

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

**Plan de mantenimiento eléctrico predictivo, preventivo y correctivo  
para el cuarto de transformación de la Facultad de Educación  
Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de  
Guayaquil.**

**AUTOR:**

**Aguilera Flores, María Fernanda**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de**

**INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TUTOR:**

**Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, Ph.D.**

**Guayaquil, Ecuador**

**1 de septiembre del 2025.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Aguilera Flores, María Fernanda**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**.

TUTOR

f. 

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D

Guayaquil, a los 01 del mes de septiembre del año 2025





UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Aguilera Flores, María Fernanda**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Plan de mantenimiento eléctrico predictivo, preventivo y correctivo para el cuarto de transformación de la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 01 del mes de septiembre del año 2025**

**LA AUTORA**

f. \_\_\_\_\_

*María Aguilera*

**Aguilera Flores, María Fernanda**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

Se revisó el Trabajo de Titulación, **PLAN DE MANTENIMIENTO ELECTRICO PREVENTIVO, PREDICTIVO Y CORRECTIVO para el Cuarto de Transformación de la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** presentado por la estudiante AGUILERA FLORES, MARÍA FERNANDA, de la carrera de Ingeniería en Electricidad, donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de 3% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección. de la Carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA, donde obtuvo del programa COMPILATOR, el valor de 3% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta Dirección.

f.

Ing. Bohórquez Ezequiel, Celso Bayardo, Ph.D.  
Revisor - COMPILATOR

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor dedico este trabajo a mi Padre Celestial, quien me dio guía, fortaleza y sabiduría en cada una de las decisiones que he tomado, a mi madre Silvia Narcisa Flores Pérez por nunca dudar de mí, por cada uno de sus consejos y por darme su apoyo incondicional en todo momento, a mi padre Segundo Washington Aguilera Zúñiga que me enseñó que todo logro requiere esfuerzo y dedicación y que jamás debo rendirme ante las dificultades, a mi hermano Efrén Salomón Aguilera Flores por ser mi compañía, por mostrarme su infinito amor y por recordarme que yo soy capaz de lograr todo lo que me proponga.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a que este proyecto se haga realidad.

**El AUTOR**

Aguilera Flores, María Fernanda.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a mi Padre celestial, por darme la oportunidad de culminar esta etapa tan importante en mi vida, por acompañarme y guiarme cuando más lo necesitaba y por demostrarme que yo soy capaz de alcanzar todas mis metas. A mis padres por ser un pilar fundamental en mi formación académica y personal, por enseñarme a nunca rendirme, a confiar en mí y por siempre darme su apoyo incondicional en todo momento, gracias mamá y papá por acompañarme en este proceso, este logro siempre será de ustedes, porque detrás de cada meta que doy está su amor, paciencia y la fortaleza.

A mi hermano, por acompañarme en este proceso, porque siempre me recordaste que yo soy capaz de lograr lo que me proponga. Tu confianza en mí ha sido una motivación invaluable en este camino. Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a que este proyecto se haga realidad.

El AUTOR

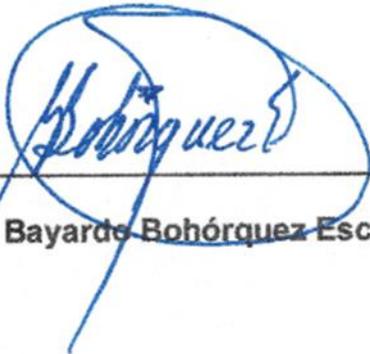
Aguilera Flores, María Fernanda.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. 

**Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D**

**DIRECTOR DE CARRERA**

f. 

**MSc. UBILLA GONZALEZ RICARDO XAVIER**

**Ing. Ubilla González, Ricardo Xavier, M.Sc.**

**COORDINADOR DEL ÁREA**

f. 

**Ing. Bonilla Sánchez, Ronnie Alexander, MGs.**

**OPONENTE**

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción .....	2
1.2. Antecedentes .....	3
1.3. Definición del problema .....	3
1.4. Justificación del problema .....	4
1.5. Objetivos del problema de investigación .....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos .....	5
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1 Antecedentes de la investigación. ....	7
2.2 Sistemas eléctricos. ....	7
2.2.1 etapas del suministro de energía eléctrica. ....	8
2.2.1.1 Generación .....	8
2.2.1.2 Transporte de energía .....	10
2.2.1.3 Distribución .....	11
2.2.1.4 Elementos que conforman los sistemas de distribución.....	12
2.3 Transformador de distribución .....	16
2.3.1 Principio de funcionamiento de los transformadores eléctricos.....	16
2.3.1 Fundamentos electromagnéticos. ....	16
2.4 Clasificación de los transformadores eléctricos. ....	17
2.4.1 Clasificación según su acometida. ....	17
2.4.1.1 Transformador monofásico .....	17
2.4.1.2 Transformador monofásico tipo pedestal (Pad Mounted). ....	17
2.4.1.3 Transformador monofásico tipo poste. ....	18
2.4.1.4 Transformadores trifásicos. ....	19

2.4.1.5	Transformador trifásico convencional. ....	19
2.4.1.6	Transformador trifásico tipo pedestal (pad mounted). ....	20
2.4.2	Clasificación conforme a su refrigeración y aislamiento. ....	20
2.4.2.1	Transformador tipo seco. ....	21
2.4.2.2	Transformador sumergido en aceite. ....	21
2.4.3	Clasificación de acuerdo a su aplicación. ....	21
2.4.3.1	Transformadores de potencia. ....	21
2.4.3.2	transformadores de distribución.....	22
2.4.4	Clasificación según su tipo de medición. ....	22
2.4.4.1	Transformadores de corriente. ....	22
2.4.4.2	Transformadores de tensión o potencial. ....	23
2.4.4.3	Transformadores capacitivos. ....	23
2.5	Partes fundamentales de los transformadores eléctricos. ....	24
2.5.1	núcleo magnético. ....	24
2.5.2	Devanados. ....	25
2.5.3	Boquillas terminales. ....	25
2.5.4	Tanque o cubierta.....	26
2.5.5	Medio refrigerante.....	26
2.5.6	Taps.....	27
2.5.7	Relé Buchholz.....	27
2.6	Conexiones de los transformadores. ....	28
2.6.1	Paralelo.....	28
2.6.2	Conexiones trifásicas. ....	28
2.6.2.1	Conexión Delta- Delta. ....	29
2.6.2.2	Estrella – Delta. ....	29
2.6.2.3	Delta – Estrella. ....	30
2.6.2.4	Estrella – Estrella. ....	30
2.6.3	Conexiones de emergencia .....	31

2.6.3.1	Conexión Delta – Abierto .....	31
2.6.3.2	Estrella – abierto. ....	32
2.7	Sistema de aislamiento del transformador. ....	32
2.7.1	Materiales dieléctricos internos.....	33
2.7.1.1	Aceite dieléctrico del transformador. ....	33
2.7.1.2	Papel Kraft y cartón prensado.....	33
2.8	Fallas comunes en los transformadores por ausencia de plan de mantenimiento.....	34
2.8.1	sobrecarga. ....	35
2.8.2	Sobretensiones.....	35
2.8.3	Cortocircuitos. ....	35
2.8.4	Problemas internos.....	36
2.8.5	Manipulación inadecuada.....	36
2.9	Importancia del mantenimiento en transformadores. ....	36
2.91	Tipos de mantenimientos .....	37
2.9.1.1	Mantenimiento preventivo. ....	37
2.9.1.2	Mantenimiento predictivo .....	39
2.9.1.3	Mantenimiento correctivo. ....	41
2.9.1.4	Comparación entre tipos de mantenimientos. ....	42
 <b>CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CUARTO DE TRANSFORMACIÓN DE LA FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO.. 44</b>		
3.1	Ubicación.....	44
3.2	Diagnostico térmico. ....	44
3.2.1	Valores de temperaturas de banco de transformadores. ....	46
3.3	Diagnostico eléctrico.....	49
3.4	Diagnóstico del estado físico del transformador. ....	51
3.5	Diagrama de bloque.....	52
	.....	52

<b>CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>53</b>
4.1 Antecedentes. ....	53
4.2 Aspectos generales del banco de transformación. ....	53
4.2.1 Descripción banco de transformación. ....	53
4.2.1.1 Aspectos térmicos de banco de transformación.....	54
4.2.1.2 Aspectos eléctricos de banco de transformación. ....	55
4.2.1.3 Aspectos mecánicos de banco de transformación.....	55
4.2.2 Aspectos generales de tablero de distribución principal.....	56
4.2.2.1 Descripción de tablero de distribución principal. ....	56
4.2.2.2 Aspectos térmicos del tablero de distribución principal.....	56
4.2.2.3 Aspectos eléctricos del tablero de distribución principal. ....	57
4.2.2.4 Aspectos mecánicos del tablero de distribución principal.....	58
4.3 Cuarto de transformación.....	58
4.4 Propuesta.....	59
4.5 personal técnico .....	59
4.6 Equipos para mantenimiento .....	60
4.6.1 Equipos de medición.....	60
4.6.2 Herramientas de limpieza. ....	61
4.6.3 Equipos de seguridad .....	61
4.7 Etapas de pruebas.....	62
4.8 Diagrama de Gantt. ....	63
<b>CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PREDICTIVO Y CORRECTIVO A CUARTO DE TRANSFORMACIÓN. ....</b>	<b>65</b>
5.2 Conclusiones.....	67
5.3 Recomendaciones.....	68
Bibliografía .....	69
Anexos .....	74

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Sistema Eléctrico .....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2. Generación de la energía eléctrica. ....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 3 Transporte de la energía eléctrica. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 4. Distribución de la energía eléctrica.....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 5. Líneas de subtransmisión y de distribución.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 6. Transformador de distribución. ....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 7. Redes primarias y secundarias.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 8 Acometidas y medidores.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 9 Equipos de protección y maniobra.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 10. Transformador monofásico.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 11 Transformador monofásico tipo pedestal .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 12. Transformador monofásico tipo poste. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 13. Transformador trifásico. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 14. Transformador trifásico convencional.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 15. Transformador trifásico tipo pedestal. ....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 16. Transformador tipo seco .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 17. Transformador sumergido en aceite .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 18. Transformador de potencia.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 19. Transformadores de distribución. ....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 20. Transformadores de corriente. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 21. Transformadores de tensión o potencial.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 22 . Transformadores capacitivos.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 23 Núcleo magnético .....</b>	<b>25</b>

<b>Figura 24. Devanados. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 25. Boquillas terminales. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 26. Tanque o cubierta ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 27. Medio refrigerante.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 28. Taps ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 29. Relé buchholz ....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 30. Conexión en paralelo.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 31. Conexión Delta- Delta. ....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 32. Estrella-Delta ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 33 Conexión Delta-Estrella ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 34 Conexión Estrella-Estrella. ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 35. Conexión de emergencia. ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 36 Conexión de emergencia ....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 37 Aceite dieléctrico ....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 38. Papel Kraft.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 39 Mantenimiento preventivo.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 40 Mantenimiento predictivo.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 41 Mantenimiento correctivo.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 42 Imagen satelital.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 43 Imagen de mapa.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 44 Tablero de distribución principal.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 45 Banco de transformadores.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 46 Diagrama de bloque ....</b>	<b>52</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tabla comparativa. ....	<b>43</b>
<b>Tabla 2.</b> Rango de temperaturas del transformador. ....	<b>45</b>
<b>Tabla 3</b> Resultados obtenidos en transformador TR-1.....	<b>46</b>
<b>Tabla 4</b> Resultados obtenidos en transformador TR-2 .....	<b>47</b>
<b>Tabla 5</b> Resultados obtenidos en transformador TR-3.....	<b>48</b>
<b>Tabla 6</b> Lectura de corriente de tablero de distribución principal.....	<b>50</b>
<b>Tabla 7</b> Lectura de voltajes de tablero de distribución principal.....	<b>50</b>
<b>Tabla 8.</b> Diagrama de Gantt - Plan de mantenimiento eléctrico. ....	<b>63</b>
<b>Tabla 9</b> Presupuesto referencial de mantenimiento de transformadores (3x100 KVA).....	<b>65</b>
<b>Tabla 10</b> Presupuesto referencial de mantenimiento a tablero de distribución principal. ....	<b>66</b>

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación tiene como propósito elaborar un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Este plan se enfoca en el análisis del estado actual del cuarto de transformación para posteriormente elaborar un plan de mantenimiento eléctrico que permita mantener la continua operatividad del sistema eléctrico, garantizar la seguridad del personal y de las instalaciones de la facultad y cumplir con cada una de las normativas técnicas y de seguridad vigentes.

Este análisis permitió identificar cuáles son las fallas y deficiencias dentro del cuarto de transformación y en los elementos que lo componen como los transformadores y tablero de distribución principal, lo que ayudo a determinar cuáles son las actividades que se deben de realizar en el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Como resultado, se realizó un plan de mantenimiento eléctrico, donde se establece la regularidad de actividades a ejecutar, con el propósito de reducir fallas y riesgos, prolongar la vida útil de los equipos y asegurar el cumplimiento de las normativas vigentes.

Palabras clave: Mantenimiento eléctrico, transformadores, plan de mantenimiento, seguridad eléctrica, confiabilidad.

## ABSTRACT

The purpose of this degree work is to develop a preventive, predictive and corrective maintenance plan for the transformation room of the faculty of technical education for the development of the Catholic University of Santiago de Guayaquil. This plan focuses on the analysis of the current state of the transformation room to subsequently develop an electrical maintenance plan that allows to maintain the continuous operation of the electrical system, guarantee the safety of the staff and facilities of the faculty and comply with each of the current technical and safety regulations.

This analysis allowed to identify what are the failures and deficiencies within the transformation room and in the elements that compose it such as the transformers and main distribution board, which helped to determine what are the activities that should be carried out in predictive, preventive and corrective maintenance. As a result, an electrical maintenance plan was carried out, where the regularity of activities to be executed is established, with the purpose of reducing failures and risks, prolonging the useful life of the equipment and ensuring compliance with current regulations.

**Keywords:** Electrical maintenance, transformers, maintenance plan, electrical safety, reliability.

# **Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación**

## **1.1. Introducción**

Es primordial que los componentes de un sistema eléctrico, como lo son los transformadores operen eficazmente, ya que son los encargados de distribuir la energía eléctrica, para el correcto desarrollo de las actividades que se desempeñan en la facultad de educación técnica para el desarrollo de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Considerando la importancia que cumplen estos equipos dentro de la facultad, es necesario contar con una planificación de un correcto mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, ya que si no se dispone de un plan de mantenimiento podría generar ciertas afectaciones en dichos equipos como lo son: sobrecalentamientos, cortocircuitos, fallas en los transformadores y cortes inesperados en el suministro de energía, lo cual afectaría directamente a las actividades que se desarrollan en la facultad, incluso esto podría perjudicar la seguridad de las personas y originar gastos elevados en reparaciones o reemplazos de los componentes eléctricos.

Este trabajo de titulación tiene como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, diseñado para el cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El objetivo es prolongar la vida útil de estos equipos y garantizar la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico, por medio de un análisis técnico detallado, se ejecutarán procedimientos que ayudaran a mejorar el estado del cuarto de transformación, gracias a esto podremos evitar posibles fallas y ejecutar acciones pertinentes para mantener la continuidad y seguridad del servicio eléctrico.

## **1.2. Antecedentes**

Los cuartos de transformación poseen componentes esenciales en el sistema eléctrico como los transformadores de distribución, debido a que ajustan los niveles de voltaje de las redes de transmisión para su uso en diversos entornos. En universidades, como es el caso de la universidad católica De Santiago de Guayaquil donde se propone implementar un plan de mantenimiento eléctrico, ya que el banco de transformadores que posee el cuarto de transformación de la facultad, es esencial en el suministro eléctrico de aulas, oficinas administrativas, laboratorios y demás instalaciones.

