



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TITULO:

Estudio para el mejoramiento de la calidad de energía mediante la instalación de un banco de reguladores de voltaje en el Alimentador Anconcito de la S/E San Vicente de 10/12.5MVA, ubicada en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad.

AUTORES:

Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo
Molina Rosales, Daniel Enrique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

TUTOR:

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael. Msc.

Guayaquil, Ecuador

Agosto del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

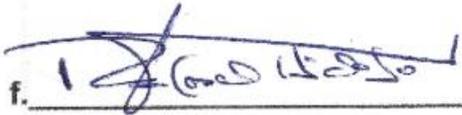
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por los señores: **Molina Rosales, Daniel Enrique y Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo**, como requerimiento para la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico.

TUTOR

f. 

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael. Msc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D

Guayaquil, a los 26 días mes de agosto del año 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: **Molina Rosales, Daniel Enrique; Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo**

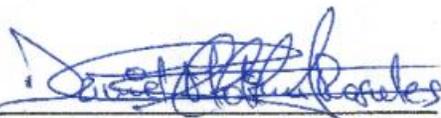
DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio para el mejoramiento de la calidad de energía mediante la instalación de un banco de reguladores de voltaje en el Alimentador Anconcito de la S/E San Vicente de 10/12.5MVA, ubicada en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad**, fue desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

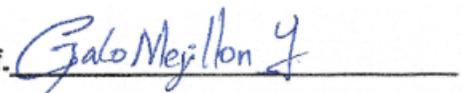
En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 26 días mes de agosto del año 2024

AUTORES:

f. 

Molina Rosales, Daniel Enrique

f. 

Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Nosotros: **Molina Rosales, Daniel Enrique; Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo**

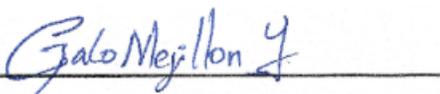
Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio para el mejoramiento de la calidad de energía mediante la instalación de un banco de reguladores de voltaje en el Alimentador Anconcito de la S/E San Vicente de 10/12.5MVA, ubicada en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 26 días mes de agosto del año 2024

AUTORES:

f. 

Molina Rosales, Daniel Enrique

f. 

Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo



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 el mejoramiento de la calidad de energía mediante la instalación de un banco de reguladores de voltaje en el Alimentador Anconcito de la S/E San Vicente de 10/12.5MVA, ubicada en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad** presentado por los estudiantes **MOLINA ROSALES, DANIEL ENRIQUE Y MEJILLÓN YTURBURO, GALO GONZALO**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica , donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de 5% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Tutor:

f.

Atentamente

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael. Msc.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra más sincera gratitud a todas las personas que han colaborado en el desarrollo y finalización de este trabajo de titulación.

En primer lugar, queremos expresar nuestra gratitud a Dios, por brindarnos la perspicacia, la paciencia y la perseverancia necesarias para terminar este trabajo de titulación ya que este logro no habría sido posible sin su intervención y gracia divina; lo que reafirma nuestra fe.

Nuestra más sincera gratitud a nuestro director de tesis, el Ingeniero Jaime Hidalgo Rafael; por su valiosa orientación, paciencia y respaldo constante a lo largo de este proceso, al director de carrera el Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D ambos docentes que con sus conocimientos y experiencia fueron esenciales para lograr este trabajo.

Nuestro agradecimiento a nuestros profesores y compañeros de la UCSG por el ambiente académico enriquecedor y las conversaciones que ampliaron nuestra comprensión y perspectiva del campo de la electricidad.

En el ámbito profesional, agradecemos a las empresas CNEL que nos brindaron acceso a información y recursos, cuyo apoyo técnico y material fue esencial para la realización del estudio realizado para el mejoramiento de la calidad de energía.

Queremos agradecer especialmente a nuestras familias. A nuestros padres y madres, esposas e hijos que con su amor y apoyo incondicional; brindaron la fuerza necesaria para cumplir con esta meta profesional, este logro no habría sido posible sin su paciencia, comprensión y por ser una fuente de inspiración en momentos difíciles.

Gracias a nuestros hermanos y amigos cercanos por su apoyo constante y finalmente, queremos expresar nuestra gratitud a todos aquellos que han tenido un impacto en este viaje académico y personal de alguna manera. Esta hazaña pertenece tanto a ustedes como a nosotros.

Molina Rosales, Daniel Enrique

Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo

DEDICATORIA I

Dedico este trabajo a mi familia, que ha sido la base sólida y el motor de mi vida. A mis padres, quienes fueron mis primeros guías en este viaje, gracias por su comprensión, paciencia y por estar siempre presentes, alentándome en cada paso que di; en especial a mi Padre que se convirtió tal y como su nombre en un Ángel en el cielo que incluso cuando las dificultades parecían insuperables brindaron la guía necesaria para salir adelante.

A mi esposa, Elizabeth; mi luz en los momentos de oscuridad, gracias por tu amor incondicional, por tu infinita paciencia durante mis largas horas de trabajo y estudio, y por confiar en mí cuando el cansancio y la duda intentaban detenerme. Eres mi compañera de vida, mi conexión a tierra, y sin tu apoyo, este logro no habría sido posible, Te amo.

A mis hijos Erick Daniel y Circe Renata, que son mi fuente de energía, cuyas sonrisas iluminan mis días y me dan la motivación para seguir adelante. Este trabajo es para ustedes, y espero que siempre se sientan orgullosos de su Padre.

