido de alguna manera a la realización de este trabajo. En primer lugar, deseo agradecer a mi director de investigación Ing. Cesar Sinchiguano, por su guía, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de este proceso, y a mis profesores de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, quienes enriquecieron nuestra formación académica. Finalmente agradecemos a nuestras familias por su apoyo que ha sido indispensable, sin ella nada de esto habría sido posible.

Castro Vidal Joseph Alexander

Vargas Bravo Luis Ángel

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, con todo el amor y gratitud del mundo a Mis padres e hijos. Y Finalmente, dedico este trabajo a todas aquellas personas que creen en la importancia de la educación y el conocimiento como herramientas para construir un mundo mejor.

Castro Vidal Joseph Alexander

Vargas Bravo Luis Ángel

## **RESUMEN**

El presente proyecto aborda la simulación térmica de un motor eléctrico de 745.8 W (1HP) para evaluar el comportamiento térmico y optimizar el sistema de refrigeración. El objetivo general fue simular el comportamiento térmico del motor utilizando herramientas de simulación térmica. La metodología incluyó la creación de un modelo 3D del motor, centrado en la carcasa y las aletas de refrigeración, seguido de una simulación térmica que aplicó condiciones de potencia calorífica y coeficiente de convección. Los resultados mostraron que la temperatura máxima alcanzada fue de 32.57°C en la parte superior y la mínima de 27.89°C en la parte inferior del motor, lo que demuestra que el sistema de refrigeración es adecuado para mantener el motor dentro de los límites térmicos seguros. En conclusión, el diseño actual de la carcasa y las aletas de refrigeración es eficaz para disipar el calor generado, y la simulación térmica puede ser utilizada como una herramienta clave para optimizar el diseño y mejorar el rendimiento de los motores eléctricos.

## **PALABRAS CLAVE**

Simulación térmica, motor eléctrico, refrigeración, análisis térmico, modelado 3D.

## **ABSTRACT**

This project addresses the thermal simulation of a 745.8 W (1HP) electric motor to evaluate its thermal behavior and optimize its cooling system. The main objective was to simulate the motor's thermal behavior using thermal simulation tools. The methodology included the creation of a 3D model of the motor, focusing on the casing and cooling fins, followed by a thermal simulation applying heat power and convection coefficient conditions. The results showed that the maximum temperature reached was 32.57°C at the top and the minimum was 27.89°C at the bottom, demonstrating that the cooling system is adequate to maintain the motor within safe thermal limits. In conclusion, the current design of the casing and cooling fins is effective in dissipating the generated heat, and thermal simulation can be used as a key tool for optimizing the design and improving the performance of electric motors.

## **KEYWORDS**

Thermal simulation, electric motor, cooling, thermal analysis, 3D modeling.

## ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR .....	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN¡Error! Marcador no definido.	
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 .....	12
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS .....	14
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	17
3.1. DESARROLLO .....	17
3.1.1. Descripción de la propuesta .....	17
3.1.2. Etapas .....	18

3.1.3. Presupuesto .....	19
3.2. RESULTADOS .....	20
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	25
4.1. CONCLUSIONES .....	25
4.2. RECOMENDACIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXOS.....	29

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Modelo 3D de la carcasa del motor.....	21
<b>Ilustración 2.</b> Vista en corte mostrando la cavidad interior de la carcasa.....	21
<b>Ilustración 3.</b> Vista de corte longitudinal con las condiciones de convección en verde y de potencia térmica en azul.....	22
<b>Ilustración 4.</b> Configuración de cargas térmicas en el software.....	22
<b>Ilustración 5.</b> Distribución de temperaturas en la carcasa del motor.....	23
<b>Ilustración 6.</b> Motor eléctrico completo.....	29

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de elementos para la simulación.....	20
<b>Tabla 3.</b> Resumen de resultados en las zonas más críticas de la carcasa. ....	24

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

En los sistemas electromecánicos, la gestión térmica juega un papel fundamental en el rendimiento y la vida útil de los motores eléctricos. Un motor eléctrico, al operar bajo carga, genera calor debido a las pérdidas internas, como la resistencia de los conductores y las fricciones. Este calor debe ser disipado adecuadamente para evitar el sobrecalentamiento, lo cual podría derivar en fallos prematuros o disminución de la eficiencia del sistema. La simulación del comportamiento térmico de estos motores es esencial para evaluar las condiciones térmicas en las que operan, optimizando así su diseño y funcionamiento, el análisis de la disipación de calor mediante herramientas de simulación es una técnica clave para garantizar que los motores trabajen dentro de los rangos térmicos seguros y eficientes, lo cual es crítico tanto en aplicaciones industriales como en sistemas de pequeña escala, como en la tecnología electromecánica (Badran & Sarhan, 2012).

Por otro lado, los motores eléctricos son elementos esenciales en la mayoría de los sistemas electromecánicos, en vista de que son los encargados de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, su funcionamiento eficiente depende de varios factores, como la correcta disipación del calor generado, el cual puede afectar tanto la eficiencia como la durabilidad del motor, en este contexto, se hace necesario estudiar la estructura del motor, enfocándose principalmente en su carcasa y las aletas de refrigeración, que son componentes clave para la disipación del calor (Vedan, 2025). La simulación térmica de este componente permite prever el comportamiento del motor en condiciones operativas, facilitando el diseño y la optimización de sistemas de refrigeración adaptados a las necesidades térmicas del motor.

Recientemente, se han realizado varios estudios que abordan el comportamiento térmico y la refrigeración de motores eléctricos, con el objetivo de mejorar su rendimiento y durabilidad. Un ejemplo destacado es el estudio realizado por Aitor Escudier en 2019, titulado "Estudio del comportamiento térmico y refrigeración del motor eléctrico para una motocicleta". En este trabajo, se abordó la

problemática de la disipación del calor en el motor de la motocicleta eléctrica EME16E, destacando la importancia de las estrategias de refrigeración eficaces para prevenir el sobrecalentamiento. El proyecto incluyó una recopilación de las diferentes técnicas de refrigeración de motores eléctricos, apoyándose en las ecuaciones básicas de transmisión de calor y utilizando software de modelado tridimensional y simulación, como Catia, Design Modeler y FLUENT, dentro del entorno de análisis por elementos finitos ANSYS (Escudier, 2019). Este enfoque permitió simular la transmisión de calor del motor de la motocicleta, considerando las pérdidas de potencia en el rotor y los bobinados, y evaluando el comportamiento térmico bajo las condiciones reales de funcionamiento.

La importancia de estudiar el comportamiento térmico y la refrigeración de los motores eléctricos radica en su impacto directo en la eficiencia operativa, la fiabilidad y la longevidad de los sistemas electromecánicos. El sobrecalentamiento de los motores puede provocar no solo pérdidas en el rendimiento, sino también daños permanentes que resultan en tiempos de inactividad y costos adicionales de mantenimiento. En la actualidad, la eficiencia energética es una prioridad en todas las industrias, y los sistemas de refrigeración juegan un papel crucial para garantizar que los motores funcionen dentro de los límites térmicos seguros. Por ello, el análisis térmico mediante simulaciones es una herramienta indispensable para optimizar estos sistemas, evitando fallas y mejorando el rendimiento global de los equipos.

