

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



TESIS

**“EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y LAS PÉRDIDAS
EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN
DE 50KV, BELLAVISTA 2022”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

AUTORES:

Bach. CAMARGO CRUZ, Anthony Brair

Bach. MUNIVE MITMA, Michael Luis

Bach. PAUCAR ESCALANTE, Uldrich Francisco

ASESOR:

Dr. Ing. DAMAS FLORES, Marcelo Carlos

Callao, 2022

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE : **Dr. Ing. Santiago Linder Rubiños Jiménez**
SECRETARIO : **Mg. Ing. Pedro Antonio Sánchez Huapaya**
VOCAL : **Mg. Lic. Antenor Leva Apaza**

ASESOR : **Dr. Ing. Marcelo Carlos Damas Flores**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD
DE TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los 12 días del mes de octubre Del 2022 siendo las 10 Horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao, (Res. Resolución DECANAL N° 085-2022-DFIEE)

Dr. Ing. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ	presidente
Mg. Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA	secretario
Mg. Lic. ANTENOR LEVA APAZA	Vocal

Con el fin de dar inicio a la exposición de Tesis de los señores Bachilleres CAMARGO CRUZ, ANTHONY BRAIR; MUNIVE MITMA, MICHAEL LUIS y PAUCAR ESCALANTE, ULDRICH FRANCISCO, quienes habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional de Ingeniería Eléctrica, tal como lo señalan los Arts. N° 12 al 15 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentarán la Tesis Titulada "EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y LAS PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 50KV, BELLAVISTA 2022", con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en los Art. N° 14 y 17 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 047-92-CU, en el Capítulo N° 06, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por aprobado, Calificativo bueno, nota: 14 a los expositores CAMARGO CRUZ, ANTHONY BRAIR; MUNIVE MITMA, MICHAEL LUIS y PAUCAR ESCALANTE, ULDRICH FRANCISCO, con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 11 horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 198 Del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.



.....
PRESIDENTE

Dr. Ing. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ



.....
SECRETARIO

Mg. Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA

.....
VOCAL

Mg. Lic. ANTENOR LEVA APAZA

DEDICATORIA

La presente tesis de investigación está dedicada a nuestros padres, que gracias a su esfuerzo y sacrificio somos el reflejo de sus duras luchas con el propósito de forjarnos como hombres profesionales. Gracias a Dios por darles la fuerza y su apoyo incondicional a nuestros padres que, a pesar de nuestras derrotas, día tras días nos alientan a seguir luchando la dura batalla y cumplir nuestros anhelados sueños.

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios quien nos ha guiado y nos ha dado la fortaleza para seguir adelante. A cada uno de los integrantes de nuestra familia por su comprensión y estímulo constante además de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A todos los docentes y personal administrativo de nuestra amada Universidad Nacional del Callao, que gracias a sus enseñanzas nos permitió adquirir conocimientos y experiencias fundamentales en nuestra formación profesional. Y a todas las personas que de una u otra forma nos apoyaron en la realización de este trabajo.

INDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE	vi
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE GRÁFICOS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción de la realidad Problemática	3
1.2. Formulación del Problema	4
1.3. Objetivos	5
1.4. Justificación.....	5
1.5. Delimitaciones de la Investigación	7
II. MARCO TEORICO	8
2.2. Antecedentes: Internacionales y Nacionales.....	8
2.2. Bases Teóricas	13
2.3. Marco conceptual.....	17
2.4. Definición de Términos básicos	21
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	23
3.1. Hipótesis	23
3.2. Definición Conceptual de Variables	23
3.2.1. Operacionalización de Variables	24
IV. DISEÑO METODOLOGICO	25
4.1. Tipo y diseño de Investigación	25
4.2. Método de Investigación	26

4.3. Población y muestra.....	26
4.4. Lugar de Estudio y periodo desarrollado.....	27
4.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información	28
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	29
4.7. Aspectos Éticos.....	30
V. RESULTADOS	32
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
VII. CONCLUSIONES	48
VIII.RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	56

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	24
TABLA 2	32
TABLA 3	32
TABLA 4	33
TABLA 5	33
TABLA 6	34
TABLA 7	34
TABLA 8	35
TABLA 9	35
TABLA 10	36
TABLA 11	36
TABLA 12	38
TABLA 13	38
TABLA 14	39
TABLA 15	40
TABLA 16	40
TABLA 17	40
TABLA 18	42
TABLA 19	42
TABLA 20	42
TABLA 21:	77
TABLA 22:	77
TABLA 23:	78
TABLA 24:	78

INDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1.....	14
FIGURA 2.....	15
FIGURA 3.....	15
FIGURA 4.....	16
FIGURA 5.....	16
FIGURA 6.....	32
FIGURA 7.....	33
FIGURA 8.....	34
FIGURA 9.....	35
FIGURA 10.....	36

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo de Analizar cómo el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022. La cual fue trabajada bajo un enfoque Cuantitativo, a través de la técnica de la encuesta a través del instrumento del cuestionario pre test y post test, teniendo el resultado donde se demostró que una mejora en el impacto significativo de los parámetros de modelamiento del transformador y diseño en el núcleo. Evidenciado a través de medios estadísticos como significancias, medias, por lo que se acepta la hipótesis de que Los parámetros de operación generan impacto positivo en la disminución en las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

Palabras clave: método de elementos finitos, perdidas en el núcleo, modelamiento del transformador, medios estadísticos.

ABSTRACT

The objective of this research work was to analyze how the finite element method allows calculating the losses in the core of a 50Kv distribution transformer, Bellavista 2022. Which was worked under a Quantitative approach, through the technique of the survey through the instrument of the pre-test and post-test questionnaire, having the result where it was shown that an improvement in the significant impact of the modeling parameters of the transformer and design in the core. Evidenced through statistical means such as significance, means, for which the hypothesis that the operating parameters generate a positive impact on the reduction in losses in the core of a 50Kv distribution transformer, Bellavista 2022, is accepted.

Keywords: finite element method, core losses, transformer modeling, statistical means.

INTRODUCCIÓN

En el Perú las centrales eléctricas, en su gran mayoría, se encuentran a las afueras de las ciudades, y esto se debe a que debido a la carga eléctrica que manejan, tenerlas cerca de los hogares y centros de consumo podría ocasionar accidentes externos o dificultades internas en su funcionamiento normal. Estas centrales utilizan transformadores que son parte importante de los sistemas de distribución, ya que sirven como generadores o reductores de electricidad para que la energía que se envía no sature la red o sea insuficiente, a tal punto que necesite elevar la tensión. Para que una fuente de energía llegue a su lugar de destino requiere de un “transporte” entre el punto de origen y el punto final, es por ello que este dispositivo sirve para generar una sola frecuencia y transformar la inducción eléctrica como un voltaje óptimo para ser utilizado de forma segura (Romero, y otros, 2019 pág. 2).

Un transformador, sea cual sea su finalidad, debe tener una configuración propia, esto con el objetivo de evitar pérdidas o corrientes vacías en el momento de su funcionamiento. Además, para que este opere con normalidad y de forma eficiente es necesario que tenga como parte importante un núcleo que pueda conducir el flujo magnético y sirva como un conductor, asimismo, debe tener una corriente alterna que produzca variación. Sin embargo, los transformadores suelen tener ciertas pérdidas que se manifiestan en forma de calor y puede darse por diversos motivos, uno de ellos por la resistencia de los circuitos eléctricos. Este problema ha sido tratado con distintos métodos, los cuales han servido para optimizar los valores y formarse como una alternativa para determinar el nivel de impacto y las posibles pérdidas en su funcionamiento, de manera que puedan ser evitados (Erazo, y otros, 2022 págs. 1-3).

Uno de los métodos utilizados para determinar las pérdidas es el método de elementos finitos (MEF), también conocido por siglas en el idioma inglés FEM, el cual se define como una herramienta matemática que busca aproximar valores conocidos en función del número determinado y finito. Además, este método señala que pese a tener a variables desconocidas, estas puedan ser suplantadas con un número limitado conocido, en otros términos, elementos finitos que puedan estar interconectados en nodos. Cabe señalar que el resultado que

arroje no puede ser tomado como un valor exacto, sino como un valor numérico aproximado, el cual dependerá de la cantidad de nodos y elementos que se analicen (González, y otros, 2020 págs. 4-6).

El Método de Elementos Finitos también es definido como una herramienta que permite estudiar el comportamiento de distintos sólidos en el ámbito de la ingeniería y física, ya que brinda posibles soluciones en base a ecuaciones diferenciales. Si bien este método es relativamente nuevo, su estructura ha sido usada desde hace años atrás, sobre todo para los fenómenos físicos, con el objetivo de modelar un conjunto de ecuaciones que permitan obtener soluciones o evitar inconvenientes en la realidad (PFC, s.f. pág. 1).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad Problemática

Los transformadores son elementos importantes que tienen como función transmitir energía eléctrica desde un centro de generación hasta los centros de consumo, es por ello que, en casi todas partes donde se necesite de energía exista un transformador para hacer circular las corrientes eléctricas. Actualmente las empresas distribuidoras se encuentran inmersas en problemas o fallas en sus redes, ya sea por fenómenos eléctricos, problemas en la operación o mala alimentación del suministro. Esos acontecimientos conllevan a que se deba gestionar los recursos para disminuir las perturbaciones y evitar los problemas de estabilidad y producción (Zambrano, y otros, 2021 págs. 1-2).

Desde el ámbito internacional, la energía eléctrica significa un gran costo en la situación económica de los países, es por ello que debe existir un control para evitar las pérdidas y problemas que puedan surgir. En Ecuador las empresas eléctricas registran una gran cantidad de pérdidas en sus núcleos, dando un valor de 22.3%, ante este problema se implementó el Plan de reducción de pérdidas de energía eléctrica (PLANREP), el cual reducía la cifra a un 12.3% (Gobierno del Ecuador, 2015). Por otro lado, en Colombia, existen parámetros implementados para los dispositivos eléctricos, los cuales se encargan de supervisar la distribución y el manejo de corriente eléctrica, por ejemplo, el NTC 818 Y NTC 819. La pérdida de energía eléctrica es un fenómeno que debe ser controlado con estimaciones y redes, sin embargo, no todos los países poseen un sistema eficiente para esta función (Romero, y otros, 2010 pág. 224).

A nivel nacional, para el cambio de niveles de tensión eléctrica, las empresas peruanas utilizan transformadores que permitan generar menores pérdidas y poder llegar a mayor cantidad de clientes, sin embargo, esto representa un gran reto porque se registra una pérdida del 80%. Pese a que se seleccionan transformadores eficientes para evitar que ocurra este problema, aún así se evidencia una pérdida del 8.5% en

las etapas de transmisión y distribución. La Administración de Información Energética (EIA) estima que para el año 2050 el consumo de energía incrementará en un 50%, y por ello se tendrá que fortalecer la infraestructura y conseguir transformadores más energéticamente óptimos (Diario El Comercio, 2022).

En el ámbito local sucede lo mismo, racionalizar los recursos de energía juega un rol sumamente importante porque le permite al país tener una economía estable y cuidar el medio ambiente, por ello es necesario conocer cómo vienen desempeñándose los sistemas de energía. En el distrito de Bellavista, existen centrales de distribución de energía eléctrica que alimentan a un gran territorio, y pese al número elevado de transformadores que posee, existen pérdidas relacionadas a los recursos energéticos. Estos problemas necesitan ser resueltos porque generan daños adicionales al sistema, y ante ello, surge como opción el método de elementos finitos para estimar las variaciones y anticipar los fallos.

El método de elementos finitos es un sistema muy empleado en el área de ingeniería porque permite aproximar cifras para tener un comportamiento determinado y llegar a una solución, asimismo, facilita obtener respuestas a cálculos complejos en distintos campos, por ejemplo, el eléctrico. Cuando comenzó a utilizarse este método era necesario conocer cómo se relacionan los nodos y cómo interactuaban entre ellos, de esta manera se podía estudiar el equilibrio y buscar una estrategia para disminuir el problema. Es por ello que la investigación presente, tiene como objetivo analizar cómo el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

P.G.1 ¿Cómo el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

P.E.1. ¿De qué manera el modelamiento del transformador permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022?

P.E.2. ¿Cómo las variables en la etapa de diseño permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

O.G.1 Analizar cómo el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

O.E.1 Realizar el modelamiento del transformador para calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

O.E.2 Definir cómo las variables en la etapa de diseño permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

1.4. Justificación

1.4.1 Justificación Teórica

Esta investigación tuvo una justificación teórica, se define como una conceptualización o delimitación que establece el investigador con el propósito de generar un debate y ampliar los conocimientos académicos sobre el tema estudiado, asimismo, se redacta para evidenciar que el estudio presente ofrecerá soluciones para mejorar la realidad (Fernández, 2020 pág. 6).

Este estudio desarrollado tiene una justificación teórica, ya que durante el proceso de recolección se buscó información sobre el tema, con el fin de

ampliar los conocimientos del autor y que sirva como un referente para otros estudiosos. Además, con este tema se busca evidenciar que el Método de los Elementos Finitos puede servir para aproximar valores y evitar pérdidas o vacíos dentro del transformador de distribución de 50KV.

1.4.2 Justificación Práctica

La justificación práctica se da cuando el estudio ayuda a resolver un problema identificado en la realidad, ya sea por la implementación de herramientas o estrategias que sean capaces de revertir la situación y que no siga afectando la sociedad (Ríos, 2017 pág. 62).

Este estudio buscó, en base a la información recopilada, solucionar el problema que tienen los transformadores en el distrito de Bellavista, para tal propósito se analizó el Método de los Elementos Finitos como una solución para mitigar las pérdidas y los vacíos en el núcleo, ya que esto permitirá reducir el tiempo de prueba y que la energía funcione de forma eficiente.

1.4.3 Justificación Metodológica

La justificación metodológica es entendida como la evidencia de procedimientos y herramientas que servirán para alcanzar el objetivo de investigación, asimismo, el estudio que determine una justificación metodológica debe proponer un nuevo enfoque con el fin de generar mayor conocimiento al ámbito académico (Ríos, 2017 pág. 54).

