



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

TEMA:

Estudio para reducir pérdidas técnicas y no técnicas con el uso de la herramienta “CYME” en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo – Los Ríos Ecuador.

AUTOR:

Gutiérrez Benavides, Livingston Paul
Rosado Malats, Oswaldo Hipólito

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

TUTOR:

Ing. Gallardo Posligua, Jacinto Esteban. MSc.

Guayaquil, Ecuador

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 Gutiérrez Benavides, Livingston Paul y Rosado Malats, Oswaldo Hipólito, como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD.

TUTOR


Ing. Gallardo Posigua, Jacinto Esteban. MSc.

DIRECTOR DE CARRERA

f. 
ING. BOHORQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO, PHD.

Guayaquil, 19 de febrero del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Gutiérrez Benavides, Livingston Paul

Rosado Malats, Oswaldo Hipólito

DECLARO QUE:

El trabajo de Integración Curricular: **Estudio para reducir pérdidas técnicas y no técnicas con el uso de la herramienta “CYME” en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo – Los Ríos Ecuador**, 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 nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, 19 de febrero del 2024

EL AUTOR

Gutiérrez Benavides, Livingston Paul

Rosado Malats, Oswaldo Hipólito



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, Gutiérrez Benavides, Livingston Paul

Rosado Malats, Oswaldo Hipólito

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio para reducir pérdidas técnicas y no técnicas con el uso de la herramienta “CYME” en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo – Los Ríos Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 19 de febrero del 2024

EL AUTOR

Gutiérrez Benavides, Livingston Paul

Rosado Malats, Oswaldo Hipólito



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

REPORTE DE COMPILATIO

La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular Estudio para reducir perdidas técnicas y no técnicas con el uso de la herramienta "CYME" en el Alimentador Eléctrico Juan X. Marcos de la subestación terminal terrestre dl Cantón Babahoyo – Los Ríos Ecuador, presentado por los estudiantes: Gutiérrez Benavides, Livingston Paul y Rosado Malats, Oswaldo Hipólito de la carrera de Electricidad , donde obtuvo del programa COMPILATIO MAGISTER, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

The screenshot shows the COMPILATIO MAGISTER interface. At the top, it displays the logo and name of the tool, along with a search bar and user profile icons. Below this, the document title 'Archivo Final Rosado Malats & Gutierrez Benavides 2024' is visible. The main content area shows a 'Resumen' tab selected, with a 'Puntos de interés' and 'Fuentes de similitudes' section. A 'Textos sospechosos' section shows a score of 0%. Below that, a 'Similitudes' section shows a score of 0% and a progress bar. At the bottom, it indicates '31 fuentes principales detectadas' and a 'Ver las fuentes' button.

Ing. Gallardo Posligua, Inemto Esteban. MSc.

Revisor COMPILATIO MAGISTER

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios,

por darme la sabiduría y la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi familia por su apoyo moral por su comprensión y motivación constante a lo largo de mi carrera estudiantil.

A mis profesores quienes me han brindado el conocimiento necesario para poder culminar esta etapa.

También, quisiera expresar mi gratitud a todas las personas que aportaron con el desarrollo de mi investigación. Y aquellos que de una manera u otra hicieron posible culminar este proyecto.

Gutiérrez Benavides, Livingston Paul

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido guía en mi vida, por su apoyo moral y su amor incondicional.

A mi esposa e hija, pilar fundamental de este logro, por su motivación constante y quienes han sido mi mayor inspiración para culminar esta etapa.

A mis hermanos, por su cariño y por estar ahí en todo momento.

A mis sobrinos, que con sus travesuras y ocurrencias aportan felicidad en mi vida.

Gutiérrez Benavides, Livingston Paul

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis familiares que estuvieron presentes en esta etapa de mi vida. A mis amigos, compañeros de aula y trabajo con los cuales vivimos muchas experiencias y anécdotas, las cuales sirvieron para apoyarnos y salir adelante juntos. Y de manera especial agradezco a las autoridades de esta prestigiosa institución que contribuyeron en nuestra formación académica inculcándonos sus enseñanzas para ser unos profesionales de excelencia.

Rosado Malats, Oswaldo Hipólito

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primero a Dios, por este logro alcanzado y por permitirme culminar exitosamente esta etapa de mi vida. A mis padres por estar pendientes de cada paso que he dado en mi etapa estudiantil. Y de manera especial a mi esposa que ha sido un pilar fundamental acompañándome permanentemente en este camino hasta alcanzar el objetivo deseado.

Rosado Malats, Oswaldo Hipólito



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

ING. BOHORQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO, PHD.

DIRECTOR DE CARRERA

f.

ING. UBILLA GONZÁLEZ, RICARDO XAVIER, MSC.

COORDINADOR DE ÁREA

f.

ING. MEDINA MOREIRA, WASHINGTON ADOLFO PHD.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

Resumen	XIX
Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación.....	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Definición del Problema	3
1.4 Justificación del Problema	4
1.5 Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Hipótesis.....	5
1.7 Metodología de Investigación	6
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	7
2.1 Pérdidas del alimentador eléctrico	7
2.2 CYME y su papel en la ingeniería eléctrica.....	8
2.2.1 CYME en las redes eléctricas.....	10
2.2.2 Pasos necesarios para integrar CYME en alimentadores eléctricos	11
2.2.3 Desafíos que surgen durante la integración de CYME	13
2.3 Distribución de carga en redes eléctricas.....	14
Capítulo 3: Levantamiento de información del Alimentador Juan x Marcos .	16
Aportes de la investigación	16
3.1 Tablero de control y relé	17
3.2 Transformador, alimentadores y reconectores	19

Capítulo 4: Metodología para el cálculo de pérdidas técnicas por etapa funcional a utilizar en el estudio del Alimentador Juan x Marcos	34
4.1 Información requerida del alimentador	35
4.2 Factores característicos del alimentador	37
4.3 Consideraciones generales en las pérdidas de potencia en medio voltaje.....	38
4.4 Procedimiento en Arcgis-Cymdist y Cymdist.....	39
4.4.1 Distribución de carga.....	41
4.4.2 Flujos de Carga	43
4.4.3 Obtención de Reportes.....	44
4.5 Pérdidas de potencia en bajo voltaje	44
4.5.1 Consideraciones generales	44
4.5.2 Pérdidas en redes secundarias	45
4.6 Pérdidas en alumbrado público.....	48
4.7 Pérdidas en acometidas	49
4.8 Pérdidas en medidores	52
4.9 Balance de Energía	52
4.9.1 Pérdidas técnicas de energía en redes de medio y bajo voltaje	52
4.9.2 Consumos de clientes y alumbrado público.....	53
4.9.3 Consumos de clientes y alumbrado público.....	54
4.10 Flujo de carga del Alimentador Juan x Marcos por zona.....	54
4.11 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T11	61
4.12 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T12.....	66
4.13 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T13.....	71
4.14 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T14.....	77

4.15 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T15.....	82
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 Recomendaciones	89
Bibliografías.....	90
Anexo 1	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2.1 Análisis de pérdida de potencia en conductores de alimentación de carga monofásica y trifásica	8
Figura 2.2 Uso de CYME para ubicación de los reguladores de tensión	9
Figura 2.3 Uso de CYME para determinación de la intensidad máxima permitida en cables de potencia	11
Figura 2.4 Red de distribución en media tensión	14

Capítulo 3:

Figura 3.1 Tableros de control para accionamientos de los equipos de protección a 13.8 kV	17
Figura 3.2 Relé de protección principal a 69 kv.	18
Figura 3.3 Tablero de control de los equipos de protección a 69 kv.....	19
Figura 3.4 Transformador de Potencia de 20/25 MVA - 69/13.8 KV.....	20
Figura 3.5 Vista del cuadro de maniobras a 69 Kv de la subestación.	21
Figura 3.6 Revisión del tablero de control del reconectador de cabecera. ...	22
Figura 3.7 Medición de intensidad de parámetros en el tablero de control del reconectador de cabecera.....	23
Figura 3.8 Revisión de parámetros de los tableros principales en la cabina de control de la Subestación.	24
Figura 3.9 Equipo de medición en media tensión Transformix.....	25
Figura 3.10 Medidor de voltaje de poste.....	26
Figura 3.11 Reconectador Trifásico de línea.....	28

Figura 3.12 Seccionadores tipo barras instalados en el Alimentador.	29
Figura 3.13 Equipo de medición instalado a la mitad del Alimentador.	31
Figura 3.14 Reconectador de transferencia ubicado en el final del Alimentador.	32
Figura 3.15 Diagrama unifilar de la subestación Terminal Terrestre.	33

Capítulo 4:

Figura 4.1 Recorrido del Alimentador eléctrico de Babahoyo.....	35
Figura 4.2 Parámetros del equivalente de la fuente en la herramienta CYME.....	40
Figura 4.3 Diagrama de flujo de la herramienta CYME	41
Figura 4.4 Método de distribución de carga en la herramienta CYME	41
Figura 4.5 Consideración en Clientes especiales en la herramienta CYME .	42
Figura 4.6 Método de distribución de carga en la herramienta CYME	43

Anexos:

Figura A1 Recorrido del Alimentador eléctrico de Babahoyo modo #1	93
Figura A2 Recorrido del Alimentador eléctrico de Babahoyo modo #2	93
Figura A3 Tablero de control de parámetros de los alimentadores derivados de la subestación Terminal Terrestre #1	94
Figura A4 Tablero de control de parámetros de los alimentadores derivados de la subestación Terminal Terrestre #2	94
Figura A5 Parámetros de los Alimentadores eléctricos.....	95

INDICE DE TABLAS

Capítulo 4:

Tabla 4.1 Formato datos de medidores	36
Tabla 4.2 Selección de conductor predominante en base a las magnitudes de voltaje, corriente y demanda de consumo alimentador eléctrico Juan x Marcos de la herramienta CYME.....	45
Tabla 4.3 Selección de transformador Predominante para los circuitos de baja tensión con la herramienta GIS (sistema de información geográfica) 46	46
Tabla 4.4 Selección de participación de Transformadores en circuitos	46
Tabla 4.5 Calculo de kw por Transformador	47
Tabla 4.6 Calculo de kw por punto de carga.....	48
Tabla 4.7 Selección de Luminaria Predominante	48
Tabla 4.8 Potencia y Pérdidas técnicas en accesorios Luminarias	49
Tabla 4.9 Grupos de Consumo.....	50
Tabla 4.10 Consumo promedio por Grupos y alimentador.....	50
Tabla 4.11 Selección de acometida predominante	50
Tabla 4.12 Tabla de Factores carga y potencia según consumo	51
Tabla 4.13 Tabla de Pérdidas en Medidores	52
Tabla 4.14 Tabla de caída de tensión y desequilibrado.....	55
Tabla 4.15 Distribución de potencia del sistema eléctrico.....	57
Tabla 4.16 Condiciones anormales del sistema eléctrico	59

Tabla 4.17 Gastos del sistema eléctrico	60
Tabla 4.18 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T11	62
Tabla 4.19 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T11	63
Tabla 4.20 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM- 10TT020T11.....	65
Tabla 4.21 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T12.....	67
Tabla 4.22 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T12	69
Tabla 4.23 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM- 10TT020T12.....	70
Tabla 4.24 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T13.....	73
Tabla 4.25 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T13	74
Tabla 4.26 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM- 10TT020T13.....	76
Tabla 4.27 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T14	78
Tabla 4.28 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T14	79
Tabla 4.29 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM- 10TT020T14.....	81
Tabla 4.30 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T15	83

Tabla 4.31 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T15	85
Tabla 4.32 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM- 10TT020T14.....	87

Resumen

El presente trabajo de integración curricular se enfoca en la problemática de pérdidas técnica y no técnica en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo en Los Ríos, Ecuador. La introducción destaca la importancia del sector eléctrico para el desarrollo económico y social, subrayando cómo la gestión de pérdidas impacta la eficiencia operativa y económica del sistema. La definición del problema destaca los desafíos en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos y la falta de evaluación exhaustiva. La justificación destaca el impacto en la eficiencia y sostenibilidad del sistema eléctrico y propone el uso de "CYME" como solución. Se plantea la hipótesis de que la implementación de "CYME" reducirá significativamente las pérdidas. La metodología incluye revisión bibliográfica, recopilación de datos, implementación de "CYME", desarrollo de un plan de acción, análisis estadístico, etc. Los objetivos, general y específicos se centran en la identificación y reducción de pérdidas.

Palabras claves: Pérdidas Eléctricas, CYME, Alimentador Eléctrico, Consumo Eléctrico, Análisis de Redes Eléctricas.

ABSTRACT

This curricular integration work focuses on the problem of technical and non-technical losses in the Juan x Marcos Electrical Feeder of the land terminal substation of Babahoyo Canton in Los Ríos, Ecuador. The introduction highlights the importance of the electricity sector for economic and social development, underlining how loss management impacts the operational and economic efficiency of the system. The problem definition highlights the challenges in the Juan x Marcos Power Feeder and the lack of comprehensive assessment. The justification highlights the impact on the efficiency and sustainability of the power system and proposes the use of "CYME" as a solution. It is hypothesized that the implementation of "CYME" will significantly reduce losses. The methodology includes literature review, data collection, implementation of "CYME", development of an action plan, statistical analysis, etc. The general and specific objectives focus on loss identification and reduction.

Keywords: Electrical losses, CYME, Electrical Feeder, Electrical Consumption, Electrical Network Analysis.

Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación

1.1 Introducción

El entorno de electricidad tiene una importancia esencial en el desarrollo económico y social de cualquier región, siendo la fiabilidad de la distribución de energía eléctrica un elemento fundamental para garantizar una suministro constante y sustentable. La administración de daños de tipo técnico y no técnico se transforma en un inconveniente fundamental para las compañías de suministro de energía, debido a que tiene una influencia sobre la capacidad operante y económica del sistema eléctrico (Saint et al., 2020).

La importancia de conservar niveles excelentes de funcionamiento en la distribución de energía eléctrica se incrementa en la Subestación Terminal Terrestre del cantón Babahoyo, ubicada en la provincia de Los Ríos, en Ecuador, donde el Alimentador de energía Juan x Marcos tiene un rol significativo en la distribución de la electricidad de la zona y del país (Ma et al., 2021).

1.2 Antecedentes

Las equivocaciones técnicas y las no técnicas dentro de los sistemas de electricidad han producido constantemente una alta inquietud en la industria. Las equivocaciones técnicas se relacionan con la disipación de energía en forma de calor durante los procedimientos de transmisión y distribución, en tanto que las pérdidas no técnicas se tratan de cuestiones

como la falsificación, hurtos, la inexactitud en la medición o distintos componentes de la administración y el comercio (Savian et al., 2021).

La tecnología "CYME" se presenta como una asistencia integral para solucionar estos problemas. Cyme es una compañía que se especializa en el desarrollo de software con el objetivo de analizar y planificar los sistemas de energía eléctrica, provee herramientas de alta calidad para la simulación y optimización de redes, y favorece la identificación y mitigación de pérdidas no técnicas y técnicas (Hasan et al., 2020).

1.3 Definición del Problema

En el alimentador eléctrico Juan x Marcos, que es parte fundamental de la subestación Terminal Terrestre del Cantón Babahoyo en Los Ríos, Ecuador, existen dificultades importantes en relación con la pérdida de energía, no sólo técnicas, sino también no técnicas. Las equivocaciones técnicas suceden en el momento en que la energía se disipa en forma de calor durante su transmisión y distribución, en tanto que las pérdidas no técnicas se producen en situaciones como hurtos y dificultades en la medición.

La falta de una evaluación completa y de herramientas especializadas ha limitado la habilidad de implementarse soluciones de estrategia y mejorar la administración integral de los daños en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos. Estos problemas tienen un efecto adverso en la capacidad operativa y económica del sistema de electricidad.

1.4 Justificación del Problema

El tema de estudio tiene como objetivo solucionar la problemática de pérdidas no naturales y artificiales en el alimentador eléctrico Juan x Marcos debido a su efecto significativo sobre la fiabilidad y perdurabilidad del sistema de energía eléctrica. Estas pérdidas no únicamente deterioran los provechos de las compañías de energía eléctrica, sino que además afectan la fiabilidad del suministro que dan a los habitantes. La ineficiencia en el uso de la energía y la deficiencia en la precisión de los consumos son una adversidad para la economía de la zona y tienen un efecto perjudicial en el ecosistema por la manera ineficaz en la utilización de los recursos energéticos.

El utilizar el instrumento "CYME" es valorado como una resolución interesante para solucionar esa dificultad. Su capacidad de monitorear y perfeccionar los sistemas de energía eléctrica le proporciona la ocasión de hallar las razones fundamentales de las equivocaciones y de desarrollar tácticas para evitarlas. En el momento en el que se trata las pérdidas técnicas y no técnicas de manera integral, se puede aumentar la capacidad operativa, reducir los costos y, en última instancia, proveer un servicio de electricidad más sustentable y confiable para la población de Babahoyo, en la región de Los Ríos, en Ecuador.

1.5 Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1 Objetivo general

Identificar y reducir las pérdidas técnicas y no técnicas en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del

Cantón Babahoyo, ubicada en Los Ríos, Ecuador, mediante la aplicación de la herramienta "CYME".

1.5.2 Objetivos específicos

1. Examinar minuciosamente las pérdidas técnicas y no técnicas en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos. Identificar las causas específicas de estas pérdidas y medir su alcance con precisión.
2. Emplear la herramienta "CYME" para llevar a cabo simulaciones y optimizaciones en el sistema eléctrico. Identificar las zonas críticas y proponer estrategias específicas para reducir las pérdidas de energía.
3. Crear un plan que contemple acciones correctivas y preventivas. Tomar en cuenta las recomendaciones surgidas de la aplicación de la herramienta "CYME" para abordar eficazmente las causas subyacentes de las pérdidas.
4. Ofrecer sugerencias concretas para la gestión continua de pérdidas técnicas y no técnicas en el sistema eléctrico. Contribuir al mantenimiento y la mejora constante de los niveles de eficiencia a lo largo del tiempo.

