



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TEMA:

**Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del
transformador de potencia de 69kV a 13.8kV de la
Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena.**

AUTOR

ES:

**Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto
Valverde Velásquez, Jorge Luis**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELÉCTRICO**

TUTOR:

Ing. Nino Tello Vega Ureta M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

2 de septiembre del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto y Valverde Velásquez, Jorge Luis**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de: **Ingeniero Eléctrico**.

TUTOR (A)

f. _____

Ing. Nino Tello Vega Ureta M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar PHD.

Guayaquil, 2 de septiembre del año 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69kV a 13.8kV de la subestación Libertad en la provincia de Santa Elena**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 2 de septiembre del año 2024

EL AUTOR.

f. _____

Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Valverde Velásquez, Jorge Luis**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69kV a 13.8kV de la subestación Libertad en la provincia de Santa Elena**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 2 de septiembre del año 2024

EL AUTOR.

f. _____

Valverde Velásquez, Jorge Luis



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

AUTORIZACIÓN

Yo, Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69kV a 13.8kV de la subestación Libertad en la provincia de Santa Elena**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 2 de septiembre del año 2024

EL AUTOR:

f. _____

Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Valverde Velásquez, Jorge Luis**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69kV a 13.8kV de la subestación Libertad en la provincia de Santa Elena**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 2 de septiembre del año 2024

EL AUTOR:

f. _____
Valverde Velásquez, Jorge Luis

REPORTE DE COMPILATIO



f. _____

Ing. Nino Tello Vega Ureta M. Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su protección y sus bendiciones hacia mi persona.

Agradezco a mi familia, especialmente a mi esposa y a mis hijos, por su apoyo incondicional durante mis estudios universitarios.

Agradezco a los docentes de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por sus sabias enseñanzas.

Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminar y bendecir mi vida y darme la salud y fortaleza suficiente para obtener este título profesional.

Agradezco a mi familia, con énfasis especial en mi esposa y mis hijos, por su apoyo incondicional durante todos mis años de estudio en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Agradezco a los docentes de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, porque supieron cumplir con su labor de prepararnos como profesionales para ser productivos en el futuro inmediato.

Valverde Velásquez, Jorge Luis

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mis seres queridos, porque a ellos les debo mucho de su tiempo y de su esfuerzo hacia mi persona.

Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto

DEDICATORIA

Este título profesional está dedicada a las personas que comparten todos los días conmigo en mi hogar.

Valverde Velásquez, Jorge Luis



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 PHD.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. RICARDO UBILLA GONZÁLEZ MGS.

COORDINADOR DE UTE

f. _____

ING. RONNIE ALEXANDER BONILLA SANCHEZ MGS.

OPONENTE

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	2
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1. introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Planteamiento del Problema.....	3
1.4. Justificación	6
1.5. Objetivos	7
1.5.1. Objetivo General.....	7
1.5.2. Objetivos Específicos	7
1.6. Hipótesis.....	8
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL.....	9
2.1. Subestación Eléctrica	9
2.1.1. Generalidades de una Subestación Eléctrica	9
2.1.2. Disposición Física de Subestación Eléctrica.....	
2.1.3. Tipos de Subestaciones Eléctricas	
2.1.4. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas	14
2.1.4.1. Según la función desempeñada	14
2.1.4.2. Según diseño de construcción.....	15
2.1.4.3. Según tipo de aislamiento	16
2.1.5. Equipos de una Subestación Eléctrica.....	17
2.1.5.1. Seccionadores de Aire Principal	18
2.1.5.2. Pararrayos.....	18
2.1.5.3. Fusibles de Potencia	18
2.1.5.4. Disyuntor de Potencia	19
2.1.5.5. Reconectores.	19
2.1.5.6. Transformadores de Corriente de Medida.	20
2.1.5.7. Transformadores de Potencial de Medida.	20
2.1.5.8. Servicios Auxiliares.	21
2.1.5.9. Banco de Capacitores	22

2.1.5.10.	Aisladores	22
2.1.5.11.	Sistema de Puesta a Tierra.....	22
2.1.5.12.	Transformador de Potencia.....	23
2.1.5.13.	Otros tipos de transformadores.....	26
2.1.6.	Clasificación de los transformadores de tensión y corriente ...	27
2.2.	Fundamento para el diagnóstico de las condiciones del funcionamiento del transformador	28
2.2.1.	Pruebas al Transformador	28
2.2.2.	Parámetros para la medición de las condiciones actuales del funcionamiento de los equipos de la subestación eléctrica	29
2.2.3.	Software para la medición de las condiciones actuales del funcionamiento de los equipos de la Subestación Eléctrica	31
2.3.	Marco Legal.....	31
2.3.1.	Estándar IEC61850	31
CAPÍTULO III.....		35
DESARROLLO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.....		35
3.1.	Enfoque metodológico	35
3.2.	Tipo de investigación	35
3.3.	Diseño de investigación.....	
3.4.	Objeto de investigación	36
3.5.	Población y muestra	36
3.6.	Técnica e instrumento de investigación	36
3.7.	Procedimiento de la información.....	37
3.8.	Análisis e interpretación de los resultados	37
3.9.	Objetivo específico 1: Situación de la Subestación Libertad, transformador de potencia.....	38
3.9.1.	Comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2023	39
3.9.2.	Comportamiento del amperaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2023	41
3.9.3.	Comportamiento del desbalance de corriente en el transformador de potencia. 2023.....	43
3.9.4.	Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia. 2023	45

3.9.5. Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia. 2023	47
3.9.6. Comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2024	49
3.9.7. Comportamiento del amperaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2024	51
3.9.8. Comportamiento del desbalance de corriente en el transformador de potencia. 2024	53
3.9.9. Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia. 2024	55
3.9.10. Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia. 2024	57
CAPÍTULO IV	60
DESARROLLO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.....	60
4.1. Objetivo específico 2: diagnóstico del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, Subestación Libertad	60
4.2. Análisis de fallos	60
CAPÍTULO V	
DESARROLLO DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO	
5.1. Objetivo específico 3: análisis estadístico de los parámetros más relevantes, asociados al funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad	65
5.2. Pronóstico de la oferta eléctrica de la Subestación Libertad	65
CAPÍTULO VI	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1. CONCLUSIONES	70
6.2. RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tipos de subestaciones</i>	13
Tabla 2 <i>Diagnóstico de fallos del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV</i>	61
Tabla 3 <i>Resultados del Check List del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV</i>	62
Tabla 4 <i>Datos históricos de la oferta de energía eléctrica en la subestación Libertad</i>	66
Tabla 5 <i>Pronóstico de la oferta del suministro eléctrico en la Subestación Libertad</i>	67
Tabla 6 <i>Pronóstico de la demanda de energía eléctrica en la Subestación Libertad</i>	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Subestación eléctrica</i>	9
Figura 2 <i>Transformador de potencia</i>	24
Figura 3 <i>Transformador de corriente</i>	26
Figura 4 <i>Vista frontal del transformador de potencia de la Subestación Libertad</i>	38
Figura 5 <i>Diagrama eléctrico del transformador de potencia de la Subestación Libertad</i>	39
Figura 6 <i>Medición de comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia, en voltios. Enero 2023</i>	40
Figura 7 <i>Medición de comportamiento del amperaje en los ramales A, B y C del transformador de potencia, en amperios. Enero 2023</i>	42
Figura 8 <i>Medición del desbalance de corriente en el transformador de potencia, en Kw, KVAR y KVA. Enero 2023</i>	44
Figura 9 <i>Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia, en Kw, KVAR y KVA. Enero 2023</i>	46
Figura 10 <i>Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia, en Kwh, KVARh y KVAh. Enero 2023</i>	48
Figura 11 <i>Medición de comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia, en voltios. Enero 2024</i>	50
Figura 12 <i>Medición de comportamiento del amperaje en los ramales A, B y C del transformador de potencia, en amperios. Enero 2024</i>	52
Figura 13 <i>Medición del desbalance de corriente en el transformador de potencia, en Kw, KVAR y KVA. Enero 2024</i>	54
Figura 14 <i>Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia, en Kw, KVAR y KVA. Enero 2024</i>	56
Figura 15 <i>Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia, en Kwh, KVARh y KVAh. Enero 2024</i>	58

Figura 16 <i>Esquema del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kv</i>	60
Figura 17 <i>Datos históricos de la oferta del suministro eléctrico en la Subestación Libertad</i>	66
Figura 18 <i>Pronóstico de la oferta del suministro eléctrico en la Subestación Libertad</i>	67
Figura 19 <i>Pronóstico de la demanda de energía eléctrica en la Subestación Libertad</i>	68

RESUMEN

La presente se refiere a un diagnóstico de las condiciones actuales en que se encuentra el transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, el cual pertenece a la Subestación Libertad ubicada en la provincia de Santa Elena. Por esta razón, el objetivo general consiste en estudiar las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena. La metodología aplicada fue descriptiva, cuantitativa, de campo, con diseño no experimental, utilizando la observación directa y el análisis documental para efectuar el diagnóstico de esta subestación eléctrica, con fundamento en los registros proporcionados por esta entidad pública. Los resultados pusieron de manifiesto un comportamiento irregular de los principales parámetros de potencia del transformador, referidos a la energía aparente, activa y reactiva entregada y recibida, con averías que generaron la interrupción del suministro eléctrico a la población local, las cuales puede impedir cubrir la demanda de energía eléctrica en los próximos años. En conclusión, es necesario potenciar la conservación de este transformador, para cumplir con el pronóstico de la oferta del suministro eléctrico.

Palabras claves: diagnóstico, transformador de potencia, averías, pronóstico.

ABSTRACT

This refers to a diagnosis of the current conditions of the power transformer from 69 kV to 13.8 kV, which belongs to the Libertad Substation located in the province of Santa Elena. For this reason, the general objective is to study the current operating conditions of the power transformer from 69 kV to 13.8 kV of the Libertad Substation in the province of Santa Elena. The methodology applied was descriptive, quantitative, field, with a non-experimental design, using direct observation and documentary analysis to carry out the diagnosis of this electrical substation, based on the records provided by this public entity. The results revealed an irregular behavior of the main power parameters of the transformer, referring to the apparent, active and reactive energy delivered and received, with breakdowns that generated the interruption of the electricity supply to the local population, which may prevent covering the demand for electrical energy in the coming years. In conclusion, it is necessary to promote the conservation of this transformer, to meet the electricity supply forecast.

Keywords: diagnosis, power transformer, breakdowns, prognosis.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1. introducción

La presente investigación se realiza porque las condiciones actuales de funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, en el espacio donde se delimita el estudio, en referencia a la subestación eléctrica Libertad, pueden generar dificultades para el suministro de la energía eléctrica a la población de la provincia de Santa Elena, en el año 2024 y periodos anuales posteriores.

Debido a la importancia que tiene el suministro eléctrico en la generación de desarrollo económico y social de las comunidades de la provincia de Santa Elena, se seleccionó este tema de estudio, para analizar en qué condiciones se encuentra el actual transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, para luego de los resultados esperados, sugerir las mejoras pertinentes para minimizar el riesgo de interrupción en la distribución de la energía eléctrica, tanto para los sectores residenciales como empresariales, quienes son los principales beneficiarios de este trabajo investigativo.

El objetivo principal de este trabajo investigativo consiste en estudiar las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena, con el propósito de emitir sugerencias, en caso, los hallazgos esperados puedan predecir algún comportamiento anómalo de este equipo de gran relevancia en el sistema eléctrico en referencia.

Basado en el cumplimiento de este objetivo, se ha planteado el siguiente esquema para el contenido del estudio:

- Primero se analiza el problema de la investigación, describiendo los aspectos que llevaron a seleccionar este tema y formulando la problemática a través de una interrogante. Prosigue este análisis de la primera unidad, con la justificación y objetivos del estudio.
- Luego, el análisis continúa con la fundamentación conceptual de las variables del estudio, es decir, analizando los principales equipos de una subestación eléctrica, poniendo mayor énfasis en los transformadores. Además, en esta unidad se incluye el marco legal, normativizado por el estándar IEC61850.
- Posteriormente se analizó el estudio del proyecto, en donde se inició con los aspectos metodológicos, para emitir los resultados obtenidos sobre las condiciones actuales de funcionamiento del transformador en cuestión, en la subestación en donde se delimita la investigación, procediendo también con la discusión de estos hallazgos.
- Finalmente, se expusieron las conclusiones y recomendaciones de este trabajo investigativo.

1.2. Antecedentes

La crisis energética que ha atravesado el país en los últimos meses del año pasado, así como en el primer semestre de este año 2024, fueron esenciales para la selección del tema referido al estudio de las condiciones actuales en que se encuentra el funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV perteneciente a la Subestación Libertad, la cual se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, de manera que, se pueda señalar cómo está operando este equipo fundamental para la distribución de energía a la población de Salinas y Libertad.

1.3. Planteamiento del Problema

El sector energético es uno de los pilares principales del desarrollo económico en los diferentes países del mundo entero, según la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2024), razón por la cual, es necesario la investigación sobre las condiciones actuales del funcionamiento de los

diferentes equipos que, forman parte de las subestaciones eléctricas que, abastecen a la población del suministro eléctrico, destacando que, uno de los componentes de mayor importancia en estas subestaciones, es precisamente el transformador de potencia.

A pesar de ello, debido a que, los sistemas eléctricos de la mayoría de los países latinoamericanos tienen como mecanismo principal para su funcionamiento, a los agentes provenientes de la naturaleza, como es el caso de la energía hidráulica, proveniente de los ríos, se exponen a correr el riesgo de desabastecimiento por estiajes (Arciniegas et al., 2020).

Se requiere que, los transformadores de potencia de las subestaciones eléctricas dispongan de condiciones óptimas de funcionamiento, tanto en capacidad de abastecimiento, como en la programación del mantenimiento de sus componentes, de modo que, se pueda garantizar la continuidad del suministro eléctrico a la población (Chamba et al., 2022).

Así, por ejemplo, en un artículo publicado en Paraguay, se estimó como resultado principal que, el crecimiento del consumo interno de energía, se incrementaría hasta un punto que, desbordaría la capacidad instalada del sistema eléctrico de ese país, en el año 2030, si es que, el estado no realiza los proyectos para su fortalecimiento y ampliación, en el corto y mediano plazo, debido a su vez, al crecimiento demográfico de la población de esa nación latinoamericana (Ríos, 2024).

Mientras tanto, a nivel nacional, Gallo y Pérez (2021) consideraron la importancia de la planeación de las actividades de apoyo en las subestaciones eléctricas, en donde el mantenimiento constituye un elemento clave, aunque no es la única, porque también es necesaria la verificación de la relación entre la capacidad instalada de sus equipos y la demanda de energía eléctrica por parte de la población beneficiaria, de modo que, es importante conocer la capacidad de abastecimiento actual, como parte del estudio de las

condiciones de funcionamiento, no solo de los transformadores, sino de todos los equipos que se encuentran en estas subestaciones eléctricas.

Esta problemática en análisis adquiere mayores connotaciones, porque Martínez y Castro (2024), han enfatizado en que, el acceso a la energía eléctrica es un derecho, el cual no se cumple a cabalidad en el país, debido a que, todavía en el siglo XXI, hay amplios sectores rurales que no cuentan con energía eléctrica, mientras que, los sectores urbanos padecen de cortes de este suministro, los cuales, en algunos sectores geográficos del Ecuador, ya se han hecho recurrentes.

Se analiza el problema correspondiente a la necesidad de conocer las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena, la cual abastece a una extensión de población importante en esta provincia, que, en el caso, llegara a existir deterioro de algunos de sus mecanismos, acarrearía un severo problema para la generación de energía a la ciudadanía de esa localidad.

La principal causa asociada a la problemática radica en las investigaciones limitaciones que se han realizado en la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena, por lo que, son escasos un conocimiento profundo de las condiciones actuales que atraviesa el funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV.

Si no se logra conocer el estado actual de este transformador en mención y de los mecanismos asociados a su funcionamiento en la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena, entonces, se puede agudizar cualquier deterioro existente, afectando al programa de mantenimiento y a las inversiones en el sector energético, así como a los pronósticos de abastecimiento de la demanda.

Si la situación se profundiza y no se lleva a cabo este estudio, entonces, el transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad podría afectar su funcionamiento, limitando la generación de energía eléctrica a la población beneficiaria, ocasionando ingentes pérdidas a la economía del país y a la propia infraestructura eléctrica de la localidad.

1.4. Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad imperiosa de mantener en óptimas condiciones de funcionamiento, al transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena, para minimizar el riesgo de un desabastecimiento del suministro eléctrico a la población de esta localidad y de afectación a la economía local (Naranjo, 2022).

Por ello, es necesario mencionar el aporte de los resultados de este estudio, el cual debe servir para que las autoridades y el personal técnico en Ingeniería Eléctrica, pueda tomar las decisiones de mayor relevancia, para asegurar las condiciones óptimas de funcionamiento, al transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad, para beneficio de la localidad en general (Celia et al., 2019).

Por otra parte, los resultados de este estudio podrán llenar el vacío de conocimiento generado, porque actualmente no se conoce las condiciones actuales de funcionamiento, al transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad, lo que puede ponerse a disposición de los expertos, para que, continúen con las investigaciones sobre el fortalecimiento del sistema eléctrico de la localidad y aumenten la cantidad de cuerpos teóricos sobre la solución a esta problemática (CNEL EP - Unidad de Negocio Santa Elena, 2023).

Además, es necesario poner de manifiesto la relevancia social del presente estudio, porque beneficia a la población en general, si es que, porque

al conocer las condiciones actuales de funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad, se podrá sugerir las mejoras pertinentes, para contribuir con la potenciación del sistema energético y el desarrollo económico de la localidad (Lema, 2020).

A ello se añade el beneficio indirecto que, generan los resultados del presente estudio, para los profesionales en Ingeniería Eléctrica, así como a las autoridades de la Subestación Libertad, en procura de cumplir con los principios constitucionales y fortalecer la imagen de esta institución pública (Celia et al., 2019).

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Estudiar las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Describir teóricamente, la importancia del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, como elemento de mayor relevancia de las subestaciones eléctricas.
- Realizar el diagnóstico de la situación actual del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena.
- Efectuar un análisis estadístico de los parámetros más relevantes, asociados al funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad, mediante herramientas que contribuyan a la toma de decisiones.

1.6. Hipótesis

Las condiciones actuales de funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV influyen en la eficiencia operativa de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1. Subestación Eléctrica

2.1.1. Generalidades de una Subestación Eléctrica

Las subestaciones eléctricas en todo el mundo constituyen infraestructuras de gran repercusión en la vida económica de un país, en este caso, se refiere a un sistema de potencia, cuyo propósito radica en encargarse de la transmisión y distribución energética a una población o comarca determinada.

Estos sistemas eléctricos deben estar conformados por varios dispositivos que se conectan entre sí de manera coordinada, de modo que, no solo puedan cumplir con su objetivo principal, sino que, además, deben ser lo más eficientes posibles para minimizar los costos estatales en la producción y distribución de energía eléctrica (Masabanda, 2023).

En la siguiente figura 1, se muestra el espacio geográfico donde los autores desarrollan su trabajo de investigación, siendo este la Subestación Eléctrica Libertad ubicado en la provincia de Santa Elena.

Figura 1

Subestación eléctrica



Nota: Fotos tomadas por autores (2024) en la Subestación Libertad.