Esta investigación buscó proponer una solución al problema identificado, a través de una estructura confiable que puede adaptarse a las necesidades y tendencias actuales. Es por ello que se empleó un enfoque cuantitativo experimental y descriptivo, el cual permitió obtener las respuestas necesarias y contrastar las hipótesis realizadas por el investigador.

1.5 Delimitaciones de la Investigación

Las delimitaciones en una investigación son definidas como las partes o categorías que conforman un trabajo, estableciendo su alcance y las áreas de interés que fueron necesarias para que el investigador pudiera contrastar sus hipótesis y obtener sus conclusiones (Chaverri, 2017 pág. 7).

El presente trabajo tuvo como delimitaciones las siguientes premisas:

Delimitación Teórica

El estudio buscó recopilar una gran cantidad de información importante para definir adecuadamente a las variables y que el investigador pueda ampliar sus conocimientos.

Delimitación Temporal

La investigación se realizó en el mes de febrero del 2022 y tendrá una duración de un 1 año y 6 meses, pese a que el periodo es largo, es considerado un tiempo insuficiente para realizar una evaluación completa de los lineamientos necesarios que permitan optimizar y disminuir la pérdida en el núcleo del transformador.

Delimitación Espacial

La delimitación espacial para la investigación fueron los transformadores de distribución de la concesionaria de electricidad ubicada en el distrito de Bellavista Callao.

II. MARCO TEORICO

2.2. Antecedentes: Internacionales y Nacionales

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Sánchez (2015) en su trabajo de investigación titulado “Cálculo de los parámetros eléctricos de un transformador por medio del Método de los Elementos Finitos”, para la obtención de su título en ingeniería en tecnologías industriales, tuvo como objetivo realizar el diseño de un transformador con dos programas informáticos, así como explicar los pros y los contras de cada uno de ellos. Se usó una metodología matemática orientada a evaluar e investigar el método de elementos finitos, siendo una investigación experimental. Se concluye, este método ofrece una serie de ventajas, tales como obtener parámetros instantáneos y flexibilidad de ecuaciones, asimismo, posee algunas desventajas como una inversión alta.

De lo expuesto por el autor, es importante reconocer que el modelamiento de los transformadores debe realizarse en programas informáticos, previo al prototipado, para hallar los parámetros óptimos de diseño.

Serrano (2017) en su investigación titulada “Análisis y optimización de los núcleos de chapas magnéticas en transformadores de potencia mediante elementos finitos 3D” para la obtención de su grado académico de master en ingeniería industrial, tuvo como objetivo analizar, con el método de elementos finitos 3D, y desarrollo de prototipos el camino del flujo magnético para disminuir las pérdidas y ahorrar energía. Se concluye, las pérdidas en los núcleos magnéticos no son lineales, es por ello que el MEF mejora el sistema y el rendimiento del mismo. Además, es necesario realizar una reducción de los niveles de saturación en el transformador.

De lo expuesto por el autor, es importante reconocer que la optimización de los transformadores de las chapas magnéticas se realiza mediante el cálculo de elementos finitos lo cual genera resultados positivos. Realizar un análisis de la potencia disipada en forma de calor mediante el método de elementos finitos disminuye los errores.

Lozano (2019) tituló su investigación “Estudio numérico de la propagación de la luz en guías de ondas de cristal fotónico utilizando el método de la ecuación integral y el método de elementos finitos”, para obtener el grado de maestro en ingeniería física. Planteó como objetivo estudiar el método de la ecuación integral (IEM), mediante las técnicas numéricas conocidas como el Método de la ecuación integral y el método de elementos finitos (FEM). Los métodos empleados fueron los ya mencionados, los cuales permitieron determinar la distribución del campo electromagnético. Se concluye, los métodos IEM y FEM son métodos óptimos que permiten modelar PCWs, ya que cada uno posee ventajas y desventajas, pero usados juntos se complementan.

De lo expuesto por el autor, el FEM permite calcular los PCWs de forma rápida y sencilla, resolviendo problemas particulares, ya que establece dominios finitos sin la necesidad de tener que recurrir a técnicas complicadas y que requieran mayor tiempo.

Rodríguez (2022) realizó su estudio “Análisis del aislamiento en máquinas eléctricas con software de elementos finitos”, para su grado de licenciado en ingeniería industrial. Planteó como objetivo la localización y presentación de un software libre capaz de realizar estudios que determinen las zonas críticas, es decir, aquellas zonas susceptibles de presentar un fallo de aislamiento, a través del MEF. Se concluye que este método cumple con los requerimientos, ya que ofreció resultados positivos, tales como entender el efecto de las tensiones y del campo electrónico, incluso permite tener un diseño óptimo.

De lo expuesto por el autor, el MEF es una herramienta que permitió analizar las condiciones atmosféricas, ya que posee técnicas computacionales para analizar las estructuras y distintos sistemas, asimismo, es un método muy versátil porque soluciona problemas y permite anticipar errores, de manera que no sucedan o sus efectos no sean tan graves, esto se reflejó en la investigación porque permitió realizar un aislamiento eléctrico adecuado.

Peña (2016) realizó su investigación titulada “Implementación del programa de elementos finitos “Safety” para análisis no lineal dinámico con factor de convergencia de carga”, para optar el grado de maestro en ingeniería. El autor tuvo como objetivo implementar una plataforma capaz de resolver problemas dinámicos en el área de la ingeniería estructural, mayoritariamente procedentes de cargas sísmicas e incluyendo modelos de materiales no-lineal. Se concluye que este medio de aproximación permite definir las relaciones entre las cargas de la potencia infinitesimal de un cuerpo y su nivel de deformación, de esta manera se puede obtener una integración en línea y establecer posibles elementos para concentrar los nodos y sus propiedades.

De lo expuesto por el autor, este método permite visualizar los efectos de modificaciones y cifras aproximadas para tener un factor de convergencia adecuado, y así se pueda analizar la variable y calcular el nivel de tensor. Además, el programa permite realizar un análisis no-lineal en muros de hormigón, es por ello que permitió tener un enfoque estructurado de la información.

ANTECEDENTES NACIONALES

Zúñiga (2016) en su trabajo titulado “Cálculo de pérdidas en el diseño del núcleo de un transformador de distribución aplicando el método de los elementos finitos” para la obtención de su título profesional de ingeniero electricista. Tuvo como objetivo calcular las pérdidas de potencia en el núcleo de un transformador en la etapa de diseño, utilizando el Método de los Elementos Finitos. Empleó un método matemático, experimental. Se concluye que utilizando el método de elementos finitos se puede diseñar núcleos transformadores que permitan reducir las pérdidas. Este método es sencillo de utilizar y proporciona resultados fiables, es por ello que es muy utilizado en el campo de energía y aquellos relacionados a la ingeniería.

De lo expuesto por el autor, utilizar el método de elementos finitos es una opción muy recomendada porque permite aproximar valores y evitar

posibles fallos que puedan presentarse, asimismo, se consolida como uno de los mejores métodos para solucionar problemas.

Flores (2021) en su trabajo titulado “Diseño del núcleo de un transformador trifásico de distribución para la reducción de pérdidas técnicas” para la obtención de su título profesional de ingeniero electricista, planteó como objetivo diseñar un transformador trifásico de distribución que minimice las pérdidas que se generan en el núcleo. Se empleó un método experimental y aplicado, ya que se buscó diseñar un prototipo comprendido por distintos softwares para minimizar las pérdidas técnicas en el núcleo del transformador. Se concluye señalando que esta herramienta permitirá minimizar las pérdidas y generar una mayor eficiencia en los procesos.

De lo expuesto por el autor, es importante reconocer que los softwares de diseño y simulación permiten conocer las limitaciones y ventajas de los prototipos diseñados, así como obtener un diseño viable.

Solórzano (2021) tituló su investigación “Estudio del diseño en base a las especificaciones técnicas del fabricante en el funcionamiento de los transformadores de distribución en la central hidroeléctrica Santa Teresa, Cusco” para la obtención de su título profesional de ingeniero electricista. Planteó como objetivo determinar la forma en que el diseño, en base a las especificaciones técnicas del fabricante, mejora el funcionamiento de los transformadores de distribución en la Central Hidroeléctrica Santa Teresa, Cusco. Utilizó una metodología aplicada, descriptiva y preexperimental. Se concluye que esta iniciativa permitirá optimizar el diseño de los transformadores de distribución, aumentando la eficiencia y eficacia en sus procesos. Además, es necesario que los transformadores utilicen materiales magnéticos de bajas pérdidas, ya que permitirá que estos funcionen óptimamente.

De lo expuesto por el autor, es importante reconocer que el análisis matemático aplicado a los transformadores de distribución permite elevar los niveles de eficiencia y tener un mejor desempeño.

Castro (2020) tituló su estudio “Evaluación y análisis de pérdidas técnicas de energía en media tensión del alimentador CHN025 9na norte, Chimbote– 2018”, para la obtención de su título de licenciado en ingeniería mecánico electricista. El autor planteó como objetivo identificar las pérdidas mediante una evaluación y análisis de energía en Media Tensión del alimentador CHN025 9na Norte, por ello optó por un método descriptivo, no experimental y preexperimental. Se concluye que para reducir las pérdidas técnicas de energía es necesario invertir en ingeniería de distribución, ya que de esta manera se mejorará el servicio y los resultados negativos podrán ser disminuidos. Además, en vista que las pérdidas son de 3.32%, es necesario que rebalancear las cargas por fases y cambiar los transformadores sobrecargados, ya que esto aumenta las pérdidas considerables.

De lo expuesto por el autor, se evidencian grandes pérdidas técnicas que resultan perjudiciales para el alimentador, lo cual evita que este trabaje de forma eficiente. Además, el mal manejo de la energía causa deficiencias, tales como caídas en los voltajes, pérdida de energía, transformadores sobrecargados, otros, esto puede evitarse con una gestión eficiente, manejo de carga, monitoreo del sistema y estudios computarizados.

Trigos (2018) tituló su investigación “Análisis matricial de estructuras por el método de elementos finitos y su aplicación a túneles”, para la obtención de su título de licenciado en ingeniería, teniendo como objetivo conocer los procedimientos del Análisis Matricial de Estructuras por el Método de Elementos Finitos para analizar el estado tensional del macizo rocoso de un Túnel de conducción. Se tuvo un método experimental y aplicada. Se concluye que el método de elementos finitos fue muy exacto debido a su malla y predominante flexión, sin embargo, debe ser utilizado con precaución, ya que no entrega estados tensionales adecuados. Además, se determinó que debe utilizarse el MEF con tres nodos, ya que el de cuatro nodos resultó incompatible para la operación que se quería realizar.

De lo expuesto por el autor, el MEF posee una interfaz gráfica en 3D que permite realizar maquetas y un análisis de problemas de ingeniería de estructuras, asimismo, ofrece soluciones para desplazamientos o esfuerzos, generando cálculos casi exactos.

2.2. Bases Teóricas

Simulación del Problema.

Para el análisis de nuestro problema en ANSYS Maxwell no hay necesidad de introducir ninguna ecuación, el software lo hace automáticamente.

Pre-Procesamiento

En esta etapa se dibuja el modelo, asignándose los tipos de elementos, sus propiedades y sus restricciones.

a) Preparación de la Geometría

El software de ANSYS Maxwell permite introducir la geometría como si fuese un software de diseño. Lo que facilita describir la geometría (Sánchez, 2015 págs. 5-6).

Creación del Núcleo de Transformador

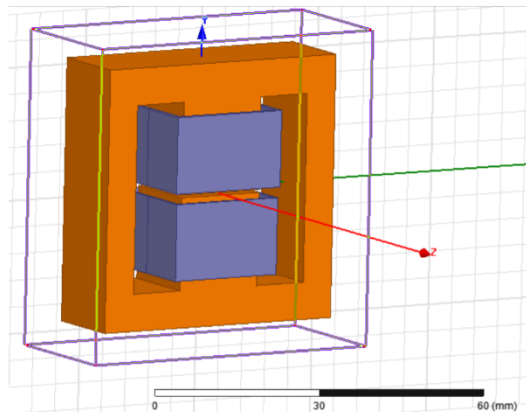
El material más utilizado para diseñar transformadores de distribución, es el acero al silicio.

Núcleo Central

Se inserta un cubo que servirá para crear una ventana derecha, esto permitirá darle forma al núcleo. Luego, el cubo se gratifica y duplica, lo cual permitirá tener otro cubo similar para la ventana izquierda (Zúñiga, 2016 pág. 71).

Figura 1

Núcleo central



Creación de las Bobinas del Transformador:

Se debe establecer el número de espiras y el número de vueltas del devanado, esto permitirá su correcto funcionamiento, sin embargo, para llevar a cabo este es necesario contar con un diseño disponible como guía.

b) Asignación de Parámetros y Propiedades de Materiales:

Asignar Excitaciones:

Para crear las excitaciones (devanados), se necesita datos como corriente inicial, magnitud, valores operacionales, entre otros

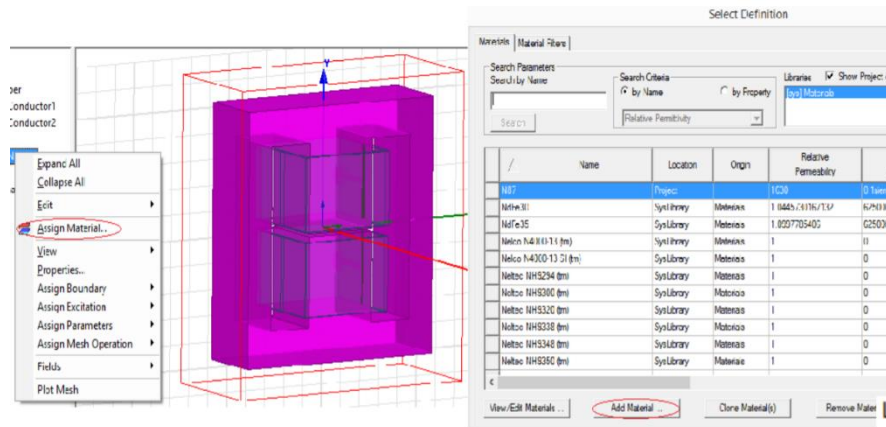
Asignar Materiales:

Asignar Material a las Bobinas:

El simulador tiene una serie de parámetros a tener en cuenta que son, empates y juntas, frecuencia, ángulos, rango de simulación, materiales, entre otros. Se busca replicar las bobinas de manera que pueda ser lo más similar posible a las diseñadas en hardware.