Este logro no es solo mío; es el resultado del amor, el apoyo y la fortaleza que me han brindado. Gracias por ser mi energía, mi inspiración, y por estar a mi lado en cada paso de este largo camino en la Ingeniería Eléctrica.

Molina Rosales, Daniel Enrique

DEDICATORIA II

A Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría para llegar hasta este momento. Sin su guía, este logro no habría sido posible. A mis padres, por su amor, sacrificio y constante motivación; ustedes son el motor que me impulsa a ser mejor cada día y esta tesis es el fruto de todos los valores que me han inculcado a lo largo de mi vida.

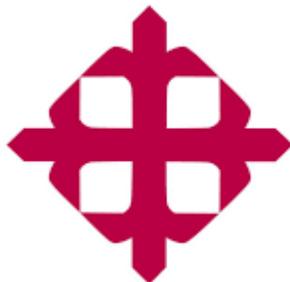
A mis profesores, por compartir su conocimiento y por su dedicación en mi formación académica. Gracias por iluminar mi camino en el fascinante mundo de la electricidad y por enseñarme a ver más allá de los circuitos eléctricos. A mis compañeros de estudio y amigos, por los momentos compartidos, las risas y el apoyo incondicional en los momentos más difíciles. Su amistad ha sido fundamental en este viaje.

A mi compañera de vida Katherine, cuya paciencia, amor, cariño y comprensión; han sido pilares fundamentales para poder cruzar este camino tan transitado de problemas, gracias darme ese amor incondicional y por brindarme tu apoyo en cada momento y etapa de este reto educativo, incluso en los más difíciles, estuviste a mi lado.

A mi querida hija Alice, eres el regalo más lindo que la vida me a dado, eres mi motivación, tu sonrisa alegra mis días, y tu amor es mi mayor tesoro. Este trabajo es para ti, mi pequeña, como un testimonio de que todo es posible y que sirva de ejemplo de mi vida.

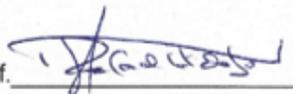
A mis queridos abuelos, cuya influencia permanece imborrable en mi vida; desde pequeño sus enseñanzas y consejos fueron muy valiosos, gracias a su amor, sabiduría y ternura. Cada instante es un recuerdo preciado que guardo en mi corazón; aunque ya no estén con nosotros, siempre estarán cuidándonos desde el cielo; gracias por ser un recuerdo convertido en fortaleza; este trabajo también es de ustedes.

Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo



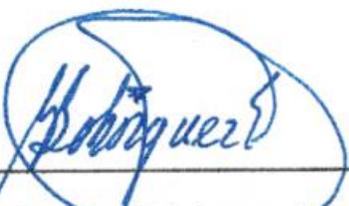
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael. Msc.

TUTOR

f. 

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Ubilla González, Ricardo Xavier, Ms. C.

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

ÍNDICE GENERAL

Contenido

AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA I	VII
DEDICATORIA II	VIII
ÍNDICE GENERAL	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMEN	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
1 CAPÍTULO I	2
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	2
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación.	4
1.3 Planteamiento del Problema.....	5
1.4 Antecedentes.....	6
1.5 Objetivos.....	7
1.6 Objetivo general:.....	7
1.7 Objetivos específicos:	7
1.8 Hipótesis	8
1.9 Metodología de la investigación.....	8
2 CAPITULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Conceptos Básicos	9
2.1.1 Red de Distribución	9
2.1.2 Esquema Básico De La Transmisión Y Distribución De La Energía Eléctrica.	11
2.2 Calidad de Energía	13
2.2.1 El nivel de voltaje en el Ecuador	14
2.3 Fundamentos Jurídicos y Normativos	16
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador 2008.....	16
2.3.2 Ley Orgánica Del Servicio Público De Energía Eléctrica	17

2.3.3	Regulación Nro. ARCERNNR 002/20 (Codificada)	18
2.3.4	Calidad del Producto, Servicio Técnico y Servicio Comercial	21
2.4	<i>Enfoque de Estudio</i>	22
2.5	Reguladores De Voltaje	23
2.6	Principio De Funcionamiento	26
2.7	Tipos De Conexiones En Banco De Reguladores	29
2.7.1	Conexión En Estrella	29
2.7.2	Conexión en triángulo Cerrado	31
2.7.3	Conexión en Triángulo Abierto	32
2.8	Nomenclatura de los Reguladores Tensión	33
2.9	Conexiones Del Regulador A La Caja De Control	34
2.9.1	Recomendaciones básicas	36
2.9.2	Mantenimiento	37
2.10	Modulo Distribución De Carga Software CYME	40
2.10.1	Datos Del Alimentador	43
2.10.2	Flujo de carga	46
2.11	Módulo de ubicación óptima de reguladores de voltaje	48
2.12	Método de caída de tensión – desequilibrada	51
2.13	Comportamiento del Sistema Eléctrico CYMDIST	51
2.14	Distribución de carga del Alimentador Anconcito	54
2.14.1	Criterio Técnico	56
3	CAPITULO III	57
	ESTUDIO DEL MEJORAMIENTO DE LA CALIDA DEL ALIMENTADOR ANCONCITO	57
3.1	Introducción	57
3.2	Ubicación óptima de reguladores de voltaje	57
3.3	Análisis del flujo de carga con CYME	58
3.3.1	Distribución de carga	58
3.4	Flujo de carga.	59
3.5	Configuración para la selección de las redes de distribución	61
3.6	Perfil de voltaje del (ALIM. ANCONCITO_16SVO70T14)	63
3.7	Perfil de voltaje de los alimentadores sin reguladores de voltaje	64
3.7.1	CUADRO DE FLUJO DE CARGA ANTES DE LOS REGULADORES	65
3.7.2	Implicaciones del Desequilibrio en el Sistema:	66