La figura anterior, comprende de la infraestructura de la Subestación Libertad, donde se ha suscitado la problemática por lo que, es necesario que se visualice la planta eléctrica, respectivamente con la fachada de la Unidad de Negocio Santa Elena (Peláez y Valverde, 2024).

La infraestructura diseñada para la instalación de las subestaciones, no solo debe incluir los dispositivos necesarios para garantizar la continuidad del fluido eléctrico, sino que, también, debe disponer del espacio suficiente para que, estos dispositivos en mención, puedan ser eficientes y capaces de continuar con la distribución energética, cumpliendo con todos los estándares fijados para la puesta en marcha de estas estructuras que, deben brindar la seguridad suficiente para evitar cualquier tipo de incidente en los diferentes puestos de trabajo (Torres, 2021).

En términos generales, la importancia que tienen las subestaciones eléctricas de potencia (SEP) en el desarrollo económico y social de las diferentes naciones, se debe contar con sistemas eficientes para el monitoreo de los equipos de esta infraestructura, de manera que, la interconexión de cada punto del sistema en referencia, sean totalmente confiables, en donde también tiene gran repercusión la conservación de cada uno de los dispositivos presentes en estas estructuras del sistema eléctrico (Bustamante, 2022).

En consecuencia, los autores mencionados en los párrafos anteriores han manifestado las diferentes concepciones de las SEP, así como su importancia a nivel local y nacional, siendo su objetivo primordial la distribución y transmisión de energía eléctrica.

Sin embargo, es digno de destacar que, el principal componente de estos sistemas se hace palpable en el transformador de potencia, el cual es el centro de estas infraestructuras y de su estado óptimo depende en gran

medida la eficiencia en la entrega del fluido eléctrico a la ciudadanía beneficiaria.

2.1.2. Disposición Física de Subestación Eléctrica

La disposición física de las SEP depende en gran medida del origen de la formación de la energía eléctrica, por ejemplo, no es lo mismo la producción energética a través de sistemas térmicos que, mediante mecanismos hidráulicos u otros medios sostenibles, porque se estima que, las conexiones de los diferentes puntos eléctricos deben minimizar los costos en la producción del suministro en cuestión.

La construcción de estas infraestructuras debe cumplir con los estándares internacionales y no solo nacionales, porque además de la eficiencia energética, también debe asegurar la seguridad de los trabajadores y de la comunidad circundante, así como el respeto a las normas ambientales (Barbosa y Pullutasig, 2021).

En este contexto, la eficiencia energética queda garantizada cuando la SEP cumple con las condiciones adecuadas de continuidad en la transmisión del suministro eléctrico, bajo los menores costos, situación vinculada a la calidad.

Con respecto a la seguridad, en cambio, es fiable la SEP cuando su disposición y funcionamiento garantiza la máxima protección de los trabajadores y de la colectividad que habita en sus alrededores, así como también, el cuidado de no dañar los bienes estatales que, pertenecen a todos los ecuatorianos.

A nivel mundial las SEP pueden construirse dentro de una superficie ubicada dentro de recintos cercados, pero también pueden edificarse bajo tierra y claro está, en edificaciones cuyo diseño se base en condiciones de calidad y seguridad para cumplir con su propósito principal. Por ello, en

algunas comarcas, se pueden observar SEP que se sitúan en edificios de gran altura, pero que, respetan las normas estipuladas para tales eventos (Pacho y Ojeda, 2024).

Estas subestaciones, además de proteger a la población del ruido que emiten sus dispositivos, también deben evitar su deterioro por causa de condiciones climáticas adversas o ubicarse en lugares donde pueden contribuir a la contaminación ambiental.

Otra de las características importantes en la disposición de las SEP, radica en que, los dispositivos deben ubicarse a ciertas distancias consideradas en los diferentes estándares internacionales existentes para cada caso, además que, la edificación dependerá en gran medida del tipo de conexión eléctrica, del tipo de red que se va a instalar en estas infraestructuras, el presupuesto asignado a la misma, así como el respeto a las normas laborales, ambientales, técnicas, vigentes en el plano nacional o extranjero (Mora y Limones, 2021).

Aunque no se lo mencionó en las citas revisadas en las publicaciones científicas seleccionadas dentro de este texto ni en los repositorios nacionales e internacionales, sin embargo, es digno de destacar que, la construcción y disposición de las SEP debe considerar el pronóstico de la demanda de energía eléctrica.

Es decir, se debe tener en cuenta el crecimiento poblacional y demográfico de los habitantes a quienes debe beneficiar con el fluido eléctrica, además de los costos que tendrá que asumir por la generación de este suministro.

2.1.3. Tipos de Subestaciones Eléctricas

Una vez que, se ha conceptualizado a las subestaciones eléctricas, además de establecer la disposición física que deben considerarse en sus construcciones y puesta en marcha, es necesario dejar sentado los tipos de SEP que, comúnmente señala la literatura revisada, en donde se hace referencia en la tabla 1, a la siguiente clasificación, bosquejada en el texto de Mora y Limones (2021).

Tabla 1

Tipos de subestaciones

Clasificación de las subestaciones	
Según la función	• De maniobra o reparto • De transformación pura • De transformación/maniobra • De transformación/cambio del número de fases • De rectificación • De central
Según el emplazamiento	• De intemperie • De interior
Según la movilidad	• Fija • Móvil
Según el tipo de aislamiento	• Aislada al aire (AIS) • Aislada en gas (GIS) • Híbridas (HIS)
Según su ubicación	• Urbanas • Rurales • Industriales • Residenciales • Específicas (fotovoltaica, eólica, entre otras)
Según el nivel de tensión	• Muy alta tensión (400 kV – 220 kV) • Alta tensión (132 kV - 66 kV - 45 kV) • Media tensión (20 kV – 15 kV)
Según la transformación	• Reductores • Elevadores

Nota: Adaptado de Diseño e implementación de pruebas de fallas en los sistemas de distribución mediante el uso del equipo omicon CMC 356 para el Relé SEL - 751, por Mora y Limones (2021).

Los tipos de SEP descritos en la tabla en mención, sirven para tener un panorama general sobre la clasificación de este tipo de subestaciones en relación con su función, emplazamiento, movilidad, aislamiento, ubicación, tensión y transformación a las que se refiere el presente trabajo investigativo, no obstante, es necesario detallar las mismas a, grosso modo, en los siguientes subnumerales de este estudio, según Mora y Limones (2021).

2.1.4. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas

En efecto, en este subtema se presenta una breve narración sobre cada una de las subestaciones eléctricas, según la clasificación expuesta en la primera tabla de esta investigación, para lo cual, se las ha dividido a su vez, según las funciones, diseños o tipos diversos que se pueden encontrar en este campo de los sistemas eléctricos.

2.1.4.1. Según la función desempeñada

Se expone en primer lugar, la división de este tipo de infraestructuras eléctricas, según la función que deben desempeñar, en donde se ha observado las siguientes clases:

- **Subestación en centrales de generación.** – Como su nombre lo indica, este tipo de SEP tienen la función primordial de incrementar el voltaje que tiene el generador, desde 5 kV a 25 kV, con el fin de lograr la potencia suficiente para transportar el suministro eléctrico, hacia los lugares en donde debe dirigirse, concibiendo una transmisión óptima de energía.
- **Subestaciones receptoras primarias.** – Su denominación la debe a que reciben el suministro generado por las centrales, en primer término, en donde se va produciendo la disminución paulatina de los kV, para facilitar el proceso de transmisión de energía a cada una de las líneas correspondientes, convirtiendo las tensiones en niveles de 115, 69, 34.5, 6.9 o 4.16 kV.

- **Subestaciones receptoras secundarias.** – Como su nombre lo indica, su abastecimiento tiene lugar en las redes de sub – transmisión, desde donde se produce la transmisión de energía, es decir, son la segunda fuente en donde desemboca la energía generada en las anteriores SEP, convirtiéndolas a niveles de tensiones desde 34.5 hasta 6.9 kV.
- **Según el nivel de tensión.** – En el ámbito general, esta SEP puede subdividirse a su vez, en alto voltaje (HV) donde sus medidas pueden variar entre 11 kV y 66 kV, de extra alto voltaje (EHV) con dimensiones de 132 kV a 400 kV, y, ultra alto voltaje (UHV) con tensiones mayores a 400 kV (Silva y Cevallos, 2023).

Con base en lo mencionado, se deja en claro que, las subestaciones eléctricas pueden ser centrales o receptoras, las primeras suelen tener altos niveles de potencia y tensión eléctrica, por lo que, para que vayan disminuyendo la peligrosidad en la transmisión del suministro eléctrico, es necesario que puedan ir confluyendo de un lugar a otro, entonces, las SEP restantes pueden recibir el flujo de energía, de manera primaria o secundaria, como lo señala la cita referenciada.

2.1.4.2. Según diseño de construcción

También existe una clasificación de estas estructuras esenciales para la producción y distribución del suministro eléctrico, según lo menciona la revisión de la literatura en análisis, según el diseño de construcción, como se manifiesta seguido:

- **Subestación tipo intemperie.** – Son aquellas cuyas infraestructuras se encuentran dispuestas al aire libre, por lo general, sus equipos deben ser de alta calidad y de alta resistencia a las condiciones atmosféricas severas (COMUVAL, 2020).
- **Subestación tipo interior.** – A diferencia de las anteriores, estas en cambio, se protegen de las situaciones climáticas y sus equipos no

necesariamente tienen que resistir a los agentes ambientales, sin embargo, son menos comunes que, las primeras en mención (COMUVAL, 2020).

- **Subestación tipo blindado.** – Este tipo de SEP se blindan de acuerdo a ciertas condiciones especiales, sin embargo, su equipamiento debe cumplir con ciertos condicionamientos para minimizar riesgos y para aumentar su eficiencia (Silva y Cevallos, 2023).

Según el diseño de las infraestructuras de las SEP, es necesario establecer los tipos de estas subestaciones y las características de los equipos que la conforman, en donde se escatima que, los dispositivos de estos sistemas deben ser más resistentes, mientras mayor contacto tenga con el ambiente exterior, así como también, se pueden incrementar sus niveles de seguridad, considerando siempre las normativas del sector eléctrico vigentes en el plano en donde se construya estas estructuras.

2.1.4.3. Según tipo de aislamiento

Las subestaciones que se encuentran en esta clasificación suelen utilizar como aislante más común al aire que circula en su exterior. En esta clase de SEP también se citan las denominadas con el apelativo Gas Insulated Switchgear, las cuales hacen referencia a aquellas que mantienen dentro de sus componentes algunos dispositivos que funcionan con el gas dieléctrico de hexafluoruro de azufre (SF₆) que, es uno de los elementos químicos que componen estas subestaciones que, a su vez, se hallan protegidos por objetos envueltos en una aleación hecha a base de aluminio (Moscoso y Silva, 2021).

Con referencia a este tipo de SEP reconocidas generalmente con las siglas GIS, se citan entre sus componentes, además del gas SF₆ que lo caracteriza, a aquellos dispositivos eléctricos y electrónicos conformados por interruptores automáticos o semiautomáticos, además de los transformadores de corriente y voltaje, estos últimos se hallan correctamente encapsulados en

gas SF6, es decir, contenidas a su vez, en estructuras metálicas que se hallan conectadas convenientemente a tierra (Barbosa y Pullutasig, 2021).

En consecuencia, las subestaciones GIS se caracterizan de manera principal por su componente de hexafluoruro de azufre, abreviado con las siglas SF6, proveyendo de una capacidad aislante superior a las AIS, por lo que reduce la cantidad de recursos para la construcción de conexiones de los circuitos entre cada fase y también para la conexión a tierra, con lo que ahorra espacio y recursos.

2.1.5. Equipos de una Subestación Eléctrica

Prosiguiendo con el detalle de los componentes que forman parte de una SEP, es necesario recurrir a la literatura teórica en donde se encuentran estos dispositivos y mecanismos que suelen encontrarse dentro de estas infraestructuras, en donde forman los diferentes circuitos del sistema eléctrico para la distribución del suministro eléctrico hacia las diferentes subestaciones y a la población en general. En este caso, se citan los siguientes equipos a saber:

- Transformador de poder
- Disyuntor de Potencia (GCB)
- Seccionador de 69 kV
- Transformadores de Potencial
- Transformadores de corriente
- Transformador convencional
- Seccionador principal de 13.8 kV y de Transferencia
- Cuchillas Seccionadoras Monopolares de 15 kV.
- Switches de Transferencia
- Reconectores tipo VWE
- Fusibles de Potencia
- Banco de Capacitores

- Pararrayos
- Aisladores
- Sistema de Malla a Tierra (Torres, 2021).

Entre los equipos que se han detallado en la lista, los transformadores son los más relevantes, debido a su importancia para el funcionamiento de las subestaciones, razón por la cual, en los siguientes subnumerales se describe algunos de estos elementos, con fundamento en la revisión de material abalado científicamente.

2.1.5.1. Seccionadores de Aire Principal

En el caso de estos seccionadores, los mismos trabajan con aire y sirven para la conexión, desconexión o aislamiento de una parte específica de los sistemas eléctricos, a través de circuitos específicos, en donde pueden funcionar con 69 kV o 13.8 kV, sobre todo, al interrumpir su continuidad se pueden efectuar las labores de mantenimiento (Loor y Mancilla, 2023).

2.1.5.2. Pararrayos

Los pararrayos de 10 kV a 800 kV, como su nombre lo indican, son mecanismos que sirven para la protección de los dispositivos que forman parte de las SEP, sobre todo, porque en lugares donde estos se encuentran a la intemperie, pueden ser fácil presa de los rayos y estos objetos contribuyen a minimizar y/o eliminar el riesgo de accidentes por causa de los fenómenos climáticos severos, descargando voltajes mayores hasta de 220 kV (Suárez, 2022).

2.1.5.3. Fusibles de Potencia

De los elementos de las SEP de hasta 138 kV, se ha incluido de esta revisión literaria a los fusibles que, son mecanismos que pueden interrumpir el flujo de corriente, ante la presencia de averías en los circuitos eléctricos. Por lo general, estos dispositivos protegen los transformadores, por su

importancia en el sistema eléctrico, así como también los bancos de capacitores, los mismos que son muy económicos y permiten mantener los equipos de las SEP en buen estado (Ronquillo, 2022).

Los fusibles, por lo general, son elementos que se construyen de plata o níquel o también de cromo, en donde lo más relevante radica en la relación tiempo – corriente, para garantizar la protección de todos los dispositivos de las SEP de 138 kV (Ronquillo, 2022). En términos generales, el aspecto de mayor relevancia consiste en que, el tiempo en que un fusible reacciona ante el exceso de corriente, es muy corto e impide eficientemente el paso de la misma hacia los demás mecanismos, protegiéndolos eficazmente, siendo ello la principal característica de los mismos.

2.1.5.4. Disyuntor de Potencia

Estos mecanismos tienen la función primordial de interrumpir circuitos eléctricos, sobre todo, en sistemas de alta tensión, en donde se incluyen corrientes de fuga y de trabajo. En términos generales, tienen la función de apertura o cierre de un circuito respectivo, generalmente, en condiciones normales de carga, evitando el daño de los equipos ante un cortocircuito (Alvarez et al., 2020).

La capacidad de protección de los circuitos eléctricos con los disyuntores en mención se encuentra entre 20 y 40 KVA en subestaciones reductoras con niveles de 69 kV a 13.8 kV (Alvarez et al., 2020). En el caso de estos mecanismos, los utilizados por CNEL EP son los que contienen transformadores tipo Bushings.

2.1.5.5. Reconectores.

Prosiguiendo en este contexto, se denominan con el apelativo de reconectores, los mecanismos autogestionados que incluyen controles electrónicos que, tienen la función de proteger las líneas de distribución y

todos los equipos que forman parte de la SEP, siendo su función prioritaria, la detección de averías en el sistema eléctrico (Zhao et al., 2019).

También el reconectador tiene la función de interrumpir el circuito, cuando se presenta el caso de una sobrecorriente, al suceder estos eventos, el reconectador se dispara y posteriormente, suele cerrarse de manera automática y cuando cesa el proceso, vuelve a funcionar el sistema, ejecutando varias operaciones de disparo y cierre, previo a su bloqueo. En los reconectadores tipo VWE y VWVE, las tres fases se abren, cierran y bloquean simultáneamente (Zhao et al., 2019).

2.1.5.6. Transformadores de Corriente de Medida.

Sobre estos equipos, es necesario mencionar que, su función principal consiste en la generación de energía a los dispositivos de medición, razón por la cual es esencial que, tanto la magnitud como el ángulo de fase de la corriente, tengan una precisión muy elevada, considerando una carga mínima del 10% hasta el 20% como máximo de Inominal (Avelino, 2023).

2.1.5.7. Transformadores de Potencial de Medida.

La diferencia entre estos equipos y los descritos en el subnumeral anterior, se debe a que, estos últimos son empleados en SEP con altos grados de tensión, donde a menudo suele presentarse el problema del uso de los instrumentos de medición y relés de protección. En este contexto, se cita como una de las propiedades más relevantes de estos transformadores, una alta precisión bajo condiciones normales de operación que, debe ser evaluada automáticamente con software, identificando al respecto, el máximo porcentaje de error (Luzardo, 2021).

Los transformadores de tensión cumplen con las siguientes funciones:

- Aislar los instrumentos de baja tensión de los circuitos de alta tensión.

- Ajustar los altos voltajes a niveles adecuados para los equipos de medición y los relés de protección.
- Proveer aislamiento a los equipos de medición y a los relés de protección respecto a la alta tensión del circuito de potencia (Luzardo, 2021).

Este tipo de transformadores pueden facilitar los procesos de medición en las SEP, sin embargo, deben mantener niveles de precisión bastante óptimos para minimizar los errores y necesitan del uso de tecnología avanzada.

2.1.5.8. Servicios Auxiliares.

Se citan en el contexto de este trabajo investigativo, aquellos referidos a la corriente alterna y continua, los cuales tienen la intención de garantizar la confiabilidad del sistema eléctrico, evitando interrupciones del mismo (Rodriguez et al., 2021). Este mismo autor señala los siguientes servicios:

Corriente alterna: es el servicio principal porque mediante este tipo de suministro eléctrico, la población puede satisfacer sus necesidades en el plano residencial y corporativo y requiere de complejas conexiones para optimizar la distribución de la energía desde las SEP hacia la colectividad en general (Rodriguez et al., 2021).

Corriente continua: es otro de los servicios que, aunque no se entrega a las comunidades, sin embargo, sirve para garantizar el funcionamiento de algunos equipos en la subestación, como es el caso de los circuitos auxiliares, por ejemplo, en donde facilitan los procesos de monitoreo, conexión y desconexión automática de los circuitos respectivos, emitiendo alarmas, brindando una máxima protección mediante alumbrados de emergencia y el fortalecimiento de las comunicaciones entre dispositivos (Lascano, 2024).

Es decir que, los dos tipos de corrientes, tanto la alterna como la continua, son esenciales para el trabajo conjunto de los equipos de las SEP y no se puede supeditar solamente el trabajo de estos dispositivos, a la corriente alterna.

2.1.5.9. Banco de Capacitores

Los bancos de capacitores tienen como finalidad suministrar parte o toda la energía reactiva que, por lo general, suele demandar una carga cualquiera, además de almacenar energía electrostática y de corregir el bajo factor de potencia. Se clasifican en dos, fijos y automáticos, pero ambos, referencian y coadyuvan a la estabilidad del sistema eléctrico, disminuyendo cualquier tipo de pérdidas, al reducir la tensión por su capacidad de resistencia de descarga interna (Sánchez J. , 2021).