Estudios internacionales han resaltado la importancia de implementar un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo a los cuartos de transformación, para de esta manera poder llevar un control de los parámetros eléctricos, poder extender el tiempo de vida útil de los equipos, mejorar su desempeño y prevenir fallas.

En Ecuador, hay pocos estudios sobre el mantenimiento integral de transformadores en universidades, resaltando la necesidad de propuestas locales. El objeto de estudio es la UCSG, solo se realizan mantenimientos preventivos limitados, lo que incrementa riesgos de fallas. Por lo tanto, se requiere un plan de mantenimiento integral que incluya actividades preventivas, predictivas y correctivas para asegurar la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico.

## **1.3. Definición del problema**

Los transformadores de distribución son elementos cruciales dentro de los sistemas eléctricos, dado que permiten modificar los niveles de voltaje en el suministro eléctrico. En la actualidad, el banco de transformadores de distribución instalados en la facultad técnica para el desarrollo, cumple un rol muy importante en el suministro de energía eléctrica para laboratorios, aulas, oficinas administrativas y demás

instalaciones. Pero, se ha detectado la falta de un plan de mantenimiento donde se incluya actividades predictivas, preventivas y correctivas.

La falta de mantenimiento eléctrico aumenta el riesgo de fallas imprevistas, sobrecalentamientos, interrupciones en el suministro eléctrico, lo cual podría afectar el desarrollo de las actividades académicas y administrativas dentro de la facultad, debido a la falta de un plan. Actualmente, hemos observado dentro del cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo, la necesidad de fortalecer la gestión del mantenimiento eléctrico, mediante actividades preventivas, predictivas y correctivas, debido a la falta de un plan de mantenimiento eléctrico formalizado, estructurado y adaptado a las condiciones actuales del cuarto de transformación puede dificultar la detección temprana de posibles fallas, limitar la eficiencia operativa y aumentar el riesgo de interrupciones en el suministro eléctrico.

Por lo tanto, la falta de un plan de mantenimiento representa un problema real que debe ser contemplado para de esta manera mejorar la confiabilidad, eficiencia y seguridad del sistema eléctrico de la facultad técnica para el desarrollo.

#### **1.4. Justificación del problema**

El funcionamiento eficaz de los transformadores de distribución es esencial para asegurar la continuidad del suministro eléctrico de la universidad católica de Santiago de guayaquil, debido a que estos equipos son los encargados de distribuir la energía eléctrica a instalaciones claves como laboratorios, aulas, oficinas y espacios administrativos. Si se presenta una falla o interrupción en este equipo, no solo puede generar pérdidas económicas, sino también puede afectar el desarrollo de las actividades académicas dentro de la facultad.

Aunque cumple un papel esencial, dentro de la facultad no se implementa un plan de mantenimiento que contemple actividades predictivas, preventivas y

correctivas que son necesarias para alargar la vida útil de los transformadores y evitar fallas. La ausencia de estas actividades, como lo son el análisis del aceite dieléctrico, termografías e inspecciones técnicas, dificulta la detección de posibles fallas internas en los equipos, lo que incrementa el riesgo de daños y de interrupciones en el servicio eléctrico. Este trabajo de tesis tiene como objetivo emplear aquellos conocimientos adquiridos dentro de la carrera de ingeniería eléctrica para diseñar e implementar un plan de mantenimiento en el cuarto de transformación de la facultad técnica, el cual ayudara a prevenir fallas eléctricas, reducir costos operativos a largo plazo y fortalecer la seguridad de las personas e instalaciones eléctricas. Este trabajo no solo beneficiará a la facultad, sino que también servirá como experiencia práctica y formativa, al ser ejecutado por el propio estudiante como parte del proceso de titulación. A futuro, el plan podrá ser utilizado por el personal técnico de la universidad como una herramienta de referencia para mantener en buen estado las instalaciones eléctricas.

## **1.5. Objetivos del problema de investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Diseñar un plan de mantenimiento eléctrico predictivo, preventivo y correctivo para el cuarto de transformación de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, con el fin de mejorar la confiabilidad, seguridad y la continuidad del sistema eléctrico.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar el estado actual de los transformadores y equipos eléctricos que se encuentran dentro del cuarto de transformación mediante inspecciones técnicas.

- Diseñar un plan de mantenimiento que incluya actividades predictivas, preventivas y correctivas según las necesidades que presenten los equipos eléctricos.
- Elaborar un presupuesto referencial para la ejecución del plan de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo del cuarto de transformación.

#### **1.6. Metodología de la investigación.**

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, con el propósito de evaluar el estado y las condiciones en las que se encuentra el cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo, el análisis incluye todos los equipos eléctricos del cuarto, mientras que la muestra se enfoca en el banco de transformadores y tablero de distribución principal. Para poder obtener información, se tomaron mediciones de los parámetros eléctricos y temperatura y se realizaron inspecciones técnicas, donde se identificó que algunos componentes eléctricos se encuentran desgastados, con suciedad, puntos calientes y conexiones deficientes.

Los datos obtenidos fueron organizados en tablas, donde se visualiza un análisis más detallado del estado del banco de transformadores y tablero de distribución principal. Este análisis facilitó la identificación y la elaboración de recomendaciones de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, las cuales garantizan la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico.

## **Capítulo 2: Marco Teórico.**

### **2.1 Antecedentes de la investigación.**

El presente capítulo abarca conceptos básicos necesarios para entender aquellos principios fundamentales que están asociados al funcionamiento de los transformadores eléctricos y la importancia de priorizar un mantenimiento adecuado, dado que los transformadores son componentes eléctricos cruciales que permiten la transmisión y distribución de energía eléctrica, usualmente aumentan y disminuyen valores de voltaje y amperaje, es importante conocer su diseño, como operan y reconocer que tipo de afectaciones podría generar si no se les brinda el cuidado necesario. Asimismo, se detallarán los diferentes tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo y correctivo con el objetivo de mejorar la eficacia de los aspectos operativos del sistema eléctrico, permitiendo extender la vida útil de estos equipos y evitar interrupciones en el suministro eléctrico.

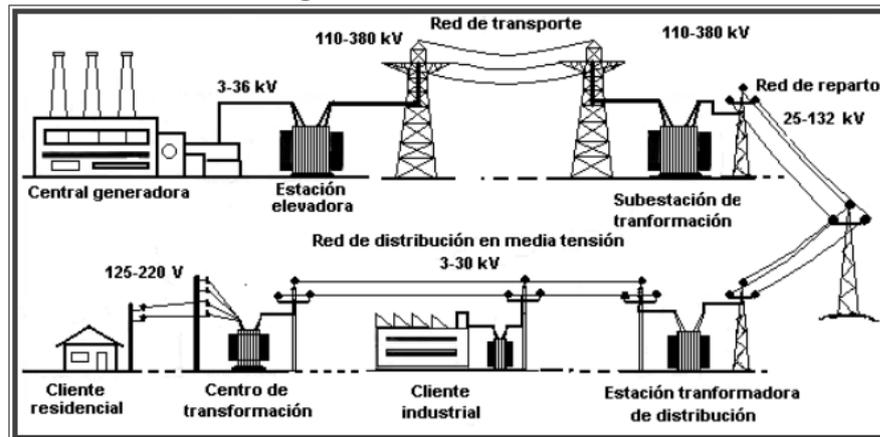
### **2.2 Sistemas eléctricos.**

Un sistema eléctrico está constituido por un conjunto de elementos que operan de forma coordinada en un determinado territorio, su objetivo principal es satisfacer la demanda energética de los consumidores, consta de tres etapas principales que son: generación, transporte de energía y distribución, las cuales son de gran importancia, ya que llevan la electricidad desde las fuentes de energía hasta los consumidores finales. Sin uno de estos subsistemas, el sistema eléctrico colapsaría y no podría cumplir con su objetivo, ya que ellos garantizan que haya un buen servicio eléctrico y minimizan pérdidas. En este contexto, el estudio se enfoca en los sistemas de distribución en media tensión (UNAM, s.f.).

### 2.2.1 Etapas del suministro de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica es un proceso que ayuda a proporcionar energía eléctrica a los usuarios desde las fuentes de alimentación hasta su consumo final. Este proceso debe pasar por algunas etapas como: la generación en centrales eléctricas, la transmisión y la distribución.

**Figura 1:** Sistema Eléctrico



**Nota:** Etapas del suministro de energía eléctrica. **Fuente:** UNAM, s.f.

#### 2.2.1.1 Generación

La electricidad se produce en las centrales generadoras, ya que son capaces de obtener energía eléctrica a partir de energías primarias como lo son el viento, la radiación solar, las mareas de los ríos y las energías no renovables como el carbón, el gas natural y el petróleo.

En Ecuador, la generación de la energía eléctrica se produce a partir de las fuentes renovables. Según datos del ministerio de energías y minas, alrededor del 92% de la energía generada en el país proviene de fuentes hidroeléctricas, en cambio, el 7% se produce en las centrales termoeléctricas las cuales utilizan combustibles fósiles y el 1% corresponde a fuentes no convencionales como la energía solar, eólica, biomasa, biogás y geotérmica. Esto no solo ayuda a satisfacer la demanda energética del país, sino también a exportar energía a naciones vecinas como lo son Colombia y Perú

(Renovables, Ecuador consolida la producción eléctrica a partir de fuentes renovables., 2023).

La energía hidroeléctrica es una de las principales fuentes de generación en Ecuador, una de las centrales más importante es coca codo Sinclair que tiene una capacidad de 1500 MW, esto aproximadamente es el 30% de la energía en el país, luego tenemos otras grandes generadoras como Paute Molino (1 100 MW), Mazar (170 MW), Sopladora (487 MW), Minas–San Francisco (270 MW), Agoyán (156 MW) y Delsitanisagua (180 MW), entre otras (Renovables, Expansión de la generación eléctrica en Ecuador., 2020).

En el sistema eléctrico del Ecuador, la generación térmica cumple un papel muy indispensable, especialmente cuando es época de sequía, ya que la generación hidroeléctrica disminuye su capacidad. Las centrales termoeléctricas representan el 7 % de la matriz energética nacional, las centrales térmicas más importantes son Termogas Machala, Jaramijó, Gonzalo Zevallos, La Trinitaria y Esmeraldas I y II, las cuales aportan con cientos de megavatios al sistema eléctrico nacional (Asobanca, Guía de generación termoeléctrica en Ecuador, 2022).

En años recientes, se ha implementado en el país el uso de fuentes no convencionales como parte de una estrategia energética. Existen proyectos como lo es el parque Villonaco (16,5 MW) y pequeñas instalaciones en Galápagos, también 30 plantas solares que producen alrededor de 26.7 MW, aparte se aprovechan otros recursos como lo es la biomasa (136 MW) y el biogás (6,5 MW). No obstante, estas fuentes no convencionales solo representan el 1% de la generación total de países (Renovables, Expansión de la generación eléctrica en Ecuador., 2020).

**Figura 2:** Generación de la energía eléctrica.



**Nota:** Generación de la energía eléctrica. **Fuente:** El universo, 2025

### 2.2.1.2 Transporte de energía

El transporte de la energía eléctrica es una de las partes intermedias dentro del sistema eléctrico, es un proceso donde la energía producida en las generadoras eléctricas, se transfiere a través de las redes de transmisión hasta llegar a la subestación, el voltaje se reduce para de esta manera poder distribuir a los consumidores finales.

En Ecuador, el transporte de energía eléctrica es gestionado por CELEP EP- Transelectric por medio del sistema nacional de transmisión (SNT) el cual conecta las principales centrales con las redes de distribución. El SNT es el encargado de operar líneas de transmisión de 500 KV, 230KV Y 138 KV, aumentando más de 6200 km de tendidos de líneas en alta y extra tensión, con una capacidad de transmisión superior a 7400 MW, lo que permite disipar la energía eléctrica desde las centrales generadoras hasta las redes de distribución (EP, 2023).

**Figura 3:** Transporte de la energía eléctrica.



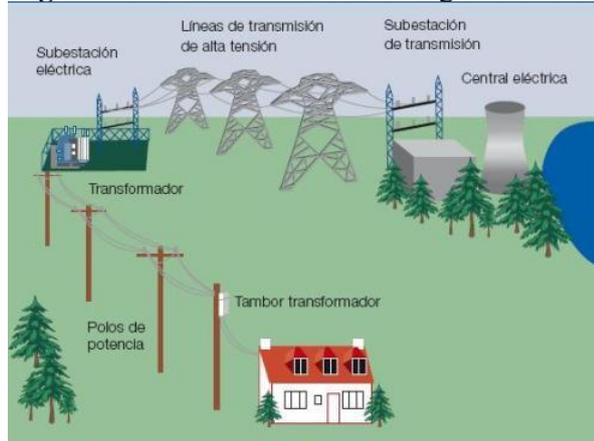
**Nota:** Transporte de la energía eléctrica. **Fuente:** Cerupe, 2025

### **2.2.1.3 Distribución**

La etapa final del sistema eléctrico es la distribución de la energía eléctrica, ya que su objetivo principal es llevar la electricidad desde las subestaciones hasta los usuarios finales. En Ecuador, esta actividad es efectuada por empresas distribuidoras públicas y privadas. Las redes de distribución están formadas por líneas de media tensión (13.8 KV – 22 KV) y de baja tensión (127/ 220 V) (Asobanca, guía de distribución de energía eléctrica , 2022).

La supervisión de la distribución eléctrica en Ecuador está normada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCONEL). La función principal de esta entidad es regular y controlar las actividades de las compañías de concesionarias, incluidos aspectos como el índice de calidad del servicio, el tiempo de atención, los permisos de expansión de la red y las condiciones para la conexión entre nuevos usuarios, la regulación vigente (ARCONEL -008/24) exige que las distribuidoras deben mantener planes de mejora, modernización de equipos y cumplir con las normas ambientales y de seguridad (ARCONEL, EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD-ARCONEL., 2024).

**Figura 4:** Distribución de la energía eléctrica.



**Nota:** Distribución de la energía eléctrica. **Fuente:** Sectorelectricidad, 2013

#### 2.2.1.4 Elementos que conforman los sistemas de distribución.

Los sistemas de distribución están formados por elementos esenciales que trabajan entre sí para garantizar un servicio continuo, seguro y de calidad, entre los elementos más destacados del sistema de distribución se encuentran las líneas de subtransmisión, las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución, las redes secundarias, las acometidas, equipos de protección y maniobra, estructuras de soporte, conductores y aisladores, utilizados para la prestación del servicio de distribución de energía eléctrica (ARCONEL, El directorio de la agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, 2023).

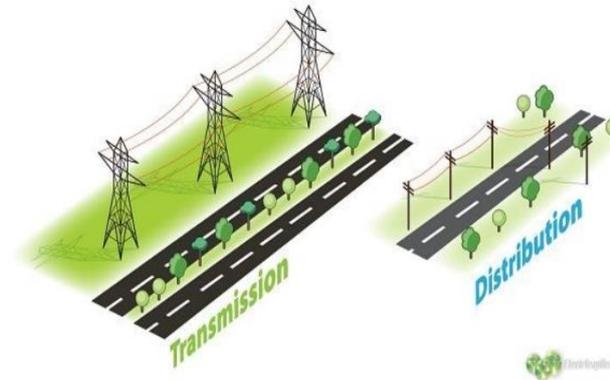
- Líneas de subtransmisión y distribución:

las líneas de subtransmisión operan a un voltaje de 69 KV, lo cual significa que están en una categoría entre las líneas de transmisión de alta tensión y las redes de distribución de baja tensión, el objetivo principal de estas líneas es transportar la energía eléctrica desde los centros de generación hasta las subestaciones de distribución (Salvatierra, 2024).

Las líneas de distribución tienen como propósito transportar la energía eléctrica desde las plantas generadoras con el objetivo de distribuirla a los

usuarios finales. Las líneas de distribución se dividen en redes de media y baja tensión; estas pueden ser aéreas o subterráneas (Figuroa, 2023).