3.8	Alimentador- ANCONCITO_16SVO70T14 1 con regulador de voltaje.....	73
3.9	PERFIL DE TENSION CON REGULADORES INSTALADOS.....	75
3.10	CUADRO DE FLUJO DE CARGA CON REGULADORES INSTALADOS	76
3.11	Ubicación de TAPS	77
4	CAPÍTULO IV	78
	Conclusiones y Recomendaciones	78
4.1	Conclusiones.....	78
4.2	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de voltaje en el Ecuador.....	14
Tabla 2 Voltajes Admitidos (Regulación Nro. ARCERNR-002_20)	15
Tabla 3 Correspondencia entre nomenclatura de aisladores ABNT y ANSI.	33
Tabla 4 Consideraciones Para Mantenimiento.....	37
Tabla 5 LEYENDA PLACA DEL MECANISMO DEL CONMUTADOR CR-3	39
Tabla 6 Datos del Alimentador	46
Tabla 7 Detalles de Modulo CYME	48
Tabla 8 Características del Módulo CYME Reguladores	48
Tabla 9 Secuencia Parea Modelación En CYME.....	53
Tabla 10 Demanda Máxima De Alimentador Anconcito	56
Tabla 11 Reporte De Ubicaciones.....	72
Tabla 12 Datos De Coordenadas	73
Tabla 13 Cuadro De Flujo De Carga Después De La Instalación De Los Reguladores De Voltaje....	76
Tabla 14 Posición de TAPS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Red de Distribución Radial.....	10
Ilustración 2 Sistema Distribución De Energía.....	11
Ilustración 3 Característica de Conductor AAAC (ELECTROCABLES, 2024).....	12
Ilustración 4 Aplicaciones y Especificaciones (ELECTROCABLES, 2024)	13
Ilustración 5 Formula De Cálculo De Calidad De Producto	15
Ilustración 6 Imagen Normativo del Sector Eléctrico (ARCERNNR, 2024).....	21
Ilustración 7 Regulador de Voltaje (Eaton, 2017).....	25
Ilustración 8 Conexión de las Bobinas (Toshiba, 2015).....	26
Ilustración 9 Funcionamiento como elevador y Reductor (Toshiba, 2015)	26
Ilustración 10 Diagrama del Cambiador de Polaridad (Toshiba, 2015).....	27
Ilustración 11 Funcionamiento Del Reactor	28
Ilustración 12 Limitando La Corriente Circulante	29
Ilustración 13 Conexión Estrella	30
Ilustración 14 Conexión Fuente - Reguladores.....	30
Ilustración 15 Conexión en Triángulo Cerrado	31
Ilustración 16 Conexión en Triángulo Abierto	32
Ilustración 17 Cuadro Grafica de acuerdo con las Normas	33

Ilustración 18 Regulador Sin Indicador De Posiciones	34
Ilustración 19 Regulador Con Indicador De Posiciones	35
Ilustración 20 Vista interna de la chapa de contactos (Posición nominal)	35
Ilustración 21 Diagrama de Posiciones.....	36
Ilustración 22 Chapa del mecanismo del conmutador CR-3	38
Ilustración 23 Inicio Del Alimentador ANCONCITO De Las Subestación San Vicente.....	40
Ilustración 24 Recorrido del Alimentador	41
Ilustración 25 Posición de la S/E San Vicente en el Geoportal.....	41
Ilustración 26 Las Propiedades de Un trasformador de la cola del Alimentador.	42
Ilustración 27 Inventario de la Red Alim. Anconcito	43
Ilustración 28 Datos de la demanda.....	44
Ilustración 29 Demanda de Alimentador	45
Ilustración 30 Ventana de Flujo de Carga	47
Ilustración 31 Restricciones De La Ubicación De Reguladores.....	49
Ilustración 32 Modulo De Ubicación De Alimentador Anconcito De La Subestación San Vicente	49
Ilustración 33 Módulo De Reguladores De Voltaje	50
Ilustración 34 Modulo De Salida En Análisis	50
Ilustración 35 Flujo De Carga Del Alimentador Anconcito	55
Ilustración 36 Ventana Ingreso de demanda.....	56
Ilustración 37 Módulo De Perfil De Fuente	59

Ilustración 38 Módulo De Perfil De Demandas En KW-KVAR	59
Ilustración 39 Módulo De Análisis De Flujo De Carga	60
Ilustración 40 Modulo De Limites De Subtension y Sobretensión Para Los Flujos de Carga.....	61
Ilustración 41 Subestación San Vicente Obtenida Por Geoportal CNEL.....	61
Ilustración 42 Subestación San Vicente.....	62
Ilustración 43 PERFIL DE VOLTAJE DE ALIMENTADOR ANCONCITO.....	63
Ilustración 44 Perfil De Carga Del Alimentador Anconcito.....	65
Ilustración 45 Cuadro de Flujo De Carga	65
Ilustración 46 TIPOS DE ANALISIS EN EL SOFTWARE CYME.....	66
Ilustración 47 Pestaña de objetivos.....	67
Ilustración 48 Pestaña De Ubicación	68
Ilustración 49 Pestaña De Reguladores	69
Ilustración 50 Pestaña De Restricciones.....	70
Ilustración 51 Pestaña De Salida	71
Ilustración 53 Ubicación Alimentador Anconcito.....	74
Ilustración 54 Perfil De Voltaje Con La Ubicación De Un Regulador De Voltaje En El Alimentador Anconcito	75

RESUMEN

La instalación de Reguladores de tensión en redes de media tensión es una medida importante para garantizar la estabilidad y calidad del suministro eléctrico.