Los capacitores toman la denominación de bancos, porque se ensamblan a modo de un banco, valga la redundancia y son monofásicos, estáticos, para su mejor funcionamiento en las subestaciones.

2.1.5.10. Aisladores

El sistema eléctrico que conforma las SEP necesita de aisladores, los cuales deben evitar que, los cables y circuitos eléctricos puedan ser contaminados con agentes que se encuentran en el medio externo, asegurando un óptimo aislamiento, más aún, pueden soportar sobretensiones en los circuitos y proteger a los equipos ante los eventos atmosféricos y demás esfuerzos a los que se encuentran sometidos en condiciones normales de operación (Carpio y Romero, 2024)

2.1.5.11. Sistema de Puesta a Tierra

Al sistema de puesta a tierra, se destaca que, este es un mecanismo muy común en toda clase de circuitos que, trabaja con la teoría de que, la tierra es el principal conductor de la electricidad y que, en caso de sobrecargas, la cantidad excesiva de corriente que circula por los conductores

debe seguir su camino a la tierra que, tiene mínima resistencia de aterrizamiento (Granda y Zapata, 2021).

La puesta a tierra es un principio común en las SEP, las cuales se encuentran asociadas al principio de aterrizamiento de la corriente eléctrica y a la conductividad de sus elementos, por lo que, continúa constituyéndose en un mecanismo de protección importante en estas estructuras.

2.1.5.12. Transformador de Potencia

Este tipo de transformadores, los más relevantes en la constitución de las SEP, son equipos electromagnéticos que, tienen la capacidad y propiedades características para producir incrementos o disminución del voltaje. El campo magnético que se origina en estos accesorios transcurre desde un punto primario hacia otro denominado como secundario (Silva et al., 2018).

Su mínima capacidad es 500 KVA. Se denominan elevadores aquellos que amentar el voltaje de entrada en la salida y los reductores efectúan el paso contrario. Los trifásicos tienen varios monofásicos, con conexiones asimétricas o simétricas, en estrella, delta o zigzag, así como la representación del desfase (Silva et al., 2018).

En las configuraciones que pueden tener estos transformadores para llevar a cabo pruebas eléctricas adecuadas, ya sean rutinarias o especiales, dependiendo de las necesidades de conservación de estos equipamientos de las SEP, en donde es importante obedecer las normas internacionales que existen para cada caso (Caiza, 2024).

Por ejemplo, la prueba al aceite del transformador es de rutina y se la realiza según las características de la placa de cada uno de estos equipos del sistema. A continuación, en la figura 2 se detalla una foto del transformador de potencia en estudio:

Figura 2

Transformador de potencia



Nota: Fotos tomadas por autor (2024) .

Entre tanto, los transformadores de poder como se muestra en la figura anterior tomada por los autores Peláez y Valverde (2024), comprende de mecanismos centrales en la composición de las SEP, porque son los dispositivos responsables por la conversión de la energía eléctrica y la reducción del voltaje, para entregar el suministro eléctrico que requieren los sectores residenciales y empresariales, respectivamente, porque operan con corriente alterna (Rodríguez y Carló, 2024).

Los transformadores tienen entre sus principales mecanismos que lo conforman, los devanados de alta y baja tensión, de material de cobre, así como también, se hace referencia al núcleo, el cual es construido con láminas de acero al silicio aisladas entre sí, cuya protección se encuentra en la recubierta con barniz (Rodríguez y Carló, 2024).

El transformador de potencia es el corazón de las SEP y en su conservación óptima reposa la eficiencia en la transmisión y distribución energética.

Una vez que se ha descrito a las SEP y a varios de sus componentes principales, es el turno de detallar al transformador de potencia, por ser el eje principal de este tipo de infraestructuras, en cuyo sistema eléctrico es esencial absolutamente, contar con este equipo que, es el corazón de las SEP y que, tiene la función de transformar y transmitir la energía eléctrica para cumplir con la misión primordial de estos establecimientos de carácter público o estatal.

Los equipos tienen la función de transformar los niveles de voltaje, incrementando o disminuyendo la tensión, porque de esta manera, es fácil el proceso de transmisión o distribución de la energía eléctrica, mencionando que, en una subestación elevadora, normalmente el voltaje de salida es mayor que el de entrada, porque su función consiste en elevar la tensión hacia la transmisión de niveles superiores (Naranjo, 2022).

En una subestación reductora, ocurre lo contrario, es decir, el voltaje de salida es menor que el de entrada, porque a diferencia de los anteriores, se debe ocasionar la disminución de los niveles de alta tensión provenientes de la transmisión hacia grados más bajos en cuestión (Naranjo, 2022).

Los transformadores suelen operar bajo el principio de inducción electromagnética, por lo que, también sus circuitos eléctricos deben hallarse enlazados magnéticamente y aislados eléctricamente.

A continuación, en la figura 3, se detalla a este tipo de transformadores, el cual muestra cada una de sus características, siendo importante para la función que el investigador requiere para su trabajo investigativo.

Figura 3

Transformador de corriente



Nota: Adaptado de Implementación de un prototipo de transferencia automática de carga, para el anillo de subtransmisión eléctrica, por Iñiguez (2023).

La figura anterior destaca a un elemento esencial, conocido como transformador de potencia que básicamente, es el corazón de las SEP y su función principal consiste en transformar la energía eléctrica, desde un voltaje inicial a uno final, donde el suministro tiene diferentes niveles de fuerza electromotriz, la cual puede incrementarse o decrecer según sea el caso correspondiente y la acción del campo magnético que, pueda facilitar su distribución y uso y posterior utilización (Iñiguez, 2023).

2.1.5.13. Otros tipos de transformadores

El transformador de potencia es el de mayor importancia en una subestación eléctrica, sin embargo, es necesario poner énfasis en los demás transformadores, motivo por el cual, se ha descrito los conceptos de los siguientes:

- **Transformador de Generación.** – Receptor de una tensión menor y una corriente elevada para transformar la tensión a niveles superiores y reducir la corriente. Normalmente, opera entre 6.8 kV y 18 kV, elevando esta tensión hasta 115 kV o incluso más (Torres y Farez, 2021).
- **Transformador de Subestación.** – Receptor de un bajo nivel de tensión y lo aumenta para la transmisión. Al final del circuito, se sitúa otro transformador para disminuir esa tensión (Lema, 2020).
- **Transformador de Distribución.** – Corresponde al equipo que suministra la tensión a niveles apropiados para usuarios industriales, comerciales y otras cargas relevantes (Pérez, 2020).
- **Transformadores de Tensión.** – Alimentan equipos de protección, proporcionando tensiones proporcionales a las de la red en el punto donde están conectados. El primario se conecta en paralelo con el circuito a controlar, mientras que el secundario se enlaza en paralelo con las bobinas de tensión de los diversos aparatos de medición y protección (Bustamante, 2022).

Como se puede apreciar, los transformadores no solo cumplen con funciones de transformar la corriente, es decir, para el incremento o disminución de los KVA, sino que, también pueden actuar como protectores ante las diferentes circunstancias que pueden afectar a las SEP, por lo que, esta clasificación de los equipos en mención también es importante reseñar en el presente estudio, en donde los de potencia son los principales equipamientos.

2.1.6. Clasificación de los transformadores de tensión y corriente

En términos generales, este tipo de transformadores suelen proporcionar un amperaje secundario que, siempre debe ser menor al del circuito primario, en parámetros que varían entre 1 a 5 amperios, transformando por un lado la corriente, según las necesidades de la SEP,

además de ofrecer aislamiento a los demás dispositivos (Henninger y Jaeger, 2020).

En cuanto a las clases existentes de transformadores de tensión, los mismos pueden dividirse según sus propiedades y características esenciales para medir ciertos parámetros importantes de un sistema eléctrico, donde sus tipos son las siguientes:

- **Transformadores de Tensión para Medición.** – Alimentan equipos de medición y deben ser precisos (grado de exactitud) en condiciones normales de funcionamiento. El estándar IEC lo ubica en rango del 80% al 120% de la tensión primaria nominal y cuando la carga conectada al secundario está entre el 25% y el 100% de la carga nominal, con un factor de potencia de 0.8 inductivo. Las clases de precisión estándar para los monofásicos de medición son: 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 y 3.0 (Ayala y Tenesaca, 2020).
- **Transformadores de Tensión para Protección.** – Suministran energía a relés de protección. Aquellos destinados a medición y protección, al mismo tiempo, se construye con dos arrollamientos secundarios, pero compartiendo el mismo núcleo magnético (Silva y Cevallos, 2023).

La norma IEC obliga a que los fabricantes de los transformadores de protección cumplan con todos los requisitos de precisión, específicamente, para los que cumplen tareas para la medición de los parámetros del sistema eléctrico.

2.2. Fundamento para el diagnóstico de las condiciones del funcionamiento del transformador

2.2.1. Pruebas al Transformador

Las pruebas realizadas en los transformadores de potencia son fundamentales, ya que, estos equipos son esenciales para la transmisión de

energía, tanto para elevar como para reducir la tensión. Dado que constituyen el núcleo del sistema eléctrico y su salida de operación puede tener repercusiones significativas en la entrega de energía, su control es crucial.

Se recomienda establecer planes de mantenimiento para evitar posibles fallos. Entre las medidas necesarias para el cuidado del transformador se encuentra la realización de pruebas eléctricas en campo y dieléctricas en laboratorio, dependiendo del nivel de intervención necesario. Estas pruebas permiten evaluar el estado del aceite y del papel aislante del transformador, conocido como papel Kraft (Higginson y Pabst, 2020).

Para el efecto, los principales parámetros empleados para el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema eléctrico de la subestación en referencia se han utilizado entre los más relevantes, el amperaje, voltaje y vatiaje.

2.2.2. Parámetros para la medición de las condiciones actuales del funcionamiento de los equipos de la subestación eléctrica

El tratado de la corriente eléctrica se encuentra íntimamente asociado a los principales parámetros de los circuitos eléctricos, entre los cuales se cita el amperaje, el voltaje y los watts de potencia, como principales componentes relacionados con la presente investigación, los cuales también han sido fundamentados bajo el enfoque teórico del presente apartado.

El concepto de corriente eléctrica es uno de los más difundidos en el contexto de la Ingeniería Eléctrica, seleccionándose aquel que, la define como el desplazamiento de los electrones, en un material conductor de la electricidad, generando que, al cerrarse un circuito, pase la corriente, cuya magnitud se mide en amperios (Luzardo, 2021).

La medida de la corriente es conocida en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, como amperaje, la cual, a su vez, representa la intensidad o la cantidad misma de la corriente eléctrica (Lascano, 2024), siendo un elemento fundamental de los circuitos y subestaciones eléctricas, así como también, un componente que está asociado al fenómeno que se investiga en este artículo.

El voltaje corresponde según el criterio técnico de Carpio y Romero (2024), a la magnitud de la tensión eléctrica que, a su vez, está representada por el producto de la intensidad de la corriente, por la resistencia existente en el circuito, debido a la utilización de diferentes materiales conductores. Mientras mayor conductividad tenga un objeto, se considera que, su resistencia es más baja.

Por su parte, Granda y Zapata (2021), han considerado que, la tensión electromotriz es el elemento de mayor relevancia dentro del monitoreo de las subestaciones y/o circuitos eléctricos, porque permite controlar las variaciones del voltaje, las cuales, en condiciones anormales, pueden dañar los mecanismos, dispositivos y equipos eléctricos, por lo que, la aplicación de estos conceptos es de gran relevancia en la medición de estos parámetros.

También se debe mencionar que, Moscoso y Silva (2021), consideran que, la potencia reactiva, es otro de los indicadores que debe tomarse en cuenta en el monitoreo de los circuitos eléctricos, considerado que su medida permite conocer las variaciones de la demanda energética, mientras que, la potencia activa corresponde a la medida de los watts o caballos de potencia que tiene un mecanismo y que es un indicativo de la cantidad de corriente y de la tensión eléctrica a la que debe ser sometido el circuito en mención.

Por ello, el estudio de los principales parámetros de los circuitos eléctricos que, a su vez serán manifestados como parte del estudio de las condiciones de funcionamiento de la subestación eléctrica en donde se

delimita el presente trabajo de investigación, de allí la importancia de su concepción y enfoque teórico en este apartado.

2.2.3. Software para la medición de las condiciones actuales del funcionamiento de los equipos de la Subestación Eléctrica

Por último, se hace referencia al uso de ciertos programas digitales, como es el caso de la plataforma digital ETAP, la cual es un sistema particular especializado en la medición y control de los sistemas eléctricos, una de las más comunes empleadas por los profesionales en Ingeniería Eléctrica (ETAP, 2024).

También es necesario enfatizar en otros dispositivos que facilitan el monitoreo de los parámetros a medir en los circuitos eléctricos, entre los que se cita el Ómicron CMC 356, el cual dispone de un hardware y software adecuado para el control y seguimiento de las variaciones de estos parámetros, valga la redundancia, de modo que, se pueda predecir los problemas por medio de las variaciones de voltaje registradas, para tomar decisiones rápidas que minimicen cualquier interrupción en el suministro del servicio eléctrico a la población (Ómicron electronics GmbH2022, 2022).

Cabe destacar que, el uso de hardware y software para la medición de las condiciones de funcionamiento de los sistemas eléctricos respectivos debe realizarse bajo el cumplimiento de la normativa IEC61850, para minimizar el riesgo de errores, cumpliendo las restricciones de temperatura y conservación de estos dispositivos.

2.3. Marco Legal

2.3.1. Estándar IEC61850

El estándar IEC61850, según Sulca y Trujillo (2022), es una normativa internacional que desempeña un papel fundamental en la comunidad de subestaciones eléctricas al integrar diversas funciones para el mantenimiento

óptimo de sus procesos. Este estándar abarca actividades esenciales como protección, medición y monitoreo, con el objetivo de salvaguardar los equipos de estas infraestructuras eléctricas de problemas como la alta velocidad, el arrastre y el enclavamiento.

La norma IEC61850 facilita la automatización de todos los procesos de las subestaciones, modelados en forma de Nodos Lógicos (LN). Forma parte del Comité Técnico 57 de la International Electrotechnical Commission (IEC) y consta de 10 numerales, siendo especialmente relevantes los relacionados con los proyectos de ingeniería y los requisitos para el fortalecimiento de las comunicaciones. Los numerales 8 y 9 de esta normativa detallan los protocolos específicos sobre el modelado de los procesos, según lo expuesto por Bravo (2021).

Con base en lo anterior, se propone utilizar el estándar IEC61850 para el estudio de las condiciones actuales de funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13.8 kV de la subestación Libertad en la provincia de Santa Elena. Este estándar proporciona un marco sólido para integrar las diferentes funciones necesarias para el óptimo desempeño del transformador, incluyendo actividades de protección, medición y monitoreo. Además, su enfoque en la automatización de procesos, a través de los Nodos Lógicos, promueve una gestión eficiente y precisa de la infraestructura eléctrica.

El numeral 8 de la Norma de IEC 61850 tiene como título modelo de la información, los puntos aplicables para el presente estudio se encuentran descritos en los puntos 8.1 y 8.2 los cuales se describirán a continuación:

Numeral 8.1 - Modelado de Equipos Eléctricos: En este numeral se mencionan los requisitos para el moldeado de las subestaciones, donde se incluyen los transformadores de potencia, además de establecer las pautas de los atributos y las relaciones de estos con los equipos, con la finalidad de organizar la jerarquía de la información, de forma que, se

garantice la representación coherente y estandarizado de los equipos eléctricos usando el Common Information Model (CIM).

Numeral 8.2 - Modelado de Funciones de Protección, Control y Medición: Dentro de este apartado se describen los lineamientos para el moldeado de las funciones de protección, control y medición de las subestaciones eléctricas. En este sentido, funciona para representar las características y comportamientos de las funciones y la información asociada a estas funciones, además se integran las funciones de protección, control y medición en el modelo de integración global de la subestación lo cual permite garantizar un manejo ordenado y sistematizado (Norma IEC 61850-7-420, 2003).

El clon relación a los numerales 10 y 11 en norma IEC 61850 se desarrollan los aspectos asociados a las pruebas, diagnósticos y mantenimientos de equipo de las subestaciones eléctricas. En los siguientes párrafos se describe estos numerales:

Numeral 10 - Diagnóstico de Fallos: Se centra en el diagnóstico de fallos en los equipos y sistemas de la subestación eléctrica. Se establecen las pautas para identificar y analizar posibles errores, además se determinan las acciones correctivas más eficientes. Así también, se describen métodos de diagnóstico, como el análisis de gases disueltos en aceite, la inspección visual, las pruebas eléctricas y otros procedimientos de evaluación de la condición de los equipos.

Numeral 11 - Pruebas y Diagnósticos de Equipos: En este numeral se abordan las pruebas y diagnósticos específicos que se deben realizar en los equipos de la subestación eléctrica. Se detallan los procedimientos y técnicas de prueba para evaluar el rendimiento y la integridad de los equipos, como los transformadores de potencia. Esto puede incluir pruebas eléctricas, pruebas de aislamiento, pruebas de funcionamiento y otros ensayos para verificar el cumplimiento de los requisitos de rendimiento y seguridad (Norma IEC 61850-7-420, 2003).

La aplicación del estándar IEC61850 en el estudio del transformador de potencia de la subestación Libertad permitirá establecer una metodología robusta para evaluar su estado actual y detectar posibles fallos o áreas de mejora. Al seguir los protocolos definidos en la normativa, se garantiza una estandarización en la recopilación y análisis de datos, lo que facilita la toma de decisiones informadas en cuanto al mantenimiento y operación del transformador.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

3.1. Enfoque metodológico

El presente estudio se desarrolla bajo el enfoque cuantitativo, que definido por Jiménez (2020) consiste en exponer las causas del fenómeno y la vinculación entre las variables del estudio, las mismas que, fueron obtenidas con técnicas que permitieron medir los resultados. Por tanto, se escogió este método porque, a través de los registros se pudo conocer las condiciones actuales sobre el funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad.

3.2. Tipo de investigación

Se seleccionó el tipo descriptivo, porque según Guevara et al. (2020) detalla los acontecimientos producidos por el fenómeno. Por ello, la vinculación de este paradigma a este trabajo contribuye a que los investigadores apliquen técnicas específicas, para recolectar información inherente a los parámetros más relevantes, asociados al funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV.

Se acogió el estudio de campo, ya que para Leyva y Guerra (2020), comprende en que la información sea obtenida desde el lugar de los hechos, para evitar que los datos sean alterados y puedan ser analizados conforme a su naturaleza. Por tanto, los autores de este estudio recogen dicha información desde la Subestación Libertad, ubicada en la provincia de Santa Elena.

3.3. Diseño de investigación

Se agregó el diseño no experimental, dado a que, el concepto de Burgo et al. (2020) comprende de una investigación en el cual, no intercede el investigador para alterar los elementos o dimensiones. Por tanto, en base al

conocimiento que poseen los autores de este estudio sobre el fenómeno, buscan analizar estadísticamente los parámetros más relevantes, asociados al funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV.

3.4. Objeto de investigación

El objeto de investigación, en cambio, se refiere a los parámetros asociados al funcionamiento del transformador de potencia, mientras que, el campo de aplicación concierne a la situación actual que presentan estos indicadores.