**Figura 5:** Líneas de subtransmisión y de distribución.



**Nota:** Líneas de subtransmisión y de distribución. **Fuente:** eléctricaplicada, 2025

- Transformadores de distribución:

Los transformadores de distribución son elementos indispensables en los sistemas eléctricos, donde su función principal es reducir el voltaje desde media tensión a baja tensión, los usuarios que se alimentan de alto voltaje tienen su propia subestación eléctrica generalmente la acometida de la compañía suministrada proporciona voltaje de 13200 V, 23000 V y 34500 V, donde estos voltajes se van a reducir por medio de los transformadores de la subestación del usuario, se puede reducir entre 220/127 V, 480/277 V y 440/254 V (González Díaz, (s.f.)).

**Figura 6:** Transformador de distribución.



**Nota:** transformador de distribución. **Fuente:** Editores, 2022

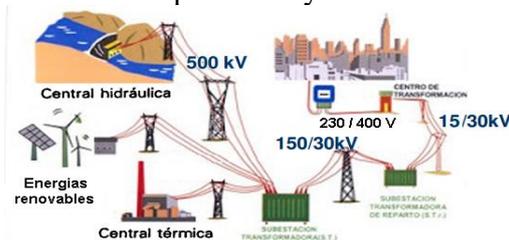
- Redes primarias:

Son equipos que se encargan del transporte de la energía eléctrica que va desde la subestación de distribución hasta los cuartos de transformación. Se considera una red de distribución primaria debido a que maneja voltajes que superan los 1000 V, pero no excede los 57,5 KV (Salazar, 2023).

- Redes secundarias:

En este sistema los transformadores de distribución llevan la energía hasta los consumidores finales, utilizando voltajes que no superan los 1000 V. La red de distribución secundaria conduce la energía eléctrica desde la sección secundaria del transformador de distribución hasta los medidores, ya que de esta manera se garantiza una distribución de calidad y confiabilidad en todo el sistema eléctrico (Salazar, 2023).

**Figura 7:** Redes primarias y secundarias.



**Nota:** Redes primarias y secundarias del sistema eléctrico. **Fuente:** Electrotecnia, 2016

- Acometidas y medidores:

Son los conductores finales que van a estar conectados a la red de distribución secundaria directamente al punto de entrega de la propiedad del usuario, el medidor se va a encargar llevar un registro del consumo de la energía eléctrica (ARCONEL, El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad , 2020).

**Figura 8** Acometidas y medidores.

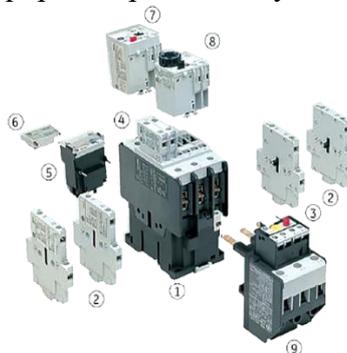


**Nota:** Acometidas y medidores de los sistemas eléctricos. **Fuente:** MN, 2021

- Equipos de protección y maniobra:

Los equipos de protección y maniobra son de suma importancia dentro d ellos sistemas eléctricos, ya que proporcionan mayor seguridad a las instalaciones, la integridad del suministro y reduce las interrupciones cuando ocurre alguna falla eléctrica, de igual manera estos equipos permiten realizar maniobras controladas como apertura o cierre de circuitos, ya que de esta manera se pueden realizar trabajos de mantenimiento o cambios de la configuración de la red sin afectar al resto del sistema , ARCONEL los identifica como campo de conexión y resaltan que son elementos esenciales que garantizan una interconexión segura entre las redes de distribución y los usuarios finales (ARCONEL, El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad, 2025).

**Figura 9:** Equipos de protección y maniobra.



**Nota:** Equipos de protección y maniobra. **Fuente:** Editores, 2018

## **2.3 Transformador de distribución**

Un transformador es una máquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro gracias al fenómeno de inducción electromagnética, su objetivo principal es modificar los niveles de tensión ya sea elevándolo o reduciéndolo, está compuesto por un núcleo magnético y dos devanados enrollados por núcleo, gracias a este proceso se puede transportar la energía eléctrica a largas distancias y ser entregada a los niveles de consumo adecuado (Vásquez, 2024).

### **2.3.1 Principio de funcionamiento de los transformadores eléctricos.**

El funcionamiento de los transformadores eléctricos se fundamenta en el principio de inducción electromagnética de Faraday donde indica que una corriente alterna circula por el devanado primario generando un campo magnético variable en el núcleo, el cual induce una fuerza electromotriz en el devanado secundario, la tensión inducida va a ser proporcional al número de espiras del devanado, el cual va a permitir aumentar o disminuir el voltaje (Vásquez, 2024).

### **2.3.1 Fundamentos electromagnéticos.**

El funcionamiento de los transformadores está regido por leyes del electromagnetismo, principalmente la ley de Faraday, la cual establece que un campo magnético genera una fuerza electromotriz en un conductor, la corriente alterna que circula por el devanado primario va a crear un flujo magnético que puede variar con el tiempo, la operación del transformador también está regido por la ley de Lenz, la cual indica que la dirección de corriente inducida siempre se va a oponer al cambio del flujo electromagnético que la origina, lo que asegura la estabilidad del sistema, en cambio, la ley de Ampere determinan la relación que existe entre la intensidad de corriente y el campo magnético que existe en el núcleo, estas leyes electromagnéticas

nos ayudan a comprender y diseñar transformadores que sean seguros (Vásquez, 2024).

## **2.4 Clasificación de los transformadores eléctricos.**

Los transformadores se clasifican de maneras diferentes según su número de fases, conforme a su refrigeración y aislamiento, de acuerdo a su aplicación y según sus devanados. Esta clasificación es crucial al elegir el equipo correcto para aplicaciones eléctricas e industriales específicas. A continuación, se detallan las clasificaciones principales de los transformadores eléctricos.

### **2.4.1 Clasificación según su acometida.**

#### **2.4.1.1 Transformador monofásico**

Este tipo de transformador está diseñado para ajustar los niveles de tensión que generan las centrales eléctricas, cuenta para que distribuir energía eléctrica al alumbrado residencial, tomacorrientes, aires acondicionados, empresas, industrias, etc. (Marlene, 2024).

**Figura 10:** Transformador monofásico.



**Nota:** transformador monofásico marca Moretran. Fuente: Luis García, 2022

#### **2.4.1.2 Transformador monofásico tipo pedestal (Pad Mounted).**

Los transformadores tipo pad mounted, usualmente se encuentran ubicados dentro de un gabinete, con la finalidad de protegerlo de la intemperie, su configuración puede ser de forma radial, cuando el alimentador primario se conecta de manera

individual al transformador, teniendo distintos sistemas de protección para cada uno. (Vera L., 2022).

**Figura 11:** Transformador monofásico tipo pedestal



**Nota:** Transformador monofásico tipo pad mounted. **Fuente:** Inatra, 2022

#### 2.4.1.3 Transformador monofásico tipo poste.

Estos tipos de transformadores están diseñados para ser instalados en poste y poder trabajar a la intemperie. Estos equipos son aplicados en sistemas de distribución aéreos como lo son: fraccionamientos residenciales, urbanizaciones o zonas rurales. (IESA, 2025).

**Figura 12:** Transformador monofásico tipo poste.



**Nota:** Transformador tipo poste de 25 KVA. **Fuente:** Luis García, 2022

Estos tipos de transformadores también se clasifican en: transformadores monofásicos tipo poste convencionales y autoprottegidos. Los transformadores monofásicos tipo poste convencionales usualmente se emplean en la transferencia de energía eléctrica a sistemas eléctricos de servicios para consumidores de tipo

industrial, comercial o residencial. Cuentan con uno o dos bushings en alta tensión. (Vera L. , 2022)

En cambio, los transformadores monofásicos tipo poste autoprotégidos poseen elementos de protección, los cuales van a variar de acuerdo a la necesidad del usuario o zona donde se va a aplicar. Estas protecciones pueden ser pararrayos, fusibles de expulsión, interruptores termomagnéticos, etc. (Vera L. , 2022)

#### **2.4.1.4 Transformadores trifásicos.**

Los transformadores trifásicos se utilizan para proporcionar energía eléctrica en entornos industriales y comerciales, con capacidades de 15 KVA a 5000 KVA y cumpliendo normativas específicas. Se caracterizan por tener tres líneas de media tensión y 3 o 4 líneas en baja tensión (Ecuatran, 2025)

**Figura 13:** Transformador trifásico.



**Nota:** Transformador trifásico Inatra. **Fuente:** Inatra, 2022

#### **2.4.1.5 Transformador trifásico convencional.**

Por lo general, estos equipos son empleados en sistemas de distribución, están diseñados para convertir el voltaje de media a baja tensión o viceversa utilizando tres fases de voltaje y pueden ser aplicados en zonas residenciales, comerciales e industriales. No contienen ningún elemento de protección contra sobrecargas. (S.A.S, 2025)

**Figura 14:** Transformador trifásico convencional



**Nota:** Transformador trifásico convencional. **Fuente:** portotransformadores, 2025

#### 2.4.1.6 Transformador trifásico tipo pedestal (pad mounted).

Estos tipos de transformadores son comúnmente usados en cuartos de transformación o subestación con espacios reducidos; poseen un gabinete que sirve de protección para que los aisladores de alta y baja tensión no estén expuestos a la intemperie. Estos transformadores pueden ser de tipo radial, donde su característica principal es su diseño, ya que posee una conexión de un único conjunto de cables primarios. También se pueden clasificar como tipo anillo. Posee dos alimentaciones conectadas al transformador donde una se encuentra energizada; puede formar un circuito cerrado o semicerrado que ayudará a reconfigurar el flujo de energía en caso de que presente una falla. (Vera L. , 2022)

**Figura 15:** Transformador trifásico tipo pedestal.



**Nota:** Transformador pad mounted. **Fuente:** Inatra ,2022

#### 2.4.2 Clasificación conforme a su refrigeración y aislamiento.

#### 2.4.2.1 Transformador tipo seco.

La característica principal de este tipo de transformadores es tener como medio de enfriamiento el aire, para de esta manera proteger a los devanados contra la humedad, ya que se cubren con resina epoxi, el sistema de aislamiento suele ser de clase F (150 °C) o de clase H (180° C), ya que no posee un refrigerante secundario. (Vera L., 2022).

**Figura 16:** Transformador tipo seco



**Nota:** Transformador tipo seco. **Fuente:** Moretran, 2022

#### 2.4.2.2 Transformador sumergido en aceite.

Este tipo de transformador es el más usado, ya que el aceite que posee sirve como medio de enfriamiento y aislamiento, el cual circula por su círculo magnético y arrollamiento. Estos equipos suelen utilizar aceite mineral, aceite vegetal y fluidos sintéticos (Vera L. , 2022).

**Figura 17:** Transformador sumergido en aceite



**Nota:** Transformador sumergido en aceite. **Fuente:** CDA ingenieros del Perú, 2022

### 2.4.3 Clasificación de acuerdo a su aplicación.

#### 2.4.3.1 Transformadores de potencia.

Los transformadores de potencia son máquinas estáticas de corriente alterna que se emplean en la subtransmisión y transmisión de la energía eléctrica en alta y media tensión. Estos equipos pueden ser empleados en subestaciones transformadoras, centrales de generación y grandes consumidores. (Vera L. , 2022)

**Figura 18:** Transformador de potencia.



**Nota:** Transformador de potencia. **Fuente:** Inatra, 2022

#### 2.4.3.2 Transformadores de distribución.

Los transformadores de distribución son generalmente autoenfriados en aceite. Estos equipos tienen una capacidad igual o menor a los 500 KVA y una tensión máxima de 67KV, tanto para los transformadores trifásicos y monofásicos. Por lo general, este tipo de transformadores son montados en postes, a excepción de aquellos equipos que sobrepasan los 18 KV.

**Figura 19:** Transformadores de distribución.



**Nota:** Transformadores de distribución. **Fuente:** Rte de México, 2023

#### 2.4.4 Clasificación según su tipo de medición.

##### 2.4.4.1 Transformadores de corriente.

Estos equipos son utilizados para limitar la corriente, también aísla los elementos de media y protección que estén conectados en alta tensión. El circuito

secundario es proporcional a la corriente medida en el circuito primario. Esto permite que se los use en combinación con equipos de medición como lo son: amperímetros, medidores de kilovatios-hora, unidades de medida, relés de control, etc. Cuando el primario está energizado, los equipos de medición actúan prácticamente como un cortocircuito que mantiene la tensión secundaria muy baja. Esta tensión aumentará en forma significativa si se elimina el cortocircuito. (redes, 2025).

**Figura 20:** Transformadores de corriente.



**Nota:** Transformadores de corriente. **Fuente:** INECAL, 2023

#### 2.4.4.2 Transformadores de tensión o potencial.

Estos tipos de transformadores se encargan de energizar instrumentos de medición y protección, ya que reducen el nivel de tensión de una línea a un valor menor, por tal motivo, la capacidad que poseen es baja. La conexión de estos equipos se realiza conectando en paralelo el devanado primario con el circuito que se quiere controlar; por otro lado, el devanado secundario se conecta en paralelo a los equipos de medición y protección que se desea energizar (Vera L. , 2022).

**Figura 21:** Transformadores de tensión o potencial



**Nota:** Transformadores de tensión o potencial. **Fuente:** Delixi, 2024

#### 2.4.4.3 Transformadores capacitivos.

Estos equipos pueden separar del circuito de alta tensión, los instrumentos de medida, contadores, relés, protecciones etc., también pueden reducir los niveles de voltaje a valores manejables y proporcionales a las primarias originales de esta manera pueden transmitir señales de alta frecuencia a través de las líneas de alta tensión. (Verá, Actualización del manual de construcción, cálculo, instalación, operación y mantenimiento de transformadores de pequeña y mediana potencia., 2022).

**Figura 22:** Transformadores capacitivos.



**Nota:** Transformadores capacitivos. **Fuente:** Artech, 2025

## **2.5 Partes fundamentales de los transformadores eléctricos.**

Los transformadores son esenciales dentro del suministro eléctrico, ya que permiten transferir la energía de manera eficiente. Elevan o reducen los niveles de tensión, facilitando la transmisión a largas distancias y la distribución local de energía eléctrica. A continuación, se exponen algunos de los componentes esenciales que poseen estos equipos.

### **2.5.1 núcleo magnético.**

Es uno de los principales elementos de un transformador, el núcleo magnético está constituido por láminas de acero de silicio, la cual consiste de una aleación de hierro y silicio de bajo contenido de carbón y es obtenida a través de un proceso de rolado en frío, donde ambas caras de la lámina se recubren con un material aislante conocido como Carlite. La función principal de este elemento es producir un camino

de baja reluctancia para el flujo magnético; de esta manera se va a permitir la transferencia eficiente de energía (Audax, 2023).

**Figura 23:** Núcleo magnético



**Nota:** Núcleo magnético del transformador. **Fuente:** Daelim Belefic, 2025

### 2.5.2 Devanados.

Los devanados de un transformador están compuestos por conductores de cobre o aluminio que poseen una propiedad conductiva alta, los cuales están enrollados alrededor del núcleo magnético. La función principal de los devanados es poder transmitir la energía eléctrica entre diferentes niveles de tensión del transformador, el diseño de estos elementos permite crear un campo magnético cuando una corriente pasa a través de ellos, permitiendo que la energía se transmita por inducción electromagnética de un devanado a otro (Dailymag, 2024).

**Figura 24:** Devanados.



**Nota:** Devanados del transformador. **Fuente:** Lushan electronic, 2025

### 2.5.3 Boquillas terminales.

Estos elementos son los responsables de aislar y proteger los conductores de alta tensión que atraviesa el transformador, ya que las boquillas están sometidas a

grandes esfuerzos dieléctricos debido a que soportan grandes diferencias de potencial en espacios físicos reducidos, esta característica los hace ser el elemento más susceptible de falla de un transformador (Cuéllar, Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón, 2023).