Estos dispositivos no sólo aumentan el nivel de voltaje, sino que también protegen a los usuarios considerados como grandes clientes y sus equipos conectados de variaciones de tensión, además aportan significativamente al control de calidad brindando una solución integral a los desafíos de las fluctuaciones de voltaje en las redes de distribución de CNEL Santa Elena.

Mediante la recopilación de estos datos se levantó información necesaria para solventar la necesidad de la instalación de reguladores de Voltaje en media tensión en el alimentador denominado ANCONCITO, correspondiente a la Subestación reductora de distribución de 10 a 12MVA que lleva el nombre de SAN VICENTE y que está ubicada en el Cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena.

Este estudio brinda como solución a los problemas de voltaje, la instalación de un banco de regulador de voltaje de 300AMP y de 414KVA de capacidad para mejorar los niveles tensión, mejorar los indicadores de calidad de energía de acuerdo a la Regulación Nro. ARCERNNR 002/20 y reducir los casos presentado por novedades de bajo voltaje tanto en usuarios domiciliarios eh industriales; teniendo en cuenta que alimentador Anconcito tiene una longitud aproximada en su troncal de 17.2km, construido con conductor de aluminio AAAC 4/0, el estudio realizado mediante el software CYME establece las ventajas de la conexión del banco de reguladores y las mejoras al administrar un 10%+ del valor de la tensión en el punto de la instalación con conexión estrella del banco, lo que se traduce en la mejoras del servicio cumpliendo con lo establecido en la Regulación.

PALABRAS CLAVES: Reguladores De Tensión, Calidad, Eficiencia, Energética, Regulación, Tensión, Conexión

ABSTRACT

The installation of voltage regulators in medium voltage networks is an important measure to guarantee the stability and quality of the electrical supply.

These devices not only increase the voltage level, but also protect users considered as large customers and their connected equipment from voltage variations and contribute significantly to quality control by providing a comprehensive solution to the challenges of voltage fluctuations in CNEL Santa Elena distribution networks.

By collecting these data, the necessary information was collected to solve the need for the installation of medium voltage regulators in the feeder called ANCONCITO, corresponding to the 10 to 12MVA distribution reduction substation that bears the name of SAN VICENTE and that It is located in the Canton of La Libertad, Province of Santa Elena.

This study provides as a solution to voltage problems, the installation of a voltage regulator bank of 300AMP and 414KVA capacity to improve voltage levels, improve power quality indicators according to Regulation No. ARCERNNR 002/ 20 and reduce the cases presented by low voltage developments in both home and industrial users; Taking into account that the Anconcito feeder has an approximate length of 17.2km in its trunk, built with AAAC 4/0 aluminum conductor, the study carried out using the CYME software establishes the advantages of connecting the bank of regulators and the improvements when managing a 10%+ of the voltage value at the installation point with the bank's star connection, which translates into service improvements in compliance with the provisions of the Regulation.

KEYWORDS: Voltage Regulators, Quality, Efficiency, Energy, Regulation, Voltage, Connection

1 CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción

El sistema Eléctrico de la Provincia de Santa Elena se encuentra relacionada a nivel de transmisión a 138 kV, con dos líneas de entrega de la S/E LAGO CHONGON; y a nivel de subtransmisión de 69 kV desde la Subestación Santa Elena de TRANSELECTRIC, que distribuye por medio de cinco diferentes salidas a las subestaciones reductores de distribución de la concesión de la Unidad De Negocio Santa Elena.

La posición 5 es la salida que alimenta a nivel de 69kv a la S/E de distribución llamada San Vicente que está ubicada en el Cantón La Libertad, de donde parte el Alimentador Anconcito, dicha S/E contempla un transformador de potencia de 10/12.5 MVA, el transformador de potencia se encuentra trabajando con una carga de operación de 87.2% en demanda alta y en demanda media 67.8%, lo que se traduce en un funcionamiento óptimo de la S/E.

El Alimentador Anconcito tiene un recorrido 17.2km aproximadamente de línea trifásica construida con conductor de Aluminio de 4/0 AAAC; que debido a la distancia y a la carga conectada presenta niveles de voltaje aguas abajo por debajo de la normativa, Además, este circuito cuenta con cuatro puntos de conexión o transferencia. Esto está relacionado con la distancia y topología en la que se encuentra el alimentador, lo que impide que los equipos funcionen correctamente.

La calidad de la energía en los sistemas de distribución ha recibido una atención cada vez mayor; A medida que las cargas se vuelven más sensibles debido a los componentes electrónicos e informáticos, los clientes exigen servicios de mayor calidad. Los eventos de caídas de voltaje están asociadas a la carga que mantiene los alimentadores y al recorrido del conductor; estos dos aspectos generalmente aumentan cada año.

Actualmente, el análisis de calidad de la energía es de vital importancia debido a que se considera un indicador del nivel de la red para garantizar el correcto funcionamiento de las cargas. En este contexto, el documento se centra en análisis de la calidad de la energía de una subestación importante.

Dado que las empresas distribuidoras son responsables de la calidad del servicio, son las encargadas de monitorear y corregir los problemas de calidad eléctrica en beneficio de sus clientes de acuerdo con las regulaciones.

