

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

**Análisis de mejoramiento de la capacidad instalada en la Subestación
Salinas.**

AUTORES:

Tomalá Tomalá, Saúl Alexis

Vivero Roca, César Bolívar

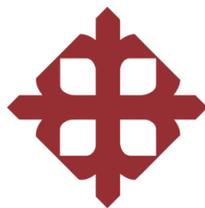
**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero en Electricidad**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, Phd.

Guayaquil-Ecuador

20 de febrero de 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

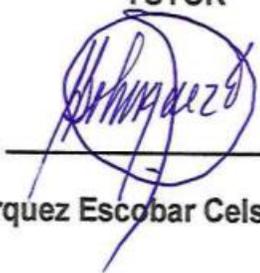
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Tomalá Tomalá, Saúl Alexis y Vivero Roca, César Bolívar** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**

TUTOR

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, PhD.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, PhD.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2025



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

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Tomalá Tomalá, Saúl Alexis y Vivero Roca, César Bolívar**

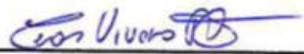
DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Análisis de mejoramiento de la capacidad instalada en la Subestación Salinas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, 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, a los 20 días del mes de febrero del año 2025

LOS AUTORES

f. 
Vivero Roca Cesar Bolívar

f. 
Tomalá Tomalá Saúl Alexis



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

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

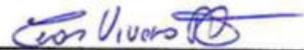
AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Tomalá Tomalá, Saúl Alexis y Vivero Roca, César Bolívar**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis de mejoramiento de la capacidad instalada en la Subestación Salinas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2025

LOS AUTORES

f. 
Vivero Roca Cesar Bolívar

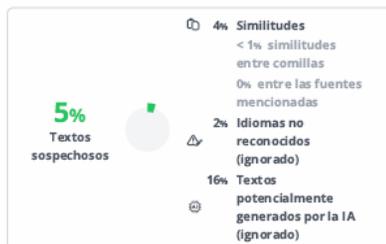
f. 
Tomalá Tomalá Saúl Alexis

REPORTE DE COMPILATIO



INFORME DE ANÁLISIS
magister

INFORME FINAL DE TESIS SAÚL TOMALÁ - CESAR VIVERO(3)(1)(1)



Nombre del documento: INFORME FINAL DE TESIS SAÚL TOMALÁ - CESAR VIVERO(3)(1)(1).docx
ID del documento: 24563e4d068e5c0cbf6b98264f48e48408ef3a92
Tamaño del documento original: 3,9 MB
Autores: []

Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez
Fecha de depósito: 14/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 14/2/2025

Número de palabras: 17.647
Número de caracteres: 118.874

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	ingenieria.desubestaciones.com Tipos de Subestaciones Eléctricas - IDS https://ingenieria.desubestaciones.com/tipos-de-subestaciones-electricas/ 4 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (533 palabras)
2	www.ferrovial.com Línea de transmisión, qué es, características y tipos - Ferrovial https://www.ferrovial.com/es/stem/linea-de-transmision/ 1 fuente similar	3%		Palabras idénticas: 3% (530 palabras)
3	TESIS_MATTHEW LAPO.docx TESIS_MATTHEW LAPO #615fbb El documento proviene de mi grupo 58 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (423 palabras)
4	www.cnelep.gob.ec https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/Estudio-Tecnico-definitivo-dic-1-signed-...	2%		Palabras idénticas: 2% (374 palabras)

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PhD

Tutor

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios, quien me ha guiado en este proceso, por la oportunidad de realizar este estudio y por la sabiduría y discernimiento que me ha concedido.

A mi director de Tesis, Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar PhD, por proporcionar la procedencia de desarrollar este proyecto, sus excelentes aportaciones y recomendaciones en el tiempo de desarrollo de nuestro proyecto.

Finalmente quiero agradecer de corazón a todos mis amigos y amigas por ayudarme y apoyarme sin condiciones en el desarrollo y culminación de este proyecto.

MIL GRACIAS.

Vivero Roca Cesar Bolívar

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional y su apoyo en cada paso de mi vida. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis amigos, que siempre estuvieron ahí para darme ánimos y recordarme la importancia de disfrutar el camino.

A mis profesores y mentores, cuyas enseñanzas y guía han sido fundamentales en mi desarrollo académico y personal.

Y, en especial, a mi familia, cuya paciencia, comprensión y apoyo constante me dieron la fuerza necesaria para alcanzar esta meta.

Vivero Roca Cesar Bolívar

AGRADECIMIENTO

Antes que nada, primero quiero expresar mi más profunda gratitud a DIOS, quien me ha dado la sabiduría, fuerza salud para llegar al objetivo a lo largo de este camino académico, he contado con el apoyo, guía y aliento de muchas personas, sin las cuales este logro no habría sido.

En segundo lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor, por su paciencia, orientación y confianza en mi trabajo. Su experiencia y dedicación fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo emocional y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis hermanos y demás familiares, por ser una fuente constante de ánimo y fortaleza.

Finalmente, agradezco a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, por brindarme las herramientas y el espacio necesario para mi formación, y al Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, PhD, por su colaboración y aporte en este proyecto.

Este logro no es solo mío, sino también de todos los que, de una u otra forma, formaron parte de este camino.

Tomalá Tomalá Saúl Alexis

DEDICATORIA

A mis padres, cuya fe en mí nunca flaqueó y cuyo amor y apoyo han sido mi mayor fortaleza. Este logro es tan suyo como mío.

A mi esposa e hija, por inspirarme con su ejemplo de esfuerzo y dedicación.

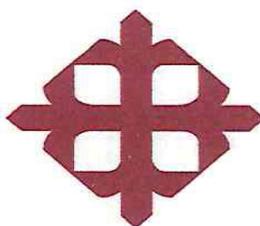
A mis amigos y compañeros de vida, quienes estuvieron presentes en los momentos más difíciles y celebraron conmigo cada pequeño avance.

A mis compañeros, por creer en mi capacidad y motivarme a alcanzar mis metas.

Y a mí mismo, por no rendirme a pesar de las dificultades, por cada noche en vela y por el esfuerzo que hoy culmina en este logro.

Con gratitud y amor, Saúl Tomalá.

Tomalá Tomalá Saúl Alexis



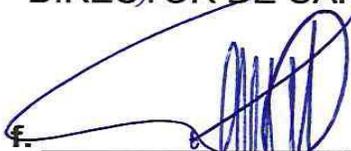
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ph.D BOHÓRQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

MSc. UBILLA GONZALEZ RICARDO XAVIER
COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. 

MGS. ARZUBE MENDOZA ERIKA PAOLA
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLA	XVI
ÍNDICE DE ECUACIONES	XVI
RESUMEN	XVII
CAPITULO 1	2
DESCRIPCIÓN GENERAL	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 ENIGMÁTICA DE LA SITUACIÓN	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.5 OBJETIVOS	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 ALCANCE	4
1.6. HIPÓTESIS	5
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.8 METAS	5
1.9 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	6
CAPITULO 2	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 REDES ELÉCTRICAS	7
2.1.1 TIPOS DE REDES ELÉCTRICAS	7
2.1.2 SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	10

2.1.4 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	21
2.1.5 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	27
2.1.6 REDES DE DISTRIBUCIÓN	36
CAPITULO 3.....	44
DETALLES DEL PROYECTO	44
3.1 GENERALIDADES	44
3.1.1 ANTECEDENTES DE LA MEJORA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 10/12 MVA A 16/20MVA.	44
3.1.2 UBICACIÓN	45
3.1.3 ESTADOS DE EQUIPOS.....	46
3.1.4 DEMANDA ACTUAL	51
CAPITULO 4.....	57
ANÁLISIS Y EJECUCIÓN	57
4.1 EJECUCIÓN DEL TRABAJO.....	57
4.2 PASOS DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO.....	59
4.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRANSFORMADOR	65
4.3.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	66
4.4 DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	68
4.5 MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	70
4.5.1 PASOS IMPORTANTES PARA EL MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	70
CAPITULO 5.....	74
ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	74
5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE MATERIALES Y PERSONAL	74

5.2 ESTUDIO DEL BIEN.....	74
5.3 CÁLCULO DEL PRESUPUESTO	74
CAPITULO 6.....	77
RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....	77
6.1 CONCLUSIONES	77
6.1 CONCLUSIONES	78
6.2 RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	79
GLOSARIO.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. TIPOS DE REDES ELÉCTRICAS	8
FIGURA 2. RED DE TRANSPORTE	9
FIGURA 3. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	11
FIGURA 4. SUBESTACIÓN ELEVADORA.....	12
FIGURA 5. SUBESTACIÓN REDUCTORA	13
FIGURA 6. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	14
FIGURA 7. CICLO DE PRODUCCIÓN DE ENERGIA	14
FIGURA 8. CENTRAL TERMOELÉCTRICA.....	16
FIGURA 9. CENTRAL HIDROELECTRICA	19
FIGURA 10. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	21
FIGURA 11. PARTES DE UNA TORRE DE TRANSMISIÓN	23
FIGURA 12. ELEMENTOS DE SUJECIÓN Y AISLAMIENTO DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	24
FIGURA 13. BANDAS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	25
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	28
FIGURA 15. COMPONENTES DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	29
FIGURA 16. VISTA FRONTAL SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	33
FIGURA 17. ETAPA DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.....	34
FIGURA 18. TRANSFORMADOR DE PODER.....	35
FIGURA 19. INTERRUPTOR DE PODER.....	36
FIGURA 20. REDES AREAS DE DISTRIBUCION	37
FIGURA 21. TRANSPORTE DE LA ENERGIA.....	39
FIGURA 22. UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	45
FIGURA 23. TRANSFORMADOR ACTUAL DE LA SUBESTACIÓN SALINAS.....	46
FIGURA 24. INTERRUPTOR TANQUE MUERTO	48
FIGURA 25. CUBA DEL TRANSFORMADOR DE PODER.....	48
FIGURA 26. APRECIACIÓN DE LA CARGA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA EN EL PERIODO 2020-2023.....	54
FIGURA 27. TASA DE CRECIMIENTO INTERANUAL	55
FIGURA 28. DISEÑO DE NUEVOS EQUIPOS PARA REPOTENCIACIÓN DE SUBESTACIÓN	58

FIGURA 29. LISTADO DE CABLES DE SEÑAL PROPUESTOS PARA LOS EQUIPOS DE CAMPO	59
FIGURA 30. BASE PARA EQUIPOS DE PATIO	61
FIGURA 31. TRINCHERAS Y CANALIZACIONES.....	62
FIGURA 32. CAJAS DE REVISIÓN Y CANALIZACIÓN	63
FIGURA 33. DIMENSIONES DE LAS CELDAS	64
FIGURA 34. EXTERIOR DE CUARTO DE CONTROL.....	64
FIGURA 35. VISTA FRONTAL DE TREN DE CELDAS EXISTENTES	65
FIGURA 36. BASES EXISTENTES SUBESTACIÓN SALINAS.....	65
FIGURA 37. VISTA LATERAL DE TRANSFORMADOR PROPUESTO	68
FIGURA 38. FICHA TÉCNICA TRANSFORMADOR DE PODER PROPUESTO	69

ÍNDICE DE TABLA

TABLA 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	6
TABLA 2. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y LA REACCIÓN DE LOS ALIMENTADORES DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 10/12 MVA EN LA SUBESTACIÓN SALINAS	52
TABLA 3. LISTA DE RUBROS A EJECUTARSE	57
TABLA 4. CÁLCULO DEL ANÁLISIS DE LA MEJORA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE LA S/E SALINAS	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR	55
ECUACIÓN 2. COEFICIENTE PARA DELIMITAR CARGA FUTURA	55
ECUACIÓN 3. TASA DE CRECIMIENTO	56
ECUACIÓN 4. POTENCIA APARENTE DEL NUEVO TRANSFORMADOR	56

RESUMEN

Abordamos la importancia de la electricidad como una forma de energía fundamental en las sociedades modernas, siendo esencial para el funcionamiento de aparatos y máquinas. Se define la electricidad como un conjunto de fenómenos derivados de la interacción entre cargas eléctricas, que se manifiestan en ámbitos físico, luminoso, mecánico y térmico.

Al mismo tiempo, se enfatiza en el acrecentamiento en la demanda del servicio eléctrico, debido al incremento poblacional. Este crecimiento ha ocasionado una sobrecarga en el transformador de potencia de la subestación Salinas, llevando al mismo a operar a más del 80% de su capacidad actual. Por tal motivo se bosqueja la necesidad de mejorar la calidad del servicio mediante un análisis de uno de los equipos más importantes que integran la subestación como lo es el transformador de potencia.

En nuestro proyecto nos enfrascamos en la permutación del transformador, con la ayuda de nuestro análisis de campo logramos determinar que el incremento de la población en esta localidad se debe también a que es una zona turística, como intrepidez de este con ayuda de cálculos se debe mejorar la potencia del transformador que está actualmente tiene una capacidad de 10/12 MVA a 16/20 MVA.

También se incluyó la coordinación de pruebas, la puesta en servicio, capacitación del personal autorizado y un plan de mantenimiento para asegurar de esta manera la operación eficiente y sostenible del transformador, viéndose reflejada en la demanda proyectado en las tensiones a las que opera el transformador.

Palabras clave: *Instalaciones eléctricas, distribución, comercialización, transformador de potencia, subestación eléctrica.*

ABSTRACT

We address the importance of electricity as a fundamental form of energy in modern societies, being essential for the operation of devices and machines. Electricity is defined as a set of phenomena derived from the interaction between electric charges, which are manifested in physical, luminous, mechanical and thermal fields.

At the same time, emphasis is placed on the increase in the demand for electric service, due to population growth. This increase has caused an overload in the power transformer of the Salinas substation, leading it to operate at more than 80% of its current capacity. For this reason, the need to improve the quality of service is outlined through an analysis of one of the most important pieces of equipment that make up the substation, the power transformer.

With the help of our field analysis we were able to determine that the increase of the population in this locality is also due to the fact that it is a tourist area. As an intrepidity of the same with the help of calculations, the power of the transformer, which currently has a capacity of 10/12 MVA to 16/20 MVA, should be improved.

Also included was the coordination of testing, commissioning, training of authorized personnel and a maintenance plan to ensure the efficient and sustainable operation of the transformer, reflected in the demand projected in the voltages at which the transformer operates.

Keywords: Electrical installations, distribution, marketing, power transformer, electrical substation.

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

La electricidad constituye una forma de energía que está presente en casi todas las actividades del hombre de una sociedad desarrollada, ya que gran parte de estos aparatos y máquinas que usamos de manera frecuente funcionan con ella.

La electricidad es un conjunto de fenómenos producidos por la interacción entre las cargas eléctricas positivas y negativas. La energía que se produce dentro de las cargas eléctricas se manifiesta en cuatro ámbitos: físico, luminoso, mecánico y térmico.

Actualmente la demanda del servicio eléctrico en toda el área de concesión se ha incrementado en gran escala a causa del crecimiento poblacional, vivienda, comercial e industrial (turística, agricultura, producción acuícola, etc.), por lo que un alto porcentaje de los transformadores de potencia de las subestaciones de CNEL EP Santa Elena operan con una cargabilidad por encima de la mitad inclusive sobre el 80%. Ante esta situación se vuelve necesario e inminente la necesidad de mejorar el servicio, calidad, realizar repotenciación y mejoras a las subestaciones.

La subestación Salinas fue construida en el año 1989 (casi 33 años de uso) cuentan con un Transformador de Potencia de 10/12 MVA-69/13.8 KV. Se considera factible realizar la REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SALINAS DE 69 KV A LA CAPACIDAD 16/20 MVA.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Santa Elena cuenta en la actualidad con varias subestaciones en sus diferentes cantones en las zonas rurales y urbanas, con énfasis en el cantón Salinas se logró estipular mediante un estudio de campo que la Subestación Salinas tiene inconvenientes de sobrecarga a causa de la demanda de usuarios. El proyecto procura la mejora del servicio eléctrico a nivel de 69 kV.

1.3 ENIGMÁTICA DE LA SITUACIÓN

La subestación estriba de varios elementos principales tales como: (transformadores, interruptores, barras colectoras, sistemas de protección y control). La capacidad actual del transformador de potencia ha genera varios problemas como:

La sobrecarga del transformador de potencia vigente.

Acrecentamiento en las pérdidas de energía.

Déficit de ser reserva a una subestación cercana, como acople de ayuda vigente.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El mejoramiento que se realizara en la Subestación Salinas se basa en la necesidad de optimar la capacidad de suministro de energía para satisfacer la demanda creciente del Cantón Salinas, mejorar la confiabilidad y eficiencia del servicio.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Repotenciar de la subestación Salinas por incremento de carga de la zona turística del cantón Salinas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico de la demanda máxima de la subestación.
- Dimensionar los equipos de la subestación de acuerdo con las nuevas necesidades.
- Presentar un presupuesto referencial de la repotenciación de la subestación Salinas.

1.4 ALCANCE

Con el análisis exhaustivo y ejecución de nuestro proyecto de mejoramiento en el transformador de potencia, se pronostica optimizar los niveles de energía requeridos, respondiendo así a una mejora en el servicio de energía eléctrica.

Optimizar el funcionamiento de la subestación con la adquisición de nuevos equipos de interrupción, seccionamiento, medición, protección y control de tal manera que operando selectivamente el equipo se mantenga la integridad y estabilidad del sistema; minimice el riesgo de suspensiones no programadas de servicio.

Se tiene previsto la adquisición, montaje e implementación de un transformador de 16/24 MVA, interruptores de potencia 69 kV, Seccionador 69 kV, equipos de protección, Control y medición en 69 kV, para la subestación Salinas.

Se plantea ejecutar las siguientes actividades:

- Adquisición del transformador de potencia de 16/20 MVA – 69/13.8 KV y equipos (interruptor tanques vivos, seccionadores 69 kv, Celda de media tensión 13,8 KV principal, salida, fusible y TPs).
- Replanteo.
- Transporte de materiales y equipos al sitio de la obra y descarga.
- Montaje, aplomada y nivelación de interruptores de potencia, seccionadores
- Conexión a tierra de todos los equipos.
- Conexión de cables en alta tensión y media tensión.
- Tendido y conexión de cables de control.
- Instalación de equipos para comunicación mediante fibra óptica.
- Pruebas de resistencia de aislamiento,
- Pruebas de tiempos de operación (apertura y cierre)
- Pruebas funcionales
- Energización de la obra.

1.6. HIPÓTESIS

Las diversas fallas que se manifiestan en el cantón Salinas donde se encuentra la subestación Salinas; tales como: (pérdida de energía, calidad baja en el nivel energético final, entre otras). Manifiesta que uno de los elementos de esta subestación se encuentra laborando a más de un 80% de su capacidad tope, como lo es el transformador de energía por lo cual se requiere mejorar su desempeño logrando así que haya un incremento en la calidad de energía y el reajuste a la eminencia de las pérdidas energéticas, cerciorando de esta manera su eficacia.