**Figura 25:** Boquillas terminales.



**Nota:** Devanados del transformador. **Fuente:** Ingeniería eléctrica aplicada, 2010

#### 2.5.4 Tanque o cubierta.

Nos referimos a la carcasa externa del transformador, el cual está diseñado para contener el núcleo magnético, los devanados y el aceite aislante, también se encarga de proteger las partes internas, brinda aislamiento eléctrico y protección contra factores ambientales como la humedad y el polvo (Audax, 2023).

**Figura 26:** Tanque o cubierta



**Nota:** Tanque o cubierta del transformador. **Fuente:** EATON , 2025

#### 2.5.5 Medio refrigerante.

El aceite dieléctrico de un transformador cumple la función de ser aislante y refrigerante. Su finalidad es impregnar el papel Kraft que envuelve el cobre de las bobinas del transformador. Por otra parte, el aceite dieléctrico protege el equipo ante descargas eléctricas en su interior, ya que ayuda a mantener la temperatura del

transformador dentro de los niveles aceptables, al no cumplir esta función se puede reducir el tiempo de vida útil del aislamiento de este equipo (Cervantes, 2020).

**Figura 27:** Medio refrigerante.



**Nota:** Medio refrigerante del transformador. **Fuente:** Beleva, 2018

### 2.5.6 Taps.

El tap o cambiador de derivaciones ajusta la tensión secundaria de un transformador según la tensión primaria sin embargo no soluciona problemas de regulación en situaciones de variaciones significativas de tensión debido a que su uso es adecuado cuando la tensión es consistentemente baja estos se clasifican en cambiadores con carga, para transformadores de gran potencia, y sin carga, para transformadores de baja potencia en redes de distribución e industriales (Cervantes, 2020).

**Figura 28:** Taps



**Nota:** Tap del transformador. **Fuente:** RTE, 2013

### 2.5.7 Relé Buchholz.

Es el encargado de detectar burbujas de gas que se crean cuando se quema el aceite dieléctrico debido a un calentamiento anormal del transformador, por ende, el relé va a proteger al transformador ante sobrecargar, cortocircuitos, fallos de aislamiento, etc. (Pozueta, 2018).

**Figura 29:** Relé buchholz



**Nota:** Tap del transformador. **Fuente:** EMB, 2025

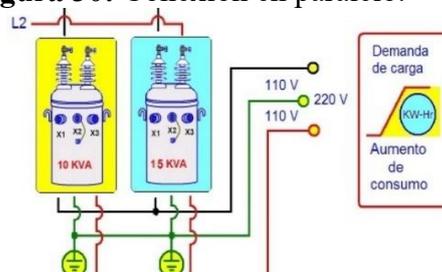
## 2.6 Conexiones de los transformadores.

Los transformadores pueden utilizar diferentes configuraciones en sus devanados tanto en el lado de media tensión como en el de baja tensión, las cuales permiten que estos equipos se adapten a los distintos requisitos técnicos.

### 2.6.1 Paralelo.

Al realizar la conexión en paralelo de los transformadores, el devanado primario va a estar conectado a las barras colectoras de la fuente y el devanado secundario va conectado a las barras colectoras de la carga, este tipo de conexión aumenta la capacidad del sistema y la continuidad del servicio eléctrico es mejor, para que el funcionamiento sea seguro es importante que los transformadores tengan igual relación de transformación, misma polaridad, tensiones secundaria en fase y valores similares de impedancia (CIEM, 2021).

**Figura 30:** Conexión en paralelo.



**Nota:** Transformadores monofásicos en paralelo. **Fuente:** Coporoman, 2018

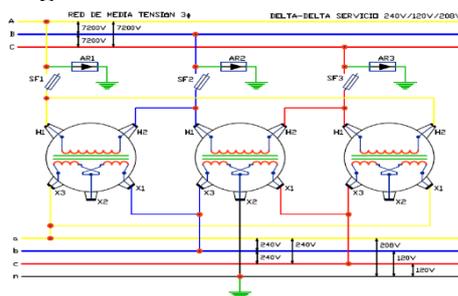
### 2.6.2 Conexiones trifásicas.

Los transformadores trifásicos desempeñan un rol muy importante en el transporte y distribución de la energía eléctrica, en los sistemas trifásicos es importante la relación de transformación entre los devanados tanto secundario como primario y también el desfase que existe entre las tensiones, el cual va a depender del tipo de conexión empleada.

### 2.6.2.1 Conexión Delta- Delta.

Este tipo de conexión se aplica cuando el sistema posee cargas desequilibradas, ya que va a distribuir uniformemente la corriente y minimiza interferencias, algunas de las ventajas que posee este tipo de conexión es que no presenta desplazamiento de fase y permite operar en configuración de delta abierta sin en tal caso llegase a fallar un transformador, pero únicamente al 58% de la su capacidad, pero no ofrece neutro y los armónicos pueden ser elevados (Bravo, 2020).

**Figura 31:** Conexión Delta- Delta.

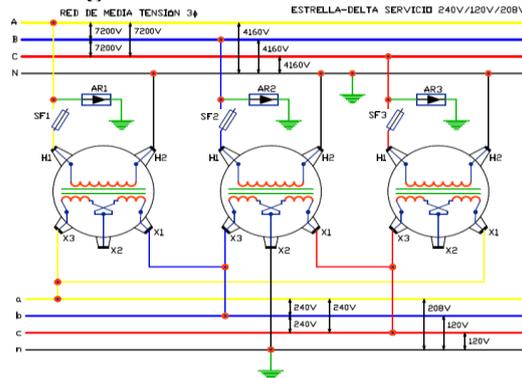


**Nota:** Conexión Delta-Delta del banco de transformadores. **Fuente:** Faradayos, 2015

### 2.6.2.2 Estrella – Delta.

Su uso principal es como transformador reductor, en este tipo de sistema el lado estrella se conecta al sistema de mayor voltaje lo que ayuda en el aislamiento, da una buena estabilidad cuando existen cargas desequilibradas y permite una conexión del neutro a tierra, tiene un desfase de 30 grados entre el devanado primario y secundario haciendo que se dificulte la conexión en paralelo con otros transformadores (Bravo, 2020).

**Figura 32: Estrella-Delta**

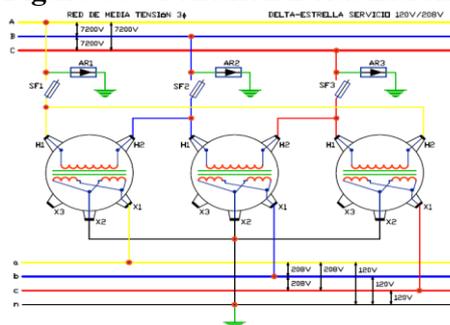


**Nota:** Conexión Estrella-Delta del banco de transformadores. **Fuente:** Faradayos, 2015

### 2.6.2.3 Delta – Estrella.

Este tipo de conexión es una de las más comunes, ya que se utiliza para poder elevar la tensión en generación, transmisión y en los sistemas de distribución, es resistente a desequilibrios, permite la puesta a tierra del neutro en el devanado secundario y maneja bien los armónicos, una de sus principales desventajas es la ausencia de neutro en el devanado primario (Bravo, 2020).

**Figura 33: Conexión Delta-Estrella**

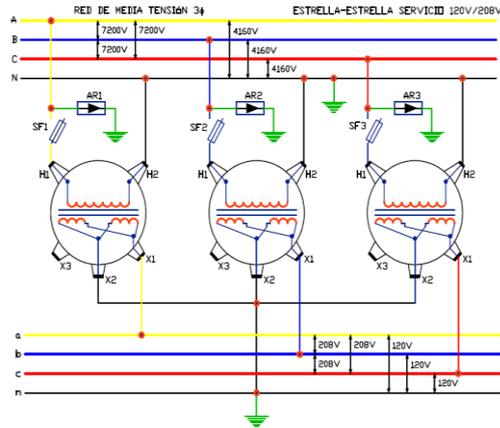


**Nota:** Conexión Delta-Estrella del banco de transformadores. **Fuente:** Faradayos, 2015

### 2.6.2.4 Estrella – Estrella.

Este tipo de conexión dispone de neutro tanto en media como en baja tensión, lo cual ayuda a que haya doble tensión (230/400 V) y conexión de puesta a tierra, sin embargo, posee ciertos problemas cuando existen cargas desequilibradas y armónicos, asimismo no siempre es apta para conexión es paralelo (Bravo, 2020).

**Figura 34: Conexión Estrella-Estrella.**



**Nota:** Conexión Estrella-Estrella del banco de transformadores. **Fuente:** Faradayos, 2015

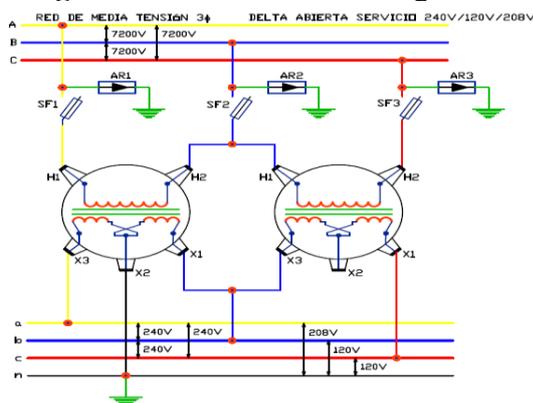
### 2.6.3 Conexiones de emergencia

#### 2.6.3.1 Conexión Delta – Abierto

La conexión delta-abierto es un tipo de conexión de emergencia, ya que puede operar utilizando dos transformadores monofásicos y el tercero puede estar fuera de servicio o desenergizado (PILLAJO, 2022).

El principio de funcionamiento de este tipo de conexión consiste en que los dos transformadores van a estar conectados en forma similar a una conexión delta, aunque no se cierra el triángulo con el tercer transformador, a pesar de esto el sistema puede seguir operativo alimentando cargas monofásicas y trifásicas (FARADAYOS, 2022).

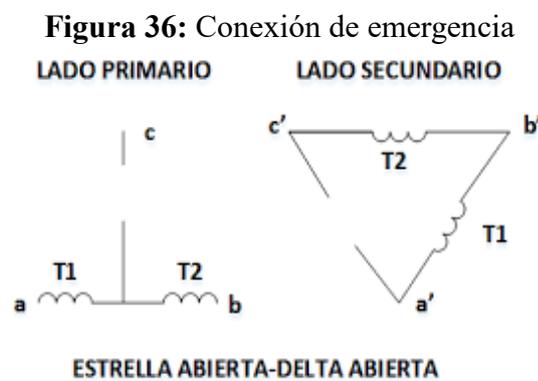
**Figura 35: Conexión de emergencia.**



**Nota:** Conexión delta abierta del banco de transformadores trifásicos. **Fuente:** FARADAYOS, 2022

### 2.6.3.2 Estrella – abierto.

Este tipo de conexión está presente en sistemas trifásicos, formado por unidades monofásicas donde el devanado primario se conecta en estrella y el secundario en delta abierta y solo se utilizan dos transformadores y el tercero puede permanecer desenergizado o fuera de servicio, este tipo de conexión dispone de un neutro en el lado primario, esto facilita la conexión de cargas monofásicas y posee su protección a tierra a diferencia de la conexión delta-abierta (GUASGUA, 2020).



**Nota:** Conexión estrella-abierta del banco de transformadores trifásica. **Fuente** GUASGUA,2020

## 2.7 Sistema de aislamiento del transformador.

El sistema de aislamiento es fundamental en los equipos eléctricos como lo son los transformadores, debido a que garantiza que los componentes de estos equipos eléctricos se encuentren a diferente potencial, por consiguiente es fundamental que el aislamiento se encuentre en buen estado para asegurar la fiabilidad del transformador, algunas de las fallas ocurren en los devanados y en el sistema aislante debido a factores como la temperatura, gases disueltos en el aceite, la corriente de carga y de tensión, los cuales están asociados a procesos físicos – químicos que van a deteriorar el aislamiento a medida que pase el tiempo. Los principales tipos de aislamiento que utilizan los transformadores son el aislante sólido, el cual recubre el cobre interno, y

el aislante líquido, donde generalmente se utiliza aceite mineral. Este cumple dos funciones como aislante y refrigerante (Leonel, 2024).

### **2.7.1 Materiales dieléctricos internos.**

Los materiales dieléctricos internos del transformador, ayudan a aislar eléctricamente los distintos componentes que posee el equipo, los principales materiales dieléctricos que posee internamente el transformador son:

#### **2.7.1.1 Aceite dieléctrico del transformador.**

El aceite eléctrico desempeña un rol muy importante en los transformadores de potencia, ya que sus funciones principales son aislar eléctricamente, refrigerar el equipo y desaparecer arcos eléctricos internos, este aceite posee una baja viscosidad lo cual ayuda a que no aumente la temperatura y también un elevado calor específico. La degradación del aceite se produce cuando hay presencia de oxígeno, humedad, metales como el cobre y el hierro, y cuando se presentan temperaturas elevadas, todos estos factores contribuyen a procesos de oxidación que van a disminuir la rigidez dieléctrica y van a aumentar el riesgo de fallas (Leonel, 2024).

**Figura 37:** Aceite dieléctrico



**Nota:** Aceite dieléctrico del transformador. **Fuente:** RQFelectroservice, s.f.

#### **2.7.1.2 Papel Kraft y cartón prensado.**

El papel dieléctrico o papel Kraft y el cartón prensado son materiales dieléctricos que se encuentran dentro de los transformadores eléctricos, ya que poseen propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas, este tipo de papel envuelve los

conductores de las bobinas y se encuentra impregnado en aceite aislante, este compuesto por fibras celulósicas de pulpa de madera blanda sin blanquear, ya que posee mayor flexibilidad y resistencia (Leonel, 2024).

El papel aislante cumple funciones muy importantes como lo son la resistencia eléctrica, resistencia mecánica a la tracción, resistencia térmica y capacidad para conservar sus características, el papel pasa por un proceso de envejecimiento no solo por el paso del tiempo o por las condiciones de operación, sino también por factores como la hidrólisis, oxidación y pirolisis, los cuales generan gases, agua, ácidos, furanos y lodos, estos procesos reducen la rigidez dieléctrica y la resistencia mecánica del aislamiento (Leonel, 2024).

**Figura 38:** Papel Kraft.



**Nota:** Papel Kraft aislante eléctrico. **Fuente:** Moretran, 2020

## **2.8 Fallas comunes en los transformadores por ausencia de plan de mantenimiento.**

La continua operatividad del transformador depende de un plan de mantenimiento apropiado; aun así, en muchos sistemas eléctricos estas labores no se realizan o se posponen, lo que ocasiona que el equipo tenga fallas tanto internas como externas. Estas fallas no solo perjudican el funcionamiento del transformador, ya que también pueden generar interrupciones en el suministro eléctrico, pérdidas económicas y riesgos para la seguridad.

En esta parte se analiza las fallas más comunes que se presentan en los transformadores cuando no se realiza un mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo apropiado, se tratan temas como sobrecargas, sobretensiones, cortocircuitos externos, problemas internos, manipulación inadecuada, protección inadecuada, humedad en el aceite, falla en los devanados y otras causas, se resalta la importancia de la detección temprana mediante inspecciones técnicas, pruebas y monitoreo periódico, y como un plan de mantenimiento puede ayudar a extender la vida útil de estos equipos.

### **2.8.1 sobrecarga.**

Existe una sobrecarga en los transformadores de distribución cuando se excede el valor de la potencia nominal de la placa, ya sea por el aumento de carga o porque los equipos se encuentran mal dimensionados y no satisfacen la demanda requerida, otro motivo por el cual se produce sobrecarga es cuando la temperatura ambiente del diseño del transformador no es adecuada y cuando existe un desequilibrio entre las fases, cuando existe una sobrecarga los elementos internos del transformador van a reducir su tiempo de vida útil.