Figura 2

Diseño de bobinas



Asignar Material al Núcleo:

Existen diferentes tipos de acero, los cuales tienen diferentes características, como se muestra a continuación:

Figura 3

Material del núcleo

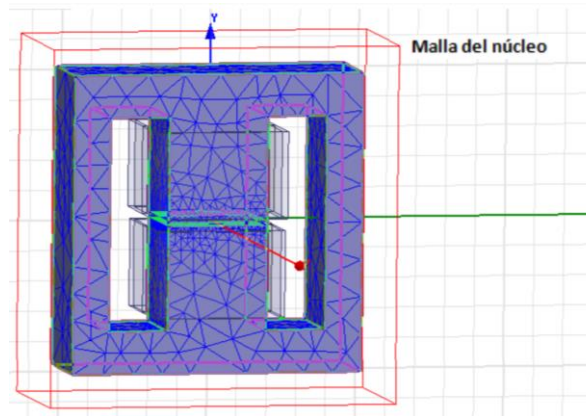
Flux Density (T)	Core Loss (W/kg) - ASTM A804							
	0.23 mm M-3 CARLITE GOES		0.27 mm M-4/120 CARLITE GOES		0.27 mm M-4/125 CARLITE GOES		0.30 mm M-5/125 CARLITE GOES	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
0.1	0.00324	0.00424	0.00404	0.00533	0.00442	0.0058	0.00426	0.00567
0.2	0.0125	0.0164	0.0155	0.0205	0.0166	0.0219	0.0165	0.0219
0.3	0.0275	0.0360	0.0336	0.0444	0.0357	0.0470	0.0359	0.0478
0.4	0.0481	0.0629	0.0584	0.0765	0.0613	0.0805	0.0621	0.0827
0.5	0.0740	0.0965	0.0882	0.116	0.0928	0.122	0.0948	0.126
0.6	0.105	0.137	0.124	0.164	0.130	0.171	0.134	0.178
0.7	0.141	0.184	0.166	0.218	0.173	0.227	0.180	0.238
0.8	0.183	0.238	0.213	0.281	0.222	0.292	0.232	0.307
0.9	0.229	0.298	0.267	0.351	0.278	0.365	0.291	0.385
1.0	0.281	0.366	0.327	0.430	0.340	0.447	0.358	0.473
1.1	0.339	0.441	0.395	0.519	0.410	0.539	0.432	0.570
1.2	0.404	0.525	0.471	0.620	0.489	0.642	0.515	0.680
1.3	0.477	0.621	0.558	0.734	0.580	0.760	0.608	0.803
1.4	0.562	0.731	0.657	0.863	0.682	0.893	0.714	0.942
1.5	0.668	0.866	0.778	1.02	0.806	1.05	0.842	1.11
1.6	0.799	1.03	0.921	1.20	0.955	1.24	0.993	1.30
1.7	1.00	1.28	1.13	1.47	1.18	1.52	1.21	1.57
1.8	1.34	1.70	1.45	1.86	1.51	1.94	1.53	1.98
1.9	1.75	2.20	1.70	2.18	1.91	2.42	1.92	2.45

Asignar Opciones de Enmallado:

ANSYS realiza un auto enmallado en función de los parámetros que se busca calcular y el porcentaje de error que se puede tener.

Figura 4

Enmallado

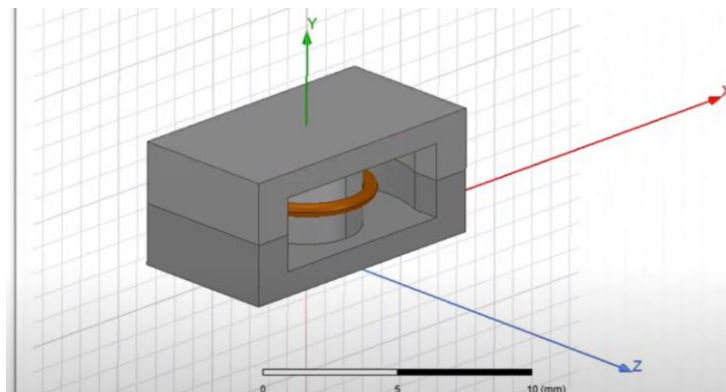


c) Configuración del Análisis:

Se pueden establecer tipos de análisis, en este caso se realiza el Magnetic-transient. También, se deben colocar los tiempos de análisis al seleccionar la pestaña Maxwell3D.

Figura 5

Configuración de análisis



Procesamiento

En este nivel se realiza una evaluación del modelo para verificar que no exista ningún error en el archivo generado. En el nivel anterior y el siguiente se realizan las ecuaciones necesarias para la solución del problema.

Post-Procesamiento

En esta etapa se realiza el despliegue gráfico y/o numérico de los resultados obtenidos del modelo, tales como el voltaje, potencia en pérdidas de los diferentes elementos, otros, para su posterior análisis e interpretación (Cuevas, 2019 pág. 23).

2.3. Marco conceptual

VARIABLE INDEPENDIENTE: El método de los elementos finitos

El método de elementos finitos (MEF) es definido por Sanhueza et al. (2021) como uno de los métodos numéricos más utilizados para la simulación de aplicaciones técnicas, ya que tiene la capacidad de manejar problemas de geometría circular y no lineal. Pese a que existen herramientas más sencillas de utilizar, el MEF coadyuva como un instrumento para desarrollar modelos, a través de comportamientos físicos del campo, lo cual no puede hacerse con otros métodos por las limitantes que poseen (pág. 488).

El autor Guzmán (2020) define la variable como una herramienta para simplificar procesos desconocidos y hallar soluciones determinadas que cambien la realidad. Dicha simplificación se realiza al dividir las piezas en partes pequeñas, denominadas como “elementos”. Al realizar esta acción el problema puede ser simplificado en subproblemas, haciendo más sencilla su resolución (pág. 31).

Por otro lado, Martínez (2016) señala que es un método que permite obtener soluciones numéricas aproximados de un determinado fenómeno, cuerpo o estructura. Este elemento se desarrolla con el uso de ecuaciones diferenciales que miden el comportamiento físico del problema y lo divide en subdominios (pág. 66).

También, Shahnazari et al. (2021) señalan que el método de elementos finitos puede tomar distintas formas, sin embargo, puede ser entendido como un sistema físico o expresión que posee nodales para desarrollar un proceso de discretización, el cual ofrecerá una solución respecto a un problema que se haya identificado (pág. 73).

Finalmente, Lee et al. (2019) señala que es un proceso numérico muy empleado para el cálculo de resistencia de materiales y estructuras para solucionar un problema, el cual se lleva a cabo con aproximaciones vectoriales y la división de los elementos. Este método es utilizado por su generalidad y facilidad de emplear ecuaciones complejas y realizar modelos y pruebas sobre un fenómeno, ya que está compuesto por nodos adyacentes y una relación denominada malla, la cual sirve para hacer las operaciones (pág. 32).

DIMENSIONES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:

Modelamiento del transformador

Esta etapa es el punto de partida para diseñar y representar una estructura que solucione un problema en la realidad. Los transformadores se construyen con previo cálculo y proyección de máquinas, llevado a cabo con programas correspondientes que miden la frecuencia, la potencia, designación y capacidad, seguidamente se puede diagramar las conexiones con valores reales. Cabe señalar que este proceso tiene una serie de procesos que se efectúan para conocer si el transformador desarrollado cumple los requisitos del cliente, pero esto no evita que se puedan hacer modificaciones (Hu, y otros, 2021 pág. 4).

El proceso de modelado requiere de un software o programa que permita elaborar un sistema amigable y eficiente para su construcción, pero para ello será necesario realizar cálculos relacionados a la potencia. Este proceso arrojará los resultados del núcleo, bobinas, *taps*, parámetros de circuito, otros (Játiva, y otros, 2019 pág. 2).

Variables en la etapa de diseño

Para diseñar un transformador de cualquier tipo y para cualquier propósito, es necesario contar con parámetros o variables esenciales para que este pueda funcionar adecuadamente. Todo proceso constructivo parte de una necesidad que desea solucionarse, y por ello debe iniciar con lo más básico, las bobinas, el núcleo, bridas de ensamble y la tensión (Aquino, y otros, 2018 pág. 22).

El transformador funciona a través de un núcleo, el cual mantiene el flujo de la energía y es fabricado de chapas de acero al silicio. La bobina viene a ser el alambre cubierto por aislante, pero el transformador posee dos, uno primario y otro secundario. Las bridas de ensamblaje son componentes necesarios de un sistema, el cual está conformado por una cámara y un cuerpo en forma de cilindro. La tensión, se refiere al ajuste de los voltajes, los cuales permiten la interconexión de los circuitos para que el sistema funcione (Instituto Politécnico, s.f pág. 14).

VARIABLE DEPENDIENTE: Pérdidas en el núcleo del transformador

Empresas públicas de Medellín (2019) define las pérdidas en el núcleo de un transformador como un problema en la corriente eléctrica, a raíz de un mal funcionamiento, baja calidad de los componentes de un transformador, sistemas defectuosos, otros. Estas pérdidas se dan también por circuitos magnéticos y eléctricos que no hacen conexión y por ello pierden energía (pág. 13).

Del mismo modo, Zúñiga (2016) define las pérdidas del núcleo como fallos en el sistema, los cuales pueden ser evitados con cálculos de ensayo. Cuando existen pérdidas, se refiere a que la energía, en su funcionamiento normal, ha sido transformada a calor, lo cual ha hecho que exista una baja potencia, ya sea por histéresis o por corrientes parasitarias (pág. 62).

Bruzón et al. (2018) indica que las pérdidas en el núcleo se dan cuando la potencia del sistema baja debido a las corrientes de Hedí y la histéresis. Además, cuando un transformador pierde potencia durante el punto más

caliente, este sigue funcionando, pero la energía que reciben los artefactos no será la misma, es por ello que la pérdida de vida útil de un transformador, dependerá netamente de los componentes que este tenga y como se relacionen entre sí (pág. 4).

También Li et al. (2020) señala que es necesario estimar las propiedades físicas y magnéticas para conocer cuáles son las pérdidas totales que puede tener un transformador según la norma. Cabe señalar que las pérdidas de energía en un transformador también afectan al medio ambiente, es por ello que las empresas fabricantes deben trabajar con políticas conjuntas para mejorar las condiciones y correcto funcionamiento (pág. 10).

Finalmente, Sierra et al. (2016) indica que las pérdidas de un transformador se ven reflejadas en la temperatura que este puede alcanzar, muchas veces estos problemas se dan cuando no se utiliza un acero de buena calidad o las cantidades son insuficientes y por ello, el calor no puede ser disipado adecuadamente. Calcular la temperatura de producción suele ser un proceso tedioso y complicado, incluso, demanda gran tiempo, es por ello que tener la certeza respecto al desempeño del transformador puede ser un aspecto que tarde horas de trabajo, sin embargo, existen métodos que pueden hacerlo más sencillo (Pág. 6).

DIMENSIONES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

Ensayo en vacío

El ensayo en vacío es definido como un proceso que permite conocer el comportamiento del transformador, de esta manera se puede conocer el nivel de eficiencia, ya que permite determinar la pérdida de hierro, intensidad de vacío y la relación de vacío. Además, este proceso cuenta con dos etapas, la primera consiste en conectar a la corriente todos los elementos menos el voltímetro, esto se lleva a cabo regulando poco a poco la tensión hasta conseguir el número adecuado. En la segunda etapa se conecta el voltímetro y se toma en cuenta la tensión, es aquí donde debe estudiarse de forma minuciosa que los elementos operen bien y no exista variación (Ramos, y otros, 2016 pág. 79).

Además, puede ser entendido también como prueba de vacío, como su nombre lo dice, se hacen exámenes al transformador, dejando un vacío en uno de los lados, y en el otro conectando la energía. Esto se hace con el objetivo de medir el voltaje y la resistencia del núcleo, de esta manera se evitan fallos o valores que puedan afectar el correcto funcionamiento del transformador. Estos ensayos permiten verificar el comportamiento de la máquina, incluso sirve para realizar aproximaciones o predicciones del desempeño que debe tener para luego ser corregidos (Rodríguez, y otros, s.f pág. 1).

2.4. Definición de Términos básicos

- **Longitud de solapamiento**

Se refiere al espacio que existe entre las capas de hierro del núcleo del transformador, las cuales se agrupan en paquete de “n” chapas. Cada paquete de lámina es como un abanico escalonado que posee un espacio para continuar con la siguiente, denominado “g” o entrehierro (Bruzón, y otros, 2018 pág. 5).

- **Número de láminas**

Es la cantidad de capas que componen el paquete de un núcleo, normalmente en el mercado se venden aquellas con espesor de 0.50 mm, sin embargo, las de 0.35 mm poseen mayor potencia y rendimiento cuando se trata de corrientes eléctricas (Maralunda, y otros, 2017 pág. 9).

- **Características técnicas**

Se refiere a los componentes o materiales con los cuales se elabora un transformador, entre los principales están en el acero silicio. Además, puede ser entendido como aquellos parámetros soportados para un buen funcionamiento del núcleo (Aquino, y otros, 2018 pág. 22).

- **Condiciones de operación**

Se refiere a los parámetros externos con los cuales debe contar un transformador para poder operar adecuadamente y no presentar fallas, por ejemplo, la temperatura del ambiente, el mantenimiento, los componentes internos, entre otros (Játiva, y otros, 2019).

- **Condiciones de diseño**

Se refiere a las especificaciones que debe tener un transformador para operar eficientemente, lo cual implica una serie de decisiones, tales como las características, requerimiento de uso, necesidad que desea cubrir, otros. De esto depende que el comportamiento del dispositivo tenga resistencia (Hu, y otros, 2021 pág. 13).