La mala calidad de la energía se refiere a perturbaciones como fluctuaciones de voltaje, interrupciones, armónicos y transitorios generales en los sistemas eléctricos. Se ha descubierto que la mayoría de los problemas relacionados con la calidad de la energía están relacionados con problemas del conductor y las largas distancias.

En la actualidad, el análisis de la calidad de la energía es fundamental ya que se considera un indicador para garantizar el correcto funcionamiento de las redes ; teniendo esto en cuenta este trabajo se centra en el estudio para mejorar la calidad de energía eléctrica mediante la instalación de un banco de reguladores de voltaje de 300amp.

Debido a que el área de cobertura del alimentador Anconcito abarca gran parte del perfil costanero de la parroquia que lleva el mismo nombre por ende este debe garantiza la óptima disponibilidad del servicio; cabe destacar que alimentador mantiene voltaje de 13.6 en promedio desde la de salida del transformador.

Con el tiempo, el aumento de la densidad de la carga, la longitud del alimentador y las pérdidas de línea pueden provocar una caída de voltaje inaceptable. Las variaciones de corriente de carga generalmente son el resultado de nuevas cargas, así como de cambios diarios y estacionales en los perfiles de carga.(Eaton, 2024)

1.2 Justificación.

El alimentador Anconcito de S/E San Vicente tiene una topología radial de 17.2 kilómetros aproximadamente de línea principal trifásica, eso sin contar las líneas monofásicas que alimenta los diferentes circuitos de la red; Además este circuito cuenta con cuatro puntos de conexión o transferencia, en el caso de falla o de desconexión por mantenimiento.

La relación entre la distancia y topología en la que se encuentra el alimentador, indica una mala calidad de energías suministrada a los usuarios finales, lo que impide que los equipos funcionen correctamente; por lo que actualmente la tensión que se tiene no permite el buen funcionamiento de los motores trifásicos que contienen las máquinas de bombeo utilizados por el sector pesquero propias de las parroquia y el sector que cubre el alimentador.

Mediante el desarrollo de la simulación en el software CYME con los datos registrados tomados del sistema de medición de la subestación, se obtiene como solución a la caída de tensión la necesidad de instalación de un banco de reguladores monofásicos, en la línea principal de media tensión para mejorar los indicadores y disminuir las quejas registradas en el sistemas SAR por el registro de atención de usuarios que presentan como novedad bajo voltaje y/o variación de voltaje.

Estos problemas asociados a la calidad de energía eléctrica; no solo afecta a la industria, sino también a la vida cotidiana de los ciudadanos, ya que puede provocar daños en los electrodomésticos y equipos electrónicos teniendo un impacto negativo en la economía local, ya que puede afectar la productividad y competitividad de las empresas.

La instalación de 3 reguladores uno por fase, lo que se conoce como banco, que estarán conectados estrella, sólidamente aterrizados, ayudara a incrementará un 10% el valor del voltaje recibido en el punto designado para la instalación solventado así la necesidad presentada por los usuarios finales, por lo cual este estudio dará los insumos necesarios para que brinde una solución a la problemática presente en el alimentador Anconcito.

1.3 Planteamiento del Problema.

En el Ecuador existe para este 2024 un organismo que controla y regula el sector energético y es quien dicta las normativas a las cuales están sujetas las empresas distribuidoras de energía; para este caso actualmente es la Agencia de Regulación y Control de Electricidad “ARCONEL” que mantiene vigente la regulación de calidad de energía Nro. 002/20 ARCERNNR. Y que anteriormente se llamaba Agencia De Regulación y Control De Energía y Recursos Naturales No Renovables con sus siglas “ARCERNNR”.

Dentro de sus objetivos como ente regulador “Establece las guías, indicadores; límites de calidad del servicio y normas para la distribución y comercialización de electricidad; además ayuda a definir los procedimientos para el registro de medición y evalúan el nivel de cumplimiento de las empresas eléctricas de distribución y consumidores” (Regulación Nro. ARCERNNR-002_20, 2023) por ende se analiza los datos obtenidos desde los equipos de medición de la S/E San Vicente identificando los voltajes de línea con promedio de 13.5kv lo que se traduce por la longitud de este en una pérdida de voltaje en la cola del alimentador.

El alimentador Anconcito de S/E San Vicente presenta un problema de mala calidad de energía debido a su topología radial y la distancia de la línea principal trifásica de 17.2 kilómetros aproximadamente. Esto afecta negativamente a los usuarios finales, especialmente al sector pesquero, que utiliza máquinas de bombeo trifásicas y requiere un suministro de energía confiable y seguro.

Las cargas eléctricas de gran magnitud y las extensas líneas de distribución provocan una disminución en los voltajes del sistema; los reguladores de voltaje permiten a las empresas de servicios eléctrico mantener los niveles dentro de los rangos admisibles por la norma, esto hace que se brinde a los usuarios finales un servicio con la garantía de que no tendrán problemas con el funcionamiento de equipos o maquinarias especiales propios del sector. Los reguladores de voltaje proporcionan 32 pasos, 5/8 % por paso, para una regulación total de +/-10 % del voltaje del sistema.(Eaton, 2017)

La relación entre la distancia y topología del alimentador provoca una caída de tensión que impide el buen funcionamiento de los equipos, generando quejas por bajo voltaje y variación de

voltaje en el Sistema de Atención a Reclamos “SAR”. Es necesario encontrar una solución para mejorar la calidad de energía y satisfacer las necesidades de los usuarios finales.