### **2.8.2 Sobretensiones.**

Las sobretensiones se producen cuando hay descargas atmosféricas las cuales pueden afectar una línea eléctrica puede ser de transmisión, subtransmisión, distribución de energía o cualquier componente del sistema eléctrico, debido a esta sobretensión se crea un campo electromagnético el cual se extiende en la línea eléctrica y afecta a los componentes instalados en ella como lo es el transformador, el cual puede tener daños muy graves si no se utilizan las protecciones adecuadas (Macas AVECILLAS, 2023).

### **2.8.3 Cortocircuitos.**

Este tipo de fallas ocurren frecuentemente en los transformadores de distribución, particularmente en los equipos de baja potencia como los de 10, 15 y 25 KVA, los factores que generan los cortocircuitos pueden ser externos, como acometidas defectuosas, conductores en mal estado, fuertes vientos y fusibles que sean de mala calidad, así mismo pueden ocurrir cortocircuitos por el lado primario del transformador debido a las fallas que existen en el aislamiento (Macas Avecillas, 2023).

#### **2.8.4 Problemas internos.**

Las fallas internas que ocurren en el transformador no son visibles externamente, pero al obtener una detección temprana de la falla nos ayudara a evitar posibles daños mayores, estas fallas pueden estar presentes tanto en el lado de alta como de baja tensión y su causa principal suele ser la humedad, contactos falsos, desconexión de terminales de salida o bajo nivel de aceite (Macas Avecillas, 2023).

#### **2.8.5 Manipulación inadecuada.**

Al realizar soluciones rápidas ante las fallas que se presentan puede reducir considerablemente la vida útil del equipo, ya que no se atiende el problema desde la raíz, sino que solo se resuelve el problema de acuerdo a la necesidad del momento y se ignoran ciertos factores que con el tiempo provocaran el deterioro de la vida útil del transformador (Macas Avecillas, 2023).

### **2.9 Importancia del mantenimiento en transformadores.**

El mantenimiento de los transformadores es primordial para asegurar la confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico, al implementar un plan de mantenimiento adecuado donde se incluya inspecciones técnicas, análisis del aceite dieléctrico, pruebas eléctricas y termografías, nos ayuda a identificar posibles fallas como sobrecalentamiento, deterioro del aceite o del aislamiento del transformador, al

realizar todas estas actividades podemos evitar que haya interrupciones que no se encuentran planificadas y no hay costos excesivos, ya que se reducen las reparaciones de emergencia, de igual manera la vida útil del equipo va a extenderse, en conclusión si se cuenta con un plan de mantenimiento las condiciones operativas serán más óptimas, se reducen riesgos y se mejora la eficiencia energética.

## **2.91 Tipos de mantenimientos**

Pese a que los transformadores son máquinas eléctricas estáticas, este en su interior está compuesto de un proceso dinámico del tipo térmico-eléctrico. Su sistema de aislamiento está formado por el aceite dieléctrico y el aislamiento sólido denominado celulosa, materiales orgánicos que usualmente presentan alteraciones químicas, ya sea por la humedad, oxígeno, calor, material de bobinado y el hierro (Carranza, 2020).

Por este motivo al realizar inspecciones periódicas podremos visualizar la temperatura del transformador y de los componentes eléctricos que lo conforman, se podrá obtener información fundamental para tomar acciones necesarias que nos ayudarán a prologar la vida útil del transformador (Carranza, 2020).

### **2.9.1.1 Mantenimiento preventivo.**

Es un mantenimiento programado, donde se realizan intervenciones al transformador en el momento que sea oportuno, incluso si no se presenta algún tipo de falla o desgaste (Cuéllar, Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón, 2023).

Consiste en inspecciones técnicas, ajustes y revisiones de los equipos para asegurar su operatividad y evitar posibles fallas. Las tareas que se desempeñan en el mantenimiento preventivo son de suma importancia para mantener estos equipos eléctricos en óptimas condiciones (software, 2025).

El mantenimiento preventivo nos ayuda a saber cuáles son las propiedades del aceite dieléctrico, ya que detecta cualquier falla que haya en los componentes del transformador como bobinado, circuito eléctrico, y de los aislantes celulósicos. En este método se inspeccionan diferentes aspectos:

- Termo filtrado al vacío del aceite
- Regeneración del aceite dieléctrico
- Lavado y secado de los componentes
- Suministro, cambio e implementación de: aceite dieléctrico, bushings, válvulas y accesorios

(Martinez, 2023).

En la figura 2.1 podemos observar una actividad de mantenimiento preventivo realizada a un transformador de 500 KVA, la máquina de filtrado conectada al equipo se utiliza para diferentes procesos como filtrado, regeneración y secado del aceite dieléctrico, con el objetivo de restaurar las propiedades aislantes y térmicas del equipo.

**Figura 39:** Mantenimiento preventivo.



**Nota:** Termo filtrado del aceite dieléctrico. **Fuente:** CDA Ingenieros del Perú, 2024

Es fundamental saber que dentro del mantenimiento preventivo se encuentran diversos métodos, que se dividen en tres.

- Mantenimiento basado en el tiempo o sistemático: su característica principal son los intervalos de tiempo predeterminados y acciones

planificadas, las cuales van a depender del estado en el que se encuentre el equipo (Cuéllar, Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón, 2023).

- **Mantenimiento basado en la condición:** se enfoca en el estado en que se encuentran los componentes como el posible desgaste que se presenta en las piezas móviles, la aparición de fallas y el rendimiento de equipos similares, este tipo de mantenimiento busca reducir costos, ya que realizan el mantenimiento únicamente cuando el equipo justifique las medidas de acción, una desventaja de este método es que se necesita de una planificación más concreta, ya que en ocasiones se tendrá que realizar paradas basadas en el tiempo (Cuéllar, Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón, 2023).
- **Mantenimiento centrado en la confiabilidad:** en este método se considera el tiempo de funcionamiento del transformador, el estado en que se encuentra, su posición dentro de la red, su operatividad, los riesgos para la seguridad del medio ambiente y cualquier consecuencia que provoque su posible interrupción (Cuéllar, Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón, 2023).

#### **2.9.1.2 Mantenimiento predictivo**

El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es dar a conocer el estado y operatividad del transformador, para de esta manera percibir si las condiciones del equipo se encuentran en buen estado, mediante el uso de equipos avanzados de monitorización y análisis de datos, la ventaja de este mantenimiento es que se genera

un informe técnico, sobre las características de las fallas del equipo, ya que de esta manera hay una detección temprana de anomalías lo que permite actuar con un plan o programar la reparación si en tal caso se requiera (Cuéllar, Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón, 2023).

Dentro de este tipo de mantenimiento se realizan técnicas de monitoreo para identificar anomalías en los componentes y dar alertas anticipadas de posibles fallas o problemas, incluyendo el análisis de sonido, temperatura, lubricación, vibración y circuitos de motores (IBM, 2023).

Al hacer el respectivo análisis periódico del aislamiento vamos a poder monitorear el estado del transformador, ya que muestra información importante sobre el estado del aceite y ayuda a detectar posibles fallas en el equipo, en este tipo de mantenimiento se hacen pruebas de aceite y eléctricas (Carranza, 2020).

#### Prueba de aceite

- Rigidez dieléctrica
- Análisis físico químico
- Cromatografía de fases
- Contenido de PCB'S
- Contenido del inhibidor
- Factor de potencia al aceite

#### Pruebas eléctricas

- Relación de transformación
- Resistencia de devanados
- Resistencia de aislamiento
- Factor de potencia

(Carranza, 2020)

En la figura 2.2 se realizan pruebas de aceite y pruebas eléctricas al transformador como parte de un programa de mantenimiento preventivo. Estas pruebas nos ayudan a determinar el estado del aislamiento del transformador, la integridad de los devanados y la calidad del aceite dieléctrico.

**Figura 40:** Mantenimiento predictivo



**Nota:** Pruebas de aceite y pruebas eléctricas. **Fuente:** T & D, 2023

### 2.9.1.3 Mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento se centra en la reparación de componentes o sistemas luego de que hayan tenido alguna falla o avería, este método no es planificado, ya que son situaciones imprevistas, por lo tanto, cuando se presenta alguna falla en un componente o existe un mal funcionamiento en el sistema se procederá con el mantenimiento correctivo (Mera, 2024).

Al realizar el mantenimiento correctivo se ejecutan una serie de procedimientos técnicos, siempre y cuando sea estrictamente necesario, este método consiste en:

- Pintado del transformador
- Reemplazo de empaquetaduras
- Filtrado, secado o cambio de aceite dielectrico
- Cambio de boquillas de alta tensión y baja tensión

- Cambio de TAP
- Ajuste o reemplazo de pernos y tuercas

(Carranza, 2020)

En la figura 2.3 se observa un proceso de mantenimiento correctivo al transformador, donde se realiza el reemplazo de empaquetaduras y el cambio de boquillas de alta tensión y baja tensión. Estas actividades se realizan cuando se detectan fugas de aceite y desgaste en los componentes con el fin de restaurar la operatividad del transformador y evitar fallas mayores.

**Figura 41:** Mantenimiento correctivo.



**Nota:** Mantenimiento correctivo. **Fuente:** Tecsa, 2021

#### **2.9.1.4 Comparación entre tipos de mantenimientos.**

Los transformadores son esenciales dentro del sistema eléctrico, ya que ayudan en la transmisión y distribución de energía eléctrica, por este motivo el mantenimiento de los transformadores es esencial dentro de los planes de gestión de componentes eléctricos, ya que nos ayudan a prolongar la vida útil de estos equipos.

A continuación, se observa una tabla comparativa de los tipos de mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos aplicables de transformadores.

**Tabla 1** Tabla comparativa.

Tipo de mantenimiento	Descripción	Frecuencia	Ventajas
Preventivo	Se realiza de manera periódica para evitar que se generen fallas.	Trimestral, semestral o anual	Prolonga la vida útil del transformador y reduce las fallas imprevistas.
Predictivo	Monitoreo de las condiciones del transformador mediante equipos especializados	Depende de las condiciones del transformador	Ayuda a prevenir fallas y reduce intervenciones innecesarias
Correctivo	Se lleva a cabo cuando ocurre una falla en el transformador	No programado	Soluciona la falla existente.

**Nota:** Tabla comparativa de los tipos de mantenimientos de transformadores. Elaboración propia.

La tabla comparativa nos ayuda a visualizar las principales diferencias entre el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los transformadores eléctricos. El mantenimiento correctivo se lo aplica cuando ya haya ocurrido la falla, lo que genera paradas no planificadas y posibles daños mayores. Por el contrario, el mantenimiento preventivo se basa en inspecciones técnicas periódicas las cuales reducen el riesgo de fallas, aunque no refleja el estado real del equipo, por otra parte, el mantenimiento predictivo usa técnicas de diagnóstico para evaluar las condiciones del transformador y anticipar posibles fallos, también optimiza recursos y reduce intervenciones necesarias. En conclusión, los tres métodos representan eficiencia en la gestión del mantenimiento.

## Capítulo 3: Diagnóstico Del Estado Actual Del Cuarto De Transformación De La Facultad Técnica Para El Desarrollo.

### 3.1 Ubicación.

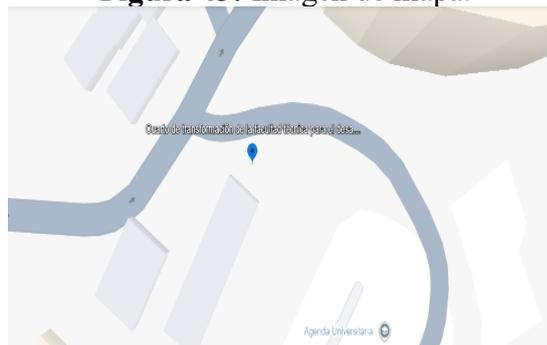
El plan de mantenimiento se desarrolla en la universidad católica de Santiago de guayaquil en el cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo, el cual se encuentra ubicado en la Av. Carlos Julio Arosemena Km 1 ½, 2 pabellón, en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, Ecuador. Las coordenadas geográficas  $2^{\circ}10'57''S$   $79^{\circ}54'10''W$ , lo que facilita su localización.

**Figura 42:** Imagen satelital.



**Nota:** Imagen satelital del cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo. **Fuente:** Googleearth, 2025

**Figura 43:** Imagen de mapa.



**Nota:** Imagen de mapa de cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo. **Fuente:** Googleearth, 2025

### 3.2 Diagnóstico térmico.

Los valores de temperaturas nominales presentados en la siguiente tabla se rigen a temperaturas obtenidas de normativas técnicas internacionales y nacionales

como lo son la IEC 60502-1, IEC 60076-2 y organismos eléctricos como CNEL EP, las cuales establecen cuáles son los límites máximos de temperatura para componentes de transformadores y conductores eléctricos, para interpretar esta clasificación se presenta la siguiente tabla que se basa en un código.

**Tabla 2.** Rango de temperaturas del transformador.

<b>Valores de temperaturas nominales</b>			
<b>Normal</b>	<b>Estable</b>	<b>Moderado</b>	<b>Crítico</b>
0 °C – 35 °C	35.1 °C – 45 °C	45.1 °C – 60 °C	60.1 °C – 160 °C
			

**Nota:** Valores de temperatura nominales. Elaboración propia.

Dentro de la tabla se presentan 4 colores de temperatura donde se indica que el color azul representa que el equipo se encuentra en buenas condiciones y un rango de temperatura normal, el color amarillo indica un estado estable, pero necesita seguimiento, el color anaranjado muestra un rango moderado que representa una intervención técnica preventiva y el color rojo corresponde a un estado crítico donde se indica que el equipo posee temperaturas elevadas que comprometen el buen funcionamiento del transformador.

### 3.2.1 Valores de temperaturas de banco de transformadores.

**Tabla 3:** Resultados obtenidos en transformador TR-1.

<b>Valores de temperatura del transformador tr-1</b>			
<b>Bushings de media tensión</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	
	35.7 °C	36.4 °C	
<b>Conductor de media tensión</b>	34.6 °C	35.2 °C	
<b>Bushings de baja tensión</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>
	48 °C	43.3 °C	45.3 °C
<b>Espada o terminal de baja tensión</b>	47.5 °C	42.1 °C	44.2 °C

**Nota:** Datos obtenidos en la inspección técnica del cuarto de transformación.  
Elaboración propia.

La tabla 3, muestra que el transformador TR-1, posee un rango de temperatura moderado, no presenta sobrecalentamientos. sin embargo, se tiene que tener en consideración para que no incremente su temperatura de moderado a crítico, es esencial poder realizar inspecciones técnicas cada cierto tiempo, hacer un seguimiento de los rangos de temperatura del transformador y realizar el mantenimiento preventivo correspondiente, de esta manera que puede detectar a tiempo si existe alguna variación en la temperatura e impedir el rápido deterioro del aislamiento y la reducción de tiempo de vida útil del equipo.

**Tabla 4.** Resultados obtenidos en transformador TR-2

<b>Valores de temperatura del transformador tr-2</b>			
<b>Bushings de media tensión</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	
	34.1 °C	35.5 °C	
<b>Conductor de media tensión</b>	33.2 °C		34.4 °C
<b>Bushings de baja tensión</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>
	97.2 °C	44 °C	50.2 °C
<b>Espada o terminal de baja tensión</b>	96.1 °C	43.5 °C	49.1 °C

**Nota:** Datos obtenidos en la inspección técnica del cuarto de transformación.  
Elaboración propia.

En la tabla 4 podemos observar que se presentan rangos de temperatura críticos en las terminales de baja tensión de X1, los cuales exceden los límites recomendados para su operación segura, al existir un aumento de temperatura hay más posibilidades que haya una degradación del aislamiento, pérdida en la eficiencia energética y fallas que podrían afectar al equipo. Es imperativo poder realizar un mantenimiento donde se incluyan actividades preventivas, predictivas y correctivas, con el fin de mejorar los rangos de temperatura dentro de los parámetros establecidos.