3.5. Población y muestra

El concepto de población comprende al conjunto de elementos que ha sido afectado por el problema, la misma que, se requiere ser estudiado para conocer la situación actual (Pantoja et al., 2022). Por tanto, la población de este estudio comprende en los 24 registros obtenidos de la Subestación Eléctrica Libertad entre el periodo fiscal del 2023 y el primer trimestre del año 2024.

El tipo de muestra seleccionado fue el muestreo no probabilístico, dado a que, Quesada y Medina (2020) indica que, los elementos son escogidos por los investigadores, dado al acceso y característica que presenta para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Los autores optaron por recolectar los registros del transformador de potencia que lleva desde 69 kV a 13,8 kV, dado a que, evidencian los parámetros necesarios para el estudio de su funcionamiento respectivo.

3.6. Técnica e instrumento de investigación

Se seleccionó la observación indirecta, ya que, Cisneros et al., (2022) lo define como una técnica que posee un antecedente y que requiere ser analizado para llegar a una conclusión. Por tal razón, se implementó la observación indirecta, porque existe un conocimiento previo que debe ser

analizado, para ello, se consideran los registros que muestran los parámetros requeridos para este fin.

En este caso, el instrumento se asoció al documental, dado a que, Sánchez (2022) especifica que es una herramienta útil, ya que, muestra la problemática que se necesita para estudiarla.

Se escogió los registros desde el año 2023 y el primer trimestre del año 2024 de la Subestación Eléctrica Libertad, para continuar con el análisis del estudio.

3.7. Procedimiento de la información

Al procesamiento, constituye en herramientas que permiten ingresar datos para reflejarlos en gráficos estadísticos que sirve para una mejor comprensión de los hallazgos, según Mato et al. (2020).

Este estudio se acogió a implementar programas estadísticos como el SPSS o Excel, que son útiles para la construcción de tablas y figuras, para el posterior análisis de los parámetros asociados al transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV.

3.8. Análisis e interpretación de los resultados

Una vez que la Subestación La Libertad, por medio del personal que labora en esta institución pública, hizo la entrega de los registros de los principales indicadores del sistema eléctrico del transformador de potencia del 69kV a 13.8kV, se realizó el siguiente análisis de estos parámetros, mediante los cuales se evidenciaron las condiciones actuales del funcionamiento de este equipo de gran importancia para esta entidad estatal y para la población de la provincia de Santa Elena.

3.9. Objetivo específico 1: Situación de la Subestación Libertad, transformador de potencia

En la figura 4, de a continuación, se visualiza la parte frontal de un transformador de potencia, que se encuentra instalado dentro de la planta de eléctrica donde se desarrolla el presente estudio de los autores.

Figura 4

Vista frontal del transformador de potencia de la Subestación Libertad



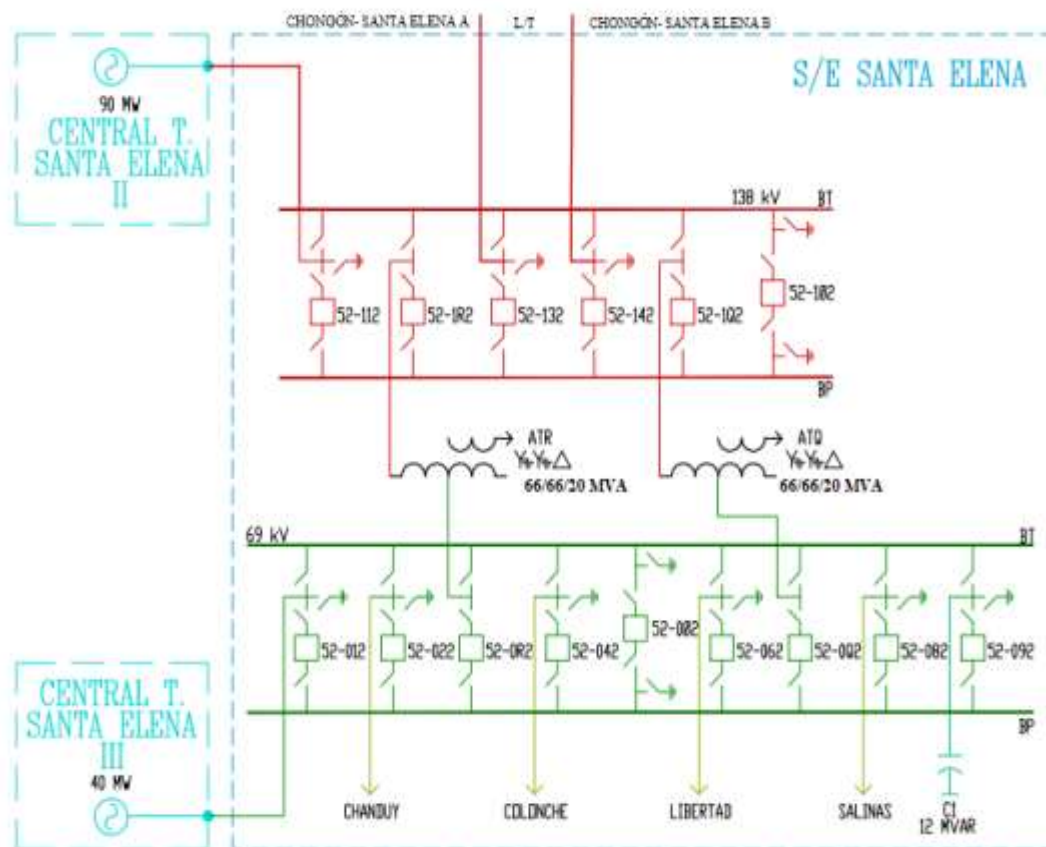
Nota: interconexión de la línea de transmisión a la Subestación Santa Elena-Libertad
Fotos tomadas por Autor (2024).

En la figura anterior, trata de un transformador de potencia, el mismo que, se emplea en las plantas eléctricas para la distribución eléctrica con la finalidad de centralizar toda la energía en tensión media y alta.

Sobre este particular, se ha diseñado el diagrama del transformador de potencia de la Subestación Libertad, como se expone seguido en la figura 5 en cuestión:

Figura 5

Diagrama eléctrico del transformador de potencia de la Subestación Libertad



Nota: Diagrama Unifilar de la Subestación Libertad Elaboración por autor (2024).

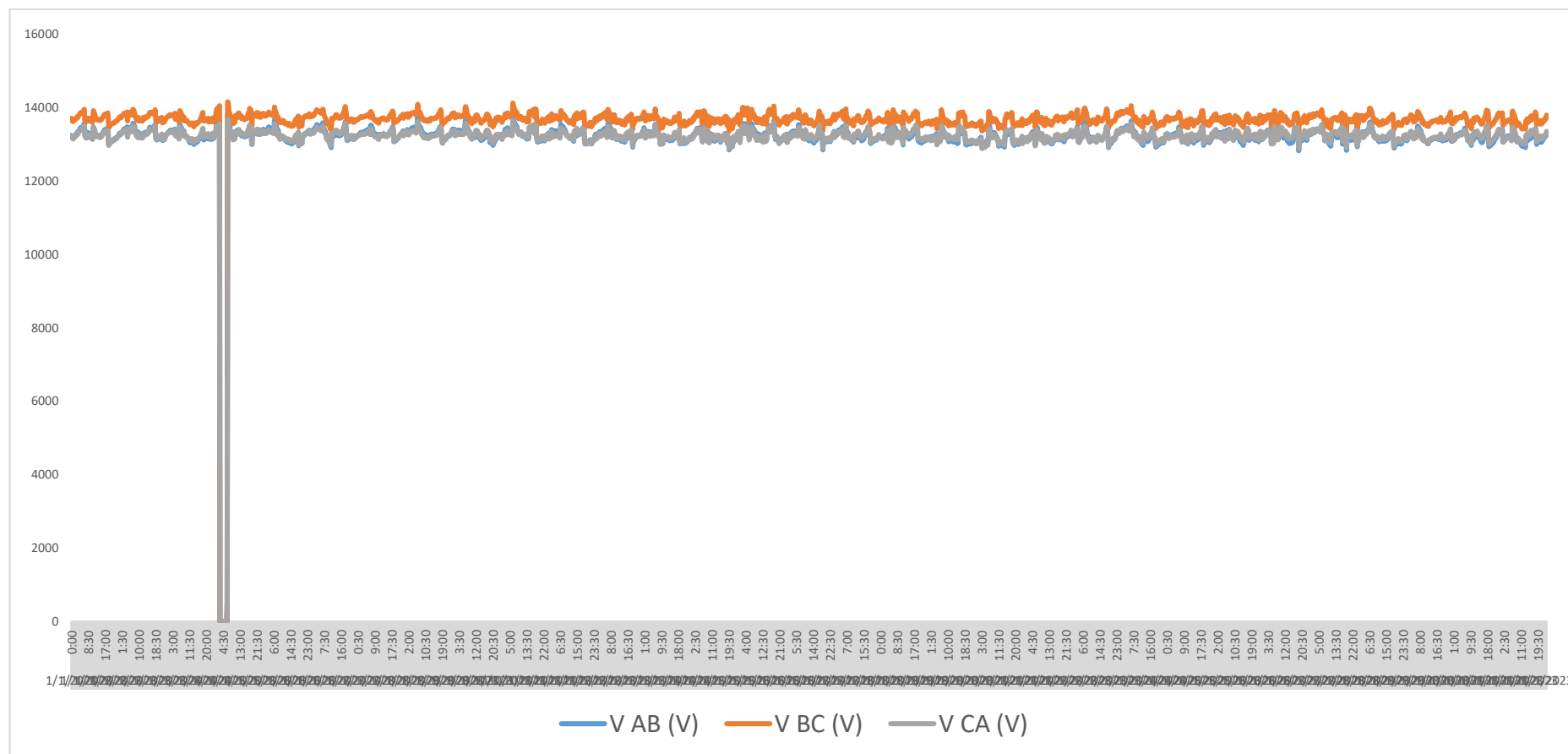
Como se pudo observar en la figura anterior, esta muestra cómo el transformador principal de 69 kVA va repartiendo la corriente hasta llevarla a un nivel de 13,8 y 12 kVA, respectivamente, según los requerimientos de la población de la provincia de Santa Elena (Peláez y Valverde, 2024).

3.9.1. Comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2023

En efecto, el primer indicador hace referencia a los ramales AB, BC y CA del mencionado transformador de potencia, considerando el periodo del mes de enero del año 2023, cuyos resultados se presentan en la siguiente figura 6:

Figura 6

Medición de comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia, en voltios. Enero 2023



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024).

La figura anterior, forma parte del análisis de los voltajes del transformador de potencia en cuestión, se ha observado que, por el ramal BC circula mayor tensión electromotriz que por los ramales AB y CA.

También se pudo apreciar que, los voltajes de los tres ramales del transformador de potencia en estudio tuvieron una tendencia regular en todos los días del mes de enero del 2023, porque la curva descrita se encuentra en un mismo lugar en el plano.

Según los resultados observados, el mínimo voltaje observado fue 12.812 voltios, el parámetro máximo fue 13.805,78 voltios, con un promedio de 13.165 voltios y un rango de 993,684.

Otro hallazgo obtenido del análisis del voltaje de este transformador en estudio es que, durante las 03:00 a las 06:30 del día 4 de enero del 2023, estuvo desconectado y, por lo tanto, no emitió ni corriente ni voltaje en este lapso.

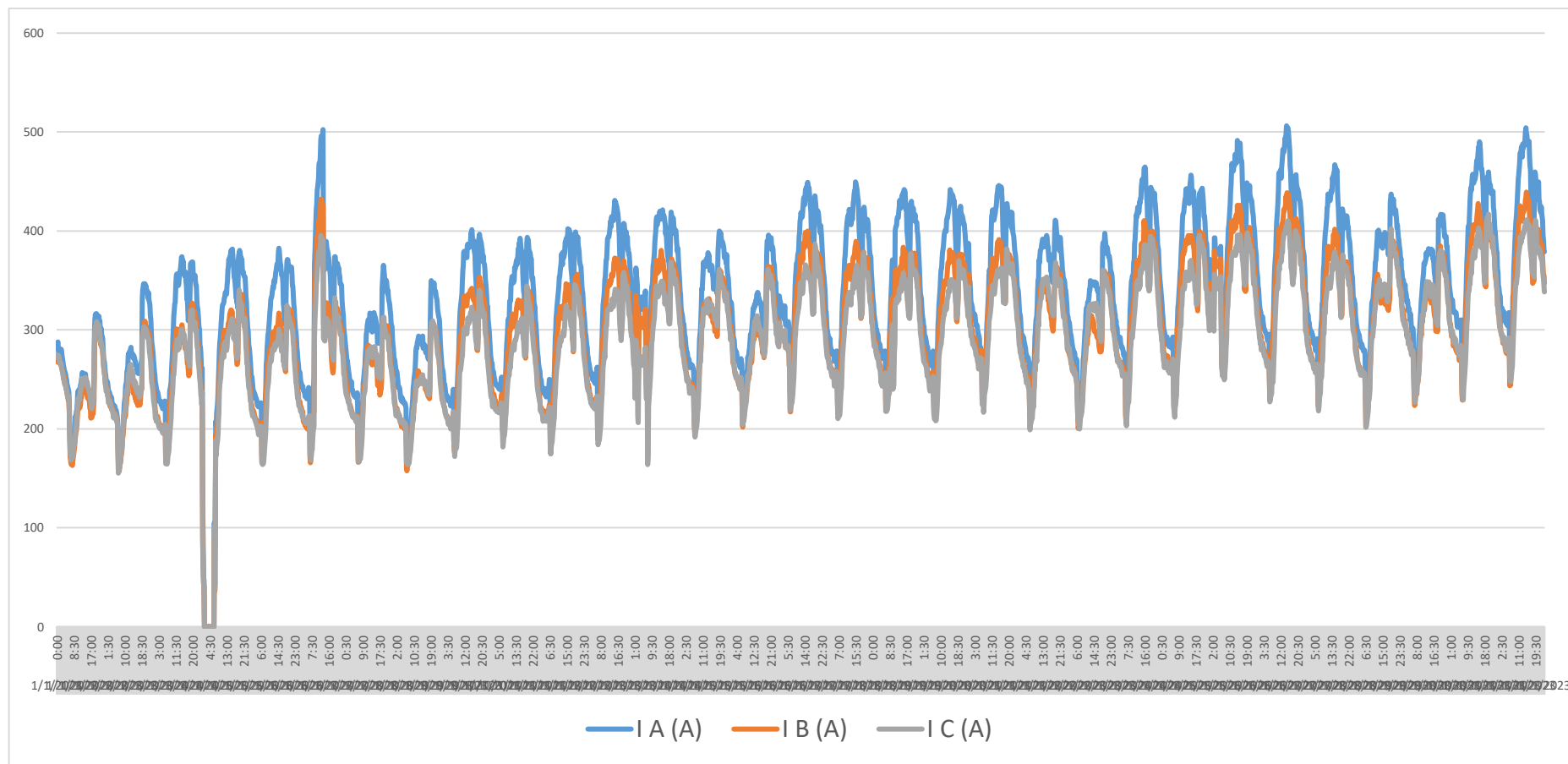
En consecuencia, se presentó una falla en el transformador de potencia el día 4 de enero del 2023, la cual generó la caída a cero del voltaje de este equipo.

3.9.2. Comportamiento del amperaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2023

Prosigue este apartado con el detalle del amperaje del transformador de potencia de 69kV a 13.8kV, para lo cual, se ha descrito el siguiente esquema gráfico que se muestra en la figura 7:

Figura 7

Medición de comportamiento del amperaje en los ramales A, B y C del transformador de potencia, en amperios. Enero 2023



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024)

La figura anterior muestra el análisis de los amperajes que circularon por cada uno de los ramales del transformador de potencia en cuestión, considerando para el efecto, las ramas A, B y C. En el caso del mes de enero del 2023, fue el ramal A por donde se midió la mayor cantidad de corriente.

A pesar de ello, se observó irregularidad en el comportamiento de los amperios circulante por cada uno de los ramales del transformador de potencia motivo del diagnóstico de este estudio.

Acorde a lo mencionado en el párrafo anterior, se observó un parámetro mínimo de 42 amperios y un máximo de 497, con un rango elevado igual a 459 amperios, evidenciando variaciones de amperios según la hora y el día de cada semana. Además, se pudo medir un promedio de 300 amperios en este transformador.

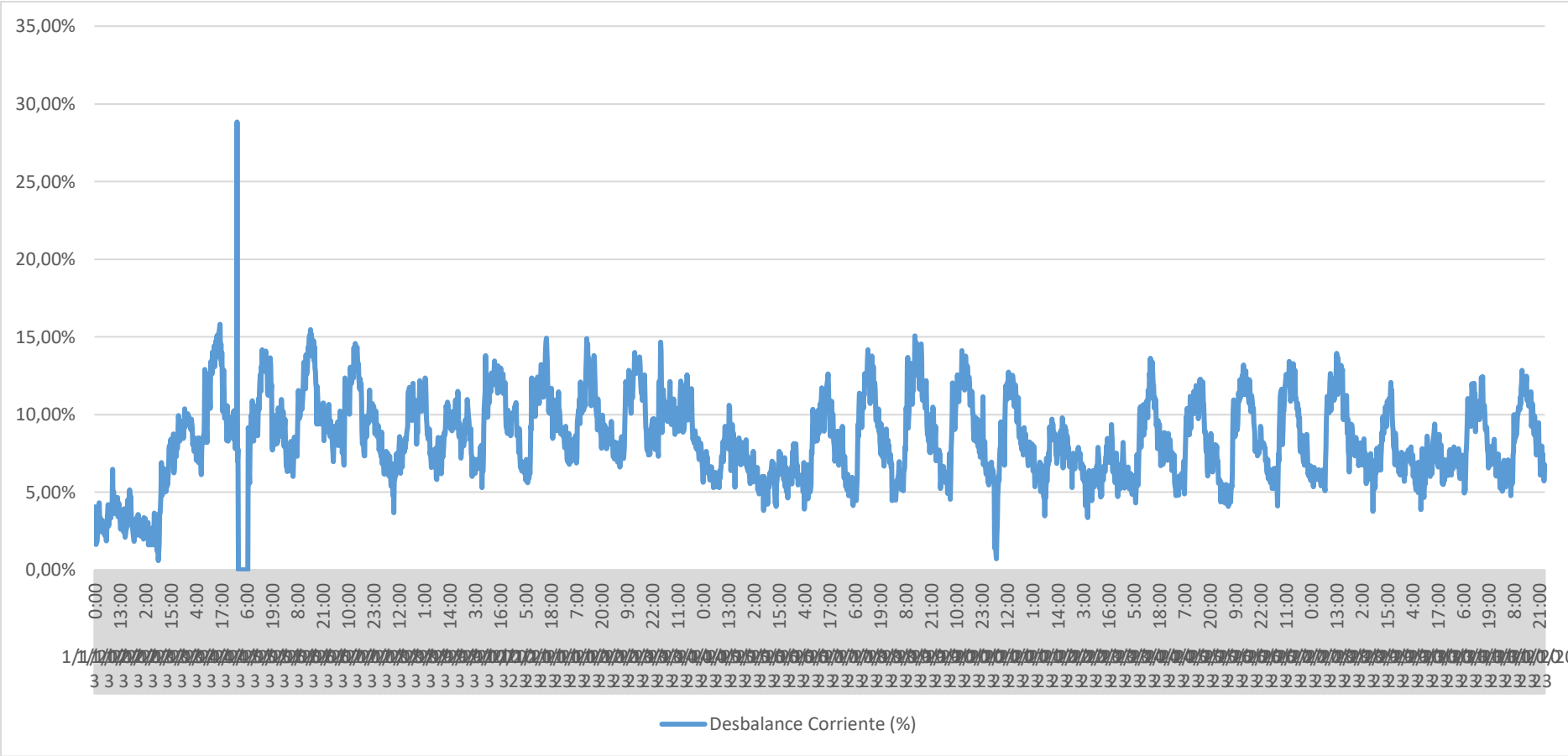
También se observó que desde las 03:00 a las 06:30 del día 4 de enero del año en análisis, en ninguno de los ramales del transformador en mención, se midió nivel de corriente, el cual se situó en cero, por lo que, se corroboró la presencia de fallas en este equipo de gran relevancia para el funcionamiento de la Subestación en donde se delimita esta investigación.

