



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

TEMA:

Estudio de Reactivos en el Alimentador Caracol de la S/E Nelson Mera del cantón Babahoyo mediante la herramienta CYMDIST para mejorar el factor de potencia

AUTOR:

Gálvez Galarza, Henry Daniel

Yépez Bajaña, José Alberto

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PhD.

Guayaquil, Ecuador

2 de septiembre del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Trabajo de Integración Curricular fue realizado en su totalidad por Gálvez Galarza, Henry Daniel y Yépez Bajaña, José Alberto, como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD.

TUTOR

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PhD.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PhD.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD


Nosotros, Gálvez Galarza, Henry Daniel
Yépez Bajaña, José Alberto

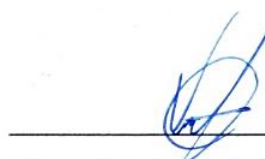
DECLARO QUE:

El trabajo de Integración Curricular **“Estudio de Reactivos en el Alimentador Caracol de la S/E Nelson Mera del Cantón Babahoyo mediante la herramienta CYMDIST para mejorar el factor de potencia”** 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 Integración Curricular referido.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024


Gálvez Galarza, Henry Daniel


Yépez Bajaña, José Alberto



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, Yépez Bajaña, José Alberto y Gálvez Galarza, Henry Daniel

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **“Estudio de Reactivos en el Alimentador Caracol de la S/E Nelson Mera del Cantón Babahoyo mediante la herramienta CYMDIST para mejorar el factor de potencia”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024

EL AUTOR

Gálvez Galarza, Henry Daniel


Yépez Bajaña, José Alberto



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

REPORTE DE COMPILATIO

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Correccion V2 Terminada_Tesis_ Gálvez
Galarza y Yépez Bajaña_Semestres
A2024

4%
Textos sospechosos


- < 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- 3% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Correccion V2 Terminada_Tesis_ Gálvez Galarza y Yépez Bajaña_Semestres A2024.docx
ID del documento: 4143de75031de5a1cd3c102ebb35429c90c4328
Tamaño del documento original: 13,89 MB
Autores: []




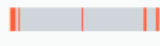



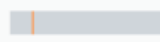
Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez
Fecha de depósito: 20/8/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 20/8/2024

Número de palabras: 15.965
Número de caracteres: 107.322

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Correcc. Fin. A2024_Tesis_Alay Suarez y Tumbaco Macías Final-3.docx C... #02764 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 17 Fuentes similares	5%		Palabras idénticas: 5% (717 palabras)
2	 Joffre Ruben Andrade & Christopher Rodriguez Baidal V12 Final.docx Jo... #01470c El documento proviene de mi grupo 15 Fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (501 palabras)
3	 tesismasters.com.co Agradecimientos de tesis: te damos los mejores ejemplos https://tesismasters.com.co/agradecimientos-de-tesis/ 5 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (83 palabras)
4	 dspace.ups.edu.ec https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16238/1/UPS-CT007887.pdf 2 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (64 palabras)

Atentamente,

Ing. Bohórquez Escobar, Ceiso Bayardo. PhD.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a mi esposa e hijos por su comprensión y apoyo en estos años de estudios, a mis padres que siempre me han motivado a continuar para cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

A todos mis docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

Gálvez Galarza, Henry Daniel

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios por guiarme y cuidarme en todo este proceso, para llegar a la meta propuesta. Quiero también dedicarle a mi familia, por el apoyo incondicional brindado.

Gálvez Galarza, Henry Daniel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a vuestro Padre Celestial por permitirnos vivir día a día y así lograr nuestros objetivos. Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de diversas maneras a la realización de esta tesis.

Agradezco al director de la Carrera, el Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo por su valiosa guía, apoyo y confianza a lo largo de este proceso. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para la culminación de este trabajo.

A mis padres, Marcelino Yépez y Amelia Bajaña, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo emocional. Sin su respaldo, este logro no habría sido posible. A mi esposa, Mayra Alejandra Oleas Olea, y mi hija, Saraí Elizabeth Yépez Oleas, quienes estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas durante este proceso. Su amor, paciencia y comprensión me han brindado la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Agradezco a mis tutores de clases; gracias a su dirección constante y paciencia por compartir su abrumador conocimiento y experiencia con nosotros e indicarnos el curso a seguir para lograr este objetivo. A mis compañeros de clase, su intervención y compañerismo han sido una inspiración invaluable. Finalmente, agradezco a la Universidad; gracias por los recursos y ambiente necesarios para llevar a cabo este proyecto.

Yépez Bajaña, José Alberto

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Marcelino Yépez y Amelia Bajaña, por su amor, sacrificio y dedicación inquebrantable. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente de inspiración y fortaleza.

A mi esposa, Mayra Oleas, y mi hija, Saraí Yépez, quienes han sido mi pilar durante todo este proceso en las buenas y en las malas. Su amor y apoyo han sido fundamentales para alcanzar este logro.

También dedico este logro para aquellas personas que nunca dudaron de mí y me motivaban de alguna manera a seguir estudiando y a que no renuncié a este objetivo.

Yépez Bajaña, José Alberto



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO. PHD.
DIRECTOR DE CARRERA**

f. 

**ING. UBILLA GONZÁLEZ, RICARDO XAVIER, MSC.
COORDINADOR DE ÁREA**

f. 

**ING. BONILLA SÁNCHEZ, RONNIE ALEXANDER, MSC.
OPONENTE**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XV
Resumen.....	XVI
Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación.....	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Definición del Problema	3
1.4 Justificación del Problema	3
1.5 Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 Hipótesis.....	4
1.7 Metodología de Investigación	4
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	6
2.1 Reconector de transferencia	6
2.1.1 Aspecto importante de un reconector de transferencia	7
2.1.2 Diferencia de las tecnologías de re conectadores de transferencia	9
2.1.3 Parámetros de diseño críticos para los re conectadores de transferencia.....	10
2.2 Herramienta de análisis eléctrico CYME.....	12
2.2.1 Función del complemento ADPS (Advanced Distribution Planning System) de CYME	13
2.2.2 Utilidad del complemento CYMCAP de CYME	15
2.2.3 Función del complemento CYMTCC de CYME	16
2.2.4 Utilidad del complemento CYMGRD de CYME	17
Capítulo 3: Aportes de la investigación	20
3.1 Análisis y configuración de los dispositivos del Alimentador Caracol de la Subestación (S/E) Nelson Mera del Cantón Babahoyo.....	20
3.2 Análisis Técnico Mensual del Alimentador Caracol y Cargabilidad de Transformadores de Potencia desde el 2023 - 2024.....	37

3.3 Análisis y simulación para mejorar los niveles de voltaje a nivel de media tensión del alimentador Caracol utilizando el software CYMDIST	43
3.3.1 Criterios para la ubicación óptima de los bancos de reguladores.....	44
3.3.2 Simulación del Alimentador Caracol sin bancos de reguladores	45
3.3.3 Simulación del Alimentador Caracol con los bancos de reguladores ...	46
Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones.....	50
4.1 Conclusiones	50
4.2 Recomendaciones.....	51
Bibliografías.....	54
Glosario	59
Anexo 1	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2.1: Reconector de transferencia de clase OSM.	6
Figura 2.2: Reconector de relé de tipo automático.	7
Figura 2.3: Diagrama de conexión y funcionamiento de un reconector.	8
Figura 2.4: Partes de un reconector de tipo montado.....	9
Figura 2.5: Reconector de transferencia trifásica OSM.....	10
Figura 2.6: Reconector de transferencia trifásica OSM.....	11
Figura 2.7: Modelado de subestación eléctrica en CYME.	13
Figura 2.8: Estudio electromagnético de la estabilidad transitoria.	14
Figura 2.9: Análisis de resistividad térmica de los conductores.	16
Figura 2.10: Coordinación de los dispositivos de protección eléctrica.	17
Figura 2.11: Simulación de puesta a tierra de subestación en CYMGRD.....	18

Capítulo 3:

Figura 3.1: Reconector automático aislado sólido del Alimentador Caracol.....	21
Figura 3.2: Placa técnica de los datos del Reconector automático aislado sólido del Alimentador Caracol	22
Figura 3.3: Reconector de transferencia del Alimentador Caracol	23
Figura 3.4: Tablero de control de Reconector de transferencia.....	24
Figura 3.5: Placa técnica de los datos del Reconector de transferencia.....	24
Figura 3.6: Tablero principal del transformador de 69 kVA.....	25
Figura 3.7: Medidor PowerLogic ION7650	26
Figura 3.8: Medidor Sel-487 B para voltajes, corriente y fallas de 96KVA.....	27
Figura 3.9: Parte interna del tablero de control del Reconector	28
Figura 3.10: Conectores del tablero de control del Reconector.....	29
Figura 3.11: Placa técnica de los datos del tablero de control del Reconector	30
Figura 3.12: Menú principal del control digital ETR300-R.....	30
Figura 3.13: Datos de la demanda de corriente del control digital ETR300-R	32

Figura 3.14: Datos de R.M.S de corriente del control digital ETR300-R	33
Figura 3.15: Datos de fuente de voltaje del control digital ETR300-R.....	34
Figura 3.16: Gestión del recloser del control digital ETR300-R	35
Figura 3.17: Datos de frecuencia del control digital ETR300-R.....	36
Figura 3.18: Datos de potencia activa del control digital ETR300-R.....	36
Figura 3.20: Perfil de voltaje condiciones iniciales del Alimentador Caracol	45
Figura 3.21: Recorrido general del Alimentador Eléctrico	46
Figura 3.22: Recorrido Alimentador eléctrico Caracol con la ubicación del primer Banco de Reguladores	47
Figura 3.23: Perfil de voltaje condiciones iniciales del primer Alimentador Caracol	47
Figura 3.24: Perfil de Voltaje con la ubicación de los 2 Bancos de Reguladores del Alimentador Caracol	48
Figura 3.22: Recorrido Alimentador eléctrico Caracol con los 2 Bancos Reguladores	49
 Anexos:	
Figura A1: Mapa del recorrido que conforma el alimentador eléctrico de Caracol...	60
Figura A2: Datos generales de la subestación eléctrica	67
Figura A3: Exteriores de la entrada de la subestación eléctrica.....	67
Figura A4: Redes eléctricas de alta tensión de la subestación	68
Figura A5: Reconectador cruce de Caracol	68
Figura A6: Reconectador de Transferencia Caracol - Clementina	69
Figura A7: Seccionamiento UPC La Union.....	69
Figura A8: Último seccionamiento del Alimentador	70
Figura A9: Capacitores de las líneas	70
Figura A10: Seccionamiento Caracol	71
Figura A11: Seccionamiento Rosita.....	71
Figura A12: Transformix de las líneas.....	72
Figura A13: Seccionamiento de San Luis	72

INDICE DE TABLAS

Capítulo 3:

Tabla 3.1: Valores de Fase, voltaje entre línea a línea, potencia activa y factor de potencia del Alimentador Caracol.	44
Tabla 3.2: Ubicación del banco regulador 1 del Alimentador Caracol.	46
Tabla 3.3: Ubicación del banco regulador 2 del Alimentador Caracol.	48

Capítulo 4:

Tabla 4.1: Tipos de modelos y marcas de bancos de capacitores eficientes.	51
Tabla 4.2: Tipos de modelos y marcas de filtros armónicos eficientes.	52
Tabla 4.3: Tipos de modelos y marcas de dispositivos FACTS eficientes.	53

Anexos:

Tabla A1: Reporte de demandas del alimentador del año 2023 por mes.	61
Tabla A2: Reporte de demandas del alimentador del año 2024 hasta el mes de abril 65	

Resumen

El presente trabajo de integración curricular se centra en analizar el factor de potencia de alimentador eléctrico Caracol en la subestación Nelson Mera utilizando la herramienta CYMDIST. El objetivo central se sustenta en evaluar el estado actual del factor de potencia de los caracoles alimentadores de la subestación Nelson Mera, mediante el uso de la herramienta CYMDIST, también en determinar los factores que afectan el factor de potencia dentro de una subestación y proponer medidas correctoras en función de los resultados obtenidos para mejorar eficazmente el factor de potencia. Con el fin de emplear la herramienta CYMDIST para analizar y optimizar el sistema de reactivos del alimentador Caracol de la Subestación Nelson Mera, para mejorar significativamente el factor de potencia, contribuyendo así a la eficiencia operativa y la estabilidad de la electricidad sistema. La metodología de datos históricos y mediciones actuales del factor de potencia en la subestación. Esto permite cuantificar de manera precisa el impacto del alimentador caracol y sus reactivos en la eficiencia del sistema eléctrico.

Palabras claves: Reactivos, CYMDIST, factor de potencia, distribución eléctrica, análisis de red, alimentador eléctrico.

ABSTRACT

This curricular integration work focuses on analyzing the power factor of the Caracol electric feeder at the Nelson Mera substation using the CYMDIST tool. The central objective is based on evaluating the current state of the power factor of the feeder snails of the Nelson Mera substation, through the use of the CYMDIST tool, also in determining the factors that affect the power factor within a substation and proposing corrective measures based on the results obtained to effectively improve the power factor. In order to use the CYMDIST tool to analyze and optimize the reactive system of the Caracol feeder of the Nelson Mera Substation, to significantly improve the power factor, thus contributing to the operational efficiency and stability of the electricity system. The methodology of historical data and current measurements of the power factor at the substation. This allows to accurately quantify the impact of the snail feeder and its reagents on the efficiency of the electrical system.

Keywords: Reagents, CYMDIST, power factor, electrical distribution, network analysis, electrical feeder.

Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación

1.1 Introducción

La optimización del factor de potencia de las subestaciones juega un papel vital para garantizar la eficiencia de la transmisión y distribución de energía eléctrica. El factor de potencia no sólo afecta la calidad del suministro de energía, sino que también afecta directamente la estabilidad y eficiencia operativa de los dispositivos de energía. Dentro del sistema de distribución se encuentran cargas del tipo Agrícolas como son las diferentes Bananeras, y cargas de las parroquias rurales, Caracol y La Unión; que necesitan de un nivel de voltaje óptimo en el sistema eléctrico.

La expansión de los circuitos de distribución es dinámica y es normal, que cada vez hace que exista un crecimiento de la demanda a lo largo del alimentador, la red se va expandiendo y se van conectando cargas en lugares en los que antes no había, por lo que estos consumidores están alejados de la zona de voltaje ideal, teniendo voltajes cada vez más bajos.

El factor de potencia es otros de los parámetros que más afecta a la eficiencia operativa de un sistema eléctrico, ya que incide directamente en la calidad de la energía suministrada y en la capacidad de transporte de dicha red. En el caso previsto del alcance de este estudio, debido a la existencia de un bajo valor del factor de potencia, se debe mejorar en el alimentador Caracol de la Subestación Nelson Mera, localizado en el Cantón Babahoyo, porque representa un riesgo a la seguridad del sistema de potencia. El equiparar los reactivos del sistema de distribución se considera una carga adicional, que, sin el tratamiento adecuado, aumenta las pérdidas totales de energía en la red y la potencia efectiva de los transformadores y líneas.

Por lo antes expuesto es necesario realizar el estudio de mejoramiento de los niveles de voltaje poniendo en operación un banco de Reguladores en las redes de media tensión del alimentador Caracol; con la finalidad de mantener los niveles de voltaje dentro de los rangos admisibles.

1.2 Antecedentes

La correcta administración de las subestaciones de electricidad se encuentra entre las más importantes en la gestión de los factores de potencia, debido a la manera en la que influye en la capacidad y las pérdidas de energía. Investigaciones pasadas resaltan que la buena administración de los reactivos es fundamental para conseguir la máxima potencia y sostener el sistema eléctrico (Maquilón et al., 2022).

Investigaciones han demostrado que la variable del factor de potencia correcta no sólo incrementa los rendimientos y asegura la calidad de la energía, sino que además apoya el medioambiente al disminuir la cantidad de energía reactiva que se genera y se transporta. Herramientas como CYMDIST posibilitan entender y representar sistemas complicados, y delimitan en qué lugar es más factible la instalación de instrumentos para mejorar la potencia de manera más provechosa (Armas & Casa, 2020).

En las subestaciones de industria y comercio, tener constantemente en cuenta el parámetro de potencia y ejecutar estrategias para rectificar los reactivos no es solo una medida de protección para las distribuidoras de energía, sino que además incrementa la fiabilidad del suministro para los usuarios (Abadía, 2024).