**Tabla 5.** Resultados obtenidos en transformador TR-3.

<b>Valores de temperatura del transformador tr-3</b>			
<b>Bushings de media tensión</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	
	35.8 °C	33.9 °C	
<b>Conductor de media tensión</b>	34.3 °C		32.6 °C
<b>Bushings de baja tensión</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>
	56.5 °C	49.4 °C	108 °C
<b>Espada o terminal de baja tensión</b>	55.6 °C	48.2 °C	107 °C

**Nota:** Datos obtenidos en la inspección técnica del cuarto de transformación.  
Elaboración propia.

En la tabla 5 se evidencian rangos de temperatura críticos en las terminales de baja tensión de X3, los cuales exceden los límites recomendados para su operación segura, al existir un aumento de temperatura hay más posibilidades que haya una degradación del aislamiento, pérdida en la eficiencia energética y fallas que podrían afectar al equipo. Es imperativo poder realizar un mantenimiento donde se incluyan actividades preventivas, predictivas y correctivas, con el fin de mejorar los rangos de temperatura dentro de los parámetros establecidos.

Los datos de temperaturas obtenidos del banco de transformadores, demuestran que existen distintos puntos calientes, los cuales pueden provocarse por la carga en la que se encuentra sometido el conductor o por falta de ajuste en las terminales del transformador, se presume que las vibraciones del equipo pudieron ocasionar que las terminales se aflojen y no estén generando el ajuste adecuado.

La presencia de estas temperaturas elevadas representa un riesgo a la vida útil del transformador, ya que el calor excesivo acelera el envejecimiento del aislamiento y genera fallas eléctricas, para evitar estos riesgos, es importante implementar un plan

de mantenimiento preventivo y predictivo, el cual garantiza la operación segura y confiable del equipo.

### **3.3 Diagnóstico eléctrico.**

Durante la inspección realizada al banco de transformadores se identificaron varias anomalías en los equipos, como lo es la acumulación excesiva de polvo en conductores, bushings y terminales de los transformadores, lo que representa un riesgo para la disipación térmica, afectando el aislamiento y la seguridad del sistema, también se observó que la cinta autofundente de los bushings de media tensión se encuentra desgastada y no ofrece la protección adecuada ante presencia de humedad, polvo y posibles fallas de cortocircuito.

Asimismo, las terminales de baja tensión no poseen pasta de contacto, esto compromete la eficiencia eléctrica y contribuye a que se generen puntos calientes, por último se registró la presencia de múltiples puntos calientes en conductores y terminales del transformador, como se mencionaba anteriormente, las altas temperaturas puede ocasionar fallas eléctricas, degradación de los aislamientos, interrupciones no planificadas y daños en los equipos.

La inspección técnica realizada al tablero de distribución principal, se evidenció un desequilibrio de cargas entre las fases, entre ellas la fase L3 presento una sobrecarga de 228 A, en comparación con la L1 Y L2, al realizar el estudio termográfico se pudo registrar una temperatura de 42,1 °C en la tercera barra del sistema, también se identificaron distintos puntos calientes en conductores, posiblemente su causa sea la falta de ajuste mecánico de las conexiones, ausencia de pasta de contacto y por la acumulación excesiva de polvo dentro del tablero.

**Tabla 6.** Lectura de corriente del tablero de distribución principal.

<b>Lectura de corriente del breaker principal</b>		
L1	L2	L3
174.3 A	82.5 A.	228.5 A.

**Nota:** Corriente de breaker principal. Elaboración principal.

**Tabla 7.** Lectura de voltajes del tablero de distribución principal

<b>Lectura de voltajes del breaker principal</b>			
L1-L2	216 V	L1-N	126 V
L2-L3	216.2 V	L2-N	123 V
L3-L1	218 V	L3-N	126 V

**Nota:** Voltajes del breaker principal. Elaboración propia.

La sobrecarga y suciedad dentro del tablero de distribución principal dificulta la disipación térmica y acelera el deterioro de los componentes eléctricos, ocasionando riesgos de fallas operativas. De igual manera, el desbalance que presenta puede ocasionar corrientes de retorno elevadas por el neutro, lo cual afecta la estabilidad del sistema y ocasiona pérdidas energéticas. En conclusión, el tablero de distribución principal presenta condiciones críticas, por lo que se sugiere realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

**Figura 44:** Tablero de distribución principal



**Nota:** Tablero de distribución principal de cuarto de transformación. Elaboración propia.

### 3.4 Diagnóstico del estado físico del transformador.

Al realizar la inspección técnica al banco de transformadores, se presenció que los equipos se encuentran operativos, a pesar de que presentan un desgaste superficial, se observa signos de oxidación leve en las tapas metálicas y cuerpos de los transformadores, también existe un ligero desprendimiento de la pintura exterior en varias zonas de los equipos, en el transformador TR-1 se identificó una pequeña fuga de aceite dieléctrico en la tapa del transformador. En los componentes de conexión y aisladores, se evidenció que los bushings de media tensión no presentan fracturas ni rastros de descargas eléctricas. Se recomienda al área responsable considerar la implementación de canaletas o cubiertas de protección.

Para finalizar, el entorno donde se encuentran instalados el banco de transformadores no cumplen con las condiciones ambientales óptimas, debido a que hay presencia de manchas de humedad en las paredes, el piso tiene una acumulación de polvo excesiva y el cuarto de transformación no posee un sistema de ventilación adecuada, ya que solo dispone de dos pequeñas ventanas con rejas.

**Figura 45:** Banco de transformadores.

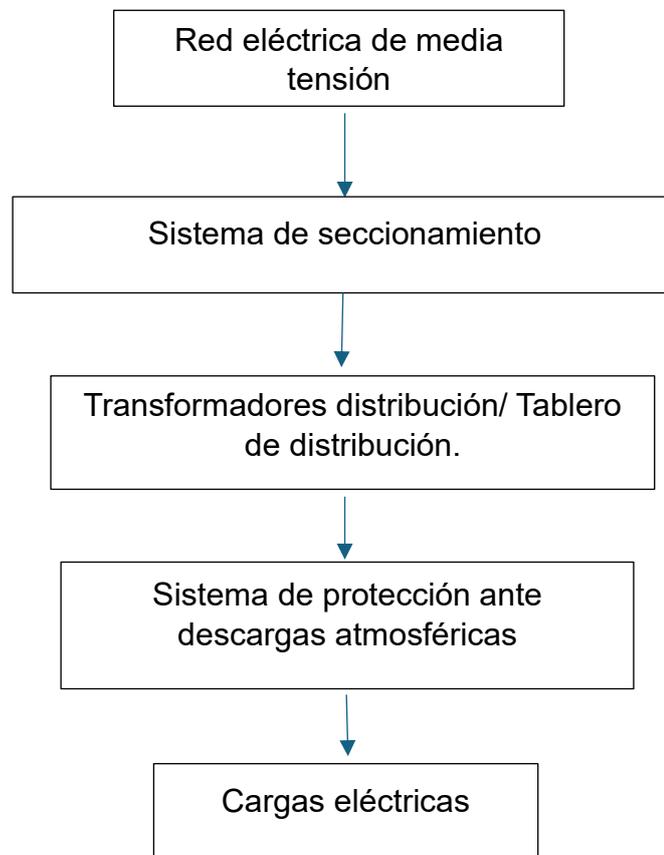


**Nota:** Banco de transformadores de cuarto de transformación. Elaboración propia.

### 3.5 Diagrama de bloque.

#### 3.6

**Figura 46 :** Diagrama de bloque



**Nota:** Diagrama de bloque de sistema eléctrico. Elaboración propia

El diagrama de bloque presentado en la figura 3.6, muestra la función que cumple el sistema eléctrico en baja tensión del cuarto de transformación. Al sistema ingresa la energía eléctrica por medio de la red eléctrica de media tensión, la cual se dirige hacia el tablero de distribución principal o a los transformadores de distribución, estos se encuentran protegidos por un sistema de seccionamiento, el cual se encarga de aislar en transformador durante mantenimientos o emergencias, luego de eso la energía pasa por el transformador el cual convierte la tensión de media a baja. La salida del transformador va hacia el tablero de distribución principal, donde la energía eléctrica va a ser distribuida mediante interruptores de protección hacia las distintas cargas del sistema.

## **Capítulo 4: Descripción del plan de mantenimiento.**

### **4.1 Antecedentes.**

En el siguiente capítulo se detalla el plan de mantenimiento que se desea aplicar dentro del cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo, el propósito de este capítulo es explicar en qué consiste el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, y procedimientos a seguir, con el objetivo de garantizar un buen funcionamiento del sistema eléctrico y prolongar la vida útil de los equipos.

Lo que se busca con este análisis es explicar cómo la correcta planificación y ejecución de un plan de mantenimiento, ayuda a prevenir fallas, minorizar costos por reparaciones imprevistas y mejorar la eficiencia energética de los sistemas eléctricos.

### **4.2 Aspectos generales del banco de transformación.**

El banco de transformadores es un elemento fundamental dentro del sistema eléctrico, ya que es el encargado de ajustar los niveles de voltaje para asegurar la distribución eficiente de la energía, en esta sección se evalúan las condiciones generales en las que se encuentran el banco de transformadores como lo son los aspectos térmicos, mecánicos y eléctricos, además se considera el entorno en el que se encuentran ubicado, condiciones de limpieza, ventilación, accesibilidad y señalización de seguridad, todos estos aspectos aseguran que el banco de transformadores opere dentro de los rangos establecidos por las normas técnicas.

#### **4.2.1 Descripción del banco de transformación.**

El banco de transformadores este compuesto por tres transformadores monofásicos tipo convencional, cada uno posee una capacidad de 100 KVA, también tienen un tipo de conexión estrella-delta con neutro aterrizado, la cual brinda un

balance en la distribución de las cargas, estos tipos de transformadores son sumergidos en aceite.

Cada transformador posee bushings de media tensión en la parte superior, los cuales van a estar conectados a los conductores de alta tensión, las terminales de baja tensión se encuentran en la parte inferior, las cuales van a estar canalizadas hacia una bandeja portacables que se encargan de guiar el cableado hacía el sistema de distribución. A pesar de que el banco de transformadores se encuentra operativo, se visualizan un desgaste superficial, suciedad acumulada, oxidación leve y diferentes aspectos que veremos a continuación.

#### **4.2.1.1 Aspectos térmicos del banco de transformación.**

Los aspectos técnicos son esenciales para garantizar el buen funcionamiento del banco de transformadores, ya que el calor excesivo afecta la vida útil de los componentes eléctricos. En este contexto, el banco de transformadores opera bajo un ambiente que posee poca ventilación, ya que depende del ingreso de aire natural proporcionado por dos ventanas, las cuales no cuentan con protección contra polvo o humedad. No se observa un buen sistema de ventilación.

También, se evidenció acumulaciones excesivas de polvo sobre las tapas y cubas de los transformadores, lo que afecta la disipación de calor, cuando no se cuenta con una buena circulación de aire y limpieza en cada uno de estos equipos se va a producir una elevación de temperatura interna en el aceite dieléctrico lo cual afecta la capacidad de enfriamiento y acelera el desgaste del mismo.

Durante la inspección técnica se evidenció que en transformador TR-1 presenta una pequeña fuga de aceite, la cual pudo ocasionarse por diferentes factores ya sea por vibraciones del equipo, desgaste de los empaques de sellado o ya sea por la falta de mantenimiento periódico también se realizó un estudio termográfico, donde se

identificaron varios puntos calientes en los bushings de media tensión y en las terminales de baja tensión de los transformadores, con temperaturas que exceden los rangos recomendados por la norma IEEE C57. Al implementar inspecciones periódicas, se podrá obtener un monitoreo del comportamiento térmico del banco de transformadores.

#### **4.2.1.2 Aspectos eléctricos del banco de transformación.**

En el transcurso de la inspección técnica se encontraron deficiencias en algunos elementos de conexión y aislamiento, esto puede llegar a aumentar las fallas eléctricas y reducir la vida útil de los equipos. Se observó que las terminales de baja tensión no poseen pasta de contacto, este material es esencial, ya que ayuda a mejorar la conductividad eléctrica y evita que haya corrosión en las superficies metálicas también en conexiones de aluminio o cobre que se encuentran expuestas a cambios de temperatura y humedad.

También se evidenció el desgaste de la cinta autofundente en los terminales de media tensión; esto aumenta la posibilidad de entrada de humedad, polvo y materiales contaminantes. Este desgaste fomenta la aparición de arcos eléctricos y aumenta el envejecimiento del aislamiento.

#### **4.2.1.3 Aspectos mecánicos del banco de transformación.**

Cuando existe un buen estado en la parte mecánica del banco de transformadores, hay mayor seguridad de que las vibraciones y dilataciones térmicas no perjudiquen la operación y el tiempo de vida útil de los transformadores.

La inspección técnica evidenció que el banco de transformadores posee acumulación de polvo y signos de oxidación en la carcasa, se observó que algunos pernos de conexión presentan falta de ajuste, esto se debe a las vibraciones de los

equipos y los cambios térmicos que han presentado durante su tiempo de operatividad. Este aspecto puede afectar la estabilidad mecánica, generando puntos calientes en diferentes componentes del sistema, ya que esto provoca que aumente la resistencia de contacto.

#### **4.2.2 Aspectos generales del tablero de distribución principal.**

El tablero de distribución principal cumple la función de recibir la energía eléctrica que entrega el banco de transformadores y distribuirla a los diferentes circuitos del sistema, existen aspectos térmicos, eléctricos y mecánicos que son esenciales para proteger los componentes que están dentro del tablero y también ayudan a mantener la operatividad del servicio eléctrico.

##### **4.2.2.1 Descripción del tablero de distribución principal.**

El tablero de distribución principal se encuentra ubicado dentro del cuarto de transformación de la facultad técnica para el desarrollo, no posee cerradura de seguridad, ni señalización de riesgo eléctrico. El interior del tablero contiene elementos de protección y maniobra tales como el breaker principal, cables de alimentación, barras colectoras. También posee disyuntores, contactores y protecciones diferenciales que alimentan diferentes circuitos.

Al momento de la inspección se pudo observar que el interior del tablero de distribución principal presenta una cantidad excesiva de polvo, lo que afecta a la disipación de calor, se presenció que los disyuntores y conductores no se encuentran maquillados, lo que impide identificar a qué circuito pertenece cada uno, por último, el diagrama unifilar debe estar al interior del tablero, ya que es un requisito clave al momento de realizar el mantenimiento y por seguridad.

##### **4.2.2.2 Aspectos térmicos del tablero de distribución principal.**

Dentro los aspectos térmicos podemos encontrar que existe un desbalance de carga en el tercer barraje del tablero, lo cual provoca el aumento de temperatura en esa barra y en sus conexiones, existe una acumulación de polvo excesiva lo que reduce la ventilación y empeora el problema térmico que se está presentando, este sobrecalentamiento puede dañar el aislamiento y aflojar la pernería de las conexiones.

Al realizar la inspección técnica, se observó la carencia de pasta de contacto en las uniones del barraje y terminales del tablero, lo que disminuye la conductividad eléctrica, aumenta la resistencia de contacto y, así mismo, la temperatura. También se pudo evidenciar que existe que los cables se encuentran ubicados en espacios muy reducidos, lo cual limita la disipación térmica.