3.9.3. Comportamiento del desbalance de corriente en el transformador de potencia. 2023

Luego, con los resultados del voltaje y amperaje, se ha calculado el indicador del desbalance de corriente, en donde se puede observar las variaciones de las fases, considerando que, según la Resolución 017/2020 de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNR, 2020), este parámetro debe encontrarse entre 0,1% mínimo y 8% máximo, para lo que, se ha esquematizado la siguiente figura 8:

Figura 8

Medición del desbalance de corriente en el transformador de potencia, en kW, kVAR y kVA. Enero 2023



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024).

La figura anterior permite observar el indicador del desbalance de corriente, este se mide mediante el cálculo de los promedios de las corrientes por cada casilla, restadas con los máximos y los mínimos valores de intensidad, cuyos resultados son divididos por el promedio del amperaje, por lo que, el resultado obtenido se mide en porcentaje y evidencia las variaciones de la intensidad, la cual, según la Resolución 017/2020 de la ARCERNNR, no debe ser mayor a 15%.

Se pudo destacar que, el 4 de enero del 2023 a las 01:00, se encontró un desbalance de corriente de 28,83%, el límite más elevado observado en todo el mes de enero, dos horas después de este evento, el voltaje y amperaje llegó a 0, es decir, se produjo la desconexión del transformador de potencia de la subestación La Libertad.

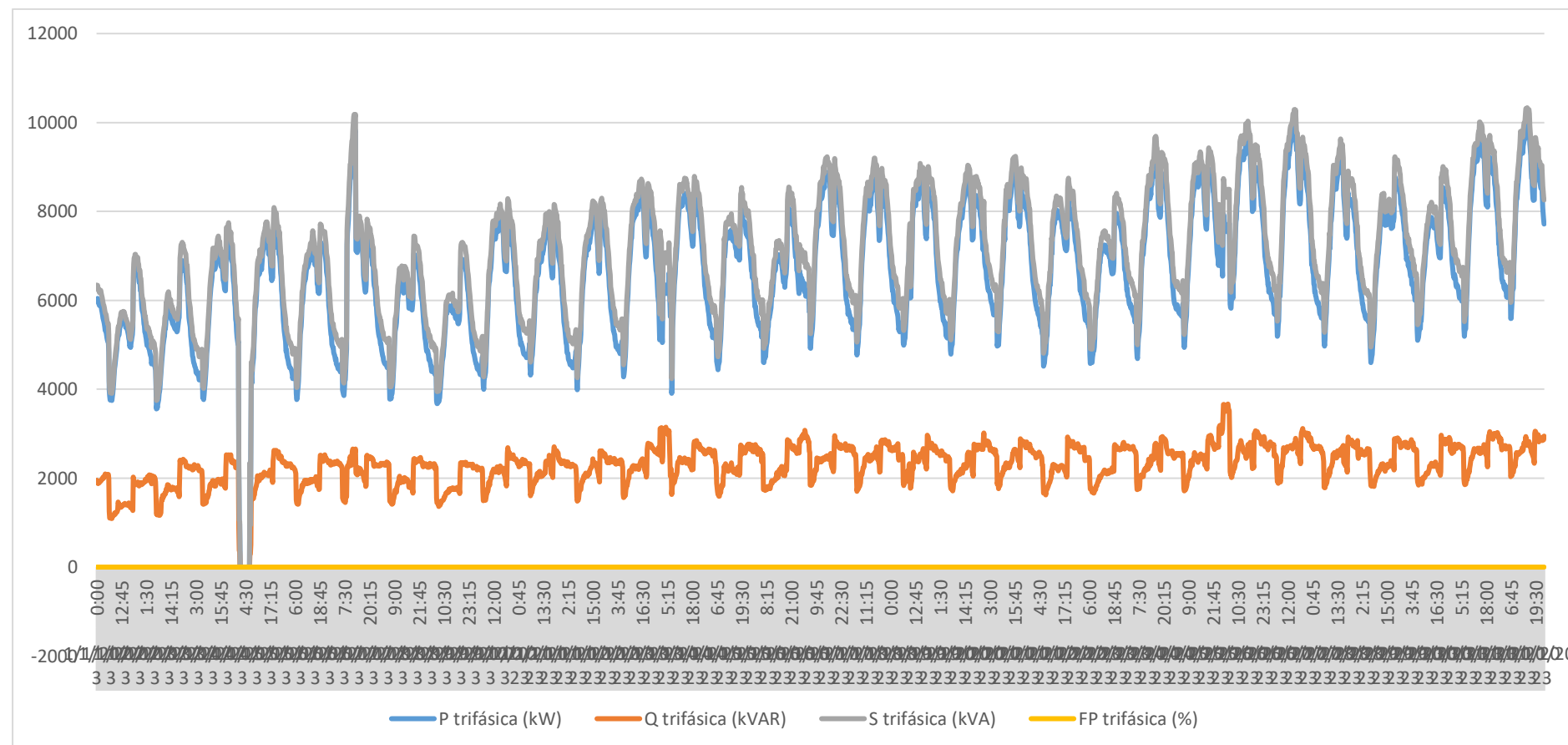
Mediante el análisis del desbalance de corriente se ha podido conocer que, cuando este se eleva a niveles superiores a 15%, se puede predecir fallas en el sistema eléctrico, observándose que, en menos del 2% de casos se pudo apreciar este evento en el mes de enero del 2023, mientras que, cuando se aproximó a cero, es cuando hubo un mejor funcionamiento en el transformador de potencia.

3.9.4. Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia. 2023

Una vez que se ha realizado el análisis del amperaje y el voltaje del transformador en cuestión, prosigue el estudio con la esquematización de la potencia, como se detalla en la figura 9 a continuación:

Figura 9

Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia, en kW, kVAR y kVA. Enero 2023



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024)

La figura anterior comprende del parámetro de potencia, donde se puede observar que, todas tuvieron una tendencia irregular, derivado de los cambios de comportamiento del voltaje y amperaje, los cuales afectaron las potencias trifásicas, P, Q, S y FP, respectivamente, durante el mes de enero del 2023.

En efecto, el comportamiento irregular de las potencias generó que, la potencia trifásica del transformador se encontró en un mínimo de 3.390 kW y un máximo de 9.945 kW, es decir, generando un rango muy alto entre los valores máximos y mínimos de la potencia, mientras que, el promedio se situó en 6.689 kWh.

Con respecto a la trifásica Q, el máximo valor observado fue 3.665 kVAR y el mínimo fue igual a 285 kVAR. mientras que, el promedio estuvo en 2.307 kWh. Por su parte, la S trifásica se situó en un mínimo de 936 kVA y un máximo de 10.333 kVA, y el promedio estuvo en 7.087 kWh.

A pesar de ello, el factor de potencia trifásica (FP) tuvo un mínimo de 0,88% y un máximo de 100%, con un rango de 0,12%, el cual es aceptable, a pesar de los fallos observados.

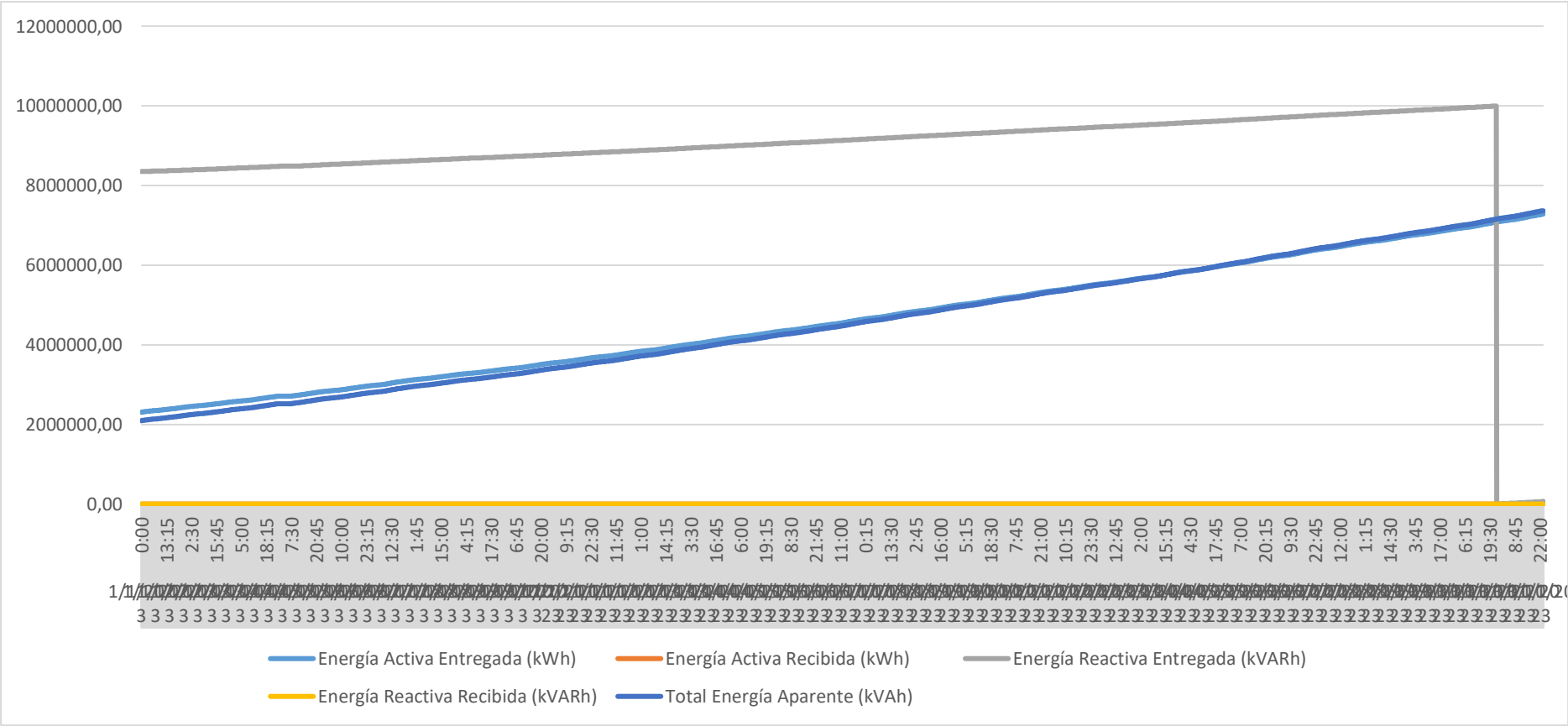
Una de las señales de fallos, precisamente, fue la reducción de la potencia P, Q y S, parámetro por medio del cual, también se puede predecir las averías en el transformador de potencia y en los demás mecanismos del sistema eléctrico de una subestación.

3.9.5. Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia. 2023

El análisis de los resultados de los indicadores del estudio, considerando los parámetros de la energía activa y reactiva, entregada y recibida, así como aparente, en el siguiente gráfico estadístico de líneas, puede ser apreciado en la siguiente figura 10:

Figura 10

Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia, en kWh, kVARh y kVAh.
Enero 2023



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024)

El desarrollo del presente estudio se ha analizado los parámetros correspondientes a los tipos del suministro eléctrico entregado y recibido en la subestación La Libertad, para lo cual se ha realizado la descripción de los datos observados en la gráfica estadística anterior.

Se observa en la figura 10, la energía activa entregada ha sido creciente durante todo el mes, donde el mínimo valor fue 2.311.331 kWh, mientras que, el máximo fue 7.287.343 kWh, mientras que, el promedio se situó en 4.636.928 kWh, observándose una tendencia al alza, la misma trayectoria que tiene la curva correspondiente a la energía total aparente, asociada a la activa. Mientras que, la energía activa recibida siempre es la misma, porque se trata de una consta que se encuentra en 302,72 kW.

En la misma figura, se visualiza la energía reactiva entregada, en donde hubo marcada irregularidad, porque el valor mínimo fue igual a 670 kVARh, a diferencia de un máximo de 9.999.925, dejando entrever una diferencia o rango muy alto. Pero, en cambio, la energía reactiva recibida fue muy regular y casi constante, donde el valor mínimo fue igual a 733,84 kVARh y un máximo de 734,33 kVARhm con un rango de 0,48 kVARh, el cual es muy bajo.

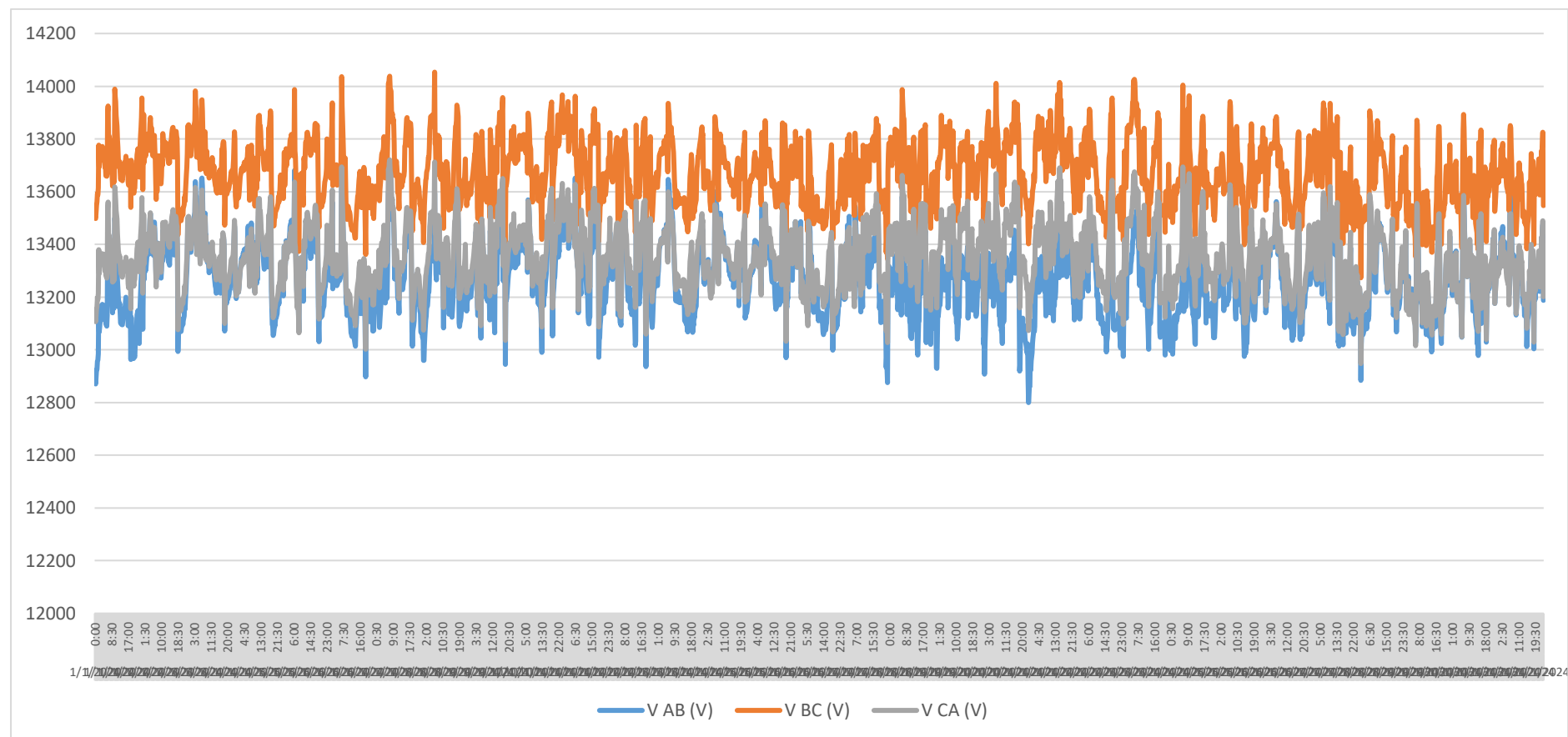
Además, se observa en figura 10, la energía total aparente siguió la misma tendencia irregular de la energía activa entregada, con un valor mínimo de 2.099.332 kVAh y un máximo de 7.370.945 kVAh, observándose un rango elevado de 5.271.613 kVAh, donde también se pudo apreciar una trayectoria hacia el alza en este parámetro del sistema eléctrico analizado.

3.9.6. Comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2024

Del mismo modo, como se ha realizado el análisis de los principales indicadores del mes de enero del 2023, se ha operado con los resultados de enero del 2024, como se observa seguido en la figura 11:

Figura 11

Medición de comportamiento del voltaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. Enero 2024



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor(2024).

La figura anterior se muestran los resultados de la tendencia más regular del voltaje que circuló por los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia en estudio, en enero del 2024, en comparación con el apreciado en el mismo mes del año 2023.

Sin embargo, de acuerdo con estos resultados, continúa obteniendo mayor voltaje el ramal BC del transformador, al igual que los hallazgos verificados en el año 2023.

Con relación a los parámetros mínimos y máximos del voltaje, el menor valor fue de 13.702 voltios, mientras que, el mayor valor fue 14.053 voltios, obteniendo, además, un promedio de 12.947,60 voltios, los cuales fueron superiores a los observados en el año 2023, en donde el mínimo observado fue 12.812 voltios, el máximo, 13.805,78 voltios, y, el promedio fue 13.165 voltios, por lo que, el rango se situó en un promedio menor a 900 voltios, situación que significa una reducción de las diferencias en el comportamiento del voltaje en el 2024.