1.6 Hipótesis

Al implementar la herramienta "CYME" se pretende disminuir las pérdidas de energía del Alimentador Eléctrico Juan x Marcos en la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo en Los Ríos, Ecuador, se reflexiona sobre la viabilidad de utilizar este instrumento para reducir significativamente las pérdidas de manera no técnicas y técnicas. Se aspira

que al notar las zonas problemáticas y concebir estrategias específicas, la capacidad operativa y económica del sistema de electricidad se eleve significativamente, de esta manera se dará una provisión de electricidad más segura y sustentable para la comunidad.

1.7 Metodología de Investigación

Para el trabajo de integración curricular se utilizarán las distintas metodologías que se muestran a continuación:

1. Se ejecutará un análisis detallado de investigaciones relacionados con la administración de daños en sistemas de electricidad y también se utilizará la herramienta "CYME" en estudios semejantes.
2. Se recogerán históricos específicos de lo que fue el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos, que contiene información sobre las pérdidas de tipo técnico y no técnico, además de datos sobre el consumo de electricidad y otros elementos relevantes.
3. El instrumento "CYME" será usado para representar y mejorar el sistema de electricidad. Los provechos se estudiarán para determinar áreas críticas y presentar métodos para disminuir las pérdidas.
4. Basándose en los resultados, de un plan de acción que contendrá acciones correctivas y preventivas, considerando las sugerencias particulares que tiene la utilización de "CYME".
5. Los pasos sugeridos dentro del plan se ejecutarán, implementando modificaciones y mejoras al Alimentador Electrónico Juan x Marcos.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1 Pérdidas del alimentador eléctrico

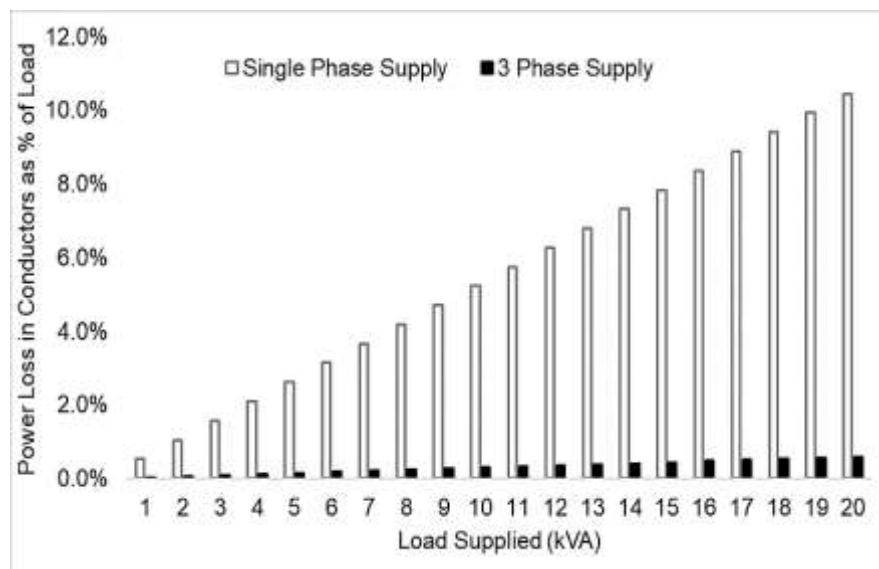
Los daños en los alimentadores de energía eléctrica, una inquietud importante en la distribución de energía, tienen su procedencia primordial en la dureza de los materiales por los cuales fluye la electricidad. Esta oposición provoca la pérdida de energía, en particular, como calor, una característica que se conoce como efecto Joule. Estas pérdidas se pueden calcular en forma de la diferencia entre la energía que se introdujo al comienzo de un alambrado eléctrico y la que se quitó al fin de dicho alambrado, esto denota la ineficacia de la transmisión de energía eléctrica (Tsygulev et al., 2020).

El efecto en la práctica de estas pérdidas se evidencia en situaciones del día a día, como la temperatura elevada que se siente al desconectar un aparato de una toma de corriente, esto indica que una porción de la energía eléctrica se transformó en energía térmica en vez de acatar su función planeada. A pesar de que la pérdida en cuestión es inevitable, se puede realizar una mitigación, consistiendo en seguir de cerca y reemplazar la infraestructura antigua, esto ayuda a que los alimentadores de electricidad conserven su capacidad (Firoozi & Rajabi, 2022).

Además, la adopción de corrientes de voltaje más alto es posible que disminuya la magnitud de las pérdidas en los conductores de electricidad. Debido a eso, se han propuesto líneas de corriente alterna de alta potencia, además de interruptores especializados, como medida para reducir la pérdida

de energía en extensos trechos. Estas acciones, orientadas a la modernidad y optimización del sistema de electricidad, ayudan a aumentar la eficiencia y perdurabilidad de la transmisión de energía eléctrica (Sambaiah & Jayabarathi, 2020).

Figura 2.1 Análisis de pérdida de potencia en conductores de alimentación de carga monofásica y trifásica



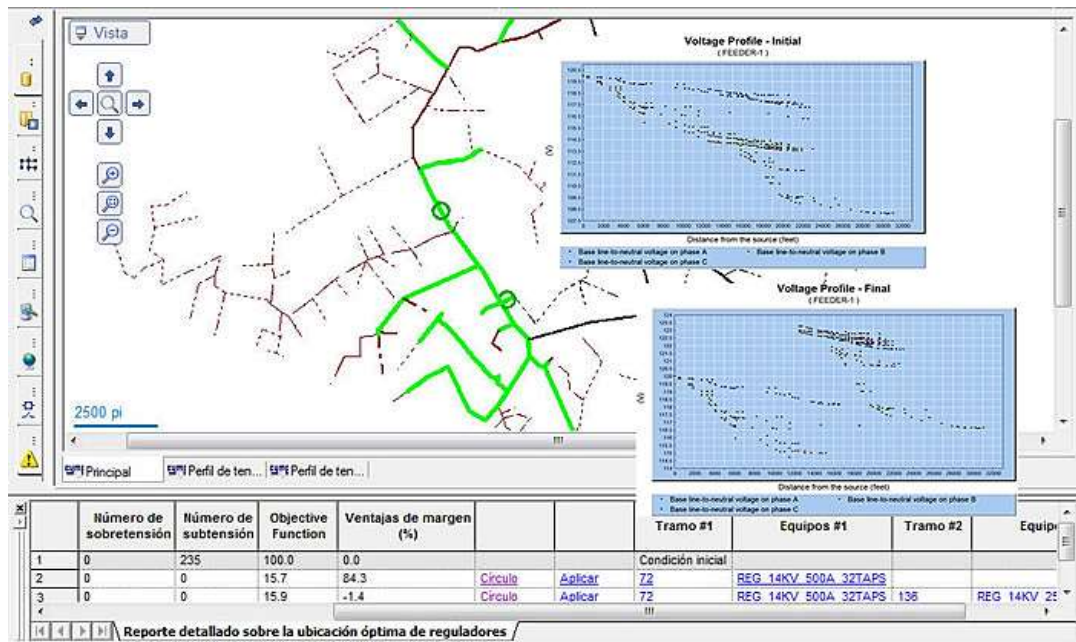
Nota: Porcentajes de pérdida en base a la carga. Autor: (Komolafe & Udofia, 2020).

2.2 CYME y su papel en la ingeniería eléctrica

Con el pasar de los años, como programa principal en el estudio de los sistemas de energía, CYME se ha convertido en una asistencia fundamental para los ingenieros de electricidad, en particular para aquellos que pertenecen a áreas de servicios públicos que deseaban modernizar sus métodos de operación en acuerdo a las necesidades de energía y ambiente actuales. La importancia de CYME es resaltada debido a que se encuentra entre las más importantes adopciones dentro del área, esto señala una base de usuarios

que tiene una gran magnitud y está segura de sus habilidades sobresalientes (Abood & Wahhab, 2022).

Figura 2.2 Uso de CYME para ubicación de los reguladores de tensión



Nota: Gestión de los reguladores. Autor: (CYME, 2020).

La última generación de software para CYME incorpora una agrupación de herramientas especializadas con el fin de atender las labores complicadas de análisis, planificación y optimización de la distribución de energía eléctrica, las redes de distribución y hasta los sistemas industriales complejos. En el momento de proveer soluciones de software complejas, CYME adiestra a los especialistas en diseño de sistemas de energía poderosos que se adaptan a los requerimientos del siglo XXI, incorporando fuentes de energía alternativa y haciendo uso de tecnología de redes inteligente (Almaita et al., 2022).

El galardón de CYME como el más sobresaliente software de su categoría no sólo manifiesta su superioridad técnica, sino que además

manifiesta la importancia que tiene para impulsar la transformación y la eficiencia de la ingeniería eléctrica. Su influencia positiva se evidencia en la capacidad de los especialistas para solucionar los problemas actuales y progresar hacia soluciones más sustentables y practicables en el ámbito de la energía eléctrica (Wang et al., 2020).

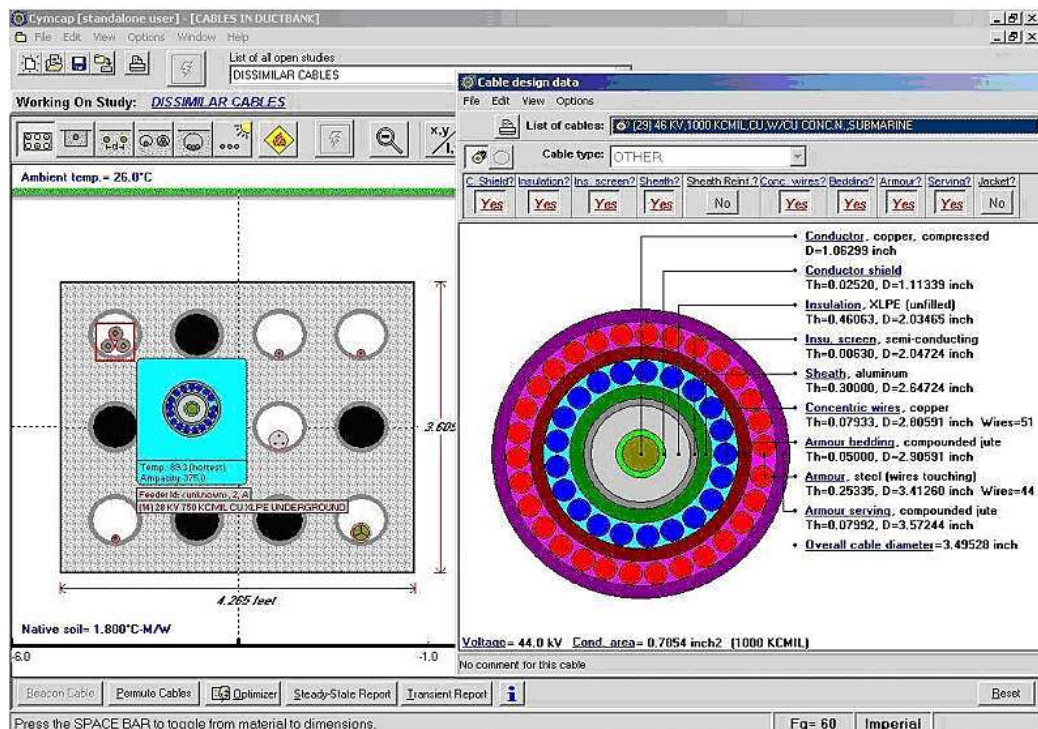
2.2.1 CYME en las redes eléctricas

A partir del conocimiento de los errores en los alimentadores eléctricos, el programa CYME surge como una alternativa integral para examinar y solucionar estos problemas en las redes eléctricas. En el centro de la sala CYME se encuentra el Network Editor, un editor gráfico que relaciona los diferentes componentes de análisis que ofrece el programa. Este software brinda a los especialistas eléctricos y diseñadores de redes la capacidad de administrar y cambiar visualmente la información de la red, proporcionando un contexto intuitivo y versátil para estudiar los sistemas eléctricos (Muyulema & Pachacama, 2021).

En concreto, el Editor de Red facilita la representación de diferentes situaciones, como la incorporación de nuevos puestos a un calendario específico, lo que permitió prevenir y planificar posibles alteraciones en la red. Además, la subsecuencia CYME que ofrece estabilidad de la red como una simulación de eventos transitorios que pueden influir significativamente en ella, como operaciones de conmutación o cortes de circuito, ofrece la capacidad de analizar los resultados de la simulación y determinar si son importantes o no para la red eléctrica (Vélez et al., 2022).

Además del diseño fácil de usar del Network Editor, así como de las capacidades analizadas de sus componentes, el software CYME se destaca como una poderosa ayuda para resolver los problemas actuales y futuros que enfrentan los sistemas de energía. Su punto de vista integral y su capacidad de reproducir diversas circunstancias hacen de CYME una valiosa ayuda para los expertos que quieran gestionar con éxito las dificultades de la red eléctrica (Macias, 2023).

Figura 2.3 Uso de CYME para determinación de la intensidad máxima permitida en cables de potencia



Nota: Calculo de intensidad para cables. Autor: (CYME, 2020).

2.2.2 Pasos necesarios para integrar CYME en alimentadores eléctricos

Agregar CYME al sistema eléctrico es un proceso complicado que necesita ser realizado con mucha precisión para obtener buenos resultados. El procedimiento empieza con el empleo de la plataforma CYME Gateway,

una solución específica para la administración de trabajos complicados, como la comprobación de información eléctrica de alta calidad. Este paso es importante, ya que garantiza la fiabilidad y la precisión de los datos relacionados a los alimentadores, que dan así una garantía de calidad para realizar estudios posteriores y esfuerzos de combinación (Gómez et al., 2023).

Luego, la solución de Gateway realiza evaluaciones de la red importantes para entender las características y las limitaciones actuales de los alimentadores eléctricos. Esto implica la comprobación del flujo de la carga, el grado de falla y la calidad del suministro, que son los parámetros esenciales para determinar la preparación de los alimentadores frente a la incorporación de nuevas características y recursos. Además, el procedimiento de integración tiene en cuenta los provechos del software EPRI DRIVE, que tiene un rol importante en la determinación de la mayor cantidad de energía distribuida que cada alimentador puede almacenar sin necesidad de realizar grandes modificaciones o actualizaciones (Ribadeneira, 2020).

En el momento en que utilizan estas herramientas de alta tecnología, los especialistas en servicios públicos pueden tomar decisiones con base en la información obtenida de ellas, lo que garantiza una incorporación sin problemas y eficaz del software CYME en el sistema de distribución eléctrica ya existente. Este punto de vista contribuye a acortar los procedimientos y preparar el sistema de electricidad para hacer frente a las necesidades cambiantes del usuario (Plaza, 2023).

2.2.3 Desafíos que surgen durante la integración de CYME

Al desarrollar la totalidad del software CYME, es posible que surjan ciertas complicaciones. Uno de los principales problemas puede ser la dificultad para personalizar la manera en la que opera la solución de CYME Gateway con el fin de realizar acciones complicadas, como la validación de información eléctrica de alta complejidad. Este grado de personalización se requiere de una alta comprensión de la red de electricidad existente, además de la habilidad de transducir datos complejos en información que se puede procesar dentro del ámbito CYME (Villacrés et al., 2021).

El otro desafío se encuentra ligado a la mezcla que hace CYME con el software EPRI DRIVE, el cual tiene un rol importante en la capacidad que tienen los proveedores de alimentarse con energía (DER). El desafío está en hacer que los cálculos y las ponencias de CYME concuerdan con el análisis predictivo de EPRI DRIVE, haciendo que la capacidad máxima de DER no se subestime ni se exceda. Esto es importante para eludir las posibles dificultades de inconstancia en la red o falta de distribución de energía (Franco & Rodríguez, 2022).

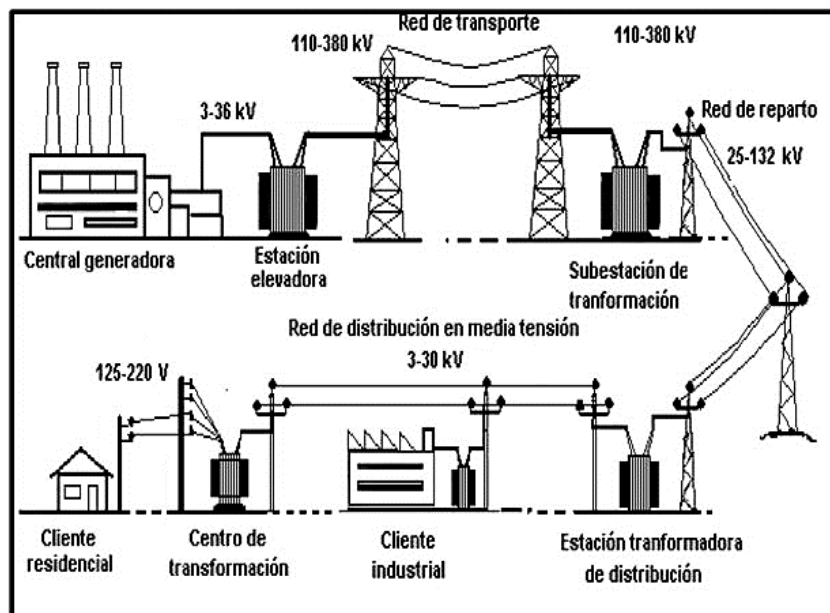
Estos problemas resaltan la importancia de un planeamiento y de una colaboración meticulosa entre las herramientas de software y los individuos que se encuentran a cargo de su administración. Cualquier diferencia en la validación de los datos o en el cálculo de la red eléctrica puede provocar importantes interrupciones en la operación, que resaltan la importancia de

ejecutar los CYME con precisión y en conjunto con la red eléctrica existente (Chamba & Tonato, 2021).