1.3 Definición del Problema

El alimentador eléctrico Caracol de la Subestación Nelson Mera plantea desafíos importantes en términos de factor de potencia, lo que puede impactar negativamente la eficiencia operativa y la calidad de los servicios eléctricos en el Cantón Babahoyo. Es crucial identificar la causa raíz del problema y encontrar soluciones efectivas para optimizar las operaciones de la subestación.

1.4 Justificación del Problema

Mejorar el factor de potencia del Alimentador Caracol ayudará en la eficiencia energética y reducción de las pérdidas, sino que también incrementará la estabilidad del sistema eléctrico local. Este estudio brinda la oportunidad de abordar temas

relacionados con la infraestructura eléctrica regional, buscando aplicar soluciones prácticas y sustentables.

1.5 Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1 Objetivo general

Analizar el factor de potencia de alimentador eléctrico Caracol en la subestación Nelson Mera utilizando la herramienta CYMDIST.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Realizar el mejoramiento del factor de potencia por medio de la ubicación de banco de capacitores en paralelo a la carga en el Alimentador Caracol perteneciente a la S/E Nelson Mera de CNEL EP Unidad de Negocio Los Ríos, para mejorar la calidad del servicio eléctrico.
2. Ejecutar el módulo de ubicación de reguladores mediante el uso del software CYMDIST, para obtener el punto óptimo donde debe instalarse los equipos para mejorar el voltaje.
3. Determinar los factores que afectan el factor de potencia dentro del Alimentador.
4. Proponer medidas correctoras en función de los resultados obtenidos para mejorar eficazmente el factor de potencia.

1.6 Hipótesis

Emplear la herramienta CYMDIST para analizar y optimizar el sistema de reactivos del alimentador Caracol de la Subestación Nelson Mera, para mejorar significativamente el factor de potencia, contribuyendo así a la eficiencia operativa y la estabilidad de la electricidad sistema.

1.7 Metodología de Investigación

La investigación emplea un enfoque mixto que combina análisis teóricos y prácticos para estudiar el alimentador caracol en la Subestación Eléctrica Nelson Mera, en Babahoyo, y su impacto en el factor de potencia (Polo, 2022).

Se utiliza datos históricos y mediciones actuales del factor de potencia de la subestación. Esto permite cuantificar con precisión el impacto del Alimentador Caracol y sus reactivos en la eficiencia del sistema eléctrico. Se realizará el análisis estadístico de los datos que permitirán evaluar los patrones importantes. La revisión de literatura y análisis cuantitativo que sirvan como guía para la simulación de diferentes configuraciones de los reactivos en CYMDIST (Otorongo, 2024).

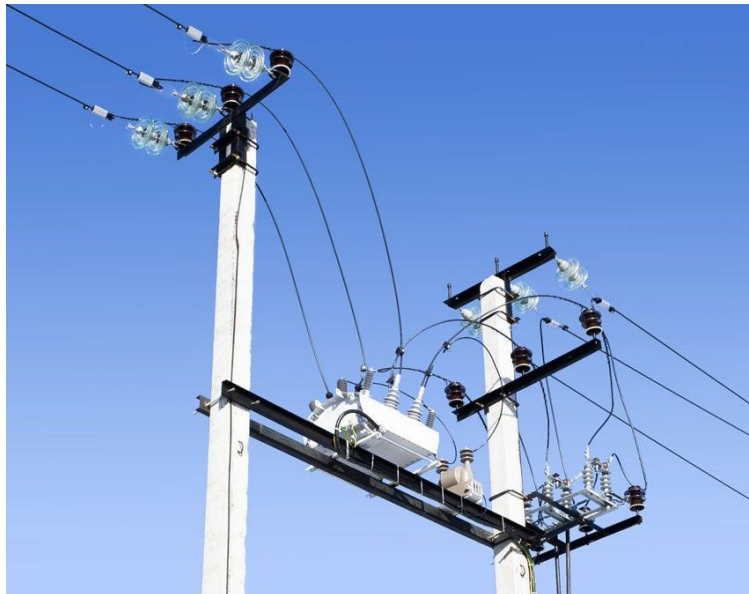
Se revisará la literatura técnica y normativa relevante, en la cual se incluirá libros, artículos académicos, informes técnicos y documentos relevante relacionados con los sistemas eléctricos de potencia y reactivos (Marroquín González, 2022).

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1 Reconectador de transferencia

Un componente fundamental de la infraestructura de distribución de energía eléctrica es el reconectador de transferencia como se observa en la figura 2.1. Este dispositivo avanzado se desarrolló para hacer que el suministro de electricidad sea más robusto y minimizar la cantidad total de tiempo que se dedica a reparaciones y tiempos de inactivación cuando el suministro se interrumpe. En otras palabras, el principal propósito de un reconectador es interrumpir cortocircuitos, lo que a su vez asegura el suministro continuo de electricidad sin extender los cortes más allá de lo necesario. Cuando una parte de la red falla, el reconectador, que es un contacto de energía a la red, abrirá sus contactos y acusará la recepción en menos de un segundo. Este tipo de desconexión produce un arco eléctrico que el reconectador está diseñado para extinguir en aproximadamente 30 milisegundos para preservar la red y garantizar una seguridad óptima (Moreno, 2024).

Figura 2.1: Reconectador de transferencia de clase OSM.



Nota: Controlador RC-10 integrado en el reconectador. Fuente: (Noja, 2020)

Después de apagar la línea, el reconectador intentará hacer funcionar nuevamente sus contactos. Este proceso está controlado por un aumento controlado de

corriente mediante un interruptor de giro situado en el inversor. Exactamente en el solenoide de cierre, el mismo sistema que atrae nuestro vacuómetro limpia la placa que cierra los contactos para no manipular la cantidad de voltaje necesario para hacerlo. El reconectador como se observa en la figura 2.2 repite esta operación tres veces mientras un sensor en el relé de protección ya no detecta una condición de falla o el reconectador determina que la desconexión es necesaria. Por lo tanto, los reconectores se utilizan para minimizar el corte del servicio y asistir la vida útil de todo el sistema distribuyendo el poder de tal manera que se minimice la energía deseada (Villamizar, 2022).

Figura 2.2: Reconectador de relé de tipo automático.



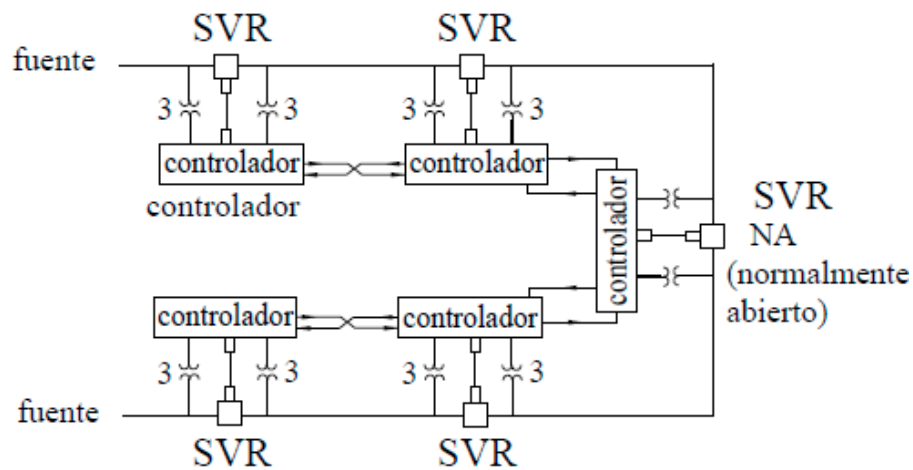
Nota: Modelo REC35 de 30000 operaciones de c-o. Fuente: (Edaltec, 2021)

2.1.1 Aspecto importante de un reconectador de transferencia

Un aspecto crítico del funcionamiento de un reconectador de transferencia es la función de protección integral. La protección en contra de condiciones de sobre corriente es necesaria para asegurar que la infraestructura no sufra daños debido a las condiciones anormales de funcionamiento. La función de detección identifica condiciones de sobre corriente y corta la corriente de forma inmediata. Esto evita la diseminación de la falla a otros segmentos de la red y garantiza la seguridad y el funcionamiento adecuado del sistema. Un diferenciador clave para los reconectores es su capacidad de reconexión. Después de la reconexión inicial, el equipo intenta

devolver la energía a la línea sin la necesidad de intervención humana. Este proceso es crítico para asegurar el restablecimiento rápido del suministro. Finalmente, los reconectores están equipados con un panel de control sofisticado que facilita la reconexión múltiple como se observa en la figura 2.3 (Delgado, 2022).

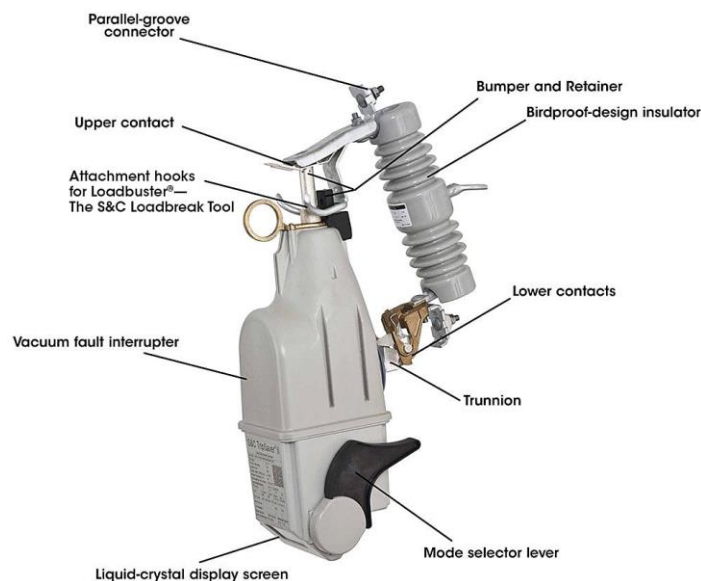
Figura 2.3: Diagrama de conexión y funcionamiento de un reconector.



Nota: Reconector de tipo vacío con aislamiento sólido. Fuente: (Sojo, 2022)

El sistema se beneficia de esta funcionalidad durante las fallas intermitentes, que no implican un tiempo inactivo prolongado, tales sea el caso con el uso de reconectores de tipo montado como se observa en la figura 2.4. Aunque los reconectores son completamente autónomos, se pueden incorporar en sistemas automatizados a nivel de línea o centralizados. Esta posibilidad ofrece a las empresas de servicios público sobre una solución automatizada y escalable. La eficiencia a través de la consolidación es especialmente importante para redes grandes y dispersas. Los reconectores son fundamentales para los esquemas de automatización de restauración. Con la capacidad de monitorear y responder a las fallas rápidamente, estos equipos para mejorar el desempeño de la red. Los reconectores también son importantes para las redes inteligentes donde la automatización avanced imprescindible. La automatización permite que las redes reaccionen rápidamente los cambios o a excepciones lo que facilita la gestión del suministro eléctrico (Pérez, 2022).

Figura 2.4: Partes de un reconectador de tipo montado.



Nota: Reconectador en modo de corta circuito. Fuente: (Sandc, 2024)

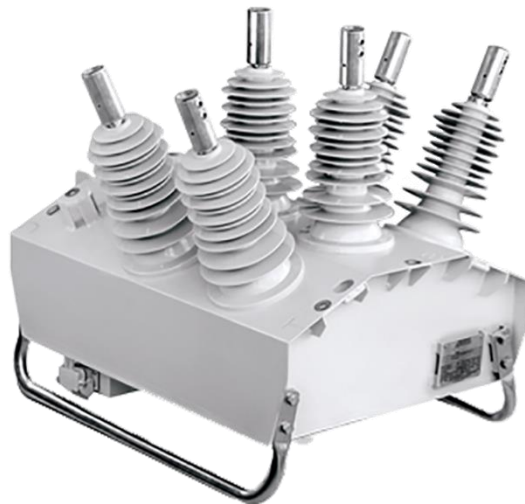
2.1.2 Diferencia de las tecnologías de reconectores de transferencia

Los reconectores de transferencia representan un avance significativo en comparación con los reconectores tradicionales, ya el primero es un dispositivo más capaz para administrar exitosamente las condiciones de falla y su longevidad operativa es mayor como se observa en la figura 2.5. Mientras que los reconectores tradicionales están diseñados principalmente para restaurar el suministro de energía después de una falla, los reconectores de transferencia son sistemas equipados que pueden soportar una mayor frecuencia de operaciones de carga completa. Pueden realizar hasta 10000 ciclos completos antes de que necesiten un mantenimiento serio, lo que representa un incremento significativo en su vida operativa. Por lo tanto, además de servir a las necesidades de manera más eficiente a largo plazo, la longevidad extendida también significa que no hay necesidad de mantenimiento frecuente, lo que a su vez reduce los costos asociados con la operación (Luna & Solarte, 2023).

Uno de los elementos clave del diseño de los reconectores de transferencia es su capacidad para ser automatizado en un nivel avanzado. Esto no solo permite una automatización local, que puede ser monitoreada por el sistema operativo en todo momento, sino que también significa que pueden ser controlados a distancia en caso

necesario. En general, esta combinación de automatización avanzada y control remoto manual otorga a las empresas de servicios públicos una mayor sensibilidad que puede ser beneficiosa en caso de falla. Además de su durabilidad a largo plazo y capacidad para ser automatizados, los re conectadores de transferencia también poseen la capacidad de intentar una reconexión varias veces. Esto asegura la diferencia efectiva entre fallas temporales y definitivas. Al hacerlo, se evitan interrupciones desagradables en el suministro que podrían dañar el equipo y mantener un flujo de energía establecido (Cajamarca, 2021).

Figura 2.5: Re conectador de transferencia trifásica OSM.



Nota: Modelo OSM38 de voltaje máximo nominal de 38kV. Fuente: (Amper, 2023)

2.1.3 Parámetros de diseño críticos para los re conectadores de transferencia

Un aspecto crítico en el diseño de los re conectadores de transferencia es la inclusión de un relé de protección multifuncional, responsable no solo del control y la protección, sino también por las mediciones críticas asociadas con un sistema eléctrico. A través de este equipo, el re conectador es capaz de detectar y extinguir un evento de falla de manera automática, condición que contribuye a la estabilidad y confiabilidad del DSS. De la misma manera, la capacidad de los relés de medir parámetros como la corriente, el voltaje y la frecuencia es fundamental para identificar

correctamente una condición de falla y responder oportunamente, minimizando la interrupción del suministro. Junto con la protección y la capacidad de detectar y responder ante fallas, el relé de protección presente en los reconectores de transferencia debe cumplir con ciertos requisitos técnicos que se detallan en la correspondiente documentación técnica. Estos requisitos están diseñados para asegurar la operación efectiva del dispositivo bajo las distintas condiciones encontradas en la industria. Esto incluye el tiempo de restauración del sistema, la cantidad de corriente que el equipo presente soportar sin daño, la resistencia operativa a las perturbaciones y el ciclo útil del mismo (Niño, 2021).

Figura 2.6: Reconector de transferencia trifásica OSM.



Nota: Modelo OSM38 de voltaje máximo nominal de 38kV. Fuente: (Amper, 2023)

Por lo tanto, mantener el cumplimiento de todos estos requisitos técnicos es crucial para garantizar que el Reconector o Recloser de transferencia proporcione una protección resistente y confiable en un sistema de distribución de energía. Las propias compañías deben probar adecuadamente sus productos para asegurarse de que cumplan con los estándares establecidos. Ese producto debe ser probado por su capacidad de interrumpir fallas, factores externos afectan pruebas como pruebas de ciclos de vida, pruebas de temperatura y humedad. Todos estos son ejemplos de pruebas que son igualmente esenciales porque garantizarán que el dispositivo funcione bien incluso bajo condiciones de funcionamiento difíciles. Por supuesto, pruebas extensas y objetivos técnicos no solo son responsables de la alta calidad y la fiabilidad, sino también por el desarrollo de nuevas tecnologías que se adapten mejor

a las necesidades de desarrollo de redes modernas. La red eléctrica actual necesita un dispositivo que no solo pueda responder a las interrupciones del sistema, pero también puede monitorear el sistema en tiempo real y controlarlo. Cumplir con esto, las pruebas de un Reconector de Transferencia serán una parte del rompecabezas para una red de sistemas eléctricos inteligentes, que ayuden a desarrollar un sistema de suministro de energía más seguro, sostenible y eficiente (González, 2021).