La simulación en el software CYME; cuenta con un apartado que facilita la identificación de la configuración óptima de los dispositivos de regulación Volt-VAR, con el fin de optimizar el rendimiento de las redes de distribución; en donde se sugiere que la instalación y ubicación de un banco de reguladores monofásicos en la línea principal de media tensión, y que podría ser una solución efectiva para mejorar los indicadores y disminuir las quejas. Sin embargo, es necesario investigar y analizar esta propuesta para determinar su viabilidad y efectividad en la mejora de la calidad de energía en el alimentador Anconcito.

1.4 Antecedentes

La baja calidad de energía en los sistemas de distribución eléctrica es un problema frecuente que impacta a numerosos usuarios finales. Uno de los principales objetivos de las empresas distribuidoras es proporcionar a sus clientes un nivel de voltaje que cumpla con los límites establecidos por las normas regulatorias.

Generalmente la mayoría de las pérdidas activas en sistemas de distribución se dan debido a la caída de voltaje, el mismo que se da por la corriente que fluye a través de la impedancia de la línea. (Chimbo & Molina, 2018)

En cuanto a la instalación de reguladores de voltaje como solución, existen varios estudios han demostrado su efectividad para la mejora de la calidad de energía, Sin embargo, la selección y configuración adecuada de los reguladores es crucial para lograr los resultados.

Las caídas de voltaje que ocurren normalmente a través de las líneas y los transformadores varían con el nivel de carga en el sistema. Los reguladores de voltaje, cuando se aplican correctamente, pueden compensar estas caídas de voltaje y mantener el voltaje del cliente dentro de los límites adecuados (Vega Romero, 2021)

En la S/E San Vicente, específicamente en el alimentador Anconcito, no se han encontrado estudios previos que aborden específicamente el problema de mala calidad de energía. Sin

embargo, Por lo tanto, es necesario realizar un estudio detallado para evaluar la efectividad de la instalación de reguladores de voltaje como solución.

1.5 Objetivos

1.6 Objetivo general:

Realizar un estudio técnico para mejorar el voltaje de la red eléctrica; con la instalación de los reguladores de tensión monofásico en el alimentador Anconcito, para reducir la caída de tensión, mejorar significativa la calidad de energía y la satisfacción de los consumidores finales.

1.7 Objetivos específicos:

- Identificar las zonas críticas de la red de distribución del alimentador Anconcito donde la caída de tensión es más significativa, utilizando análisis de CYMDIST – CYME , simulaciones de carga y datos históricos.
- Determinar la configuración ideal para los reguladores de voltaje y establecer la conexión ideal del banco, teniendo en cuenta factores como la capacidad de regulación, la respuesta ante variaciones de carga y la compatibilidad con la infraestructura actual.
- Evaluar y admitir la efectividad de la instalación y el nodo en donde estará ubicado los reguladores de voltaje, garantizando la estabilidad del voltaje aguas abajo del alimentador.

1.8 Hipótesis

La mala calidad de energía en el alimentador Anconcito de la S/E San Vicente, caracterizada por una caída de tensión en la cola de la red; debido a la distancia de la línea principal trifásica, puede ser mitigada mediante la instalación de reguladores de voltaje que permitan mantener los niveles de voltaje dentro de los rangos aceptables establecidos por la ARCONEL.

Se espera que la implementación de reguladores de voltaje con una regulación del +/-10% del tensión de la red, y que con sus 32 pasos de ajuste, permita mejorar la calidad de energía suministrada a los usuarios finales y reducir la caída de tensión especialmente en el sector pesquero que requiere un suministro de energía confiable y seguro para el funcionamiento de sus máquinas de bombeo trifásicas.

1.9 Metodología de la investigación

La investigación es una actividad intelectual, propia del ser humano que se basa en una planificación metódica; real y estructurada, con el objetivo de descubrir soluciones a las problemáticas o adquirir nuevos conocimientos, utilizando diversos procedimientos, estrategias y técnicas, es decir, aplicando el método científico.

La investigación es muy útil para distintos fines: crear nuevos sistemas y productos; resolver problemas económicos y sociales; ubicar mercados, diseñar soluciones y hasta evaluar si hemos hecho algo correctamente o no. Incluso, para abrir un pequeño negocio familiar es conveniente usarla. Cuanta más investigación se genere, más progreso existe; ya se trate de un bloque de naciones, un país, una región, una ciudad, una comunidad, una empresa, un grupo o un individuo.(Hernández Sampieri, 2014)

La cita de Hernández Sampieri (2014) destaca la importancia de la investigación para el progreso en diferentes niveles; La investigación es fundamental para resolver problemas, crear soluciones, evaluar resultados y tomar decisiones informadas.

La simulación de redes eléctricas permite evaluar el impacto de los reguladores de voltaje en la calidad de energía, mientras que el análisis de caída de tensión permite evaluar la efectividad de los reguladores en la reducción de la pérdida de voltaje en la línea de distribución.

La combinación de estas dos acciones mediante la metodología científica permite obtener una visión integral de la efectividad de los reguladores de voltaje en la mejora de la calidad de energía en el alimentador Anconcito, y tomar decisiones informadas para la implementación de soluciones que mejoren la calidad de energía y satisfagan las necesidades de los usuarios finales.

2 CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos Básicos

2.1.1 Red de Distribución

La red de distribución del suministro de energía eléctrica es una parte muy importante de los sistemas de potencia (Generación, Transmisión y Distribución), cuyo fin es el de entregar energía eléctrica desde la subestación de distribución hasta el consumidor final, los cuales se encuentran dispersos en grandes territorios y con cargas de diversas magnitudes.