Este tema se encuentra estrechamente relacionado con la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, debido a que aborda uno de los aspectos clave del diseño y mantenimiento de sistemas electromecánicos, en particular en lo que respecta a la eficiencia energética y la protección de los motores eléctricos. Los estudiantes de esta carrera deben estar capacitados no solo en el conocimiento teórico de los sistemas, sino también en la capacidad de aplicar herramientas de simulación para resolver problemas prácticos que afectan directamente la operación de los equipos. La capacidad de realizar análisis térmicos mediante simulaciones, como en el caso de esta tesis, contribuye a la formación integral de los futuros técnicos y profesionales en electromecánica, permitiéndoles

enfrentar desafíos reales en el ámbito industrial y mejorar la gestión de recursos energéticos en los sistemas electromecánicos.

### **1.1. PROBLEMA**

En la actualidad, los motores eléctricos son componentes fundamentales en una amplia variedad de aplicaciones industriales y tecnológicas. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrentan los sistemas que los integran es la correcta gestión del calor generado durante su operación, la acumulación de calor en el interior de los motores puede llevar a un rendimiento subóptimo, aumentar la probabilidad de fallas y reducir la vida útil del equipo, a pesar de la existencia de soluciones de refrigeración, muchos motores no cuentan con un sistema de disipación eficiente que asegure su funcionamiento dentro de rangos térmicos seguros. Esto se debe, en parte, a la falta de estudios previos adecuados y simulaciones que permitan evaluar el comportamiento térmico de los motores en condiciones reales, lo que genera incertidumbre en el diseño y optimización de los sistemas de refrigeración.

El problema central de este trabajo radica en la necesidad de optimizar el sistema de refrigeración de un motor eléctrico, específicamente en su capacidad para disipar el calor generado por las pérdidas internas durante su funcionamiento. A través de una simulación térmica, se busca determinar si el diseño de la carcasa y las aletas de refrigeración es adecuado para mantener la temperatura del motor dentro de los límites recomendados, evitando el sobrecalentamiento y garantizando la eficiencia y longevidad del motor. Este análisis es esencial para mejorar el rendimiento de los motores en aplicaciones donde la gestión térmica es crítica.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Desde el punto de vista académico, el estudio y simulación del comportamiento térmico de los motores eléctricos es esencial para la formación de los estudiantes en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica. A través de esta investigación, los estudiantes adquieren conocimientos fundamentales sobre la

disipación de calor en sistemas electromecánicos, lo que les permite comprender y aplicar principios de termodinámica y transferencia de calor en contextos industriales. Además, la capacidad de realizar simulaciones térmicas es una habilidad valiosa que prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo laboral, donde la eficiencia energética y la fiabilidad de los sistemas electromecánicos son prioritarias. Este tipo de trabajo promueve una formación técnica y práctica que se alinea con las necesidades del sector.

Desde una perspectiva tecnológica, la optimización del sistema de refrigeración en motores eléctricos tiene un impacto directo en la eficiencia energética de los sistemas electromecánicos. Los avances en la simulación térmica permiten diseñar motores con un mejor rendimiento térmico, lo que se traduce en un menor consumo de energía, mayor durabilidad y menores costos operativos. La capacidad de predecir el comportamiento térmico de los motores a través de herramientas de simulación también facilita la mejora continua en el diseño de sistemas de refrigeración, ofreciendo soluciones más sostenibles y rentables. En este contexto, el uso de simulaciones térmicas se posiciona como una herramienta indispensable para los avances tecnológicos en el campo de la electromecánica.

Este trabajo se relaciona estrechamente con la línea de investigación institucional de "Ingeniería, Industria y Construcción para un desarrollo sustentable", por ende la optimización de la eficiencia energética de los motores eléctricos contribuye directamente a un uso más racional y responsable de los recursos energéticos. La simulación térmica no solo mejora la eficiencia de los sistemas electromecánicos, sino que también promueve la sostenibilidad, al reducir el impacto ambiental asociado al sobrecalentamiento y al desgaste prematuro de los motores. Este enfoque técnico y académico se enmarca dentro de la misión institucional de promover soluciones innovadoras y sustentables en el ámbito de la ingeniería.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Simular el comportamiento térmico de un motor eléctrico utilizando herramientas de simulación térmica.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Desarrollar el modelo 3D del motor eléctrico con énfasis en la estructura de la carcasa y las aletas de refrigeración.

Simular el comportamiento térmico del motor eléctrico mediante herramientas de análisis de temperatura y calor.

Analizar los resultados de la simulación térmica evaluando los diagramas de contorno de temperatura.

### **1.4. METODOLOGÍA**

#### **1.4.1. Procedimiento**

El procedimiento para llevar a cabo la simulación térmica del motor eléctrico se desarrollará siguiendo los objetivos específicos establecidos. A continuación, se detallan los pasos que se siguieron para ejecutar la propuesta:

#### **Paso1: Desarrollo del modelo 3D del motor eléctrico**

El primer paso consistió en la creación del modelo 3D del motor eléctrico, centrado en la estructura de la carcasa y las aletas de refrigeración. Utilizando herramientas de modelado CAD, se replicó la forma y características del motor, asegurándose de incluir los elementos relevantes para la simulación térmica, como las aletas de refrigeración. Este modelo fue simplificado, excluyendo el rotor, eje y ventiladores, para centrarse exclusivamente en los elementos que afectan directamente la disipación térmica.

## **Paso 2: Simulación térmica del motor eléctrico**

Con el modelo 3D ya desarrollado, se procedió a aplicar las condiciones de contorno y configurar la simulación térmica. Se asignó una potencia calorífica de 30 W en la cavidad interna de la carcasa, correspondiente a la pérdida de calor por las pérdidas internas del motor. Además, se incorporó un coeficiente de convección de  $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  para simular la disipación térmica por convección hacia el ambiente exterior. Se configuró el material de la carcasa como acero aleado fundido, de acuerdo con las propiedades térmicas estándar. Luego, se corrió la simulación térmica para obtener los resultados de temperatura distribuidos a lo largo del modelo.

## **Paso 3: Análisis de los resultados de la simulación térmica**

Una vez realizada la simulación, se obtuvieron los resultados en forma de diagramas de contorno de temperatura que muestran la distribución térmica a lo largo de la carcasa del motor. El siguiente paso fue analizar estos resultados, enfocándose en las zonas de mayor y menor temperatura. Se evaluó si la temperatura máxima alcanzada en la carcasa del motor estaba dentro de los límites aceptables para su funcionamiento eficiente y seguro. En base a este análisis, se determinaron posibles ajustes y mejoras en el diseño de la carcasa y las aletas de refrigeración para optimizar la disipación térmica.

### **1.4.2. Técnicas**

#### **Modelado 3D CAD**

Esta técnica consiste en la creación de un modelo tridimensional utilizando software de modelado asistido por computadora (EBAC, 2023). Se utilizó para desarrollar la representación física del motor eléctrico, centrando el diseño en la carcasa y las aletas de refrigeración. La razón para emplear esta técnica fue obtener una representación detallada y precisa del motor que serviría como base para la simulación térmica. Esta técnica fue aplicada en la etapa inicial del proyecto, específicamente en el desarrollo del modelo 3D del motor.