2.2 Herramienta de análisis eléctrico CYME

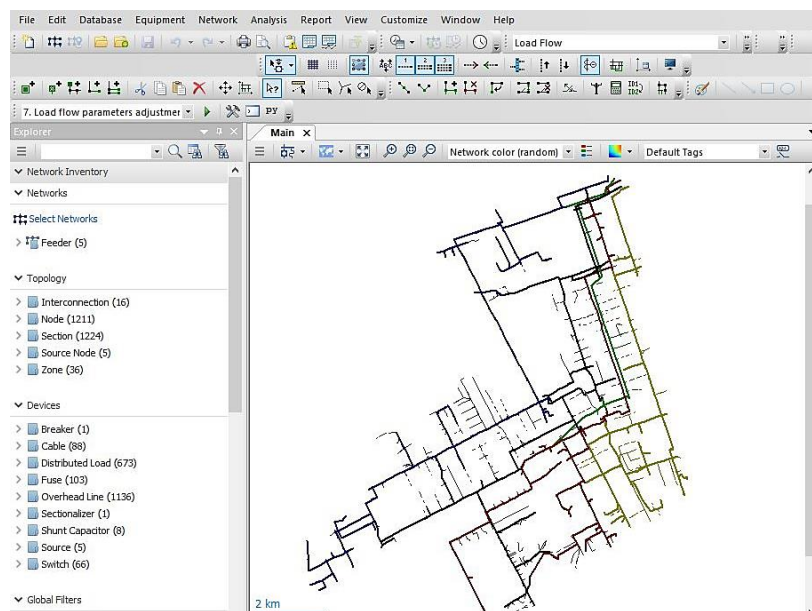
El software de ingeniería energética CYME, parte de la suite Brightlayer Utilities, ofrece un conjunto de herramientas al software de las cooperativas que permite a las mismas abordar todas las variables e incertidumbres relacionadas con la modernización de la red eléctrica. Integrando aspectos críticos como el recurso energético distribuido, la gestión de datos avanzada y, en general, la optimización de toda la infraestructura, el software de CYME ofrece una robusta plataforma versátil como base para la implementación de redes inteligentes y de servicio público más resistentes. CYMDIST for Public Power es un paquete que integra todas las aplicaciones especializadas necesarias para modelar y analizar sistemas de distribución eléctrica como se observa en la figura 2.7 para la modelación de una subestación eléctrica, también ofrece una mejora significativa de la planificación de la red de distribución, la razonabilidad de los recursos y la eficiencia operacional de funcionamiento (Nguyen & Byrne, 2021).

Además, CYMDIST incluye demostraciones autoguiadas que ilustran la funcionalidad de la plataforma, lo que permite a los usuarios explorarlo de manera in situ. Los módulos más destacados y su aplicación de software CYME son:

- **Análisis de impacto (DER):** Este módulo, crucial para cualquier ingeniero, ya que permite a los analistas llevar a cabo el estudio de impacto del sistema de interconexión de generación. La función de automatización de las verificaciones repetitivas del complemento simplificaría y aceleraría los estudios difíciles, permitiendo a los ingenieros de red completar el servicio en cuestión de minutos, en lugar de horas (Homer et al., 2020).

- Mapas online: Este módulo incluye acceso a las herramientas de mapeo en línea dentro de la plataforma de análisis que permitía a los usuarios ver un mapa de fondo del modelo de sistema de distribución georreferenciado. La habilidad de ubicar la subestación más cercana, un alimentador en particular, la intersección de la calle, o el lugar exacto donde una falla sucedió mejora drásticamente el tiempo de respuesta (Eaton, 2022).
- Evaluación de protecciones: Este módulo es crucial debido a que facilita una identificación más rápida para la selección y medición de los dispositivos de protección. Con la utilización de este módulo, CYME permitiría más acceso a fallas de cortocircuito del subproceso; que se reduciría en los fallos de los equipos para la mejora drástico de la fiabilidad de este (Yang et al., 2021).

Figura 2.7: Modelado de subestación eléctrica en CYME.



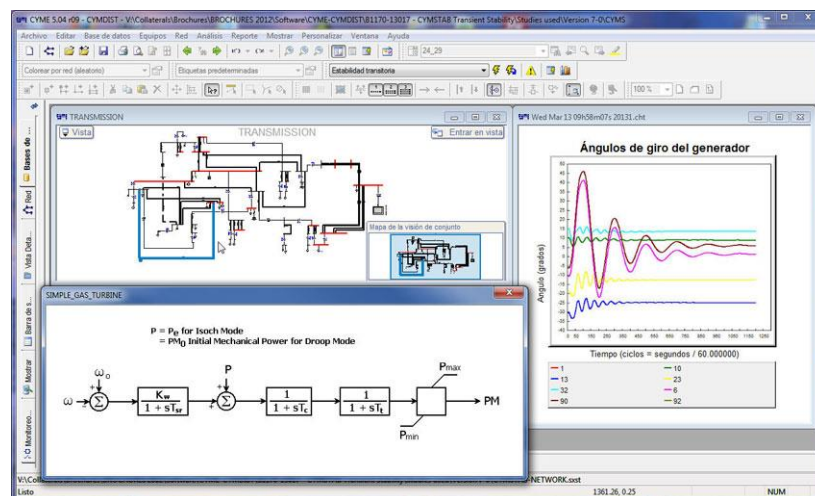
Nota: Diseño y simulación de la subestación. Fuente: (Simgrid, 2021)

2.2.1 Función del complemento ADPS (Advanced Distribution Planning System) de CYME

ADPS Cyme es una solución de software revolucionaria de Eaton que pretende transformar la planificación de los sistemas de distribución de energía. Al combinar las habilidades de la plataforma ADPS con el poderoso software de modelado de

sistemas eléctricos Cyme, esta herramienta se convierte en una solución definitiva de una capacidad que permite a las compañías de servicios públicos planificar, operar y expandir sus redes eléctricas de manera óptima, también permite a los ingenieros crear las representaciones más exactas de los sistemas eléctricos en la distribuidora. El modelado incluye cada uno de los componentes clave, incluidas las líneas de transmisión, los transformadores, la carga y la generación distribuida como se observa en la figura 2.8, esta precisión en el modelado le permite al usuario realizar análisis altamente detallados que reflejen las condiciones operacionales reales de la red de manera precisa (Keen et al., 2023).

Figura 2.8: Estudio electromagnético de la estabilidad transitoria.



Nota: Análisis del flujo de potencia de las redes trifásicas equilibradas mediante el complemento ADPS de Cyme. Fuente: (Simgrid, 2021)

La herramienta puede modelar y evaluar cómo afectarán los diferentes escenarios de crecimiento de la carga y de la penetración de fuentes nuevas de electricidad renovable. Este instrumento es clave ya que permite a los planificadores anticipar cómo responderá el sistema a las compras de la operación de carga o a la integración de nueva tecnología y planificar con anticipación la respuesta a los posibles problemas. Finalmente, una de las capacidades más críticas de ADPS Cyme es su capacidad para ayudar a informar las decisiones de inversión en infraestructura eléctrica. La herramienta puede malear varios escenarios y alternativas y sugerir a sus usuarios dónde y cuándo invertir para optimizar la fiabilidad y la eficiencia de los

activos del sistema, minimizando los gastos e identificando los lugares donde más son necesitados (Lare et al., 2021).

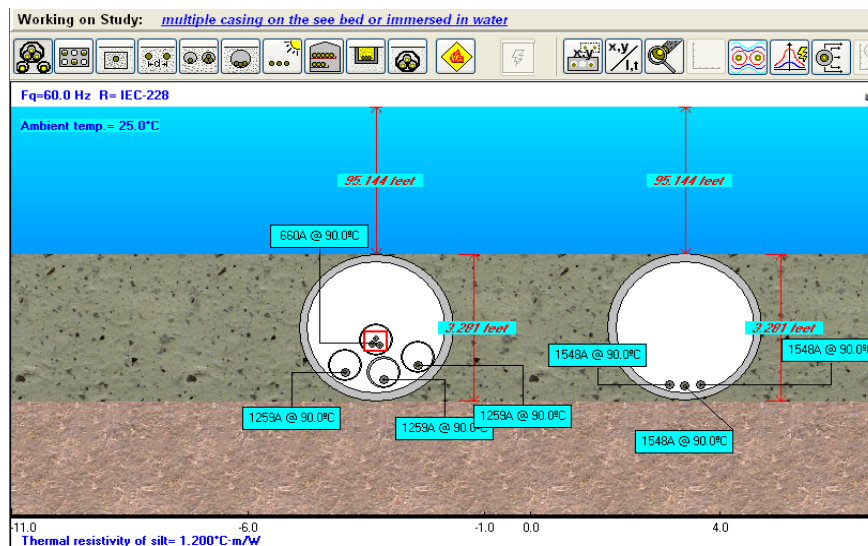
Una de las cualidades más sólidas de ADPS Cyme es su capacidad para incorporar información de distintas fuentes sobre el sistema de distribución de energía, como sistemas de gestión de activos, mediciones de consumo, entre otros sistemas de información. Esto permitirá a los usuarios tener una buena idea general del sistema de distribución de energía, que facilitará un análisis más preciso y la toma de decisiones informadas, utilizando datos actualizados y convenientemente organizados. El otro fundamento de la utilidad del software radica en la simulación de eventos que puedan amenazar el sistema de red, como fallas en el sistema, sobrecarga, y las condiciones climáticas. El presente complemento examinará y evaluará la robustez del sistema y ayudará a abordar los aspectos necesarios para reducir los peligros cediendo peligros en desmedro y diferentes riesgos. Alguno de los beneficios derivados de ADPS Cyme incluiría una planificación más efectiva y rápida y reducción de los gastos asociados con la convalecencia. (Abood & Wahhab, 2022).

2.2.2 Utilidad del complemento CYMCAP de CYME

CYMCAP es una herramienta especializada que permite realizar cálculos precisos de la corriente de capacidad y el aumento de la temperatura de todos los conductores en la columna. A diferencia de la simple herramienta de cálculo, CYMCAP presenta una simulación térmica avanzada que simula de manera confiable el calentamiento real de los cables para todas las condiciones de funcionamiento posibles como se observa en la figura 2.9. Al considerar el tipo de conductor, la temperatura ambiente y la profundidad de tendido, la carga térmica, CYMCAP proporciona cálculos extremadamente precisos y confiables que garantizan la seguridad y la eficiencia del proyecto eléctrico. Además, CYMCAP tiene la importante ventaja de realizar cálculos detallados de la ampacidad, la caída de la tensión, el cortocircuito y los armónicos. Con la ayuda de estos cálculos, se puede determinar la corriente máxima que un cable puede llevar sin recalentarse, las pérdidas de energía en el circuito del cliente, los efectos de los posibles cortocircuitos y la influencia de los transformadores no lineales en el calentamiento (Asorza et al., 2024).

Además, CYMCAP tiene la opción de análisis térmico transitorio que permite calcular cómo se comportarán los conductores si cambian las condiciones de carga durante el tiempo: este es un parámetro importante para el arranque de los motores. Así, CYMCAP se utiliza activamente en toda la red durante el desarrollo de un proyecto eléctrico. Desde diseñar nuevas subtramas de DC hasta modernizar las existentes, CYMCAP ayuda a optimizar los diseños, elegir los cables correctos y asegurar la conformidad con las normas internacionales. Además, CYMCAP es la herramienta más adecuada para realizar estudio de cortocircuitos, análisis armónicos, estudio de estabilidad, lo que ayuda a mejorar la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico (Guevara et al., 2023).

Figura 2.9: Análisis de resistividad térmica de los conductores.



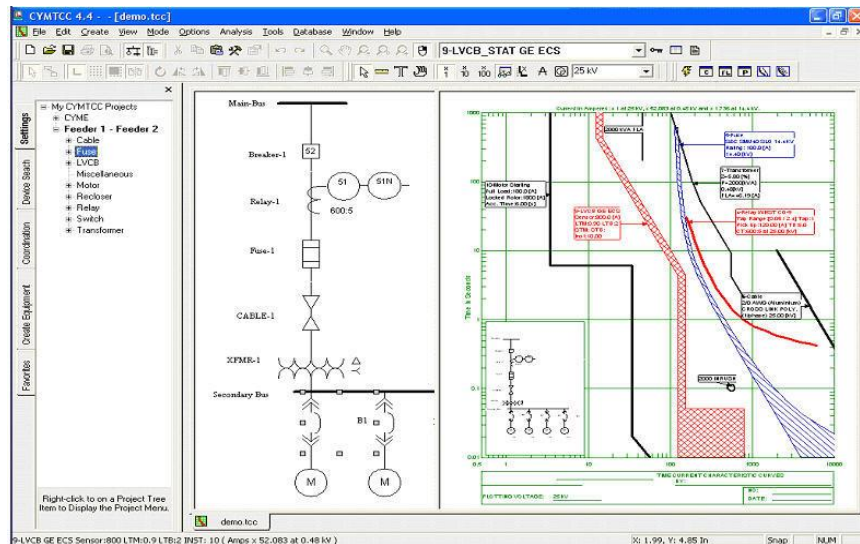
Nota: Análisis de parámetros y variables de entorno que afectan al conductor debajo del agua en términos de resistividad. Fuente: (Brain, 2020)

2.2.3 Función del complemento CYMTCC de CYME

CYMTCC es un software de coordinación de múltiples dispositivos de protección contra sobre corriente en sistemas eléctricos. En otras palabras, garantiza que los fusibles, los relés y otras partes de protección trabajen conjuntamente como se observa en la figura 2.10. Este software evita daños en la red y apoya una operación segura y más segura. Una de las mayores ventajas de este software es la cantidad de referencias en la base de datos; hay detallada información sobre más de 15,000

fabricantes de dispositivos de protección en su base de datos, y son suficientes para nada más. De esta forma, puedes hacer comparaciones si necesitas (Rivera, 2023).

Figura 2.10: Coordinación de los dispositivos de protección eléctrica.



Nota: Análisis de las protecciones frente a las sobre corrientes de los sistemas de distribución eléctrica. Fuente: (CYMTCC, 2023)

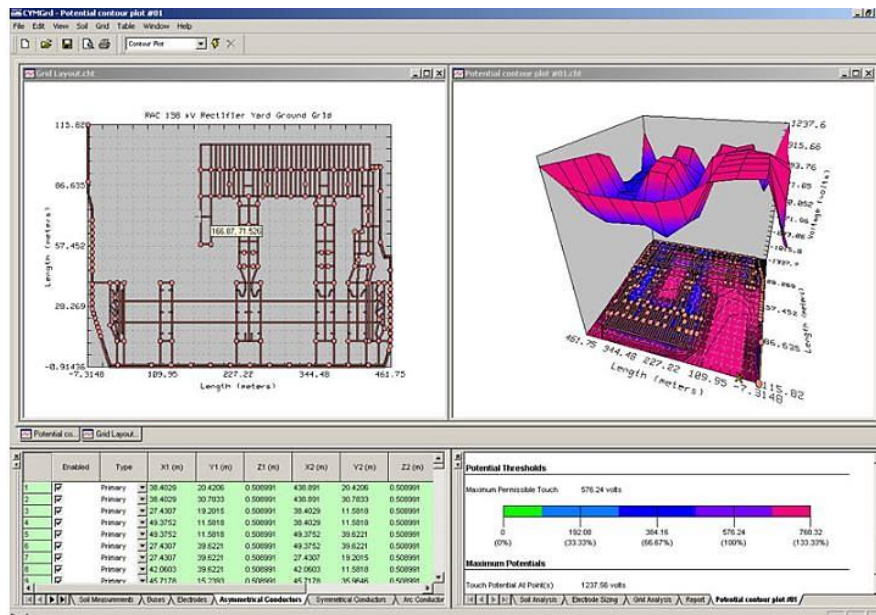
La interfaz de CYMTCC es fácil de usar para afrontarlo mejor en tus gráficos de la red. Puede exportar e importar datos necesarios para realizar análisis y registros de datos más rápidos. Una característica interesante de CYMTCC que puedo citar es la habilidad de simular fallas de surtos de corriente. Tal información sería útil para identificar los puntos frágiles de tu diseño y hacer correcciones. CYMTCC produce registros que documentan los resultados de los análisis de coordinación, permite documentar los resultados y conclusiones de un proyecto, los registros se abren en la justificación de los datos del diseño (Guillén, 2022).