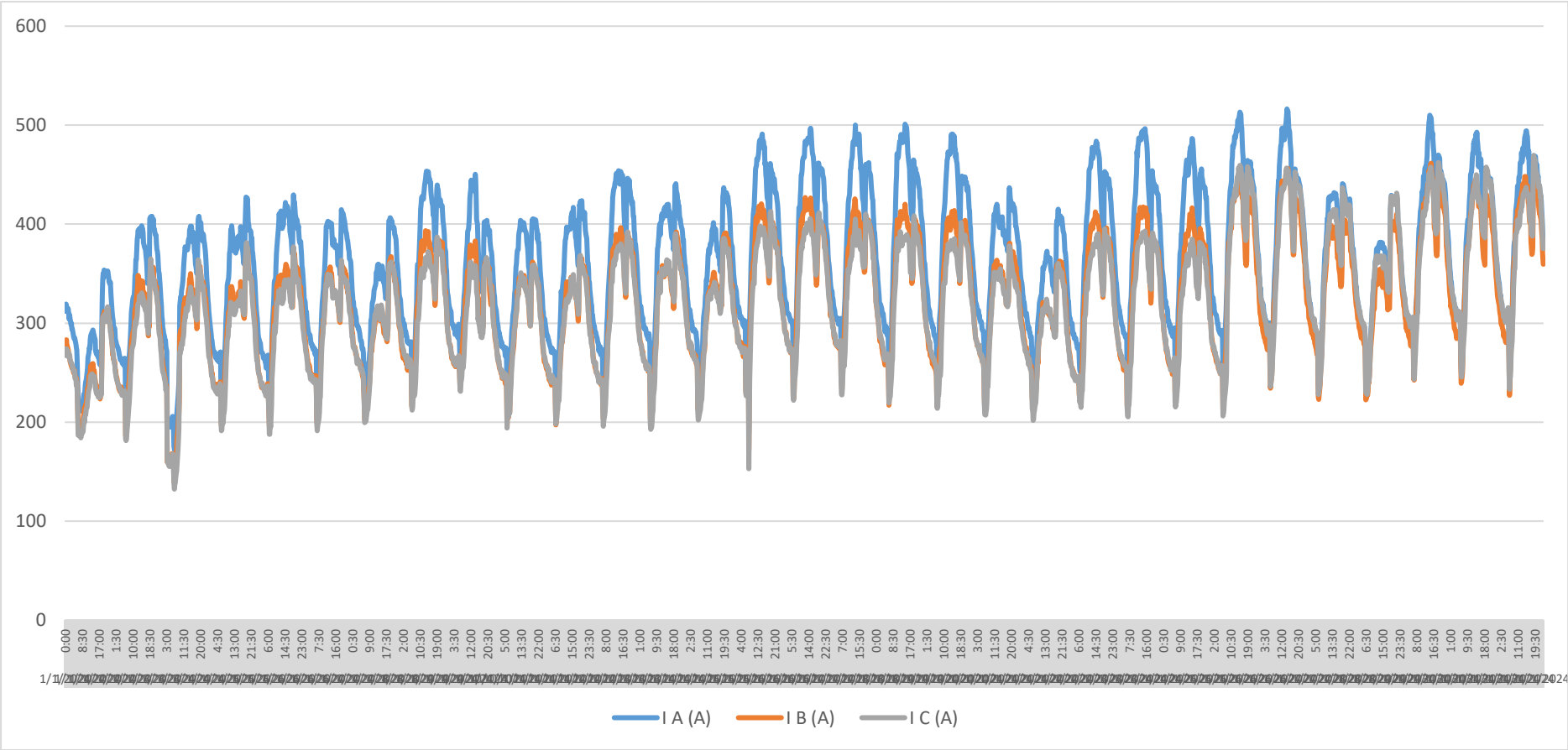
De esta manera, se pudo observar que, la tendencia regular entre los voltajes de los diferentes ramales del transformador de potencia significó que no hubo interrupciones de trabajo en este equipo de la subestación, favoreciendo la continuidad de sus operaciones.

3.9.7. Comportamiento del amperaje en los ramales AB, BC y CA del transformador de potencia. 2024

Asimismo, como se efectuó en el 2024, se realiza el análisis del amperaje del transformador de potencia, según se observa seguido en la figura 12:

Figura 12

Medición de comportamiento del amperaje en los ramales A, B y C del transformador de potencia, en amperios. Enero 2024



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024)

En lo referente al análisis del amperaje del transformador en estudio durante el año 2024, se ha efectuado similar procedimiento que se empleó para los resultados del 2023.

En este caso, se pudo observar en la figura anterior, una tendencia irregular de la cantidad de corriente que circula por el transformador, por cada uno de los ramales AB y C, donde al igual que en el caso de enero del 2023, también en el primer mes del 2024 se obtuvo la misma tendencia, porque fue en el ramal A donde se calculó la mayor intensidad.

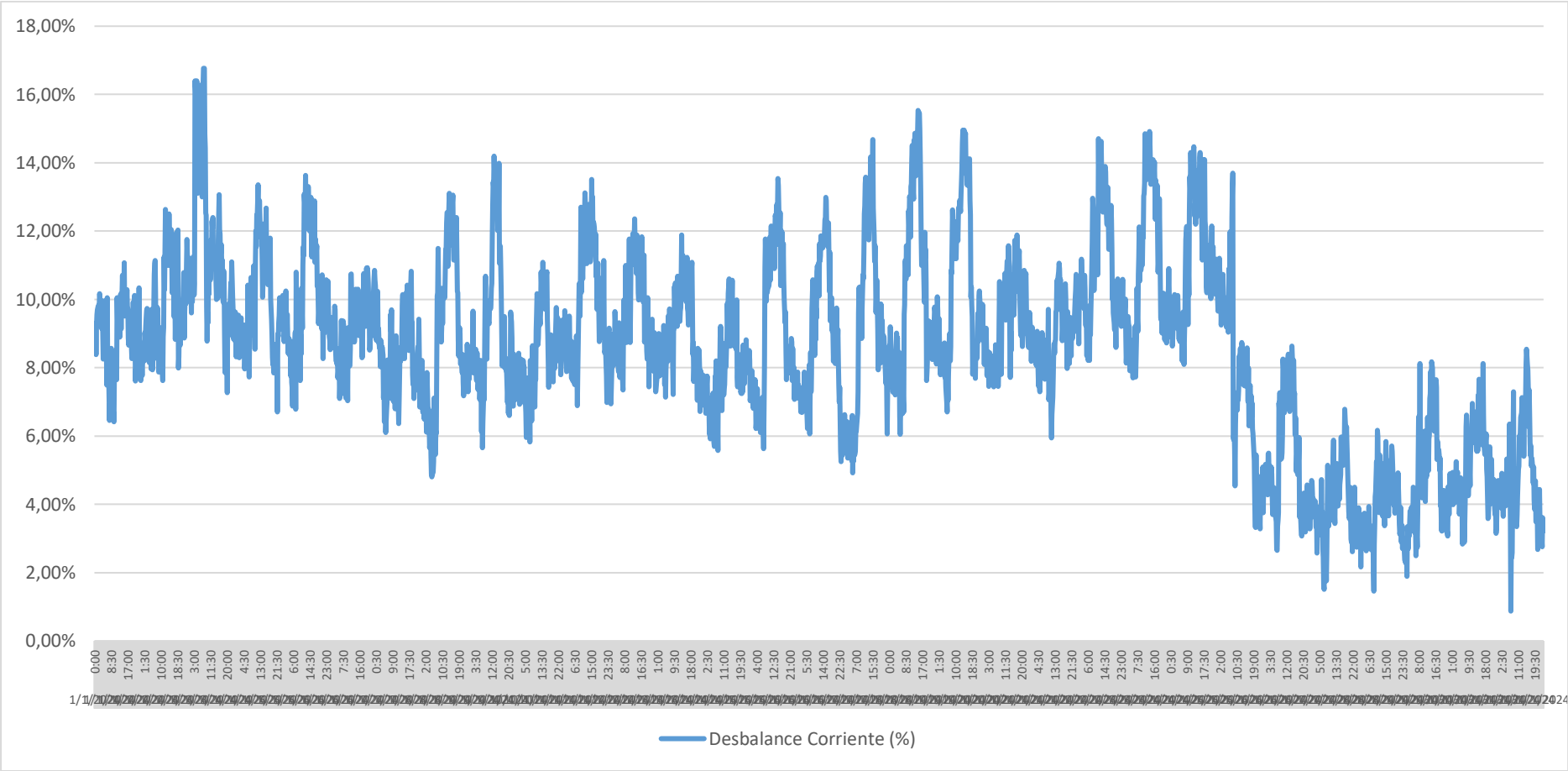
Con relación a los valores máximos y mínimos, el valor más elevado observado fue de 516,36 amperios, el cual circuló por el ramal A del transformador, mientras que, el mínimo estuvo en 132,24 amperios por el ramal C, en donde el rango más alto fue 364,19 amperios, valores que, son muy concordantes con los obtenidos en enero del 2023, donde el mayor valor fue 506 y el mínimo 42, sin embargo, debido a la falla que generó una reducción del amperaje, se obtuvo un rango superior.

3.9.8. Comportamiento del desbalance de corriente en el transformador de potencia. 2024

Prosigue el análisis, con el detalle del indicador del desbalance de corriente, el cual fue evaluado de conformidad con la Resolución 017/2020 (ARCERNR, 2020), con base en esta normativa se ha procedido a realizar el siguiente esquema, perteneciente a la figura 13:

Figura 13

Medición del desbalance de corriente en el transformador de potencia, en kW, kVAR y kVA. Enero 2024



Nota: Registro tomado por el equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024).

En la figura anterior, se calculó el parámetro del desbalance de corriente en el transformador en mención, en el cual también se sustentó en los parámetros de la Resolución 017/2020 de la ARCERNNR que, como se manifestó con anterioridad fue igual a 15% máximo.

El resultado obtenido en la figura 13, se evidenció un valor máximo de 0,17% en el desbalance de corriente, mientras que también se evidenció un mínimo de 0,01%, el cual evidenció un rango de 0,16%. Estos hallazgos fueron mejores a los obtenidos en el 2013, donde el desbalance de corriente se situó en un máximo de 28,83%, el cual predijo una interrupción del servicio eléctrico en la subestación.

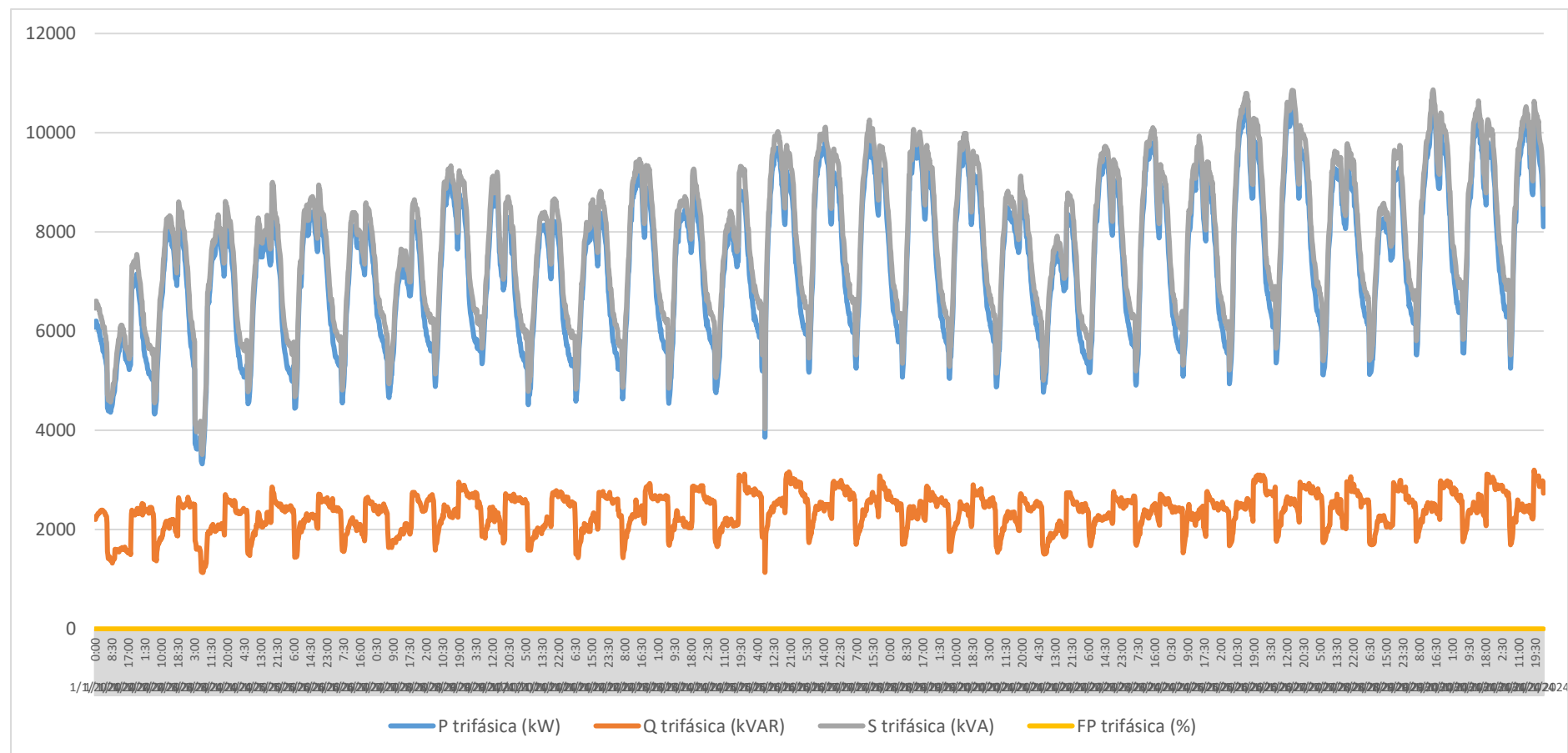
A pesar de ello, se pone de manifiesto que, hubo menores cifras que rebasaron el parámetro de 0,15% en el desbalance de corriente obtenido en el año 2024.

3.9.9. Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia. 2024

Con los resultados obtenidos de voltaje y amperaje evidenciados en este estudio, se ha procedido a realizar el esquema de las potencias en kW del transformador, como se muestra en la figura 14 siguiente:

Figura 14

Medición de comportamiento de la potencia en los ramales del transformador de potencia, en kW, kVAR y kVA. Enero 2024



Nota: Registro tomado por equipo CPC100 marca Omicron Fuente Autor (2024).

En lo referido al parámetro de potencia, en la gráfica anterior se evidenció tendencias irregulares en la trayectoria de los diferentes K trifásico que, fueron medidos en el transformador de la subestación La Libertad, en el mes de enero del 2024.

Así, por ejemplo, la potencia trifásica obtuvo un máximo de 10.579, 97 kW, un valor superior a la obtenida en el 2023 que fue de 9.945 kW, demostrando un incremento del consumo de energía eléctrica. Entre tanto, el mínimo evidenciado fue igual a 3.322,82 kW, menor al 3.390 kW, del 2023, por lo que, el rango observado del 2024 que, fue igual a 7.256,97 kW, mayor al 6.689 kWh del 2023.

Por su parte, la línea trifásica obtuvo un máximo valor de 3.200 kVAR y un mínimo de 1.135 kVAR, con un rango de 2.066 kVAR, en cambio el promedio fue 2,365,89 kVAR. Estas cifras distaron de los resultados del 2023 que fueron menores.

Entre tanto, la siguiente línea trifásica obtuvo un valor mínimo de 3.511,16 kVA y una cifra máxima de 10.869,25 kVA, en donde el rango estuvo en 7.358,09 kVA y el promedio fue de 7.785 kVA.

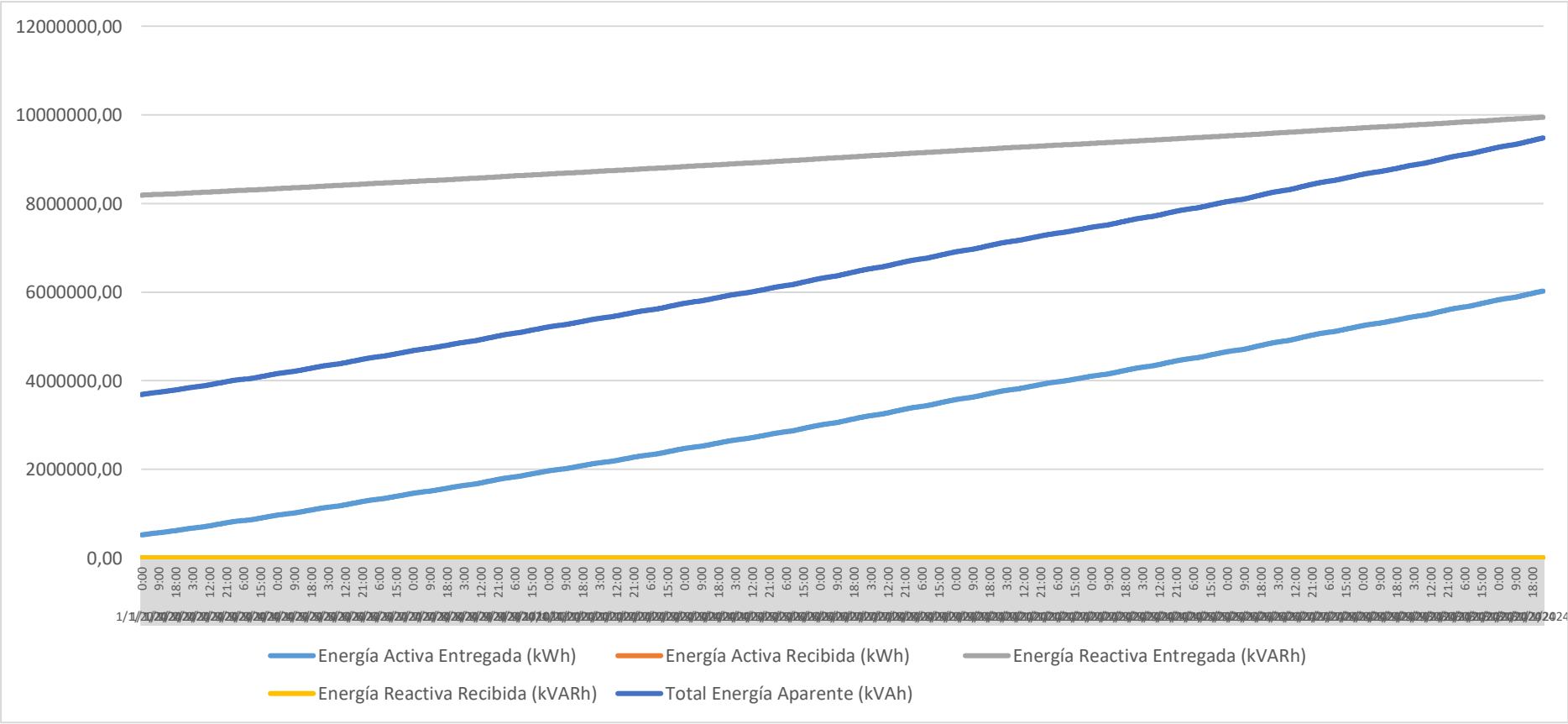
Sobre el factor de potencia, hubo un menor rango de apenas 0,08%, menor al 0,12% obtenido en el 2023, con una cifra máxima de 0,97 y un mínimo de 0,90%, promediando alrededor del 0,95%.

3.9.10. Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia. 2024

Finalmente, se efectúa el análisis de los parámetros inherentes a la energía activa y reactiva, entregada y recibida por parte del transformador, tal como se muestra en el siguiente esquema número 15:

Figura 15

Medición de comportamiento de la energía reactiva, activa y aparente del transformador de potencia, en kWh, kVARh y kVAh.
Enero 2024



En cuanto a los indicadores que se muestran en el gráfico anterior, se pudo observar una tendencia incremental de los principales parámetros analizados, con excepción de la energía activa y reactiva recibida que, se mantuvieron constantes.

La energía activa entregada máxima fue igual a 6.027.193 kWh, con un mínimo de 518.219,56 kWh y un rango de 5.508.973 kWh, con un promedio de 3.144.435 kWh, valores diferentes a los obtenidos en el 2023, a pesar de que, siempre tuvieron una tendencia incremental.

La energía reactiva entregada máxima fue igual a 9.949.532 kVARh, con un mínimo de 8.188.926 kVARh y un rango de 1.760.601 kVARh, con un promedio de 9.045.164 kVARh, cifras que también distaron de los hallazgos evidenciados en el 2023.