## **Simulación Térmica con Análisis por Elementos Finitos (AEF)**

El análisis térmico por elementos finitos es una técnica que permite evaluar la distribución de temperaturas en un objeto o sistema mediante la subdivisión de este en pequeños elementos (Silva, 2020). Esta técnica fue empleada para simular el comportamiento térmico del motor eléctrico bajo condiciones operativas, considerando las pérdidas internas y la disipación de calor. La fundamentación de esta técnica radica en su capacidad para proporcionar resultados precisos sobre cómo el calor se distribuye a lo largo del motor, lo cual es esencial para entender su rendimiento térmico. Fue aplicada en la etapa de simulación, donde se introdujeron las condiciones de contorno para ejecutar el análisis térmico del modelo 3D del motor.

### **1.4.3. Métodos**

#### **Método de Análisis Térmico Transitorio**

Este método consiste en realizar un análisis térmico donde se evalúa cómo la temperatura cambia en función del tiempo bajo condiciones de carga térmica. Se utilizó este método para simular la disipación de calor del motor eléctrico durante su funcionamiento (Thermtest, 2024). El motivo para emplear este método fue que permite modelar con precisión la transferencia de calor a través del motor y proporciona un perfil térmico detallado a lo largo de su operación. Este método fue aplicado durante la simulación del comportamiento térmico, con el objetivo de evaluar la distribución de temperatura a medida que se generaban las pérdidas térmicas internas.

#### **Método de Elementos Finitos (FEM) para la Resolución Térmica**

El método de elementos finitos (FEM) es un procedimiento numérico utilizado para resolver problemas complejos de ingeniería, como la transferencia de calor (Lee, 2025). Este método divide un objeto en una malla de elementos pequeños y resuelve las ecuaciones de comportamiento térmico en cada uno de estos

elementos. Se utilizó este método para obtener los resultados de la simulación térmica, debido a que permite obtener una solución precisa para la distribución de temperaturas en el motor, considerando las características geométricas y materiales del modelo. Este método fue fundamental durante la simulación térmica del motor, permitiendo la obtención de los diagramas de contorno de temperatura y el análisis de los resultados.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. DEFINICIONES**

#### **Fundamentación teórica del primer componente – Simulación térmica en motores eléctricos**

La simulación térmica es un proceso que permite predecir y analizar el comportamiento térmico de los componentes de un sistema, en este caso, de un motor eléctrico. La disipación de calor en los motores eléctricos es un fenómeno importante que afecta directamente a su rendimiento y longevidad. La transferencia de calor en estos sistemas se puede clasificar en conducción, convección y radiación, siendo la conducción el principal mecanismo de transferencia de calor en la estructura del motor, la correcta gestión del calor en los motores eléctricos asegura su funcionamiento dentro de un rango térmico seguro, evitando el sobrecalentamiento que podría derivar en fallos o reducción de la eficiencia operativa (Hulatt, 2024).

En la simulación térmica de motores eléctricos, la herramienta de análisis térmico por elementos finitos (AEF) se utiliza para modelar cómo se distribuye el calor generado dentro del motor. El método de elementos finitos permite subdividir la geometría del motor en pequeños elementos, y a través de ecuaciones matemáticas resolver la distribución de temperatura en cada uno de ellos, por lo que el uso de AEF es crucial para simular la transmisión de calor en sistemas complejos como los motores, puesto que facilita el estudio de la interacción térmica entre los diversos componentes (INTEC-HEAT, 2024). En el caso de los

motores eléctricos, la potencia térmica generada por las pérdidas en el rotor y bobinados es un factor clave que debe ser considerado para evaluar la eficacia de los sistemas de refrigeración.

Las condiciones de contorno en la simulación térmica son fundamentales para modelar correctamente el comportamiento del motor bajo condiciones de operación realistas. Entre estas condiciones se incluyen la potencia calorífica generada por las pérdidas internas del motor, los coeficientes de transferencia de calor por convección y las propiedades térmicas del material del motor, la aplicación de estos parámetros en las simulaciones proporciona una visión precisa de las variaciones de temperatura dentro del motor durante su funcionamiento (QdotSystems, 2022). De esta forma, las simulaciones térmicas ayudan a optimizar el diseño de la carcasa y otros componentes del motor, asegurando que el calor se disipe eficientemente y manteniendo el motor dentro de los límites térmicos seguros.

Además de la simulación térmica, es importante considerar las características del material utilizado en la fabricación de la carcasa del motor. Materiales como el acero aleado fundido, comúnmente utilizado en la fabricación de motores eléctricos, tienen una alta conductividad térmica, lo que permite una mejor disipación del calor. Sin embargo, la geometría de la carcasa, especialmente las aletas de refrigeración, también juega un papel crucial en la eficacia del sistema de refrigeración, las aletas actúan como superficies aumentadas para la transferencia de calor, y su diseño influye directamente en la capacidad del motor para disipar el calor generado por las pérdidas internas (WATTCO, 2024).

Finalmente, la simulación térmica no solo permite analizar la temperatura interna del motor, sino que también permite evaluar la distribución del calor en diferentes partes del sistema. Esto es particularmente importante en la optimización del diseño del sistema de refrigeración, que debe garantizar una disipación eficiente del calor para evitar el sobrecalentamiento. Las simulaciones térmicas pueden proporcionar soluciones prácticas y optimizadas para el diseño de motores más eficientes y duraderos.

## **Fundamentación teórica del segundo componente – Motores eléctricos y su refrigeración**

Los motores eléctricos son dispositivos electromecánicos fundamentales en diversas aplicaciones industriales, desde pequeños electrodomésticos hasta grandes maquinarias industriales; el principio básico de funcionamiento de un motor eléctrico es la conversión de energía eléctrica en energía mecánica a través de la interacción de campos magnéticos generados por corrientes eléctricas en bobinados (López, 2025). Los motores de corriente alterna (CA) y corriente continua (CC) son los tipos más comunes, con el motor de inducción trifásico siendo uno de los más utilizados debido a su simplicidad y eficiencia.

Uno de los desafíos principales en los motores eléctricos es la generación de calor debido a las pérdidas en los componentes como el rotor, estator y otros elementos eléctricos. Estas pérdidas se producen debido a la resistencia de los materiales conductores (resistencia ohmica), las pérdidas por fricción en los cojinetes, y las pérdidas en el núcleo del motor, mientras que el calor generado debe ser disipado de manera eficiente para evitar el sobrecalentamiento, lo cual podría afectar el rendimiento del motor y acortar su vida útil (Bhat, 2021). Las temperaturas excesivas también pueden dañar el aislamiento de los bobinados, lo que provoca fallos eléctricos en el motor.

La refrigeración en motores eléctricos se logra mediante diversos métodos, siendo el enfriamiento por aire uno de los más comunes. Este tipo de refrigeración se basa en la circulación de aire alrededor del motor para disipar el calor generado; los motores pequeños generalmente utilizan ventiladores que mueven aire a través de las aletas de refrigeración, que aumentan la superficie de contacto entre el aire y las superficies calientes del motor, mejorando así la disipación de calor, mientras que en motores más grandes, como los utilizados en maquinaria industrial, se utilizan sistemas de refrigeración más avanzados, como el enfriamiento líquido, que aprovecha un fluido refrigerante para transferir el calor desde el motor hacia un sistema externo de disipación (Wan, 2023).