2.2.4 Utilidad del complemento CYMGRD de CYME

El CYMGRD es un software de vanguardia diseñado para el análisis y el diseño de sistemas de puesta a tierra en subestaciones eléctricas como se observa en la figura 2.11. Esta aplicación satisface los requisitos rigurosos y personalizados de los ingenieros y diseñadores de los sistemas de energía debido a sus procesos complejos y el alto nivel de extremidad. Esta herramienta permite optimizar la creación de nuevas

mallas para puesta a tierra y mejorar las existencias a fin de garantizar la seguridad operativa en las complejas instalaciones eléctricas. CYMGRD sobresale en su función de exclusividad, que se debe a su capacidad para asegurar que los sistemas de puesta a tierra operen a un nivel máximo de seguridad y eficiencia. La seguridad es uno de los aspectos más importantes del diseño de un sistema eléctrico, y CYMGRD proporciona la oportunidad de analizar y mitigar los riesgos potenciales por adelantado. Además, sus opciones de maximización permiten al ingeniero analizar varias opciones de diseño en las etapas iniciales y optimizar la decisión más eficientemente en términos de coste de diseño y uso. Su interfaz es amigable para el usuario y puede modelar una malla de varias formas y tamaños para garantizar que los proyectos sean menos complicados y eficientes. El software ha sido adaptado para cumplir con las normas internacionales, como las normas IEEE, garantizando así que su diseño sea confiable y cumpla con los requisitos regulatorios (Yamina et al., 2022).

Figura 2.11: Simulación de puesta a tierra de subestación en CYMGRD.



Nota: Análisis de las protecciones frente a las sobre corrientes de los sistemas de distribución eléctrica. Fuente: (Simgrid, 2022)

Las capacidades de CYMGRD para abordar los desafíos de diseño específicos de los sistemas de tierra abarcan un análisis detallado de parámetros críticos como la

resistencia de tierra, gradientes de potencial, tensiones de paso, entre otros factores que juegan un papel importante en la seguridad de la malla de tierra y su desempeño. Así, el programa también permite el diseño de nuevas mallas de tierra, incluidos los aspectos de la resistividad del suelo, la geometría de la subestación y las cargas eléctrica anticipadas. También puede ser utilizado para permitir el refuerzo en las mallas existentes al identificar las áreas en contra retorno de una solución y proponer un refuerzo efectivo para mejorar su desempeño. Una capacidad adicional de este software en particular implica la evaluación de puntos peligrosos a lo largo de los materiales conductores. El fomento de CYMGRD respalda aún más al recomendar y presentar las medidas de mitigación adecuadas. La capacidad para generar reportes personalizados luego del análisis y la presentación de estos resultados en formatos detallados con el apoyo de gráficos y tablas son proporcionados por el software para los materiales en estudio (Velmurugan & Chattopadhyay, 2020).

Por ejemplo, CYMGRD utiliza modelos matemáticos avanzados para simular el comportamiento de las redes de tierra y tiene en cuenta todos los factores clave para diseñar una malla de tierra efectiva. El factor de conductividad del suelo, que influye en la capacidad de la malla de tierra para dispersar la corriente. CYMGRD permite al usuario definir capas de suelo con varias resistividades para mejores simulaciones, también tiene en cuenta la geometría de la malla. Es decir, el software permite al usuario diseño mallas de puesta a tierra en diferentes formas y tamaños, incluyen la forma rectangular, circular e irregular. CYMGRD también modela la presencia de estructuras metálicas cercanas que pueden influir en el rendimiento de la malla de tierra, esto incluye edificios, tanques y tuberías. Finalmente, el software simula las cargas eléctricas que afectan la malla de tierra, esto implica en el impacto de las fallas a tierra y las descargas atmosféricas en el sistema de puesta a tierra. CYMGRD es una herramienta que se espera ser una contribución significativa para una amplia gama de profesionales y organizaciones en el sector eléctrico. Los módulos CYMGRD beneficiarán la capacidad de Ingenieros eléctricos con experiencia en diseño de sistemas de potencia, especialistas en protección y mallas de puesta a tierra. (Hardi et al., 2023).

Capítulo 3: Aportes de la investigación

El siguiente capítulo, se centra en el estudio de reactivos en el Alimentador Caracol de la Subestación (S/E) Nelson Mera del Cantón Babahoyo, utilizando la herramienta CYMDIST, se recopila y analiza información relevante.

En el mapa eléctrico del alimentador Caracol como se observa en la figura A1 de los anexos, contiene información completa sobre la distribución y características de los componentes del sistema eléctrico. Se muestra los distintos transformadores y sus capacidades, los cuales están distribuidos en diversas áreas. Las capacidades de los transformadores varían considerablemente, sus valores corresponden a: 5kVA, 10kVA, 15kVA, 25kVA, 50kVA, 75kVA, 100kVA, 125kVA, 150kVA, 175kVA, 200kVA, 300kVA, 350kVA y 500kVA.

El mapa de la figura A1 de los anexos también lleva consigo una amplia lista de localidades y sectores atendidos por el alimentador Caracol. Algunas de las principales localidades y sectores son: Saona, Ramos, Triana, La Paz, Cancha, Angela, Amparo, La Uva, Encanto, Guarito, La Elba, Beldaco, El Edén, Cañitas, Churute, Corosal, La Lola, Valdivia, Patricia, La Julia, La Delia, etc. Al mismo tiempo, el mapa contiene información sobre tramos aéreos de media tensión y fases de conexión, designados por ABC, AC, B, BC, y C. De manera similar, indican la reubicación de la línea de 69kV y la subestación S/E, junto con varias infraestructuras de soporte para su distribución en el alimentador Caracol. Estos datos cruciales para la planificación y gestión de su sistema eléctrico, incluyendo una distribución eficiente y segura a las diferentes localidades y sectores mencionados previamente.

3.1 Análisis y configuración de los dispositivos del Alimentador Caracol de la Subestación (S/E) Nelson Mera del Cantón Babahoyo

En la figura 3.1 se observa el Reconectador Principal Automático Aislado Sólido, perteneciente al Alimentador Caracol de la Subestación Nelson Mera, situada en el Cantón Babahoyo. Este reconectador es un componente esencial del sistema eléctrico, ya que se encarga de suministrar energía eléctrica a varias áreas importantes,

incluyendo la parroquia Caracol, la parroquia La Unión Clementina y la vía de la parroquia San Juan, su función es mantener la continuidad del suministro eléctrico y garantizar la estabilidad y seguridad de la red de las zonas mencionadas.

Figura 3.1: Reconector automático aislado sólido del Alimentador Caracol



Nota: Estructura y elementos que conforman el reconector automático sólido utilizado en el Alimentador Caracol. Elaborado por: El Autor

La figura 3.2 se detalla las características técnicas del reconector. Las especificaciones técnicas de este dispositivo son las siguientes:

- Voltaje nominal: 27 kV
- Corriente nominal: 530 A
- Capacidad de ruptura nominal: 12.5 kA (ARMS, Symm)
- Voltaje nominal soportado por potencia y frecuencia: 60 kV/1 min
- Tensión nominal soportada por impulso: 150 kV (BIL)
- Frecuencia nominal: 60 Hz
- Medio de interrupción: Vacío
- Mecanismo de funcionamiento: Actuador magnético

Figura 3.2: Placa técnica de los datos del Reconectador automático aislado sólido del Alimentador Caracol



Nota: Ficha técnica de datos de funcionamiento técnicos, certificaciones de seguridad y peso respectivo. Elaborado por: El Autor

Las especificaciones del Transformador de Corriente del Alimentador (BCT) son las siguientes:

- Proporción de corriente: 500:1 A
- Carga nominal: 1.5 VA
- Tensión nominal en corriente alterna (AC): 240 V
- Tensión nominal en corriente continua (DC): 24 V
- Aplicación: Cumple con el estándar IEEE C37.60(2003)

En la figura 3.3 se observa el reconectador de transferencia a fin de línea. En el momento en que se detecta una falla en los reconectores de mitad de línea, estos cortan la energía. Los alimentadores de transferencia a fin de línea entonces cambian de un alimentador a otro con el fin de continuar suministrando energía, permitiendo la intervención para reparar o solucionar el daño en dichas líneas. Este proceso evita que el corte de energía se produzca desde el alimentador principal de la subestación eléctrica.

Figura 3.3: Reconector de transferencia del Alimentador Caracol



Nota: Elementos que se compone el reconector de transferencia, el cual se conecta con el Alimentador Caracol. Elaborado por: El Autor

En la figura 3.4 se muestra el panel de configuración FTU-R200i del reconector de fin de línea, que dispone de múltiples conexiones para comunicación y control, incluyendo RS-232C, Ethernet (actualmente en uso), SCADA (RS-232C) y RS485. Este dispositivo está equipado con baterías que le permiten seguir operando en caso de un corte de energía, garantizando así su funcionamiento continuo. Además, cuenta con indicadores visuales para monitorear el estado de la CPU, fallos de batería, errores y energía externa. Otros indicadores visuales muestran si la fuente y la carga están activas, si hay fallas en las líneas A, B, C, N y SEF, y el estado del reconector (listo, en progreso o bloqueado).

También dispone de indicadores para detectar bajos niveles de voltaje en las líneas A, B y C, así como problemas de sincronización. El panel de configuración FTU-R200i incluye interruptores que permiten habilitar el reconector de forma manual, activar la telemetría, habilitar o desactivar las protecciones del dispositivo y activar el sistema de protección de puesta a tierra.

Figura 3.4: Tablero de control de Reconector de transferencia



Nota: Funciones de control y gestión que dispone el reconector de transferencia modelo FTU-R200i. Elaborado por: El Autor

En la figura 3.5 se detallan los datos técnicos del reconector de transferencia, destacando lo siguiente:

- Tipo: JWREC
- Rango de voltaje: 120V en corriente alterna (AC) y 24V en corriente continua (DC)
- Año de elaboración: 2016
- Peso: 40 kg

Figura 3.5: Placa técnica de los datos del Reconector de transferencia

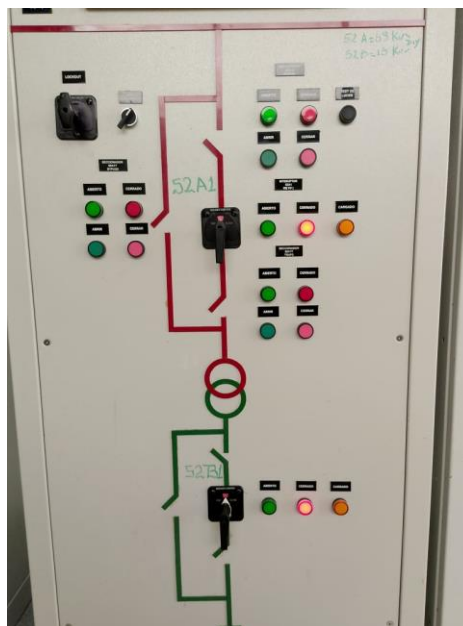


Nota: Datos técnicos generales del reconector, tales como fecha de creación y rango de voltaje de funcionamiento. Elaborado por: El Autor

En la figura 3.6 se observa el tablero de control, es un componente crítico para la operación y supervisión de La Subestación Nelson Mera del Cantón Babahoyo. Se caracteriza por una serie de perillas e indicadores de estado que facilitan una gestión eficiente del sistema eléctrico. Uno de los componentes notables del tablero es la perilla de apertura y cierre del disyuntor principal de 69 kV. El dispositivo es esencial para la autoprotección y control de la energía en la subestación. Además, se observa un transformador utilizado para adaptar los niveles de voltaje y asegurar una transmisión segura y eficiente de la electricidad. Hay una perilla de apertura y cierre del disyuntor de 13,800 V del Alimentador Caracol.

Además, el alimentador es importante para la infraestructura eléctrica de la subestación, ya que alimenta varias zonas del cantón, garantiza un flujo continuo y confiable. Así como, el tablero viene con indicadores de estado en colores clave que ofrecen datos en tiempo real sobre el estado operativo de estos elementos. Estos son fundamentales para la vigilancia y la activación inmediata en caso de que se produzca alguno de los fallos identificados.

Figura 3.6: Tablero principal del transformador de 69 kVA



Nota: Indicadores de funcionamiento y estado del tablero del transformador de la subestación. Elaborado por: El Autor

En la Figura 3.7 se observa el Medidor PowerLogic ION7650 de Schneider Electric, es un dispositivo que tiene un conjunto amplio de funcionalidades avanzadas para la medida y supervisión eléctrica. Puede medir el componente simétrico, detectar oscilaciones de forma rápida, capturar las formas de onda a una resolución de 1,024 muestras por ciclo, y también supervisar la conformidad exhaustiva de los estándares de calidad de la energía, para garantizar la operatividad y el funcionamiento fiable del sistema eléctrico. Además, puede comunicarse con una variedad de protocolos, como Modbus RTU esclavo/maestro, Modbus TCP, DNP 3.0, y MV-90, que permite la identificación en varios sistemas de medición y control eléctrico. El transformador de instrumentación y la corrección de la pérdida del transformador/línea de compensación son capacidades avanzadas sobre el medidor que garantizan la precisión y la fiabilidad de los datos. Dados a continuación se puede mencionar las funciones de medida. Pueden ayudar en el monitoreo efectivo del sistema eléctrico.

Figura 3.7: Medidor PowerLogic ION7650



Nota: Dispositivo usado para el análisis de corrientes de las 3 líneas en funcionamiento. Elaborado por: El Autor

Los valores específicos de la corriente para cada línea que se hacen visibles en la pantalla del dispositivo muestran la precisión del medidor. En general se observa, la

corriente en la línea A es 91.563 A, en la línea B es 62.204 A y en la línea C es 93.686 A, los datos presentados demuestran la capacidad del PowerLogic ION7650 de emitir la información precisa.

En la Figura 3.8, se puede observar el medidor SEL-487B de Schweitzer Engineering Laboratories, un dispositivo de alta precisión diseñado específicamente para su uso como relé de diferencial de barras y de falla de interruptor. Este complejo relé protege contra la diferencia de baja impedancia en las barras estrictamente con interruptores y topologías, un equipo extremadamente vital en la gestión de sistemas de suministro de energía eléctrica complicados. Bajo el campo de protección de hasta 21 terminales de barra trifásicas, sección más de tres relés, este dispositivo permite seis zonas de diferencial en barra trifásico y tres zonas de verificación independientes.

Figura 3.8: Medidor Sel-487 B para voltajes, corriente y fallas de 96KVA



Nota: Dispositivo de presión eléctrica para el monitoreo de los voltajes presentes entre las líneas, etc. Elaborado por: El Autor

Además de la protección diferencial anterior, el SEL-487B incluye lógica y detección de fallas de interruptor con una capacidad de re-disparo por terminal garantizada. Un sistema confiable es una parte integral de la operación correcta del sistema, restaurando la condición original si algo falla en la unidad central. La interfaz de usuario, como se muestra en el medidor, proporciona los valores de voltaje entre

líneas, $V_{AB} = 69.142$ V, $V_{BC} = 69.879$ V, y $V_{CA} = 69.033$ V, y la frecuencia operativa de 59.969 Hz.

La Figura 3.9 muestra el sistema de batería utilizado como una fuente de respaldo de energía en caso de falla del suministro, y también muestra los sistemas de protección del equipo. Utiliza un dispositivo digital basado en microprocesadores que se diseñan específicamente para reconectores y unidades terminales remotas. El sistema se utiliza para realizar el seguimiento y el control, ya sea local o remotamente para asegurarse de que el suministro de electricidad siga siendo seguro y confiable en un estado crítico.

Figura 3.9: Parte interna del tablero de control del Reconector



Nota: Elementos que se compone el tablero de control del Reconector para su respectivo funcionamiento. Elaborado por: El Autor

La Figura 3.10 muestra la información del protocolo de comunicación utilizada, que incluye DNP 3.0, MODBUS, IEC60870-5-101/104, IEC61850, que son todos protocolos SCADA. Sirven para permitir una comunicación segura y confiable al monitorear y controlar y las curvas T-C (Tiempo-Corriente) que cumplen con las normas IEEE C37.112, IEC255-3, McGraw Edison, etc. según sea necesario. También

es compatible con la lógica programable por el usuario que permiten al usuario personalizar más las funciones, las curvas y las características del equipo.