1.7. Metodología de la investigación

La evaluación y mejora de la capacidad instalada de la Subestación Salinas se efectuará a cabo a través de un método cuantitativo, basado en la recopilación y proceso de datos histórica de carga, distribución de energía y niveles de demanda máxima. Se empleará un análisis de capacidad actual en relación a la demanda prevista, haciendo uso de datos estadísticos para valorar la eficacia operacional y los puntos críticos. Adicionalmente, se llevarán a cabo simulaciones para establecer el comportamiento de la subestación en distintas situaciones de carga. Los hallazgos permitirán detectar posibilidades de mejora en la infraestructura instalada y sugerir soluciones para potenciar su desempeño y confiabilidad.

1.8 METAS

Al finiquitar los objetivos de nuestro proyecto mediante la ejecución de la obra, los habitantes que se encuentran ubicados en la zona de influencia del proyecto tendrán un servicio de energía eléctrica de calidad, lo que permitirá:

- Empezar procesos productivos eficientes.
- Evitar la migración.
- Incentivar turismo

- Acceder a la conectividad.
- Facilitar el desarrollo social, cultural y deportivo.
- Mejorar los servicios básicos, educación y salud.

1.9 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La tabla 1 hace referencia a la localización en la que nos enfocamos en nuestro proyecto.

TABLA 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

“ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO EN LA SUBESTACIÓN SALINAS DE 69 KV A LACAPACIDAD 16/20 MVA”	
Zona	5
Región	Costa
Cobertura Geográfica	Parroquial
Coordenada X,Y	X:504812; Y:9755250

Fuente: autor, 2024

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 REDES ELÉCTRICAS

Las redes eléctricas son sistemas esenciales para proveer electricidad a los consumidores, cuyo desarrollo se inició durante la Revolución Industrial y, hoy en día, proveen a millones de viviendas y empresas a nivel global. Thomas Edison es el creador de estos sistemas, quien estableció el primer sistema de red eléctrica para la iluminación, estableciendo así los fundamentos de la infraestructura energética contemporánea. Con el paso del tiempo, las redes eléctricas han progresado desde sistemas locales hasta intrincadas interconexiones que cubren extensas áreas geográficas.

la red eléctrica es el sistema creado para proporcionar electricidad desde su producción hasta su distribución a los usuarios que la emplean para sus requerimientos cotidianos". Estos sistemas han evolucionado desde modestos diseños locales hasta alcanzar millas de kilómetros y vincular millones de viviendas y empresas hoy en día. En su estructura, la red eléctrica consta de tres partes fundamentales: generación, transmisión y distribución de energía, cada una cumpliendo un rol crucial en el movimiento eficaz de la energía (Beltrán, 2019).

2.1.1 Tipos de Redes Eléctricas

Una central eléctrica es una instalación industrial que genera energía eléctrica mediante un generador eléctrico o alternador. Este sistema transforma la potencia mecánica en potencia eléctrica a través del movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor, generando así una corriente eléctrica. Las fuentes de energía utilizadas para accionar estos generadores son diversas y han dado lugar a distintos tipos de centrales eléctricas. Algunos utilizan combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural, mientras que otros utilizan energía nuclear o fuentes de energía

más limpia, como la solar, la eólica, la mareomotriz e hidroeléctrica, cuyo uso ha sido incrementado debido a su menor impacto en el medio ambiente (Alulema, 2024).

Desde que Michael Faraday creó el primer generador eléctrico hace casi dos siglos, la tecnología de las centrales eléctricas ha cambiado mucho. En la actualidad, estas instalaciones pueden aprovechar diversas fuentes de energía primaria, desde combustibles fósiles hasta recursos renovables como el viento, las mareas y la luz solar, así como la fisión nuclear. Esta evolución ha permitido mejorar la eficacia de la generación eléctrica y reducir su impacto ambiental, lo que ha contribuido al desarrollo sostenible y la diversificación del suministro energético a nivel global (Muyulema, 2023). La figura 1 trata de los tipos de redes eléctricas.

FIGURA 1. TIPOS DE REDES ELÉCTRICAS

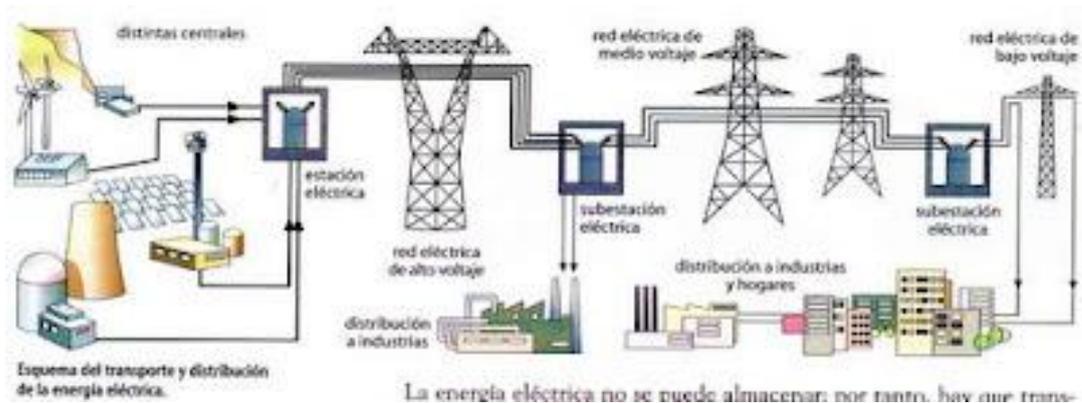


Nota: Subestación eléctrica reductora Fuente: Rittal, 2022

2.1.1.1 Red De Transporte

Una vez que se genera la energía eléctrica, se transmite a través de la red de transmisión, conformada por líneas de alta tensión y subestaciones. Este sistema permite el traslado eficiente de la electricidad desde las centrales generadoras hasta los centros de distribución, minimizando las pérdidas de energía en el proceso. Las líneas de alta tensión cruzan largas distancias y conectan diversas regiones, asegurando un abastecimiento constante y fiable. En las subestaciones, la electricidad se transforma en los niveles de voltaje adecuados para su posterior distribución (Reinoso, 2022). La figura 2 da a conocer una red de transporte eléctrico.

FIGURA 2. RED DE TRANSPORTE



La energía eléctrica no se puede almacenar: por tanto, hay que trans-
Nota: Etapas de la red eléctrica desde la generación de energía hacia la distribución y consumo; Fuente: CELEC EP, 2023

El transporte de energía eléctrica se fundamenta en la transferencia de energía desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo. Este proceso es fundamental para garantizar que la energía producida pueda llegar de manera eficiente a hogares, industrias y comercios. En términos simples, la red de transporte actúa como un canal entre la generación y la distribución, asegurando la transferencia de la electricidad (Zurita, 2020).

Se pretende disminuir las pérdidas de energía durante el transporte a través de líneas de alta tensión, las cuales forman parte de una extensa red interconectada junto con las subestaciones eléctricas. Estas subestaciones permiten transformar la tensión de la electricidad en niveles adecuados para su distribución. El incremento de la tensión en el transporte reduce la resistencia en las líneas y mejora la eficiencia del sistema, lo que asegura una entrega fiable de energía a larga distancia (Rivera, 2020).

La energía eléctrica es fácil de transportar a través de cables conductores, lo que permite su distribución eficiente a diversas regiones. Sin embargo, durante este proceso es necesario realizar ajustes en los niveles de tensión para optimizar la transmisión y reducir pérdidas. Debido a las últimas tecnologías, la energía puede transportar grandes distancias con mínimas interrupciones, asegurando que los usuarios reciban un servicio eléctrico seguro (Usnayo & Mamani, 2020).

2.1.2 Subestaciones eléctricas

Las subestaciones eléctricas son infraestructuras esenciales dentro del sistema de suministro eléctrico, encargadas de transformar los niveles de tensión, modificar la frecuencia y conectar dos o más circuitos eléctricos. Su función principal es asegurar una eficaz transmisión de la energía desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo, desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo. Estas instalaciones se encuentran estratégicamente situadas en las proximidades de las plantas de generación, en la periferia de las zonas urbanas o en edificios, de acuerdo con las demandas energéticas y las condiciones del entorno (Ibáñez, 2023).

En la actualidad, la ubicación de las subestaciones en áreas urbanas permite optimizar el uso del espacio y reducir el impacto ambiental. Debido a los avances tecnológicos, se han elaborado subestaciones compactas que minimizan la contaminación visual y acústica, lo que mejora la integración de estas infraestructuras en el entorno urbano. Además, su correcto diseño y mantenimiento son fundamentales para garantizar la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico, garantizando un suministro confiable de energía para hogares, industrias y comercios (Garzón, 2023).

Por el contrario, las instalaciones al aire libre se encuentran situadas en las afueras de los espacios urbanos. Existen dos clases de subestaciones: Las subestaciones de transformación. Los transformadores cambian la tensión de la electricidad utilizando transformadores. Las subestaciones de maniobra, conectan dos o más circuitos y realizan sus maniobras (Sánchez, 2024). La figura 3 nos hace referencia a una subestación y sus partes.

FIGURA 3. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



Nota: Equipos y componentes de fuerza y control que conforman la subestación eléctrica;

Fuente: INDUELECTRIC, 2022

2.1.2.1 Subestaciones Transformadoras Elevadoras

Las subestaciones transformadoras elevadoras son infraestructuras fundamentales dentro del sistema eléctrico, cuya función principal es aumentar la tensión de la energía generada en las centrales antes de ser transmitida a largas distancias. Estas subestaciones reciben la electricidad de una instalación adyacente y, mediante el uso de transformadores de potencia, elevan la tensión para minimizar las pérdidas en la transmisión. La energía transformada se distribuye a través de un sistema de barras colectoras que la transporta hacia las líneas de transmisión, lo cual garantiza un transporte eficaz y seguro (Cadena, 2022).

Además de su función en el transporte, estas subestaciones desempeñan un papel fundamental en la regulación y estabilidad del sistema eléctrico. Permiten gestionar el flujo de energía desde las plantas generadoras hacia la red, asegurando un suministro continuo y estable.

Además, están diseñados para abastecer la energía necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos de la planta generadora, evitando interrupciones y optimizando el rendimiento del sistema eléctrico en su conjunto (Aguilar & Pino, 2023). La figura 4 enseña una subestación elevadora.

FIGURA 4. SUBESTACIÓN ELEVADORA



Nota: Cuenta con un transformador elevador que aumenta el nivel de tensión, normalmente utilizado en líneas de transmisión; Fuente: DAELIM, 2024

2.1.2.2 Subestaciones Transformadoras Reductororas

Las subestaciones reductoras son importantes para el sistema eléctrico, ya que reciben energía de alta tensión proveniente de la transmisión y la reducida a niveles adecuados para su distribución. Estas instalaciones permiten que la electricidad sea entregada de manera segura y eficiente a los sistemas de distribución industrial, comercial o residencial, según sea el caso. Dentro de la demanda energética y de la infraestructura existente, se establecen diversos niveles de tensión para asegurar un suministro constante y fiable (Bustamante, 2022).

Estas subestaciones se conectan a líneas de transmisión, subtransmisión o distribución para que sea más fácil transferir energía eléctrica hasta el destino final. Se trata de las más diversas dentro de un sistema eléctrico, ya que su función principal es reducir la tensión eléctrica

para una distribución óptima. Los transformadores utilizados en estas subestaciones tienen una tensión primaria determinada por la red de transporte, que puede oscilar entre 66, 110, 220 o 380 kV, mientras que la tensión secundaria oscila entre 6 y 30 kV, de acuerdo con las demandas de las líneas de distribución (Sarmiento, 2022). La figura 5 nos muestra una subestación reductora.

FIGURA 5. SUBESTACIÓN REDUCTORA



Nota: Cuenta con un transformador reductor que disminuye los niveles de tensión para la distribución de energía en media y baja tensión; Fuente: CELEC EP, 2019

2.1.3 Generación de la energía

La generación de energía se lleva a cabo en instalaciones eléctricas, donde la energía mecánica obtenida a través de turbinas se transforma en energía eléctrica a través de generadores. Dependiendo de la fuente utilizada, este proceso varía; por ejemplo, en el caso de la energía solar, se emplean celdas fotovoltaicas para convertir la luz del sol en electricidad sin necesidad de partes mecánicas en movimiento. Cada generación tiene sus propios atributos y eficiencia, lo cual tiene un impacto en su implementación y viabilidad en función del contexto geográfico y económico (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024).

El término "generación de energía" se refiere a los diversos procedimientos empleados para producir electricidad, desde las tecnologías

tradicionales como calderas de vapor, con un largo periodo de uso, hasta las innovaciones más recientes como las turbinas eólicas. La electricidad puede obtenerse a partir de diversas formas de energía presentes en la naturaleza, incluyendo la química, cinética, térmica, lumínica y nuclear. Los procesos han cambiado con el tiempo para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de la electricidad (renovables, 2022). La figura 6 es acerca de cómo se genera la energía.

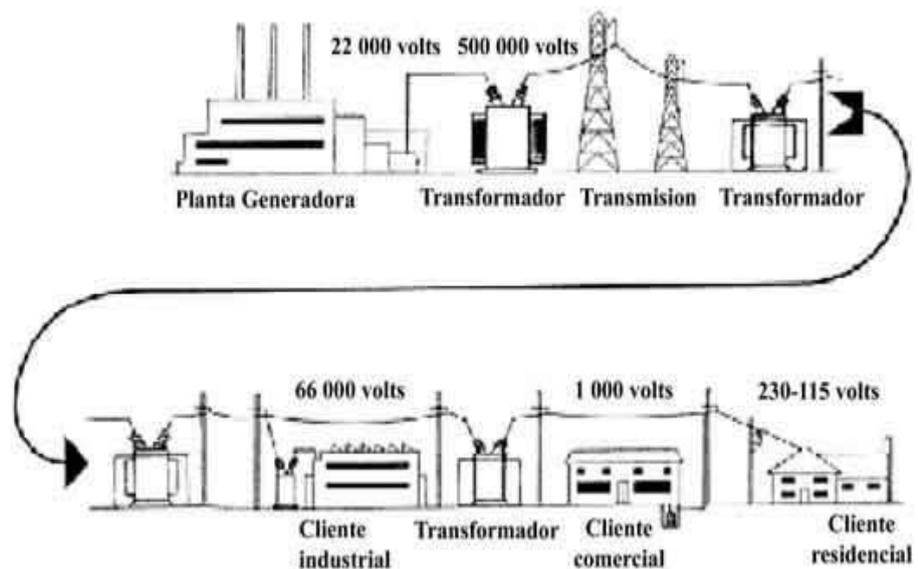
FIGURA 6. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD



Nota: Central termoeléctrica; Fuente: AUDIFORSYSTEM, 2024

El ciclo entero de producción de energía en este sector contiene las siguientes etapas. La figura 7 determina el ciclo de la producción de la energía.

FIGURA 7. CICLO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA



A. Generación

La primera fase se centra de manera coherente en la generación de electricidad a través de los diversos medios existentes, utilizando cualquier tipo de centrales eléctricas existentes (ARCERNNR, 2023). Este proceso requiere la selección de la tecnología adecuada en función de los recursos energéticos disponibles y las necesidades particulares de cada situación. Se puede seleccionar entre plantas hidroeléctricas, térmicas, nucleares, entre otras, cada una con sus propias propiedades y beneficios (Medina, 2020).

B. Transformación

Una vez producida la electricidad, suele pasar por un proceso de transformación que la prepara para su traslado a través de una red de distribución. En contraposición a otros productos o mercancías, la electricidad no puede ser guardada para su uso futuro; en cambio, debe ser enviada de forma instantánea para cubrir la demanda en tiempo real (Medina, 2020).

C. Distribución

Finalmente, la energía eléctrica debe ser suministrada a las viviendas o empresas que la necesitan a través de una red de distribución, denominada tendido eléctrico. Esta red está administrada por varias compañías responsables de la distribución y venta de energía, responsables de asegurar un abastecimiento seguro y eficiente para los usuarios finales (Villafuerte, 2021).

D. Consumo

En última instancia, cada vivienda o instalación industrial dispone de una conexión que une las redes de distribución con las instalaciones internas. Esta infraestructura facilita que la electricidad se distribuya eficazmente en los sitios necesarios, garantizando su disponibilidad en todo momento y de acuerdo a las demandas de consumo (Villafuerte, 2021).

2.1.3.1 Centrales termoeléctricas

Tenemos en cuenta que las centrales termoeléctricas clásicas monopolizan como fuente de energía el calor que provienen de los combustibles fósiles, tales como el carbón, el gas natural y los derivados del petróleo.

Esta energía, como su propio nombre indica, utiliza el calor para generar electricidad. Este procedimiento se lleva a cabo en las instalaciones centrales. No obstante, no existe una única fuente de energía termoeléctrica, ya que en las centrales térmicas se pueden utilizar fuentes de energía gaseosa, agua, carbón, petróleo, gas natural y biomasa.

El mecanismo que se emplea consiste en poner en funcionamiento la central al calentar un líquido, en la mayoría de los casos agua, para aumentar la temperatura del fluido hasta que este se evapore. Este vapor se usa para moverse las turbinas que cambian la energía térmica en energía cinética. La figura 8 muestra un modelo de turbina.

FIGURA 8. CENTRAL TERMOELÉCTRICA



Nota: modelo de turbina kaplan; Fuente: CIENCIASFERA, 2020

De manera breve se deduce que la producción de energía eléctrica en base la central térmica debe seguir una serie de pasos:

- Se depositan productos como petróleo, gas natural o carbón en una caldera con el fin de obtener calor, generando así energía térmica.
- Una vez que conseguimos la energía calorífica, un elemento importante como lo es el agua, se calienta y esta se va transformando en vapor de agua a alta presión.
- En el momento en que esta agua se libera, se produce una acción en las palas de una turbina, que se encarga de transformarla en energía mecánica de rotación, misma que impulsa el alternador.
- A continuación, el alternador o generador de corriente que se utilice se activará y transformará la energía mecánica de rotación en energía eléctrica, la cual se verá en la red.
- Aunque sabemos que la corriente eléctrica es de unos 20.000 V y se lleva a los transformadores para mostrar la tensión de alrededor de 400.000 V.

2.1.3.2 Centrales térmicas solares

Una central térmica solar se refiere a un establecimiento industrial, que se concibe a partir del calentamiento de un fluido debido a la radiación solar, que a su vez conlleva un ciclo termodinámico convencional. De esta forma, se produce el vigor necesario para estremecer un alternador con el objetivo de generar la energía eléctrica (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024).