En los motores eléctricos, la refrigeración por convección es uno de los métodos más utilizados para dispersar el calor hacia el ambiente. Este proceso ocurre cuando el calor se transfiere desde la superficie del motor hacia el aire que rodea el motor, el cual, a su vez, es reemplazado por aire frío, por lo que el diseño de la carcasa y las aletas de refrigeración es crucial en este proceso, porque una mayor superficie de contacto entre el motor y el aire mejora la eficiencia del sistema de refrigeración (Koch, 2020). Las aletas de refrigeración están diseñadas para aumentar la superficie de transferencia de calor, permitiendo una mayor disipación térmica.

La eficiencia del sistema de refrigeración también está influenciada por las propiedades térmicas de los materiales utilizados en la construcción del motor. Materiales con alta conductividad térmica, como el aluminio o el acero aleado fundido, son frecuentemente utilizados en la fabricación de las carcasas de los motores para mejorar la disipación del calor; estos materiales permiten una distribución más eficiente del calor a través del motor, evitando la acumulación de altas temperaturas en puntos críticos (Inducom, 2023). La selección adecuada del material y el diseño optimizado de las aletas de refrigeración son aspectos clave para garantizar que los motores eléctricos operen dentro de los límites térmicos seguros y eficientes.

El rendimiento térmico de un motor eléctrico está directamente relacionado con la capacidad de su sistema de refrigeración para mantener la temperatura dentro de los niveles ideales, un diseño deficiente del sistema de refrigeración puede dar lugar a una distribución desigual de la temperatura en el motor, lo que genera puntos calientes que pueden causar fallos en los componentes (Toyota, 2024). La simulación térmica permite modelar y analizar la disipación de calor en estos sistemas, proporcionando información valiosa sobre cómo mejorar el diseño de los motores eléctricos para aumentar su eficiencia y durabilidad.

## **2.2. ANTECEDENTES**

### **Datos de la institución/organización donde se ejecutó el proyecto**

El proyecto se llevó a cabo en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), ubicada en la ciudad de Manta, Ecuador. La ULEAM es una institución de educación superior pública, fundada en 1987, que ofrece programas académicos en diversas áreas del conocimiento, con un enfoque en la formación integral de los estudiantes (ULEAM, 2012). La Universidad se destaca por su contribución a la educación técnica y tecnológica en la región, brindando programas educativos tanto en niveles de pregrado como de posgrado en áreas como la ingeniería, ciencias de la salud, ciencias sociales, y ciencias empresariales, entre otras.

La ULEAM se caracteriza por sus infraestructuras adecuadas y por su compromiso con la investigación aplicada y el desarrollo de proyectos que respondan a las necesidades de la comunidad. En este contexto, la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, parte de la Facultad de Ingeniería y Tecnología, se dedica a la formación de profesionales con un perfil técnico especializado en el área de los sistemas electromecánicos, donde los estudiantes de esta carrera adquieren competencias en diseño, análisis, instalación, mantenimiento y optimización de sistemas eléctricos y mecánicos, preparándolos para enfrentar los retos del mundo laboral y contribuir al desarrollo industrial y tecnológico del país (UNITEV, 2025).

La Universidad también fomenta el trabajo interdisciplinario y el uso de tecnologías avanzadas, apoyando a sus estudiantes en la realización de proyectos de investigación y en el desarrollo de propuestas innovadoras en campos como la eficiencia energética y la automatización industrial. Este entorno de investigación y desarrollo ha permitido la implementación de diversos proyectos relacionados con la simulación y optimización de sistemas electromecánicos, incluyendo el presente proyecto sobre la simulación térmica de motores eléctricos.

## **Datos de lo que se había hecho hasta antes de ejecutar el proyecto planteado con relación al título**

Hasta antes de la ejecución del proyecto planteado, la ULEAM ya había realizado trabajos previos en la formación técnica de estudiantes en el área de Tecnología Superior en Electromecánica, donde se cubrían aspectos relacionados con la teoría y práctica de motores eléctricos, sistemas de refrigeración, y técnicas de simulación. Sin embargo, los proyectos previos se enfocaban principalmente en el estudio y la práctica de los fundamentos básicos de los motores eléctricos y sus aplicaciones en la industria. En particular, los estudiantes de esta carrera habían tenido la oportunidad de trabajar con modelos teóricos y algunas prácticas de laboratorio relacionadas con la eficiencia energética y los sistemas de control de motores.

En cuanto a la simulación térmica de motores eléctricos, aunque se habían introducido conceptos básicos sobre la disipación de calor y la refrigeración en los motores, la Universidad aún no había implementado un estudio específico que utilizara herramientas avanzadas de simulación térmica para analizar el comportamiento térmico de los motores en un contexto realista y detallado. Los proyectos previos en este campo se habían centrado en el análisis teórico de las pérdidas de calor y las estrategias de refrigeración, pero no se habían llevado a cabo simulaciones computacionales detalladas ni análisis exhaustivos de la distribución térmica dentro de los motores eléctricos.

La falta de una simulación térmica integrada y el análisis detallado de los sistemas de refrigeración en los motores eléctricos representaba una limitación en el enfoque de formación de los estudiantes, quienes no contaban con la posibilidad de aplicar herramientas avanzadas de simulación para optimizar el diseño de sistemas electromecánicos. Esto resaltaba la necesidad de un proyecto como el presente, que busca incorporar el uso de simulaciones térmicas como parte fundamental del proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo a los estudiantes trabajar con tecnologías de vanguardia para analizar y optimizar los sistemas de refrigeración de motores eléctricos. Este proyecto, por tanto, se

constituye como una propuesta innovadora que integra el conocimiento teórico con la aplicación práctica de tecnologías avanzadas en el campo de la electromecánica.

### **2.3. TRABAJOS RELACIONADOS**

Un trabajo relacionado que se ha ejecutado en Cataluña es el estudio titulado "Estudio del comportamiento térmico y refrigeración de un motor asíncrono". Este estudio se enfoca en la gestión térmica de motores de inducción, en vista de que el calor generado por la resistencia eléctrica y la fricción mecánica puede afectar el rendimiento y la durabilidad del motor, el trabajo analiza el uso de técnicas de refrigeración, como la circulación de aire o agua, y el empleo de materiales térmicos portátiles y diseños de carcasa específicos para reducir la transferencia de calor al entorno, además, se lleva a cabo una medición precisa de la temperatura en diferentes puntos del motor durante su operación para evaluar la distribución térmica y detectar posibles puntos calientes (Moles, 2023). Esta información permite analizar la efectividad de los sistemas de refrigeración y determinar si es necesario mejorar el diseño del motor o su sistema de refrigeración. El estudio destaca la importancia de las simulaciones y mediciones térmicas detalladas para optimizar la eficiencia térmica, lo cual está en línea con el enfoque del presente proyecto, que busca mejorar la refrigeración de los motores eléctricos a través de simulaciones avanzadas.