- **Pérdida en vacío**

Se refiere al proceso de disminución de energía del transformador, es decir, cuando la potencia eléctrica se convierte en potencia térmica. Este fenómeno sucede porque los circuitos magnéticos y eléctricos no funcionan como debiera y por ello el desempeño no es el esperado (Empresas Públicas de Medellín ESP, 2019 pág. 16).

- **Corriente en vacío**

Se dice que un transformador trabaja en vacío cuando no está conectado a ningún circuito secundario, solo con el direccionamiento primario, y si este arroja una reactancia ideal, se considera como óptimo para empleado (Ramos, y otros, 2016).

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.2. Hipótesis General

H.G. El método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

H0. El método de los elementos finitos NO calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

3.1.3. Hipótesis Específica

H.E.1 El modelamiento del transformador permite calcular las perdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

H.E.2 Las variables en la etapa de diseño permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

3.2. Definición Conceptual de Variables

Variable 1: El método de los elementos finitos

Se define como un método popular que posee una gran cantidad de números desconocidos que pueden ser sustituidos por números conocidos, y por ello es llamado como “elementos finitos”, es comúnmente aplicado en el ámbito de ingeniería y física. Además, tiene como objetivo solucionar problemas de geometría circular y obtener resultados de análisis.

Variable 2: Pérdidas en el núcleo del transformador

Es entendida como una disminución de poder de las corrientes, se puede determinar con la medición del ensayo vacío, ya que permite evidenciar si aún tiene vida útil o si las reparaciones que se hagan funcionarán.

3.2.1. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Tipo Variable	de	Operacionalización	Dimensiones	Indicadores
Pérdidas en el núcleo del transformador	Variable Dependiente		Se supervisa el desempeño de los transformadores, realizando mediciones de las pérdidas del núcleo de acuerdo a la configuración que se realice en el núcleo del transformador.	Ensayo en vacío	Perdida en vacío Corriente en vacío
El método de los elementos finitos	Variable Independiente		El Análisis de Elementos Finitos es un sistema de cálculo matemático integrado en distintos softwares para el diseño y mejora de productos para aplicaciones industriales, así como en la simulación de sistemas eléctricos	Modelamiento del transformador Variables en la etapa de diseño	Longitud de solapamiento Número de laminas Características técnicas. Condiciones de operación. Condiciones de diseño

IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1. Tipo y diseño de Investigación

TIPO DE INVESTIGACION: Investigación Aplicada

Un estudio de carácter aplicado es entendido como la identificación de un problema que será resuelto con la ampliación de conocimientos y teorías del autor, con el objetivo de cambiar la realidad actual y que la sociedad cambie la percepción (Hernandez, y otros, 2014 pág. 42).

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

Una investigación experimental se caracteriza por manipular las variables de estudio con el objetivo de obtener resultados más exactos respecto al problema. Además, esta investigación se caracteriza por descubrir las causas de un fenómeno, y por esta razón también puede ser llamada como investigación de tipo causal (Hernandez, y otros, 2014 pág. 140).

En el presente trabajo se tuvo un diseño experimental, ya que se buscó conocer porqué el núcleo ha perdido energía y cuales son las posibles soluciones para optimizar el sistema de forma exitosa.

NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativa

El nivel explicativo se define como un método que busca obtener un porqué a los hechos identificados, es por ello que se relaciona con el estudio experimental. Además, este estudio busca dar respuesta a las hipótesis planteadas por el investigador, de manera que se pueda establecer posibles conclusiones y recomendaciones (Arias, 2020 pág. 72).

El nivel de la investigación fue explicativo, ya que el presente estudio buscó identificar las posibles causas para que el núcleo del transformador perdiera poder y no trabaje como debiera ser, estos elementos permitirán conocer las posibles soluciones.

4.2. Método de Investigación

Un método de estudio es definido como una herramienta que permite recolectar información para contrastar las hipótesis del investigador y resolver un problema en la sociedad, asimismo, determinar un método de investigación permite que el investigador pueda direccionar sus resultados para obtener respuestas directas y detalladas (Tamayo, 2017 pág. 24).

La investigación que se empleó fue hipotético-deductivo, ya que se tuvo como objetivo recolectar información y analizarla de forma estadística, de manera que los conocimientos del investigador se amplíen y se puedan establecer mejoras al problema identificado, la pérdida de la energía en el núcleo del transformador.

4.3. Población y muestra

Población

La población es definida como un conjunto grande de individuos que tienen características similares entre sí para ser analizadas y obtener posibles soluciones a un problema en la sociedad, asimismo, establecer un conjunto poblacional permite que el estudio pueda tener un lugar determinado (Ventura, 2017 pág. 1).

El estudio tuvo como población a las 100 consultas online en el servicio de atención al cliente de la empresa Rennan S.A.C. en cada una, el pre-prueba de 30 días y luego una pos-prueba de 30 días más.

Muestra

La muestra es definida como un grupo reducido y extraído de la población de interés, esta selección se da para delimitar de forma precisa el problema. Además, la muestra permite que los resultados sean extrapolados hacia la población de estudio (Ventura, 2017 pág. 1).

En el presente estudio se tuvo como muestra 79 consultas en los periodos de pre-prueba y post-prueba referidas a la intención de compra de los clientes.

Media Poblacional (n):

$$n = \frac{100 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2(100 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 79.509$$

Muestreo

El muestreo es entendido como un método que permite obtener una población finita para realizar un estudio y determinar sus características, asimismo, se constituye como un proceso importante porque permite llevar a cabo el estudio y obtener respuestas (Otzen, y otros, 2017 pág. 2).

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que se optó por utilizar los reclosers, según los requerimientos del investigador.

La **fórmula** para calcular el tamaño de la muestra fue la siguiente:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde

N = tamaño de la población (N = 100)

Z = nivel de confianza (Z=95%)

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada (p=50%)

Q = probabilidad de fracaso (q=50%)

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción) (d=5%)

4.4. Lugar de Estudio y periodo desarrollado

El presente estudio fue se dio en el programa de simulación Ansys Maxwell durante el periodo 2022.

4.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información

4.5.1. Técnicas

Las técnicas que se emplearon son aquellas herramientas que permiten recoger información variada para obtener posibles conclusiones de la problemática. Además, son recursos importantes porque permiten contrastar los resultados y analizar el proceso de estudio (Cevallos, y otros, 2017 pág. 25).

4.5.1.1. Encuesta

Se empleó como técnica de estudio la encuesta, la cual permitió recopilar información sobre el fenómeno de estudio. Esta elección se debe a que (López, y otros, 2015 pág. 5).

4.5.2. Instrumento

El instrumento es un recurso importante para el investigador porque le permite recolectar información y contrastar sus hipótesis de estudio, asimismo, son muy utilizados en investigaciones académicas porque la data es real y exacta (Arias, 2020).

4.5.2.1 Cuestionario

El cuestionario es un método de recolección de información importante que se caracteriza por recolectar información en base a preguntas específicas, estas no son correctas ni incorrectas, sin embargo, permiten obtener un solo resultado para que el investigador pueda obtener sus propias conclusiones (Meneses, 2016 pág. 11).

- Cuestionario Virtual

Se define como una herramienta para recoger información bajo criterios específicos, esta data servirá para que le investigador pueda hacer inferencias y resolver un problema identificado en la realidad.

El instrumento de recolección de datos que se elaboró fue aprobado previamente, de esta manera se recolectó datos bajo criterios específicos

4.5.3 Validez

La validez de un instrumento se define como la capacidad para dar la confianza a que una herramienta pueda ser aplicada para obtener resultados en el estudio. Además, se entiende como el grado de aceptación para que un recurso pueda ser utilizado con fines académicos debido a que está libre de sesgos (Villasís, y otros, 2018 pág. 2).

En este estudio se tuvo como método de validación el juicio de 3 expertos, quienes dieron su veredicto para poder aplicar los instrumentos realizados.

4.5.4 Confiabilidad

La confiabilidad del instrumento se define como el grado de aplicación para que una herramienta pueda brindar resultados relacionados al tema de estudio y que estos sean adecuados para aceptar o rechazar la hipótesis de investigación (Corral, 2009 pág. 3).

En este estudio se tuvo como confiabilidad el uso del alfa de Cronbach y la R de Pearson en el instrumento realizado, esto permitió que los datos estén conformes y puedan brindar resultados adecuados para la investigación.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

4.6.1. Método de Análisis de Datos

El análisis de datos se define como el proceso por el cual el investigador realiza las operaciones necesarias para que los datos obtenidos puedan relacionarse con los objetivos e hipótesis de estudio. Estas operaciones deben ser planificadas en función del método que se haya elegido y el enfoque que se dese cumplir, asimismo, este un proceso sumamente importante y complejo porque de este depende que el estudio demuestre que el problema identificado genera inconvenientes en la realidad y cuáles son sus posibles soluciones (Peña, 2017 pág. 104).

Esta investigación se llevó a cabo con los siguientes métodos:

Inferencial: Es un método que se caracteriza por utilizar las hipótesis planteadas por el investigador y contrastarlas a través del coeficiente de correlación Pearson. Además, este método debe realizarse con la aplicación de herramientas estadísticas que permitan obtener información empírica proporcionada por una muestra o población seleccionada (Romero, y otros, 2014 pág. 1).

Descriptiva: Este método se caracteriza por analizar los datos con la observación del fenómeno de estudio, seguidamente se hará una descripción exacta. Asimismo, es un método que permite obtener los datos con mayor precisión y exactitud. En el estudio cuantitativo el análisis descriptivo es el tratamiento de datos con la tabulación y graficación de un programa capaz de hacer esto (Romero, y otros, 2014 pág. 35).

Este estudio empleó el programa estadístico SPSS v26 para analizar los datos recolectados, siendo una herramienta sumamente importante porque al procesar la data arroja tablas y gráficos que permiten brindar una comprensión clara del tema estudiado.

4.7. Aspectos Éticos

El presente estudio consideró como principios éticos las siguientes premisas:

Académico: El estudio fue realizado netamente con fines académicos e investigativos, es decir, se buscó solucionar un problema identificado en la sociedad.

Objetivo: El análisis de la investigación se llevó a cabo de manera objetiva, es decir, bajo criterios técnicos e imparciales, no se buscó beneficiar a nadie ni perjudicar a terceros.

Confiable: El estudio fue realizado con datos confiables y recolectados previamente por los instrumentos diseñados por el investigador, asimismo, el objeto de estudio se llevó a cabo en una entidad, cuyos datos fueron protegidos con el derecho a la propiedad intelectual.

Veracidad: El investigador no manipuló ni alteró datos obtenidos en los instrumentos del estudio.

Originalidad: Las fuentes consultadas fueron citadas en formato ISO 690, esto con fin de evitar el plagio y que los autores sean debidamente representados, asimismo, se siguió la guía y normativa de la Universidad Nacional del Callao, se citarán las fuentes bibliográficas a fin de evitar el plagio.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos.

Tabla 2

Niveles y rangos de la variable Método de elementos finitos

Bajo	Medio	Alto
[9 – 21>]	[22 – 33>]	[34 – 45>]

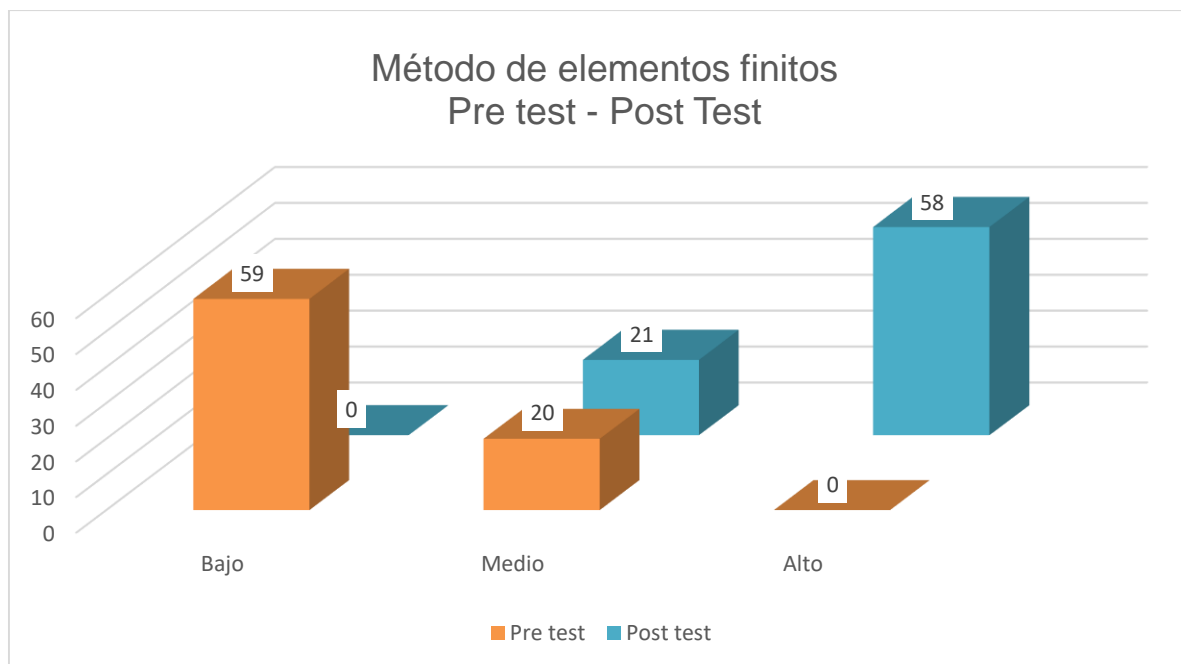
Tabla 3

Tabla de frecuencia Método de elementos finitos Pre test - Post test

	Pre Test				Post Test			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	59	74,7	74,7	74,7	Bajo	0	0.0	0.0
Medio	20	25,3	25,3	100.0	Medio	21	26,6	26,6
Alto	0	0.0	0.0	0.0	Alto	58	73,4	100.0
Total	79	100.0	100.0		Total	79	100.0	100.0

Figura 6

Método de elementos finitos Pre test - Post test



En los resultados descriptivos de la variable Método de elementos finitos se evidencia que en el pre test posee una valoración de 74,7 % en nivel bajo y 25,3 % en el nivel medio. Por otro lado, al momento de la prueba del post test, se evidenció que presenta un 26,6 % de nivel medio y un 73,4 % de nivel alto, representado un cambio significativo y mejora ascendente.