Constructivamente, es necesario concentrar la radiación solar para que se puedan alcanzar temperaturas elevadas, de 300 ° C hasta 1000 ° C, y obtener así un rendimiento aceptable en el ciclo termodinámico, que no se podría obtener con temperaturas más bajas. Los rayos solares se capturan y concentran mediante espejos con orientación automática que orientan a una torre central donde se calienta el fluido, o con mecanismos más reducidos de geometría parabólica (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024).

Una central térmica solar genera energía a través de colectores de espejos o paneles solares térmicos. Estos están orientados automáticamente apuntando a la torre central donde se encuentra el fluido a calentar, que suele ser agua (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024).

Se pueden llegar a obtener temperaturas de entre 100° y 1.000°C que generan vapor y accionan las turbinas que transfieren la energía mecánica a los generadores para generar electricidad. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor rendimiento de la central. (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024).

La captación y concentración de los rayos solares se realiza a través de espejos con orientación automática que conducen a una torre central en la que se calienta el fluido, o mediante mecanismos más reducidos de estructura parabólica. El conjunto de la superficie reflectante y su dispositivo de orientación se denomina heliostato. Su principal problema medioambiental es la necesidad de grandes extensiones de territorio que dejan de ser útiles para otros usos (agrícolas, forestales, etc.). Aunque generalmente se emplea agua como fluido en el ciclo termodinámico, actualmente hay en desarrollo mezclas de dióxido de carbono supercríticas que podrían proporcionar un mayor rendimiento (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024).

2.1.3.3 Central hidroeléctrica.

En una central hidráulica se transforma la energía hidráulica de un curso de agua natural o artificial en energía eléctrica renovable, una central hidráulica puede ser de tres tipos: de pasada, de embalse o de almacenamiento (Alulema, 2024).

Un sistema de central hidroeléctrica contiene una serie de instalaciones y equipos electromecánicos necesarios para transformar la energía potencial hídrica en energía eléctrica y que se pueden utilizar en todo momento. La energía eléctrica disponible es proporcional al caudal de agua y a la altura del salto (Alulema, 2024).

Las dos características fundamentales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de energía, son: La potencia, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024).

El funcionamiento de una central hidroeléctrica es bastante sencillo. Las estructuras hidráulicas erigidas dan agua constantemente a las palas de la turbina. La presión pone en movimiento la turbina, que hace girar los generadores. Los generadores producen electricidad, que luego se transporta al consumidor a través de líneas eléctricas de alta tensión. (Murillo, Orbe, Pincha, Terán, & Vásquez, 2024). Figura 9 concurre acerca de una hidroeléctrica.

FIGURA 9. CENTRAL HIDROELÉCTRICA



Nota: Central hidroeléctrica en Brasil; Fuente: RENOVAENERGY, 2020

2.1.3.4 Componentes principales de la central hidroeléctrica.

A. La presa

Es la responsable de contener el agua de un río como acaparamiento y almacenarla en un embalse debido a que esta será de donde se provea la energía mediante la liberación de esta agua a una altura adecuada, así se forma la creyente que estremece las turbinas.

B. Rebosaderos

Los rebosaderos son estructuras creadas para desprender el agua sobrante del embalse de forma regulada, evitando que esta circule por la sala de máquinas. Así, se previene que el embalse se desborde o se sobrecargue, salvaguardando las instalaciones y preservando la estabilidad del sistema hidráulico.

C. Destruidores de energía

Estos aparatos se instalan para disminuir la energía del agua cuando esta se desplaza con gran intensidad, lo que podría provocar erosiones en el suelo o poner en riesgo la estabilidad de la edificación. Los destructores de energía contribuyen a regular la velocidad y potencia del agua para asegurar que el flujo no sea excesivamente fuerte para los equipos o el ambiente.

Los dos tipos principales son:

- Los dientes o prismas de cemento los cuales provocan un aumento de la turbulencia y de los remolinos.
- Los deflectores de salto de esquí. Disipan la energía haciendo aumentar la fricción del agua con el aire y a través del choque con el colchón de agua que encuentra a su caída.

D. Sala de máquinas

La sala de máquinas es el lugar que alberga las turbinas, alternadores y otros aparatos fundamentales para producir energía eléctrica en una planta hidroeléctrica. En este sitio se supervisan y norman todos los procedimientos para asegurar un funcionamiento seguro y eficaz de las máquinas. Además, es el lugar donde se supervisa la generación de energía y se modifican los parámetros conforme se requiera.

E. Turbina

La turbina transforma el agua cinética en energía mecánica. El movimiento del agua provoca que las palas de la turbina se muevan, lo que produce un

movimiento rotativo que se utilizará para accionar los alternadores y producir electricidad. Este procedimiento es crucial para convertir la energía del agua en energía que se pueda utilizar.

2.1.4 Líneas de transmisión

Las líneas de transmisión eléctrica son de alta tensión y, junto con las subestaciones, constituyen la red de transporte eléctrico. En ellas, el abastecimiento de energía sigue siendo posible, aunque se produzca alguna incidencia en el proceso de transmisión, ya que la energía puede llegar desde otra línea con la que el sistema está interconectado.

Una línea de transmisión eléctrica es el medio a través del cual se realiza la transmisión y distribución de la energía eléctrica, son las que se utilizan para llevar la energía eléctrica a grandes distancias y en niveles de voltajes que son superiores de 34.500 V. Este tipo de líneas son precisamente la unión entre las centrales eléctricas y las redes de distribución (Alava & Bravo, 2022).

Por una línea de transmisión pueden transmitirse varios tipos de energía, como la eléctrica, la acústica y la electromagnética. Asimismo, se pueden diseñar para transportar grandes o pequeñas cantidades de energía, por lo que tienen la habilidad de funcionar en diversas condiciones, incluidas temperaturas y presiones extremas, junto con entornos húmedos (Alava & Bravo, 2022). La figura 10 nos muestra las líneas de transmisión.

FIGURA 10. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN



2.1.4.1 Elementos que componen una línea de transmisión

A. Conductores

Es uno de los materiales que sirven como medio de transporte de la energía, desde su apertura hasta el conculyente de la línea. Estos elementos presentan poca resistencia al movimiento de energía para que esta pueda circular sin dificultad (Beltrán, 2019).

En una línea de transmisión, el número de conductores dependerá de la cantidad de circuitos mediante fase. Suele utilizarse el cobre, aunque con el paso del tiempo ha sido sustituido por él, dada su ligereza y misma capacidad de resistencia. (Beltrán, 2019).

B. Estructuras de soporte

Las estructuras de apoyo en una línea eléctrica son elementos cruciales que aseguran la estabilidad y protección de todo el sistema. Usualmente, son estructuras reticulares, fabricadas con materiales duraderos, como el acero o el aluminio, que sostienen las líneas aéreas y los cables de alta tensión.

C. Aisladores

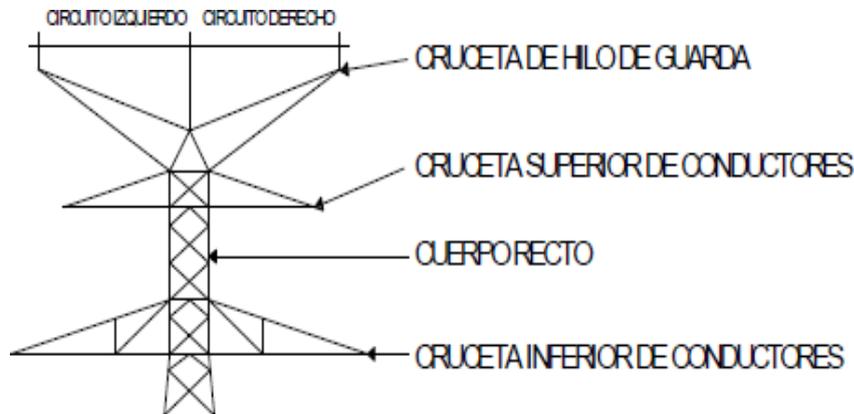
Los aisladores son elementos esenciales en las líneas de transmisión eléctrica, dado que desempeñan el papel vital de sujetar los conductores de manera mecánica, manteniéndolos distanciados de otros cables y de la tierra. Estos componentes están concebidos para prevenir cortocircuitos y pérdidas energéticas, dado que evitan que la corriente eléctrica se propague al suelo o entre los conductores.

D. Cables de guarda o cables de tierra

Los cables de protección, o cables de tierra, son componentes vitales que se colocan en las líneas de transmisión eléctrica para resguardar los conductores principales de eventuales descargas atmosféricas, como los rayos. Estos cables funcionan como un camino seguro para la corriente del

rayo, orientándola hacia el suelo y previniendo perjuicios a los conductores y dispositivos relacionados. Figura 11 pauta acerca de torre de transmisión.

FIGURA 11. PARTES DE UNA TORRE DE TRANSMISIÓN



Nota: elementos mecánicos que conforman la torre de transmisión; Fuente: INECEL, 2014

2.1.4.2 Características que tiene una línea de transmisión

Toda línea de transmisión cuenta con elementos que afectan la capacidad de transmisión del sistema eléctrico, tales como:

Resistencia (R)

Simboliza la resistencia al flujo de la corriente eléctrica por el material que actúa como conductor. Esta resistencia restringe la eficacia de la transmisión, en particular en distancias extensas, e impacta la potencia que se dispone al término del sistema.

Inductancia en serie (L)

Ocurre cuando una corriente variable crea un campo magnético, acumulando energía en su interior. Este efecto repercute directamente en la habilidad de la línea para gestionar variaciones rápidas de la corriente, particularmente en las frecuencias elevadas, incidiendo en la transmisión de las señales electromagnéticas a través de la línea.

Capacitancia de derivación (C)

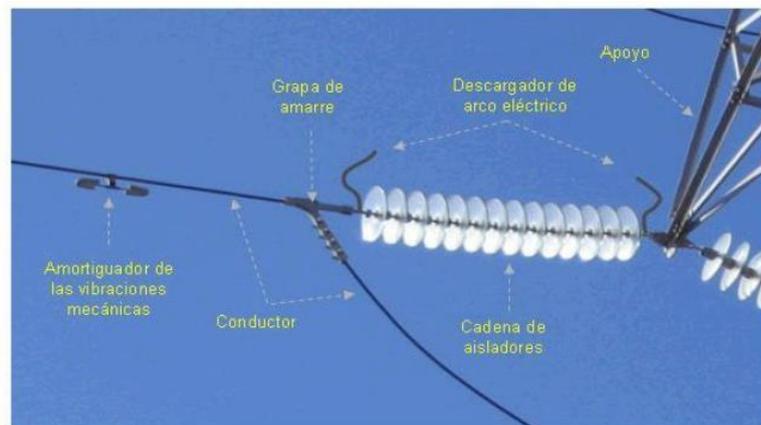
Tiene relación con la habilidad de la línea para almacenar energía, lo que impacta en cómo se distribuye y se recibe la energía eléctrica a través de la misma. Estos tres elementos interactúan y establecen la eficiencia global

de la transmisión, impactando tanto en la calidad como en el volumen de energía que puede ser llevada.

Conductancia de derivación (G)

Es la capacidad del material empleado en la línea de transmisión para soportar el paso de la señal, esta propiedad es lo opuesto a la resistencia. La resistencia y la inductancia en serie ocurren a lo largo de la línea de transmisión, mientras que la capacitancia y la conductancia de derivación ocurren entre los conductores. Figura 12 abarca los elementos de sujeción y el aislamiento de una línea de transmisión.

FIGURA 12. ELEMENTOS DE SUJECIÓN Y AISLAMIENTO DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN



Nota: Elementos que conforman el aislamiento y retención de una estructura; Fuente: CELEC, 2014

2.1.4.3 Tipos de líneas de transmisión

Las líneas de transmisión pueden clasificarse en dos según su equilibrio eléctrico:

Balanceadas

Las zonas en las que cada conductor emite una corriente, una de transmisión de señal y otra de regreso. La señal que va a lo largo del cable se mide como la diferencia de potencial entre los conductores. Todo cable puede funcionar de manera equilibrada siempre y cuando ninguno de ellos esté conectado a la tierra (Calderón, 2020).

Desbalanceadas

Las líneas de transmisión desbalanceadas se caracterizan porque uno de sus conductores está conectado a tierra, mientras que el otro se mantiene en el potencial de la señal, a diferencia de los sistemas balanceados. Según la geometría de sus cables, pueden clasificarse en unifilares, donde todos los conductores de un tramo eléctrico están incluidos en una única línea, o bifilares, que cuentan con dos conductores paralelos separados por un material aislante de baja conductividad eléctrica, lo que permite mantener la distancia adecuada entre ellos (Calderón, 2020).

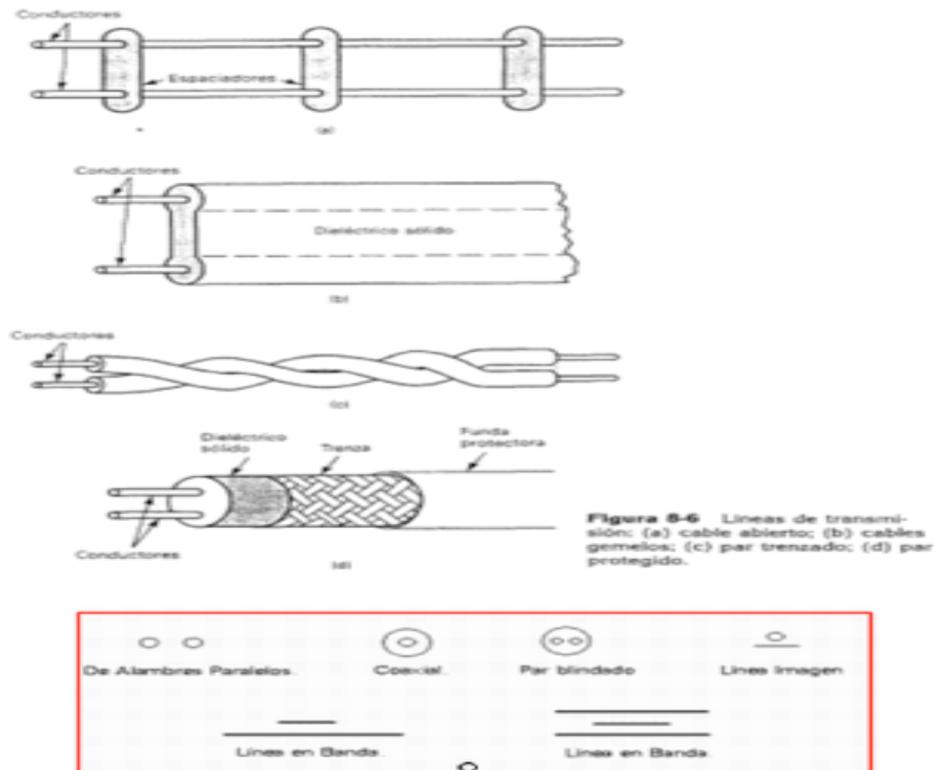
Coaxiales

Se consigue transportar señales eléctricas de alta frecuencia entre conductores concéntricos: una central, es la encargada de transmitir la señal, y uno exterior, en representación de tubo, que sirve como referencia de tierra y retorno de energía. (Leon, 2022).

Cables radiantes

Se trata de cables coaxiales que contienen pequeñas ranuras transversales en el conductor externo esto permite irradiar la energía fuera del cable y a su vez logra funcionar como antena en el recorrido de la corriente eléctrica. (Leon, 2022). Figura 13 observaremos las bandas de transmisión.

Figura 13. Bandas de líneas de transmisión



Nota: Conductores y pasantes, elementos que conforman el tendido de una línea de transmisión; Fuente: INECEL, 2017

2.1.4.4 Líneas de tensión eléctrica

Las líneas de tensión eléctrica son el medio por el cual se efectúa la distribución de energía eléctrica y su transmisión. También son conocidos como voltajes, cuyo rasgo diferencial consisten circular la energía eléctrica por una instalación o línea.

Por otro lado, esto ofrece la capacidad de poder transportar la electricidad a distancias grandes. Existen 3 tipos de líneas: alta, media y baja tensión. Cada una tiene un potencial eléctrico, que se puede trasladar a la instalación. Por esta razón veremos las diferencias que engloban cada una y cuáles son las líneas de baja tensión.

A. Líneas de Alta tensión

Las líneas de alta tensión son aquellas que exceden los 36 kV de voltaje. Por lo general, este tipo de tensión es usada para trasladar la energía

eléctrica a gran distancia. Ya que esta proviene de la generadora central hasta llegar a las subestaciones eléctricas.

B. Líneas de Media tensión

Esta se adquiere desde las subestaciones eléctricas cuando la electricidad se ha trasladado desde la central eléctrica hasta la subestación esta se transforma de alta a media tensión. Cabe acentuar que estas instalaciones poseen un voltaje que va de 1 a 36 kV.

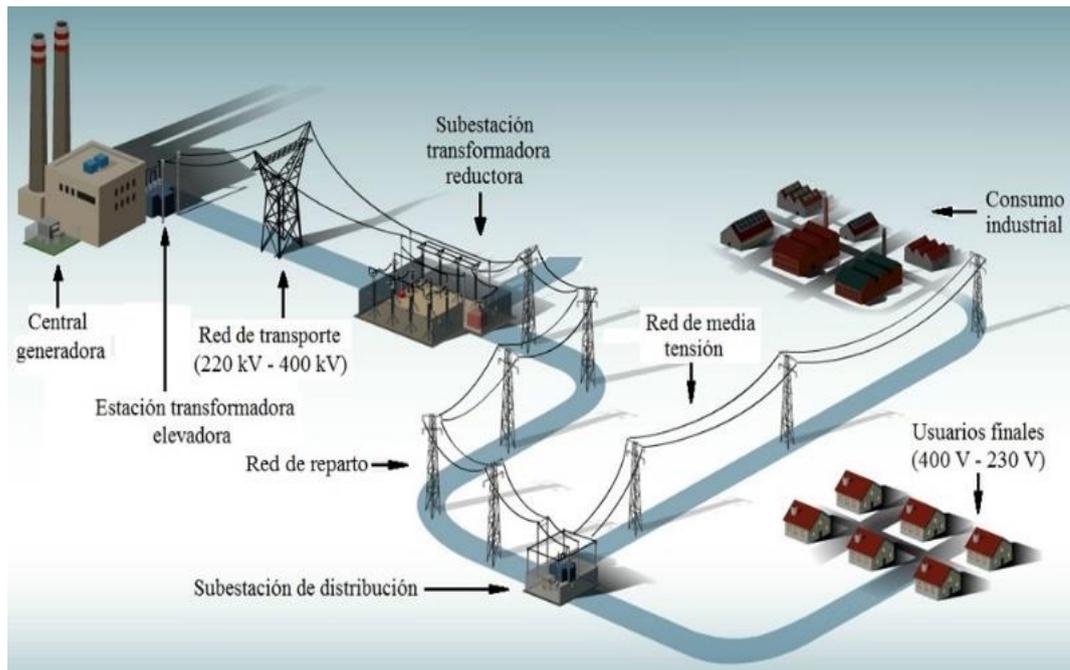
C. Líneas de Baja tensión

Son las que utilizan los equipos eléctricos, pues al ser las que poseen un menor voltaje resultan menos peligrosas. Asimismo, esto no impide tomar precauciones. Pues dichas instalaciones deben permanecer protegidas por los interruptores que se encuentran en nuestras casas.