#### **4.2.2.3 Aspectos eléctricos del tablero de distribución principal.**

El tablero de distribución principal posee un sistema trifásico, compuesto con un breaker principal, disyuntores y contactores termomagnéticos que son los encargados de proteger los distintos circuitos del sistema eléctrico. Durante la inspección técnica realizada, se observó que el tablero no presenta marquillas en ninguno de los elementos de protección, lo que dificulta identificar cuál es el circuito de cada carga. Esto provoca riesgos operativos y retrasos al momento de realizar algún mantenimiento. De igual manera, no se evidenció el diagrama unifilar dentro del tablero, lo cual es fundamental para la interpretación de la distribución interna del sistema.

Existe un desbalance de cargas en el tercer barraje, con una corriente de 228.5 a diferencia de las otras dos fases, esto puede ocasionarse por una distribución desigual de las cargas monofásicas o fallas en los equipos que se encuentran conectados a esa barra, se sugiere realizar actividades de medición de corriente por cada una de las

fases, verificar apriete y el estado de cada uno de los terminales, redistribuir las cargas y actualizar la documentación con respecto al tablero de distribución principal.

#### **4.2.2.4 Aspectos mecánicos del tablero de distribución principal.**

La estructura del tablero no presenta deformaciones visibles, el cierre de las puertas se encuentran en buen estado, aunque no se visualizó sellos de seguridad, dentro del tablero se pudo presenciar acumulación de polvo excesivo lo cual favorece la corrosión y afecta a los elementos internos del tablero. Durante la inspección se evidenció que algunos conductores cuentan con una curvatura muy pronunciada, lo que genera esfuerzos mecánicos en los terminales. Se recomienda realizar una limpieza a la parte interna y externa del tablero, instalación de sellos de seguridad, hacer una adecuación del tendido de los conductores y colocar barras de protección.

### **4.3 Cuarto de transformación.**

Al realizar la inspección técnica en el cuarto de transformación, se observaron ciertas variables como lo son la limpieza, pintado y ventilación. El cuarto presenta acumulación excesiva de polvo y telarañas en paredes y superficies del mismo, lo cual muestra un plan de limpieza regular. Las paredes del cuarto presentan manchas de humedad que evidencian la presencia de filtraciones. Esto favorece la corrosión de los elementos eléctricos y el recubrimiento de la pintura se encuentra desgastado. Con respecto a la ventilación del cuarto, el sistema no satisface la necesidad de aire, ya que el cuarto solo dispone con dos ventanas que poseen rejas, pero sin malla protectora, lo cual permite la entrada de agentes externos como lo son el polvo, humedad, insectos y otros contaminantes que reducen la circulación del aire.

Todos estos factores representan un riesgo para la operación segura del sistema eléctrico, por este motivo se recomienda implementar un plan de mantenimiento donde

se realicen actividades de limpieza, reparación y pintura, así mismo la instalación de mallas y mejorar el sistema de ventilación.

#### **4.4 Propuesta.**

En el año 2025 se propone la implementación de un plan de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo al cuarto de transformación y tablero de distribución principal de la facultad de educación técnica para el desarrollo.

En el cuarto de transformación se sugiere realizar el mantenimiento preventivo dos veces en al año, donde se incluya limpieza general, mediciones de los parámetros eléctricos y de temperatura. También se tiene que realizar la verificación de conexiones e inspecciones técnicas visuales. El mantenimiento predictivo se ejecutará una vez en el año, donde se harán estudios termográficos, pruebas eléctricas y pruebas de aceite dieléctrico. El mantenimiento correctivo se efectuará de manera inmediata cuando se detecten averías o anomalías.

En el tablero de distribución principal, se realizará el mantenimiento preventivo trimestralmente, donde se desarrollará una revisión técnica, limpieza interna, apriete de bornes, verificación del estado de breakers y ordenamiento de conductores. El mantenimiento predictivo se hará una vez en el año, donde se ejecutarán mediciones de los parámetros eléctricos y análisis termográficos. El mantenimiento correctivo se aplicará cuando se presenten anomalías en breakers, fusibles, conductores u otros componentes. Al implementar este plan de mantenimiento para ambos sistemas, mejorará la confiabilidad del sistema eléctrico y prolongará la vida útil de estos equipos.

#### **4.5 Personal técnico**

Para la ejecución del plan de mantenimiento del cuarto de transformación, se contará con personal técnico especializado, capacitado en trabajos de sistemas eléctricos de media y baja tensión. El equipo estará conformado por:

- Ingeniero eléctrico responsable: el cual estará encargado de supervisar, coordinar las actividades y verificar el cumplimiento de normas técnicas
- Técnicos electricistas: Responsables de la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Técnico mecánico: encargado de la revisión, ajuste y reparación de componentes mecánicos, como estructuras de soporte, sistema de ventilación y fijaciones.
- Personal de apoyo: auxiliares encargados de la manipulación de herramientas, orden y limpieza de la zona de trabajo.
- Técnico en seguridad industrial: responsable de garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad laboral.

#### **4.6 Equipos para mantenimiento**

Dentro del plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo se utilizan equipos especializados, los cuales nos ayudan a medir, limpiar, ajustar y verificar el correcto funcionamiento del banco de transformadores. A continuación, se presenta cuáles son estos equipos.

##### **4.6.1 Equipos de medición**

- Cámara termográfica: dispositivo que, por medio de la radiación infrarroja, mide y detecta las variaciones de temperatura que existen en la superficie de un objeto.
- Multímetro: dispositivo que mide parámetros eléctricos como voltajes, corrientes y resistencias.

- Pinza amperimétrica: dispositivo de medición eléctrica que permite medir la corriente que circula por el conductor sin necesidad de interrumpir el circuito.
- Megohmetro: su función es medir la resistencia de los equipos, sistemas eléctricos y aislamientos de cables.
- Analizador de calidad de energía: Instrumento encargado de medir y analizar las características de la electricidad como voltaje, corriente, frecuencia y potencia en un sistema eléctrico.

#### **4.6.2 Herramientas de limpieza.**

En el mantenimiento eléctrico se realizan actividades de limpieza dentro del cuarto de transformación, especialmente en los transformadores y tablero de distribución principal, la limpieza es esencial, ya que garantiza un funcionamiento seguro y eficiente, las herramientas de limpieza más comunes son:

- Sopladora
- Guaípe
- Cinta aislante
- Cinta autofundente
- Pasta de contacto
- Cepillos dieléctricos
- Herramientas

#### **4.6.3 Equipos de seguridad**

Al realizar el mantenimiento eléctrico, se utilizan equipos de seguridad que garantizan la protección del personal ante riesgos de electrocución, caídas, quemaduras y otros accidentes. Los equipos de protección más comunes son:

- Guantes dieléctricos
- Casco de seguridad

- Botas dieléctricas
- Gafas de seguridad
- Protectores auditivos

#### **4.7 Etapas de pruebas.**

Las pruebas eléctricas son parte del mantenimiento de transformadores, se realizan para verificar el correcto funcionamiento de los equipos y detectar posibles fallas antes de que se presenten problemas graves. Las principales pruebas eléctricas son:

- Prueba eléctrica megahmetro
- Prueba de la medición de resistencia de aislamiento con el equipo MEGGER MIT-1525 a 15.000 V.
- Prueba del índice de polaridad.
- Prueba de la relación de absorción eléctrica.
- Prueba de la relación de transformación con el equipo MEGGER-TTR 330
- Prueba de la resistencia de los devanados con el equipo MEGGER – MTO 210
- Prueba de medición de resistencia de la malla puesta a tierra
- Prueba de factor de potencia
- Prueba de aceite dieléctrico

#### 4.8 Diagrama de Gantt.

**Tabla 8.** Diagrama de Gantt - Plan de mantenimiento eléctrico.

Diagrama de Gantt-: plan de mantenimiento eléctrico.

Actividad	tipo de mantenimiento	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas
Inspección técnica visual	Preventivo				
Estudio termográfico	Predictivo				
Medición de corriente y voltaje	Predictivo				
Evaluación de puesta a tierra	Predictivo				
Limpieza de cuarto de transformación	Preventivo				
Ajuste de conexiones eléctricas	Preventivo				
Reemplazo de cinta autofundente y colocación de pasta de contacto	Preventivo				
Pruebas eléctricas	Preventivo				
Análisis de aceite dieléctrico	Predictivo				
Filtrado o completado de aceite (si aplica)	Preventivo				
Corrección de fuga de aceite y puntos calientes	correctivo				
Reparación o cambio de componentes defectuosos	correctivo				
Informe técnico de mantenimiento y actualización del historial.	Todos				

**Nota:** Diagrama de Gantt. Elaboración propia.

La tabla 8 nos muestra el diagrama de Gantt, donde se detallan las actividades que se van a llevar a cabo en el plan de mantenimiento eléctrico, preventivo, predictivo y correctivo, correspondientes al cuarto de transformación de la facultad de educación

técnica para el desarrollo. Este plan permite tener una visión más amplia de la secuencia de actividades, los tiempos de ejecución y las intervenciones que se llevarán a cabo.

## **Capítulo 5: Presupuesto referencial de plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo a cuarto de transformación.**

En este capítulo se presenta un presupuesto referencial para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo del cuarto de transformación. La finalidad de este presupuesto es dar a conocer el costo total de materiales y equipos que se utilizan dentro del mantenimiento. Enfatizando que la inversión de un mantenimiento resulta menos costosa a largo plazo, ya que evita que se realicen paradas no programadas o el reemplazo de los equipos.

### 5.1 Estimación de presupuesto detallado de plan de mantenimiento.

**Tabla 9** Presupuesto referencial de mantenimiento de transformadores (3x100 KVA).

<b>Actividades</b>	<b>Descripción</b>	<b>cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total.</b>
Inspección técnica visual	Verificación de condiciones operativas del banco de transformadores.	1	0.00	0.00
Mantenimiento preventivo predictivo al banco de transformadores de 3x100 KVA.	Limpieza profunda al cuarto de transformación, ajuste de conexiones de los equipos, revisión de nivel de aceite, aplicación de cinta autofundente y pasta de contacto.	3	100,00	300,00
Pruebas eléctricas.				
	Prueba de resistencias de aislamiento	3	150,00	150,00
	Prueba de relación de transformación	3	150,00	150,00
	Análisis físico químico de aceite	3	300,00	300,00
Mantenimiento correctivo (si se requiere)	Sustitución de empaques TR-1, sellado de fuga de aceite en TR-1 y reapriete mecánico	1	100,00	100,00

Materiales eléctricos	Fusibles, aceite dieléctrico, cinta autofundente, pasta de contacto, cinta aislante, guaípe, pintura, tornillería, etc.	3	50,00	150,00
Pintado del cuarto de transformación	Eliminación de óxido, restos de pinturas, limpieza de paredes y aplicación de pintura anticorrosiva.	1	200,00	200,00
Colocación de mallas en ventanas.	Instalación de mallas en dos ventanas para evitar el ingreso de agentes externos.	1	150,00	150,00
Corte y reconexión del sistema.	Desenergizado del sistema eléctrico.	1	45,00	45,00
Costo total:				1.545,00

**Nota:** Presupuesto referencial de plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo del banco de transformadores. Elaboración propia.

En la tabla 8 podemos visualizar el detalle de presupuesto referencial, para el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo del banco de transformadores, ubicado en la facultad de educación técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. En el cual se detallan actividades que son parte del plan de mantenimiento, el mismo que ayuda en el buen funcionamiento operativo del sistema eléctrico.

**Tabla 10** Presupuesto referencial de mantenimiento al tablero de distribución principal.

Actividad	Descripción	cantidad	Costo total
Inspección técnica visual.	Verificación de condiciones operativas del tablero de distribución principal.	1	0,00
Mantenimiento preventivo y predictivo	Limpieza externa e interna del tablero de distribución, aplicación de pasta de contacto y ajuste de conexiones mecánicas.	1	100,00

Estudio termográfico.	Estudio termográfico para detección de puntos calientes.	1	40,00
Marquillado (breakers, barras y conductores)	Marquillado (breakers, barras y conductores)	1	100,00
Mantenimiento correctivo.	Cambio de breaker que se encuentran defectuosos, cambio de terminales dañadas y reparación de conexiones sueltas.	1	300,00
Costo total			540,00

**Nota:** Presupuesto referencial de mantenimiento del tablero de distribución principal. Elaboración propia.

En la tabla 2 se presenta el desglose del presupuesto referencial para el mantenimiento del tablero de distribución principal, que está ubicado dentro del cuarto de transformación, de la facultad de educación técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

## 5.2 Conclusiones.

El plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en el cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo, permitió evaluar el estado actual y las condiciones operativas del cuarto de transformación.

Los resultados reflejaron que, si bien el sistema eléctrico cumple su función de suministro de energía, existen factores que requieren de atención inmediata como lo son la acumulación excesiva de polvo, deficiencia en la ventilación, puntos calientes en el sistema, ausencia de registro histórico de mantenimientos. Los cuales podrían afectar el rendimiento y seguridad de los equipos a largo plazo, si no se implementan acciones predictivas, preventivas y correctivas.

El diagnóstico técnico ayuda a elaborar un plan de mantenimiento que permita anticipar fallas, minimizar paradas imprevistas y alargar la vida útil de los equipos, el

propósito de este análisis es resaltar como el plan de mantenimiento puede ser una herramienta clave para la gestión y optimización de los sistemas eléctricos en la facultad de educación técnica para el desarrollo.

### **5.3 Recomendaciones.**

Se recomienda implementar un programa donde se realicen inspecciones técnicas trimestrales en el cuarto de transformación, con el propósito de revisar regularmente el estado de los equipos eléctricos y su entorno, ya que nos ayudara a detectar con antelación cualquier falla que pueda afectar el suministro eléctrico.

Asimismo, se debe de implementar un plan de mantenimiento eléctrico donde se realicen acciones predictivas, preventivas y correctivas, las cuales garanticen el rendimiento óptimo de los equipos, de igual manera se debe verificar que las condiciones ambientales, como la ventilación y la temperatura del cuarto de transformación sean adecuadas para prevenir sobrecalentamientos y prolongar la vida útil de los equipos.

Finalmente, se sugiere poder contar con un registro detallado de las observaciones y mediciones que se realicen durante la inspección técnica y el mantenimiento eléctrico, ya que, al documentar los parámetros eléctricos, las condiciones ambientales y los hallazgos identificados, facilitará el seguimiento del estado de los transformadores y servirá como base para la toma de decisiones futuras con respecto a su gestión.

## Bibliografía

Arboleda, J. C. (2024). *Diagnóstico y mantenimiento de transformadores de potencia inmersos en aceite* .

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/145c3c63-b910-4be6-b7d7-273a6b5924e8/content>.

ARCONEL. (2020). *El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad* .

[https://www.cna-ecuador.com/wp-content/uploads/2020/06/Reg-Sust-Reg-ARCONEL001-20-Directorio-res-006-20-firm.pdf?utm\\_source](https://www.cna-ecuador.com/wp-content/uploads/2020/06/Reg-Sust-Reg-ARCONEL001-20-Directorio-res-006-20-firm.pdf?utm_source).

ARCONEL. (2023). *El directorio de la agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables*. [https://arconel.gob.ec/wp-](https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/05/Anexo-003-2023-Codificacion-Regulacion-002-20_rev-DE-signed-1.pdf?utm_source)

[content/uploads/downloads/2025/05/Anexo-003-2023-Codificacion-Regulacion-002-20\\_rev-DE-signed-1.pdf?utm\\_source](https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/05/Anexo-003-2023-Codificacion-Regulacion-002-20_rev-DE-signed-1.pdf?utm_source).

ARCONEL. (2024). *El Directorio De La Agencia De Regulación Y Control De ELECTRICIDAD-*

*ARCONEL*. [https://arconel.gob.ec/wp-](https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/12/Regulacion-No.-ARCONEL-008-24-signed.pdf)  
[content/uploads/downloads/2024/12/Regulacion-No.-ARCONEL-008-24-signed.pdf](https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/12/Regulacion-No.-ARCONEL-008-24-signed.pdf).

ARCONEL. (2025). *El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad*.