2.3 Distribución de carga en redes eléctricas

Dentro del ámbito de las redes de electricidad, la distribución de carga es una característica fundamental que garantiza una suministración de energía constante y eficaz para hacer frente a las necesidades del público. La cantidad de personas que consumen energía y cuánto pesa esa demanda afectan directamente la capacidad y la eficacia del sistema de distribución eléctrica. Las particularidades de estas características tienen un rol importante en la definición del modelo de distribución que es necesario emplear (Vahidinasab et al., 2020).

Figura 2.4 Red de distribución en media tensión



Nota: Etapas de una red de distribución. Autor:(Morales, 2020).

Diferentes tipos de cargas, como las residenciales, comerciales e industriales, requieren métodos de distribución diferentes para preservar la

confiabilidad del sistema de electricidad. Para ilustrar, los gradientes de carga diaria, que representan la manera en que se consume energía a lo largo del día, poseen picos que acostumbran a suceder en momentos específicos, como, por ejemplo, durante la mañana y la noche, momento en que hay un incremento en la utilización de energía. Es importante tener en cuenta estos valores, ya que estableció la capacidad y la resistencia que requiere el sistema de distribución, evitando sobrecargas y posibles cortes de luz (Jawad & Liu, 2020).

Además, es necesario tener en cuenta la extensión y las particularidades de los disturbios que es posible que sucedan en los sistemas de distribución de energía de segunda mano (CA). Estos aspectos son cruciales para asegurar el funcionamiento consistente y eficiente del sistema eléctrico, minimizando los efectos de posibles interrupciones y manteniendo la calidad del suministro eléctrico (Dashti et al., 2021).

Capítulo 3: Levantamiento de información del Alimentador

Juan x Marcos

Aportes de la investigación

En el próximo capítulo, se presenta datos del alimentador Juan x Marcos y se analiza en detalle cómo opera y se utiliza en las diferentes etapas. Estos incluyen componentes críticos como reconectador de cabecera, paneles de control, transformador de potencia de 20/25 MVA - 69/13,8 KV y patio de maniobras de la subestación.

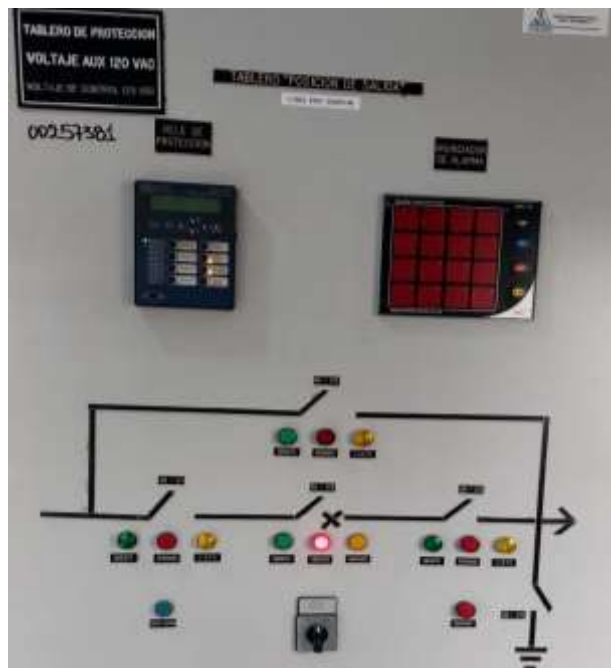
Durante este proceso, el desempeño de cada componente se evalúa cuidadosamente para comprender completamente su papel en el sistema eléctrico y garantizar su eficiencia operativa. Realizar un análisis detallado del reconectador de cabecera, panel de control, transformador de potencia y patio de maniobras para identificar áreas que necesitan mejoras para asegurar su correcto funcionamiento y mejorar la confiabilidad de la red eléctrica.

Esta recopilación de información no se limita a una inspección técnica del equipo, sino que también tiene como objetivo comprender el uso real del alimentador en cada etapa. Se buscarán modelos operativos que puedan impactar el desempeño. Los datos recopilados proporcionarán una visión integral del estado y la eficiencia del alimentador Juan x Marcos. Esto ayudará a implementar medidas correctivas y estratégicas para optimizar sus operaciones y asegurar una continuidad eficiente del suministro eléctrico.

3.1 Tablero de control y relé

En la figura 3.1 se puede observar una fotografía de la parte frontal del Tablero de Control con el fin de operar el disyuntor de protección a 13.8 kV. Este tablero cuenta con importantes componentes electrónicos como el reconectador, el disyuntor, los seccionadores y el relé siendo el principal, ya que es el encargado de actuar ante cualquier falla que se presente en la salida del transformador de 13.8 kV. Es importante mencionar que la subestación Terminal Terrestre tiene una naturaleza diminuta, y este tablero en particular tiene una gran importancia, ya que mediante el mismo se garantiza de manera correcta su operación y funcionamiento.

Figura 3.1 Tableros de control para accionamientos de los equipos de protección a 13.8 kV



Nota: Tablero de protecciones de 120VAC. Foto tomada por el autor, 2024.

La administración de este control es posible que se realice de manera manual o a distancia, debido a que el tablero está completamente integrado

al sistema SCADA. Esto implica que los operadores tienen la capacidad de gestionar y supervisar las funciones de protección y accionamiento desde cualquier lugar, debido a la conectividad que ofrece el sistema SCADA. La capacidad de control remoto tiene como consecuencia la operatividad eficiente y la posibilidad de tomar decisiones en tiempo real, esto asegura la fiabilidad y rendimiento óptimo de los dispositivos asociados.

En las Figuras 3.2 y 3.3, se puede observar la parte delantera del tablero, en donde se resaltan un rectángulo de color azul que representa el relé de protección principal. Este tablero, esta designado específicamente para ser el tablero de control de las protecciones y accionamiento, las mismas que operan a un voltaje de 69 kV.

Figura 3.2 Relé de protección principal a 69 kv.



Nota: Relé de protección del transformador de 16/20 MVA. Foto tomada por el autor, 2024.

La presencia perceptible del rectángulo azul señala de manera visible la posición estratégica del relé de protección principal en el diseño del tablero. Este componente realiza una función primordial para controlar y proteger el

sistema eléctrico, reaccionando de manera ágil a situaciones anormales para preservar la seguridad e integridad de los dispositivos asociados.

Figura 3.3 Tablero de control de los equipos de protección a 69 kv



Nota: Tablero de control de protecciones eléctricas de la subestación. Foto tomada por el autor, 2024.

3.2 Transformador, alimentadores y reconectores

En la Figura 3.4 se puede ver el Transformador de Potencia de 20/25 MVA - 69/13.8 kV. Este transformador, ubicado en la base de la subestación de terminal terrestre, es elaborado por la marca Tegesa Transformer y corresponde a la versión SF11 25000/69. Se identifican por su montaje exterior y están concebidos para funcionar en una altitud de 1000 metros sobre el nivel del mar. Su funcionamiento se da en una frecuencia común de 60Hz, y siendo un transformador de tres fases. Su peso es de aproximadamente 37000 kg y su capacidad de potencia nominal es de 20/25 MVA en las formas de refrigeración ONAN/ONAF.

Figura 3.4 Transformador de Potencia de 20/25 MVA - 69/13.8 KV.



Nota: Instalado en la subestación Terminal Terrestre. Foto tomada por el autor, 2024.

En la Figura 3.5 se puede ver una visión completa del cuadro de maniobras a 69 kV de la subestación. Este cuadro se encuentra subdividido por el cuadro de 69 kV de entrada, desde donde se transporta la energía hacia el transformador de potencia. En esta subestación, se disponen equipos de protección claramente visibles en la imagen. Dentro de estos, los disyuntores de potencia tienen un rol importante. Dada la elevada tensión a la que operan, estos dispositivos desempeñan un papel fundamental al permitir la desenergización mediante la activación o desactivación controlada de dichos dispositivos, de esta manera, la energía de los circuitos se desactiva de manera controlada.

Estos artefactos, al trabajar a esta elevada tensión, son fundamentales para cuidar la seguridad y la fiabilidad del sistema eléctrico. Su función para gestionar la presencia o falta de electricidad en ciertas situaciones con regularidad asegura una opción precisa de protección contra posibles errores

o condiciones anormales. La manera en la que están ubicados y la manera en la que operan estos componentes dentro del cuadro de maniobras son esenciales para garantizar la estabilidad y fiabilidad del sistema, esto ayuda a que la subestación funcione de manera segura y eficaz.

Figura 3.5 Vista del cuadro de maniobras a 69 Kv de la subestación.



Nota: Perspectiva completa de la subestación. Foto tomada por el autor, 2024.

En la Figura 3.6 se puede ver la actividad de medición y revisión de las variables del tablero de control del reconectador del alimentador Juan x Marcos. Este procedimiento es importante dentro de las comprobaciones y mantenimientos programados que se tienen que realizar a cada uno de los tableros de control relacionados a los reconectores. El propósito fundamental de estas acciones es garantizar la buena operatividad de los reconectores, y así garantizar un desempeño óptimo del 100%.

En este periodo de medición y comprobación de los parámetros, se hace un estudio detallado de cada elemento que se encuentra en el tablero

de control. Este estudio comprende la comprobación de conexiones, la calibración de instrumentos y la inspección visual en busca de posibles desgastes o daños. También, se llevan a cabo pruebas para determinar la capacidad de los sistemas y de los circuitos para responder de manera correcta. La importancia de estas acciones es preservar la fiabilidad y la operatividad correcta de los interruptores, que son componentes fundamentales del sistema de electricidad.

Figura 3.6 Revisión del tablero de control del reconectador de cabecera.



Nota: Análisis del reconectador de cabecera. Foto tomada por el autor, 2024.

En la figura 3.7 se observa la medición de la intensidad en el tablero de control del reconectador de cabecera. Esta actividad es de suma importancia, ya que su objetivo primordial es que los recursos de respaldo de emergencia estén en condiciones óptimas para que puedan dar un buen desempeño. Se otorga particular atención a las baterías, las cuales brindan un voltaje de sustento de 24Vdc al sistema.

La medición de la intensidad tiene un rol importante en la verificación del desempeño de las baterías. Este procedimiento determina si las baterías proveen la energía precisa para apoyar la acción del reconectador en situaciones de emergencia. El propósito es garantizar que el sistema tenga la energía precisa para continuar funcionando en el caso de que se interrumpa la corriente principal.

Figura 3.7 Medición de intensidad de parámetros en el tablero de control del reconectador de cabecera.



Nota: Análisis del reconectador de cabecera. Foto tomada por el autor, 2024.

En la Figura 3.8 se hace una comprobación de los parámetros de los tableros principales ubicadas dentro de la sala de control de la Subestación. En esta zona importante, se hallan los dispositivos de comunicación esenciales que facilitan la conexión fluida entre la subestación y el centro de control. En este contexto, los operadores tienen un rol importante al observar con cuidado varios índices y lecturas de voltaje de los sistemas de energía

eléctrica, esto garantiza que los sistemas se encuentren funcionando adecuadamente.

En el tablero en cuestión muestra con claridad los controladores de los 5 alimentadores que tiene la subestación. Estos artefactos otorgan a los operadores navegar y observar información fundamental, con respecto a intensidad, nivel de voltaje, potencia activa, reactiva y aparente de cada uno de los alimentadores. Este procedimiento da a los operadores una completa dominación y la capacidad de realizar evaluaciones detalladas de cada alimentador de forma particular.

Figura 3.8 Revisión de parámetros de los tableros principales en la cabina de control de la Subestación.



Nota: Análisis de los tableros principales de Subestación. Foto tomada por el autor, 2024.

La comprobación de los parámetros en estos tableros principales se evidencia como una costumbre fundamental para preservar un control eficaz de la integridad y el desempeño de la subestación. En la medida en la que

tienen conocimiento detallado acerca de cada alimentador, los operadores pueden tomar decisiones informadas y realizar modificaciones para cerciorarse de la estabilidad y eficiencia del sistema total de energía. Este punto de vista proactivo colabora a la administración eficaz de la subestación, posibilitando la identificación veloz y la resolución de posibles dificultades, y garantizando de esta manera la preservación de la energía eléctrica.

Figura 3.9 Equipo de medición en media tensión Transformix.



Nota: Instalado al inicio del Alimentador Juan X Marcos. Foto tomada por el autor, 2024.

La Figura 3.9 muestra el dispositivo llamado Transformix, diseñado para medir voltaje y corriente en sistemas eléctricos de media tensión. Este equipo es fundamental para evaluar y controlar la calidad del suministro eléctrico. Su principal tarea es ajustar el voltaje de media tensión a un nivel más bajo, facilitando su medición precisa. Esto se logra mediante una relación de transformación que considera tanto el voltaje como la corriente.

A modo de ejemplo, si se establece un máximo de 13,8 kV como nivel de voltaje deseado, Transformix utiliza una relación de transformación donde 10 representa la excelencia del voltaje. Si la lectura es 7, indica que el voltaje es bajo. Este dispositivo se coloca estratégicamente al inicio, medio y final del alimentador para monitorear los niveles de carga durante la demanda, ayudando a identificar posibles saturaciones en la línea. Dado que el consumo puede afectar el voltaje, Transformix mantiene un control constante sobre esta variable.

Cuando se detecta una baja tensión en cualquier tramo, se activa un reconectador desde otro alimentador con menor demanda para mejorar la situación. Este enfoque proactivo garantiza un suministro de energía estable y eficiente al controlar activamente los niveles de voltaje y corriente, optimizando así el funcionamiento general del sistema eléctrico.

Figura 3.10 Medidor de voltaje de poste.



Nota: Trabaja en conjunto al Transformix. Foto tomada por el autor, 2024.

En la Figura 3.10, se puede observar el Medidor de voltaje, un elemento fundamental que hace parte de la totalidad de los equipos de medición en media tensión, denominados Transformix. Su función primordial es hacer mediciones exactas de voltajes y corrientes en el sistema eléctrico. Este procedimiento es posible que se realice de manera manual o a través de la telemetría, utilizando las funciones extras del equipamiento, que se asemejan a las del sistema SCADA.

Es importante mencionar que estos artefactos están únicamente orientados al monitoreo de las mediciones realizadas por los equipos Transformix. En el momento en que se utilizan tecnología novedosa y métodos de comunicación apropiados, estos artefactos tienen una gran influencia sobre la manera en que se controlan las variables fundamentales de electricidad. La viabilidad de realizar mediciones a distancia a través de telemetría añade un grado adicional de productividad operativa, posibilitando un monitoreo en tiempo real y constante de las condiciones de energía eléctrica del sistema. Este punto de vista integral de medición y control es importante para garantizar la óptima y segura funcionamiento de la energía eléctrica.

Figura 3.11 Reconector Trifásico de línea.



Nota: Para conectar o desconectar un tramo del Alimentador. Foto tomada por el autor, 2024.

En la Figura 3.11 se puede ver el reconector triásico, un artefacto pensado para la conexión y desconexión de la red eléctrica. Este dispositivo es versátil y se puede controlar de forma manual o remota, debido a la integración con el sistema SCADA y la operatividad desde la central de control. Colocado estratégicamente a la mitad de la del alimentador, su función principal es aislar los tramos afectados en caso de fallas en la red eléctrica.

En las ocasiones en las que hay fallo, el reconector trifásico pone a disposición la posibilidad de establecer conexiones y desconexiones exactas en la red, resolviendo el suministro de energía y abordando dificultades específicas en el alimentador hasta el punto en particular.

Es importante mencionar que, en oposición al reconector de cabecera, este dispositivo no cuenta con protecciones específicas contra sobre corrientes, corto circuitos y descargas atmosféricas. En las ocasiones en que es fundamental que estas protecciones actúen ante cualquier fallo, se utiliza el reconector de cabecera, prevenido para solucionar dificultades más importantes y complejas del sistema eléctrico.

En la Figura 3.12, se observan tres Seccionadores tipo barras en el alimentador. Estos artefactos realizan una actividad que se asemeja a la de los reconectores de línea, sin embargo, se diferencia debido a que son más confiables y requieren de un accionamiento manual para poder establecer una conexión o desconexión controlada. Su rasgo primordial la capacidad de mostrar de manera visual si se encuentran conectados o desconectados.

Figura 3.12 Seccionadores tipo barras instalados en el Alimentador.



Nota: Para realizar maniobras de conexión y desconexión. Foto tomada por el autor, 2024.

Por razones de protección, es usual ubicar estos dispositivos cerca de los reconectores de línea, reconectores de cabecera o reconectores de transferencia. Esta disposición estratégica marca una dirección precisa y perceptible de la manera en la que se desconecta la energía del alimentador. Esta función es muy importante, en particular en condiciones donde los reconectores, al estar encapsulados, no permiten una visualización directa de su estado. La carencia de esta información visual podría generar riesgos durante las actividades de mantenimiento o revisión de las líneas eléctricas. La incorporación de seccionadores tipo barras añade un nivel adicional de seguridad al proceso, disminuyendo las posibilidades de accidente y garantizando un ámbito de labor más protegido para el personal.

En la Figura 3.13, se puede observar el dispositivo Transformix, el cual fue estratégicamente posicionado en el medio del alimentador para realizar mediciones y control de manera eficaz. Este dispositivo tiene un rol importante al posibilitar la supervisión continua de los parámetros eléctricos en el tramo correspondiente del Alimentador.

Figura 3.13 Equipo de medición instalado a la mitad del Alimentador.



Nota: Equipo modelo TMBEA bidireccional. Foto tomada por el autor, 2024.

En la Figura 3.14 se muestra el reconector de transferencia situado en el extremo del Alimentador. Este artefacto funciona similar al reconector de cabecera y al reconector a mitad de línea. Su labor primordial es interconectar dos alimentadores diferentes, específicamente el Alimentador Juan x Marcos, de manera que cuando sea necesario se conecte con otro alimentador.