2.1.5 Subestación Eléctrica

Una subestación eléctrica es una instalación diseñada para establecer los niveles de tensión adecuados en la producción, conversión, regulación y distribución de la energía eléctrica. A diferencia de una estación transformadora, que se asocia a sistemas de transmisión de alta y media tensión, la subestación eléctrica está diseñada para transformar y soportar tensiones más bajas. Estas instalaciones pueden ubicarse junto a las centrales generadoras o en las periferias de las zonas de consumo, e incluso dentro de edificios en grandes ciudades para optimizar el espacio y reducir la contaminación. Su función es intervenir en todas las etapas del suministro eléctrico: generación, transformación, transmisión y distribución. La subestación está compuesta por diversos dispositivos que modifican parámetros de potencia como tensión, corriente y frecuencia, siendo el transformador el equipo más relevante. Con los avances tecnológicos, las subestaciones han mejorado en eficiencia, seguridad y calidad del sistema eléctrico (Díaz, 2023). Figura 14 abarca la distribución de la energía.

FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA



Nota: distribución de la energía a los consumidores del sector residencial, comercial e industrial;

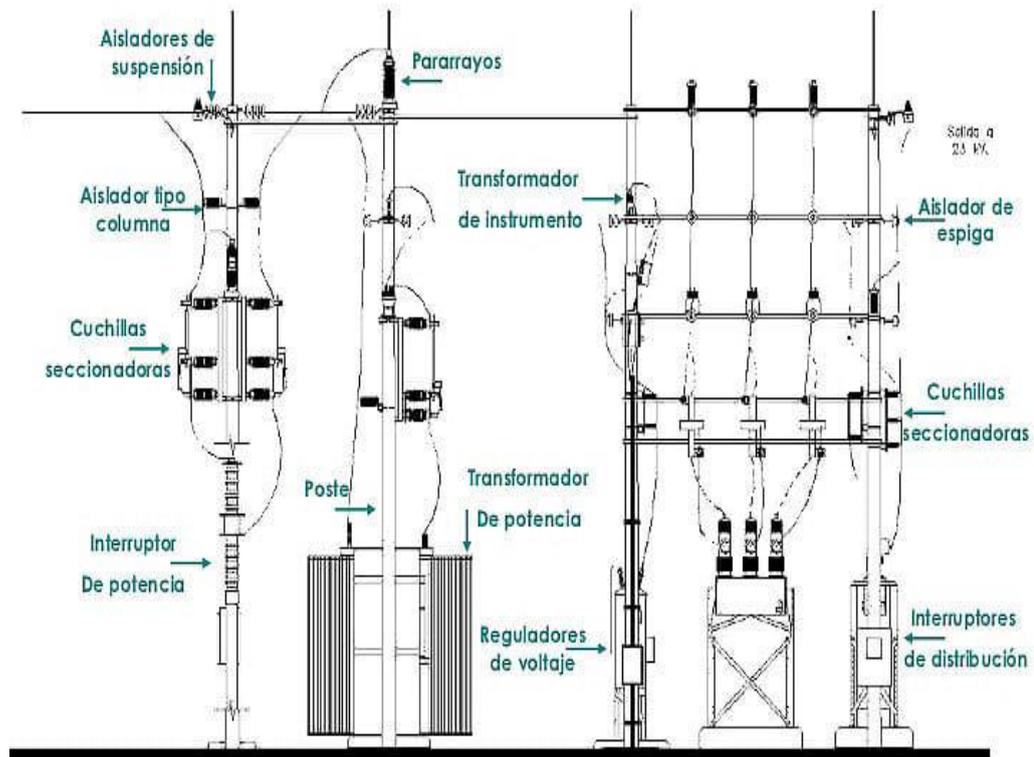
Fuente: INECEL, 2006

2.1.5.1 Partes de una subestación eléctrica

A. Transformador

Se trata de una máquina eléctrica estática que sirve para aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia y la potencia, este es el encargado de ajustar los niveles de voltaje para facilitar la transmisión eficaz de electricidad a distancias extensas. La figura 15 comprende los componentes de una subestación.

FIGURA 15. COMPONENTES DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



Nota: Equipos de seccionamiento, aislamiento, control, transformación y protección de una subestación eléctrica; Fuente: Limusa, 2012

B. Interruptor de potencia

Interrumpe y restablece la energía eléctrica de un circuito eléctrico. Dicha interrupción se efectúa con carga o corriente de corto circuito, son aparatos esenciales para desconectar o enlazar circuitos eléctricos de forma segura, garantizando la salvaguarda de los equipos y el funcionamiento eficaz de la subestación. (Aguilar & Pino, 2023).

C. Restaurador

Es un elemento electromecánico que interrumpe la corriente cuando se produce un exceso de electricidad y actúa cuando se genera una falla en el circuito. Los restauradores están diseñados para funcionar con 3 operaciones de cierre y 4 aperturas con un intervalo entre una y otra (Aguilar & Pino, 2023).

D. Cuchillas fusibles

Son elementos de corte y reconexión de circuitos eléctricos con una doble función. Por un lado, como cuchilla desconectadora, se conecta y desconecta. Por otro lado, actúa como elemento de protección del fusible y se utiliza cuando se registra una sobre corriente (Aguilar & Pino, 2023).

E. Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba

Son equipos que sirven para desconectar físicamente un circuito eléctrico, por lo que suelen operar sin carga. Estas cuchillas funcionan de manera mecánica y también manualmente, se emplean para aislar las partes de la subestación de manera segura durante el mantenimiento o para verificar su operación sin comprometer el sistema. (Alulema, 2024).

F. Apartarrayos

Son equipos que encargan de mantener alejados los rayos ionizados. Cuando hay una sobretensión de cierta magnitud, los apartarrayos forman un arco eléctrico que hace que la corriente se descargue sobre la tierra y no sobre las personas o los equipos e instalaciones (Aguilar & Pino, 2023).

G. Transformadores de instrumento

Los transformadores de instrumentos tienen la tarea de convertir grandes valores de corriente y voltaje a valores pequeños que son fácilmente aplicables para los propósitos de medición.

Son los aparatos encargados de medir la corriente eléctrica. Existen dos tipos: transformadores de corriente (TC), para cambiar el valor de la corriente, y transformadores de potencial (TP), para transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Ambos valores se utilizan en tiempo real en instrumentos de medición, control y protección que requieren las señales de corriente o voltaje.

Los transformadores de instrumento, también conocidos como transformadores eléctricos de corriente y transformadores eléctricos de

tensión, son componentes fundamentales en el campo de la ingeniería eléctrica y electrónica. Su función principal es permitir la medición segura y precisa de corriente y tensión en sistemas eléctricos de diferentes niveles de voltaje.

La utilización de transformadores de instrumento ofrece diversas ventajas, como el aislamiento galvánico que proporciona una separación eléctrica entre el circuito primario y secundario, aumentando la seguridad y evitando riesgos de descargas eléctricas. Además, su diseño robusto y confiable garantiza mediciones precisas en entornos industriales y comerciales.

H. Cajas derivadoras

Son las terminales de conexión por fase que permiten hacer derivaciones y llegar hasta zonas específicas, estas facilitan la repartición de la energía a distintos circuitos, garantizando que las cargas eléctricas se gestionen de manera correcta.

I. Condensadores

Permiten conservar la energía eléctrica que se produce en un campo eléctrico. A través de dos conductores separados por material aislante se almacena energía de manera temporal. Juegan un papel crucial en la optimización de la eficiencia de la red eléctrica, al ajustar el factor de corrección de la corriente.

J. Dispositivos de medida

Estos mecanismos son los instrumentos que se encargan de hacer todas las mediciones de la energía que entra y sale de la subestación eléctrica. Entre estos dispositivos encontramos los contadores, medidores de corriente, interruptor de potencia, recloser o reconectador etc.

2.1.5.2 Tipos de subestación eléctrica

Las subestaciones eléctricas trabajan con diferentes niveles de tensión, que dependen de las necesidades propias del proyecto. El nivel de tensión que se utilice dependerá de cada país, pero se pueden clasificar por rangos de la siguiente manera:

A. Baja Tensión (LV):

Una tensión nominal menor o igual a 1000V.

B. Media Tensión (MV):

Una tensión nominal mayor a 1000V y menor que 100kV.

C. Alta Tensión (HV):

Una tensión nominal igual o mayor a 100kV e igual o menor que 230kV.

D. Extra Alta Tensión (EHV):

Una tensión nominal mayor que 230kV, pero menor que 1000kV.

E. Ultra Alta Tensión (UHV):

Una tensión nominal igual o mayor a 1000kV.

Figura 16 observaremos la vista frontal de una subestación.

FIGURA 16. VISTA FRONTAL SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



Nota: Vista de transformador de poder - subestación pechiche; Fuente: CNEL, 2014

2.1.5.3 Tipos de Subestaciones Eléctricas por su funcionalidad

Las subestaciones también pueden ser clasificadas según su funcionalidad:

A. Transformadoras Elevadoras

Este tipo de subestación eléctrica eleva la tensión generada a niveles mucho más altos para poder transportarla.

B. Transformadoras reductores

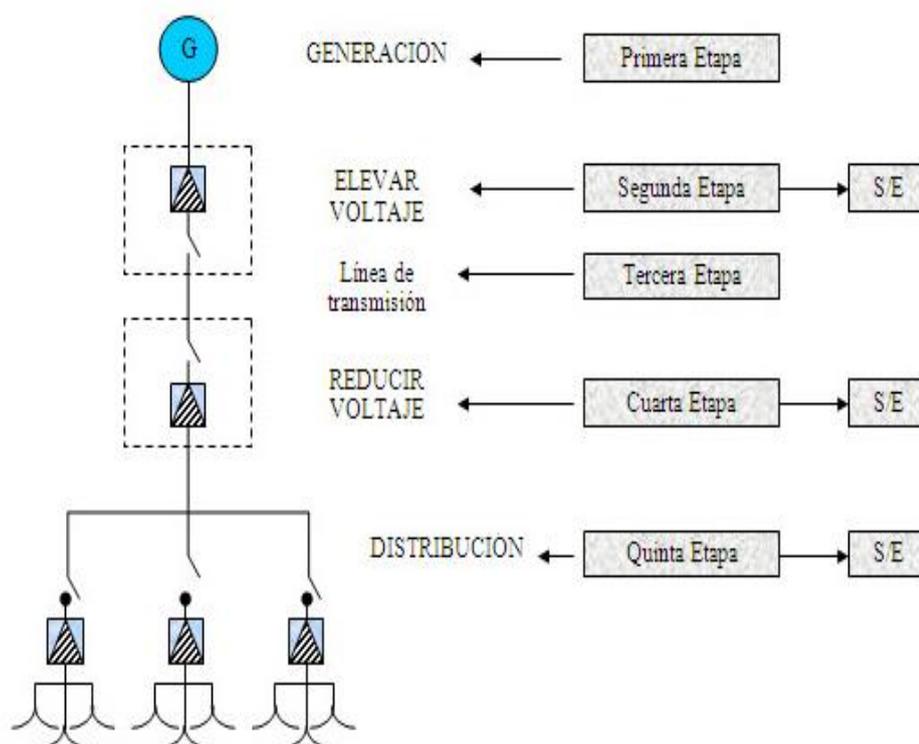
Este tipo de subestación eléctrica baja la tensión a niveles mucho más bajos para poder distribuirla.

C. Elementos de Maniobra

Normalmente son aquellas que conectan más de un circuito, no se sube ni se baja la tensión, sólo sirve como un nodo en el sistema eléctrico.

La figura 17 nos dará a conocer la etapa de una distribución eléctrica.

FIGURA 17. ETAPA DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA



*NOTA: ETAPAS DE SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA;
FUENTE: YALLE, 2004*

2.1.5.4 Tipos de Subestaciones Eléctricas por Área de Servicio

Las subestaciones eléctricas también las podemos identificar según el área de servicio en la cual se están desempeñando. A continuación, se detallan los procesos de una red eléctrica.

2.1.5.4.1 Generación

Estas subestaciones las encontramos en las mismas generadoras eléctricas. Desde estas subestaciones se sube la tensión para inyectarlas a los sistemas de transmisión.

2.1.5.4.2 Transmisión

Estas subestaciones funcionan como nodos del sistema eléctrico, para puntos de conexión con generadoras, distribuidoras y otras subestaciones de transmisión. Ordinariamente se encuentran en los perímetros de las ciudades. No obstante, pueden encontrarse igualmente en las ciudades (Rivera, 2020).

2.1.5.4.3 Distribución

Las subestaciones reductoras usualmente se encuentran ubicadas en las mismas ciudades donde es repartida la energía eléctrica, desde esta se alimentan los diversos grupos masivos como los sectores industriales, las grandes ciudades y los clientes finales (Villafuerte, 2021). Figura 18 nos pauta un transformador de poder.

FIGURA 18. TRANSFORMADOR DE PODER



Nota: Transformador de 20/24 MVA subestación eléctrica San Juan; Fuente: CNEL, 2024

2.1.5.5 Subestaciones Eléctricas por su aislamiento

2.1.5.5.1 Celdas en vacío

Este tipo de subestaciones tiene como medio de aislamiento el aire, también son las normalmente denominadas subestaciones convencionales. En la actualidad, es muy raro encontrar nuevas construcciones con este tipo de aislamiento. Fue parte importante de las subestaciones en el pasado, pero en la actualidad existen medios de aislamiento mucho más eficientes (Alava & Bravo, 2022).

2.1.5.5.2 Celdas embebidas en SF6

El gas de aislamiento SF6 (Hexafloruro de Azufre) es un medio de aislamiento superior al aire y es ampliamente utilizado en la actualidad para los equipos de alta tensión. Todo el equipamiento eléctrico principal se

introduce en el interior de una envoltura metálica inmerso en SF₆, con esto es posible reducir las distancias de aislamiento drásticamente por lo que las extensiones de terreno de la subestación se reducen más de un 50% respecto de un equipamiento tradicional (Alava & Bravo, 2022).

2.1.5.5.3 Celdas híbridas

Aquí es similar a las subestaciones de SF₆, pero la diferencia es que los equipos de conexión de cada circuito están en una la envoltura metálica inmersa en SF₆ de forma separada. Vale decir, por ejemplo, el interruptor de poder, sus contactos internamente están aislados en SF₆ y es un solo equipo eléctrico (Alava & Bravo, 2022).Figura 19 hace referencia a un interruptor de poder.

FIGURA 19. INTERRUPTOR DE PODER



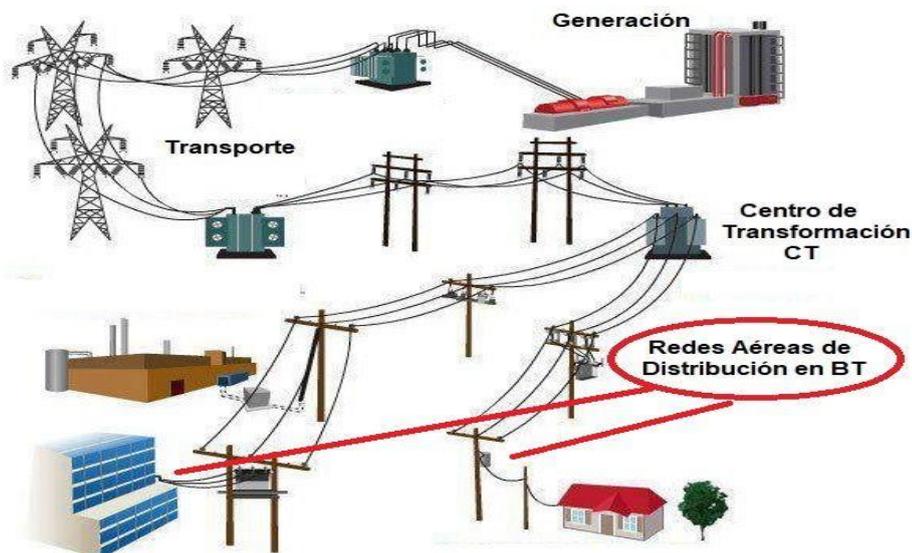
Nota: Patio de maniobras subestación eléctrica Pechiche; Fuente: SISELEC, 2017

2.1.6 Redes de Distribución

Se trata de una red de distribución que permite transportar y suministrar productos desde un centro de almacenamiento o distribución hasta los puntos de venta, clientes de primera generación o consumidores finales. Esta red puede estar compuesta por centros de distribución, almacenes, flotas de transporte, rutas de entrega y establecimientos comerciales, entre otros elementos. El propósito principal es asegurar que los productos alcancen su destino de manera eficiente, en el menor tiempo posible y en las mejores

condiciones, optimizando de esta forma la logística de los procesos y satisfaciendo la demanda del mercado (Coello, 2019). Figura 20 trata de las redes de distribución.

FIGURA 20. REDES ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN



Nota: Red aérea en alta, media y baja tensión; Fuente: LIMUSA; 2012

2.1.6.1 Tipos de Redes de Distribución

A. Red de distribución directa

Este tipo de red se emplea cuando la organización desea comercializar sus productos directamente al consumidor final, disminuyendo la participación de intermediarios. Para ello, puede recurrir a canales como tiendas propias, plataformas de comercio electrónico o aplicaciones móviles. Este enfoque ayuda a controlar la distribución y experiencia del cliente, pero también cuesta dinero en logística, almacenamiento y gestión de inventarios. Es importante planificar bien para asegurarse de que su viabilidad sea efectiva (Cumba, 2020).

B. Red de distribución indirecta

En este tipo de red de distribución, la empresa distribuidora comercializa sus productos a intermediarios, como mayoristas o minoristas, quienes a su vez los comercializan al consumidor final. Esta estrategia ayuda

a la empresa a llegar a más personas, pero también puede afectar su distribución (Leon, 2022).

C. Red de distribución selectiva

En la red de distribución selectiva, la empresa establece criterios específicos para elegir a los intermediarios encargados de comercializar sus productos. Estos requisitos pueden abarcar aspectos como capacitación, certificaciones o experiencia en el sector. Esta estrategia le permite a la empresa mantener cierto control sobre el proceso de distribución, asegurando la calidad del servicio mientras amplía su alcance a distintos segmentos de mercado (Sigüencia, 2020).