Un trabajo relacionado realizado en Costa Rica es el titulado "Identificación de parámetros de un modelo térmico para un motor trifásico de inducción usando algoritmos genéticos". Este estudio propone una alternativa para identificar los parámetros de un modelo térmico de un motor de inducción utilizando algoritmos genéticos, el trabajo comienza con una introducción a los modelos térmicos de motores eléctricos y los conceptos fundamentales de los algoritmos genéticos. Luego, se plantea un modelo térmico simplificado para un motor trifásico Baldor de 2 hp, 230V, 60 Hz, el cual tiene dos nodos para los cuales se proponen

ecuaciones diferenciales y sus soluciones analíticas; el algoritmo genético se alimenta con los cálculos de las pérdidas del motor y las temperaturas capturadas por un banco de pruebas, modificando cada parámetro hasta que se cumplan los criterios de ajuste; al final del estudio, se comparan los parámetros obtenidos con el algoritmo genético con los cálculos teóricos de las constantes físicas del motor, demostrando que los parámetros identificados mediante el algoritmo genético presentan un mejor ajuste y no requieren del conocimiento previo de las magnitudes físicas del motor (Murillo, Figueroa, & Guerrero, 2016). Este enfoque resalta la importancia de los métodos de optimización computacional, como los algoritmos genéticos, para mejorar la precisión de las simulaciones térmicas de motores eléctricos, lo que está alineado con el objetivo de optimizar la gestión térmica de motores eléctricos en el presente proyecto.

Un trabajo relacionado realizado en la provincia del Guayas, es el titulado "Metodología para el análisis de fallas en los motores eléctricos por medio del estudio termográfico". Este trabajo tiene como objetivo principal desarrollar una metodología para el diagnóstico de fallas en motores eléctricos utilizando termografía infrarroja, una técnica que permite medir la temperatura de la superficie de los motores de manera remota; el estudio emplea un enfoque descriptivo para detallar las características de las fallas comunes en los motores eléctricos, tales como problemas por vibraciones o sobrecalentamiento, y posteriormente someter estos casos a un análisis más profundo; se plantea una metodología basada en el reconocimiento de patrones mediante imágenes térmicas monocromáticas del rotor y otros componentes críticos del motor (Morales, 2018). Este diagnóstico de fallas en máquinas rotativas se complementa con otras técnicas como el análisis de vibraciones, eléctricos y acústicos. El trabajo concluye que la termografía infrarroja es una herramienta eficaz para detectar fallas en motores de gran capacidad, como los que se encuentran en industrias y fábricas. Este enfoque tiene relación con el presente proyecto, debido a que ambos buscan optimizar la operación y el diagnóstico de motores eléctricos, aunque desde diferentes perspectivas: la simulación térmica en lugar de la detección de fallas reales.

Un trabajo relacionado realizado en el cantón de Manta, Manabí, es el titulado "Aplicación de las cámaras termográficas para el mantenimiento predictivo y para el mantenimiento predictivo correctivo de las máquinas e instalaciones eléctricas". Este estudio aborda el uso de cámaras termográficas como herramienta clave en los programas de mantenimiento predictivo y preventivo. Las cámaras termográficas permiten detectar anomalías que no son visibles a simple vista, lo que ayuda a prevenir fallos y errores que podrían resultar en grandes pérdidas económicas, las cámaras infrarrojas han evolucionado para ser tan accesibles y fáciles de usar como cámaras de video, produciendo imágenes de alta resolución en tiempo real (Bailón, Franco, & López, 2009). A nivel mundial, muchas industrias han adoptado la termografía infrarroja como parte de sus sistemas de mantenimiento preventivo debido a su efectividad para identificar problemas antes de que se conviertan en fallas graves. Sin embargo, según la revisión de la literatura realizada, no se han encontrado trabajos similares en la provincia de Manabí enfocados en el análisis térmico de motores eléctricos mediante simulación, lo que hace que el presente proyecto aporte una perspectiva innovadora al campo de la simulación térmica aplicada al diseño y mantenimiento de motores eléctricos.

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

### **3.1. DESARROLLO**

En esta sección se detalla la implementación práctica de la propuesta desarrollada para dar solución al problema planteado en el Capítulo I, describiendo el proceso de ejecución de los objetivos específicos. A continuación, se explica la metodología empleada, incluyendo las etapas clave de su desarrollo, los recursos técnicos utilizados, y los aspectos importantes de la simulación térmica del motor eléctrico. Se abordarán también los pasos seguidos para crear el modelo 3D del motor, realizar la simulación térmica, y analizar los resultados obtenidos. Los recursos técnicos y de software empleados, así como los detalles de la configuración del motor y las condiciones de contorno, serán expuestos para comprender de manera clara cómo se llevó a cabo el proceso. Los resultados obtenidos se presentarán en la siguiente sección, validando el cumplimiento de los objetivos específicos planteados en la propuesta.

#### **3.1.1. Descripción de la propuesta**

La propuesta se centra en la simulación térmica de un motor eléctrico para analizar su comportamiento térmico y optimizar su sistema de refrigeración, alineándose directamente con los objetivos específicos establecidos en el Capítulo I. El objetivo general de este trabajo es simular el comportamiento térmico del motor utilizando herramientas de simulación, lo cual se logra a través de tres objetivos específicos que guían la ejecución del proyecto.

#### **Descripción del Objetivo Específico 1: Desarrollar el modelo 3D del motor eléctrico**

El primer objetivo específico consiste en crear un modelo tridimensional detallado del motor eléctrico, centrado en la estructura de la carcasa y las aletas de refrigeración. Este modelo es fundamental para la simulación térmica, debido a que proporciona una representación precisa de los componentes que afectan la disipación de calor. Para ello, se utilizó software de modelado CAD para replicar la geometría del motor, excluyendo elementos como el rotor y el eje, que no son relevantes para el análisis térmico en este caso.

### **Descripción del Objetivo Específico 2: Simular el comportamiento térmico del motor eléctrico**

El segundo objetivo se enfoca en la simulación del comportamiento térmico del motor, aplicando un análisis térmico mediante la herramienta de simulación térmica por elementos finitos. En esta etapa, se introdujeron las condiciones de contorno, como la potencia calorífica generada por las pérdidas internas del motor y el coeficiente de convección de  $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , con el fin de modelar la transferencia de calor en el sistema. Este objetivo es esencial para obtener un perfil térmico del motor y entender cómo el calor se distribuye a través de la carcasa.

### **Descripción del Objetivo Específico 3: Analizar los resultados de la simulación térmica**

El tercer objetivo específico está orientado a analizar los resultados obtenidos de la simulación, que se presentan en forma de diagramas de contorno de temperatura. En esta etapa, se evaluaron las zonas de mayor y menor temperatura en la carcasa del motor, verificando si los resultados cumplían con los límites térmicos seguros para su funcionamiento. Este análisis permitió identificar áreas críticas de disipación térmica y evaluar la eficacia del diseño actual, lo cual proporcionó información valiosa para futuras mejoras en el sistema de refrigeración del motor.