No obstante, los valores de la energía activa y reactiva recibida se mantuvieron constantes en 302,72 kWh y 740,81 kVARh, respectivamente, al igual que los resultados obtenidos en el 2023.

Se verificó que, la energía aparente total obtuvo un máximo de 9,480.819 kVAh, un mínimo de 3.688.247 kVAh, un promedio de 6.455.034 kVAh y un rango de 3.688.247 kVAh, resultados que tuvieron mayor regularidad que los observados en el 2023, donde el rango se situó en 5.271.613 kVAh y el máximo fue igual a 7.370.945 kVAh, denotando un incremento en el consumo de energía eléctrica, del 2023 al 2024.

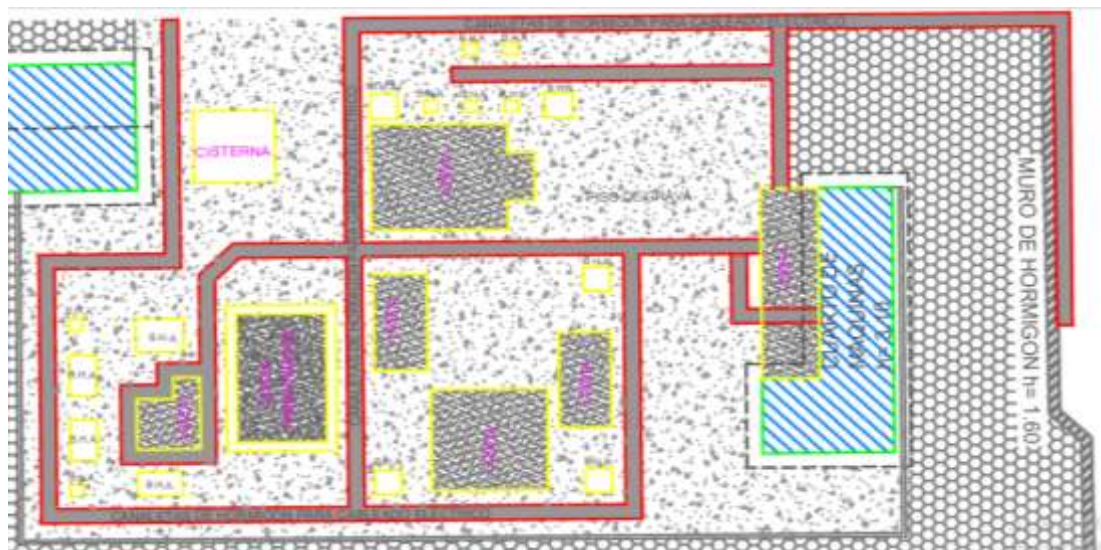
DESARROLLO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

4.1. Objetivo específico 2: diagnóstico del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, Subestación Libertad

Previo a la realización del análisis de fallos del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, en donde también se realizó un Check List, se ha esquematizado a este equipo de la subestación en análisis, en la siguiente figura 16:

Figura 16

Esquema del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV



Nota: diseño de base y trincheras de la Subestación Santa Elena Registro tomado por Autor (2024).

Para un mayor detalle de este esquema, se debe ver en el anexo 1, el diagrama de planta de la Subestación Libertad.

4.2. Análisis de fallos

Como parte del diagnóstico, el último rubro del que se hace mención en este estudio, se hace referencia a los posibles fallos en el transformador de

potencia en cuestión, para lo cual se presenta como evidencia la siguiente tabla 2, que menciona la misma:

Tabla 2

Diagnóstico de fallos del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV

Factor de potencia	Watts	Hz	Corriente mA	Capacitancia nF	% PF	%PF corregido
Transformador						
CHG+CHL	10,12	50	35,15	5,995	0,824	0,659
CHG	6,12	50	1,56	2,254	1,93	1,544
CHL	0,69	50	28,30	3,741	0,212	0,170
CLG+CLH	0,45	50	29,50	8,724	0,369	0,238
CLG	0,15	50	2,71	4,9484	0,369	0,295
CLH	0,16	50	12,36	3,22	0,266	0,229
Bushing						
H1-C1-UST-R		50		336,9	4,33	3,464
H2-C1-UST-R		50		341,3	2,27	1,816
H3-C1-UST-R		50		334,6	2,61	2,098
Reactancia dispersión TAP	Voltaje TAP	Potencia MVA	Impedancia %	Impedancia medida %	Error %	XS Variación %
3	69000	16	10,05	10,07	0,2	1,851
Conexión	Voltaje	HZ	Corriente A	Z (Ω)	XS (Ω)	
H1-H3	48,21	60	1	48,24	47,98	
H2-H1	48,23	60	1	48,21	48,02	
H3H2	47,37	60	1	47,38	47,14	

Nota: Registro tomado por autor (2024)

Los hallazgos observados de la tabla anterior evidenciaron en primer lugar que, el %FP fue mayor al 1% en el caso del CHG (1,93%), a pesar de que, las normas IEC61850, IEEE C57-152 e IEEE 62-1995, refieren que este parámetro no debe sobrepasar el 1%.

Los parámetros del %FP del bushing del transformador de potencia evaluado, se pudo conocer que todos los resultados del bushing se encuentran fuera de control, porque según las mismas normas técnicas mencionadas en el párrafo anterior, estas no pueden sobrepasar el límite

máximo de 0,7%, pero en todos los casos es mayor del 1%, por lo que, se pudo verificar un daño en este mecanismo del transformador en estudio.

Los valores de impedancia, estos se encuentran dentro de los límites de control estipulados en la norma, en donde se hizo referencia a un parámetro máximo del 3%, mientras que el % de impedancia fue del 1% en todos los casos.

El Check List de la observación directa efectuada al transformador de potencia en análisis, se pudo conocer los siguientes resultados que se presenta en la tabla 3:

Tabla 3

Resultados del Check List del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV

No.	Pruebas del transformador y	Realizado	Observación
52 GIS			
1	Inspección visual de la superficie del transformador	X	Necesita pintura
2	Temperatura	X	Satisfactorio
3	Nivel de aceite	X	Satisfactorio
4	Fugas de aceite	X	Satisfactorio
5	Estado de aisladores	X	Visualmente están bien, pero, necesitan cambio según pruebas eléctricas
6	Estado de pararrayos	X	No tiene el equipo de pararrayos
7	Reajuste de señales de control	X	Se verificó las conexiones y se reajustó lo que era necesario

[+]			
8	Reajuste de instrumentación	X	Se verificó las conexiones y se reajustó lo que era necesario
9	Pruebas y estado de medidor de presión	X	Satisfactorio
10	Prueba y estado de medidor de temperatura OIL	X	Satisfactorio
11	Prueba y estado de medidor de temperatura COIL	X	Satisfactorio
12	Pruebas y estado de válvula de sobrepresión	X	Satisfactorio
13	Pruebas y estado respirador deshidratante	X	Necesita cambio
14	Pruebas y estado de ventiladores	X	No funciona un ventilador por falta de mantenimiento
15	Conexión a tierra	X	Satisfactorio
16	Medición de resistencia de puesta a tierra	X	Está por debajo de 5Ω , el valor medido fue de $4,23\Omega$
17	Levantamiento de circuitos de control	X	Se levantó la información existente
18	Marquillado de circuitos de control	X	Se levantó la información existente y se colocó las marquillas
19	Reajuste de señales de control interruptor	X	Se verificaron las conexiones y se reajustó lo que se era necesario

Nota: Observación directa realizada por autores (2024)

Las principales averías evidenciadas en el Check List de la tabla anterior, se refieren al deficitario estado de los aisladores, del respirador deshidratante, de los ventiladores y al mal estado de la superficie del transformador de potencia que requiere ser pintada, como principales averías evidenciadas durante la observación directa del equipo de mayor importancia en el sistema eléctrico de la subestación Libertad.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO

5.1. Objetivo específico 3: análisis estadístico de los parámetros más relevantes, asociados al funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad

Como parte del análisis del transformador en estudio, mediante herramientas estadísticas, se ha efectuado los pronósticos de la oferta del mismo y su relación con la demanda del suministro eléctrico.

5.2. Pronóstico de la oferta eléctrica de la Subestación Libertad

Una vez que se ha detallado el comportamiento de la energía aparente total en la Subestación La Libertad, se ha procedido a realizar el pronóstico de la oferta de energía eléctrica a la población de esta provincia, según el método de regresión lineal, representado a través de la siguiente ecuación:

- $Y = b_0 + bX + \varepsilon$

En donde, las variables del método de regresión lineal son la X y la Y, representada en este caso por el tiempo y la cantidad de energía eléctrica suministrada por la Subestación Libertad, mientras que los demás literales de este método de pronóstico, representan lo siguiente:

- b_0 = intersección del eje Y, cuando X es igual a 0.
- bX = Pendiente
- ε = Diferencia entre la cifra real y la pronosticada

Con base en esta ecuación se realizaron las gráficas de los pronósticos de los principales parámetros de la oferta de energía eléctrica en la subestación en referencia, como se presenta en la tabla 4 siguiente:

Tabla 4

Datos históricos de la oferta de energía eléctrica en la subestación Libertad

Años	KW	KVAR	KVA	KVA Nominal	FC	FP
2020	16.719,09	5.641,96	17.645,39	27.633	0,64	0,95
2021	10.741,24	3.870,75	11.417,39	16.000	0,71	0,94
2022	11.272,70	3.582,55	11.828,29	16.000	0,74	0,95
2023	9.579	3.373	10.155	16.000	0,63	0,94
2024	11.338	3.693	11.924	16.000	0,75	0,95

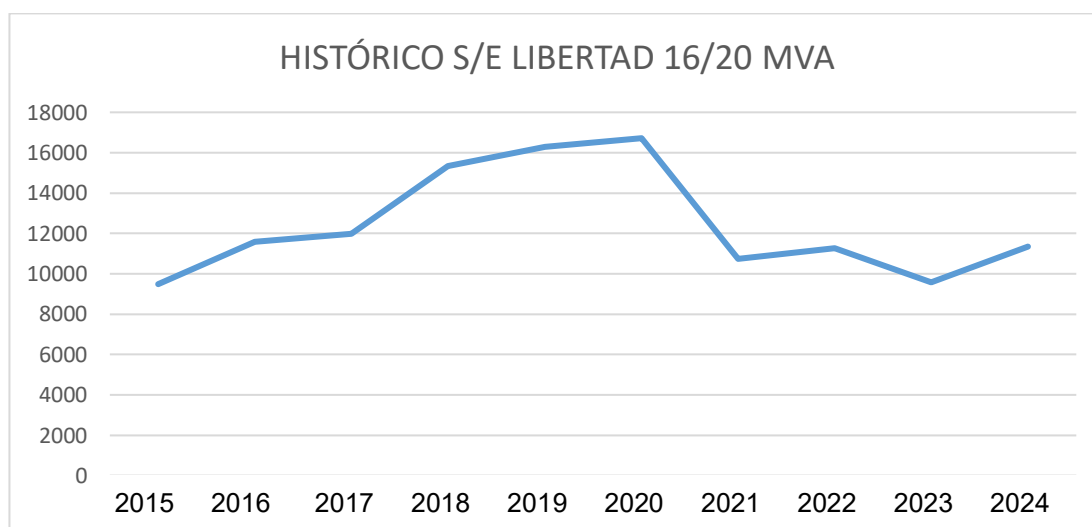
Nota: Registro tomado por autor (2024)

Con esta información observada en la tabla anterior que fue proporcionada por la subestación Libertad, se ha operado para el desarrollo del pronóstico de cada uno de los parámetros que, representan la oferta del suministro eléctrico que, esta entidad pública entrega a la población beneficiaria.

Bajo estos resultados se ha esquematizado la siguiente figura 17, de la oferta histórica de energía en la subestación Libertad:

Figura 17

Datos históricos de la oferta del suministro eléctrico en la Subestación Libertad



Nota: Registro tomado por Autor (2024)

Al aplicar la ecuación de la regresión lineal, se obtuvo el siguiente pronóstico de la energía eléctrica, presentada en la tabla 5:

Tabla 5

Pronóstico de la oferta del suministro eléctrico en la Subestación Libertad

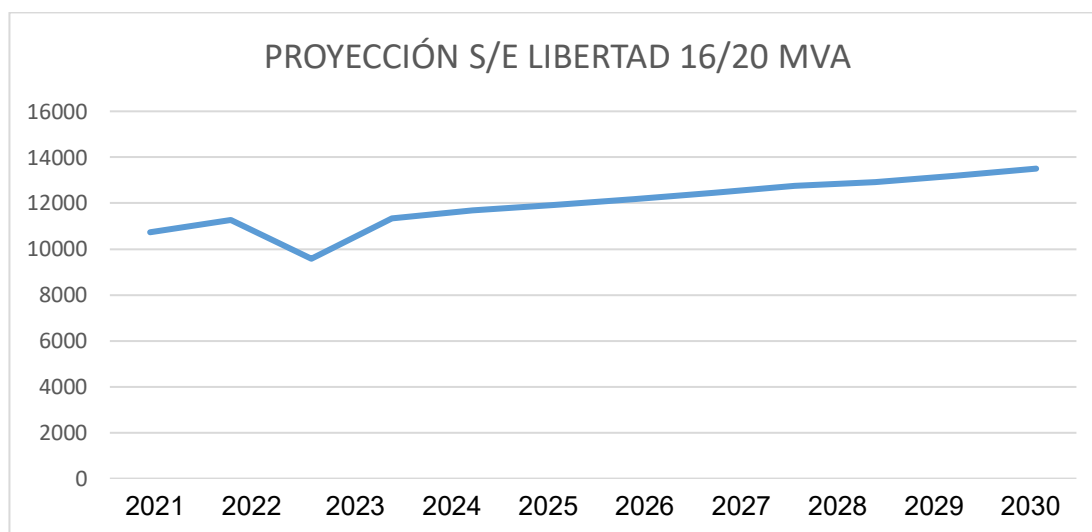
Años	KW	KVAR	KVA	KVA Nominal	FC	FP
2025	11.684	3.604	12.227	16.000	0,76	0,96
2026	11.923	3.688	12.480	16.000	0,78	0,96
2027	12.162	3.771	12.733	16.000	0,80	0,96
2028	12.460	3.657	12.986	16.000	0,81	0,96
2029	12.758	3.532	13.238	16.000	0,83	0,96
2030	12.908	3.925	13.491	16.000	0,84	0,96
2031	13.206	3807	13.744	16.000	0,86	0,96
2032	13.505	3.679	13.997	16.000	0,87	0,96

Nota: Registro tomado por Autor (2024)

A través de la tabla anterior, se espera un pronóstico creciente en los próximos años, cuya tendencia denota una línea recta, acorde a la aplicación de la regresión línea, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 18

Pronóstico de la oferta del suministro eléctrico en la Subestación Libertad



Nota: Registro tomado por Autor (2024)

Mediante la figura anterior, se puede esperar una tendencia creciente en los próximos años, en lo referente a la oferta del suministro eléctrico, esperando que, hasta el año 2030 al 2032, aproximadamente, cumpla con su vida útil, siempre y cuando, se mantengan la conservación en buen estado,

del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV.

Esta aseveración se hace más latente porque la demanda del consumo de energía eléctrica ha sido creciente en los últimos años y también su pronóstico, como se demuestra en la siguiente tabla 6:

Tabla 6

Pronóstico de la demanda de energía eléctrica en la Subestación Libertad

Años	KW	KVA	KVA nominal
2021	11.600	11.717	
2022	11.832	11.952	
2023	12.045	12.167	
2024	12.262	12.386	
2025*	12.470	12.596	16.000
2026*	12.682	12.811	16.000
2027*	12.898	13.028	16.000
2028*	13.117	13.250	16.000
2029*	13.340	13.475	16.000
2030*	13.567	13.704	16.000
2031*	13.784	13.923	16.000
2032*	14.004	14.146	16.000

Nota: Registro tomado por Autores (2024) de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena, donde * representan los años donde se proyectaron los valores bajo el método de regresión lineal.

Figura 19

Pronóstico de la demanda de energía eléctrica en la Subestación Libertad



Nota: Registro proyectado de la demanda, periodo 2021 hasta 2032. tomado por Autor (2024)

De la figura anterior se puede observar, la demanda del suministro eléctrico no rebasa la capacidad máxima del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, a pesar de ser ligeramente superior al valor de la oferta, significando ello que, se puede incrementar la cantidad de energía eléctrica generada en la subestación eléctrica, si se mantiene la proyección prevista realizada bajo la aplicación del método de regresión lineal y considerando los datos de la demanda histórica del consumo del suministro eléctrico de la población de Santa Elena, según los registros de esta entidad pública.

Si se mantienen los fallos en algunos mecanismos eléctricos del transformador evaluado, entonces, no se podrá cumplir con la oferta pronosticada del suministro eléctrico, generando, además, una caída de la demanda en este sentido.

Los resultados pusieron de manifiesto un comportamiento irregular de los principales parámetros de potencia del transformador, referidos a la energía aparente, activa y reactiva entregada y recibida, con averías que generaron la interrupción del suministro eléctrico a la población local, las cuales puede impedir cubrir la demanda de energía eléctrica en los próximos años.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se estudiaron las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la Provincia de Santa Elena, en donde se pudo evidenciar las siguientes conclusiones:

Sobre el primer objetivo específico, el transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV constituye el corazón de las subestaciones eléctricas, como en este caso, del ubicado en la Provincia de Santa Elena, debido a que, es el responsable de transformar la corriente, reduciendo o aumentando según las necesidades requeridas, para abastecer del suministro eléctrico local.

Respecto al segundo objetivo específico, los resultados derivados del diagnóstico actual del transformador de potencia revelaron que, las principales averías se refieren al deficitario estado de los aisladores, del respirador deshidratante, de los ventiladores y de la superficie del transformador de potencia que requiere ser pintada, como principales fallos evidenciados durante la observación directa del equipo de mayor importancia en el sistema eléctrico de la subestación Libertad, además que, el transformador de potencia en estudio sufrió averías que, generaron un desbalance de corriente mayor al 15%.

Con relación al tercer objetivo específico, el pronóstico estadístico de los parámetros más relevantes realizado bajo el uso del método de regresión lineal, evidenció que, el funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad cubrirá parte de cierto sectores del cantón con un 63 % de energía eléctrica de la población de la Provincia de Santa Elena, siempre y cuando se puedan corregir las averías observadas en el diagnóstico efectuado, caso contrario, no solo se reducirá la oferta del

suministro eléctrico en esta subestación, sino que, además, corre el riesgo de interrumpirse este servicio a la colectividad.

6.2. RECOMENDACIONES

Surgieron las siguientes recomendaciones de las conclusiones de este trabajo investigativo:

Es recomendable que, los altos directivos de la Subestación Libertad mantengan un sistema de monitoreo eficaz de esta institución pública, para establecer oportunamente las mejoras que deben efectuarse y mejorar la toma de decisiones a favor de obtener la máxima productividad de la compañía.

Se sugiere a la alta dirección de la Subestación Libertad tomar la decisión de aplicar mantenimiento correctivo a los aisladores, respirador deshidratante, ventiladores y la superficie del transformador de potencia, esta última debe ser pintada, mientras que, los primeros deben ser cambiados para impedir la interrupción del suministro eléctrico.