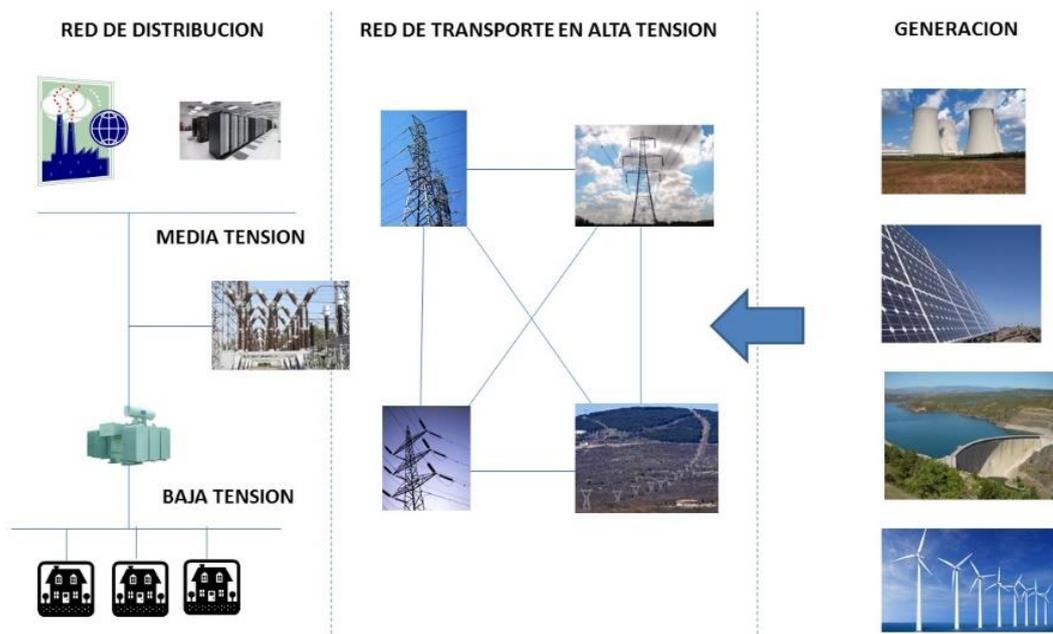
D. Red de distribución exclusiva

Esta forma de red se utiliza cuando la organización elige colaborar con un número reducido de intermediarios para distribuir sus productos en una zona geográfica específica. Esto puede involucrar acuerdos de distribución exclusivos con minoristas o franquiciados. A pesar de que este modelo puede contribuir a mantener una imagen marca coherente, también puede limitar la accesibilidad de los productos a potenciales clientes potenciales (Godoy, 2023).

E. Red omni-canal

La red omni-canal requiere el uso de diversos canales de distribución, tales como tiendas físicas, sitios web de comercio electrónico, aplicaciones móviles, entre otros, para llegar al consumidor. Este enfoque posibilita a la organización ampliar su alcance y ajustarse a las demandas de los clientes. Sin embargo, también puede conllevar costos adicionales en términos de logística y gestión de inventarios (Alava & Bravo, 2022). La figura 21 muestra el proceso de transporte de energía.

FIGURA 21. TRANSPORTE DE LA ENERGÍA



Nota: Tres etapas que conforman el transporte de energía; Fuente: CNEL,2008

2.1.6.2 Los elementos que conforman la red o sistema de distribución

1. Postes

En general, los postes de concreto deben superar pruebas de carga para flexión, cargas para rotura y cumplir con las recomendaciones de altura que establecen una tolerancia de ± 50 mm y una coherencia de 1.5 cm/m de longitud. Además, deben contar con los refuerzos metálicos requeridos, así como con las señalizaciones y marcas respectivas (Alava & Bravo, 2022).

2. Conductores

A. Conductor de cobre

El cobre es un material muy común en la distribución de energía eléctrica porque es más fuerte que el aluminio y resistente a la corrosión. Sin embargo, su peso es más grande que un conductor de aluminio, lo que hace que los apoyos y estructuras de soporte tengan más tensión mecánica (Sanguano, 2021).

B. Conductor de aluminio

Se trata de un material a menudo utilizado en la fabricación de conductores eléctricos para la distribución de energía en líneas aéreas debido a sus propiedades eléctricas, aunque su baja resistencia mecánica requiere que se aleje con otros materiales para mejorar esta característica. Se encuentran compuestos por alambres de acero trenzados en forma helicoidal en dirección opuesta a las manecillas del reloj, lo cual los convierte en idóneos para su empleo como templetos o cables de guarda en redes de distribución. Además, para garantizar su eficiencia en sistemas eléctricos, no deben presentar uniones o empalmes por torsión en ninguno de los hilos (Sanguano, 2021).

C. Conductor antifraude PE y PVC

Este tipo de conductor se emplea en acometidas aéreas y subterráneas, así como en sistemas de alumbrado público. En instalaciones aéreas, se utiliza en sistemas trifásicos tetra filares con niveles de tensión de 120/208 V y calibres # 4, 6, 8 y 10, además de sistemas monofásicos bifilares con 120 V y calibres # 14, 12, 10 y 8, con un alma conductora de cobre tipo THW. Para acometidas subterráneas en ductos y alumbrado público, se emplea en sistemas trifásicos, tetra filares y monofásicos bifilares con niveles de tensión de 120/208, 277, 480/277, 220 y 380/220 V, utilizando calibres AWG # 12, 8, 6, 4, 2, 1/0, 2/0, 4/0 y kcmil 250, 350, 400 y 500, con un alma conductora de cobre para redes de baja tensión y de aluminio (Castillo, 2021).

D. Cable trenzado XLPE

Estos cables se emplean para la red aérea de baja tensión trenzada en los diversos sistemas trifásicos tetra filares con niveles de tensión de 120/208 V, y calibres AWG 2, 2/0 y 4/0 trenzados. Su espectro de conducción es en aluminio (Castillo, 2021).

E. Cable monopolar con chaqueta y aislamiento (TTU)

Se utiliza para la red de baja tensión subterránea en enterramiento directo y para alumbrado público en la misma disposición, se usa en sitios de alto índice de hurto para niveles de tensión 208, 277, 208/120, 480/277 V, y se usa en sistemas monofásicos bifilares, bifásicos bifilares y trifásicos tetra filares. Para la alimentación de iluminación pública se emplea aluminio y para la red de alta tensión de cobre con calibres AWG# 12, 8, 6, 4, 2, 1/0, 2/0, 4/0 y kcmil 250, 350, 400, 500, en función de la demanda de la instalación (Sanguano, 2021).

F. Conductor triplex de 15 kV y de 34.5 kV

Los conductores triplex, consisten en cables monopolares entrelazados. Se utilizan en sistemas trifásicos que mantiene estos grupos de voltaje de 11,4 kV/13,2 kV y 34,5 kV, con calibres AWG 2, 2/0, 4/0 y kcmil 300. Su alma de conducción es cobre (Sanguano, 2021).

G. Conductor monopolar en aluminio ASCR

Es un cable de aluminio reforzado con núcleo de acero, esta configuración brinda mayores resistencias mecánicas. Se utiliza para la red aérea de media tensión, y se puede utilizar en sistemas trifásicos trifilares de 11,4 y 13,2 KV, con calibres AWG 2, 1/0, 2/0, 4/0 y kcmil 266,8 (Sanguano, 2021).

1) Crucetas

Las crucetas son estructuras fijadas a los postes mediante herrajes, sobre las cuales se montan los aisladores, cuya cantidad y tipo varían según la estructura utilizada. Su función principal es mantener las líneas en una posición horizontal, asegurando la separación mínima requerida según el nivel de tensión. Existen diferentes tipos de crucetas, entre ellas las metálicas, fabricadas en acero galvanizado, que ofrecen resistencia y durabilidad en la instalación de redes eléctricas (Calderón, 2020).

Angulares:

Las crucetas angulares presentan una pestaña, que parece un corbatín que mantienen un propósito, el cual es posibilitar la conexión directa de la cruceta, que se realiza mediante tornillos o abrazaderas hacia el centro del poste. (Calderón, 2020).

2.1.6.3 Tipos de redes de distribución

Las redes están formadas por líneas de baja, media y alta tensión. La red básica con una tensión igual o superior a los 230 kV se denomina red básica. La red de distribución, en el ámbito de la administración de la cadena de suministros, se refiere a los pasos que sigue un producto, desde que es recibido por el proveedor hasta que se pone a disposición del cliente. La distribución es importante para la rentabilidad de una empresa porque afecta el costo y la experiencia del consumidor.

Es necesario atender a las siguientes variables:

- Disponibilidad de los productos: está relacionado con la probabilidad de disponer de un producto en stock en el momento en que el cliente realiza el pedido.
- El tiempo de respuesta es el que transcurre desde que un cliente hace un pedido hasta que recibe los bienes solicitados.
- Variedad de los productos: hace referencia al número de artículos diferentes que un mismo cliente solicita de la red de distribución.

La visibilidad del pedido es la habilidad del cliente para monitorizar el estado de su envío desde el instante en que se confirma el pedido. El cliente puede hacer un pedido fácilmente y recibirlo en las condiciones acordadas.

La facultad de devolución implica la posibilidad y condiciones en las que un cliente puede devolver una mercancía con la que, debido a algún motivo, no ha sido satisfecho. Aunque algunos transmisores poseen líneas con voltaje inferior a los 230 kV, aquellas que van de 69 kV a 138 kV suelen otorgarse la responsabilidad a los distribuidores. Se les denominan líneas de subtransmisión.

2.1.6.4 Sistemas de red de distribución eléctrica

Los sistemas de distribución eléctrica se dividen en cuatro tipos principales. La red de distribución subterránea ofrece mejor desempeño, aunque su costo es más elevado. La red de transporte aéreo normal tiene conductores sin aislamiento, lo que la hace vulnerable a cortocircuitos. En contraste, la red de distribución aérea compacta cuenta con conductores aislados, diferenciándose de la convencional por su mayor protección. En última instancia, la red de distribución aérea aislada ofrece una mayor seguridad, ya que sus conductores están completamente recubiertos con el aislamiento necesario para su trenzado (Montachana, 2021).

CAPITULO 3

DETALLES DEL PROYECTO

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 Antecedentes de la Mejora del transformador de potencia de 10/12 MVA a 16/20MVA.

El presente proyecto ha sido estructurado por los estudiantes de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se centra en la repotenciación de un transformador de 10/12 MVA a 16/20 MVA debido al incremento de la demanda eléctrica en la zona turística del Cantón Salinas Provincia Santa Elena. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la proyección de carga para justificar la necesidad de aumentar la capacidad de transformación y satisfacer las futuras exigencias energéticas.

Los alumnos eligieron un transformador que satisface las características técnicas requeridas y que se acopla de manera óptima a la infraestructura ya existente. El proyecto contempló un estudio minucioso de las consecuencias que podría tener en la red de transmisión y distribución, además de tener en cuenta la modernización de los sistemas de protección y la organización de las obras civiles requeridas para la instalación del nuevo equipo.

El procedimiento de diseño y planificación se enfocó en minimizar al mínimo las posibles interrupciones en el servicio eléctrico, asegurando la observancia de todas las regulaciones técnicas, normativas y ambientales.

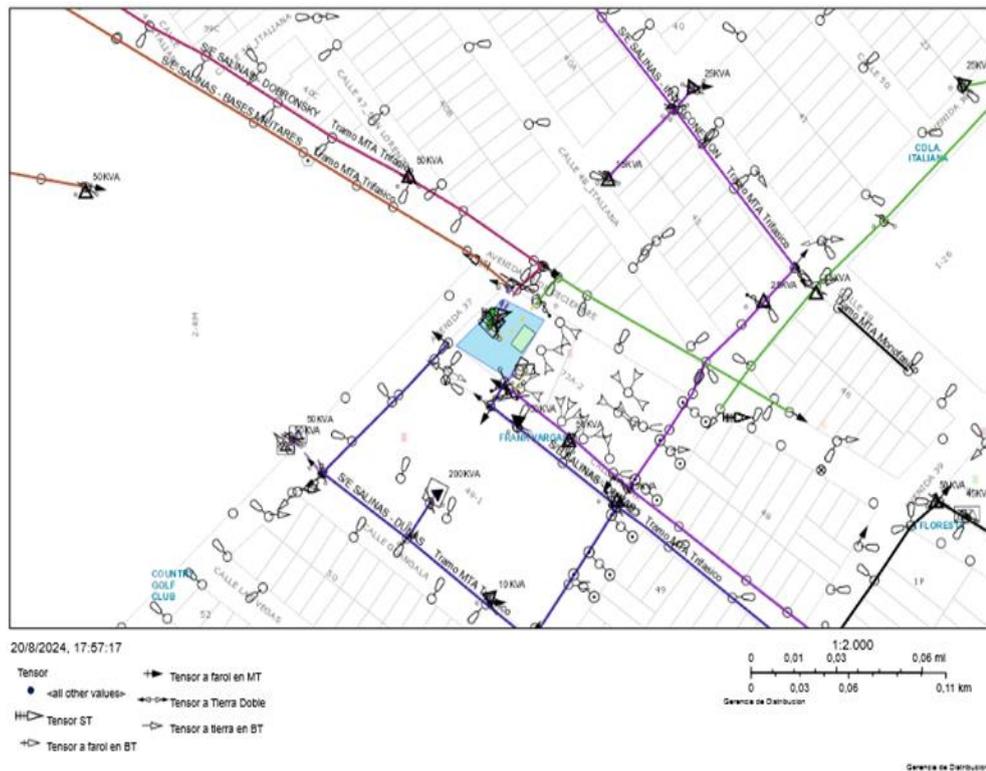
Además, se incluyó la ejecución de pruebas coordinadas, la puesta en marcha del sistema y la puesta en marcha de un plan de mantenimiento, con la finalidad de garantizar el funcionamiento eficaz y sostenible del transformador. Este trabajo destaca la capacidad de los alumnos de la UCSG para afrontar y solucionar desafíos técnicos complicados en el campo de la ingeniería eléctrica, aportando de manera significativa al crecimiento del sector energético de la región.

3.1.2 Ubicación

Este proyecto tuvo lugar en la Zona 5, concretamente en el cantón Salinas, situado en la provincia de Santa Elena, dentro de la región Costa del Ecuador. La zona de investigación comprende la parroquia Salinas, reconocida por su clima caluroso y su relevancia como un núcleo turístico y comercial esencial en la provincia.

Las coordenadas geográficas que establecen el área de estudio son 504812 este y 9755250 norte, empleando el sistema de medición universal transversa utm. su posición estratégica en la zona costa permite un análisis exhaustivo de las necesidades energéticas y el estudio del efecto de la repotenciación del transformador en la infraestructura eléctrica local. Figura 22 nos detalla la ubicación geográfica de la subestación Salinas.

FIGURA 22. UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



Nota: Deleitación del espacio por medio del Geo portal; Fuente: CNEL, 2024

3.1.3 Estados de Equipos

3.1.3.1 Transformador de potencia

El estado actual del transformador de potencia instalado en la subestación Salinas tiene una capacidad nominal de 10/12 MVA y opera a una relación de transformador de 69/13.8 KV, con un sistema de enfriamiento por aceite (ONAN/ONAF). La evidencia visual proporciona claramente el estado en que se encuentra el transformador debido a que ya cumplió su vida útil, a la demanda de carga, esta situación confirma la gravedad del problema y la necesidad de una intervención inmediata. La figura 23 nos mostrara el transformador actual.

FIGURA 23. TRANSFORMADOR ACTUAL DE LA SUBESTACIÓN SALINAS



Nota: detalle actual de transformador de poder 10/12 MVA; Fuente: Autor, 2024

A. Núcleo

Se ha identificado puntos calientes y un nivel anormal de vibraciones, lo que sugiere un posible deterioro en la estructura del núcleo. Este desgaste es debido a los años de operación continua. La corrosión superficial ha afectado la integridad de las láminas de acero al silicio, disminuyendo su eficiencia magnética y aumentando la pérdida de calor.

B. Bobinas

El estado de las bobinas primaria y secundaria presenta corrosión en las conexiones externas y en los terminales. Lo que implica que la

acumulación de salinidad ha causado oxidación de los conductores y una posible degradación del aislamiento, además las bobinas pueden presentar signos de sobrecalentamiento debido a la demanda elevada durante los periodos de feriados.

C. Aisladores de devanado de AT y BT

En base a inspección realizada en la subestación se visualizó que los aisladores de AT y BT presentan signos de quemaduras debido a las formaciones de arcos eléctricos, con el tiempo de operatividad del equipo ha perdido sus propiedades volviéndose menos eficaz para aislar y proteger contra altas tensión.

La salinidad es un factor que afecta los equipos y estructuras de la subestación, los aisladores se encuentran afectados y se evidencia el deterioro del material aislante. Esta degradación complica su capacidad para prevenir cortocircuitos y fugas, lo que aumenta el riesgo de fallos eléctricos.

D. Fugas de aceite y derrames

Se ha observado múltiples puntos de fuga de aceite en las juntas y sellos del tanque del transformador. El aceite dieléctrico, esencial para el enfriamiento y aislamiento interno, está corriendo por las paredes del tanque y se ha acumulado en el área adyacente, creando un peligro permisible tanto para el personal técnico como para la integridad del equipo.

Las pérdidas continuas de aceite llevan una operación insegura, con riesgo elevado de fallos eléctricos o térmicos. La figura 24 nos muestra donde está el interruptor de tanque muerto.

FIGURA 24. INTERRUPTOR TANQUE MUERTO



Nota: Interruptor tanque muerto con presencia de corrosión en el chasis; Fuente: Autor, 2024

La figura 25 nos indica donde esta la cuba del transformador de poder.

FIGURA 25. CUBA DEL TRANSFORMADOR DE PODER



Nota: Cuba del transformador en buen estado; Fuente: Autor, 2024

E. Peligro en la parte ambiental y operativa

El desbordamiento de aceite no solo constituye inseguridad operativa, sino que además bosqueja una problemática ambiental, debido a que este aceite dieléctrico contamina el suelo y las aguas subterráneas sino se inmoviliza convenientemente a su vez este aceite dieléctrico es crecidamente inflamable, lo que acrecienta un gran riesgo de incendios en la subestación.

F. Desperfecto del sistema de enfriamiento

Este sistema de enfriamiento que contiene transformador se encuentra embrollado debido a fugas de aceite y al posible entorpecimiento de los radiadores, este inconveniente ha sido inapreciable significativamente para la capacidad del transformador de potencia para dilapidar el calor generado durante la operación lo que provoca una degeneración de los materiales internos y a una falla anticipada del transformador.