Los elementos que componen los sistemas de distribución eléctrica son: Líneas de Subtransmisión a nivel de alta tensión que en caso de estudio llegan a voltaje de 69kv, para llegar a las Subestaciones de Distribución, que es de donde parten los Alimentadores Primarios, llegando al final a los Transformadores de Distribución y posterior a la Red Secundaria. (Cárdenas Villacrés et al., 2021)

El alimentador primario está formado por circuitos conocidos como alimentadores primarios o alimentadores de distribución, los cuales distribuyen el flujo de potencia hasta los transformadores de distribución. (Vega Romero, 2021)

En general, la energía eléctrica se transporta desde el lugar de generación y producción hasta el lugar de uso. En este tipo de red el conductor que frecuentemente va sin aislante, esta sostenido por medio de aisladores ubicados en crucetas, en postes los cuales pueden ser de concreto. (Yépez & Caicedo, 2023)

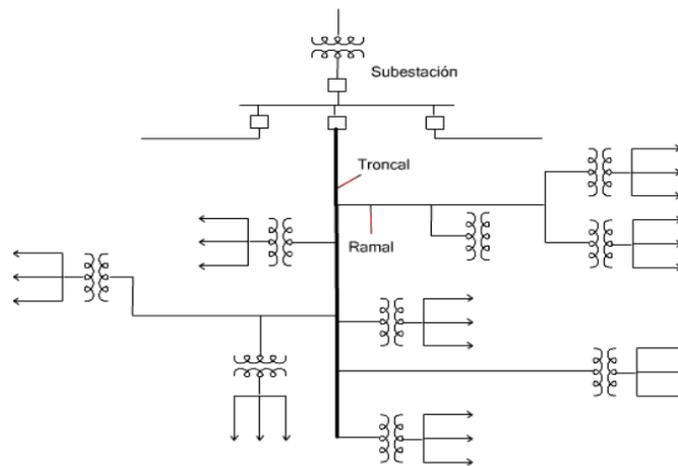


Ilustración 1 Red de Distribución Radial

“Las cargas no lineales, las conmutaciones, las maniobras de cambio de carga o las propias averías de los equipos pueden ocasionar una mala calidad en el sistema eléctrico”. (Mercado et al., 2013) Esta deficiencia no solo conlleva un elevado costo debido a la energía desperdiciada y a los tiempos de inactividad innecesarios, sino que también representa un peligro significativo al aumentar el riesgo de fallas en el sistema.

Una parte fundamental como es la distribución de la energía eléctrica tiene que realizarse de tal manera que el cliente reciba un servicio continuo, sin interrupciones, con un valor de tensión adecuado que le permita operar sus aparatos eficientemente, y que la onda senoidal sea pura, es decir que esté libre de armónicas.

“La calidad efectiva de la energía optimiza el rendimiento, contribuye a la sostenibilidad y protege las inversiones en equipos e infraestructura”.(Schneider, 2024)

“La distribución de energía eléctrica debe llevarse a cabo con redes bien diseñadas que soporten el crecimiento propio de la carga, y que además sus componentes sean de la mejor calidad” (Pluas & Pluas, 2024); Además, es crucial que los componentes utilizados sean de la más alta calidad para resistir tanto el impacto del campo eléctrico como las condiciones ambientales adversas a las que estarán expuestos durante su vida útil.

2.1.2 Esquema Básico De La Transmisión Y Distribución De La Energía Eléctrica.

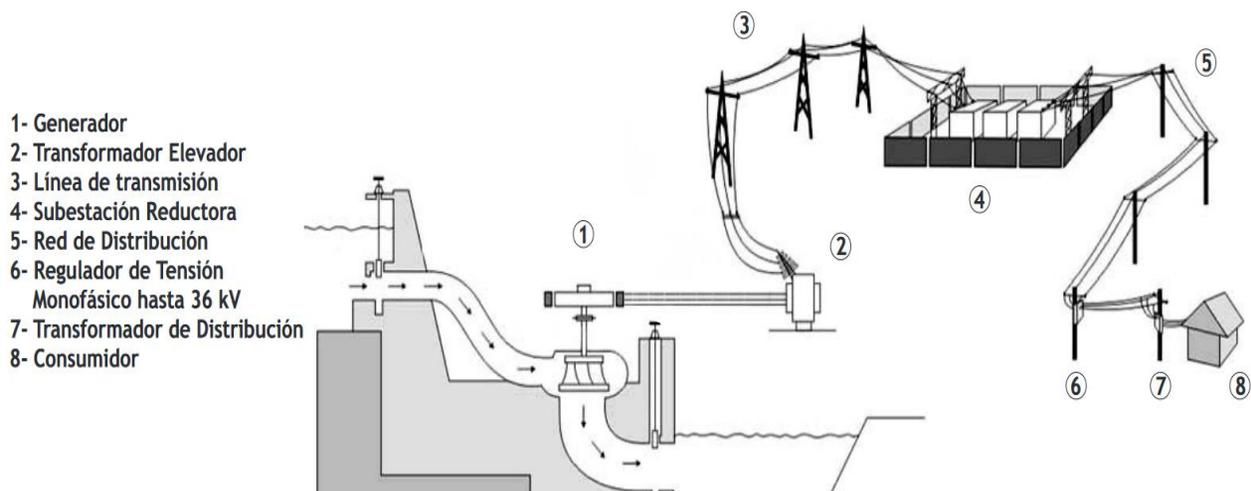


Ilustración 2 Sistema Distribución De Energía.