Por último, se recomienda a la alta gerencia de la Subestación Libertad, efectuar el plan estratégico para la ampliación de la Subestación Libertad, con el propósito de aumentar la capacidad del transformador de potencia o simplemente renovarlo por un equipo de mayor capacidad de generación eléctrica, según convenga, de acuerdo con el análisis de proveedores y de factibilidad de este proyecto, debido a que, se mantienen una expectativa de vida útil de este equipo hasta el año 2030, aproximadamente, si se mantienen estables las condiciones actuales en la Provincia de Santa Elena.

REFERENCIAS

- Alvarez, M., Lopez, R., Stegmaier, F., Mancilla, R., Schurch, A., y Angulo, C. (2020). "A Condition-Based Maintenance Model including Resource Constraints on the Number of Inspections,". *IEEE Trans. Reliab*, 69(3), 1165–1176.
- ARCERNNR. (2020). *Resolución Nro. ARCERNNR - 017/2020*. Quito: ARCERNNR.
- Arciniegas, A., Imbajoa, D., y Revelo, J. (2020). Diseño e implementación de un Sistema de Medición Inteligente para AMI de la microrred de la Universidad de Nariño. *Enfoque UTE Revista*, 8(1), 1-20. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.136>
- Avelino, J. (2023). *Diseño e implementación de la plataforma de monitoreo para el laboratorio Kiosol*. Bogotá: Universidad de Los Andes. <https://doi.org/https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/14360d03-db3f-4b35-b5da-ef33c9e98b20/content>
- Ayala, R., y Tenesaca, J. (2020). *Implementación de un sistema de comunicación IEC 61850 para monitoreo y control de los módulos de protección de líneas de transmisión, sistemas de generación y redes de distribución*. UPS. <https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15569/1/UPS-GT002146.pdf>
- Barbosa, W., y Pullutasig, H. (2021). *Desarrollo de una aplicación informática para la operación de barras de una subestación*. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://doi.org/http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7847/1/PI-001667.pdf>
- Bravo, W. (2021). *Automatización de una subestación eléctrica de potencia con el estándar IEC-61850*. Cusco: Universiad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. https://doi.org/https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6859/253T20210474_TC.pdf;jsessionid=415796EFCA5AB2ACDE44988BB3507CD6?sequence=1

- Burgo, O., León, J., Cáceres, M., Pérez, C., y Espinoza, E. (2020). Algunas reflexiones sobre investigación e intervención educativa. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(2 Suplemento), 15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0138-65572019000500003
- Bustamante, L. (2022). *Análisis de factibilidad técnica y económica para la instalación de transformadores de potencial con alimentación para servicios auxiliares en subestaciones de seccionamiento*. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://doi.org/http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9793/1/MUTC-001325.pdf>
- Caiza, L. (2024). *Análisis dinámico para el diagnóstico de transformadores de potencia basada en su condición*. UPS. <https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26770/1/TTS1617.pdf>
- Carpio, F., y Romero, A. (2024). *Estudio de estabilidad de voltaje en redes de transmisión en zona Costa Norte del SNI del Ecuador*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. <https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27445/1/UPS-GT004979.pdf>
- Chamba, M., Vargas, W., Riofrio, J., y Echeverría, D. (2022). Regulación Primaria de Frecuencia Mediante Sistemas de Almacenamiento de Energía con Baterías en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano. *Revista Técnica energía*, 19(1). https://doi.org/http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2602-84922022000200013
- Cisneros, A., Guevara, A., Urdánigo, J., y Garcés, J. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que Apoyan a la Investigación Científica en Tiempo de Pandemia. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 21. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i1.2546>
- COMUVAL. (18 de marzo de 2020). *Elementos de una subestación eléctrica de alto voltaje en exteriores*. <http://www.comuval.com/blog/elementos-de-una-subestacion-electrica-de-altovoltaje.html>.

- ETAP. (20 de 06 de 2024). *Soluciones de gestión de la energía ETAP*. Soluciones de gestión de la energía ETAP: <https://etap.com/es>
- Gallo, Á., y Pérez, F. (2021). Minería de Datos y Proyección a Corto Plazo de la Demanda de Potencia en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano. *Revista Técnica Energía*, 18(1), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v18.n1.2021.461>
- Granda, B., y Zapata, B. (2021). *Evaluación del impacto de las protecciones de un sistema radial con presencia de generación distribuida*. Latacunga: UTC. <https://doi.org/https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7863/1/PI-001682.pdf>
- Guevara, G., Verdesoto, A., y Castros, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO; Editorial Saberes del Conocimiento*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Henninger, S., y Jaeger, J. (2020). *Advanced classification of converter control concepts for integration in electrical power systems*. Jepes.
- Higginson, M., y Pabst, P. (2020). Desing and implementation of an IECA 61850 GOOSE BAsed Protection Scheme for and Islanda Power System. *Institute of Electrical y Electronic*, 1(1).
- IEA. (30 de 01 de 2024). *Atajar la crisis energética mundial*. Atajar la crisis energética mundial: https://www.iaea.org/sites/default/files/50104013940_es.pdf
- Iñiguez, J. (2023). *Implementación de un prototipo de transferencia automática de carga, para el anillo de subtransmisión eléctrica de la Empresa Eléctrica Regional Norte, EMELNORTE S.A.* Quito: ESPE. <https://doi.org/https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36671>
- Jiménez, L. (2020). Impacto de la investigación cuantitativa en la actualidad. *Revista Científica TECH*, 4(1), 59-68. https://doi.org/https://www.researchgate.net/profile/Ledys-Jimenez/publication/352750927_IMPACTO_DE_LA_INVESTIGACION_CUANTITATIVA_EN_LA_ACTUALIDAD/links/60d66a7b299bf1ea9

ebe5113/IMPACTO-DE-LA-INVESTIGACION-CUANTITATIVA-EN-LA-ACTUALIDAD.pdf

- Lascano, J. (2024). *Estimación de la Demanda de una Estación de Carga para Vehículos Eléctricos en la Ciudad de Ambato mediante la Aplicación de Métodos Probabilísticos*. Latacunga: UTC.
<https://doi.org/https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/12190/1/MUTC-001841.pdf>
- Lema, C. (2020). *Diseño de Subestación eléctrica 69/13.8kV para InterHospital con Transformador de Potencia 5 MVA*. UCSG.
<https://doi.org/http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10290/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-144.pdf>
- Leyva, H., y Guerra, V. (2020). Objeto de investigación y campo de acción: componentes del diseño de una investigación científica. *Medigraphic*, 12(3), 15.
https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742020000300241
- Loor, F., y Mancilla, C. (2023). *Diseño y simulación de un sistema de protección para generación con los equipos SEL-700G, 751, RTU RTAC SEL - 3530 y CMC 356 integrados en un sistema de monitoreo SCADA*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25830/1/UPS-GT004530.pdf>
- Luzardo, J. (2021). *Diseño e implementación de una fuente de poder de corriente continua fija y variable para pruebas en circuitos electrónicos en el Laboratorio de Robótica de la Carrera de Ingeniería en Computación y Redes*. Manabí: UNESUM.
<https://doi.org/https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2830/1/LUZARDO%20BAQUE%20JOFREE%20ALEJANDRO%20.pdf>
- Martínez, A., y Castro, I. (2024). Régimen jurídico de la energía eléctrica en Ecuador. Tensiones socioambientales y con los derechos de la Naturaleza. *FORO*, 1(41), 149–171.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32719/26312484.2024.41.8>
- Masabanda, A. (2023). *Diseño de un plan de mantenimiento programado para equipos primarios de las subestaciones eléctricas pertenecientes a la*

- Concesión de Emelnorte S.A.* Universidad Técnica del Norte.
<https://doi.org/https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13904/2/04%20MEL%20198%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Mato, F., Contreras, F., y Olaya, J. (2020). *Estadísticas descriptivas y probabilidad para las ciencias de la información con el uso del SPSS*. Lima: Asociación de Bibliotecólogos del Perú:
<http://eprints.rclis.org/40470/1/ESTADISTICA%20DESCRIPTIVA.pdf>.
- Mora, F., y Limones, J. (2021). *Diseño e implementación de pruebas de fallas en los sistemas de distribución mediante el uso del equipo omicron CMC 356 para el Relé SEL -751*. Universidad Politécnica Salesiana.
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21326/1/UPS-GT003494.pdf>
- Moscoso, V., y Silva, N. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de protección contra sobrecorriente en una red de distribución mediante el uso de relé-751 y SEL-3530 RTAC*. Universidad Politécnica Salesiana.
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20834/1/UPS-GT003354.pdf>
- Moscoso, V., y Silva, N. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de protección contra sobrecorriente en una red de distribución mediante el uso de relé SEL - 751 y SEL - 3530 RTAC*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20834/1/UPS-GT003354.pdf>
- Norma IEC 61850-7-420. (2003). *Modelización de sistemas energéticos distribuidos*. TecnoLógicas.
- Ómicron electronics GmbH 2022. (2022). *Equipo Ómicron CMC356*. Ohio: Ómicron. <https://doi.org/https://www.omicronenergy.com/document>
- Pacho, G., y Ojeda, J. (2024). *Simulación y monitoreo de la operación y protección de una celda de media tensión haciendo uso del RTU RTAC SEL 3530 y RELÉ SEL -751*. Universidad Politécnica Salesiana.
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27516/1/UPS-GT005006.pdf>

- Pantoja, M., Arciniegas, O., y Álvarez, S. (2022). Desarrollo de una investigación a través de un plan de estudio. *Revista Conrado*, 18(S3), 165-171.
- Pérez, R. (2020). *Propuesta para la integración de dos relevadores de protección de diferentes fabricantes a través del protocolo de comunicación IEC 61850-7*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://doi.org/http://www.repositorio.usac.edu.gt/14205/1/Rub%C3%A9n%20Antonio%20P%C3%A9rez%20Rodr%C3%ADguez.pdf>
- Quesada, A., y Medina, A. (2020). Métodos teóricos de investigación: Análisis-síntesis, inducción-deducción, abstracto-concreto e histórico-lógico. *Universidad de Matanzas*, 1(1). https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/347987929_METODOS_TEORICOS_DE_INVESTIGACION_ANALISIS-SINTESIS_INDUCCION-DEDUCCION_ABSTRACTO_-CONCRETO_E_HISTORICO-LOGICO
- Ríos, L. (2024). Crecimiento del Consumo Interno de Energía Eléctrica Período 1985-2022 y su Impacto Futuro en el Desarrollo Socioeconómico del Paraguay. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 10806-10817. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10381
- Rodriguez, J., Contreras, J., y Gaytan, C. (2021). Evaluation and Interpretation of Dissolved Gas Analysis of Soybean-Based Natural Ester Insulating Liquid. *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul*, 28(4), 1343–1348. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2021.009467>
- Rodríguez, O., y Carló, C. (2024). *Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo en una red fotovoltaica mediante el uso de la RTU SEL - RTAC 3530*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. <https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27293>
- Ronquillo, A. (2022). *Diseño y simulación de un sistema de protección en celdas de media tensión con monitoreo scada en subestaciones eléctricas*. UPS. <https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22501/1/UPS-GT003709.pdf>

- Sánchez, D. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 9(17), 38-39.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>
- Sánchez, J. (2021). *Guía de Mantenimiento Preventivo de un Banco de Capacitores del Sistema Eléctrico de Media Tensión de CNEL*. Unidad de Negocios Guayaquil. Guayaquil.
- Silva, B., Ferreira, R., Gomez, S., Calado, R., Andrade, R., y Porto, M. (2018). On rail solution for automomous inspections in electrical substations. *Infrared Physics an Technology* , 90, 53-58.
- Silva, G., y Cevallos, L. (2023). *Análisis de la normativa IEC 61850 para la protección y monitoreo de transformadores de potencia empleando reles de protección diferencial*. Universidad Pólitécnica Salesiana.
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26512/1/UPS-GT004859.pdf>
- Suárez, S. (2022). *Diseño de servicios auxiliares en subestaciones eléctricas de alta tensión*. Universidad de Antioquia.
https://doi.org/https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/31806/5/SuarezSantiago_2022_ServiciosSubestacionesElectricas.pdf
- Sulca, D., y Trujillo, J. (2022). *Automatización de la Subestación Eléctrica Tumbes, mediante un sistema SCADA para monitorear el envío de datos en tiempo real al centro de control de Electronoroeste S. A., 2022*. Callao: Universidad Nacional del Callao.
<https://doi.org/https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7330/FIEE%20TESIS%20TRUJILLO%20ARIZA-SULCA%20ACU%C3%91A%20%202022.pdf?sequence=1>
- Torres, R. (2021). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para los equipos de subestaciones mediante inspección termográfica*. UCSG.
<https://doi.org/http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/17181/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-269.pdf>
- Torres, R., y Farez, O. (2021). *Implementación de sistema de comunicación IEC 61850 para monitoreo y control del módulo de pruebas para el laboratorio de protecciones de la UPS Cuenca* . UPS.

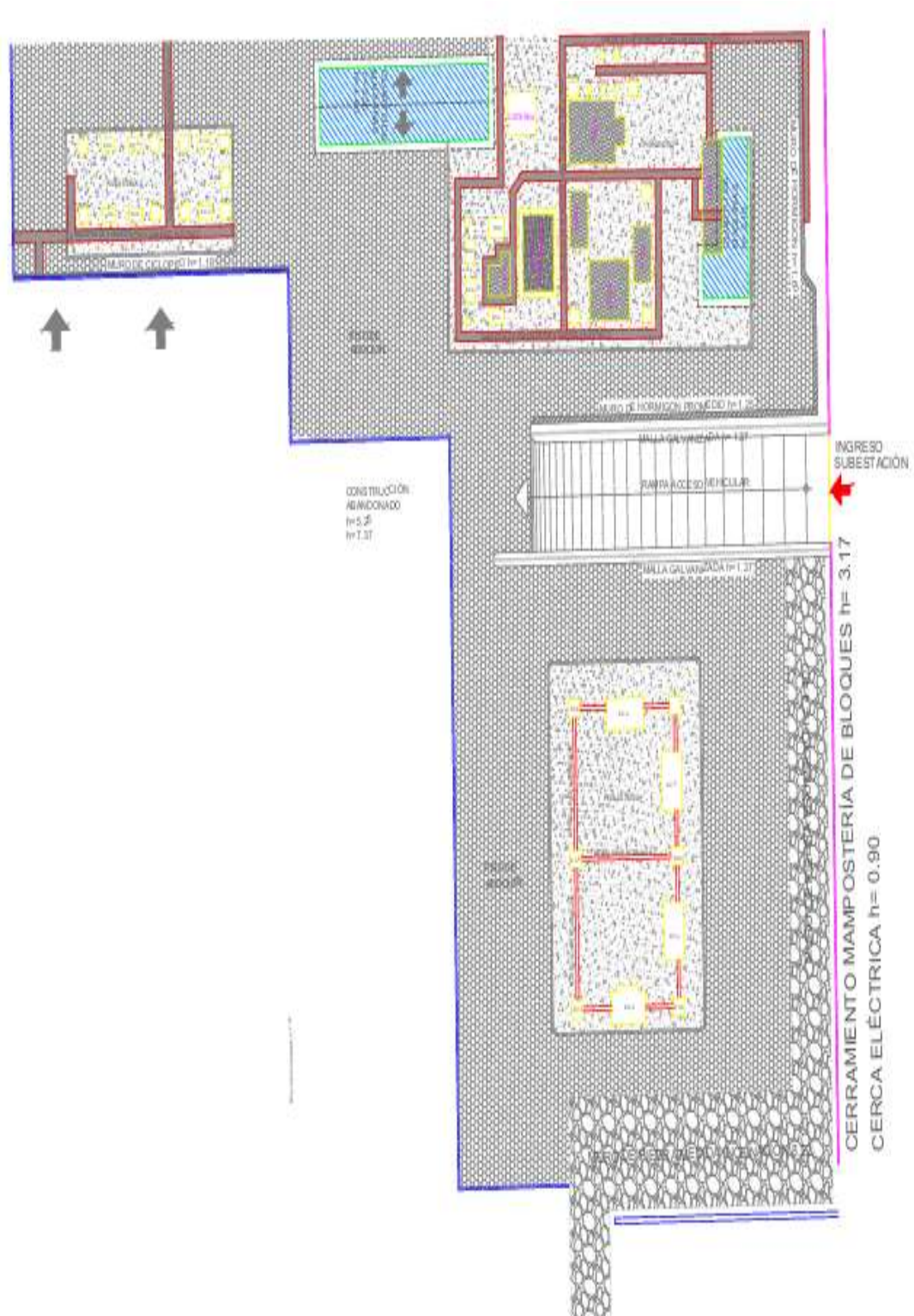
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21514/1/UPS-CT009468.pdf>

Zhao, Z., Yao, C., Tang, C., Li, C., Yan, F., y Islam, S. (2019). Diagnosing Transformer Winding Deformation Faults Based on the Analysis of Binary Image Obtained from FRA Signature. *IEEE Access*, 7(1), 40463–40474. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907648>

ANEXOS

Anexo 1

Diagrama de planta de la subestación Libertad



Nota: Registro tomado autor (2024).

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PELÁEZ TUMBACO, GEOVANNY ROBERTO**, con C.C: # 0916850449 autor/a del trabajo de titulación: **Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69kV a 13.8kV de la subestación Libertad en la Provincia de Santa Elena** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024.

f. _____
Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto
C.C: 0916850449

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **VALVERDE VELÁSQUEZ, JORGE LUIS**, con C.C: # 0924921570 autor/a del trabajo de titulación: **Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69kV a 13.8kV de la subestación Libertad en la Provincia de Santa Elena** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024.

f. _____
VALVERDE VELÁSQUEZ, JORGE LUIS
C.C: 0924921570

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia del 69kV a 13.8kV de la subestación Libertad en la provincia de Santa Elena.		
AUTOR(ES)	Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto Valverde Velásquez, Jorge Luis		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Nino Tello Vega Ureta M. Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2 de septiembre del 2024	No. DE PÁGINAS:	80
ÁREAS TEMÁTICAS:	Subestación eléctrica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	diagnóstico, transformador de potencia, averías, pronóstico.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): La presente se refiere a un diagnóstico de las condiciones actuales en que se encuentra el transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV, el cual pertenece a la Subestación Libertad ubicada en la provincia de Santa Elena. Por esta razón, el objetivo general consiste en estudiar las condiciones actuales del funcionamiento del transformador de potencia de 69 kV a 13,8 kV de la Subestación Libertad en la provincia de Santa Elena. La metodología aplicada fue descriptiva, cuantitativa, de campo, con diseño no experimental, utilizando la observación directa y el análisis documental para efectuar el diagnóstico de esta subestación eléctrica, con fundamento en los registros proporcionados por esta entidad pública. Los resultados pusieron de manifiesto un comportamiento irregular de los principales parámetros de potencia del transformador, referidos a la energía aparente, activa y reactiva entregada y recibida, con averías que generaron la interrupción del suministro eléctrico a la población local, las cuales puede impedir cubrir la demanda de energía eléctrica en los próximos años. En conclusión, es necesario potenciar la conservación de este transformador, para cumplir con el pronóstico de la oferta del suministro eléctrico.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES: Peláez Tumbaco, Geovanny Roberto Valverde Velásquez, Jorge Luis	Teléfono: 0958926286 0961002727	E-mail: geovannyrpelaez@gmail.com jorgejmc2011@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Ing. Ricardo Ubilla González Mgs.		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			