J. Tanque

Durante el estudio de campo se realizó una inspección que logro que identificáramos la corrosión en la zona del tanque del transformador, taxativamente en los sitios donde se ha descubierto las fugas de aceite. Esta corrosión detectada en diferentes partes del transformador ha debilitado la estructura del tanque acrecentando la inseguridad de que existan desavenencias o perforaciones adicionales, la salinidad del sector es otro factor que afecta a este deterioro, la CE (conductividad eléctrica) acrecienta elocuentemente, consiguiendo valores superiores a 4 ds/m.

H. Protección y control

Los relés y otros equipos de protección se encuentran desgastados debido al envejecimiento. Esto resulta una disminución de su capacidad para detectar fallas y proteger el transformador, aumentando el riesgo de daños adicionales durante pico de demanda.

El sistema de puesta tierra al encontrarse a la intemperie y al suelo sufren corrosión especialmente en el sector, con el tiempo la corrosión debilita los conductores, reduciendo su capacidad para conducir corrientes de fallas.

I. Indicadores de aceite

El indicador de aceite en la actualidad se encuentra corroídos tanto en las partes internas y externas y con poca visibilidad al mostrar las lecturas, motivo por el cual, si el aceite ha disminuido por debajo de los niveles

recomendados debidos a las fugas o evaporaciones, esto causa sobrecalentamiento y una reducción en la capacidad aislante.

J. Riesgos Ambientales y Operacionales y de Operación

El derrame de aceite no solo supone un peligro para la seguridad en las operaciones, sino que también supone un peligro considerable para el entorno ambiental. Si no se maneja correctamente, el aceite dieléctrico puede contaminar el suelo y las aguas subterráneas, causando impactos negativos en el ecosistema alrededor. Además, este aceite es extremadamente inflamable, lo que aumenta la posibilidad de incendios en la subestación y perjudica la integridad de los equipos y la seguridad de los trabajadores.

K. Errores en el Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración del transformador ha presentado fallos a causa de las fugas de aceite y posibles bloqueos en los radiadores. Esta circunstancia ha puesto en riesgo considerable la habilidad del transformador para disipar el calor producido durante su funcionamiento. En consecuencia, los componentes internos del transformador experimentan un deterioro acelerado, lo que puede causar un fallo anticipado del equipo y perjudicar su desempeño global.

En la revisión de campo llevada a cabo, se detectó la existencia de corrosión en varias áreas del depósito del transformador, en particular en las áreas donde se han identificado fugas de aceite. Esta degradación en diversas secciones del transformador ha puesto en riesgo la solidez estructural del depósito, incrementando la posibilidad de posibles averías o perforaciones adicionales. Además, la salinidad del ambiente aporta de manera considerable a este proceso de corrosión, dado que la elevada conductividad eléctrica en la región incrementa los niveles de conductividad por encima de 4 ds/m, acelerando aún más el deterioro.

L. Resguardo y Gestión

Los relés y otros elementos de protección han sufrido un deterioro significativo a causa del transcurso del tiempo, lo que ha disminuido su capacidad para detectar fallos y salvaguardar correctamente el transformador. Esta reducción en su desempeño aumenta la posibilidad de daños adicionales, en particular durante los picos de demanda.

Por otro lado, debido a la exposición a las condiciones del entorno y al contacto directo con el suelo, el sistema de puesta a tierra ha experimentado procesos de corrosión, especialmente en esta área. Con el paso del tiempo, la corrosión deteriora los conductores, lo que reduce su habilidad para conducir corrientes defectuosas de forma eficaz.

M. Indicadores de aceite

El indicador de aceite en la actualidad se encuentra corroídos tanto en las partes internas y externas y con poca visibilidad al mostrar las lecturas, motivo por el cual, si el aceite ha disminuido por debajo de los niveles recomendados debidos a las fugas o evaporaciones, esto causa sobrecalentamiento y una reducción en la capacidad aislante.

3.1.4 Demanda Actual

El transformador de potencia de la subestación de Salinas tiene una capacidad nominal de 10 MVA en condiciones normales de operación y puede alcanzar una capacidad máxima de 12 MVA bajo condiciones de sobrecarga temporal.

Tensión Primaria y secundaria

La tabla 2 nos muestra el estudio de la capacidad de carga de la subestación Salinas.

TABLA 2. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y LA REACCIÓN DE LOS ALIMENTADORES DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 10/12 MVA EN LA SUBESTACIÓN SALINAS

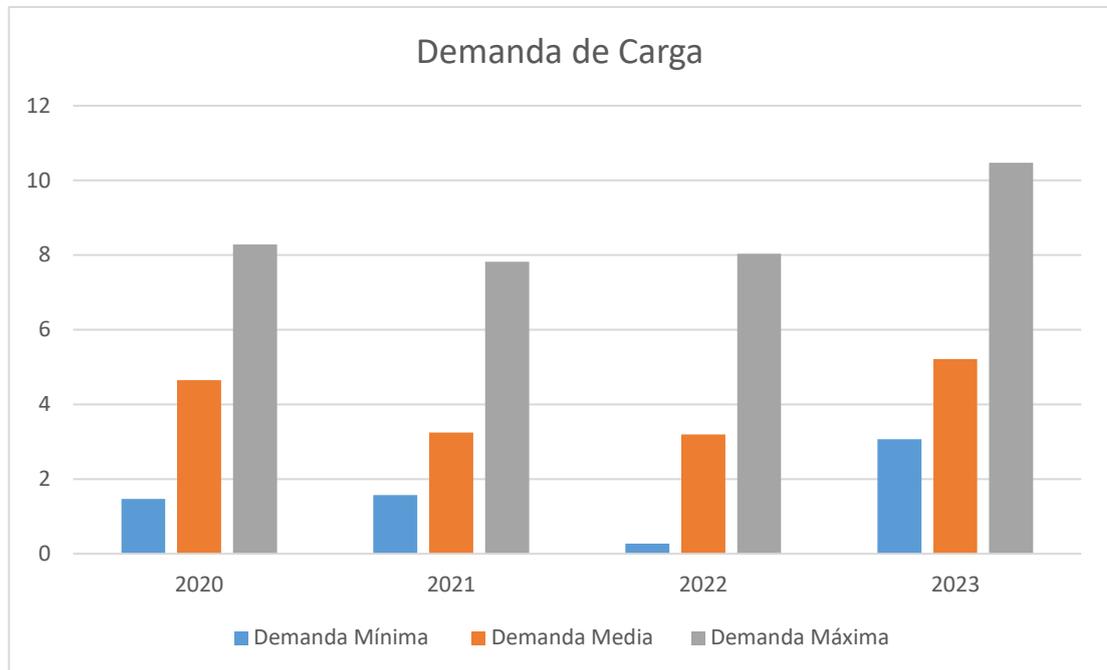
No.	UNIDAD DE NEGOCIO	SUBESTACION	CODIGO DEL ALIMENTADOR (BD SIG)	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima [MW]	FACTOR DE POTENCIA
Diciembre 2020	SANTA ELENA	SALINAS	16SA080T11	RUBIRA	0,547	1,776	1,963	0,97
			16SA080T12	DOBRONSKY	0,026	0,350	1,393	0,98
			16SA080T13	BASES MILITARES	0,101	0,987	1,480	0,92
			16SA080T14	INTERCONEXION SALINAS	0,324	0,659	1,304	0,97
			16SA080T15	DUNAS	0,474	0,877	2,139	0,98
					1,472	4,649	8,279	4,820
21								
Diciembre 2021	SANTA ELENA	SALINAS	16SA080T11	RUBIRA	0,000	0,000	0,000	0,00
			16SA080T12	DOBRONSKY	0,253	0,401	1,614	0,97
			16SA080T13	BASES MILITARES	0,356	1,213	1,627	0,94
			16SA080T14	INTERCONEXION SALINAS	0,430	0,717	1,833	0,95

			16SA080T15	DUNAS	0,530	0,913	2,747	0,96
					1,569	3,244	7,821	3,820
Diciembre 2022	SANTA ELENA	SALINAS	16SA080T11	RUBIRA	0,000	0,000	0,000	0,00
			16SA080T12	DOBRONSKY	0,141	0,393	1,218	0,98
			16SA080T13	BASES MILITARES	0,004	1,045	2,354	0,94
			16SA080T14	INTERCONEXION SALINAS	0,071	0,773	2,234	0,99
			16SA080T15	DUNAS	0,056	0,987	2,232	0,97
					0,272	3,198	8,038	3,880
Diciembre 2023	SANTA ELENA	SALINAS	16SA080T11	RUBIRA	1,324	1,344	1,376	0,98
			16SA080T12	DOBRONSKY	0,098	0,592	1,962	0,92
			16SA080T13	BASES MILITARES	0,657	1,229	2,432	0,95
			16SA080T14	INTERCONEXION SALINAS	0,290	0,888	2,347	0,99
			16SA080T15	DUNAS	0,699	1,156	2,355	0,98
					3,068	5,210	10,472	4,820

Nota: Detalle de las demandas de los alimentadores y el transformador de potencia de la S/E Salinas de los años 2020 – 2023; Fuente: Autor, 2024

La figura 26 nos da un espécimen de la apreciación de la carga del transformador.

FIGURA 26. APRECIACIÓN DE LA CARGA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA EN EL PERIODO 2020-2023



Nota: La gráfica muestra el incremento de la demanda de carga desde el año 2020 hasta el año 2023; Fuente: Autor, 2024

Específicamente las tensiones a las que opera el transformador son de 69 KV/13.8 KV, lo que determina la capacidad del transformador para manejar la carga dentro de la red eléctrica.

Demanda poblacional.

De acuerdo con el censo realizado en el año 2022 la provincia de Santa Elena, con 385,735 habitantes, es la decimocuarta provincia más poblada de Ecuador. Está formada por tres cantones: Santa Elena, Salinas y La Libertad.

Nuestro proyecto está localizado en el cantón Salinas donde se encuentra una población de 35.081 habitantes. La figura 27 nos da un modelo del índice de tasa de crecimiento poblacional.

FIGURA 27. TASA DE CRECIMIENTO INTERANUAL



Fuente: INEC, 2022

3.1.4.1 Dimensionamiento del transformador actual

ECUACIÓN 1. EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR

$$\%Transformador = \frac{Demanda\ promedio \times 100}{Capacidad\ maxima\ del\ transformador}$$

$$\%Transformador = \frac{10.472\ MVA \times 100}{12\ MVA}$$

$$\%Transformador = 87.27\%$$

ECUACIÓN 2. COEFICIENTE PARA DELIMITAR CARGA FUTURA

$$Cf = Ci \cdot (1 + r_c)^t$$

$$Cf = 10.472 \times (1 + 0.0816)$$

$$Cf = 10.472 \times (1.0816)^5$$

$$Cf = 10.472 \times 1.4805$$

Cf=15.49 MVA

El valor de la carga futura (Cf) se establece considerando la carga inicial (Ci), el ritmo de incremento de la carga (rc) y el tiempo (t) en términos anuales. Es indispensable calcular la demanda proyectada para los próximos 5 a 10 años y compararla con la capacidad actual del transformador. Si la demanda supera el límite de capacidad, que se ubica cerca de 12 MVA, debería ser aceptable cambiar a un transformador de mayor capacidad. No obstante, de acuerdo con la información suministrada, la capacidad apropiada para el transformador debería oscilar entre 16 y 20 MVA.

3.1.4.2 Dimensionamiento del nuevo transformador

Para la tasa de crecimiento poblacional en 5 años.

ECUACIÓN 3. TASA DE CRECIMIENTO

$$Pf = Pi. (1 + r)t$$

$$Pf = 35,081 \times (1+0.028) ^ 5$$

$$Pf = 35,081 \times (1.1486)$$

$$Pf = 40,306 \text{ habitantes.}$$

Fórmula para el crecimiento poblacional y la demanda eléctrica esperada, Pf es la población futura, Pi es la población inicial, r es la tasa de crecimiento anual y t es el número de años en el futuro. La tasa de crecimiento anual es 2.8% de 2001 a 2022.

ECUACIÓN 4. POTENCIA APARENTE DEL NUEVO TRANSFORMADOR

$$S_{transformador} = \frac{Demanda\ proyectada\ x\ 100}{75}$$

$$S_{transformador} = \frac{12\ MVA\ x\ 100}{75}$$

$$S_{transformador} = 16MVA$$

CAPITULO 4
ANÁLISIS Y EJECUCIÓN

4.1 EJECUCIÓN DEL TRABAJO

La tabla 3 nos detalla una lista de rubros de ejecución del proyecto.

TABLA 3. LISTA DE RUBROS A EJECUTARSE

Ítem	Rubros	Unidad	CANTIDAD
1	Aparatos de Potencia		
1.1	Abastecimiento de Transformador de Potencia de 16/20 MVA nivel de Tensión 69/13.8 kV	u	1
1.2	Racionamiento de Interruptor Tanque Vivo de 69 kV.	u	1
1.3	Abastecimiento seccionador manual SPT de 69 KV.	u	2
1.4	Racionamiento de Celda de media tensión 13,8 KV principal (entrada)	u	1
1.5	Abastecimiento de Celda de media tensión 13,8 KV salida (alimentador)	u	5
1.6	Racionamiento de Celda de media tensión 13.8 KV fusible (Servicios auxiliares)	u	1
1.7	Abastecimiento de Celda de 13.8 kV para TPs	u	1
1.8	Racionamiento de transformador PADMOUNTED TRIFASICO tipo radial 50 KVA	u	1
1.9	Abastecimiento de cable de 500 MCM 15 KV	m	180
1.10	RACIONAMIENTO DE CABLE DE CONTROL APANTALLADO 14x12	m	160
1.11	Abastecimiento Puntas terminales para cable 500 MCM 15 KV para exterior	u	12
1.12	RACIONAMIENTO DE CABLE DE CONTROL APANTALLADO 4x10	m	180
2	Sostenimiento de Puesta a tierra		
2.1	Vacío y expulsión manual	m ²	150
2.2	Colmado y compactación	m ³	150
2.3	Cable de cobre 4/0 con conexión de soldadura exotérmica y varillas	M	350
2.4	Cálculo de firmeza de suelo y experimentos de resistencia de malla (antes y después)	U	1
2.5	Saturado con grava para mecanismo de patios	m ³	100

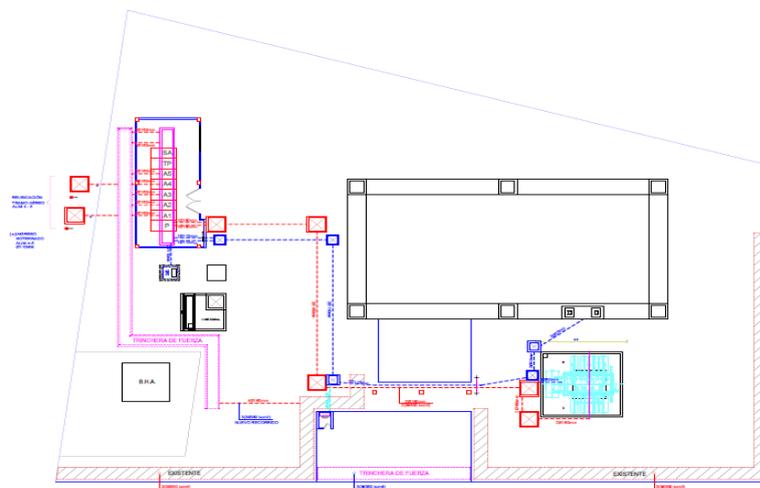
3	Mano de Obra		
3.1	Acoplamiento, instalación, cableado, experimentos y puesta en operación de transformador de potencia de 16/20 MVA nivel de tensión 69/13.8 KV	U	1
3.2	Ensambladura, instalación, pruebas, cableado y puesta en operación Tanque Vivo de 69 kV.	U	1
3.3	Acoplamiento, instalación, pruebas y puesta en operación seccionadora manual SPT de 69 KV.	U	3
3.4	Ensambladura, instalación, cableado, pruebas y puesta en operación de Celda de media tensión 13,8 KV principal (entrada)	U	1
3.5	Acoplamiento, instalación, cableado, pruebas y puesta en operación de Celda de media tensión 13,8 KV salida (alimentador)	U	5
3.6	Ensambladura, instalación, cableado, pruebas y puesta en operación de Celda de media tensión 13.8 KV fusible (Servicios auxiliares)	U	1
3.7	Acoplamiento, instalación, cableado, pruebas y puesta en operación de Celda de 13.8kV para TPs	U	1
3.8	Distribución y Control del Cable 500 MCM 15 kV:	M	180
3.9	Desmontaje manual de celdas existentes con grúa.	U	8
3.10	Establecimiento y Monitoreo de las Normas Ambientales y de Seguridad:	U	1
3.11	Elaboración de Plano.	U	1

Fuente: Autor, 2024

4.1.1 Esquema del Diseño de Implementación.

La figura 28 es el plano para repotenciación del transformador.

FIGURA 28. DISEÑO DE NUEVOS EQUIPOS PARA REPOTENCIACIÓN DE SUBESTACIÓN



Fuente: Autor, 2024

La figura 29 es un listado de los cables de señal.

FIGURA 29. LISTADO DE CABLES DE SEÑAL PROPUESTOS PARA LOS EQUIPOS DE CAMPO

DESDE	HASTA	CABLE ECC	NOMBRE	SEÑAL	LONGITUD
INTERRUPTOR	TABLERO AC	CONC .3X12	D1.1	ALIMENTACION AC	65
INTERRUPTOR	TABLERO DC	CONC .2X12	D1.2	ALIMENTACION DC	35
INTERRUPTOR	INTERRUPTOR	CONC .4X16	D1.3	MANDOS	65
INTERRUPTOR	INTERRUPTOR	CONC .3X16	D1.4	SEÑALIZACION	65
INTERRUPTOR	INTERRUPTOR	CONC .4X16	D1.5	ALARMAS	65
TRANSFORMADOR	TABLERO AC	CONC .3X12	TR1.1	ALIMENTACION AC	60
TRANSFORMADOR	TABLERO DC	CONC .2X12	TR1.2	ALIMENTACION DC	30
TRANSFORMADOR	RELE PROTECCION	CONC .4X16	TR1.3	ALARMAS Y DISPAROS	60
TRANSFORMADOR	RELE PROTECCION	CONC .4X10	TR1.4	SEÑALES DE CORRIENTE 69KV	60
TRANSFORMADOR	RELE PROTECCION	CONC .4X10	TR1.5	SEÑALES DE CORRIENTE 13.8KV	60
CELDAS	TABLERO DC	CONC .2X12	TR1.2	ALIMENTACION DC	80

Fuente: Autor, 2024

4.2 PASOS DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

En la implementación de este proyecto, se adherirán rigurosamente a las medidas, calendarios y especificaciones técnicas dictadas por el personal formado y encargado. La observancia de las directrices e instrucciones otorgadas por la administración será esencial para asegurar la calidad de la obra y los servicios proporcionados, respetando todos los estándares fijados.