Tabla 4

Niveles y rangos de la dimensión Modelamiento del transformador

Bajo	Medio	Alto
[4 – 9>]	[10 – 15>]	[16 – 20>]

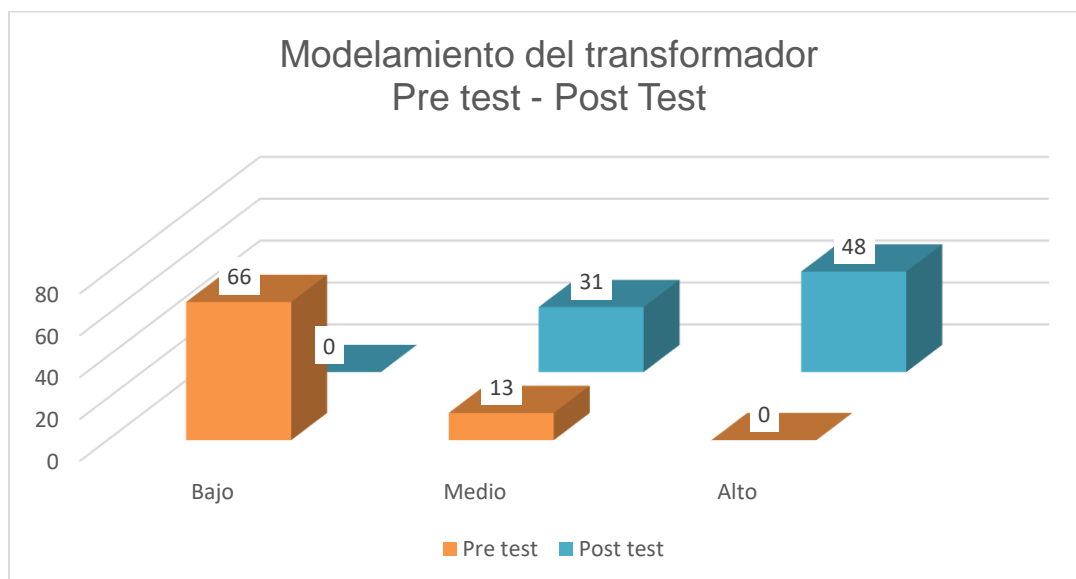
Tabla 5

Tabla de frecuencia Modelamiento del transformador Pre test - Post test

	Pre Test (Agrupada)				Post Test (Agrupada)			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	66	83,5	83,5	83,5	Bajo	0	0,0	0,0
Medio	13	16,5	16,5	100,0	Medio	31	39,2	39,2
Alto	0	0,0	0,0	0,0	Alto	48	60,8	100,0
Total	79	100,0	100,0		Total	79	100,0	100,0

Figura 7

Modelamiento del transformador Pre test - Post test



En los resultados descriptivos de la dimensión Modelamiento del transformador se evidencia que en el pre test posee una valoración de 83,5 % en nivel bajo y 16,5 % en el nivel medio. Por otro lado, al momento de la prueba del post test, se evidenció que presenta un 39,2 % de nivel medio y un 60,8 % de nivel alto, representado un cambio significativo y mejora ascendente.

Tabla 6

Niveles y rangos de la dimensión Variable e la etapa de diseño

Bajo	Medio	Alto
[5 – 11>]	[12 – 18>]	[19 – 25>]

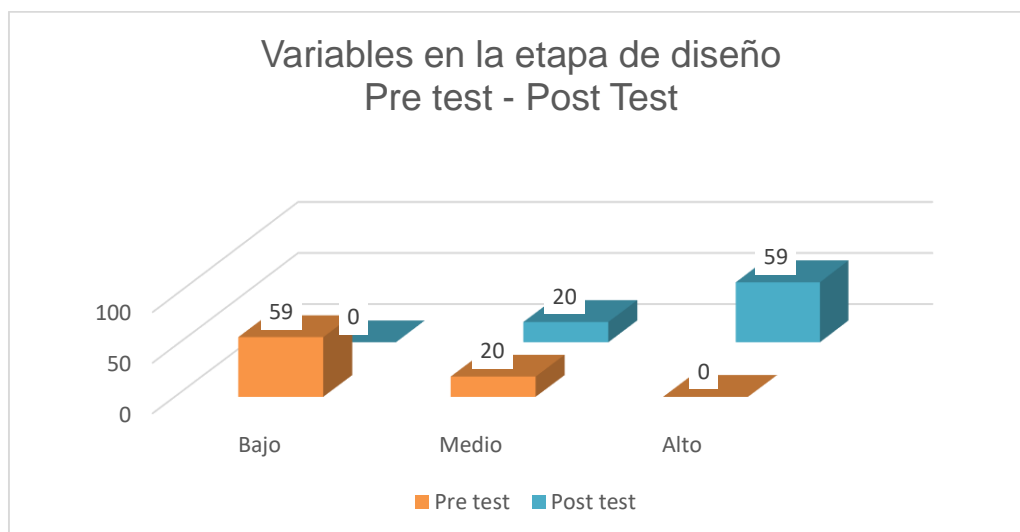
Tabla 7

Tabla de frecuencia Variables en la etapa de diseño Pre test - Post test

	Pre Test (Agrupada)				Post Test (Agrupada)			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	59	74,7	74,7	74,7	Bajo	0	0.0	0.0
Medio	20	25,3	25,3	100.0	Medio	20	25,3	25,3
Alto	0	0.0	0.0	0.0	Alto	59	74,7	74,7
Total	79	100.0	100.0		Total	79	100.0	100.0

Figura 8

Variables en la etapa de diseño Pre test - Post test



En los resultados descriptivos de la dimensión Variables en la etapa de diseño se evidencia que en el pre test posee una valoración de 74,7 % en nivel bajo y 25,3 % en el nivel medio. Por otro lado, al momento de la prueba del post test, se evidenció que presenta un 25,3 % de nivel medio y un 74,7 % de nivel alto, representado un cambio significativo y mejora ascendente.

Tabla 8

Niveles y rangos de la variable Pérdidas en el núcleo del transformador

Bajo	Medio	Alto
[4 – 9>]	[10 – 15>]	[16 – 20>]

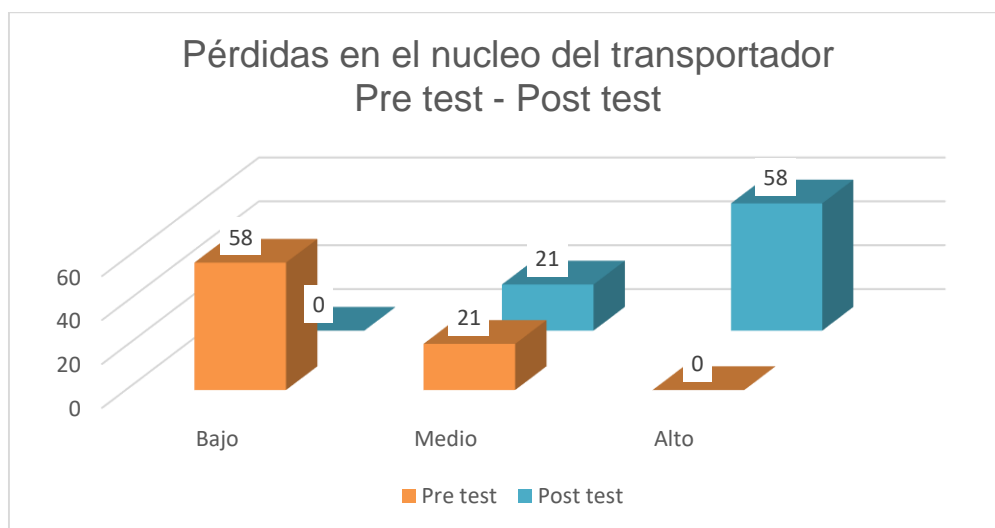
Tabla 9

Tabla de frecuencia Pérdidas en el núcleo del transformador Pre test - Post test

	Pre Test (Agrupada)				Post Test (Agrupada)			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	58	73,4	73,4	73,4	Bajo	0	0,0	0,0
Medio	21	26,6	26,6	100,0	Medio	21	26,6	26,6
Alto	0	0,0	0,0	0,0	Alto	58	73,4	73,4
Total	79	100,0	100,0		Total	79	100,0	100,0

Figura 9

Pérdidas en el núcleo del transportador Pre test - Post test



En los resultados descriptivos de la variable Pérdidas en el núcleo del transportador se evidencia que en el pre test posee una valoración de 73,4 % en nivel bajo y 26,6 % en el nivel medio. Por otro lado, al momento de la prueba del post test, se evidenció que presenta un 26,6 % de nivel medio y un 73,4 % de nivel alto, representado un cambio significativo y mejora ascendente.

Tabla 10

Niveles y rangos de la dimensión Ensayo en vacío

Bajo	Medio	Alto
[4 – 9>]	[10 – 15>]	[16 – 20>]

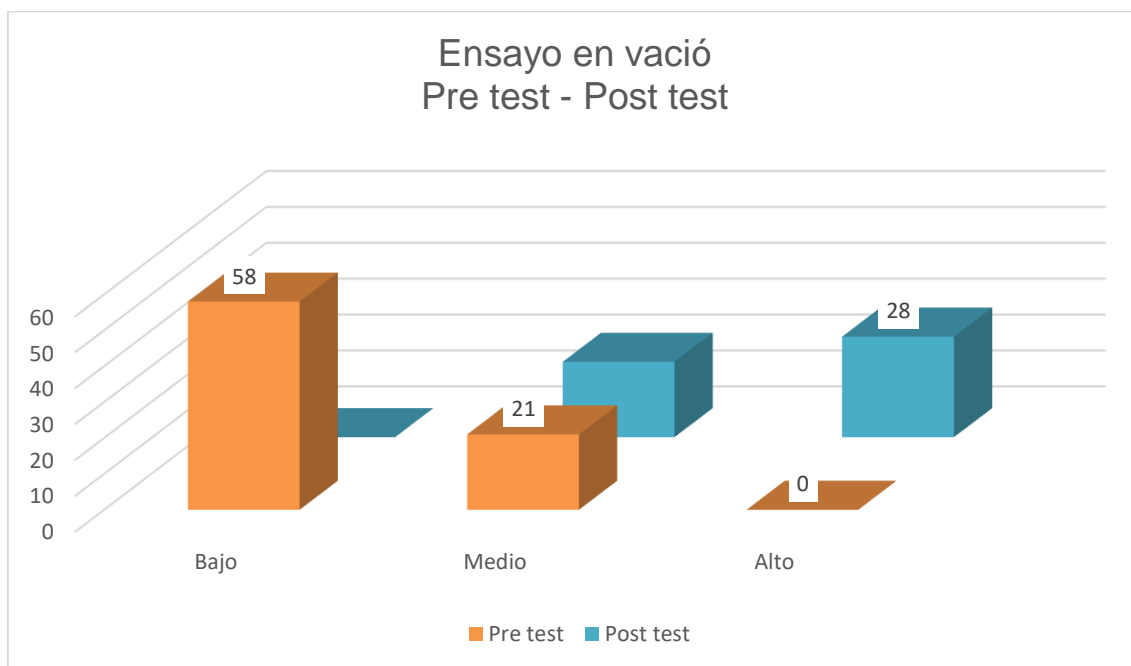
Tabla 11

Tabla de frecuencia Ensayo en vacío Pre test - Post test

	Pre Test (Agrupada)				Post Test (Agrupada)			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	58	73,4	73,4	73,4	Bajo	0	0.0	0.0
Medio	21	26,6	26,6	100.0	Medio	21	26,6	26,6
Alto	0	0.0	0.0	0.0	Alto	58	73,4	73,4
Total	79	100.0	100.0		Total	79	100.0	100.0

Figura 10

Ensayo en vacío Pre test - Post test



En los resultados descriptivos de la dimensión Ensayo en vacío se evidencia que en el pre test posee una valoración de 73,4 % en nivel bajo y 26,6 % en el nivel medio. Por otro lado, al momento de la prueba del post test, se evidenció que presenta un 26,6 % de nivel medio y un 73,4 % de nivel alto, representado un cambio significativo y mejora ascendente.

5.2. Resultados inferenciales.

Hipótesis general

H0: El método de los elementos finitos no permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

H1: El método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

Tabla 12

Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1 Método de elementos finitos - PRE TEST	14,41	79	7,037	,792
Método de elementos finitos - POST TEST	37,77	79	6,812	,766
Pérdidas en el núcleo del transformador - PRE TEST	6,85	79	3,397	,382
Pérdidas en el núcleo del transformador - POST TEST	16,61	79	2,959	,333

Tabla 13

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Método de elementos finitos - PRE TEST & Método de elementos finitos - POST TEST	79	,504	,000
Pérdidas en el núcleo del transformador - PRE TEST & Pérdidas en el núcleo del transformador - POST TEST	79	,574	,000

Tabla 14

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par	Método de elementos finitos - PRE TEST - Método de elementos finitos - POST TEST	23,367	6,897	,776	24,912	21,822	30,113	78	,000
	Pérdidas en el núcleo del transformador - PRE TEST - Pérdidas en el núcleo del transformador - POST TEST	9,759	2,958	,333	10,422	9,097	29,326	78	,000

Por medio del empleo del estadístico de medio relacionados, en el valor del post test de la variable método de elementos finitos se tiene una media de 37,77, mientras que en el pre test una media de 14,41, evidenciando una diferencia de media en 23,367. Del mismo modo, en la variable pérdidas en el núcleo del transformador se presenta una media en el post test de 16,61, mientras que en el pre test una media de 6,85, con una diferencia de 9,579. Asimismo, ambos resultados constan de una significancia de 0,00, reflejando la relevancia y transición positiva en la mejora de ambas variables. Logrando percibir que el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022, dado a

que su nivel de efectividad fomenta al desarrollo de procesos y cálculos con certeza.