La función primordial de este reconector de transferencia es apoyar la correcta energización de los tramos, haciendo que se alcance los niveles apropiados de voltaje y potencia correspondientes. Este procedimiento es importante en las situaciones en los que se demandan una transferencia de energía controlada entre alimentadores, esto garantiza la operatividad segura y eficaz del sistema eléctrico. La presencia estratégica del reconector de transferencia en el extremo del Alimentador agrega versatilidad al sistema, posibilitando la correcta interconexión de diferentes tramos para mantener un suministro eléctrico estable y confiable.

Figura 3.14 Reconectador de transferencia ubicado en el final del Alimentador.



Nota: Sirve para realizar transferencias de cargas entre los Alimentadores Juan X Marcos. Foto tomada por el autor, 2024.

En la Figura 3.15 se muestra el Diagrama unifilar en la pantalla del Centro de control de la subestación de la Terminal Terrestre. Este diagrama ofrece una visión más específica de las características fundamentales, por ejemplo, el valor de la corriente y del voltaje del transformador de potencia y de otros dispositivos que están ubicados en la subestación. Las líneas color rojo identifican los 5 alimentadores que están actualmente encendidos, en tanto el cuadro verde a 13.8 kV desde la base. En oposición, las líneas verdes representan los componentes que funcionan a 69 kV, como el disyuntor de potencia, entre otros.

Figura 3.15 Diagrama unifilar de la subestación Terminal Terrestre.



Nota: Los 5 Alimentadores que se derivan. Foto tomada por el autor, 2024.

Este gráfico proporciona a los operadores del Centro de control una percepción en tiempo real y general de la disposición y la condición operativa de la subestación. La identificación precisa de los alimentadores activos y la visualización de los niveles de voltaje y corriente son fundamentales para un monitoreo eficaz. También, tienen la capacidad de distinguir la diferencia entre los niveles de voltaje a 13.8 kV y 69 kV apoya el monitoreo específico de las diferentes partes del sistema eléctrico. La información exhibida en este diagrama es importante para tomar decisiones con base y administrarse de manera exitosa en la subestación.

Capítulo 4: Metodología para el cálculo de pérdidas técnicas por etapa funcional a utilizar en el estudio del Alimentador

Juan x Marcos

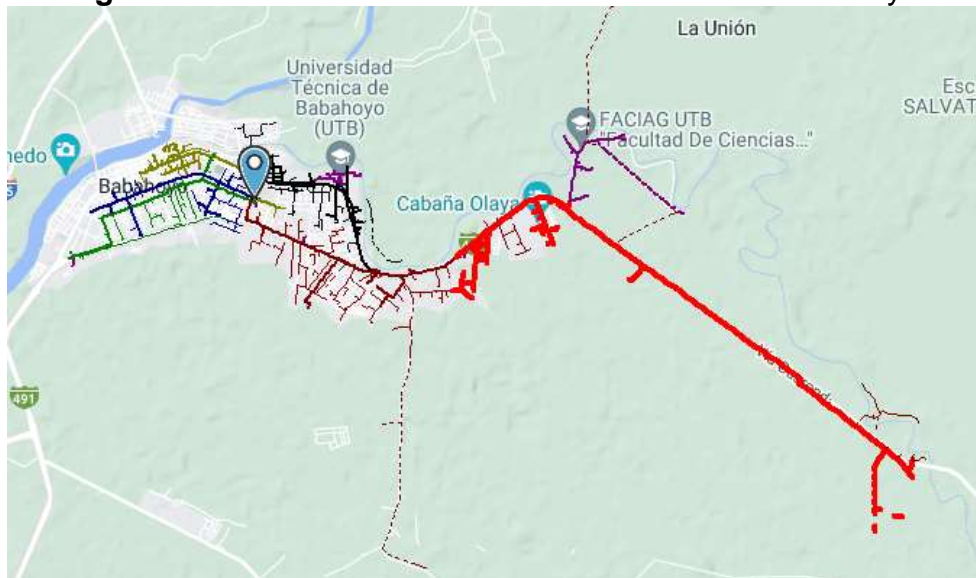
En el siguiente capítulo, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de las pérdidas de potencia y energía en el Alimentador Juan x Marcos, así como en los transformadores de distribución, haciendo uso de la información técnica proporcionada por la base de datos del Sistema de Información Geográfica (SIG). Se emplea un enfoque detallado para determinar las pérdidas en las líneas y transformadores, utilizando la información disponible en el SIG.

Además, se extendió la evaluación para abordar las pérdidas de potencia y energía en las redes de baja tensión, acometidas, alumbrado público y medidores. Para ello se utilizó un modelo de circuito secundario extendido al instrumento, aprovechando la información detallada contenida en la biblioteca SIG. Este análisis integral permite la identificación precisa de fuentes de pérdidas en diferentes componentes del sistema eléctrico, proporcionando una base sólida para implementar estrategias específicas destinadas a reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia general del sistema.

En la Figura 4.1 se puede observar el trazado del alimentador de manera panorámica a través de imágenes satelitales, lo cual permite visualizar claramente su recorrido en la zona urbana. Este alimentador eléctrico, designado como urbano, suministra energía a diversos tipos de clientes, incluyendo los industriales, especiales, comerciales y residenciales

presentes en la ciudad de Babahoyo. Es relevante subrayar que la información exhibida proviene de manera precisa y detallada gracias al programa CYME, que proporciona datos fidedignos sobre la infraestructura eléctrica y su distribución en la mencionada localidad.

Figura 4.1 Recorrido del Alimentador eléctrico de Babahoyo



Nota: Trazado de ruta generado por la herramienta CYME. Foto tomada por el autor, 2024.

4.1 Información requerida del alimentador

Para hacer el estudio de las pérdidas de energía en la franja de media tensión, es necesario tener la información mensurada en términos de consumo de energía, además de los datos acerca de la potencia, corriente, voltaje y factor de potencia de cada alimentador. Es fundamental que estos números estén en intervalos de 15 minutos como se observa en la tabla 4.1, para garantizar resultados exactos y representativos. La precisión de la información obtenida es fundamental para llevar a cabo evaluaciones complejas de las pérdidas de energía del sistema de media tensión, que

permiten la identificación de zonas dañadas y la elaboración de estrategias específicas con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas en la distribución eléctrica.

Tabla 4.1 Formato datos de medidores

Fecha	Hora	Voltaje		Corriente			Potencia Activa			Potencia Reactiva			Potencia Aparente			Factor de potencia		
		Vprom	IA	Ib	Ic	kWa	kWb	kWc	kVARa	kVARb	kVARc	kVAa	kVAb	kVAc	PF sign a	PF sign b	PF sign c	
	00:00																	
	00:15																	
	00:30																	
	00:45																	
	01:00																	
	01:15																	
	01:30																	
	01:45																	

Nota: Modelo estándar para datos del medidor. Elaborado por el Autor, 2024.

A continuación, se detallan los aspectos fundamentales por alimentador:

- Redes de Media Tensión aéreas.
 - i. Longitud de líneas monofásicas, bifásicas y trifásicas.
 - ii. Extensión de líneas detallada según el tipo de conductor utilizado.

- Redes de Media Tensión subterráneas.
 - i. Longitud de líneas monofásicas, bifásicas y trifásicas.
 - ii. Longitud de líneas específica para cada tipo de conductor.

- Cantidad y capacidad de transformadores organizados por tipo.
- Detalles precisos sobre la cantidad de clientes, consumos eléctricos y tarifas asociadas.
- Cantidad y capacidad de luminarias identificadas por tipo.

La minuciosa recopilación y el análisis detallado de estos aspectos son esenciales para una evaluación completa de cada alimentador. Esto implica

examinar meticulosamente las particularidades propias de las redes de media tensión aéreas y subterráneas, además de la cantidad y capacidad de transformadores, además de los datos exactos acerca de los usuarios y las luminarias que están presentes en cada alimentador. Estos números son fundamentales para ejecutar un plan de negocios y que sea eficaz, ya que mediante ellos se puede determinar con exactitud las áreas de mejoría y las propuestas de acciones para mejorar la performance y reducir las pérdidas de energía de una forma sustentable.

4.2 Factores característicos del alimentador

Para calcular los siguientes parámetros, se empleará la información obtenida a partir de los datos del medidor:

Factor de carga

$$fc = \frac{\text{Energía (mes)}}{D_{max} * 24 * \text{días}} < 1$$

ecuación 1

Factor de pérdida

$$fp = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{D_i * f_{pot_{max}}}{D_{max} * f_{pot_i}} \right)^2}{n}$$

ecuación 2

Factor de utilización

$$fu = \frac{D_{max}}{Kva_{inst} * f_{pot_{max}}}$$

ecuación 3

Estos cálculos son esenciales para determinar la calidad y la capacidad del sistema de electricidad. El parámetro de carga tiene la información de la

utilización de la capacidad límite disponible, en tanto que el parámetro de pérdida tiene la información de la eficiencia del sistema en términos de pérdidas. Por otro lado, el factor de utilización tiene una magnitud que expresa la capacidad de la instalación en relación con la cantidad de capacidad instalada y la potencia máxima que tiene disponible. Estas métricas tienen un rol significativo dentro de la administración eficaz de la red de electricidad, posibilitando la identificación de zonas de progreso y la utilización de métodos específicos para aumentar la eficiencia.

Donde:

- **fc**= factor de carga del mes de análisis
- **fp**= factor de pérdidas del mes de análisis.
- **fu**= factor de utilización a demanda máxima.
- **Di**= demanda del intervalo i
- **Dmax**= demanda máxima del alimentador en el mes de análisis.
- **Kva_inst**= son los kVA instalados del alimentador
- **fpoti**= factor de potencia en el intervalo i
- **fpotmax**= factor de potencia a demanda máxima

4.3 Consideraciones generales en las pérdidas de potencia en medio voltaje

- 1) Los flujos de carga de los circuitos primarios deben realizarse en condiciones normales de funcionamiento de cada circuito. Debiendo hacerse extensivos al análisis de las demandas de los diferentes puntos de medición.

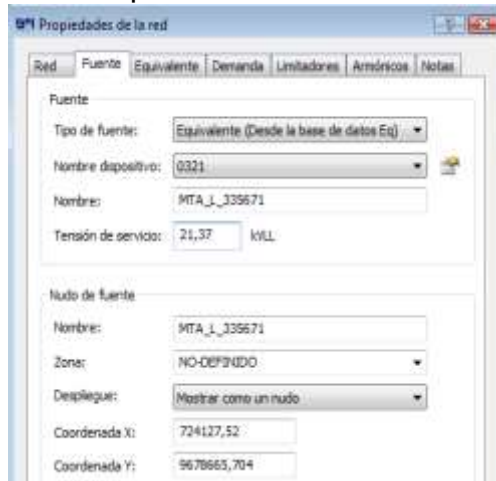
- 2) Si existen transferencias de carga en un circuito por un período mayor a 7 días, se deberá considerar esta como la nueva topología de red para el análisis, caso contrario, las demandas de este período serán sustituidas por registros de la semana anterior.
- 3) Se debe validar los resultados de los estudios mediante su comparación con los registros de las operaciones realizadas por el área operativa de la regional.
- 4) Es necesario y obligatorio que las áreas técnicas de distribución de todas las Regionales mantengan un registro de las operaciones realizadas en los equipos de la red con base en la información del Sistema de Información Geográfica (SIG).
- 5) En el caso de que la medición del mes del alimentador no sea válida (daño del medidor o errores en la recolección de datos), se debe tomar la última medición válida.
- 6) Los equivalentes de la fuente deberán ser obtenidos a partir del secundario del transformador de potencia de la subestación de distribución. El voltaje de servicio a ingresar corresponde al de la hora de la demanda máxima.

4.4 Procedimiento en Arcgis-Cymdist y Cymdist

El proceso implica la utilización de la interfaz ArcGIS-Cymdist, seguido por la ejecución de Cymdist mediante una serie de pasos específicos. La metodología contempla la integración de ambas herramientas, ArcGIS y Cymdist, para llevar a cabo un análisis detallado y preciso de la red eléctrica. La primera fase del procedimiento consiste en operar la interfaz ArcGIS-

Cymdist, estableciendo así la conexión necesaria para la posterior ejecución del software Cymdist como se observa en la figura 4.2.

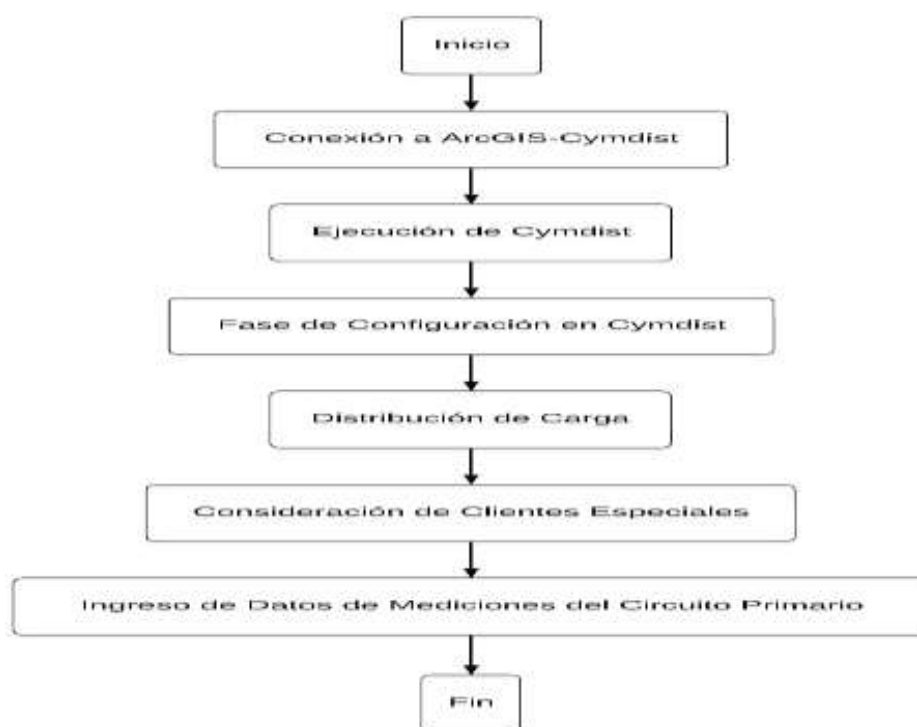
Figura 4.2 Parámetros del equivalente de la fuente en la herramienta CYME



Nota: Propiedades de red del equipo. Foto tomada por el autor, 2024.

En la figura 4.3 se observa los pasos predefinidos en el entorno Cymdist para obtener resultados detallados sobre la distribución eléctrica, permitiendo así una evaluación exhaustiva de los parámetros clave y la identificación de áreas susceptibles a mejoras en la eficiencia y la reducción de pérdidas.

Figura 4.3 Diagrama de flujo de la herramienta CYME

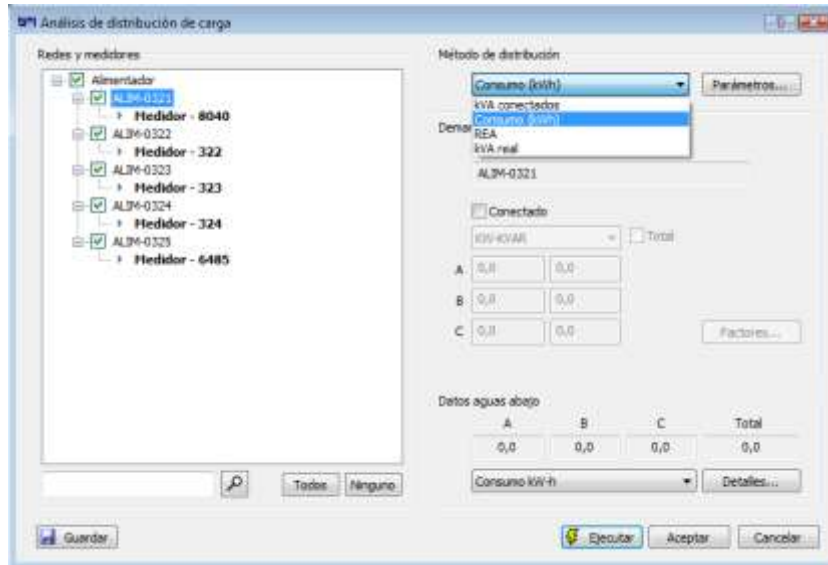


Nota: Secuencia de funcionamiento. Foto tomada por el autor, 2024.

4.4.1 Distribución de carga

Inicialmente se utiliza el método de los kVA conectados, quedando para una siguiente etapa la utilización de los otros métodos disponibles en el software de Análisis Técnico (Consumo, REA, kVA Reales) como se observa en la figura 4.4. La distribución de carga por punto de transformador de distribución instalado se realiza aplicando el método de los kVA conectados con el valor de demanda máxima en el arranque del alimentador en un periodo de un mes.

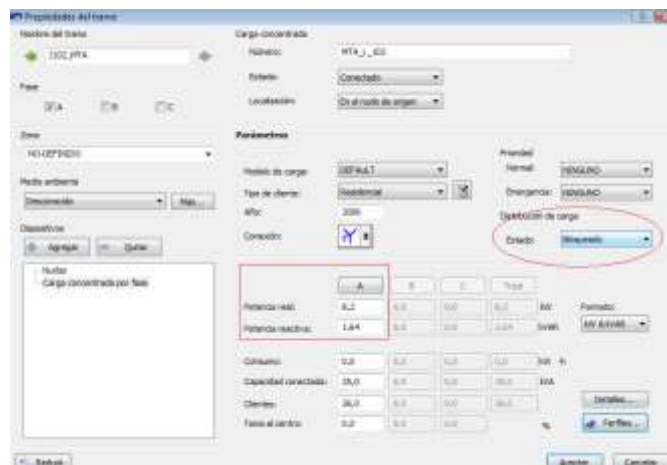
Figura 4.4 Método de distribución de carga en la herramienta CYME



Nota: Análisis de distribución de carga. Foto tomada por el autor, 2024.