Figura 3.10: Conectores del tablero de control del Reconectador



Nota: Elementos que se compone el tablero de control del Reconectador para su respectivo funcionamiento. Elaborado por: El Autor

Las funciones de protección enumeradas en la Figura 3.10 son esenciales para la seguridad y estabilidad del sistema eléctrico. Estas funciones incluyen:

- 51P (Protección contra sobre corriente de fase)
- 51G (Protección contra sobre corriente de tierra)
- 50P (Protección contra sobre corriente instantánea de fase)
- 50G (Protección contra sobre corriente instantánea de tierra)
- 46 (Protección contra desequilibrio de corriente)
- 81 (Protección de frecuencia)
- 27 (Protección de subtensión)
- 59 (Protección de sobretensión)
- 67 (Protección direccional de sobre corriente)
- 79 (Protección de reconexión automática)
- CLPU (Protección contra sobrecarga térmica)

La Figura 3.11 muestra la información general de datos técnicos, tales como el tipo de ETR300-R, el año creado 2019, fuente de alimentación de 240 V_{CA} , peso de 75 kg, con una frecuencia de 50/60 Hz, etc.

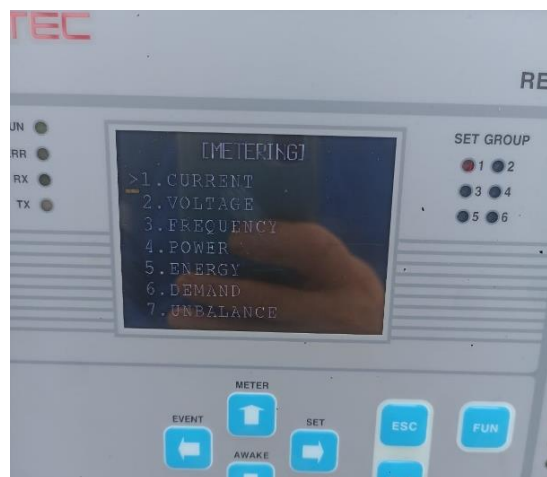
Figura 3.11: Placa técnica de los datos del tablero de control del Reconectador



Nota: Datos técnicos generales del tablero de control del Reconectador, tales como fecha de creación, modelo, peso, etc. Elaborado por: El Autor

En la Figura 3.12, se muestra el menú principal del dispositivo de control digital ETR300-R. Se trata de un sistema simple diseñado con el objetivo principal de proporcionar una fácil y completa interfaz de control al usuario.

Figura 3.12: Menú principal del control digital ETR300-R



Nota: Menú de opciones disponibles que ofrece el control digital para monitorear las variables de la subestación. Elaborado por: El Autor

El menú principal cuenta con numerosas opciones que permiten al usuario controlar los principales parámetros eléctricos: corriente, voltaje, frecuencia, energía y demanda. Además de estas diversas opciones de control, el ETR300-R destaca por la posibilidad de establecer indicadores. Estos indicadores son una característica vital para la rápida identificación y gestión del estado actual de sus operaciones.

Asimismo, el sistema está diseñado para el factor tiempo ya que los operadores deben ser capaces de identificar rápidamente cualquier problema. Así, la función indicador visual claramente satisface esta demanda. Otra opción principal del ETR300-R es la capacidad de crear y monitorear grupos. El grupo principal de la pantalla principal contiene seis elementos que se pueden agrupar. Finalmente, esta opción es necesaria para controlar varios dispositivos y circuitos para coordinar sus operaciones.

En la Figura 3.13, se presentan los datos de la demanda de corriente obtenidos con el control digital ETR300-R. Se dispositivo proporciona mediciones precisas y detalladas de las corrientes en las distintas fases y conductores del sistema eléctrico. Estos valores son representativos del desempeño operativo del sistema y son determinantes para la evaluación de la carga y eficacia de este. Los valores observados son los siguientes:

- I_A (Corriente de la fase A): 236 amperios
- I_B (Corriente de la fase B): 218 amperios
- I_C (Corriente de la fase C): 218 amperios
- I_G (Corriente de tierra): 28 amperios
- I_Q (Corriente de neutro): 5 amperios

Las mediciones de corrientes en cada fase en cada fase I_A , I_B e I_C son críticas para garantizar que el sistema opere dentro de los límites seguros, y para detectar desbalances que puedan ser indicadores de problemas potenciales, como la sobrecarga de una fase. De igual manera, la corriente de tierra y la de neutro brindan indicadores del estado del sistema. La corriente de tierra es un factor de demodulación mientras

que la de neutro ofrece un valor de desbalanceo de sistema trifásico o problemas en la distribución de corriente. Finalmente, el control digital ETR300-R guarda las mediciones anteriores, pues estos valores solo logran reinterpretarse como patrones a lo largo de un registro en el tiempo. Al ser información registrada es un aspecto esencial del mantenimiento preventivo.

Figura 3.13: Datos de la demanda de corriente del control digital ETR300-R

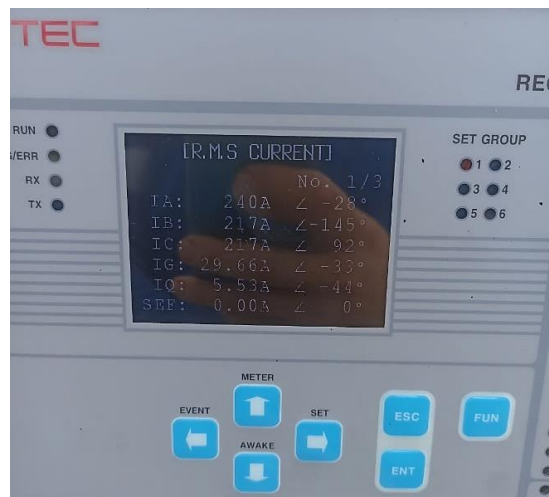


Nota: Valores de corriente de las líneas, neutro y del sistema de puesta a tierra conectada. Elaborado por: El Autor

En la Figura 3.14 se presentan los datos de valores eficaces (RMS) de corriente registrados por el control digital ETR300-R, destacándose no solo las magnitudes de corriente en cada fase y conductor, sino también sus correspondientes ángulos de fase. Estos datos detallados son cruciales para una comprensión integral del estado operativo del sistema eléctrico. Los valores observados son los siguientes:

- I_A (Corriente de la fase A): 240 amperios con un ángulo de -28 grados
- I_B (Corriente de la fase B): 217 amperios con un ángulo de -145 grados
- I_C (Corriente de la fase C): 217 amperios con un ángulo de 92 grados
- I_G (Corriente de tierra): 26.66 amperios con un ángulo de -33 grados
- I_Q (Corriente de neutro): 5.53 amperios con un ángulo de -44 grados
- SEF (Corriente de falla a tierra sensible): 0 amperios con un ángulo de 0 grados

Figura 3.14: Datos de R.M.S de corriente del control digital ETR300-R



Nota: Valores de raíz cuadrática media de las líneas, del neutro y del sistema de puesta a tierra. Elaborado por: El Autor

La medición de la corriente RMS en cada fase (I_A , I_B , I_C) es esencial para asegurar que el sistema eléctrico opere dentro de los límites de seguridad y eficiencia. Los ángulos de fase asociados a estas corrientes proporcionan información sobre la relación de fase entre las diferentes corrientes, lo cual es fundamental para la detección de desequilibrios y para el análisis de la calidad de la energía.

La corriente de tierra (I_G) y la corriente de neutro (I_Q), junto con sus ángulos de fase, son formas de comprobar la estabilidad y seguridad del sistema. Una corriente de tierra relativamente alta puede indicar fallos a tierra en el sistema, y la corriente de neutro puede mostrar desequilibrios en el sistema de tres fases o problemas con la distribución de la carga. La corriente de falla a tierra medible cercana con igual a 0 amperios e igual a 0 grados confirma la falta de fallos a tierra en el sistema en el momento de su medición.

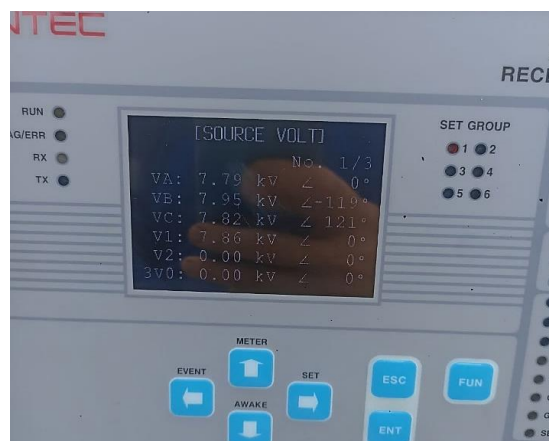
La Figura 3.15 muestra los datos del ETR300-R sobre la fuente de voltaje. En consecuencia, incluye la medición detallada de la tensión en las fases y los conductores correspondientes del sistema eléctrico. La fuente se describe utilizando datos

relevantes que ayudan a comprender la calidad y la estabilidad de la electricidad en la fuente. Los valores observados son los siguientes:

- V_A (Voltaje de fase A): 7.79 kV con un ángulo de 0 grados
- V_B (Voltaje de fase B): 7.95 kV con un ángulo de -119 grados
- V_C (Voltaje de fase C): 7.82 kV con un ángulo de 121 grados
- V_1 (Voltaje de fase 1): 7.86 kV con un ángulo de 0 grados
- V_2 (Voltaje de fase 2): 0 kV con un ángulo de 0 grados
- 3V0 (Tensión entre fases 3V0): 0 kV con un ángulo de 0 grados

Los datos sobre el voltaje en diferentes partes de la fuente suministran información valiosa. Primero, la medición de los voltajes en todas las fases, que es crucial para saber si el sistema opera dentro de los límites seguros. Además, con la medición de los voltajes en las fases y la fuente, es posible determinar si hay algún desequilibrio. Esto se debe a que tal situación puede indicar la existencia de problemas como la variación de voltaje que afectaría la calidad de la electricidad suministrada. En segundo lugar, contar con los voltajes entre fases es crucial en la medición de la fuente. Esto se debe a que estos voltajes son cruciales para determinar el formato y el equilibrio de un sistema propio de trifásico. La datos correspondiente permite a los operadores rectificar cualquier desequilibrio o problema de distribución de carga que pueda comprometer la eficacia del sistema.

Figura 3.15: Datos de fuente de voltaje del control digital ETR300-R



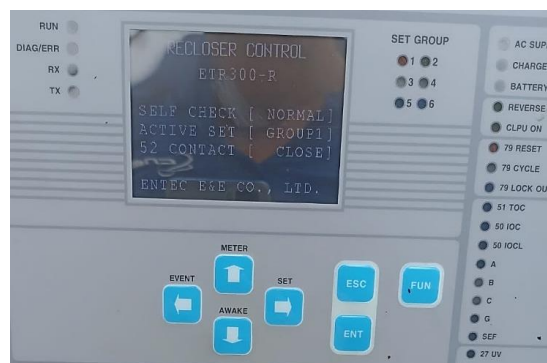
Nota: Valores de voltajes de fase con sus respectivos ángulos de las líneas, del neutro y del sistema de puesta a tierra. Elaborado por: El Autor

En la Figura 3.16 se presentan los detalles de la gestión del recloser por parte del control digital ETR300-R, destacando varios aspectos clave relacionados con el estado y funcionamiento del reconectador. Estos datos son cruciales para la supervisión y control eficaz del sistema eléctrico. Los detalles observados son los siguientes:

- Autocomprobación del estado del reconectador: Normal
- Conjunto activo del grupo 1: Activo
- Contactos 52 cerrados: Sí

La autocomprobación del estado del reconectador, reportando que se encuentra en estado normal, indica que el dispositivo está operando dentro de los parámetros esperados y no presenta anomalías detectadas por el sistema de monitoreo. Indica que el primer grupo de reconectores está activo y operativo. Este aspecto es vital por la forma en que se distribuye y, por lo tanto, se recupera automáticamente a partir de interrupciones. Los contactos 52 están cerrados indican que la conexión eléctrica respectiva está operativa, lo que contribuye a la transferencia efectiva de energía en el sistema eléctrico.

Figura 3.16: Gestión del recloser del control digital ETR300-R



Nota: Comprobación de los 52 contactos conectados al reconectador para su respectiva gestión. Elaborado por: El Autor

En la Figura 3.17 se presentan los datos de frecuencia registrados por el control digital ETR300-R, proporcionando información crucial sobre la estabilidad y el rendimiento del suministro eléctrico. Los detalles observados son la frecuencia de 59.99 Hz y la variación de frecuencia de 0.02 Hz por segundo.

Figura 3.17: Datos de frecuencia del control digital ETR300-R



Nota: Valores de frecuencia y variación del sistema eléctrico registrados por el ETR300-R. Elaborado por: El Autor

En la Figura 3.18 se presentan los datos de potencia activa registrados por el control digital ETR300-R, proporcionando una visión detallada del consumo y distribución de energía en el sistema eléctrico. Los detalles observados son los siguientes:

- Potencia activa en la línea A: 1649 kW
- Potencia activa en la línea B: 1564 kW
- Potencia activa en la línea C: 1506 kW
- Potencia activa total (3P): 4720 kW

Figura 3.18: Datos de potencia activa del control digital ETR300-R



Nota: Valores de potencia activa de las líneas del sistema eléctrico registrados por el ETR300-R. Elaborado por: El Autor

3.2 Análisis Técnico Mensual del Alimentador Caracol y Cargabilidad de Transformadores de Potencia desde el 2023 - 2024

Este análisis se enfoca en las demandas mensuales del alimentador DLRA024 (Caracol) y la cargabilidad del transformador de la subestación Nelson Mera durante los años 2023 y 2024, los cuales se observan en las tablas A1 y A2 de los Anexos. Estos datos de la evaluación mensual permiten determinar patrones específicos, comportamiento estacional y posibles puntos críticos en la operación del sistema.

En enero de 2023, se muestra una demanda moderada máxima de 4,51 MW y un factor de potencia que se acerca al ideal, alrededor de 0,99. La cargabilidad del transformador es también adecuada y, por lo tanto, indica que el sistema está operando y funcionando dentro del rango seguro de operación.

- Demanda Mínima: 1,53 MW
- Demanda Media: 3,02 MW
- Demanda Máxima: 4,51 MW
- Factor de Potencia: 0,99
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 4,93 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 49,30%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 39,44%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 4,93 MW

En el mes de febrero del 2023 se observa un aumento en la demanda media. El factor de potencia perfecto de 1,00 indica una operación muy eficiente. La cargabilidad del transformador se mantiene estable.

- Demanda Mínima: 1,96 MW
- Demanda Media: 4,18 MW
- Demanda Máxima: 4,20 MW
- Factor de Potencia: 1,00
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 4,92 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 49,20%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 39,36%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 4,92 MW

En el mes de marzo del 2023 se registra la demanda máxima anual de 6,34 MW, probablemente debido a factores estacionales o eventos específicos. El factor de potencia disminuye ligeramente a 0,95, pero sigue siendo eficiente. La cargabilidad del transformador aumenta, pero permanece dentro de límites seguros.

- Demanda Mínima: 2,83 MW
- Demanda Media: 4,58 MW
- Demanda Máxima: 6,34 MW
- Factor de Potencia: 0,95
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 5,11 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 51,10%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 40,88%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 5,11 MW

En el mes de abril del 2023 se muestra una alta cargabilidad del transformador del 70,00% OA y 56,00% FOA, lo que requiere monitoreo cercano para evitar sobrecargas. La demanda máxima registrada es elevada, sugiriendo un pico en el consumo energético.

- Demanda Mínima: 2,66 MW
- Demanda Media: 3,93 MW
- Demanda Máxima: 5,20 MW
- Factor de Potencia: 0,98
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 7,00 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 70,00%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 56,00%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 7,00 MW

En el mes de mayo del 2023, la demanda máxima aumenta a 4,75 MW, con una alta cargabilidad del transformador que alcanza el 73,09% en condiciones OA. El sistema opera de manera eficiente, pero la alta cargabilidad indica la necesidad de medidas preventivas.