Hipótesis específica 1

H0: El modelamiento del transformador no permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

H1: El modelamiento del transformador permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

Tabla 15

Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1 Modelamiento del transformador - PRE TEST	6,33	79	3,058	,344
Modelamiento del transformador - POST TEST	15,89	79	3,404	,383

Tabla 16

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Modelamiento del transformador - PRE TEST & Modelamiento del transformador - POST TEST	79	,537	,000

Tabla 17

Prueba de muestras emparejadas

Diferencias emparejadas					
95% de intervalo de confianza de la diferencia					
Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	Sig. (bilateral)
					t

Par Modelamiento									
1 del									
transformador									
- PRE TEST -	9,557	3,125	,352	10,257	8,857	27,186	78	,000	
Modelamiento									
del									
transformador									
- POST TEST									

Por medio del empleo del estadístico de medio relacionados, en el valor del post test de la dimensión modelamiento del transformador tiene una media de 15,89, mientras que en el pre test una media de 6,33, evidenciando una diferencia de media en 9,557. Del mismo modo, en la variable pérdidas en el núcleo del transformador se presenta una media de 16,61, mientras que en el pre test una media de 6,85, con una diferencia de 9,579. Asimismo, ambos resultados constan de una significancia de 0,00, reflejando la relevancia y transición positiva en la mejora de ambas variables. Logrando percibir que el modelamiento del transformador permite contribuir eficazmente en el calculo de las perdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

Hipótesis específica 2

H0: Las variables en la etapa de diseño no permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

H1: Las variables en la etapa de diseño permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

Tabla 18Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1 Variables en la etapa de diseño - PRE TEST	8,08	79	3,990	,449
Variables en la etapa de diseño - POST TEST	21,89	79	3,994	,449

Tabla 19Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Variables en la etapa de diseño - PRE TEST & Variables en la etapa de diseño - POST TEST	79	,400	,000

Tabla 20Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			promedio	Inferior	Superior			
Par 1 Variables en la etapa de diseño - PRE TEST - Variables en la etapa de diseño - POST TEST	13,810	4,374	,492	14,790	12,830	28,064	78	,000

Por medio del empleo del estadístico de medio relacionados, en el valor del post test de la dimensión variables en la etapa de diseño tiene una media en de 21,89, mientras que en el pre test una media de 8,08, evidenciando una diferencia de media en 13,810. Del mismo modo, en la variable pérdidas en el núcleo del transformador se presenta una media de 16,61, mientras que en el pre test una media de 6,85, con una diferencia de 9,579. Asimismo, ambos resultados constan de una significancia de 0,00, reflejando la relevancia y transición positiva en la mejora de ambas variables. Logrando percibir que las variables en la etapa de diseño deben tomarse en cuentas como factores relevantes para permitir el correcto cálculo de las pérdidas en el núcleo del transformador, a fin de conocer la totalidad de características y datos que se inmersa en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

En la presente investigación se obtuvo que la hipótesis general fue aceptada, y según el análisis de las estimaciones, las variables asignadas tuvieron valores que estuvieron de acuerdo a los parámetros, ya que se tuvo un grado de significancia menor a 0,05, esto demuestra tener valores confiables. Comparando el análisis del pre y post test, la correlación causal que tuvo fue de 50,4% en los métodos de elementos finitos y de 57,4% en las pérdidas en el núcleo del transformador, lo cual determina existe una relación entre las variables.

Los resultados muestran que existe un impacto positivo al calcular las pérdidas en el núcleo del transformador de distribución de 50kv, Bellavista 2022, ya que se determinó que existe una media correlacional de 14,41 a 37,77 en la variable de métodos de elementos finitos y 6,85 a 16,61 pérdidas en el núcleo del transformador, obteniendo un nivel de confiabilidad óptima

Los resultados también arrojaron, frente al modelamiento del transformador, una variación numérica emparejada frente al pre y al post test de 9,5 positivo. Esto determinó en el núcleo del transformador tiene una media de diferencial de 9,5 con un grado de significancia menor a 0,05, es decir, más del 95% de efectividad, esto permite demostrar que el modelamiento del transformador contribuye a calibrar las pérdidas en el núcleo.

Por último, en las etapas de diseño, el grado de correlación para evitar pérdidas en el núcleo del transformador de 50Kv, Bellavista 2022, tras aplicar el

post test tuvo una media diferencial de 15,89, dando como resultado un aumento de 0.5, a comparación de los resultados iniciales de 9,5. Esto origina un impacto positivo en las pérdidas en el núcleo del transformador, ya que toma valores en una representación media diferenciada de 9,579 con un grado de significancia de 0,00. Estos valores evidencian que existe un correcto funcionamiento del núcleo del transformador en base al diseño establecido.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Al analizar los resultados de los instrumentos, se pudo obtener una similitud con el estudio del autor Sánchez (2015), quién en su investigación titulada “Cálculo de los parámetros eléctricos de un transformador por medio del Método de los Elementos Finitos” señaló que el cálculo de la potencia debe tener bien definido la corriente que dará como consecuencia un campo magnético que permitirá un funcionamiento adecuado. Esto resulta clave para el espesor del transformador, teniendo un resultado favorable a la hora de aumentar y disminuir las tensiones necesarias para recorrer el circuito de forma eficiente.

Al igual que Serrano (2017) en su investigación titulada “Análisis y optimización de los núcleos de chapas magnéticas en transformadores de potencia mediante elementos finitos 3D”, sostuvo que el flujo magnético de un transformador, tras analizar los parámetros y según el diseño en las láminas magnéticas del espesor y de las separaciones, conducirá a un F.E.M óptimo. Este efecto se muestra en las simulaciones, que conjuntamente con los resultados obtenidos, se puede tomar como un hecho confiable, asimismo, demuestra que trabajar conjuntamente con modelos computacionales evita pérdidas en el núcleo del transformador por la reducción de los valores que saturan el sistema electromagnético.

Finalmente, el autor Lozano (2019) tituló su investigación “Estudio numérico de la propagación de la luz en guías de ondas de cristal fotónico utilizando el método de la ecuación integral y el método de elementos finitos”, donde muestra que existe concordancia con lo mencionado en el F.E.M, siendo una de las ecuaciones más exactas capaces de resolver problemas numéricos. De acuerdo al problema de la presente investigación, las pruebas que ofrece este programa son verídicas y confiables porque se basan en el análisis de datos y valores reales de una entidad. Del mismo modo, el autor Zúñiga (2016) mencionó en su investigación titulada “Cálculo de pérdidas en el diseño del núcleo de un transformador de distribución aplicando el método de los elementos finitos” que la importancia de diseñar núcleos óptimos para los transformadores en base a materiales de calidad, contribuye a que la energía pueda ser distribuida adecuadamente, disminuyendo las pérdidas en el núcleo. De esta manera se estaría generando prototipos con eficiencia energética que impacte positivamente a la sociedad. Lo recomendado por el autor es utilizar este método de elementos finitos porque ayuda a la consolidación de las variables requeridas con un pequeño porcentaje de error del 3.31%.

También Flores 2021 en su trabajo titulado “Diseño del núcleo de un transformador trifásico de distribución para la reducción de pérdidas técnicas”, denota una confiabilidad en el software anys maxwell que nos da prototipos con bajo porcentaje de error, e indicar la fuente arrojando resultados identificando problemas reales concordando con las teóricas que nos permiten comprobar modelos libres de defectos y listos para ser analizados.

El autor Solórzano 2021 “Estudio del diseño en base a las especificaciones técnicas del fabricante en el funcionamiento de los transformadores de distribución en la central hidroeléctrica Santa Teresa, Cusco”, Demuestra que la eficiencia se alinean a parámetros que tienen que seguir un orden específico de cálculos, pero sin embargo no son cálculos aislados tienen total relación como producto integrado, es decir no

podemos hallar las pérdidas en el núcleo sin antes haber obtenido las dimensiones y los materiales con la que fue construido. Por esta razón se precisa un correcto proceso en el cálculo y diseño del transformador distribuidos de manera secuencial, establecer las comparaciones y sobre los resultados obtenidos elegir el más óptimo para la contribución de la institución y por consecuencia de los usuarios.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

Los autores dentro de este presente estudio tienen la responsabilidad de la información depositada dentro de este documento titulado “El Método de los Elementos Finitos y las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50kv, Bellavista 2022” cumpliendo con las normas establecidas por la Universidad Nacional del Callao

VII. CONCLUSIONES

Primera: Por medio del método de elemento finitos es posible la elaboración de un proyecto de núcleos para los transformadores con características múltiples, evaluando el nivel de potencia, los recursos empleados y establecer un proceso con el fin de anteponer las pérdidas en el núcleo, favoreciendo a evitar la ejecución de un ensayo vacío, para en su lugar generar muestras de núcleos. Frente a ello, se logró evidenciar que el valor del post test de la variable método de elementos finitos se tiene una media de 37,77, mientras que en el pre test una media de 14,41, evidenciando una diferencia de media en 23,367. Del mismo modo, en la variable pérdidas en el núcleo del transformador se presenta un post test de 16,61, mientras que en el pre test una media de 6,85, con una diferencia de 9,579. Asimismo, ambos resultados constan de una significancia de 0,00, demostrando que el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

Segunda: Por medio del empleo del estadístico de medio relacionados, en el valor del post test de la dimensión modelamiento del transformador tiene una media de 15,89, mientras que en el pre test una media de 6,33, evidenciando una diferencia de media en 9,557. Del mismo modo, en la variable pérdidas en el núcleo del transformador se presenta una media de 16,61, mientras que en el pre test una media de 6,85, con una diferencia de 9,579. Asimismo, ambos resultados constan de una significancia de 0,00, reflejando la relevancia y transición positiva en la mejora de ambas variables. Logrando percibir que el modelamiento del transformador permite contribuir eficazmente en el cálculo de

las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

Tercera: Se presentó como variables relevantes la condensación del área magnética, magnitud del área magnética, Por medio del empleo del estadístico de medio relacionados, cuantía vectorial del área magnética, la ecuación de difusión y la medida general del área magnética, las cuales son indispensables para el correcto cálculo de las pérdidas en el núcleo del transformador. Frente a ello, en el valor del post test de la dimensión variables en la etapa de diseño tiene una media de 21,89, mientras que en el pre test una media de 8,08, evidenciando una diferencia de media en 13,810. Del mismo modo, en la variable pérdidas en el núcleo del transformador se presenta una media de 16,61, mientras que en el pre test una media de 6,85, con una diferencia de 9,579. Asimismo, ambos resultados constan de una significancia de 0,00. Logrando percibir que las variables en la etapa de diseño deben tomarse en cuentas como factores relevantes para permitir el correcto cálculo de las pérdidas en el núcleo del transformador, a fin de conocer la totalidad de características y datos que se inmersa en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.

VIII. RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda el empleo de Ansys Maxwell, cuyo recurso resulta factible para la identificación y resolución de elementos finitos, dado a que presenta un rango superior de aplicaciones ubicados en el área de interacción de eléctrica y magnética, además por la simplificación de interacción con la herramienta que brinda una interfaz dinámica.

Segunda: Se sugiere que el empleo y análisis del método de elementos finitos sea fundamental para identificar problemas como las pérdidas en el núcleo del transformador, dado a que es caracterizado por ser uno de los sistemas de resolución con mayor extensión, capacidad y factibilidad ante la reparación de este tipo de problemas.

Tercera: Se recomienda establecer una mejora en los procesos de integración de los distintos elementos del sistema, tanto a nivel teórico como a nivel práctico, ya que contribuirá a tener mejores resultados y a alcanzar la eficiencia máxima de la energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aquino, Diego Adolfo y Zúñiga, Cristhian Oliver. 2018. *Diseño y construcción de un transformador monofásico de distribución 15kVA tipo tanque para el laboratorio de alta tensión de la UPS-GYE.* Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil : s.n., 2018.

Arias, José Luis. 2020. *Diseño y Metodología de la investigación.* 1. Arequipa : Enfoques Consulting EIRL, 2020. págs. 1-133. Vol. 1. 978-612-48444-2-3.

Bruzón, José Miguel, Hernández, Orestes y Ramos, Josnier. 2018. *Reducción de pérdidas del núcleo del transformador al reconfigurar la zona de entrehierros.* Ingeniería Energética. 2018.

Castro, Christian Rai. 2020. *Evaluación y análisis de pérdidas técnicas de energía en media tensión de alimentador CHN025 9na norte, Chimbote-2018.* Universidad San Pedro. 2020. Tesis de licenciatura.

Cevallos, Alicia Fabiola, y otros. 2017. *Método y técnicas de investigación.* Guayaquil : Grupo Compas, 2017. Vol. 1. 978-9942-33-264-6.

Chaverri, Diego. 2017. *Delimitación y justificación de problemas de investigación en ciencias sociales.* San José : s.n., 2017. págs. 1-10. 0482-5276.

Corral, Yadira. 2009. *Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos.* Revista Ciencias de la educación. Valencia : s.n., 2009. págs. 1-20.

Cuevas, Guillermo. 2019. *Modelo magnetodinámico lineal de un transformador monofásico usando el método del elemento finito en 3D.* Mexicali : UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, 2019.

Diario El Comercio. 2022. *Sector eléctrico pierde hasta el 80% de la energía producida para llegar a clientes finales.* 2022.

Empresas Públicas de Medellín ESP. 2019. *Guía Metodológica cálculo de pérdidas de energía.* Medellín : Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización y Laboratorios, 2019.

Erazo, J J y Arcos, H N. 2022. *Dimensionamiento de un Transformador tipo Zig-Zag para Puesta a Tierra en la Central de Generación Illuchi 1 de ELEPCO.* Energía. 2022. págs. 1-12. 2602-8492.

Fernández, Víctor Hugo. 2020. *Tipos de justificación en la investigación científica.* Revista Trimestral del Instituto Superior Universitario Espíritu Santo. Lima : s.n., 2020. págs. 1-12.

Flores Camayo, Jhosselin Madahi, Inderique Inga, Nando Ronaldo y Javier Meza, Carlos Elihu. 2021. *Diseño del núcleo de un transformador trifásico de distribución para la reducción de pérdidas técnicas.* Huancayo : Universidad Continental, 2021.