En caso de disponer de información de la demanda máxima coincidente de clientes especiales presentes en el alimentador no deberá de considerarse la información disponible para la distribución de carga y se debe de mantener sus datos de lectura como fijos en el Cymdist, en caso de no disponer de la misma se considerará estos transformadores para la distribución de la carga. La pantalla de ingreso de información se presenta en el gráfico 4.5 que se muestra a continuación.

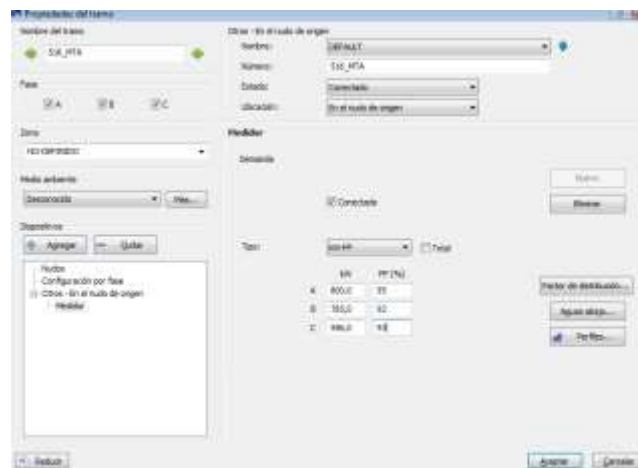
Figura 4.5 Consideración en Clientes especiales en la herramienta CYME



Nota: Configuración de propiedades del tramo. Foto tomada por el autor, 2024.

En caso de disponer de mediciones del circuito primario, estas deben ser consideradas en el proceso, ingresando los registros de la demanda máxima coincidente en el elemento medidor del software de análisis técnico de la herramienta CYME, como se observa en la figura 4.6.

Figura 4.6 Método de distribución de carga en la herramienta CYME



Nota: Continuación de configuraciones de propiedades del tramo. Foto tomada por el autor, 2024.

4.4.2 Flujos de Carga

Durante el procedimiento de calcular las pérdidas técnicas de fuerza en los flujos primarios, es necesario ejecutar una simulación a través del método de Caída de Tensión – Desequilibrada. Este punto de vista implica la utilización de métodos específicos para examinar las pérdidas de fuerza en los canales, combinando la caída de voltaje y las disfunciones del sistema. La simulación, practicada a través de este método, ofrece información específica sobre las pérdidas de potencia en los primeros circuitos, y permite una evaluación precisa de la capacidad del sistema eléctrico. Este análisis es fundamental para encontrar áreas de crecimiento y presentar métodos

específicos para reducir las pérdidas y aumentar la capacidad general del sistema de distribución de energía eléctrica.

4.4.3 Obtención de Reportes

Luego de ejecutar los flujos de carga se debe de generar los siguientes tipos de reportes para la demanda máxima:

- Reporte sumario de red, para obtener los valores de pérdidas de potencia en líneas, cables y transformadores de distribución.
- Reporte de pérdidas en vacío de los transformadores de distribución instalados en la red.
- Reporte de pérdidas de cobre de los transformadores de distribución instalados en la red.

4.5 Pérdidas de potencia en bajo voltaje

4.5.1 Consideraciones generales

EL SIG debe proporcionar la información referente a la red de bajo voltaje de los alimentadores. La información requerida es la siguiente:

- Cantidad de transformadores de distribución por kVA.
- KM de líneas en bajo voltaje por calibre de conductor.
- Cantidad de luminarias por potencia y tipo.
- Cantidad de acometidas por calibre de conductor.
- Total, de consumidores conectados al alimentador y tipos de medidores. Aclarándose que no todos los consumidores tienen medidores.

4.5.2 Pérdidas en redes secundarias

Para calcular las pérdidas técnicas en el secundario del alimentador se debe realizar lo siguiente:

- 1) Con los datos obtenidos de conductores, se debe establecer que conductor tiene mayor porcentaje en relación con el total de kM de líneas secundarias, esto con la finalidad de determinar el conductor del modelo de red secundaria a utilizar.
- 2) Dependiendo de los porcentajes de kM de líneas se debe dividir a la red en al menos tres modelos que representen un mayor porcentaje. A continuación, en la tabla 4.2 se presenta un resultado.

Tabla 4.2 Selección de conductor predominante en base a las magnitudes de voltaje, corriente y demanda de consumo alimentador eléctrico Juan x Marcos de la herramienta CYME

ACSR.1/0	0.258	11.00%
ACSR.2	1.685	71.82%
ACSR.4	0.029	1.24%
ASC.4	0.029	1.24%
CON.Cu.2x8	0.08	3.41%
MUL.Al.3x6	0.252	10.74%
TW.Cu.2	0.012	0.51%
TW.Cu.4	0.001	0.04%

Nota: Porcentajes de los conductores. Elaborado por el Autor, 2024.

De la tabla anterior se debe seleccionar los conductores con mayor porcentaje en las redes, los mismos que se los ponderan al 100 % de los kM de líneas de secundarios totales con los cuales se establece el modelo como se observa en la tabla 4.3. Al igual que con los conductores se debe de establecer la capacidad predominante de los transformadores de distribución, con la finalidad de asociar a los conductores seleccionados en el paso anterior, usando las mismas consideraciones.

Tabla 4.3 Selección de transformador Predominante para los circuitos de baja tensión con la herramienta GIS (sistema de información geográfica)

kVA Monofasico	Cantidad	Porcentaje
-	4	1.03%
5	42	10.77%
10	69	17.69%
15	85	21.79%
25	107	27.44%
37.5	49	12.56%
50	33	8.46%
75	1	0.26%
	390	100.00%

Nota: Tabla de valores kVA Monofásicos. Elaborado por el Autor, 2024.

De la tabla anterior se debe seleccionar los transformadores con mayor porcentaje de transformadores, los mismos que se los ponderan al 100 % de los transformadores de distribución monofásicos totales como se observa en la tabla 4.4. El siguiente paso para realizar es definir los circuitos de secundarios que se obtienen con los conductores y transformadores seleccionados, un tipo de secundario puede tener más de un transformador y el porcentaje de participación de los transformadores en los km de líneas dependerá del criterio del analista.

Tabla 4.4 Selección de participación de Transformadores en circuitos

<i>Conductor</i>	ASC.3/0
<i>Resistencia ohm/km</i>	0.336
<i>% Longitud total</i>	100%
<i>Longitud(m)</i>	5260.0
<i>Carga</i>	15% - Transformadores 25 kva
	25% - Transformadores 37.5 kva
	60% - Transformadores 50 kva

Nota: Especificaciones de transformador. Elaborado por el Autor, 2024.

Con el factor de carga y el porcentaje de pérdidas del primario del alimentador se procede a calcular los kW de cada transformador seleccionado y se usa este valor para los cálculos de pérdidas de potencia en el secundario. Por ejemplo, para el transformador de 50 kVA como se observa en la tabla 4.5, el procedimiento sería el siguiente:

$$kVA_{primario} = kVA * \text{factor de utilización}$$

ecuación 4

$$kW_{primario} = kVA_{primario} * \cos\phi, \quad \text{donde } \cos\phi = 0,9$$

ecuación 5

$$kW_{carga} = kW_{primario} - kW_{primario} * \%p\u00e9rdidas \text{ primario}$$

Ecuación 6

Tabla 4.5 Calculo de kw por Transformador

Transformador [kva]	kva	kw	kw-% perd.	Cantidad
25	16.81	15.13	14.09	230
37.5	25.22	22.70	21.14	334
50	33.63	30.26	28.18	254

Nota: Especificaciones técnicas de los transformadores. Elaborado por el Autor, 2024.

Con los modelos de secundarios definidos, se procede a calcular las pérdidas de potencia en el secundario, el cual se basa en definir un circuito modelo para cada transformador seleccionado, donde la carga a utilizar en cada punto dependerá de los siguientes índices:

- Longitud /cantidad circuito secundario
- Distancia entre postes secundarios

- Resistencia del cable

Estos valores sirven para calcular los kW/pto. carga que se define como:

$$kW/pto.carga = \left\{ \frac{kWcarga}{\left(\frac{\text{metros}}{\frac{\text{cantidad circuito secundario}}{\text{distancia entre postes secundarios}}} \right)} \right\}$$

ecuación 7

Con los kW/pto.carga se procede a realizar el cálculo de pérdidas de potencia del secundario modelando una red de baja tensión como se observa en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Calculo de kw por punto de carga

Transformador	Longitud mts	Cant. Ctos	mts/ctos	Dist pte-pte mts	Carga	resistencia	Kw /pto. Carga
25	789	12	65.21	35	2	0.0118	5.17
37.5	1,315	31	42.69	35	2	0.0118	7.75
50	3,156	67	47.03	35	2	0.0118	10.33

Nota: Especificaciones técnicas de los transformadores. Elaborado por el Autor, 2024.

4.6 Pérdidas en alumbrado público

Al igual que con los conductores de bajo voltaje y transformadores se debe establecer que capacidad y tipo de luminaria es la predominante en el alimentador, esto con la finalidad de asociar a los transformadores seleccionados en el paso anterior, usando la luminaria que tenga mayor porcentaje representativo en cuanto a cantidad. En la tabla 4.7 se presenta un ejemplo con datos de un alimentador.

Tabla 4.7 Selección de Luminaria Predominante

ATACAMES	Cantidad	Potencia	Porcentaje
Lum. 120V Na 100W	353	100	49%
Lum. 120V Na 150W	210	150	29%
Lum. 240V Na 250W	147	250	21%
Proy. 240V Na 250W	4	250	1%
	714	750	100%

Nota: Especificaciones de iluminaria. Elaborado por el Autor, 2024.

El porcentaje de participación se tiene que ponderar al 100 % de las luminarias totales. La luminaria seleccionada será la que se va a usar en todos los circuitos tipos realizados en el paso anterior. La potencia en alumbrado público será la suma de potencia de cada luminaria más las pérdidas por accesorios asociadas a la misma, estos valores de pérdidas por accesorio dependerán del tipo de lámpara y su potencia como se aprecia en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Potencia y Pérdidas técnicas en accesorios Luminarias

Tipo	Potencia Nominal (W)	Perdidas Accesorios (W)	Potencia Real (W)
Hg	125	39.6	164.6
	175	59.2	234.2
	250	79.8	329.8
Na	70	11	87.31
	100	15	117.18
	150	19	172.7
	250	33.9	299.92
	400	45.6	437.97

Nota: Especificaciones de iluminaria. Elaborado por el Autor, 2024.

4.7 Pérdidas en acometidas

Para determinar las pérdidas de potencia en acometidas tipo del alimentador se realiza lo siguiente:

- Se extrae los clientes del SIG asociados al alimentador con su respectivo consumo y se los divide en tres grupos, tal como se muestra en la tabla 4.9.

Tabla 4.9 Grupos de Consumo

Rango	kWh
1	0-200
2	200-500
3	>500

Nota: Especificaciones de kWh y rango. Elaborado por el Autor, 2024.

Con los datos de cantidad y consumo de clientes que se encuentren en un alimentador se los ordena en su respectivo un rango y se determina el promedio de kWh de dichos clientes como se observa en la tabla 4.10.

Tabla 4.10 Consumo promedio por Grupos y alimentador

Alimentador	kwh Promedio por Rango		
	Rango		
	1	2	3
20A1	150	350	700
01A2	180	420	900

Nota: Especificaciones del alimentador. Elaborado por el Autor, 2024.

Con los datos obtenidos de acometidas, se debe establecer que conductor tiene mayor porcentaje en relación con el total de km de acometidas, esto con la finalidad de determinar que calibre se usará con los rangos de consumos promedios obtenidos como se observa en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Selección de acometida predominante

PUERTO LIBRE	Distancia km	%
CON.AI.2x6	0.634	42.24%
CON.AI.3x6	0.436	29.05%
CON.Cu.3x6	0.07	4.66%
MUL.AI.2x6	0.179	11.93%
MUL.AI.3x6	0.108	7.20%
THHN.Cu.1/0	0.035	2.33%
THHN.Cu.2/0	0.039	2.60%
Total	1.501	

Nota: Especificaciones de las acometidas. Elaborado por el Autor, 2024.

La energía promedio que se determinó en el paso anterior se debe de llevar a potencia con la siguiente formula:

$$Demanda\ máxima = \frac{Energía\ promedio\ del\ rango}{factor\ de\ carga * Tiempo}$$

Ecuación 8

Tabla 4.12 Tabla de Factores carga y potencia según consumo

Tarifa	Factor Carga	Factor Potencia
0-200	0.519	0.888
200-500	0.452	0.865
>500	0.582	0.893

Nota: Especificaciones de factores de carga y potencia. Elaborado por el Autor, 2024.

Con la demanda máxima y el factor de potencia como se observa en la tabla 4.12, se calcula la corriente para determinar las pérdidas en acometidas, con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{Dmax}{fp * V}$$

$$Pérdidas = I^2R$$

ecuación 9

4.8 Pérdidas en medidores

Para determinar las pérdidas de potencia que aportan los medidores se debe de conocer el tipo y cantidad de medidores que se tiene instalado en los puntos de carga como se observa en la tabla 4.13.

$$Pérdidas\ medidores = Pérdidas * \#medidores$$

ecuación 10

Tabla 4.13 Tabla de Pérdidas en Medidores

Tipo Medidor	Pérdidas, W
Electronico	0.5
Electromecanico	1
Varios Tipos	1

Nota: Especificaciones de los medidores. Elaborado por el Autor, 2024.

4.9 Balance de Energía

El balance energético se compone de las siguientes etapas:

- Energía suministrada por el alimentador
- Pérdidas técnicas de energía en redes de medio y bajo voltaje
- Consumo de clientes y alumbrado público
- Pérdidas no técnicas de energía

4.9.1 Pérdidas técnicas de energía en redes de medio y bajo voltaje

Teniendo ahora los valores de pérdidas de potencia de todos los elementos de la red, con los factores de carga y pérdida se procede a calcular las pérdidas de energía del alimentador y determinar el porcentaje de pérdidas de este.

- Para líneas de media tensión, redes secundarias y acometidas se utiliza la siguiente expresión matemática.

$$P\acute{e}rdidas\ de\ energ\acute{a} = fp * (d\acute{a}as * 24) * P\acute{e}rdidas\ potencia$$

ecuaci3n 11

- Para el caso de los medidores, como tienen p\acute{e}rdidas fijas se debe de usar la siguiente expresi3n matem\aticas.

$$P\acute{e}rdidas\ de\ energ\acute{a} = d\acute{a}as * 24 * P\acute{e}rdidas\ potencia$$

ecuaci3n 12

- Para los transformadores se debe hacer una distinci3n esto es debido a que se tienen p\acute{e}rdidas en vac\edo y p\acute{e}rdidas en cobre.

$$P\acute{e}rdidas\ energ\acute{a} = Po * (24 * d\acute{a}as) + Pcu * fp * (24 * d\acute{a}as)$$

ecuaci3n 13

Se suman todas las p\acute{e}rdidas de energ\acute{a} y estima el porcentaje referido al total de la energ\acute{a} suministrada en un mes, obteniendo de esta manera las p\acute{e}rdidas t\acute{e}cnicas de energ\acute{a}.

4.9.2 Consumos de clientes y alumbrado p\fablico

Las luminarias son consideradas como consumos para la empresa el\ectrica, y los kWh se los calcula de la siguiente manera.

$$Consumo\ de\ luminarias = (d\acute{a}as * 12) * P\acute{e}rdidas\ potencia$$

ecuaci3n 14

Otro consumo que se debe considerar es el de los clientes asociados a la red el\ectrica, este valor depender\á del porcentaje de identificaci3n que se tiene en el alimentador.

4.9.3 Consumos de clientes y alumbrado público

Las pérdidas no técnicas de energía serán la diferencia entre las pérdidas totales de energía y las pérdidas técnicas de energía.

Donde las pérdidas totales son:

$$Pérdidas\ totales = Energía\ entregada - Consumo\ total$$

ecuación 15

Donde las pérdidas no técnicas son:

$$Pérdidas\ no\ técnicas = Pérdidas\ Totales - Pérdidas\ técnicas$$

ecuación 16

4.10 Flujo de carga del Alimentador Juan x Marcos por zona

Estos parámetros del análisis brindan el sustento para realizar un estudio detallado de la capacidad en la distribución de energía eléctrica. El procedimiento de cálculo, la fiabilidad y diversas características valoradas son componentes fundamentales para conseguir resultados exactos e importantes en la investigación de la caída de tensión y desequilibrio en el sistema eléctrico. Estos datos son cruciales para entender y perfeccionar la operatividad del proyecto de distribución de energía en progreso.

En Tabla 4.14 se proporciona una síntesis detallada de la distribución de energía en un sistema eléctrico, destacando las fuentes de generación, las diferentes cargas y las pérdidas correspondientes. Cada sección se divide de la siguiente manera:

Tabla 4.14 Tabla de caída de tensión y desequilibrado

Parámetros del estudio	
Nombre del estudio	
Fecha	05/12/2023
Tiempo	16:29
Nombre del proyecto	Nuevo
Método de cálculo	Caída de tensión - Desequilibrada
Precisión	0,1 %
Factores de carga	Global (P=100,00%, Q=100,00%)
Factores de motor	Como definido
Factores de generador	Como definido
Condensadores shunt	On
Modelo de carga de sensibilidad	De la biblioteca

Nota: Especificaciones de parámetros de tensión. Elaborado por el Autor, 2024.