- Demanda Mínima: 1,77 MW

- Demanda Media: 3,26 MW
- Demanda Máxima: 4,75 MW
- Factor de Potencia: 0,97
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 7,09 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 73,09%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 58,47%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 7,09 MW

Por otro lado, en junio de 2023, la demanda mínima es considerablemente elevada con 4,08 MW. Podría interpretarse como un crecimiento sostenido del consumo base. La carga del transformador es aceptable, y el factor de potencia es correcto.

- Demanda Mínima: 4,08 MW
- Demanda Media: 4,57 MW
- Demanda Máxima: 5,05 MW
- Factor de Potencia: 0,97
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 4,84 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 51,49%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 41,19%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 4,84 MW

En el mes de julio de 2023, la demanda máxima se reduce a 3,90 MW. El factor de potencia disminuye a 0,92 y requerirá corrección adicional para mantener la eficiencia correspondiente.

- Demanda Mínima: 3,40 MW
- Demanda Media: 4,30 MW
- Demanda Máxima: 3,90 MW
- Factor de Potencia: 0,92
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 4,68 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 49,47%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 39,58%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 4,68 MW

En el mes de agosto del 2023 se presenta una demanda máxima baja de 3,00 MW y un factor de potencia ideal de 1,00. La cargabilidad del transformador es manejable, indicando que el sistema opera eficientemente.

- Demanda Mínima: 1,84 MW
- Demanda Media: 4,16 MW
- Demanda Máxima: 3,00 MW
- Factor de Potencia: 1,00
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 4,90 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 53,05%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 42,44%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 4,90 MW

En el mes de septiembre del 2023 se registra una recuperación de la demanda máxima de 5,42 MW. La cargabilidad del transformador es satisfactoria, y el factor de potencia es aún eficiente.

- Demanda Mínima: 2,62 MW
- Demanda Media: 4,02 MW
- Demanda Máxima: 5,42 MW
- Factor de Potencia: 0,98
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 4,51 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 48,63%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 38,91%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 4,51 MW

En el mes de octubre del 2023 se muestra la demanda mínima más baja del año de 0,34 MW, lo que puede deberse a una reducción en la actividad industrial o condiciones climáticas. La cargabilidad y el factor de potencia son manejables.

- Demanda Mínima: 0,34 MW
- Demanda Media: 2,27 MW
- Demanda Máxima: 4,20 MW

- Factor de Potencia: 0,97
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 4,90 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 52,51%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 41,77%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 4,90 MW

En el mes de noviembre del 2023 se mantiene una demanda constante con un buen factor de potencia. La cargabilidad del transformador es adecuada, aunque ligeramente alta, lo que podría requerir vigilancia.

- Demanda Mínima: 3,23 MW
- Demanda Media: 4,46 MW
- Demanda Máxima: 5,70 MW
- Factor de Potencia: 0,93
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 5,00 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 53,05%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 42,42%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 5,00 MW

En el mes de diciembre del 2023 se cierra el año con una demanda máxima de 5,27 MW y un factor de potencia sólido de 0,96. La cargabilidad del transformador sigue siendo alta pero dentro de límites seguros.

- Demanda Mínima: 2,20 MW
- Demanda Media: 3,73 MW
- Demanda Máxima: 5,27 MW
- Factor de Potencia: 0,96
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 5,04 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 55,58%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 44,46%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 5,04 MW

En el mes de enero del 2024 se muestra un incremento en la demanda máxima de 4,89 MW y una cargabilidad más alta del transformador. El factor de potencia es adecuado, pero la alta cargabilidad indica que se deben considerar medidas preventivas.

- Demanda Mínima: 2,63 MW
- Demanda Media: 3,76 MW
- Demanda Máxima: 4,89 MW
- Factor de Potencia: 0,96
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 6,10 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 64,21%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 51,37%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 12,45 MW

En el mes de febrero del 2024 se muestra un incremento en la demanda media y máxima, con una alta cargabilidad del transformador. Es crucial monitorear estas tendencias para evitar posibles sobrecargas.

- Demanda Mínima: 2,42 MW
- Demanda Media: 4,62 MW
- Demanda Máxima: 5,47 MW
- Factor de Potencia: 0,96
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 6,30 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 64,95%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 51,96%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 6,25 MW

En el mes de marzo del 2024 se presenta una demanda máxima alta de 5,85 MW y una ligera disminución en el factor de potencia de 0,94. La cargabilidad sigue siendo alta, lo que requiere una vigilancia continua.

- Demanda Mínima: 2,10 MW
- Demanda Media: 3,98 MW
- Demanda Máxima: 5,85 MW

- Factor de Potencia: 0,94
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 6,30 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 64,95%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 15,95%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 6,25 MW

En abril de 2024, se registró una demanda máxima alta de 6,10 MW y un factor de potencia bajo de 0,93. Esta situación indica una cargabilidad significativa del transformador, lo que sugiere la necesidad de reforzar la infraestructura o considerar una expansión de la capacidad.

- Demanda Mínima: 3,90 MW
- Demanda Media: 5,00 MW
- Demanda Máxima: 6,10 MW
- Factor de Potencia: 0,93
- Demanda Máxima Registrada del Sistema: 5,80 MW
- Cargabilidad del Transformador (OA): 59,18%
- Cargabilidad del Transformador (FOA): 47,35%
- Fecha y Hora de la Dmax del Sistema: 5,65 MW

3.3 Análisis y simulación para mejorar los niveles de voltaje a nivel de media tensión del alimentador Caracol utilizando el software CYMDIST

El presente estudio técnico contiene el análisis para mejorar los niveles de voltaje a nivel de media tensión del alimentador Caracol mediante la instalación de bancos de Reguladores en condiciones actuales. Se procede a emplear los valores históricos mostrados anteriormente el subtema 3.2 de potencias, factor de potencia y voltaje del alimentador Caracol para validar los datos a ser ingresados en CYMDIST, con la ayuda de la información histórica registrada mencionada.

La forma más sencilla de resolver el problema de bajo voltaje sería cambiar los conductores actuales por conductores de un calibre mayor en toda la red para evitar pérdidas en las líneas reduciendo la caída de voltaje. Sin embargo, la complejidad del

trabajo y el tiempo de ejecución, además de las largas suspensiones del servicio que esto implicaría hacen imposible hacer viable el proyecto. Por eso, la manera más rentable y factible de resolución consiste en la instalación y ubicación efectiva de los bancos reguladores de voltaje.

Para realizar los análisis, primero se obtiene los voltajes a lo largo del alimentador Caracol y se procedió a validar la información ingresada al SIG de los equipos que actualmente están instalados en el recorrido de estos. Luego se muestran las curvas de voltaje por fase al final del alimentador, en su estado inicial; para después con la ayuda del módulo de Ubicación de Reguladores encontrar el punto óptimo y de esta manera graficar el perfil de voltaje del alimentador antes mencionado. A continuación, se detalla la tabla 3.1 las condiciones iniciales del Alimentador Caracol que está siendo considerado en este estudio:

Tabla 3.1: Valores de Fase, voltaje entre línea a línea, potencia activa y factor de potencia del Alimentador Caracol.

Condiciones iniciales por fase en Cabecera Alimentador Caracol				
Fase	VLL(kV)	L(A)	P (Kw)	FP
A	13,67	176,6	1409,8	99,9
B	13,92	140,9	1117,8	99,37
C	13,91	148,9	1186,2	99,75
Total:			3713,8	99,67

Nota: Parámetros fundamentales para la simulación en el programa CYMDIST.

Elaborado por: El Autor

3.3.1 Criterios para la ubicación óptima de los bancos de reguladores

Para la ubicación óptima de los bancos de reguladores se han utilizado los siguientes criterios:

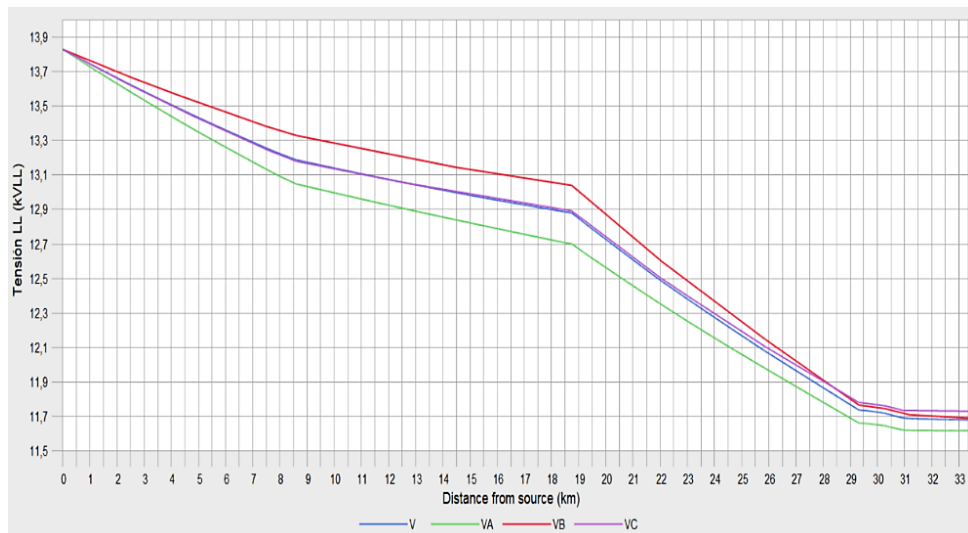
1. Como objetivo principal, se define el nivel de voltaje deseado con referencia al voltaje base, para lo cual se establece el voltaje de 124 V respectivamente para la simulación.

2. La búsqueda iterativa para instalación de bancos de reguladores, se la define con pasos de búsqueda de cada 1000 metros.

3.3.2 Simulación del Alimentador Caracol sin bancos de reguladores

Con la ayuda del Software CYMDIST se procedió a realizar los análisis de ubicación óptima de reguladores de tal manera que se cumplan las condiciones antes mencionadas. Como se puede observar en la figura 3.20 los valores correspondientes de voltaje por fase en condiciones iniciales del alimentador Caracol en la cabecera presenta niveles de voltaje dentro del margen establecido, sin embargo, debido a la longitud del alimentador al final de su recorrido presenta voltajes por abajo del límite permitido por el ARCONEL, por lo que es necesario la instalación de reguladores de voltaje mencionados.

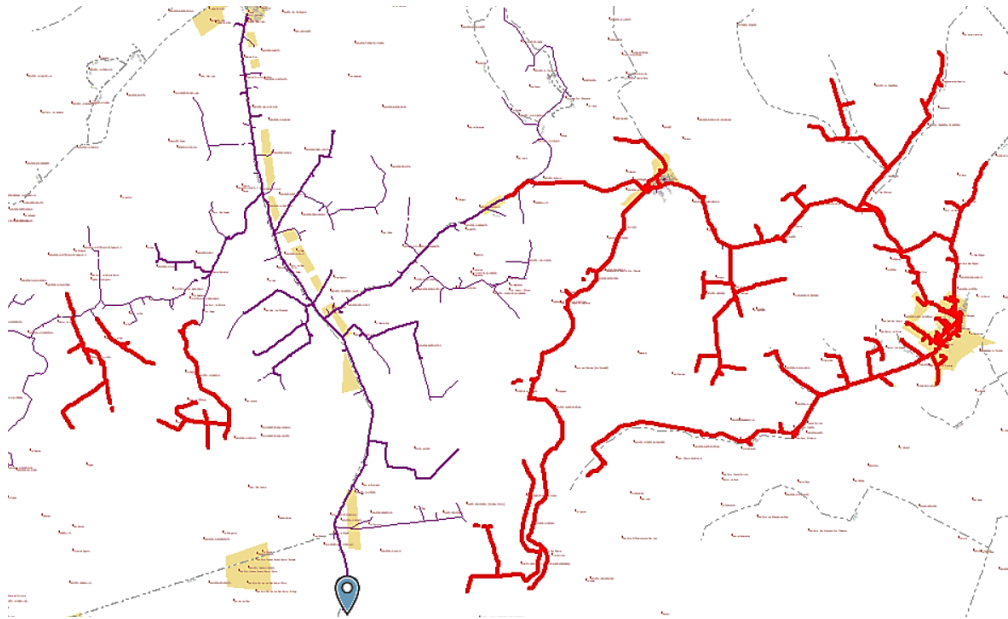
Figura 3.20: Perfil de voltaje condiciones iniciales del Alimentador Caracol



Nota: Resultados de parámetros de análisis de la pérdida de tensión en relación con la distancia cada 1000 metros. Elaborado por: El Autor

En la figura 3.21 se observa el trazado de la ruta del Alimentador eléctrico Caracol realizado en la herramienta CYMDIST.

Figura 3.21: Recorrido general del Alimentador Eléctrico



Nota: Ruta completa del sistema eléctrico del Alimentador en el Mapa de CYMDIST de la simulación. Elaborado por: El Autor

3.3.3 Simulación del Alimentador Caracol con los bancos de reguladores

Para mejorar el nivel de voltaje o tensión en condiciones iniciales se realizó el análisis de la ubicación óptima del primer banco regulador, como se observa en la tabla 3.2 su respectivas coordenadas.

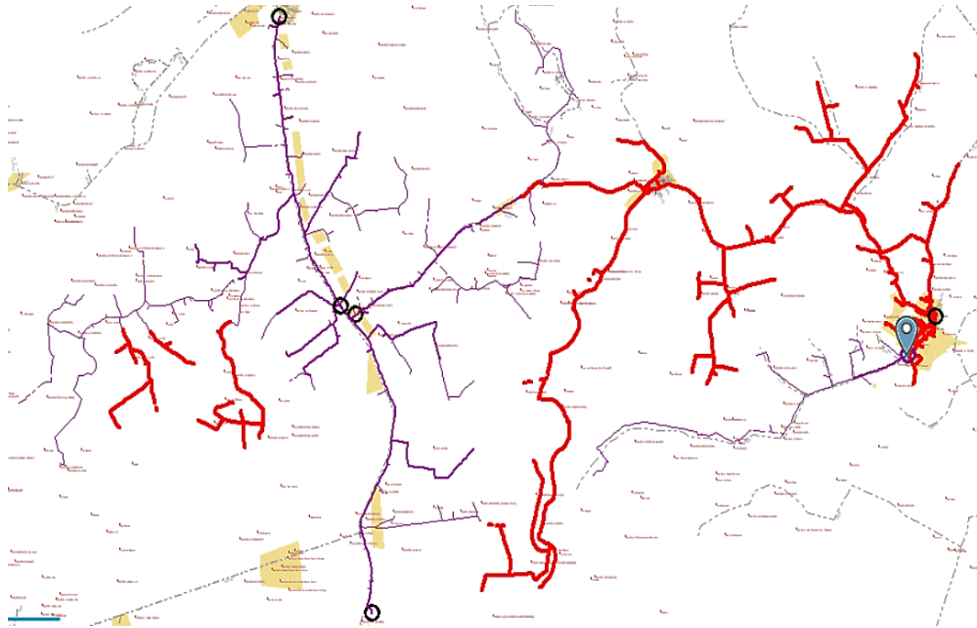
Tabla 3.2: Ubicación del banco regulador 1 del Alimentador Caracol.

Banco Regulador 167kVA/Fase	Ubicación	
	X	Y
1	678238	9810539

Nota: Coordenadas correspondientes del banco regulador 1 para análisis de tensión del Alimentador: El Autor

En la figura 3.22 se observa la ubicación correspondiente, en el cual se instaló un banco de reguladores monofásicos de 167kVA/por fase.