#### **3.1.2. Etapas**

##### **Etapas 1: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 1**

La primera etapa se centró en el desarrollo del modelo 3D del motor eléctrico, específicamente en la creación de la carcasa y las aletas de refrigeración. Utilizando un software de modelado CAD, se diseñó el modelo tridimensional del motor, que incluyó solo los elementos que son relevantes para la simulación térmica, como la carcasa y las aletas, y se excluyeron componentes como el rotor, el eje y los ventiladores. Se ajustaron las dimensiones del motor basándose en especificaciones técnicas para asegurar que el modelo representara fielmente la geometría real del motor de  $745.8 \text{ W}$  (1HP). Este modelo 3D sirvió como la

base para las simulaciones térmicas, permitiendo observar cómo la geometría y las superficies de refrigeración influirían en la disipación del calor.

### **Etapa 2: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 2**

En la segunda etapa, se procedió a la simulación térmica del motor utilizando herramientas de análisis térmico. En esta fase, se asignaron las condiciones de contorno adecuadas, como la potencia calorífica de 30 W generada por las pérdidas internas del motor, y se configuró un coeficiente de convección de 100 W/(m<sup>2</sup>·K) para modelar la disipación de calor por convección. La simulación se realizó bajo condiciones operativas estándar, asegurando que la transferencia de calor fuera representativa del comportamiento del motor en un entorno real. Se utilizó un enfoque de elementos finitos (AEF) para resolver las ecuaciones térmicas en cada uno de los elementos del modelo, lo que permitió obtener una distribución de temperatura precisa en la carcasa del motor.

### **Etapa 3: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 3**

La tercera etapa consistió en el análisis de los resultados obtenidos de la simulación térmica. Una vez realizada la simulación, se generaron diagramas de contorno de temperatura que mostraron la distribución térmica a lo largo de la carcasa del motor. Se identificaron las zonas de mayor y menor temperatura, y se evaluó si estas caían dentro de los límites térmicos recomendados para un funcionamiento seguro del motor. El análisis reveló que la temperatura máxima alcanzada en la parte superior del motor fue de 32.57°C, mientras que la mínima fue de 27.89°C, lo que estaba dentro de los parámetros operativos seguros. Este análisis permitió validar la eficacia del diseño actual de la carcasa y las aletas de refrigeración, proporcionando información valiosa para futuras mejoras en la optimización del sistema térmico del motor.

#### **3.1.3. Presupuesto**

El presupuesto general cubrió los tres objetivos de manera integral, sin incurrir en gastos adicionales, todo el trabajo fue realizado mediante simulación utilizando herramientas de software. Los costos asociados al proyecto fueron principalmente el tiempo de dedicación al desarrollo del modelo 3D, la ejecución de la simulación térmica y el análisis de los resultados, actividades que fueron

llevadas a cabo sin necesidad de materiales físicos o inversiones adicionales. Por lo tanto, no hubo gastos asociados a la compra de componentes o equipos, todo el trabajo se desarrolló de forma virtual, utilizando recursos ya disponibles en la institución.

### 3.2. RESULTADOS

#### Objetivo 1: Logros obtenidos en el objetivo 1

El primer objetivo, que consistió en desarrollar el modelo 3D del motor eléctrico, fue completado exitosamente. Utilizando un software de modelado CAD, se diseñó el modelo tridimensional del motor, enfocado en la estructura de la carcasa y las aletas de refrigeración. La representación excluyó componentes como el rotor y el eje, en vista de que no son necesarios para el análisis térmico. A continuación, se detallaron las dimensiones y la geometría del motor de 745.8W (1HP) para garantizar que el modelo fuera representativo del motor real. La creación del modelo fue validada para asegurar que todas las características relevantes para la simulación térmica estuvieran presentes.

El modelo 3D se utilizó como la base para la simulación térmica, permitiendo observar cómo la geometría de la carcasa y las aletas influye en la disipación del calor. Gracias a esta etapa, se pudo establecer una referencia precisa para los cálculos térmicos y asegurar que la simulación reflejara las condiciones de operación del motor en el mundo real. La calidad del modelo 3D permite obtener resultados de simulación confiables que servirán para la optimización futura del sistema de refrigeración.

**Tabla 1.**  
*Resumen de elementos para la simulación.*

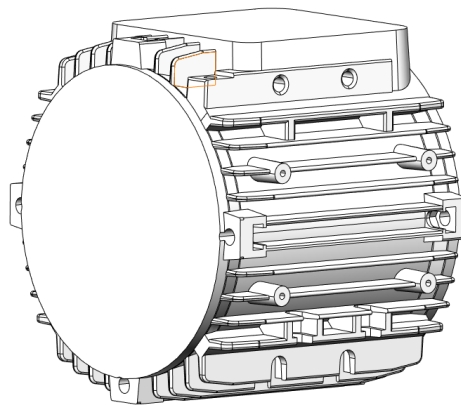
Parámetro	Valor	Descripción
Potencia nominal	745.8 W (1HP)	Potencia del motor a simular
Material de la carcasa	Acero aleado fundido	Material seleccionado para la carcasa

Elementos incluidos	Carcasa y aletas de refrigeración	Geometría modelada para la simulación
Elementos excluidos	Rotor, eje, ventiladores	Componentes no considerados en la simulación

---

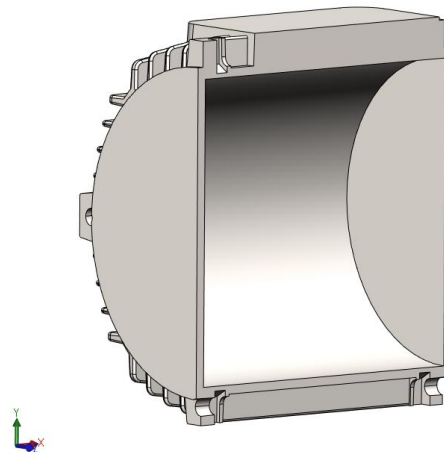
**Ilustración 1.**

*Modelo 3D de la carcasa del motor.*



**Ilustración 2.**

*Vista en corte mostrando la cavidad interior de la carcasa.*



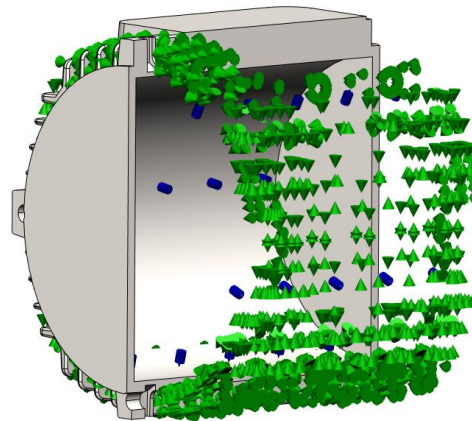
**Objetivo 2: Logros obtenidos en el objetivo 2**

En la segunda etapa, se llevó a cabo la simulación térmica del motor eléctrico. Para ello, se configuraron las condiciones de contorno necesarias, incluyendo la potencia calorífica de 30 W generada por las pérdidas internas del motor y el

coeficiente de convección de  $100 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  para simular la disipación de calor por convección. La simulación proporcionó una distribución detallada de temperatura en toda la carcasa del motor. Los resultados mostraron que la temperatura máxima alcanzada en la parte superior del motor fue de  $32.57^\circ\text{C}$ , mientras que la mínima fue de  $27.89^\circ\text{C}$ , dentro de los límites operativos seguros.