Gobierno del Ecuador. 2015. NOTICIASEI 12,3% de la energía eléctrica en Ecuador se pierde. 2015.

González, Oscar, Martínez, Gabriela y Graciano, Carlos. 2020. *Evaluación paramétrica de las principales variables geométricas en el diseño de un tren de aterrizaje para un avión no tripulado utilizando el método de los elementos finitos.* Revista UIS Ingenierías. 2020. págs. 1-13.

Guzmán, Sergio. 2020. *Análisis Electromagnético de un Transformador Trifásico Mediante el Método de los Elementos Finitos.* Sevilla : Universidad de Sevilla, 2020.

Hernandez, R., Fernandez Collado, R. y Baptista, Lucio. 2014. *Metodología de la Investigación.* Mexico : s.n., 2014.

Hu, Wei, y otros. 2021. *Mixed H_2/H_∞ Optimal Voltage Control Design for Smart Transformer Low-Voltage Inverter.* China : s.n., 2021.

Instituto Politécnico. s.f. *Unidad de: Transformadores.* s.f.

Játiva, Jesús, Maldonado, Jonathan y Mena, Vanessa. 2019. *Diseño y Construcción de un Transformador Trifásico para Control de Voltaje en el Laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia.* Revista Politécnica. 2019. págs. 1-13.

Lee , J J, y otros. 2019. *A mixed finite element method for nearly incompressible multiple network poroelasticity.* SIAM . 2019. págs. 1-26.

Li, Huiqi, Wang, Lin y Zhang, Junjie. 2020. *An improved Loss-separation method for transformer Core loss calculation and its experimental verification.* IEEE Access. 2020. págs. 1-8.

López, Pedro y Fachelli, Sandra. 2015. *Metodología de la investigación social cuantitativa.* [ed.] 1. Barcelona : Universitat Autònoma de Barcelona, 2015.

Lozano, Eliezer. 2019. Estudio numérico de la propagación de la luz en guías de ondas de cristal fotónico utilizando el método de la ecuación integral y el método de elementos finitos. 2019.

Maralunda, Katherine y Orrego, Milton Johany. 2017. *Análisis y desarrollo de transformadores de distribución con núcleo amorfo.* 2017. págs. 1-57.

Martínez, David. 2016. *Modelización del comportamiento magnetofluido-térmico de un transformador monofásico.* Santander : Universidad de Cantabria, 2016.

Meneses, Julio. 2016. *El cuestionario.* s.l. : Universitat Oberta de Catalunya, 2016.

Otzen, Tamara y Manterola, Carlos. 2017. *Técnicas de muestreo sobre una población a estudio.* 2017. págs. 1-6.

Peña, Emilio Antonio. 2016. *Implementación del programa de elementos finitos SafePy para análisis no lineal dinámico con factor de convergencia de carga.* Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2016. Tesis de maestría.

Peña, Sandra. 2017. *Análisis de datos.* Fundación Universitaria del Área Andina. 2017. Bogotá : Areandina, 2017. 978-958-5460-45-4.

PFC. s.f. *El método de los elementos finitos.* s.f. págs. 1-3.

Ramos, Josnier, Hernández, Nicolás y Bruzón, José Miguel. 2016. *Ensayos de pérdidas en vacío y con carga en transformadores mediante la adquisición de datos.* Ingeniería Energética. 2016.

Ríos, Roger Ricardo. 2017. *Metodología para la investigación y redacción.* Málaga : Servicios Académicos Intercontinentales S.L, 2017. págs. 1-152. 13: 978-84-17211-23-3.

Rodríguez, Miguel Ángel y Lavandero, José Carlos. s.f. *Máquinas eléctricas-G862.* s.f. págs. 1-26.

Rodríguez, Silvia. 2022. *Análisis de aislamiento en máquinas eléctricas con software de elementos finitos.* Universidad de Valladolid. 2022. Tesis de licenciatura.

Romero, Denice Jeanneth y Vargas, Andrés. 2010. Modelo de incentivos para la reducción de pérdidas de energía eléctrica en Colombia. *Rev. maestr. derecho econ. Bogotá (Colombia).* 2010.

Romero, Maylú Guadalupe, Ponomaryova, Iryna y Mource, Francisco Javier. 2019. *Generador eléctrico con bobinas superconductores.* Revista Nthe. 2019. págs. 1-10.

Romero, Pedro, Lázaro, Carlos y González, Julio. 2014. *Estadística Descriptiva e Inferencial.* 2014.

Sánchez, Rubén. 2015. *Cálculo de los parámetros eléctricos de un transformador por medio del método de los elementos finitos.* Cartagena : Universidad Politécnica de Cartagena, 2015.

Sanhueza, Raúl, Harnish, Ildefonso y Rojo, Sebastián. 2021. *Método de elementos finitos para el cálculo del campo electromagnético alrededor de una línea de transmisión eléctrica.* Ingeniare. Revista chilena de ingeniería. Chile : s.n., 2021.

Serrano Callergues , Guillermo. 2017. *Análisis y optimización de los núcleos de chapas magnéticas en transformadores de potencia mediante elementos finitos 3D.* Universidad Politécnica de Valencia. Valencia : s.n., 2017.

Shahnazari, Hoseein, Meshinchi, Mirsattar y Mehramuz, Mahmoud. 2021. *Modelado Numérico de Campos TEM Mediante el Método de Elementos Finitos Basados en Aristas Utilizando Elemento Tetraédrico para Bucles Rectangulares Centrales.* Nexo Revista Científica. 2021.

Sierra, Eduardo, Basulto, Alfredo y Planos, Juan Miguel. 2016. *Estimación temprana de la pérdida de vida útil de transformadores de distribución.* Energética. 2016. págs. 1-8.

Solórzano Moreno, Oliver Jesús. 2021. *Estudio del diseño en base a las especificaciones técnicas del fabricante en el funcionamiento de los transformadores de distribución en la Central Hidroeléctrica Santa Teresa, Cusco.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2021.

Tamayo, Mario. 2017. *El proceso de la investigación científica.* 4. Balderas : Limusa Noriega Editores, 2017. Vol. 4. 968-18-5872-7.

Trigos, Diego Dulio. 2018. *Análisis matricial de estructuras por el método de elementos finitos y su aplicación a túneles.* Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua : s.n., 2018. Tesis de licenciatura.

Ventura, José Luis. 2017. *¿Población o muestra? : Una diferencia necesaria.* 2017. págs. 1-3.

Villasís, Miguel Angel, y otros. 2018. *El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones.* Revista Alergia México. México : s.n., 2018.

Zambrano, Renán y Alvarez, Manuel. 2021. *Revisión Crítica sobre Tendencias en Transformadores Trifásicos de Potencia con Aislación en Gas.* 2021.

Zúñiga, Jorge Bruno. 2016. *Cálculo de pérdidas en el diseño del núcleo de un transformador de distribución aplicando el método de los elementos finitos.* Arequipa : Universidad Nacional San Agustín, 2016.

ANEXOS

Matriz de Consistencia

“EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y LAS PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 50KV, BELLAVISTA 2022”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
Dada la alta presencia de transformadores entre todos los niveles de tensión para el transporte de la energía eléctrica es necesario hacer un minucioso estudio sobre las pérdidas constantes que en ellos se producen debido al circuito magnético y realizar el diseño del transformador con técnicas matemáticas para su simulación	O.G. Analizar cómo el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.	H.G. El método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022	Variable Independiente: Método de elementos finitos Dimensiones e Indicadores: D1: Modelamiento del transformador I1: Longitud de solapamiento I2: Numero de laminas D2: Variables en la etapa de diseño I1: Características técnicas. I2: Condiciones de operación. I2: Condiciones de diseño.	Técnicas: Encuesta Instrumento: Cuestionario	Tipo y Diseño de la Investigación: Para el presente trabajo de investigación: Tipo de Investigación: Aplicada Diseño de la Investigación: Experimental Nivel de la Investigación: Explicativa
Problema General: P.G. ¿Cómo el método de los elementos finitos permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022? Problemas Específicos: P.E.1. ¿De qué manera el modelamiento del transformador permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022? P.E.2. ¿Cómo las variables en la etapa de diseño permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022?	Objetivos Específicos: O.E.1. Realizar el modelamiento del transformador para calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022. O.E.2. Definir cómo las variables en la etapa de diseño permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.	Hipótesis Específicas: H.E.1. El modelamiento del transformador permite calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022. H.E.2. Las variables en la etapa de diseño permiten calcular las pérdidas en el núcleo de un transformador de distribución de 50Kv, Bellavista 2022.	Variable dependiente: Pérdidas en el núcleo del transformador Dimensiones e Indicadores: D1: Ensayo en vacío I1: Perdida en vacío I2: Corriente en vacío		Población Y Muestra: Población: De lo expuesto por los autores, mi población es de tipo finita para el presente trabajo de investigación se identifica como el número total de 100 consultas online en el servicio de atención al cliente de la empresa Rennan S.A.C. en cada una, el pre-prueba de 30 días y luego una pos-prueba de 30 días más. Muestra: De lo expuesto por los autores, la muestra para el presente trabajo de investigación se estableció como las consultas en los periodos de pre-prueba y post-prueba referidas a la intención de compra de los clientes. Media Poblacional (n): $n = \frac{100 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2(100 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 79.509$ El tamaño de mi muestra será de 79 personas.

Instrumentos

CUESTIONARIO

Título: “EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y LAS PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 50KV, BELLAVISTA 2022”

La presente es una encuesta que tiene como propósito identificar la problemática de la eficiencia en las turbinas, por tal motivo agradecemos su colaboración y tiempo brindado para responder cada una de las siguientes preguntas del cuestionario.

Indicaciones:

La presente encuesta es de carácter confidencial, agradecemos responder objetiva y verazmente. Lea detenidamente cada pregunta y marque la opción que considere correspondiente según la siguiente leyenda:

Totalmente de acuerdo 5	De acuerdo 4	Ni de acuerdo ni en desacuerdo 3	En desacuerdo 2	Totalmente en desacuerdo 1
----------------------------	-----------------	-------------------------------------	--------------------	-------------------------------

PREGUNTAS	RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
1. Según la fem inducida en el transformador es el óptimo para la distribución energética.	x	x			
2. Al tener grandes impulsos de energía el transformador brinda la correcta protección frente a las variaciones de potencia.	x	x			
3. El campo magnético inducido por una fem está en concordancia con las láminas de hierro necesarias para el correcto funcionamiento del transformador	x	x			
4. Existe un correcto laminado en el núcleo la cual no hay pérdidas de energía.	x	x			
5. El espesor de las hojas de hierro son las indicadas para evitar las corrientes de Foucault.	x	x			
6. El transformador tiene 2 bobinas con las cantidades de vueltas precisas la cual contribuye a su correcta recepción de la tensión eléctrica.	x	x			

7. el transformador cumple fielmente con las ecuaciones de los elementos finitos de los datos reales de los teóricos.	x	x			
8. al considerar un intervalo de tiempo mayor en la fem se obtendrá un mejor rendimiento en el voltaje	x	x			
9. El área de la bobina es el adecuado según el campo magnético generado por el transformador	x	x			
10. el trabajo realizado por unidad de carga del campo eléctrico es eficiente.	x	x			
11. el diseño en el núcleo del transformador nos da energía con alto valor potencial para poder transportarla por los canales.	x	x			
12. El flujo magnético transportado hacia la bobina secundaria es correctamente distribuido en el núcleo del transformador.	x	x			
13. el transformador regula la tensión generando la correcta estabilidad del fluido eléctrico.	x	x			

Validación de instrumentos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y LAS PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 50KV,

BELLAVISTA 2022. Cuestionario: Método de elementos finitos

DIMENSIONES / ÍTEMS		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión: "Modelamiento del transformador"								
Longitud de solapamiento								
1	El área de la bobina es el adecuado según el campo magnético generado por el transformador.	X		X		X		
Numero de laminas								
2	Existe un correcto laminado en el núcleo la cual no hay perdidas de energía.	x		x		x		
3	El diseño en el núcleo del transformador nos da energía con alto valor potencial para poder transportarla por los canales.	X		X		X		
4	El campo magnético inducido por una fem está en concordancia con las láminas de hierro necesarias para el correcto funcionamiento del trasformador.	x		x		x		
Dimensión: "Variables en la etapa de diseño"								
Características técnicas.								
5	El espesor de las hojas de hierro son las indicadas para evitar las corrientes de Foucault.	X		X		X		
6	El flujo magnético transportado hacia la bobina secundaria es correctamente distribuido en el núcleo del transformador.	x		x		x		

Condiciones de operación							
7	Según la fem inducida en el transformador es el óptimo para la distribución energética.	x		x		x	
8	El trabajo realizado por unidad de carga del campo eléctrico es eficiente.	x		x		x	
Condiciones de diseño.							
9	El diseño en el núcleo del transformador nos da energía con alto valor potencial para poder transportarla por los canales.	x		x		x	
10	Al considerar un intervalo de tiempo mayor en la fem se obtendrá un mejor rendimiento en el voltaje	x		x		x	

Cuestionario: Pérdidas en el núcleo del transformador

DIMENSIONES / ÍTEMS		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión "Ensayo en vacío"								
Perdida en vacío								
1	El transformador cumple fielmente con las ecuaciones de los elementos finitos de los datos reales de los teóricos.	X		X		X		
2	Al tener grandes impulsos de energía el transformador brinda la correcta protección frente a las variaciones de potencia.	X		X		X		
Corriente en vacío								
3	El transformador tiene 2 bobinas con las cantidades de vueltas precisas la cual contribuye a su correcta recepción de la tensión eléctrica.	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de

aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador:

Salazar Llerena, Silvia Liliana

DNI: 10139161

Especialidad del validador: **Metodóloga**

28 de septiembre del 2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y
LAS PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 50KV,
BELLAVISTA 2022. Cuestionario: Método de elementos finitos**