Fuente (potencia equilibrada):

- Potencia activa (kW): 18105,97
- Potencia reactiva (kvar): 5314,55
- Potencia aparente (kVA): 18869,84
- Factor de potencia (%PF): 95,95%

Esta sección proporciona una vista detallada de la energía generada por las fuentes de alimentación del sistema, destacando la potencia real, reactiva y aparente, así como el factor de potencia.

Lectura de carga (no regulada) y uso de carga (regulada):

- Carga activa (kW): 17662,29 y 17641,11 respectivamente
- Carga reactiva (kvar): 5713,77 y 5708,36 respectivamente
- Carga aparente (kVA): 18563,51 y 18541,69 respectivamente

- Factor de potencia (%PF): 95,15% y 95,14% respectivamente

Estas secciones detallan las cargas del sistema, distinguiendo entre cargas de lectura no reguladas y cargas de uso reguladas, así como información específica sobre potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia.

Condensador de derivación (estabilización de voltaje):

- Potencia reactiva (kvar): -1089,57
- Potencia aparente (kVA): 1089,57
- Factor de potencia (%FP): 0,00%

Esta sección se centra en la contribución de los condensadores en derivación para la corrección del factor de potencia al proporcionar potencia reactiva negativa.

Capacitancia del cable, capacitancia de línea y paralela total:

- Potencia reactiva (kvar): -26,03, -34,06 y -60,09 respectivamente
- Potencia aparente (kVA): 26,03, 34,06 y 60,09 respectivamente
- Factor de potencia (%FP): 0,00%

Representa la contribución de la capacitancia en el sistema, indicando las pérdidas asociadas a la misma.

Pérdida de línea, pérdida de cable, pérdida de carga del transformador y pérdida sin carga del transformador:

- Potencia activa (kW), potencia reactiva (kvar), potencia aparente (kVA) y factor de potencia (%PF) para cada tipo de pérdida.

Desglosa las pérdidas del sistema, destacando las pérdidas en líneas, cables y transformadores, y proporciona información específica sobre potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia asociados a cada tipo de pérdida.

Pérdida total:

- Potencia activa (kW): 464,87
- Potencia reactiva (kvar): 755,85
- Potencia aparente (kVA): 887,36
- Factor de potencia (%FP): 52,39%

Se aprecian las pérdidas totales del sistema, destacando la potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia global debido a todo tipo de pérdidas mencionadas anteriormente.

Tabla 4.15 Distribución de potencia del sistema eléctrico

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	18105,97	5314,55	18869,84	95,95
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	18105,97	5314,55	18869,84	95,95
Carga leída (no regulada)	17662,29	5713,77	18563,51	95,15
Carga utilizada (regulada)	17641,11	5708,36	18541,69	95,14
Condensadores shunt (regulados)	0,00	-1089,57	1089,57	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	17641,11	4618,79	18235,73	96,74
Capacitancia del cable	0,00	-26,03	26,03	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-34,06	34,06	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-60,09	60,09	0,00
Pérdidas en las líneas	219,85	329,00	395,69	55,56
Pérdidas en los cables	3,32	1,09	3,50	94,99
Pérdidas de carga del transformador	102,36	425,76	437,89	23,37
Pérdidas en vacío del transformador	139,34	0,00	139,34	100,00
Pérdidas totales	464,87	755,85	887,36	52,39

Nota: Parámetros de potencia y carga. Elaborado por el Autor, 2024.

En la Tabla 4.15 se describe exhaustivamente diversas condiciones anormales en el sistema eléctrico, así como condiciones de sobrecarga y subtensión. El análisis identifica las fases correspondientes, el número de eventos y los peores escenarios y sus respectivos valores. El desglose detallado es el siguiente:

Situación anormal:

- En la fase A se han registrado 195 eventos anormales, el más grave de los cuales fue identificado como "I1807_MTA" con un valor de 288,56%. Las condiciones anormales en la Fase A excedieron claramente los estándares operativos y el problema era grave.

Sobrecarga:

- En la fase B se han registrado 163 casos de sobrecarga, destacando el peor caso relacionado con "I4134_MTA" con un valor de 281,59%. Esta condición de sobrecarga en la etapa B indica una carga bastante alta en relación con la capacidad nominal del sistema.
- Para la fase C se han registrado 239 eventos de sobrecarga, siendo el caso más grave el relacionado con "56305_MTA" con un valor de 291,82%. Esta condición indica una condición de carga extrema que puede tener un impacto significativo en el funcionamiento del sistema.

Bajo voltaje:

- En la fase A se identificaron 24 eventos de subtensión, siendo el peor caso denominado "IMTA_L_1620" con un valor de 69,69%. Aunque esta

condición indica que el voltaje de la fase A es bajo, no alcanza niveles críticos.

- Para la fase B se registraron 4 eventos de subtensión, el caso más severo asociado a "IMTA_L_2082" con un valor de 94.24%. Este evento indica que el voltaje de la Fase B está por debajo de lo normal.
- Durante la fase C se registraron 715 eventos de subtensión, el más grave de los cuales también estuvo asociado a "IMTA_L_2082" con un valor de 76,89%. Estos eventos en la fase C indican condiciones recurrentes de bajo voltaje, que pueden afectar la estabilidad del sistema.

Sobretensión:

- Para las fases A, B y C no se registraron eventos de sobretensión. La ausencia de condiciones de sobretensión indica que el sistema es relativamente estable en este sentido como se ve en la tabla 4.16.

Tabla 4.16 Condiciones anormales del sistema eléctrico

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	195	I1807_MTA	288,56 %
	B	163	I4134_MTA	281,59 %
	C	239	56305_MTA	291,82 %
Subtensión	A	24	IMTA_L_1620	69,69 %
	B	4	IMTA_L_2082	94,24 %
	C	715	IMTA_L_2082	76,89 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_3432	102,68 %
	B	0	IMTA_L_3702	102,29 %
	C	0	IMTA_L_3780	103,24 %

Nota: Parámetros de sobrecarga, subtensión y sobretensión. Elaborado por el Autor, 2024.

La Tabla 4.17 detalla los costos anuales asociados con las pérdidas del sistema eléctrico, proporcionando costos en kilovatios (kW), megavatios-hora por año (MW-h/año) y costos en miles de dólares (k\$/anal).

Pérdida de línea:

- La pérdida de potencia activa en la línea se estima en 219,85 kW. Sin embargo, el cuadro no proporciona detalles sobre los costos monetarios relevantes o los equivalentes en megavatios-hora.

Pérdida de cable:

- Las pérdidas de cable registradas son de aproximadamente 3,32 kW. Sin embargo, al igual que en el ejemplo anterior, no se especifica información sobre costos anuales o equivalentes en megavatios-hora.

Tabla 4.17 Gastos del sistema eléctrico

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	219,85	0,00	0,00
Pérdidas en los cables	3,32	0,00	0,00
Pérdidas de carga del transformador	102,36	0,00	0,00
Pérdidas en vacío del transformador	139,34	1220,64	122,06
Pérdidas totales	464,87	1220,64	122,06

Nota: Parámetros de pérdidas del sistema. Elaborado por el Autor, 2024.

Pérdida de carga del transformador:

- La pérdida de carga del transformador se calcula como 102,36 kW. Al igual que en el caso anterior, la tabla omite detalles sobre los costos anuales y los equivalentes en megavatios-hora.

Pérdida sin carga del transformador:

- Este componente tiene dos dimensiones: 139,34 kWh perdidos al año y 1220,64 MWh perdidos al año. Los costos anuales asociados con estas pérdidas se estiman en 1.220.600 dólares por año.

Pérdida total:

- La suma global de todas las pérdidas (incluidas las pérdidas de línea, cable, carga y pérdidas sin carga del transformador) se estima en 464,87 kW. Esto equivale a 1220,64 MWh al año con un coste anual asociado de 122,06 k\$/año.

4.11 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T11

La Tabla 4.18 proporciona una evaluación detallada de la distribución de energía en el alimentador ALIM-10TT020T11, teniendo en cuenta diversas fuentes, cargas y pérdidas asociadas. Este análisis detallado proporciona información específica que cubre aspectos clave del sistema eléctrico:

Detalles generales:

- Alimentador: ALIM-10TT020T11
- Fuente: 10TT020T11-S1
- Tensión de fuente: 13,80 kVLL, -120,00 Grad.

Fuente (potencia equilibrada):

- Registrar la potencia equilibrada de la fuente, tanto activa como reactiva. Los valores son 4972,67 kW y 2420,61 kvar respectivamente, dando como resultado una potencia aparente de 5530,54 kVA y un factor de potencia del 89,91%.

Generadores:

- En este caso no hay ningún generador en funcionamiento, por lo que la producción total coincide con el valor de la fuente de equilibrio.

Cargas:

- La carga leída (no regulada) y la carga utilizada (regulada) se cuantifican en 4790,60 kW y 4786,27 kW respectivamente. La potencia reactiva de las dos cargas es de aproximadamente 2160 kvar, la potencia aparente es cercana a los 5250 kVA y el factor de potencia es del 91,15%.

Condensadores y Reactancia:

- No hay condensadores estabilizadores ni reactancias en derivación en esta configuración.

Tabla 4.18 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T11

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	4972,67	2420,61	5530,54	89,91
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	4972,67	2420,61	5530,54	89,91
Carga leída (no regulada)	4790,60	2162,33	5256,00	91,15
Carga utilizada (regulada)	4786,27	2160,38	5251,25	91,15
Condensadores shunt (regulados)	0,00	0,00	0,00	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	4786,27	2160,38	5251,25	91,15
Capacitancia del cable	0,00	-8,65	8,65	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-16,16	16,16	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-24,81	24,81	0,00
Pérdidas en las líneas	117,28	168,71	205,47	57,08
Pérdidas en los cables	0,20	0,06	0,21	95,33
Pérdidas de carga del transformador	28,27	116,28	119,66	23,63
Pérdidas en vacío del transformador	40,65	0,00	40,65	100,00
Pérdidas totales	186,40	285,04	340,58	54,73

Nota: Parámetros de carga de la red del alimentador. Elaborado por el Autor, 2024.

Capacitancia:

- La capacitancia de cable y línea aporta -8,65 kvar y -16,16 kvar respectivamente, para un total de -24,81 kvar. Estos valores representan la potencia reactiva asociada a la capacitancia del sistema.

Pérdidas:

- Las pérdidas en líneas, cables y transformadores se especifican en términos de potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente. Las pérdidas totales se cuantifican en 186,40 kW, 285,04 kvar y 340,58 kVA, dando un factor de potencia global del 54,73%.

La Tabla 4.19 proporciona un análisis integral de las anomalías que pueden ocurrir en los sistemas eléctricos y las segmenta según etapa, número de eventos, situaciones más severas identificadas y sus valores correspondientes. Aquí hay un desglose detallado de cada parte:

Tabla 4.19 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T11

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	43	I28723_MTA	243,44 %
	B	52	I28723_MTA	245,74 %
	C	71	56305_MTA	291,82 %
Subtensión	A	4	IMTA_L_2593	94,94 %
	B	4	IMTA_L_2082	94,24 %
	C	715	IMTA_L_2082	76,89 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_30106	101,74 %
	B	0	IMTA_L_30106	101,56 %
	C	0	IMTA_L_30106	101,52 %

Nota: Parámetros de sobrecarga, subtensión y sobretensión. Elaborado por el Autor, 2024.

Situación anormal:

- Fase A: En esta fase se registraron un total de 43 eventos anormales, siendo el caso más grave designado como "I28723_MTA" con un valor de 243,44%. Esta condición indica que la carga en la fase A es significativamente mayor que su capacidad nominal y existe una situación crítica.

Sobrecarga:

- Fase B: Se han registrado 52 casos de sobrecarga, todos ellos relacionados con el caso más extremo "I28723_MTA" con un valor de 245,74%. Esto indica que la carga es bastante alta en comparación con la capacidad nominal de la fase B.
- Fase C: Se han registrado 71 eventos de sobrecarga, el caso más severo está relacionado con "56305_MTA" con un valor de 291.82%. Esta situación demuestra que las condiciones de carga extremas pueden tener un impacto significativo en el funcionamiento del sistema.

Bajo voltaje:

- Fase A y B: Se han identificado 4 eventos de subtensión para ambas fases, los más severos están relacionados con "IMTA_L_2593" e "IMTA_L_2082" con valores de 94,94% y 94,24% respectivamente. Estos eventos indican que los voltajes en las Fases A y B caen por debajo de los niveles normales.
- Fase C: Se han registrado 715 eventos de subtensión, el caso más severo también está relacionado con "IMTA_L_2082" con un valor de 76,89%.

Estos eventos en la fase C indican condiciones recurrentes de bajo voltaje, que pueden afectar la estabilidad del sistema.

Sobretensión:

- Fase A, B y C: No se registraron eventos de sobretensión en ninguna fase.

La Tabla 4.20 proporciona un análisis detallado de los costos anuales asociados con las pérdidas del sistema eléctrico en kilovatios (kW), megavatios-hora por año (MW-h/año) y costos en miles de dólares (k\$/año).

Tabla 4.20 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T11

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	117,28	0,00	0,00
Pérdidas en los cables	0,20	0,00	0,00
Pérdidas de carga del transformador	28,27	0,00	0,00
Pérdidas en vacío del transformador	40,65	356,07	35,61
Pérdidas totales	186,40	356,07	35,61

Nota: Parámetros de pérdidas del sistema. Elaborado por el Autor, 2024.

Pérdida de línea:

- La potencia activa perdida en la línea asciende a 117,28 kW. En el cuadro no se proporciona información sobre los correspondientes equivalentes en megavatios-hora o los costos anuales.

Pérdida de cable:

- La pérdida del cable se registró como 0,20 kW. Al igual que en el caso anterior, el cuadro omite información sobre costos anuales y equivalentes en megavatios-hora.

Pérdida de carga del transformador:

- Las pérdidas de carga del transformador totalizan 28,27 kW. Como fue el caso antes, la tabla no proporciona detalles sobre los costos anuales o los equivalentes en megavatios-hora.

Pérdida sin carga del transformador:

- Este apartado se divide en dos aspectos: los kWh perdidos al año ascienden a 40,65, mientras que los MWh perdidos al año ascienden a 356,07. El costo anual asociado con estas pérdidas es de \$356,100/año.

Pérdida total:

- La acumulación de todas las pérdidas, incluidas las pérdidas con carga y las pérdidas sin carga en líneas, cables, transformadores, se estima en 186,40 kW. Esto equivale a 356,07 MWh al año con un coste anual asociado de 35,61 k\$/año.

4.12 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T12

La Tabla 4.21 muestra un examen exhaustivo de la distribución de energía en el alimentador ALIM-10TT020T12, teniendo en cuenta diversas fuentes, cargas y sus respectivas pérdidas. La información se analiza en detalle a continuación:

Información general:

- Alimentador: ALIM-10TT020T12
- Fuente: 10TT020T12-S1

- Tensión de fuente: 13,80 kVLL, -120,00 Grad.

Fuente (potencia equilibrada):

- La potencia activa proporcionada por la fuente de alimentación es de 2893,13 kW, la potencia reactiva es de 1147,99 kvar, la potencia aparente es de 3112,57 kVA y el factor de potencia es del 92,95%.

Generadores:

- Sin generadores en funcionamiento, la producción total se mantiene constante según el valor de la fuente de equilibrio.

Tabla 4.21 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T12

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	2893,13	1147,99	3112,57	92,95
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	2893,13	1147,99	3112,57	92,95
Carga leída (no regulada)	2836,57	1428,14	3175,80	89,32
Carga utilizada (regulada)	2836,59	1428,14	3175,82	89,32
Condensadores shunt (regulados)	0,00	-363,11	363,11	0,00
Reactancias shunt (reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	2836,59	1065,02	3029,94	93,62
Capacitancia del cable	0,00	-2,93	2,93	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-6,32	6,32	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-9,26	9,26	0,00
Pérdidas en las líneas	14,32	27,62	31,12	46,03
Pérdidas en los cables	2,06	0,45	2,10	97,71
Pérdidas de carga del transformador	15,55	64,15	66,01	23,55
Pérdidas en vacío del transformador	24,61	0,00	24,61	100,00
Pérdidas totales	56,54	92,22	108,17	52,26

Nota: Parámetros de carga de la red del alimentador. Elaborado por el Autor, 2024.

Carga:

- La carga leída (no regulada) y la carga utilizada (regulada) son de 2836,59 kW, la potencia reactiva es de 1065,02 kvar y la potencia aparente es de 3029,94 kVA. El factor de potencia para ambas cargas es 93,62%.

Condensadores y Reactancia:

- En este caso no se encuentra ningún condensador en derivación estabilizador de tensión ni reactancia en derivación estabilizadora de tensión.

Capacitancia:

- La capacitancia del cable y de la línea aporta -2,93 kvar y -6,32 kvar respectivamente, para un total de -9,26 kvar. Estos valores representan la potencia reactiva asociada a la capacitancia del sistema.

Pérdida:

- Las pérdidas en líneas, cables y transformadores se detallan en la Tabla 4.20. Las pérdidas totales son potencia activa 56,54 kW, potencia reactiva 92,22 kvar, potencia aparente 108,17 kVA y el factor de potencia total es 52,26%.

La Tabla 4.22 proporciona un análisis de energía completo, identificando diversas anomalías que pueden ocurrir en el sistema eléctrico. Proporciona detalles sobre la fase correspondiente, la cantidad de eventos registrados, los peores escenarios identificados y sus valores asociados. Aquí hay una revisión completa de cada sección:

Tabla 4.22 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T12

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	33	I30511_MTA	199,79 %
	B	18	I3371_MTA	199,16 %
	C	61	I3664_MTA	201,18 %
Subtensión	A	0	42339_MTA	99,37 %
	B	0	84459_MTA	99,59 %
	C	0	35829_MTA	98,02 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_3432	102,68 %
	B	0	IMTA_L_4196	102,12 %
	C	0	IMTA_L_4196	102,03 %

Nota: Parámetros de sobrecarga, subtensión y sobretensión. Elaborado por el Autor, 2024.