**Ilustración 3.**

*Vista de corte longitudinal con las condiciones de convección en verde y de potencia térmica en azul.*



**Ilustración 4.**

*Configuración de cargas térmicas en el software.*



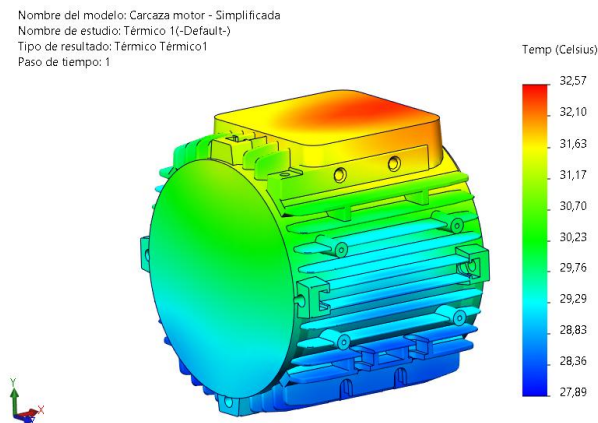
Estos resultados validan la efectividad del sistema de refrigeración del motor, demostrando que la disipación del calor se realiza de manera adecuada. Las condiciones de operación del motor se simularon de manera precisa, garantizando que el análisis térmico reflejara fielmente el comportamiento del motor bajo condiciones normales de trabajo.

### Objetivo 3: Logros obtenidos en el objetivo 3

El tercer objetivo se enfocó en el análisis de los resultados obtenidos de la simulación térmica. Después de generar los diagramas de contorno de temperatura, se observó que las temperaturas en el motor se mantuvieron dentro de los rangos operativos seguros. La temperatura máxima observada en la parte superior del motor fue de 32.57°C, mientras que la mínima fue de 27.89°C en la parte inferior. Estos resultados indican que el motor está operando eficientemente y que el sistema de refrigeración diseñado es adecuado para mantener el motor dentro de los parámetros térmicos seguros.

#### ***Ilustración 5.***

*Distribución de temperaturas en la carcasa del motor.*



Este análisis también permitió identificar áreas de mayor temperatura, lo que proporcionó información sobre las zonas más críticas de disipación térmica. Sin embargo, los resultados fueron satisfactorios, las temperaturas alcanzadas no superaron los límites recomendados. El análisis valida la eficiencia del diseño actual de la carcasa y las aletas de refrigeración, sugiriendo que el sistema de refrigeración es suficiente para garantizar un rendimiento adecuado y seguro del motor.

**Tabla 2.**

*Resumen de resultados en las zonas más críticas de la carcasa.*

<b>Zona del motor</b>	<b>Temperatura Máxima (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima (°C)</b>
Parte superior	32.57	31.63
Parte inferior	29.29	27.89

## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

#### **Objetivo 1: Desarrollar el modelo 3D del motor eléctrico**

Se cumplió exitosamente el primer objetivo, que consistió en el desarrollo del modelo 3D del motor eléctrico. El modelo fue creado utilizando un software de modelado CAD y refleja con precisión la geometría de la carcasa y las aletas de refrigeración del motor de 745.8W (1HP). Los componentes irrelevantes para la simulación, como el rotor y el eje, fueron omitidos, y la validación del modelo asegura que las dimensiones y características sean adecuadas para la simulación térmica. Este modelo sirve como la base fundamental para el análisis térmico posterior.

#### **Objetivo 2: Simular el comportamiento térmico del motor eléctrico**

El segundo objetivo también fue cumplido con éxito. Se realizó la simulación térmica del motor, donde se aplicaron las condiciones de contorno correspondientes, como la potencia calorífica de 30W y el coeficiente de convección de  $100 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Los resultados obtenidos de la simulación mostraron que las temperaturas alcanzadas por el motor se mantuvieron dentro de los límites operativos seguros, validando que el sistema de refrigeración actual es adecuado para disipar el calor generado durante su funcionamiento.

#### **Objetivo 3: Analizar los resultados de la simulación térmica**

El tercer objetivo fue igualmente cumplido. A través del análisis de los diagramas de contorno de temperatura, se verificó que la distribución térmica del motor es adecuada, con una temperatura máxima de  $32.57^\circ\text{C}$  en la parte superior y mínima de  $27.89^\circ\text{C}$  en la parte inferior. Este análisis confirma que el diseño actual de la carcasa y las aletas de refrigeración es efectivo y que el motor opera dentro de los rangos térmicos seguros. No se identificaron necesidades inmediatas de modificación en el sistema de refrigeración.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

Para garantizar el correcto funcionamiento y aprovechamiento de los resultados obtenidos en este proyecto, se recomienda que las personas encargadas del diseño y mantenimiento de motores eléctricos sigan aplicando simulaciones térmicas de manera regular para evaluar la eficacia de los sistemas de refrigeración en los motores. Las simulaciones deben ser una herramienta constante para identificar posibles áreas de mejora en los sistemas de refrigeración y asegurar que los motores operen dentro de los límites térmicos óptimos.

Se recomienda también que los diseñadores e ingenieros de motores eléctricos utilicen modelos 3D detallados para realizar simulaciones térmicas previas al diseño físico del motor. Esto permitirá optimizar el diseño de la carcasa y las aletas de refrigeración antes de la fabricación, asegurando que el motor mantenga un rendimiento térmico adecuado a lo largo de su vida útil. Además, sería útil considerar el uso de nuevas tecnologías en los sistemas de refrigeración, como los materiales avanzados con mayor conductividad térmica, para mejorar aún más la eficiencia térmica de los motores eléctricos.