[https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/04/Regulacion-Nro.-ARCONEL-004-18-historica.pdf?utm\\_source](https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/04/Regulacion-Nro.-ARCONEL-004-18-historica.pdf?utm_source).

Asobanca. (2022). *Guía de distribución de energía eléctrica* . [https://asobanca.org.ec/wp-](https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/18.-Guia-Distribucion-de-energia.pdf)

[content/uploads/2022/12/18.-Guia-Distribucion-de-energia.pdf](https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/18.-Guia-Distribucion-de-energia.pdf).

Asobanca. (2022). *Guía de generación termoeléctrica en Ecuador*.

<https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/16.-Guia-Generacion-termoelectrica.pdf>.

Audax. (2023). *Descubriendo las partes de un transformador de potencia*.

<https://www.audax.com.pe/descubriendo-las-partes-de-un-transformador-de-potencia/>.

Bravo, A. M. (2020). *Conexiones trifasicas de los transformadores1*.

<https://es.scribd.com/document/460084285/conexiones-trifasicas-de-los-transformadores1>.

Carranza, A. F. (2020). *Mantenimiento de transformadores y subestaciones*.

<https://es.scribd.com/document/465408656/MANTENIMIENTO-DE-TRANSFORMADORES-Y-SUBESTACIONES>.

Cervantes, J. R. (2020). *Partes de un transformador y sus funciones*.

<https://es.scribd.com/presentation/480575672/Partes-de-Un-Transformador-y-Sus-Funciones>.

CIEM. (2021). *Operación De Transformadores En Paralelo* .

[https://www.ciem.org.mx/Datos/uploads/Reuniones/Public/CIEM\\_-\\_2021-10-21\\_-\\_MC\\_Enrique\\_Cervantes\\_-\\_Operacion\\_de\\_Transformadores\\_en\\_Paralelo.pdf](https://www.ciem.org.mx/Datos/uploads/Reuniones/Public/CIEM_-_2021-10-21_-_MC_Enrique_Cervantes_-_Operacion_de_Transformadores_en_Paralelo.pdf).

Cuéllar, J. R. (2023). *Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón*.

<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000835280/3/0835280.pdf>

Cuéllar, J. R. (2023). *Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón*. [https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/6df79bce-c045-](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/6df79bce-c045-4ccc-8bb3-2c6e298a4f73/content)

[4ccc-8bb3-2c6e298a4f73/content](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/6df79bce-c045-4ccc-8bb3-2c6e298a4f73/content).

Cuéllar, J. R. (2023). *Propuesta de mantenimiento preventivo para los transformadores de la FES Aragón*. [https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/6df79bce-c045-](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/6df79bce-c045-4ccc-8bb3-2c6e298a4f73/content)

[4ccc-8bb3-2c6e298a4f73/content](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/6df79bce-c045-4ccc-8bb3-2c6e298a4f73/content).

Dailymag. (2024). *¿Qué son los devanados del transformador?*

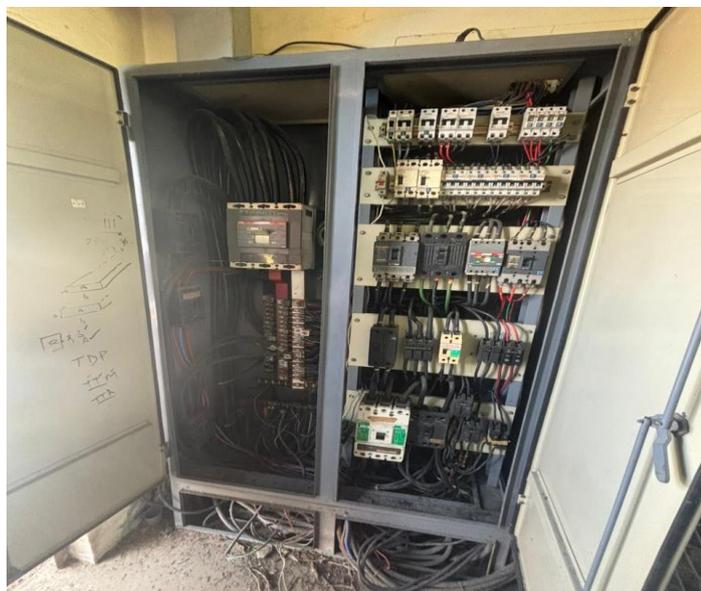
<https://www.maintransformer.com/es/que-son-los-devanados-del-transformador/>.

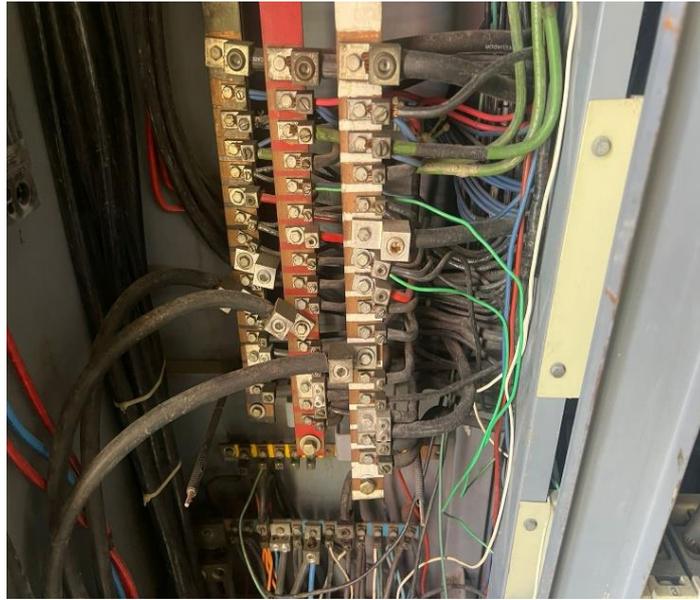
- Ecuatran. (2025). *Distribution Transformers: Single-phase and Three-phase*.  
[https://www.ecuatran.com/wp-content/uploads/2017/02/brochure\\_distribucion-EN.pdf](https://www.ecuatran.com/wp-content/uploads/2017/02/brochure_distribucion-EN.pdf).
- EP, C. (2023). *Sistema nacional de transmisión (SNT)*.  
[https://www.celec.gob.ec/transelectric/?utm\\_source](https://www.celec.gob.ec/transelectric/?utm_source).
- FARADAYOS. (2022). *Conexión delta abierta de banco de transformadores trifásicos*.  
<https://www.faradayos.info/2015/01/conexion-delta-abierta-de-banco-transformadores.html?utm>.
- Figueroa, F. A. (2023). *Planificación de la red de distribución en media y baja tensión, para las comunidades de San Vicente, unión esmeraldeña en la provincia de Orellana*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24829/1/TTS1294.pdf>.
- González Díaz, J. ((s.f.)). *Sistemas de distribución*.  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/784/A4%20SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION.pdf?sequence=4>.
- Guasgua, L. D. (2020). *Selección Óptima De Conexiones Trifásicas En Banco De*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18411/1/UPS%20%20ST004439.pdf?utm>.
- H2scan. (2025). *causas de fallas de transformadores de potencia en aplicaciones industriales*. <https://h2scan.com/causes-of-power-transformer-failures-in-industrial-applications/>.
- IBM. (2023). *Mantenimiento preventivo vs mantenimiento predictivo*.  
<https://www.ibm.com/think/topics/predictive-vs-preventive-maintenance>.
- IESA. (2025). *Ficha técnica: Transformador tipo poste*.  
[https://www.iesacr.com/files/product/ficha/5\\_transformadortipoposte.pdf](https://www.iesacr.com/files/product/ficha/5_transformadortipoposte.pdf).
- Leonel, S. M. (2024). *Análisis e interpretación de las pruebas eléctricas y vida*.  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/23457/1/UCSG-C432-22990.pdf>.

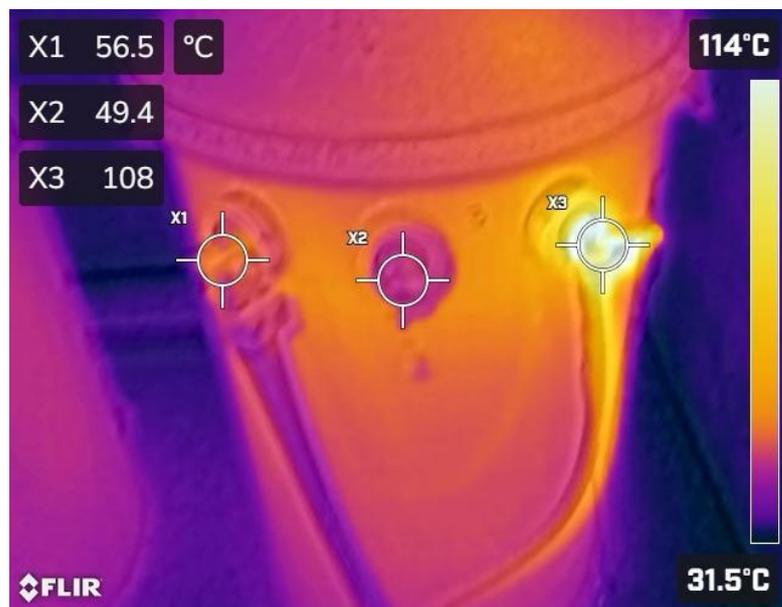
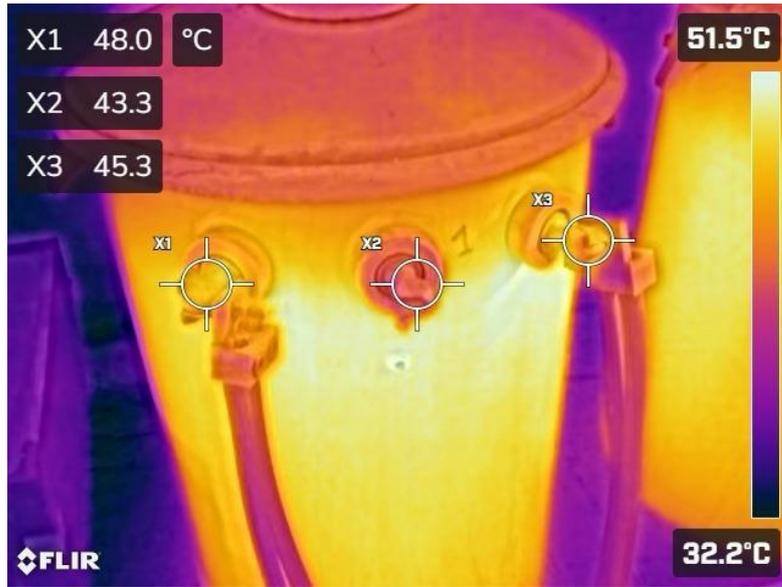
- López, M., Utrera, A., Cruz, M., Vela, A. y Trejo, M. (2024). *2.3 Transformadores monofásicos y trifásicos*. <https://es.scribd.com/document/736741599/2-3-TRANSFORMADORES-MONOFASICO-Y-TRIFASICO?utm>.
- Macas, G. A. (2023). *Estudio y análisis de fallas térmicas, dieléctricas y mecánicas en*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/20925/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-317.pdf>.
- Macías, A. A. (2021). *Análisis de fallas en transformadores de potencia de centrales de generación eléctrica*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20837/1/UPS-GT003353.pdf>.
- ManWinWin Software (2025). *Tareas de Mantenimiento Preventivo: Una guía completa para optimizar el rendimiento de los activos*. <https://www.manwinwin.com/es/tareas-de-mantenimiento-preventivo/>.
- Martínez, S. E. (2023). *Mantenimiento de los transformadores*. <https://es.scribd.com/document/683491349/MANTENIMIENTO-DE-LOS-TRANSFORMADORES>.
- Mera, M. D. (2024). *Mejora en el proceso de servicio de mantenimiento preventivo y correctivo para transformadores de distribución de la empresa Mantransve ubicada en la ciudad de Santo Domingo*. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/2990f470-efed-4f3f-a17e-1dd50a2446ed/content>.
- PILLAJO, C. A. (2022). *Operación de los sistemas trifásicos de transmisión eléctrica: transformador ltc en serie con línea sin transposición y transformador pst serie con línea con transposición*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23372/1/CD%2012787.pdf?utm>.
- redes, E. y. (2025). *Transformadores de corriente*. <https://energiayredes.com/wp-content/uploads/Transformadores-de-Corriente.pdf>.

- Renovables, M. d. (2020). *Expansión de la generación eléctrica en Ecuador*. .  
<https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>.
- Renovables, M. d. (2023). *Ecuador consolida la producción eléctrica a partir de fuentes renovables*. . <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>.
- S.A.S, M. (2025). *Guía para el manejo del transformador trifásico convencional*.  
[https://www.magnetron.com.co/images/2018/PDF-GUIAS-TECNICAS/guia\\_transformador\\_trifasico\\_convencional.pdf](https://www.magnetron.com.co/images/2018/PDF-GUIAS-TECNICAS/guia_transformador_trifasico_convencional.pdf).
- Salazar, B. J. (2023). *Diseño de la red eléctrica primaria y secundaria para la comunidad de domingo playa cañaris en la provincia de orellana, mediante la aplicación de la normativa local vigente*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26433/1/TTS1579.pdf>.
- Salvatierra, G. R. (2024). *Análisis de confiabilidad de la línea de subtransmisión L2 dos cerritos desde el punto de entrega hasta subestación dos cerritos-CNEL EP unidad de negocios Guayas Los Ríos utilizando el software power factory de digilent*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27291/1/UPS-GT004953.pdf>.
- UNAM. (s.f.). *Capítulo 1. conceptos básicos*.  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/326/4/A4.pdf>.
- Vásquez, J. I. (2024). *Análisis de cargabilidad de transformadores de distribución de la empresa eléctrica centro sur ca y su impacto técnico y económico*.  
<file:///C:/Users/DELL/Downloads/Trabajo-de-Titulaci%C3%B3n.pdf>.
- Vera, L. E. (2022). *Actualización del manual de construcción, cálculo, instalación, operación y mantenimiento de transformadores de pequeña y mediana potencia*. cuenca:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22489/1/UPS-CT009740.pdf>.

## Anexos











## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	<b>Plan de mantenimiento eléctrico predictivo, preventivo y correctivo para el cuarto de transformación de la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil</b>		
<b>AUTOR(ES)</b>	Aguilera Flores, María Fernanda.		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Bohórquez Escobar, Celso Bayardo		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electricidad		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	01 de septiembre de 2025.	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	75
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Cuarto de transformación, instalaciones eléctricas, mantenimiento eléctrico.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Mantenimiento eléctrico, transformadores, plan de mantenimiento, seguridad eléctrica, confiabilidad.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>El presente trabajo de titulación tiene como propósito elaborar un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el cuarto de transformación de la facultad de educación técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Este plan se enfoca en el análisis del estado actual del cuarto de transformación para posteriormente elaborar un plan de mantenimiento eléctrico que permita mantener la continua operatividad del sistema eléctrico, garantizar la seguridad del personal y de las instalaciones de la facultad y cumplir con cada una de las normativas técnicas y de seguridad vigentes.</p> <p>Este análisis permitió identificar cuáles son las fallas y deficiencias dentro del cuarto de transformación y en los elementos que lo componen como los transformadores y tablero de distribución principal, lo que ayudo a determinar cuáles son las actividades que se deben de realizar en el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Como resultado, se realizó un plan de mantenimiento eléctrico, donde se establece la regularidad de actividades a ejecutar, con el propósito de reducir fallas y riesgos, prolongar la vida útil de los equipos y asegurar el cumplimiento de las normativas vigentes.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 959274315 ( <b>registrar teléfonos</b> )	E-mail: <a href="mailto:maria.aguilera04@cu.ucsg.edu.ec">maria.aguilera04@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Ubilla González Ricardo Xavier		
	<b>Teléfono:</b> 0999528515		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec">ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			