Situación anormal:

- Fase A: Se registraron 33 eventos anormales, el peor caso se denomina "I30511_MTA" con un valor de 199.79%. Esta condición indica que la fase A está cargada significativamente por encima de su capacidad nominal, lo que resulta en una condición eléctrica crítica.

Sobrecarga:

- Fase B: Se registraron un total de 18 eventos de sobrecarga durante esta fase, siendo el peor caso identificado como "I3371_MTA" con un valor de 199,16%. Esto indica una carga excesiva en relación con la capacidad nominal de la Fase B, lo que puede tener un impacto negativo en la estabilidad del sistema.
- Fase C: Se han registrado 61 eventos de sobrecarga, el peor caso está relacionado con "I3664_MTA" con un valor de 201,18%. Esta situación indica una carga extrema en la etapa C, que puede tener un impacto significativo en el funcionamiento del sistema.

Bajo voltaje:

- Fase A, B y C: No se registraron eventos de subtensión en ninguna fase, lo que indica que el voltaje se mantuvo dentro del rango normal durante el período de análisis.

Sobretensión:

- Fases A, B y C: No se registraron eventos de sobretensión en ninguna fase, lo que indica que la tensión no superó los niveles normales durante el período de observación.

La Tabla 4.23 proporciona un análisis detallado de los costos anuales asociados con las pérdidas del sistema eléctrico en kilovatios (kW), megavatios-hora por año (MW-h/año) y miles de dólares (k\$/año). A continuación, se muestra cada sección:

Tabla 4.23 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T12

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	14,32	0,00	0,00
Pérdidas en los cables	2,06	0,00	0,00
Pérdidas de carga del transformador	15,55	0,00	0,00
Pérdidas en vacío del transformador	24,61	215,60	21,56
Pérdidas totales	56,54	215,60	21,56

Nota: Parámetros de pérdidas del sistema. Elaborado por el Autor, 2024.

Pérdida de línea:

- La potencia activa perdida en la línea se estima en 14,32 kW. Aunque no se detallan los equivalentes en MWh, cabe señalar que, según la información de la tabla, estas pérdidas no generan costos adicionales.

Pérdida de cable:

- Las pérdidas del cable alcanzan los 2,06 kW. Al igual que en el caso anterior, no se proporciona información sobre costos anuales o MWh equivalentes, y según la tabla estas pérdidas no implican costos económicos.

Pérdida de carga del transformador:

- Las pérdidas de carga del transformador se estiman en 15,55 kW. Como ocurría antes, el cuadro no proporciona detalles sobre los costos anuales o los equivalentes en megavatios-hora y, según el cuadro, estas pérdidas no se traducen en costos monetarios.

Pérdida sin carga del transformador:

- El segmento se divide en dos aspectos: la pérdida anual (kW) es de 24,61, mientras que la pérdida anual (MWh) es de 215,60. El coste anual asociado a estas pérdidas es de 21,56 k\$/año.

Pérdida total:

- Las pérdidas totales, incluyendo pérdidas en carga y pérdidas en vacío de líneas, cables, transformadores, se cuantifican en 56,54 kW. MWh al año equivale a 215,60, con un coste anual asociado de 21,56 k\$/año.

4.13 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T13

La Tabla 4.24 detalla la distribución de energía en el alimentador ALIM-10TT020T13, teniendo en cuenta diversas fuentes, cargas y pérdidas asociadas. Un análisis exhaustivo de cada elemento relevante del sistema:

Información general:

- Alimentador: ALIM-10TT020T13
- Fuente: 10TT020T13-S1
- Tensión de Fuente: 14.80 kVLL, -120.00 Grad.

Fuente (potencia equilibrada):

- La potencia activa de la fuente de alimentación es de 3392,42 kW, la potencia reactiva es de 6,62 kvar y la potencia aparente es de 3392,43 kVA, dando como resultado un factor de potencia perfecto del 100,00%.

Generadores:

- La falta de generador mantiene la producción total consistente con el valor de la fuente de balance.

Carga:

- Los valores mostrados de carga leída (no regulada) y carga utilizada (regulada) son 3312,18 kW y 3307,03 kW respectivamente, y la potencia reactiva es cercana a los 280 kvar. La potencia aparente de ambas cargas es de aproximadamente 3324 kVA, manteniendo un factor de potencia elevado del 99,64%.

Condensadores y Reactancia:

- Este escenario no considera condensadores ni reactancias en derivación estabilizadoras de tensión.

Capacidad:

- Incide negativamente la capacitancia del cable y de la línea, -13,49 kvar y -3,72 kvar respectivamente, para un total de -17,21 kvar. Estos valores representan la potencia reactiva asociada a la capacitancia del sistema.

Pérdida:

- Las pérdidas en líneas, cables y transformadores se detallan en la tabla. Las pérdidas totales son potencia activa 85,39kW, potencia reactiva 105,23kvar, potencia aparente 135,51kVA y el factor de potencia total es 63,01%.

Tabla 4.24 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T13

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	3392,42	6,62	3392,43	100,00
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	3392,42	6,62	3392,43	100,00
Carga leída (no regulada)	3312,18	280,47	3324,04	99,64
Carga utilizada (regulada)	3307,03	280,04	3318,87	99,64
Condensadores shunt (regulados)	0,00	-361,44	361,44	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	3307,03	-81,40	3308,03	-99,97
Capacitancia del cable	0,00	-13,49	13,49	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-3,72	3,72	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-17,21	17,21	0,00
Pérdidas en las líneas	36,94	43,55	57,10	64,69
Pérdidas en los cables	1,07	0,58	1,21	87,80
Pérdidas de carga del transformador	14,34	61,10	62,76	22,85
Pérdidas en vacío del transformador	33,04	0,00	33,04	100,00
Pérdidas totales	85,39	105,23	135,51	63,01

Nota: Parámetros de carga de la red del alimentador. Elaborado por el Autor, 2024.

La Tabla 4.25 proporciona un análisis detallado de posibles situaciones anormales en los sistemas eléctricos, brindando información básica sobre las etapas correspondientes, frecuencia de ocurrencia, identificación de las situaciones más críticas y sus valores asociados. Aquí hay una revisión exhaustiva de cada sección:

Tabla 4.25 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T13

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	24	I3968_MTA	160,19 %
	B	29	I3941_MTA	160,92 %
	C	35	I3958_MTA	160,18 %
Subtensión	A	8	IMTA_L_3965	80,70 %
	B	0	IMTA_L_3965	97,61 %
	C	0	42810_MTA	98,86 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_3702	102,29 %
	B	0	IMTA_L_3702	102,29 %
	C	0	IMTA_L_3780	103,24 %

Nota: Parámetros de sobrecarga, subtensión y sobretensión. Elaborado por el Autor, 2024.

Situación anormal:

- Fase A: Se han registrado 24 eventos anormales, el más crítico es "I3968_MTA" con un valor de 160.19%. Este indicador indica que la Fase A está experimentando una carga que excede significativamente su capacidad nominal, creando una condición eléctricamente crítica.

Sobrecarga:

- Fase B: Se registraron un total de 29 eventos de sobrecarga durante esta fase, siendo el peor caso identificado como "I3941_MTA" con un valor de 160,92%. Este número indica una carga excesiva en relación con la

capacidad nominal de la Fase B, lo que puede tener un impacto negativo en la estabilidad del sistema.

- Fase C: Se han registrado 35 eventos de sobrecarga, el peor caso está relacionado con "I3958_MTA" con un valor de 160,18%. Esta situación indica una carga extrema en la etapa C, que puede tener un impacto significativo en el funcionamiento del sistema.

Bajo voltaje:

- Fase A: Durante esta fase se han registrado 8 eventos de subtensión, siendo el peor caso identificado como "IMTA_L_3965" con un valor del 80,70%. Estos eventos indican que el voltaje de la Fase A cae por debajo de los niveles normales, lo que puede afectar la estabilidad del sistema.

Sobretensión:

- Fase B y C: No se registraron eventos de sobretensión en ninguna fase, lo que indica que el voltaje se mantuvo dentro del rango normal durante el período de análisis.

La Tabla 4.26 proporciona una evaluación detallada de los costos anuales asociados con las pérdidas del sistema eléctrico en kilovatios (kW), megavatios-hora por año (MW-h/año) y miles de dólares (k\$/anual). Cada sección se desglosa en detalle a continuación:

Pérdida de línea:

- La potencia activa perdida en la línea se cuantifica en 36,94 kW. Aunque no se especifican los equivalentes de MWh, es importante señalar que en la tabla no se incurre en costos asociados con estas pérdidas.

Tabla 4.26 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T13

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	36,94	0,00	0,00
Pérdidas en los cables	1,07	0,00	0,00
Pérdidas de carga del transformador	14,34	0,00	0,00
Pérdidas en vacío del transformador	33,04	289,47	28,95
Pérdidas totales	85,39	289,47	28,95

Nota: Parámetros de pérdidas del sistema. Elaborado por el Autor, 2024.

Pérdida de cable:

- Las pérdidas del cable ascienden a 1,07 kW. Como en el caso anterior, no se proporciona información sobre costos anuales o equivalentes de MWh, y en la tabla no se incurre en costos monetarios asociados con estas pérdidas.

Pérdida de carga del transformador:

- La pérdida de carga del transformador se cuantifica en 14,34 kW. Como en el caso anterior, la información sobre costos anuales y equivalentes de megavatios-hora no se incluye en la tabla y no se incurre en costos monetarios en relación con estas pérdidas.

Pérdida sin carga del transformador:

- Esta parte se divide en dos aspectos: la pérdida de kWh al año asciende a 33,04, mientras que la pérdida de MWh al año asciende a 289,47. El coste anual asociado a estas pérdidas es de 28,95 k\$/año.

Pérdida total:

- La suma de todas las pérdidas (incluyendo pérdidas de línea, cable, carga y pérdidas en vacío del transformador) se cuantifica en 85,39 kW. MWh al año equivale a 289,47, con un coste anual asociado de 28,95 k\$/año.

4.14 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T14

La Tabla 4.27 proporciona un análisis detallado de la distribución de energía en el alimentador ALIM-10TT020T14, teniendo en cuenta diversas fuentes, cargas y pérdidas asociadas. A continuación, se muestra un análisis detallado de cada componente:

Información general:

- Alimentador: ALIM-10TT020T14
- Fuente: 10TT020T14-S1
- Tensión de Fuente: 14.80 kVLL, -120.00 Grad.

Fuente (potencia equilibrada):

- La potencia activa de la fuente de alimentación es 3398,71 kW, la potencia reactiva es 485,72 kvar, la potencia aparente es 3433,24 kVA y el factor de potencia es 98,99%.

Generadores:

- Ningún generador está funcionando, manteniéndose la producción total consistente con el valor de la fuente de balanceo.

Tabla 4.27 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T14

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	3398,71	485,72	3433,24	98,99
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	3398,71	485,72	3433,24	98,99
Carga leída (no regulada)	3350,59	748,86	3433,25	97,59
Carga utilizada (regulada)	3339,02	746,28	3421,40	97,59
Condensadores shunt (regulados)	0,00	-365,02	365,02	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	3339,02	381,26	3360,71	99,35
Capacitancia del cable	0,00	-0,56	0,56	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-4,13	4,13	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-4,68	4,68	0,00
Pérdidas en las líneas	18,47	28,17	33,69	54,84
Pérdidas en los cables	0,00	0,00	0,00	82,76
Pérdidas de carga del transformador	18,50	80,98	83,06	22,27
Pérdidas en vacío del transformador	22,72	0,00	22,72	100,00
Pérdidas totales	59,69	109,15	124,40	47,98

Nota: Parámetros de carga de la red del alimentador. Elaborado por el Autor, 2024.

Carga:

- La carga leída (no regulada) y carga utilizada (regulada) son 3350,59 kW y 3339,02 kW respectivamente, y la potencia reactiva es aproximadamente 748,86 kvar. La potencia aparente de las dos cargas es de aproximadamente 3433,25 kVA con un factor de potencia del 97,59%.

Condensadores y Reactancia:

- En este caso, no se registra ningún condensador en derivación estabilizador de tensión ni reactancia en derivación estabilizadora de tensión.

Capacitancia:

- La capacitancia del cable y de la línea aporta -0,56 kvar y -4,13 kvar respectivamente, para un total de -4,68 kvar. Estos valores representan la potencia reactiva asociada a la capacitancia del sistema.

Pérdida:

- Las tablas detallan las pérdidas de línea, cable y transformador. Las pérdidas totales son potencia activa 59,69kW, potencia reactiva 109,15kvar, potencia aparente 124,40kVA y el factor de potencia total es 47,98%.

La Tabla 4.28 proporciona un análisis detallado de las anomalías que pueden ocurrir en los sistemas eléctricos, proporcionando información básica sobre las fases correspondientes, frecuencia de ocurrencia, peores escenarios identificados y sus valores asociados. A continuación, se examina cada parte en detalle:

Tabla 4.28 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T14

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	47	I20642_MTA	206,72 %
	B	34	I14279_MTA	273,75 %
	C	47	I20642_MTA	207,44 %
Subtensión	A	12	IMTA_L_1620	69,69 %
	B	0	IMTA_L_1894	97,41 %
	C	0	20642_MTA	98,80 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_204086	102,20 %
	B	0	IMTA_L_61684	102,14 %
	C	0	IMTA_L_20270	102,01 %

Nota: Parámetros de sobrecarga, subtensión y sobretensión. Elaborado por el Autor, 2024.

Situación anormal:

- Fase A: Se registraron un total de 47 eventos anormales, la escena más crítica se denomina "I20642_MTA" con un valor de 206.72%. Este indicador indica que la fase A está experimentando una carga que supera significativamente su capacidad nominal, generando una situación de suma relevancia en términos de potencia.

Sobrecarga:

- Fase B: Se registraron un total de 34 eventos de sobrecarga durante esta fase, siendo el caso más destacado "I14279_MTA" con un valor de 273,75%. Este número refleja una carga excesiva en relación con la capacidad nominal de la Fase B, lo que puede afectar negativamente la estabilidad del sistema.
- Fase C: Se han registrado 47 eventos de sobrecarga, el peor caso está relacionado con "I20642_MTA" con un valor de 207,44%. Esta situación representa una carga extremadamente alta en la etapa C, lo que puede tener un impacto significativo en el funcionamiento del sistema.

Bajo voltaje:

- Fase B: No se registraron eventos de subtensión durante esta fase.
- Fase C: Nuevamente, no se reportan eventos de subtensión en esta fase.

Sobretensión:

- Fase B y C: No se registraron eventos de sobretensión en ninguna fase, lo que indica que el voltaje se mantuvo dentro del rango normal.

La Tabla 4.29 detalla los costos anuales asociados con las pérdidas del sistema eléctrico expresados en kilovatios (kW), megavatios-hora por año (MW-h/año) y miles de dólares (k\$/año). A continuación, se da una evaluación completa de cada sección:

Tabla 4.29 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T14

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	18,47	0,00	0,00
Pérdidas en los cables	0,00	0,00	0,00
Pérdidas de carga del transformador	18,50	0,00	0,00
Pérdidas en vacío del transformador	22,72	199,03	19,90
Pérdidas totales	59,69	199,03	19,90

Nota: Parámetros de pérdidas del sistema. Elaborado por el Autor, 2024.

Pérdida de línea:

- Se registró una pérdida de potencia activa en la línea de 18,47 kW. Es importante señalar que, según la información del cuadro, estas pérdidas no generan ningún costo monetario.

Pérdida de cable:

- No se detectaron pérdidas en el cable, lo que indica que no existen costos asociados a pérdidas de potencia activa en esta parte particular del sistema.

Pérdida de carga del transformador:

- Las pérdidas de carga del transformador se cuantifican en 18,50 kW. Aunque no se proporciona información sobre costos anuales o

equivalentes de MWh, se debe enfatizar que no existen costos monetarios asociados con estas pérdidas según la tabla.

Pérdida sin carga del transformador:

- La pérdida de potencia activa anual es de 22,72 kW y la pérdida de energía equivale a 199,03 MWh. Los costos anuales asociados con estas pérdidas se estiman en 199 millones de dólares al año.

Pérdida total:

- La suma de todas las pérdidas (incluidas las pérdidas de línea, las pérdidas con carga del transformador y las pérdidas sin carga del transformador) es 59,69 kW de potencia activa. El equivalente de MWh al año se determinó en 199,03 y el coste anual asociado se estimó en 19,90 k\$/año.

4.15 Flujo de carga del Alimentador ALIM-10TT020T15

La Tabla 4.30 proporciona un desglose detallado de la distribución de energía en un alimentador ALIM-10TT020T15, teniendo en cuenta diversas fuentes de energía, cargas y las correspondientes pérdidas asociadas. Este análisis integral se centra en cada componente del sistema eléctrico para proporcionar una comprensión integral. Aquí hay una descripción ampliada de cada sección:

Información general:

- Fuente de alimentación: se refiere a ALIM-10TT020T15, un componente clave del sistema eléctrico.

- Fuente: Identificada como 10TT020T15-S1, esta fuente contribuye a la estabilidad del sistema.
- Tensión de Alimentación: Con un valor de 13,80 kVLL y un ángulo de fase de -120,00 grados, esta información proporciona detalles básicos sobre la fuente de alimentación.

Tabla 4.30 Flujo de carga por red ALIM-10TT020T15

Resumen total	kW	kvar	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	3449,04	1253,60	3669,80	93,98
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	3449,04	1253,60	3669,80	93,98
Carga leída (no regulada)	3372,35	1093,97	3545,36	95,12
Carga utilizada (regulada)	3372,20	1093,53	3545,07	95,12
Condensadores shunt (regulados)	0,00	0,00	0,00	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	3372,20	1093,53	3545,07	95,12
Capacitancia del cable	0,00	-0,40	0,40	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-3,73	3,73	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-4,13	4,13	0,00
Pérdidas en las líneas	32,83	60,95	69,23	47,42
Pérdidas en los cables	0,00	0,00	0,00	80,31
Pérdidas de carga del transformador	25,70	103,26	106,41	24,15
Pérdidas en vacío del transformador	18,32	0,00	18,32	100,00
Pérdidas totales	76,85	164,21	181,30	42,39

Nota: Parámetros de carga de la red del alimentador. Elaborado por el Autor, 2024.