DIMENSIONES / ÍTEMS		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión: "Modelamiento del transformador"								
Longitud de solapamiento								
1	El área de la bobina es el adecuado según el campo magnético generado por el transformador.	X		X		X		
Numero de laminas								
2	Existe un correcto laminado en el núcleo la cual no hay perdidas de energía.	x		x		x		
3	El diseño en el núcleo del transformador nos da energía con alto valor potencial para poder transportarla por los canales.	X		X		X		
4	El campo magnético inducido por una fem está en concordancia con las láminas de hierro necesarias para el correcto funcionamiento del trasformador.	x		x		x		
Dimensión: "Variables en la etapa de diseño"								
Características técnicas.								
5	El espesor de las hojas de hierro son las indicadas para evitar las corrientes de Foucault.	X		X		X		
6	El flujo magnético transportado hacia la bobina secundaria es correctamente distribuido en el núcleo del transformador.	x		x		x		
Condiciones de operación								

7	Según la fem inducida en el transformador es el óptimo para la distribución energética.	x		x		x		
8	El trabajo realizado por unidad de carga del campo eléctrico es eficiente.	x		x		x		
Condiciones de diseño.								
9	El diseño en el núcleo del transformador nos da energía con alto valor potencial para poder transportarla por los canales.	x		x		x		
10	Al considerar un intervalo de tiempo mayor en la fem se obtendrá un mejor rendimiento en el voltaje	x		x		x		

Cuestionario: Pérdidas en el núcleo del transformador

DIMENSIONES / ÍTEMS		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión "Ensayo en vacío"								
Perdida en vacío								
1	El transformador cumple fielmente con las ecuaciones de los elementos finitos de los datos reales de los teóricos.	X		X		X		
2	Al tener grandes impulsos de energía el transformador brinda la correcta protección frente a las variaciones de potencia.	X		X		X		
Corriente en vacío								
3	El transformador tiene 2 bobinas con las cantidades de vueltas precisas la cual contribuye a su correcta recepción de la tensión eléctrica.	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: **Escudero Vilchez, Fernando Emilio DNI: 03695876**

Especialidad del validador: **Metodólogo**

28 de septiembre del 2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS Y
LAS PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN DE 50KV,
BELLAVISTA 2022. Cuestionario: Método de elementos finitos**

DIMENSIONES / ÍTEMS		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión: "Modelamiento del transformador"								
Longitud de solapamiento								
1	El área de la bobina es el adecuado según el campo magnético generado por el transformador.	X		X		X		
Numero de laminas								
2	Existe un correcto laminado en el núcleo la cual no hay perdidas de energía.	x		x		x		
3	El diseño en el núcleo del transformador nos da energía con alto valor potencial para poder transportarla por los canales.	X		X		X		
4	El campo magnético inducido por una fem está en concordancia con las láminas de hierro necesarias para el correcto funcionamiento del trasformador.	x		x		x		
Dimensión: "Variables en la etapa de diseño"								
Características técnicas.								
5	El espesor de las hojas de hierro son las indicadas para evitar las corrientes de Foucault.	X		X		X		
6	El flujo magnético transportado hacia la bobina secundaria es correctamente distribuido en el núcleo del transformador.	x		x		x		
Condiciones de operación								

7	Según la fem inducida en el transformador es el óptimo para la distribución energética.	x		x		x		
8	El trabajo realizado por unidad de carga del campo eléctrico es eficiente.	x		x		x		
Condiciones de diseño.								
9	El diseño en el núcleo del transformador nos da energía con alto valor potencial para poder transportarla por los canales.	x		x		x		
10	Al considerar un intervalo de tiempo mayor en la fem se obtendrá un mejor rendimiento en el voltaje	x		x		x		

Cuestionario: Pérdidas en el núcleo del transformador

DIMENSIONES / ÍTEMS		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión “Ensayo en vacío”								
Perdida en vacío								
1	El transformador cumple fielmente con las ecuaciones de los elementos finitos de los datos reales de los teóricos.	X		X		X		
2	Al tener grandes impulsos de energía el transformador brinda la correcta protección frente a las variaciones de potencia.	X		X		X		
Corriente en vacío								
3	El transformador tiene 2 bobinas con las cantidades de vueltas precisas la cual contribuye a su correcta recepción de la tensión eléctrica.	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: **Rubiños Jiménez, Santiago Linder DNI: 43324583**

Especialidad del validador: Ingeniero Electricista

28 de septiembre del 2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Base de datos

Método de elementos finitos -PRE TEST									
	Modelamiento del transformador				Variables en la etapa de diseño				
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
E1	2	2	3	2	3	3	2	2	3
E2	2	2	3	2	2	3	2	2	3
E3	2	2	2	2	2	3	2	2	2
E4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
E5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E6	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E7	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E8	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E9	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E10	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E11	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E12	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E13	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E14	3	3	3	2	3	3	3	3	3
E15	2	2	3	2	3	3	2	2	3
E16	2	2	3	2	3	3	2	2	3
E17	2	2	3	2	2	3	2	2	3
E18	2	2	2	2	2	3	2	2	2
E19	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E20	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E21	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E22	2	2	2	2	2	2	2	2	2
E23	2	2	2	2	2	2	2	2	2
E24	2	2	2	2	2	2	2	2	2
E25	2	2	2	2	2	2	2	2	2
E26	2	2	1	2	2	2	2	2	1
E27	2	1	1	2	2	2	1	1	1
E28	2	1	1	2	2	2	1	1	1
E29	2	1	1	2	2	2	1	1	1
E30	2	1	1	1	2	2	1	1	1
E31	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E32	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E33	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E34	1	1	1	1	1	1	1	1	1

E35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E56	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E68	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E71	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E73	2	2	3	2	2	3	2	2	3	
E74	2	2	2	2	2	3	2	2	2	
E75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
E76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
E77	2	2	3	2	2	3	2	2	3	
E78	2	2	2	2	2	3	2	2	2	
E79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Pérdidas en el núcleo del transformador - PRE TEST				
Ensayo en vacío				
	P10	P11	P12	P13
E1	3	3	3	3
E2	3	3	3	3
E3	3	3	3	3
E4	3	3	3	3
E5	3	3	3	3
E6	3	3	3	3
E7	3	3	3	3
E8	3	3	3	3
E9	3	3	3	3
E10	3	3	3	3
E11	3	3	3	3
E12	3	3	3	3
E13	3	3	3	3
E14	3	3	3	3
E15	3	3	2	3
E16	3	3	2	2
E17	2	3	2	2
E18	2	3	2	2
E19	2	2	2	2
E20	2	2	2	2
E21	2	2	2	2
E22	2	2	2	2
E23	2	2	2	2
E24	2	2	2	2
E25	2	2	2	2
E26	2	2	2	2
E27	2	2	1	2
E28	2	2	1	1
E29	2	2	1	1
E30	2	2	1	1
E31	1	1	1	1
E32	1	1	1	1
E33	1	1	1	1
E34	3	3	3	3
E35	3	3	3	3
E36	3	3	3	3

E37	3	3	3	3
E38	3	3	3	3
E39	1	1	1	1
E40	1	1	1	1
E41	1	1	1	1
E42	1	1	1	1
E43	1	1	1	1
E44	1	1	1	1
E45	1	1	1	1
E46	1	1	1	1
E47	1	1	1	1
E48	1	1	1	1
E49	1	1	1	1
E50	1	1	1	1
E51	1	1	1	1
E52	1	1	1	1
E53	1	1	1	1
E54	1	1	1	1
E55	1	1	1	1
E56	1	1	1	1
E57	1	1	1	1
E58	1	1	1	1
E59	1	1	1	1
E60	1	1	1	1
E61	1	1	1	1
E62	1	1	1	1
E63	1	1	1	1
E64	1	1	1	1
E65	1	1	1	1
E66	1	1	1	1
E67	1	1	1	1
E68	1	1	1	1
E69	1	1	1	1
E70	1	1	1	1
E71	1	1	1	1
E72	1	1	1	1
E73	1	1	1	1
E74	1	1	1	1
E75	1	1	1	1
E76	1	1	1	1
E77	2	2	3	2
E78	2	2	2	2
E79	1	1	1	1

Método de elementos finitos -POST TEST									
Modelamiento del transformador					Variables en la etapa de diseño				
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
E1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E7	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E9	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E11	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E12	5	5	5	4	5	5	5	5	5
E13	4	5	5	4	5	5	5	5	5
E14	4	5	5	4	5	5	4	5	5
E15	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E16	5	5	5	4	5	5	5	5	5
E17	4	5	5	4	5	5	5	5	5
E18	4	5	5	4	5	5	4	5	5
E19	4	5	5	4	5	5	4	5	5
E20	4	4	5	4	5	5	4	5	5
E21	4	4	5	4	5	5	4	5	5
E22	4	4	4	4	5	5	4	5	4
E23	4	4	4	4	5	5	4	5	4
E24	4	4	4	4	4	5	4	4	4
E25	4	4	4	4	4	5	4	4	4
E26	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E27	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E28	3	3	3	3	4	4	3	4	3
E29	3	3	3	3	4	4	3	3	3
E30	3	3	3	3	3	4	3	3	3
E31	3	3	3	3	3	4	3	3	3
E32	3	3	3	3	3	4	3	3	3
E33	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E34	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E35	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E36	3	3	3	3	5	5	5	5	5

E37	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E38	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E39	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E40	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E41	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E42	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E43	3	3	3	3	4	4	3	3	3
E44	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E45	3	3	3	3	3	4	3	3	3
E46	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E47	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E48	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E49	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E50	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E51	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E52	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E53	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E54	3	3	3	3	5	5	5	5	5
E55	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E56	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E57	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E58	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E59	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E60	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E61	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E62	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E63	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E64	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E65	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E66	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E67	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E68	4	5	5	4	5	5	5	5	5
E69	4	5	5	4	5	5	4	5	5
E70	3	4	5	4	5	5	4	5	5
E71	3	4	3	3	3	5	3	3	5
E72	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E73	4	4	4	4	5	5	4	5	4
E74	4	4	4	4	4	5	4	4	4
E75	4	4	4	4	4	5	4	4	4
E76	4	4	4	4	5	5	4	5	4
E77	4	4	4	4	5	5	4	5	4
E78	4	4	4	4	4	5	4	4	4
E79	4	4	4	4	4	5	4	4	4

Pérdidas en el núcleo del transformador - -POST TEST				
Ensayo en vacío				
	P10	P11	P12	P13
E1	5	5	5	5
E2	5	5	5	5
E3	5	5	5	5
E4	5	5	5	5
E5	5	5	5	5
E6	5	5	5	5
E7	5	5	5	5
E8	5	5	5	5
E9	5	5	5	5
E10	5	5	5	5
E11	5	5	5	5
E12	5	5	5	5
E13	5	5	4	5
E14	4	5	4	5
E15	4	5	4	5
E16	4	5	4	5
E17	4	5	4	5
E18	4	4	4	5
E19	4	4	4	4
E20	4	4	4	4
E21	4	4	4	4
E22	4	4	4	4
E23	4	4	4	4
E24	4	4	4	4
E25	4	4	4	4
E26	4	4	4	4
E27	4	4	4	4
E28	4	4	4	4
E29	4	4	4	4
E30	4	4	3	4
E31	4	4	3	4
E32	5	5	5	5
E33	5	5	5	5
E34	5	5	5	5
E35	5	5	5	5
E36	5	5	5	5

E37	5	5	5	5
E38	5	5	5	5
E39	5	5	5	5
E40	5	5	5	5
E41	5	5	5	5
E42	5	5	5	5
E43	5	5	5	5
E44	5	5	4	5
E45	4	5	4	5
E46	4	5	4	5
E47	4	5	4	5
E48	4	5	4	5
E49	4	4	4	5
E50	4	4	4	4
E51	4	4	4	4
E52	4	4	4	4
E53	4	4	4	4
E54	4	4	4	4
E55	4	4	4	4
E56	4	4	4	4
E57	4	4	4	4
E58	4	4	4	4
E59	4	4	4	4
E60	4	4	4	4
E61	4	4	3	4
E62	4	4	3	4
E63	3	3	3	3
E64	3	3	3	3
E65	3	3	3	3
E66	3	3	3	3
E67	3	3	3	3
E68	3	3	3	3
E69	3	3	3	3
E70	3	3	3	3
E71	3	3	3	3
E72	3	3	3	3
E73	3	3	3	3
E74	3	3	3	3
E75	3	3	3	3
E76	3	3	3	3
E77	3	3	3	3
E78	3	3	3	3
E79	3	3	3	3

Prueba de fiabilidad

Tabla 21:

Prueba de fiabilidad de la variable Método de elementos finitos.

	Alfa de Cronbach	N de elementos
Método de elementos finitos PRE TEST	0,992	9
Método de elementos finitos POST TEST	0,990	9

Por medio del alfa de Cronbach, se evidenció que la variable Método de elementos finitos en el PRE TEST y POST TEST poseen valores representativos superiores a 0,990, por lo que resulta confiable.

Tabla 22:

Prueba de fiabilidad de la variable Pérdidas en el núcleo del transformador.

	Alfa de Cronbach	N de elementos
Pérdidas en el núcleo del transformador PRE TEST	0,989	4
Pérdidas en el núcleo del transformador POST TEST	0,977	4

Por medio del alfa de Cronbach, se evidenció que la variable Pérdidas en el núcleo del transformador en el PRE TEST y POST TEST poseen valores representativos superiores a 0,990, por lo que resulta confiable.

Prueba de normalidad

Tabla 23:

Pruebas de normalidad de la variable Método de elementos finitos

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
Método de elementos finitos - PRE TEST	0.348	79	0.000
Pérdidas en el núcleo del transformador - PRE TEST	0.331	79	0.000

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov en la variable Método de elementos finitos, donde el valor del pre test y post test poseen un valor de 0.00, por ello se considera que tiene una distribución de valores no normal.

Tabla 24:

Pruebas de normalidad de la variable Pérdidas en el núcleo del transformador

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
Método de elementos finitos - POST TEST	0.189	79	0.000
Pérdidas en el núcleo del transformador - POST TEST	0.178	79	0.000

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov en la variable pérdidas en el núcleo del transformador, donde el valor del pre test y post test poseen un valor de 0.00, por ello se considera que tiene una distribución de valores no normal.