Previo a iniciar cualquier labor o cambio, es necesario coordinar con anticipación con el encargado del contrato y/o el auditor. Es crucial especificar con exactitud la metodología y los procesos a implementar para cada etapa del proyecto. Además, es necesario garantizar la adecuada organización de las tareas y la utilización apropiada de los formatos definidos para el monitoreo y supervisión del progreso de la obra.

En consideración al plano de implantación de las trincheras, equipos e infraestructura que se ha propuesto en el anexo al presente estudio, mantiene las características técnicas de cada rubro mismas que se exponen a continuación:

BASE DE HORMIGÓN PARA TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 16/20 MVA CON CUBETO DE CONTENCIÓN Y NIVEL DE TENSIÓN 69/13.8 KV

Para el montaje del transformador de poder, se deberá considerar el diseño y construcción de una base de hormigón armado, diseños que serán entregados y aprobados por el fiscalizador del contrato previo a su construcción y deberá incluir lo siguiente:

Cálculos de resistencia de hormigón estos son los que dará el servicio a los transformadores con un peso de hasta 70 Toneladas.

Los esquemas de construcción de la base se deberán diseñar conforme a las especificaciones del equipo a instalar, considerando las dimensiones y propiedades específicas de este. La altura mínima de la base respecto al nivel del suelo final no debe ser menor a 30 cm, asegurando de esta manera una correcta instalación y resguardo del equipo.

El foso colector de aceite cuyas dimensiones estarán sujetas al contenido total de aceite en el transformador, considerando una reserva del 25%. Incluye conexiones con tuberías de alta resistencia, para bypass que deriva a la cisterna de almacenamiento de aceite o al canal de aguas lluvias, cisterna que está situada a 30 metros del transformador de potencia.

- Rejillas de acero galvanizado en caliente para tránsito de personal técnico.
- Ductos para cables de control.

- Conexiones de puesta a tierra.
- Pintura epóxica de señalética.

La figura 30 nos hace hincapié a la base para los equipos de patio.

FIGURA 30. BASE PARA EQUIPOS DE PATIO



Fuente: Autor, 2024

Para el montaje del interruptor de 69 KV, se deberá considerar el diseño y construcción de una base de hormigón armado, diseños que serán entregados y aprobados por el fiscalizador del contrato previo a su construcción y deberá incluir lo siguiente:

Cálculos de resistencia de hormigón el cual dará servicio a interruptores con un peso de hasta 2 Toneladas.

- Los planos constructivos de la base, tendrán dimensiones que dependerán del dispositivo a instalar. Debemos tener 30 cm o más como altura de la base pliego a nivel de piso concluido,
- Ductos para cables de control.
- Conexiones de puesta a tierra.
- Pintura epóxica de señalética.

La figura 31 comprende la trinchera y las canalizaciones.

FIGURA 31. TRINCHERAS Y CANALIZACIONES



Fuente: Autor, 2024

Para el montaje conductor de fuerza, se deberá considerar la construcción de trincheras de hormigón armado, para lo cual la contratista deberá previamente entregar los diseños que serán aprobados por el fiscalizador del contrato previo a su construcción y deberá incluir lo siguiente:

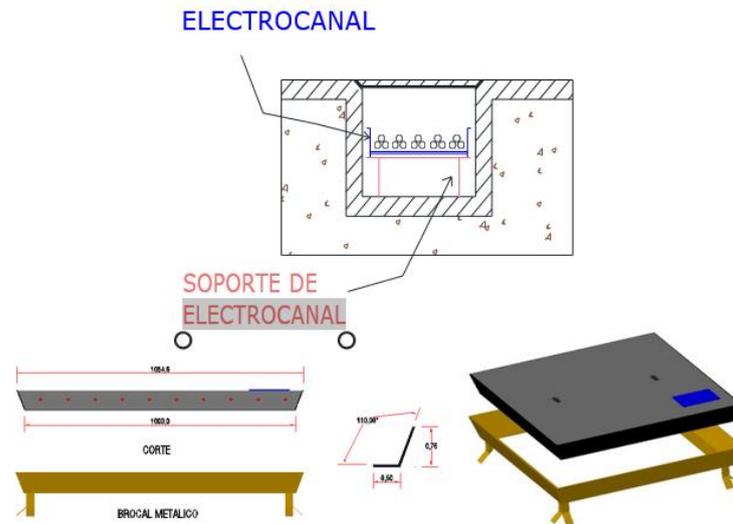
- Cálculos de resistencia de hormigón para paredes, piso y tapas de trinchera.
- Planos constructivos de las trincheras, cuyas longitudes coexistirán de 70 cm de ancho y 50 cm de profundidad, no debemos tener menos de 10 cm. En la altura de la trinchera sobre el horizonte del piso ya elaborado,
- Contener electrocanal tipo escalera galvanizado en caliente de 60 x 15 cm
- Soporte para electrocanal Galvanizado en caliente.

Las tapas de concreto contarán con un armazón y un brocal de metal, fabricados con una pletina de acero de 4 mm de grosor. El perfil del brocal se diseñará con una base de 50 mm y una altura de 75 mm, incluyendo una rendija de 110 mm para la adaptación del marco de la tapa.

En este proyecto, se utilizará una base de concreto con una resistencia del material de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ El revestimiento de la base será liso y se pintará con pintura epóxica para el tránsito. Será de 70 mm de espesor, con una armadura de barras de $\varnothing 12 \text{ mm}$, situadas cada 100 mm en ambas direcciones. El marco y brocal de la tapa serán recubiertos con un mínimo de

dos capas para garantizar su resistencia. Adicionalmente, se dejarán dos orificios sin fundir para insertar un tubo metálico rectangular de 3/4 x 2", los cuales se situarán de forma estratégica para distribuir de manera homogénea el peso de la tapa. Estos tubos se unirán a la armadura y facilitarán el inserto de una pistola. La figura 32 es acerca de las cajas de revisión y canalización.

FIGURA 32. CAJAS DE REVISIÓN Y CANALIZACIÓN



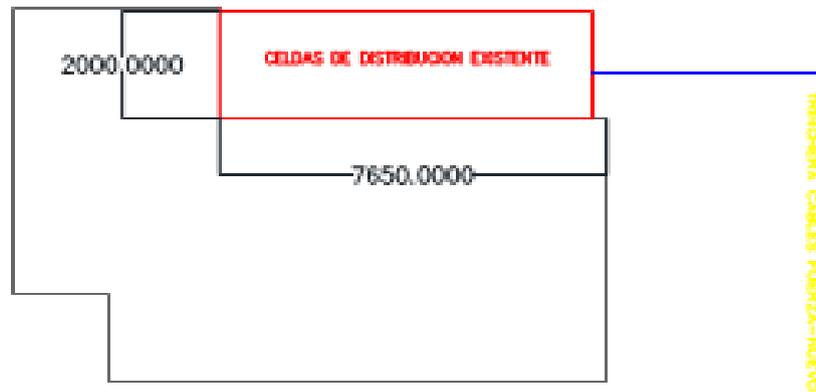
Fuente: Autor, 2024

Para el montaje de celdas de media tensión, se deberá considerar la ampliación de infraestructura civil existente del cuarto de control. Debido a que las celdas actuales son de tipo exterior, estas sobresalen del cuarto de control, por lo cual se deberá completar el cerramiento de dicho cuarto, mismo que contendrá en su interior las nuevas celdas de distribución. Para los fines mencionados la contratista deberá previamente entregar los diseños que serán aprobados por el fiscalizador del contrato previo a su construcción y deberá incluir lo siguiente:

- Planos de detalle constructivos de la zona de ampliación, cuyas dimensiones son de 4 metros de alto, 7.65 metros de ancho y 2 metros de profundidad.
- Desmontaje
- Plinto, Riostras, Columnas, Mampostería, enlucido.
- Vigas, cubierta con thermopanel y estructura metálica.

- Las paredes deberán ser empastadas, impermeabilizadas y pintadas. La figura 33 hace referencia de las dimensiones de las celdas.

FIGURA 33. DIMENSIONES DE LAS CELDAS



Fuente: Autor, 2024

La figura 34 nos dará a conocer el exterior del cuarto de control.

FIGURA 34. EXTERIOR DE CUARTO DE CONTROL



Fuente: Autor, 2024

Considerando la situación actual de la subestación, el lugar asignado para la instalación de los nuevos equipos de potencia está restringido por antiguas bases estructurales. Por lo tanto, el proveedor

seleccionado será el responsable de efectuar la demolición de estas construcciones, empleando las herramientas apropiadas, como martillos demoledores, entre otras técnicas especializadas. La figura 35 son acerca de la vista frontal del tren de celdas.

FIGURA 35. VISTA FRONTAL DE TREN DE CELDAS EXISTENTES



Fuente: Autor, 2024

4.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRANSFORMADOR

El transformador de potencia identificado por el modelo SF-20000/69 es un equipo trifásico diseñado para operar en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica. Este transformador tiene una capacidad nominal de 20 MVA, con un sistema de enfriamiento de tipo ONAN/ONAF, lo que permite una operación flexible según las demandas de carga. La figura 36 abarca una muestra de las bases que existen en la subestación Salinas.

FIGURA 36. BASES EXISTENTES SUBESTACIÓN SALINAS



Fuente: Autor, 2024

4.3.1 Especificaciones Técnicas

A continuación, se detallan las principales características técnicas del transformador:

4.3.1.1 Capacidad y Sistema de Enfriamiento

- Capacidad nominal: 20,000 kVA (20 MVA).
- Sistema de enfriamiento: ONAN (aceite natural y aire natural) con capacidad de 16 MVA y ONAF (aceite natural y aire forzado) con capacidad de 20 MVA.

4.3.1.2 Tensiones Nominales

- Lado de Alta Tensión (HV).
- Tensión nominal: 69 kV.
- Tensión nominal con derivaciones: $\pm 2 \times 2.5\%$ (ajustable).
- Lado de Baja Tensión (LV).
- Tensión nominal: 13.8 kV.
- Tensión de Neutro (LV): 14.52/95 kV.

4.3.1.3 Corrientes y Grupos de Conexión

- Corriente nominal en HV: 167.5 A (aproximadamente).
- Corriente nominal en LV: 836.7 A.
- Grupo de conexión: Dyn11, lo que indica que el lado de alta tensión está conectado en delta y el lado de baja tensión en estrella con neutro accesible.

4.3.1.4 Impedancia y Pérdidas.

- Impedancia al cortocircuito: 8%.
- Pérdidas en vacío: 15,000 kW.
- Pérdidas con carga: 53,000 kW.
- Corriente en vacío: 0.065 A.
- Pérdidas activas: 15000 kg.

4.3.1.5 Datos Físicos y Dimensiones.

- Peso del aceite: 64,100 kg.
- Peso del núcleo y bobinas: 32,100 kg.
- Peso total (tanque y accesorios): 107,000 kg.
- Peso de envío: 24,500 kg.

4.3.1.6 Transformadores de Corriente (TC)

El transformador cuenta con varios transformadores de corriente (TC) para propósitos de medición y protección. A continuación, se detallan algunos de estos TC según las especificaciones mostradas en la placa de características:

Primario (x1):

- Ratio de conversión: 800/400/1 A.
- Precisión: Clase 0.2S.
- Potencia aparente (VA): 20 VA.

Secundario (x1):

- Ratio de conversión: 100/50/1 A.
- Precisión: Clase 0.5.
- Potencia aparente (VA): 10 VA.

4.3.1.7 Normas Aplicables

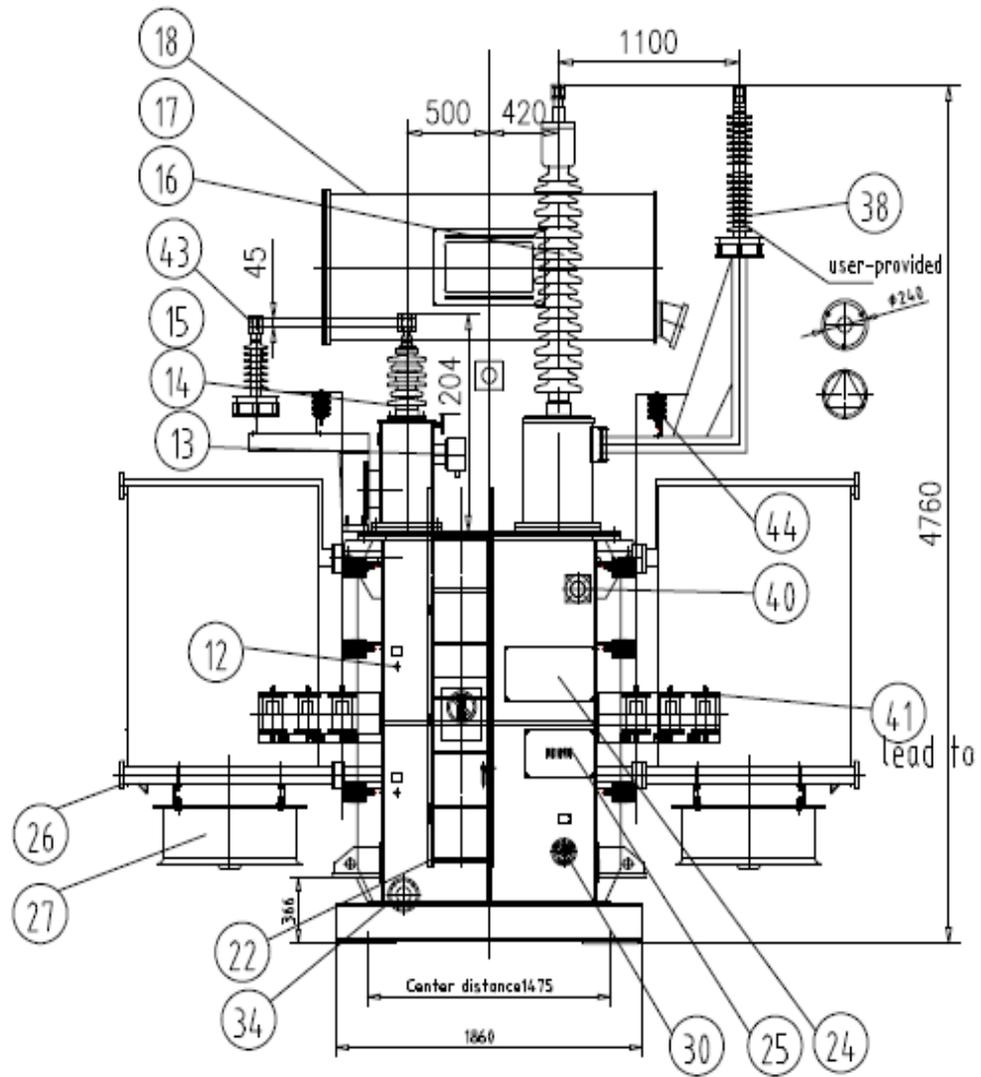
El transformador cumple con las siguientes normas internacionales de fabricación y prueba:

- IEC 60076-1:2011: General requirements for power transformers.
- IEC 60076-2:2011: Temperature rise.
- IEC 60076-3:2013: Insulation levels, dielectric tests, and external clearances in air.
- IEC 60137:2017: Bushings for alternating voltages above 1000 V.
- IEC 60296:2017: liquid for electrotechnical applications, Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear.
- IEC 60076-5:2006: Ability to withstand short circuit.

4.4 DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

La figura 37 nos muestra la vista lateral del transformador a posicionarse.

FIGURA 37. VISTA LATERAL DE TRANSFORMADOR PROPUESTO



Fuente: Autor, 2024

La figura 38 nos da a conocer una ficha técnica del transformador.

FIGURA 38. FICHA TÉCNICA TRANSFORMADOR DE PODER PROPUESTO

44		Insulating support	7				
43		LV arrester	3	user-provided			
42		Three-dimensional imp	1				
41		Arrester counter	6	user-provided			
40		Sudden pressure relay	1	SYJ9-80-25(S)			
39		Maintenance free brea	1	HXMWD-2			
38		HV arrester	3	user-provided			
37		Transformer oil 45X	6400kg				
36		Lifting jack	4				
35		Control cabinet	1				
34		80 Valve	1				
33		Earthing copper bar	1				
32	8.860.3101.13	Core earthing plate	1				
31	8.860.3101.19	Tank earthing plate	4				
30		Off-load tap-changer	1	WDGII250/126-6X5			
29		50 vale	1				
28		Pressure relief valve	1	YSF8-55/80KJ			
27		Fan	4	BDF-7.3Q10			monophase 230VAC
26		Radiator	8	UPC-1200(1600)-26/520			
25	8.860.4081.2	Valve plate	1				
24	1.710.4081.1 MP	Nameplate	1				
23		Handhole	1				
22		Ladder	1				
21		50 Valve+G 1-1/2 DIN	1	DGA valve			
20		Buchholz relay	1	QJ9-80A-11-8			
19		Oil level guage	1	YZF-250			
18		Conservator	1				
17		HV Bushing	3	BRDLW-126/630-4			
16		HV turrets	3				
15		Lv bushing	4	BfWc -24 /1250-4			
14		LV CT	1				
13		LV turrets	4				
12		Oil sample valve	2				
11		Thermometer pocket	1				
10		Oil thermometer	1	BwY -804A			
9		Winding Thermoter	2	BWR -4			
8		Top cover	1				
		LV conductor	1				
		HV conductor	1				
		LV coil	1				
		HV coil	1				
		Active part insulation	1				
		Core assembly	1				
		Tank	1				
NO	CODE	NAME	QTY	MATERIAL	SINGLE	TOTAL	REMARK
					WEIGHT		

Fuente: Autor, 2024

4.5 MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Es primordial realizar un mantenimiento en las subestaciones eléctricas para consigo triunfar y atestiguar acerca su operación segura y confiable. Semejante a que cualquier otro aparato o subestructura, estas subestaciones constan a desarrollar un desgaste, la contaminación y posibles fallas. El correcto mantenimiento nos ayuda a prevenir problemas y a su vez aseguraremos la considerada tarea de los elementos y así se reduce el riesgo de complicaciones en el abastecimiento de electricidad.

4.5.1 Pasos importantes para el mantenimiento de una subestación eléctrica.

El buen mantenimiento de las subestaciones eléctricas nos ayuda a tener una eficacia y durabilidad de la subestación eléctrica esta involucra una sucesión de pasos importantes que deben seguirse para certificar una buena ejecución del mismo, tales como:

4.5.1.1 Intervención visual

Este es el primer paso para llevar a cabo un buen mantenimiento de las subestaciones eléctricas. Consiste prácticamente en un reconocimiento detallado de los equipos y mecanismos que estén implementados en la misma para así identificar algún desgaste, corrosión o daños físicos que puedan tener.