Fuente (potencia equilibrada):

- El aporte energético de potencia activa es de 3449,04kW, la potencia reactiva es de 1253,60kvar, la potencia aparente es de 3669,80kVA y el factor de potencia estable se mantiene en 93,98%.

Generadores:

- Ningún generador está funcionando, lo que significa que la producción total sigue siendo consistente con el valor de la fuente de equilibrio.

Carga:

- La carga de lectura (no regulada) y la carga utilizada (regulada) alcanzan valores de 3372,35 kW y 3372,20 kW respectivamente. La potencia reactiva asociada es de aproximadamente 1093,97 kvar. La potencia aparente de las dos cargas es de aproximadamente 3545,07 kVA, con un factor de potencia elevado del 95,12%.

Condensadores y Reactancia:

- En este caso, no se detecta la presencia de un condensador shunt estabilizador de tensión o de una reactancia shunt estabilizadora de tensión.

Capacitancia:

- Aporte de capacitancia de cable y línea -0,40 kvar y -3,73 kvar, totalizando -4,13 kvar. Estos valores representan la potencia reactiva asociada a la capacitancia del sistema.

Pérdida:

- El análisis de pérdidas muestra que las pérdidas totales, incluyendo pérdidas de línea, cable y transformador, son de potencia activa 76,85 kW, potencia reactiva 164,21 kvar y potencia aparente 181,30 kVA. El factor de potencia global fue del 42,39%, proporcionando información clave para

evaluar la eficiencia del sistema y tomar medidas estratégicas para optimizar su rendimiento.

La Tabla 4.31 proporciona un análisis integral de posibles anomalías en los sistemas eléctricos, detallando las fases correspondientes, conteo de eventos, situaciones más severas identificadas y sus respectivos valores. A continuación, se muestra un análisis detallado de cada parte:

Tabla 4.31 Condiciones anormales del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T15

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	48	I1807_MTA	288,56 %
	B	30	I4134_MTA	281,59 %
	C	25	I4166_MTA	282,29 %
Subtensión	A	0	203765_MTA	97,03 %
	B	0	1581_MTA	98,69 %
	C	0	4177_MTA	99,27 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_20272	101,65 %
	B	0	IMTA_L_124431	101,99 %
	C	0	IMTA_L_4093	101,88 %

Nota: Parámetros de sobrecarga, subtensión y sobretensión. Elaborado por el Autor, 2024.

Situación anormal:

- Fase A: En esta fase se registraron un total de 48 eventos anormales, el peor de los cuales fue "I1807_MTA" con un valor de 288,56%. Este indicador indica que la carga de la fase A excede significativamente su capacidad nominal, resultando en una situación de energía crítica.

Sobrecarga:

- Fase B: En esta fase se registraron un total de 30 eventos de sobrecarga, el peor caso se identificó como "I4134_MTA" con un valor de 281,59%.

Este número indica una carga excesiva en relación con la capacidad nominal de la Fase B, lo que puede tener un impacto negativo en la estabilidad del sistema.

- Fase C: Se han registrado 25 eventos de sobrecarga, el peor caso está relacionado con "I4166_MTA" con un valor de 282,29%. Esta condición indica una carga extremadamente alta en la Fase C que puede tener un impacto significativo en el funcionamiento del sistema.

Bajo voltaje:

- Fase B: No se registraron eventos de subtensión durante esta fase.
- Fase C: Durante esta fase tampoco se registran eventos de subtensión.

Sobretensión:

- Fase B y C: No se registraron eventos de sobretensión en ninguna fase, lo que indica que el voltaje se mantuvo dentro del rango normal durante el período de análisis.

La Tabla 4.32 proporciona un análisis detallado de los costos anuales asociados con las pérdidas del sistema eléctrico, expresados en kilovatios (kW), megavatios-hora por año (MW-h/año) y miles de dólares (k\$/año). A continuación, se presenta un desglose completo de cada componente:

Pérdida de línea:

- Se registró una pérdida de potencia activa en la línea de 32,83 kW. Es importante señalar que, según la información proporcionada, estas pérdidas no generarán ningún costo monetario.

Pérdida de cable:

- No se encontraron pérdidas en los cables, lo que indica que no existen costos asociados a pérdidas de potencia activa en esta parte del sistema.

Tabla 4.32 Gastos del sistema eléctrico del Alimentador ALIM-10TT020T14

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	32,83	0,00	0,00
Pérdidas en los cables	0,00	0,00	0,00
Pérdidas de carga del transformador	25,70	0,00	0,00
Pérdidas en vacío del transformador	18,32	160,47	16,05
Pérdidas totales	76,85	160,47	16,05

Nota: Parámetros de pérdidas del sistema. Elaborado por el Autor, 2024.

Pérdida de carga del transformador:

- La pérdida de carga del transformador se cuantifica en 25,70 kW. Si bien no hay información que especifique los costos anuales o los equivalentes en megavatios-hora, es importante señalar que, según la tabla, no habrá costos monetarios asociados con estas pérdidas.

Pérdida sin carga del transformador:

- En este componente la pérdida de potencia activa es de 18,32 kW y la pérdida de energía anual equivale a 160,47 MWh. Los costos anuales asociados con estas pérdidas se estiman en 16,05 mil dólares/año.

Pérdida total:

- La suma de todas las pérdidas (incluidas las pérdidas de línea, las pérdidas con carga del transformador y las pérdidas sin carga del transformador) es de 76,85 kW de potencia activa. MWh al año equivale a 160,47, con un coste anual asociado de 16,05 k\$/año.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se realizó un análisis exhaustivo de las pérdidas técnica y no técnica en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos. Se identificaron con precisión las causas específicas de las pérdidas, permitiendo una comprensión profunda de los problemas.
- La implementación de "CYME" fue exitosa para realizar simulaciones y optimizaciones en el sistema eléctrico. Se identificaron zonas críticas y se propusieron estrategias específicas que mostraron un potencial significativo para reducir las pérdidas de energía.
- Las recomendaciones de "CYME" se incorporaron eficazmente, abordando las causas subyacentes de las pérdidas con enfoque estratégico.
- Se proporcionaron sugerencias concretas para una gestión continua de pérdidas técnica y no técnica. Estas sugerencias contribuirán al mantenimiento y mejora constante de la eficiencia del sistema eléctrico a lo largo del tiempo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda la continua implementación de "CYME" para monitorear y optimizar el sistema eléctrico, asegurando una gestión proactiva de pérdidas.
- Se sugiere la capacitación continua del personal en el uso efectivo de "CYME" para maximizar los beneficios y mantener un enfoque eficiente en la gestión de pérdidas.
- Se recomienda la realización de auditorías regulares para evaluar la efectividad de las medidas implementadas y realizar ajustes según sea necesario.

Bibliografías

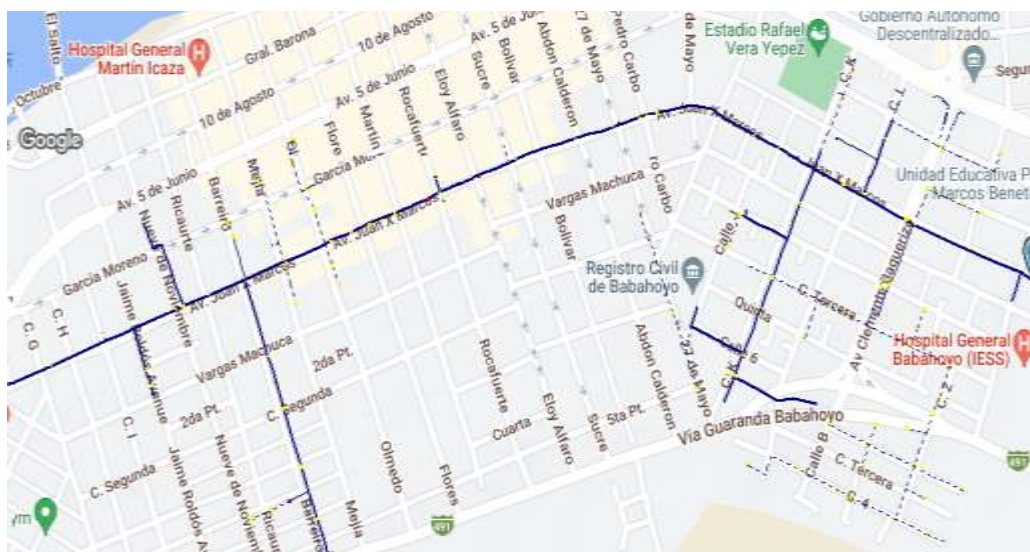
- Abood, S. B., & Wahhab, T. M. A. (2022). Comparison of different methods to face the huge increase in future load in power distribution network. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(5), Article 5. <https://doi.org/10.11591/eei.v11i5.4092>
- Almaita, E., Abdelsalam, E., Al Nawafah, H., AlShkoor, S., & Almomani, F. (2022). Analysis and feasibility of integrating a new and novel hybrid solar chimney power plant with a traditional electrical grid. *International Journal of Energy Research*, 46(7), 9194-9205. <https://doi.org/10.1002/er.7795>
- Chamba, J. D., & Tonato, F. A. (2021). *Modelo de análisis espacial multicriterio para la implementación de parques solares mediante Arcgis - caso de aplicación: Empresa Eléctrica Ambato regional centro norte S.A.* <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6619>
- CYME. (2020). *Software, Ubicación óptima de reguladores de tensión.* <https://www.cyme.com/es/software/cymeoptreg/>
- Dashti, R., Daisy, M., Mirshekali, H., Shaker, H. R., & Hosseini Aliabadi, M. (2021). A survey of fault prediction and location methods in electrical energy distribution networks. *Measurement*, 184, 109947. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109947>
- Firoozi, H., & Rajabi, H. (2022). Non-technical loss detection in limited-data low-voltage distribution feeders. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 135, 107523. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107523>
- Franco, L. I., & Rodríguez, C. G. (2022). Subsistema de distribución eléctrico bajo el enfoque Smart Cities, para el Centro histórico de Portoviejo. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 7(2), 55.
- Gómez, R., Cabrera, D., & Robles, P. (2023). A Study for localization of fault in the electrical distribution systems. *Ingenius*, 30, Article 30. <https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.06>
- Hasan, H., Mozumdar, M., & Al-Jufout, S. (2020). Using 0.6 kV/1 kV Low Voltage in Distribution Systems for the Reduction of the Technical and Non-Technical Energy Losses. *2020 11th International Renewable*

- Energy Congress (IREC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IREC48820.2020.9310417>
- Jawad, S., & Liu, J. (2020). Electrical Vehicle Charging Services Planning and Operation with Interdependent Power Networks and Transportation Networks: A Review of the Current Scenario and Future Trends. *Energies*, 13(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/en13133371>
- Komolafe, O., & Udofia, K. (2020). Review of electrical energy losses in Nigeria. *Nigerian Journal of Technology*, 39, 246-254.
- Ma, W., Wang, W., Chen, Z., Wu, X., Hu, R., Tang, F., & Zhang, W. (2021). Voltage regulation methods for active distribution networks considering the reactive power optimization of substations. *Applied Energy*, 284, 116347. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116347>
- Macias, F. (2023). *Evaluación del impacto de servicios auxiliares de V2G en una red de distribución: Caso de estudio Alimentador Centro Babahoyo*. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/38491>
- Morales, V. M. (2020). *Análisis de sobretensiones transitorias en líneas de transmisión a través del método J Marti*. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/923>
- Muyulema, M. F., & Pachacama, W. A. (2021). *Análisis de la calidad de la energía eléctrica en el campus de la Escuela Politécnica Nacional*. [bachelorThesis, Quito, 2021]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21682>
- Plaza, V. (2023). *Estudio y mejoramiento del factor de potencia de las instalaciones eléctricas del campus politécnico*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58464>
- Ribadeneira, V. S. (2020). *Mejoramiento de Redes Eléctricas de Distribución por medio de Generación Distribuida utilizando una metodología Probabilística Bivariada* [bachelorThesis, Quito, 2020.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21267>
- Saint, S., Adewale Alola, A., Olasehinde-Williams, G., & Udom Etokakpan, M. (2020). The role of electricity consumption, globalization and economic growth in carbon dioxide emissions and its implications for environmental sustainability targets. *Science of The Total*

- Environment*, 708, 134653. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134653>
- Sambaiah, K. S., & Jayabarathi, T. (2020). Loss minimization techniques for optimal operation and planning of distribution systems: A review of different methodologies. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 30(2), e12230. <https://doi.org/10.1002/2050-7038.12230>
- Savian, F. de S., Siluk, J. C. M., Garlet, T. B., do Nascimento, F. M., Pinheiro, J. R., & Vale, Z. (2021). Non-technical losses: A systematic contemporary article review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111205. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111205>
- Tsygulev, N., Khlebnikov, V., & Voronina, Y. (2020). Specific aspects of calculating electrical energy losses in electricity networks. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 918(1), 012156. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/918/1/012156>
- Vahidinasab, V., Tabarzadi, M., Arasteh, H., Alizadeh, M. I., Mohammad Beigi, M., Sheikhzadeh, H. R., Mehran, K., & Sepasian, M. S. (2020). Overview of Electric Energy Distribution Networks Expansion Planning. *IEEE Access*, 8, 34750-34769. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973455>
- Vélez, A., Filgueiras, M., & Rodríguez, M. (2022, diciembre). *Evaluación en el uso de microrredes para la mejorar la calidad del suministro eléctrico en la Quebrada de Guillén*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012022000300001&script=sci_arttext
- Villacrés, D. H. C., Córdova, C. F. C., & Quinteros, N. R. L. (2021). Estabilidad de Voltaje en Redes de Distribución Eléctrica Monofásicas de Medio Voltaje, Aplicando Reguladores Quick Drive Tap en Estado Estable. *INGENIO*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v4i1.3067>
- Wang, Q., Pan, W., & Li, Z. (2020, julio 2). *Reliability evaluation of typical structures of medium voltage distribution network based on CYME | IET Conference Publication | IEEE Xplore*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9538167>

Anexo 1

Figura A1 Recorrido del Alimentador eléctrico de Babahoyo modo #1



Nota: Trazado de ruta generado por la herramienta CYME. Foto tomada por el autor, 2024.

Figura A2 Recorrido del Alimentador eléctrico de Babahoyo modo #2



Nota: Trazado de ruta generado por la herramienta CYME. Foto tomada por el autor, 2024.

Figura A3 Tablero de control de parámetros de los alimentadores derivados de la subestación Terminal Terrestre #1



Nota: Equipo asignado de la subestación Terminal Terrestre. Foto tomada por el autor, 2024.

Figura A4 Tablero de control de parámetros de los alimentadores derivados de la subestación Terminal Terrestre #2



Nota: Equipo asignado de la subestación Terminal Terrestre. Foto tomada por el autor, 2024.

Figura A5 Parámetros de los Alimentadores eléctricos



Nota: Lecturas de mediciones de cada uno de alimentadores eléctricos. Foto tomada por el autor, 2024.

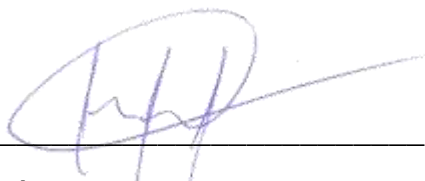
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Gutiérrez Benavides, Livingston Paul** con C.C: **1205957861** y **Rosado Malats, Oswaldo Hipólito** con C.C: **1205513425** autores del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio para reducir pérdidas técnicas y no técnicas con el uso de la herramienta “CYME” en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo – Los Ríos Ecuador**, 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, 19 de febrero del año 2024



Gutiérrez Benavides, Livingston Paul

C.C: 1205957861



Rosado Malats, Oswaldo Hipólito

C.C: 1205513425

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio para reducir pérdidas técnica y no técnicas con el uso de la herramienta "CYME" en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo – Los Ríos Ecuador.		
AUTOR(ES)	Gutiérrez Benavides, Livingston Paul Rosado Malats, Oswaldo Hipólito		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Gallardo Posligua, Jacinto Esteban. MSc.		
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:	19 de febrero del 2024	No. DE PÁGINAS:	95
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de energía eléctrica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Pérdidas eléctricas, CYME, Alimentador eléctrico, Consumo eléctrico, Análisis de redes eléctricas.		

RESUMEN:
El presente trabajo de integración curricular se enfoca en la problemática de pérdidas técnica y no técnica en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos de la subestación terminal terrestre del Cantón Babahoyo en Los Ríos, Ecuador. La introducción destaca la importancia del sector eléctrico para el desarrollo económico y social, subrayando cómo la gestión de pérdidas impacta la eficiencia operativa y económica del sistema. La definición del problema destaca los desafíos en el Alimentador Eléctrico Juan x Marcos y la falta de evaluación exhaustiva. La justificación destaca el impacto en la eficiencia y sostenibilidad del sistema eléctrico y propone el uso de "CYME" como solución. Se plantea la hipótesis de que la implementación de "CYME" reducirá significativamente las pérdidas. La metodología incluye revisión bibliográfica, recopilación de datos, implementación de "CYME", desarrollo de un plan de acción, análisis estadístico, etc. Los objetivos generales y específicos se centran en la identificación y reducción de pérdidas.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-959151046 +593-989842237	E-mail: livingston.gutierrez@cu.ucsg.edu.ec oswaldo.rosado@cu.ucsg.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo PHD.	
	Teléfono: +593-995147293	
	E-mail: celso.bohorquez@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):	