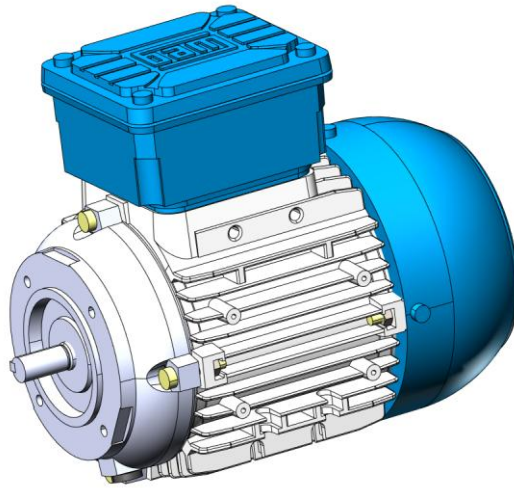
## BIBLIOGRAFÍA

- Badran, O., & Sarhan, H. (2012). Análisis térmico de rendimiento del motor de inducción. *International Journal of Heat and Technology*, 75-88.
- Bailón, P., Franco, F., & López, R. (2009). *Aplicación de las cámaras termográficas para el mantenimiento predictivo y para el mantenimiento predictivo correctivo de las maquinas e instalaciones eléctricas*. Manta: ULEAM.
- Bhat, R. (23 de Septiembre de 2021). *COMSOL*. Obtenido de Cálculo de pérdidas, temperatura y eficiencia en motores eléctricos: [https://www-comsol-com.translate.goog/blogs/computing-loss-temperature-and-efficiency-in-electric-motors?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www-comsol-com.translate.goog/blogs/computing-loss-temperature-and-efficiency-in-electric-motors?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)
- 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>
- Escudier, A. (2019). *Estudio del comportamiento térmico y refrigeración del motor eléctrico para una motocicleta*. Madrid: UPM.
- Hulatt, L. (8 de Agosto de 2024). *Study Smarter*. Obtenido de Simulación Térmica: <https://www.studysmarter.es/resumenes/estudios-de-arquitectura/arquitectura-parametrica/simulacion-termica/>
- Inducom. (29 de Noviembre de 2023). *Inducom*. Obtenido de De qué material está hecho un motor eléctrico: <https://inducom-ec.com/de-que-material-esta-hecho-un-motor-electrico/>
- INTEC-HEAT. (30 de Julio de 2024). *INTEC-HEAT*. Obtenido de ¿Qué es el análisis por elementos finitos?: <https://intec-heat.com/que-es-el-analisis-por-elementos-finitos/>
- Koch, M. (15 de Abril de 2020). *CBM CONNECT*. Obtenido de Convección térmica: <https://esp.cbmconnect.com/conveccion-termica/>
- Lee, S. (12 de Junio de 2025). *Number Analytics*. Obtenido de Análisis térmico con métodos de elementos finitos: [https://www-numberanalytics-com.translate.goog/blog/thermal-analysis-finite-element-methods?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www-numberanalytics-com.translate.goog/blog/thermal-analysis-finite-element-methods?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)
- López, J. (23 de Febrero de 2025). *INSPENET*. Obtenido de Tipos de motores eléctricos: Clasificación y aplicaciones industriales: <https://inspenet.com/articulo/clasificacion-de-tipos-de-motores-electricos/>
- Moles, M. (2023). *Estudio del comportamiento térmico y refrigeración de un motor asíncrono*. Barcelona: UPC.

- Morales, J. (2018). *Metodología para el análisis de fallas en los motores eléctricos por medio del estudio termográfico*. Guayaquil: UCSG.
- Murillo, L., Figueroa, G., & Guerrero, O. (2016). Identificación de parámetros de un modelo térmico para un motor trifásico de inducción usando algoritmos genéticos. *Tecnología en Marcha*, 25-41.
- QdotSystems. (2 de Mayo de 2022). *QdotSystems*. Obtenido de Condiciones de contorno para la ecuación de conducción de calor: [https://qdotsystems-com-au.translate.google.com/boundary-conditions-for-the-heat-conduction-equation/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://qdotsystems-com-au.translate.google.com/boundary-conditions-for-the-heat-conduction-equation/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)
- Silva, R. (16 de Diciembre de 2020). *ESSS*. Obtenido de Análisis Térmico por el Método de Elementos Finitos: <https://www.esss.com/es/blog/analisis-termico-por-el-metodo-de-elementos-finitos/>
- Thermtest. (14 de Mayo de 2024). *Thermtest*. Obtenido de Seleccionar el método correcto: Transient vs Steady-State for Thermal conductivity Measurement: <https://thermtest.com/transient-vs-steady-state-for-thermal-conductivity-measurement>
- Toyota. (29 de Noviembre de 2024). *Toyota*. Obtenido de Sistema de refrigeración del motor eléctrico: claves para su eficiencia: <https://kobemotor.es/sistema-refrigeracion-motor-electrico/>
- ULEAM. (19 de Septiembre de 2012). *ULEAM*. Obtenido de Historia: <https://www.uleam.edu.ec/historia/>
- UNITEV. (10 de Junio de 2025). *ULEAM*. Obtenido de Electromecánica: <https://carreras.uleam.edu.ec/unitev/electromecanica/>
- Vedan, A. (25 de Abril de 2025). *TRACTIAN*. Obtenido de ¿Cómo funcionan los motores eléctricos?: <https://traction.com/es/blog/como-funcionan-los-motores-electricos>
- Wan, K. (11 de Septiembre de 2023). *DONGCHUN*. Obtenido de Los 5 mejores métodos prácticos de refrigeración para motores eléctricos: <https://iecmotors.com/es/top-5-practical-cooling-methods-for-electric-motors/>
- WATTCO. (13 de Marzo de 2024). *WATTCO*. Obtenido de Rendimiento y eficiencia de las aletas : <https://www.wattco.com/es/2023/08/rendimiento-de-las-aletas/>

## ANEXOS

**Ilustración 6.**  
*Motor eléctrico completo.*



# CASTRO - VARGAS

**2%**  
Suspicious texts

- 11% Similarities (ignored)
- 2% Unrecognized languages
- 40% Texts potentially generated by AI (ignored)

Document name: CASTRO - VARGAS.pdf  
Document ID: d8b3cbc85acb4927edc6173cf206af279974dc26  
Original document size: 650.97 KB

Submitter: CESAR SINCIGUANO CHIRIBOGA  
Submission date: 8/18/2025  
Upload type: interface  
analysis end date: 8/18/2025

Number of words: 8,516  
Number of characters: 62,141

Location of similarities in the document.



## Main sources detected

No.	Description	Similarities	Locations	Additional information
1	<b>metodologia para el analisis de fallas en los motores el...</b> Comes from my database 4 similar sources	7%		Identical words: 7% (465 words)
2	<b>metodologia para el analisis de fallas en los motores el...</b> Comes from my database 4 similar sources	7%		Identical words: 7% (464 words)
3	<b>CALDERON COOL.pdf   1472 WORDS COOL - 1989 KB</b> Comes from my database 4 similar sources	4%		Identical words: 4% (259 words)
4	<b>MIGUE-CESAR-ELECTROMECANICA.pdf   16.437 WORDS ELECTROMECANICA - 1989 KB</b> Comes from my database 3 similar sources	2%		Identical words: 2% (186 words)
5	<b>repositorio.ucsg.edu.ec   Metodología para el análisis de fallas en los motores el...</b> <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/13137/1358/1/UCSG-PRE-TEC-IEM-155.pdf">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/13137/1358/1/UCSG-PRE-TEC-IEM-155.pdf</a>	< 1%		Identical words: < 1% (45 words)

## Sources with incidental similarities

No.	Description	Similarities	Locations	Additional information
1	<b>techscience.com   Gestión térmica de motores eléctricos: maximizar la eficienc...</b> <a href="https://techscience.com/es/electric-motor-thermal-management/">https://techscience.com/es/electric-motor-thermal-management/</a>	< 1%		Identical words: < 1% (10 words)
2	<b>Document from another user - 1551014</b> Comes from another group	< 1%		Identical words: < 1% (10 words)

## Referenced sources (without similarities detected)

These sources were cited in the paper without finding any similarities.

- 1 <https://ebac.mx/blog/que-es-el-modelado-3d>
- 2 <https://www.studysmarter.es/resumenes/estudios-de>
- 3 <https://inducem-ec.com/de-que-material>
- 4 <https://ntec-heat.com/que-es-el-analisis>
- 5 <https://esp.cbmconnect.com/conveccion-termica/>