4.5.1.2 Pruebas y estudios de los equipos

Se realizan ensayos de aislamiento, resistencia, relés y defensa. Además, se lleva a cabo un estudio detallado del aceite de los transformadores con la finalidad de detectar posibles errores. Este método posibilita establecer si se requiere efectuar mantenimiento o reparaciones en los dispositivos.

4.5.1.3 Mantenimiento predictivo

El llevar a cabo un mantenimiento predictivo nos ubica hábilmente en predecir cuándo es factible que se estimule alguna falla o algún problema en el transformador de potencia que se está utilizando. Esto lo realizaremos mediante técnicas de monitoreo y un correcto análisis de los datos tales como: Correcto monitoreo de la temperatura de aceite del transformador.

4.5.1.4 Mantenimiento preventivo

Incluye varias tareas diseñadas como la limpieza de conexiones, el ajuste de conexiones, la lubricación y la sustitución de elementos deteriorados. Esto nos permitirá identificar fallas previas y prolongar la durabilidad del transformador de potencia, podemos mencionar algunas de estas como:

- Observación del convertidor de energía y sus aparatos.
- Análisis de aceite para identificar edificadores y deterioros.
- Experimentos de resistencia y resistencia.
- Lubricación y ablución de aparatos móviles.
- Reemplazo de ciertos componentes que su durabilidad se haya extendido para cumplir con su tiempo.

4.5.1.5 Mantenimiento correctivo

Se lleva a cabo cuando se detecta alguna falla o problemática en el transformador de potencia que se encuentra en la subestación, al realizar este mantenimiento debemos tomar medidas correctivas para enmendar alguna hendidura y a su vez poder restaurar la maniobra uniforme del equipo.

En este tipo de mantenimiento, se deben realizar las tareas siguientes:

- Reemplazo o reparación de bobinas deterioradas.
- Cambio de interruptores o fusibles si se presenta un daño.
- Protección de escapes de aceite en el transformador.

- Reemplazo de elementos electrónicos fallidos, como relés de seguridad, aparatos de control, sensores, entre otros.

4.5.1.6 Adiestramiento del personal

Es fundamental contar con un personal competente con bases solidadas en el mantenimiento de subestaciones eléctricas, de esta manera vamos a garantizar que el personal esté suministrado para poder efectuar el mantenimiento de una manera eficiente y segura.

4.5.2 Practicas para el cuidado de las subestaciones eléctricas

En este tipo de mantenimiento, se deben realizar las actividades siguientes: Ejercicios para el mantenimiento de subestaciones eléctricas; Además de todos los pasos esenciales que son cruciales, existen algunas prácticas notables que nos podrían asistir en la optimización del mantenimiento.

4.5.2.1 Implementar un plan de mantenimiento constante

Se aconseja elaborar un plan que establezca las tareas, la frecuencia y las obligaciones del mantenimiento. De tal manera esto nos garantiza un monitoreo sistemático que a su vez nos va a permitir prevenir la falta de tareas esenciales.

4.5.2.2 Emplear dispositivos y utensilios apropiados

Detallar las herramientas y aparatos propicios que son esenciales para realizar el mantenimiento de manera firme, esto incluye a los mecanismos de cálculo, equipos de prueba, equipos de seguridad y otros mecanismos que son fundamentales.

4.5.2.3 Realizar ensayos de operación y carga

Gracias a las pruebas que se deben realizar acerca del funcionamiento y carga alcanzamos a comprobar el rendimiento de los equipos y su capacidad para maniobrar sobre la carga eléctrica dada, lo que a su vez obtenemos la verificación de la labor que están teniendo los interruptores, a su vez sabemos

con precisión medir la caída de voltaje y asignar transformadores dentro de los límites instituidos.

4.5.2.4 Comprobar la solidez de los sistemas de resguardo

Es transcendental comprobar la integridad y la actividad que merita de los sistemas de protección tales como (relés, fusibles, disyuntores entre otros). Esto tiene como finalidad que los equipos estén protegidos contra sobrecargas, cortocircuitos y otras condiciones anormales.

4.5.2.5 Registrar y documentar todas las tareas de mantenimiento

El registro de la documentación nos va a permitir obtener el valor referencial del proyecto se consideró los valores de materiales, mano de obra y transporte en base al estudio y justificación de precios manteniendo la Aplicabilidad de las Políticas.

CAPITULO 5

ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE MATERIALES Y PERSONAL

Para establecer el valor referencial del proyecto, se consideraron los gastos de los materiales, la fuerza laboral y el traslado, fundamentados en un análisis exhaustivo y la justificación de los costos. Este estudio se llevó a cabo preservando la utilidad de las políticas implementadas.

5.2 ESTUDIO DEL BIEN

Para incrementar la cobertura de electricidad en el área rural de su concesión, los alumnos de la UCSG han llevado a cabo el proyecto denominado "Análisis de Mejoramiento de la Capacidad Instalada en la Subestación Salinas", situado en varios puntos de la provincia de Santa Elena, concretamente en el cantón de Salinas.

5.3 CÁLCULO DEL PRESUPUESTO

Tabla 4. Cálculo del Análisis de la mejora del Transformador de Potencia de la S/E Salinas

Rubros		Unidad	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Equipos de Potencia					
1	Abastecimiento de Transformador de Potencia de 16/20 MVA nivel de Tensión 69/13.8 kV	Unidad	1	\$ 470.200,00	\$ 470.200,00
2	Abastecimiento de Interruptor Tanque Vivo de 69 kV.	Unidad	1	\$ 39.800,00	\$ 39.800,00
3	Abastecimiento de seccionador mecánico SPT de 69 KV.	Unidad	2	\$ 15.100,00	\$ 30.200,00
4	Abastecimiento de Caja de media tensión 13,8 KV principal (entrada)	Unidad	1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
5	Abastecimiento de Caja de media tensión 13,8 KV salida (alimentador)	Unidad	5	\$ 51.000,00	\$ 255.000,00
6	Abastecimiento de Caja de media tensión 13.8 KV fusible (Servicios auxiliares)	Unidad	1	\$ 19.800,00	\$ 19.800,00
7	Abastecimiento de Caja de 13.8 kV para TPs	Unidad	1	\$ 19.900,00	\$ 19.900,00
8	Abastecimiento de transformador PADMOUNTED TRIFASICO tipo radial 50 KVA	Unidad	1	\$ 5.620,00	\$ 5.620,00
9	Abastecimiento de cable de 500 MCM 15 KV	Metros	180	\$ 30,00	\$ 5.400,00
10	ABASTECIMIENTO DE CABLE DE CONTROL APANTALLADO 14x12	Metros	160	\$ 14,10	\$ 2.256,00
11	Abastecimiento Terminal Contráctil para cable 500 MCM 15 KV para exterior	Unidad	12	\$ 214,00	\$ 2.568,00
12	ABASTECIMIENTO DE CONDUCTORDE CONTROL APANTALLADO 4x10	Metros	180	\$ 11,58	\$ 2.084,40
Mantenimiento de Puesta a tierra					
13	Apertura de huecos y desalojo de material obsoleto	Metros cúbicos	150	\$ 7,00	\$ 1.050,00
14	Complementación y compactación	Metros cúbicos	150	\$ 6,00	\$ 900,00
15	Conductor de cobre 4/0 forrado con conexión de soldadura exotérmica y varillas	Metros	350	\$ 26,50	\$ 9.275,00
16	Evaluación de la resistencia del terreno y ensayos de la resistencia de la malla (antes y después)	Unidad	1	\$ 400,00	\$ 400,00
17	Equipo de patios rellenado con grava	Metros cúbicos	100	\$ 40,29	\$ 4.029,00
Mano de Obra					
18	Instalación, conexión de, conexiones, pruebas y puesta en marcha de un transformador de potencia de 16/20 MVA, con un nivel de nivel de tensión de 69/13.8 kV.	Unidad	1	\$ 6.500,00	\$ 6.500,00
19	Instalación, puesta en marcha, ensayos, cables y puesta en marcha del tanque vivo de 69 kV.	Unidad	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
20	Instalación, pruebas y puesta en operación seccionador mecánico SPT de 69 KV.	Unidad	3	\$ 400,00	\$ 1.200,00
21	Instalación, cableado, pruebas y puesta en operación de Caja de media tensión 13,8 KV principal.	Unidad	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00

22	Implementación, conexión, cables, ensayos y puesta en marcha de la celda de media tensión 13,8 kV para salida (alimentador).	Unidad	5	\$ 700,00	\$ 3.500,00
23	Instalación, conexión, cables, ensayos y puesta en marcha de la celda de 13,8 kV de media tensión con fusible para servicios auxiliares.	Unidad	1	\$ 400,00	\$ 400,00
24	Instalación, conexión, cables, ensayos y funcionamiento de la celda de 13,8 kV destinada a transformadores de potencia (TPs).	Unidad	1	\$ 400,00	\$ 400,00
25	Distribución y control de conductor de CU 500 MCM 15 KV	Metros	180	\$ 5,00	\$ 900,00
26	Retiro de celdas existentes	Unidad	8	\$ 150,00	\$ 1.200,00
27	Implementación y control de la normativa ambiental y de seguridad	Unidad	1	\$ 400,00	\$ 400,00
28	Elaboración de Planos.	Unidad	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Obra Civil					
SUB-TOTAL					\$ 805.008.51
IVA					\$109.773.89
TOTAL INCLUIDO IVA					\$ 914.780,40

Fuente: Autor, 2024

CAPITULO 6

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES

El estudio de campo realizado nos ha permitido establecer que el transformador de potencia de 10/12 MVA necesita una mejora debido al crecimiento poblacional que se ha dado en esta zona en específico, gracias a los cálculos realizados comprobamos que el transformador actual ejecuta a más de su 80% de su capacidad básica por lo tanto se realizara un mejoramiento en el mismo cambiando su equipo actual por un transformador de 16/20 MVA esto será fundamental para certificar la capacidad de la subestación para compensar las demandas energéticas en la actualidad y a un futuro.

Primeramente, se ejecutó un diagnóstico minucioso de la demanda máxima que mantiene subestación, esto nos condescendió a identificar las insuficiencias que mantiene la subestación actual y así poder demostrar la que dicho equipo necesita ser mejorado en su repotenciación procedimos a perpetrar el proceso de diseño de elementos que pudieran maniobrar a mayor capacidad, atestiguando al mismo tiempo la seguridad, eficiencia y confiabilidad operativa del sistema.

Últimamente, se exteriorizó una hipótesis referencial para el mejoramiento de la subestación, lo que suministra una viabilidad y factibilidad de los recursos financieros ineludibles para llevar a cabo nuestro proyecto. En conclusión, el análisis y mejoramiento del transformador de potencia de 10/12 MVA a 16/20 MVA ha sido afrontado de modo integral, considerando todos los semblantes que mantiene el mismo tanto técnicos como económicos. Este proyecto mejorara la capacidad de la subestación para desagruar las demandas actuales y futuras de la zona geográfica tomada.

6.1 CONCLUSIONES

6.2 RECOMENDACIONES

Ejecutaremos un estudio escrupuloso de cómo va el mecanismo del nuevo transformador, incluyendo ensayos de aislamiento, análisis de aceite dieléctrico con la finalidad de tener cada cierto tiempo una apreciación del desgaste y la eficiencia del mismo.

Revisaremos la reseña de manipulación del transformador utilizado, tomando en cuenta cualquier fallo precedente, que a su vez inspeccionaremos a niveles de carga, de tal manera nos permitirá estipular situaciones ambientales a las que se exponga.

Llevaremos a cabo las directrices del derroche eléctrico en la zona donde el transformador está trabajando. Nos basamos en la demanda proyectada para así establecer si la mejora de este nuevo equipo utilizado en la subestación Salinas.

REFERENCIAS

- Aguilar, J., & Pino, J. (2023). *Diseño eléctrico de la subestación El Bosque de 20/24 MVA a 69 KV con 4 circuitos de salida de 13,8 KV en la ciudad de Machala*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Alava, A., & Bravo, J. (2022). *Diseño de redes eléctricas en medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público para urbanizaciones*. Guayaquil: Universidad Politecnica Saleciana.
- Alulema, D. (2024). *Operación óptima y análisis de estabilidad en sistemas eléctricos de potencia con un sistema*. Quito: Escuela Politécnica Nacional .
- ARCERNNR. (2023). *Resolucion 008/23 Marco normativo de la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica*. Ecuador: Gobierno del Ecuador.
- Beltrán, F. (2019). *Diseño de sistema para la gestión de mantenimiento de una subestación de 69kv*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- 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*. Ambato: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Cadena, A. (2022). *Determinación del centro de carga de las subestaciones del área de concesión de Emelnorte, acorde a su plan de expansión 2020-2030*. Quito: Universidad Técnica del Norte .
- Calderón, D. (2020). *Diseño eléctrico en baja y media tensión del edificio Kairos*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Castillo, B. (2021). *Estudio técnico y práctico de líneas de transmisión soterradas caso de estudio línea de transmisión s/e Shushufindi Pam – s/e Shushufindi Cnel a 69 kV*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Coello, F. (2019). *Cálculo y estudio de parámetros en instalación de interruptores de potencia con gas SF6 para evitar daños por fallas a transformadores de poder en subestaciones típicas de CNEL Unidad de Negocios Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Cumba, J. (2020). *Estudio de factibilidad de la expansión de la red de distribución eléctrica para la planta industrial de la empresa productora de alimentos Corporación Superior*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana .

- Díaz, D. (2023). *Diseño eléctrico de subestación de 5 MVA 69/13.8 KV en La Universidad Estatal de Milagro*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Garzón, D. (2023). *Diseño eléctrico de la subestación Zumbahua 69/13,8 kV para la Empresa Eléctrica de Cotopaxi ELEPCO S.A.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Godoy, K. (2023). *Eficiencia energética y consumo de energías renovables en la economía ecuatoriana*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Ibáñez, G. (2023). *Estudio de carga eléctrica para la repotenciación del circuito eléctrico en baja tensión del transformador existente número 1 de la empresa Sucesores de J Paredes M S.A.* Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- León, J. (2022). *La innovación en procesos de distribución y el impacto en la competitividad de las grandes empresas del sector metalmecánico del Distrito Metropolitano de Quito por la influencia de la pandemia generada por el Covid-19 durante 2020-2021*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Medina, E. (2020). *Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando electrobarras*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Montachana, W. (2021). *Estudio de factibilidad para la implementación de redes aéreas compactas en media tensión en el área de concesión de la EEA.S. A".* Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Murillo, G., Orbe, L., Pincha, C., Terán, S., & Vásquez, J. (2024). *Estudio Comparativo Solar de una Comunidad en Quito. Valoración de la Aportación Solar en el Mix Energético*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Muyulema, B. (2023). *Identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica mediante la combinación de un clasificador de svm (support vector machine) y un estimador de estado*. Quito: Escuela Politécnica Nacional .
- Reinoso, R. (2022). *Desarrollo de casos de estudio en base al sistema nacional interconectado de Ecuador para el análisis de sistemas eléctricos de potencia*. Ambato: Universidad Técnica de Cotopaxi .
- renovables, E. d. (2022). *Moran, Emily* . Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Rivera, G. (2020). *Ubicación de fallas en líneas de transmisión eléctrica basado en el análisis de señales transitorias*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Sánchez, W. (2024). *Análisis e interpretación de las pruebas eléctricas y vida útil del transformador de poder de la subestación Villa Club de Cnel Ep GLR*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Sanguano, N. (2021). *Evaluación de la confiabilidad del sistema de generación y transmisión considerando fallas de causa común en líneas y el método Monte Carlo*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

- Sarmiento, G. (2022). *Criterios de instalación y mantenimiento de una subestación eléctrica móvil 230/69 KV 45MVA*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Sigüencia, J. (2020). *Manual de mantenimiento preventivo y correctivo de la subestación de 5 MVA de 69-13.8 KV de la Empresa TECNOVA S.A.* Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Usnayo, E., & Mamani, E. (2020). *Diseño de un sistema de puesta a tierra para la línea de transmisión de 60 KV desde la SE María Jiray hasta la unidad minera Contonga*. Peru: Universidad Continental.
- Villafuerte, G. (2021). *Diseño eléctrico de la línea de transmisión San Francisco – Culebra – Shushufindi, a 230 kV, basado en una baja tasa de fallo: sobrevoltajes por descargas atmosféricas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Zurita, C. (2020). *Análisis de impactos socio-ambientales para el diseño y construcción de líneas de transmisión eléctrica de 69 kv, 138 kv y 230 kv*. Ambato: Universidad Técnica de Cotopaxi.

GLOSARIO

CNEL:	Corporación Nacional de Electricidad.
CF:	Carga Final
CI:	Carga Inicial
FC	Factor de Crecimiento
kVA	kilovoltiamperios
MVA	Megavoltiamperio
PF	Población Final
PI	Población Inicial
R-C	Tasa de crecimiento
S	Capacidad de carga del transformador
T	Tiempo



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

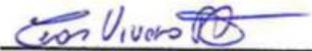
Nosotros, **Tomalá Tomalá, Saúl Alexis** con C.C: # **0926467655** y **Vivero Roca, César Bolívar** con C.C: # **0919796912** autor/a del trabajo de titulación: **Análisis de mejoramiento de la capacidad instalada en la Subestación Salinas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaramos 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, a los 20 días del mes de febrero del año 2025

LOS AUTORES

f. 
Vivero Roca Cesar Bolívar

C.C: 0919796912

f. 
Tomalá Tomalá Saúl Alexis

C.C: 0926467655



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de mejoramiento de la capacidad instalada en la Subestación Salinas.		
AUTOR(ES)	Vivero Roca, Cesar Bolívar Tomalá Tomalá, Saúl Alexis		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PhD.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de febrero del 2025	No. DE PÁGINAS:	83
ÁREAS TEMÁTICAS:	Capacidad Instalada, subestaciones eléctricas, repotenciación.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Instalaciones eléctricas, distribución, comercialización, transformador de potencia, subestación eléctrica.		
RESUMEN / ABSTRACT: El capítulo 1 y 2 aborda la importancia de la electricidad como una forma de energía fundamental en las sociedades modernas, siendo esencial para el funcionamiento de aparatos y máquinas. Se define la electricidad como un conjunto de fenómenos derivados de la interacción entre cargas eléctricas, que se manifiestan en ámbitos físico, luminoso, mecánico y térmico. Además, se destaca el incremento en la demanda del servicio eléctrico en áreas de concesión, impulsado por el crecimiento poblacional y el desarrollo industrial y comercial. Este aumento en la demanda ha llevado a una sobrecarga en los transformadores de potencia, superando en algunos casos el 80% de su capacidad. Ante esta situación, se plantea la necesidad de mejorar la calidad del servicio mediante la repotenciación de subestaciones eléctricas.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +59399 819 0935 +59399 952 3856	E-mail: saul.tomala@cu.ucsg.edu.ec cesar.vivero@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González Teléfono: +593999528515 E-mail: Ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			