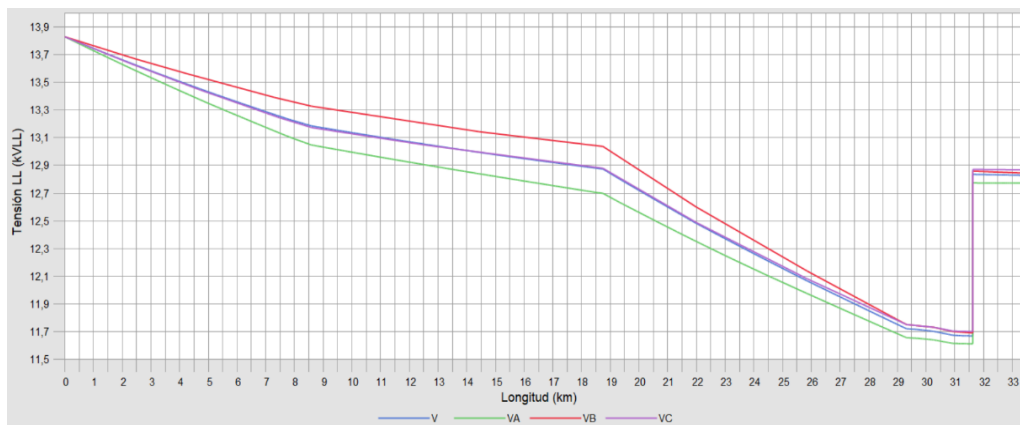
Figura 3.22: Recorrido Alimentador eléctrico Caracol con la ubicación del primer Banco de Reguladores



Nota: Ruta completa del sistema eléctrico del Alimentador en el Mapa de CYMDIST de la simulación. Elaborado por: El Autor

En la figura 3.23 se obtiene un incremento leve en la tensión, situado en la cola del alimentador hacia el recinto el cuatro respectivamente, para lo cual se opta por el uso de un segundo banco de reguladores para corregir la caída de voltaje o tensión.

Figura 3.23: Perfil de voltaje condiciones iniciales del primer Alimentador Caracol



Nota: Resultados de parámetros de análisis de la pérdida de tensión en relación con la distancia cada 1000 metros. Elaborado por: El Autor

Para mejorar aún más el nivel de voltaje o tensión en base a los resultados del uso del primer banco de reguladores se realizó el análisis de la ubicación óptima del segundo banco regulador, como se observa en la tabla 3.3 su respectivas coordenadas en el mapa.

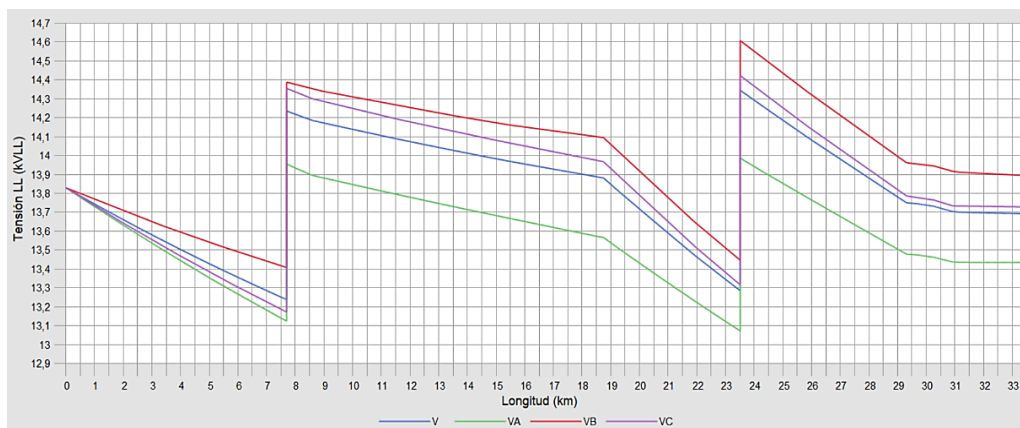
Tabla 3.3: Ubicación del banco regulador 2 del Alimentador Caracol.

Banco Regulador 167kVA/Fase	Ubicación	
	X	Y
2	674391	9813750

Nota: Coordenadas correspondientes del banco regulador 2 para análisis de tensión del Alimentador: El Autor

Al realizar la simulación con la instalación de 2 bancos de reguladores, se logra obtener todas las condiciones de bajo voltaje; tal como se puede evidenciar en la figura 3.24, la cual muestra el comportamiento de la tensión o voltaje correspondiente a la distancias mostradas cada mil metros o un kilómetro.

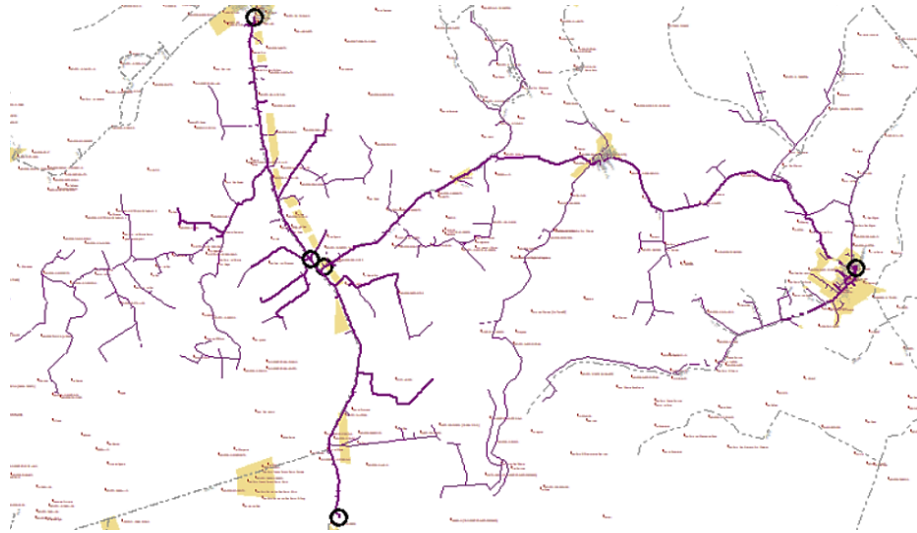
Figura 3.24: Perfil de Voltaje con la ubicación de los 2 Bancos de Reguladores del Alimentador Caracol



Nota: Resultados de parámetros de análisis de la pérdida de tensión en relación con la distancia cada 1000 metros. Elaborado por: El Autor

En la figura 3.25 se observa la ubicación correspondiente, de los 2 bancos de reguladores monofásicos de 167kVA/por fase para el Alimentador eléctrico Caracol.

Figura 3.22: Recorrido Alimentador eléctrico Caracol con los 2 Bancos Reguladores



Nota: Ruta completa del sistema eléctrico del Alimentador en el Mapa de CYMDIST de la simulación. Elaborado por: El Autor

Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Al analizar las demandas mínima, media y máxima a lo largo del periodo comprendido entre enero a diciembre del año 2023, se observa una variabilidad significativa en el Alimentador Caracol. Como resultado, se debe realizar un monitoreo constante para ajustar las operaciones y mejorar el factor de potencia en dicho alimentador.
- Los datos muestran que los transformadores del alimentador caracol no están operando dentro de los límites de su capacidad nominal ni tampoco de la sobrecarga permitida (FOA) dado que el factor de potencia bajo actualmente oscila en 0.85 cuando debería de estar en un rango entre 0.95 -1.00 de factor de potencia.
- Si se ubica de manera óptima al menos 2 bancos de reguladores monofásicos de 167KVA/fase, se reflejará un mejoramiento en el nivel del factor de Potencia en el Alimentador Caracol lo que implica una mejora significativa en la calidad del servicio.
- Al revisar y constatar las hojas de mantenimientos y cambios de elementos correctivos en el alimentador Caracol, se verifico que desde hace al menos 4 años no se han renovado equipos de vital importancia tales como banco de capacitores, reconectores y otros, y como resultado el factor potencia se ha venido deteriorando y ha bajado la calidad del servicio hacia el cliente final.

4.2 Recomendaciones

- Dado el tamaño de la carga que maneja el alimentador Caracol, se debe adquirir un sistema de Gestión que monitoree, informe y controle la demanda misma que crece constantemente afectando el factor de potencia y la calidad del sistema.
- Se recomienda elaborar y ejecutar una tabla de mantenimientos preventivos que contemple las necesidades reales de todos los elementos que conforman el Alimentador Caracol, con el fin de salvaguardar la vida útil de la estación y la calidad del servicio que se brinda.
- Realizar una auditoria tecnológica de la infraestructura actual de todos los equipos en donde se incluya tanto los softwares como la gestión de calidad y potencia de todos los sistemas utilizados.
- Instalar al menos 2 Bancos más de Capacitores con mejor eficiencia y rendimiento, por ejemplo, de al menos 600 Kvar, ya que con la ayuda de estos nuevos bancos de capacitores como se observa en la figura 4.1, se compensaría el exceso de reactivos inductivos en todo el sistema, mejorando el factor de potencia en el sistema eléctrico que como ya hemos mencionado anteriormente es un punto álgido que se debe tratar urgentemente para mejorar el factor de potencia en el sistema eléctrico.

Tabla 4.1: Tipos de modelos y marcas de bancos de capacitores eficientes.

Marca/Modelo	Tipo de Banco de Capacitores	Capacidad (kVAR)	Tensión Nominal (kV)	Eficiencia
ABB - RVC/RVT	Automático (Control de Voltaje)	100 a 1200	2.4 a 34.5	95-98%
Eaton - Unipak	Fijo o Automático	50 a 3000	2.4 a 69	96-99%
Schneider Electric - VarSet	Automático, Modular	100 a 1200	2.4 a 34.5	97-99%

GE - Capacitor Banks	Fijo	100 a 3000	4.16 a 138	95-98%
Siemens - Compact	Automático, Compacto	200 a 1200	4.16 a 34.5	96-98%
Hitachi Energy - Capacitor Banks	Fijo o Automático	100 a 2000	2.4 a 69	96-99%
Arteche - Capacitor Banks	Fijo o Automático	100 a 2500	2.4 a 34.5	95-98%

Elaborada por: Autor

- Instalación de Filtros de Armónicos modernos: Los armónicos pueden afectar negativamente el factor de potencia y la eficiencia del sistema. Para una mejor eficiencia consiste en instalar filtros de armónicos modernos actuales como se observa en la figura 4.2 en puntos estratégicos del sistema para reducir la distorsión armónica.

Tabla 4.2: Tipos de modelos y marcas de filtros armónicos eficientes.

Marca/Modelo	Tipo de Filtro de Armónicos	Capacidad	Tensión Nominal (V)	Eficiencia
Schneider Electric - AccuSine PCS	Filtro Activo	30A a 300A	208 a 600	98-99%
Eaton - HarmonicGuard	Filtro Pasivo	50kVAR a 1000kVAR	400 a 13800	95-98%
Siemens - SINAMICS HFC	Filtro Activo	50A a 300A	400 a 690	97-99%
Yokogawa - HFA Series	Filtro Activo	50A a 600A	400 a 690	96-98%
Hitachi Energy - PQFL	Filtro Pasivo	100kVAR a 3000kVAR	400 a 13800	95-97%

Elaborada por: Autor

- Instalación de equipos modernos: Los dispositivos de tipo FACTS pueden utilizarse para mejorar el factor de potencia y la estabilidad del sistema como se observa en la table 3.3. Entre la parte financiera que deben plantearse y de cómo compensadores estáticos de reactivos (SVC) o compensadores síncronos estáticos (STATCOM).

Tabla 4.3: Tipos de modelos y marcas de dispositivos FACTS eficientes.

Marca/Modelo	Tipo de Dispositivo FACTS	Capacidad (Mvar)	Tensión Nominal (kV)	Eficiencia
ABB - SVC Light	STATCOM	50 a 600	11 a 400	98-99%
Siemens - SVC PLUS	STATCOM	50 a 600	11 a 400	97-99%
GE - SVC Static Var Compensator	SVC (Tiristores)	100 a 600	33 a 765	96-98%
Hitachi Energy - SVC	SVC	50 a 500	33 a 400	96-98%
Mitsubishi Electric - STATCOM	STATCOM	10 a 500	11 a 500	98-99%
NR Electric - SVC	SVC	60 a 500	66 a 500	95-98%
Alstom Grid - STATCOM	STATCOM	50 a 400	33 a 400	97-99%

Elaborada por: Autor

Bibliografías

- Abadía, H. (2024). Propuesta de mejora para el área de mantenimiento preventivo— Predictivo de la subestación eléctrica Playas de la empresa Corporación Nacional de Eléctrica EP, 2023. *Escuela de Posgrado Newman - EPN*.
<https://repositorio.epnewman.edu.pe/handle/20.500.12892/988>
- Abood, S. B., & Wahhab, T. M. A. (2022). Comparison of different methods to face the huge increase in future load in power distribution network. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(5), Article 5.
<https://doi.org/10.11591/eei.v11i5.4092>
- Amper. (2023). OSM38. *Amper Ecuador*. <https://amper-ecuador.com/product/osm38/>
- Armas, J. C., & Casa, B. M. (2020). *Determinación de los flujos de potencia y cortocircuito para la coordinación de protecciones en el nuevo alimentador L25 de la subestación Pujili mediante CYMDIST y CYMTCC*. [bachelorThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.].
<http://localhost/handle/27000/6801>
- Asorza, J. E. G., Leon Colqui, J. S., Kurokawa, S., & Filho, J. P. (2024). Analysis of Increased Induced Voltages on the Sheath of Double-Circuit Underground Transmission Lines Guaranteeing Ampacity. *Energies*, 17(7), Article 7.
<https://doi.org/10.3390/en17071637>
- Brain. (2020). *Brain Studio—Cymcap v7.3 rev.3 HASP SRM Dongle Emulator*.
<https://www.brstudio.com/wf/news/cymcap-6-hasp-srm-dongle-emulator.html>
- Cajamarca, E. V. (2021). *Ubicación óptima de reconectores y seccionadores en alimentadores urbanos en redes de distribución eléctrica para mejorar los indicadores de calidad del servicio técnico* [masterThesis].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20374>
- CYMTCC. (2023, noviembre 15). *CymTcc. Get the software safely and easily*. Software Informer. <https://cymtcc.software.informer.com/5.1/>

- Delgado, J. C. (2022). *Análisis para establecer la automatización en las redes de distribución de CNEL Los Ríos*. [bachelorThesis, Babahoyo: UTB-FAFI. 2022]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/12639>
- Eaton. (2022). *CYME software public power solutions | Brightlayer Utilities suite*. <https://www.eaton.com/us/en-us/products/utility-grid-solutions/cyme-power-engineering-solutions/cyme-software-public-power-solutions.html>
- Edaltec. (2021). Reconectador automático Modelo REC35 clase 38 Kv. *Edaltec Group*. <https://edaltec-group.com/producto/reconectador-automatico-modelo-rec35-clase-38-kv/>
- González, M. A. (2021). *Diseño de metodología para mejorar la calidad de servicio y producto técnico de la red eléctrica de distribución, mediante la operación autónoma de interruptores óptimamente localizados* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Guevara, J. E., Colqui, J. S. L., Bautista, J. P., & Pissolato Filho, J. (2023). Analysis of Induced Voltages on the Sheath of Single-Circuit Underground Power Lines - Part I: Without Phases Transposition. *2023 IEEE Colombian Caribbean Conference (C3)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/C358072.2023.10436214>
- Guillén, D. M. (2022). *Metodología para la evaluación en estado transitorio y permanente de la generación distribuida en redes de distribución de medio voltaje* [masterThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22685>
- Hardi, S., Suherman, Carol, N., & Harahap, R. (2023). Effect of two-layer soil model on the design of substation grounding system. *AIP Conference Proceedings*, 2691(1), 060005. <https://doi.org/10.1063/5.0115632>
- Homer, J. S., Tang, Y., Taft, J. D., Orrell, A. C., Narang, D., Coddington, M., Ingram, M., & Hoke, A. (2020). *Electric Distribution System Planning with DERs—High-level Assessment of Tools and Methods* (PNNL-28138). Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States). <https://doi.org/10.2172/1836102>
- Keen, J., Pohl, E., Frick, N. M., Carvallo, J. P., & Schwartz, L. C. (2023). *Duke Energy's Integrated System and Operations Planning: A comparative*

analysis of integrated planning practices.

<https://escholarship.org/uc/item/0n646940>

- Lare, Y., Sagna, K., Gboglo, A. D., Takouda, P., & Napo, K. (2021). Simulation of the Power Flow State of the Main Electrical Distribution Grid of Abomey-Calavi (BENIN) and Lomé Golfe (TOGO). *Science Journal of Energy Engineering*, 9(4), Article 4. <https://doi.org/10.11648/j.sjee.20210904.14>
- Luna, E. G., & Solarte, J. C. (2023). Automatización inteligente mediante reconectores en redes de distribución. *Ingeniería y Competitividad*, 25(Suplemento), Article Suplemento. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25iSuplemento.13167>
- Maquilón, J., Bastidas, A., & Chávez, C. (2022). Evaluación del Estado de Funciones de Transformadores de Potencia Sumergidos en Aceite en las Subestaciones Eléctricas. *INGENIO*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v5i1.3608>
- Marroquín González, M. (2022). *Diseño de investigación de la calidad de potencia eléctrica y eficiencia energética en el edificio S-12 de la Universidad de San Carlos de Guatemala* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Moreno, L. B. (2024). *Esquema de transferencia con reconectores entre los alimentadores primarios Alpachaca No.4 y Alpachaca No.5 de Emelnorte S.A.* [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16097>
- Nguyen, A., & Byrne, R. (2021). Software Tools for Energy Storage Valuation and Design. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 8(3), 156-163. <https://doi.org/10.1007/s40518-021-00186-4>
- Niño, D. F. (2021). *Análisis causa raíz de fallas en reconectores automatizados acoplados a la red de distribución de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P.* <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5300>
- Noja. (2020, mayo). *Adición de las funcionalidades ROCOF, VVS y CBF a los controladores RC-10 y RC-15 | NOJA Power—Ingenieros de Equipos de Maniobra en Media Tensión.* <https://nojapower.com.au>

- Otorongo, C. M. (2024). *Diseño técnico económico para una red soterrada de medio y bajo voltaje del alimentador Ingahurco ubicado en el cantón Ambato-Tungurahua, basado en la regulación ARCERNNR 02-2020* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27552>
- Pérez, A. F. (2022). *Estudio para la aplicación de la técnica de localización de falla, aislamiento y restauración del servicio (FLISR) en alimentadores de distribución eléctrica* [masterThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23391>
- Polo, M. (2022). *Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para la generación de energía alternativa en la Institución Educativa Isabel María Cuesta González sede Mauricio Lopesierra del Distrito de Riohacha* [Trabajo de grado - Maestría, Universidad de La Guajira]. <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/581>
- Rivera, J. L. (2023). *Coordinación de protecciones para la subestación de distribución del sistema astillero a nivel 13,8KV de la CNEL-EP* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24670>
- Sandc. (2024). *Reconectador Montado en Cortacircuito TripSaver® II*. <https://www.sandc.com/es/productos-y-servicios/productos/reconectador-montado-en-cortacircuito-tripsaver-ii/>
- Simgrid. (2021). CYME Power Engineering Software. *Sim-Grid*. <http://sim-grid.com/cyme/>
- Simgrid. (2022). CYMGRD. *CYMGRD Substation Grounding Software*. <http://sim-grid.com/cymgrd/>
- Sojo. (2022). *Reconectador De Vacío Con Aislamiento Solido (SVR)_De alta tensión de vacío del reconectador_SOJO Electric*. <http://es.sojoline.com/products/16115.htm>
- Velmurugan, P., & Chattopadhyay, A. B. (2020). Sensitivity analysis of a single phase to ground fault system in connection with high impedance faults: A case study. *Cogent Engineering*, 7(1), 1770916. <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1770916>

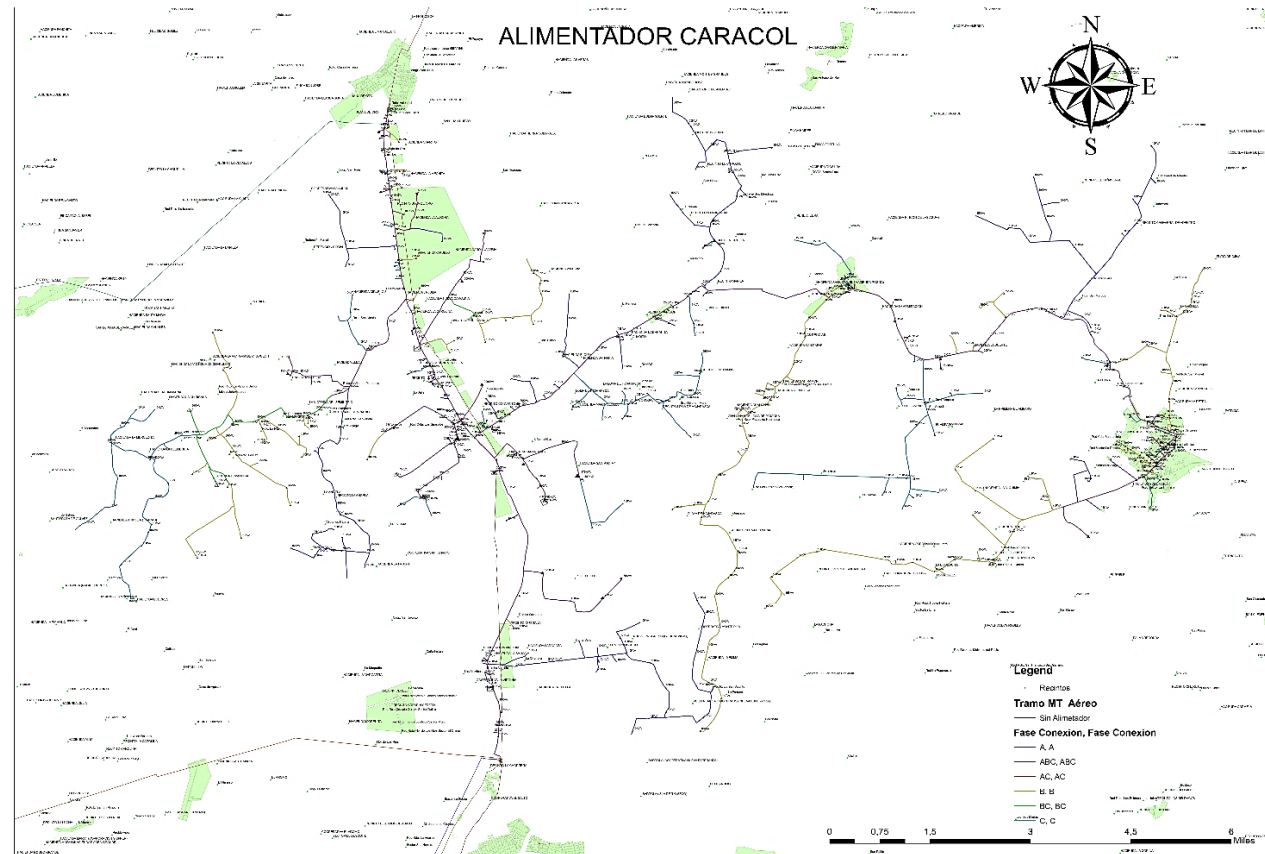
- Villamizar, M. D. (2022). *Metodología para la ubicación de reconectores en sistemas de distribución*.
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5055>
- Yamina, B., Mohamed, T., & Nabil, Y. (2022). Design of A New Earth Network for the 60/30 KV SI Mustapha Substation. *2022 2nd International Conference on Advanced Electrical Engineering (ICAEE)*, 1-6.
<https://doi.org/10.1109/ICAEE53772.2022.9962135>
- Yang, F., Kang, W., Hou, W., & Gu, H. (2021). Research on State Perception Method of Electrical Equipment in Substation. *Journal of Artificial Intelligence Practice*, 4(2), 37-42. <https://doi.org/10.23977/jaip.2020.040207>

Glosario

- **RMS:** Raíz cuadrática media.
- **KVA:** Kilovatio Amperio.
- **KVAR:** Kilovatio Amperio Reactivo.
- **MW:** Megavatio.

Anexo 1

Figura A1: Mapa del recorrido que conforma el alimentador eléctrico de Caracol



Nota: Recorrido de las rutas que abarca el Alimentador Caracol. Elaborado por: El Autor

Tabla A1: Reporte de demandas del alimentador del año 2023 por mes

CNEL EP														
DEMANDAS DE ALIMENTADOR CARACOL AÑO 2023 Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA														
			INFORMACION DEL ALIMENTADOR				INFORMACION DEL TRANSFORMADOR DE LA SUBESTACION NELSON MERA							
MES	CODIGO DEL ALIMENTADOR (BD SIG)	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima [MW]	FAC TO R DE POT EN CIA	Trans forma dor	[M V A]	[M V A]	DEM AND A REGI STR ADA MES (MW)	FAC TO R DE POT EN CIA	CARG ABILI DAD OA %	CARG ABILI DAD FOA %	Fecha y hora de la Dmax del Sistema
														DEM AND A COIN CIDE NTE DEL

														SISTE MA (MW)
ENE RO	10NM 040T1 3	DLRA02 4 (CARAC OL)	1,53	3,0 2	4,5 1	0,99	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	4,93	0,49	49,30%	39,44%	4,93
FEB RER O.	10NM 040T1 3	DLRA02 4 (CARAC OL)	1,96	4,1 8	4,2 0	1,00	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	4,92	0,49	49,20%	39,36%	4,92
MAR ZO	10NM 040T1 3	DLRA02 4 (CARAC OL)	2,83	4,5 8	6,3 4	0,95	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	5,11	0,51	51,10%	40,88%	5,11
ABRI L	10NM 040T1 3	DLRA02 4 (CARAC OL)	2,66	3,9 3	5,2 0	0,98	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	7,00	0,70	70,00%	56,00%	7,00
MAY O	10NM 040T1 3	DLRA02 4 (CARAC OL)	1,77	3,2 6	4,7 5	0,97	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	7,09	0,97	73,09%	58,47%	7,09

JUNIO	10NM040T13	DLRA024 (CARACOL)	4,08	4,57	5,05	0,97	N. M.	10,00	12,5	4,84	0,94	51,49%	41,19%	4,84
JULIO.	10NM040T13	DLRA024 (CARACOL)	3,4	4,3	3,9	0,92	N. M.	10,00	12,5	7,70	0,95	49,47%	39,58%	4,68
AGOSTO.	10NM040T13	DLRA024 (CARACOL)	1,84	4,16	3,00	1,00	N. M.	10,00	12,5	5,04	0,95	53,05%	42,44%	4,90
SEPTIEMBRE	10NM040T13	DLRA024 (CARACOL)	2,62	4,02	5,42	0,98	N. M.	10,00	12,5	4,62	0,95	48,63%	38,91%	4,51
OCTUBRE.	10NM040T13	DLRA024 (CARACOL)	0,34	2,27	4,20	0,97	N. M.	10,00	12,5	4,96	0,95	52,51%	41,77%	4,90
NOVIEMBRE	10NM040T13	DLRA024 (CARACOL)	3,23	4,46	5,70	0,93	N. M.	10,00	12,5	5,04	0,95	53,05%	42,42%	5,00

DICI EMB RE	10NM 040T1 3	DLRA02 4 (CARAC OL)	2,20	3,7 3	5,2 7	0,96	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	5,28	0,95	55,58%	44,46%	5,04
----------------------------	-----------------------------	------------------------------	------	----------	----------	------	-------	---------------	----------	------	------	--------	--------	------

Elaborada por: Autor

Tabla A2: Reporte de demandas del alimentador del año 2024 hasta el mes de abril

CNEL EP														
DEMANDAS DE ALIMENTADOR CARACOL AÑO 2024 Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA														
			INFORMACION DEL ALIMENTADOR				INFORMACION DEL TRANSFORMADOR DE LA SUBESTACION NELSON MERA							
CODIGO DEL ALIMENTADOR (BD SIG)	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima [MW]	FAC TO R DE POT ENCI A	Trans forma dor	[M V A]	[M V A]	DEM AND A MAX REGI STRA DA MES (MW)	FAC TO R DE POT ENCI A	CARG ABILI DAD OA %	CARG ABILI DAD FOA %	Fecha y hora de la Dmax del Sistema	
													DEMANDA COINCIDENTE DEL	

														SISTE MA (MW)
ENE RO	10NM0 40T13	DLRA02 4 (CARAC OL)	2,63	3,7 6	4,8 9	0,96	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	6,10	0,95	64,21%	51,37%	12,45
FEB RE RO.	10NM0 40T13	DLRA02 4 (CARAC OL)	2,42	4,6 2	5,4 7	0,96	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	6,30	0,97	64,95%	51,96%	6,25
MA RZ O	10NM0 40T13	DLRA02 4 (CARAC OL)	2,10	3,9 8	5,8 5	0,94	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	6,30	0,97	64,95%	15,95%	6,25
AB RIL	10NM0 40T13	DLRA02 4 (CARAC OL)	3,90	5,0 0	6,1 0	0,93	N. M.	10 ,0 0	12 ,5	5,80	0,98	59,18%	47,35%	5,65

Elaborada por: Autor

Figura A2: Datos generales de la subestación eléctrica



Nota: Datos generales de los kilovatios y megavoltiamperios del Alimentador Caracol. Elaborado por: El Autor

Figura A3: Exteriores de la entrada de la subestación eléctrica



Nota: Exterior frontal de los alrededores de la entrada del Alimentador Caracol. Elaborado por: El Autor

Figura A4: Redes eléctricas de alta tensión de la subestación



Nota: Estructura de las redes eléctricas de alto voltaje en relación con el Alimentador Caracol. Elaborado por: El Autor

Figura A5: Reconector cruce de Caracol



Nota: Reconector ubicado entre el cruce de urbanización Caracol. Elaborado por:
El Autor

Figura A6: Reconector de Transferencia Caracol - Clementina



Nota: Reconector encargado de la transferencia de carga para la urbanización Caracol y la Clementina. Elaborado por: El Autor

Figura A7: Seccionamiento UPC La Unión



Nota: Estructura de las redes eléctricas cercanas a la UPC entre la ciudadela Unión. Elaborado por: El Autor

Figura A8: Último seccionamiento del Alimentador



Nota: Final del seccionamiento del Alimentador eléctrico. Elaborado por: El Autor

Figura A9: Capacitores de las líneas



Nota: Conjunto de capacitores para las redes eléctricas. Elaborado por: El Autor

Figura A10: Seccionamiento Caracol



Nota: Seccionamiento en una urbanización el Caracol. Elaborado por: El Autor

Figura A11: Seccionamiento Rosita



Nota: Seccionamiento en la ciudadela la Rosita. Elaborado por: El Autor

Figura A12: Transformix de las líneas



Nota: Tipo de transformador utilizado en las redes eléctricas. Elaborado por: El Autor

Figura A13: Seccionamiento de San Luis



Nota: Seccionamiento en la urbanización de San Luis. Elaborado por: El Autor



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, **Gálvez Galarza, Henry Daniel** con C.C: **0704554039** y **Yépez Bajaña, José Alberto** con C.C: **1206025171** autores del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio de Reactivos en el Alimentador Caracol de la S/E Nelson Mera del Cantón Babahoyo mediante la herramienta CYMDIST para mejorar el factor de potencia**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de integración curricular 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 integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024

Gálvez Galarza, Henry Daniel

C.C: 0704554039

Yépez Bajaña, José Alberto

C.C: 1206025171

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de Reactivos en el Alimentador Caracol de la S/E Nelson Mera del Cantón Babahoyo mediante la herramienta CYMDIST para mejorar el factor de potencia.	
AUTOR(ES)	Gálvez Galarza, Henry Daniel Yépez Bajaña, José Alberto	
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:	2 de septiembre del 2024	No. DE PÁGINAS: 72
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de Potencia, Estudio de reactivos en sistemas eléctricos.	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Reactivos, CYMDIST, factor de potencia, distribución eléctrica, análisis de red, alimentador eléctrico.	
<p>El presente trabajo de integración curricular se centra en analizar el factor de potencia de alimentador eléctrico Caracol en la subestación Nelson Mera utilizando la herramienta CYMDIST. El objetivo central se sustenta en evaluar el estado actual del factor de potencia de los caracoles alimentadores de la subestación Nelson Mera, mediante el uso de la herramienta CYMDIST, también en determinar los factores que afectan el factor de potencia dentro de una subestación y proponer medidas correctoras en función de los resultados obtenidos para mejorar eficazmente el factor de potencia. Con el fin de emplear la herramienta CYMDIST para analizar y optimizar el sistema de reactivos del alimentador Caracol de la Subestación Nelson Mera, para mejorar significativamente el factor de potencia, contribuyendo así a la eficiencia operativa y la estabilidad de la electricidad sistema. La metodología de datos históricos y mediciones actuales del factor de potencia en la subestación. Esto permite cuantificar de manera precisa el impacto del alimentador caracol y sus reactivos en la eficiencia del sistema eléctrico.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593997759862 +593991347072	E-mail: henry.galvez01@cu.ucsg.edu.ec jose.yeppez02@cu.uscg.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):		