La distribuidora de energía eléctrica debe garantizar que el cliente reciba un servicio ininterrumpido, con un voltaje adecuado dentro de los parámetros y que permita un funcionamiento eficiente de las instalaciones, equipos y maquinarias, además que la onda senoidal sea pura, es decir, libre de armónicas.

De acuerdo con lo que indica los señores Plúas en su tesis “La distribución de energía eléctrica debe llevarse a cabo con redes bien diseñadas que soporten el crecimiento propio de la carga” (Pluas & Pluas, 2024), y que además los componentes sean estos reguladores, Transformadores o conductor deben ser capaces de resistir tanto el impacto del campo eléctrico como las condiciones ambientales a las que estarán expuestos especialmente en la zona a la costera.

“Un sistema eléctrico de potencia es el conjunto de subsistemas eléctricos que tiene como función efectuar procesos enfocándose en la generación, transmisión y distribución de la energía en condiciones para su consumo posterior, con parámetros de calidad de energía admisibles.” (Pluas & Pluas, 2024)

Las redes de distribución son las redes trifásicas que conduce la energía hasta el distribuidor final; en caso del alimentador Anconcito , este está construido por conductor 4/0 de aluminio AAAC el cual tiene las siguientes características según la compañía ELECTROCABLES por lo cual se adjuntas gráficos.

APLICACIONES

Los conductores de aleación de aluminio desnudo del tipo AAAC (All Aluminum Alloy Conductor) 6201-T81 trenzados clases AA y A son utilizados para líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica, cuando por razones de diseño de la línea, se necesita un esfuerzo de tensión elevado y una elevada relación esfuerzo mecánico-peso para la optimización de las flechas en vanos largos. Estos conductores son especialmente útiles para instalaciones en zonas costeras o de alta corrosión ambiental, donde los ACSR no pueden ser utilizados.

ESPECIFICACIONES

Los conductores de aleación de aluminio desnudo AAAC 6201-T81 fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- ▶ **ASTM B398:** Alambres de aleación de aluminio, 6201-T81 para propósitos eléctricos.
- ▶ **ASTM B399:** Conductores trenzados de aleación aluminio tipo 6201- T81 en capas concéntricas.
- ▶ **NTE INEN 2 172:** Conductores de aluminio cableado concéntrico, aleación 6201-T81.

Ilustración 3 Característica de Conductor AAAC (ELECTROCABLES, 2024)



Conductor desnudo de aleación de aluminio AA (6201-T81).

CONSTRUCCIÓN

Los conductores de aleación aluminio desnudo tipo AAAC 6201-T81 son cableados concéntricamente y son contruídos con alambres de esta aleación. Su forma de embalaje son carretes en longitudes de acuerdo a las necesidades del cliente.

Ilustración 4 Aplicaciones y Especificaciones (ELECTROCABLES, 2024)

2.2 Calidad de Energía

“En la última década se han introducido en gran escala equipos electrónicos a los sistemas eléctricos y debido a que estos equipos son susceptibles a pequeñas fluctuaciones en los parámetros de tensión, corriente y frecuencia,” . (Mercado et al., 2013) por lo cual es crucial analizar la calidad de la energía, ya que se ha vuelto un elemento esencial para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y mantener una alta confiabilidad en los sistemas de eléctricos.

La calidad de la energía eléctrica se refiere a la entrega de energía a los equipos y puntos de consumo con las condiciones necesarias para mantener su funcionamiento sin generar fallos en sus componentes. “Desde la perspectiva del consumidor, la calidad de la energía se relaciona con la variación de tensión en los puntos de conexión de diversas cargas, influenciada por perturbaciones generadas por los equipos conectados a la red” (Pluas & Pluas, 2024).

Ambas citas resaltan la importancia de la calidad de energía para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y mantener una alta confiabilidad en los sistemas de potencia. Esto es especialmente relevante en la actualidad, donde la dependencia de los equipos electrónicos es cada vez mayor en varios sectores, como la industria, la medicina, la comunicación, entre otros.

La calidad de energía es un factor crítico para:

- Garantizar el funcionamiento correcto de los equipos electrónicos
- Reducir el riesgo de fallos y daños en los componentes
- Mantener la confiabilidad y eficiencia de los sistemas de potencia
- Cumplir con los estándares y regulaciones de calidad de energía

En resumen, la calidad de energía es un aspecto fundamental para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y sistemas electrónicos, y su estudio y monitoreo son esenciales para mantener una alta confiabilidad y eficiencia en los sistemas de potencia.

“Las empresas distribuidoras deben implementar y mantener una base de datos con la información sobre los componentes de la red asociados a la alimentación eléctrica de cada consumidor”, (Sevilla & Geovanny, 2001) es decir:

- Red de AV (Alto Voltaje)
- Subestación de distribución AV/MV (Alto y Medio Voltaje)
- Circuito de MV (Medio Voltaje)
- Centros de transformación MV/BV
- Circuito de bajo voltaje y punto de distribución al que está conectado
- Identificación del cliente (número de suministro)

2.2.1 El nivel de voltaje en el Ecuador

Los niveles de voltaje están establecidos plenamente en la Resolución Nro. ARCONEL 018/18; norma que regula el servicio eléctrico, se define de la siguiente manera:

NIVELES DE VOLTAJE	
BAJO VOLTAJE	Menor o igual a 0.6 kV
MEDIO VOLTAJE	Mayor a 0.6 y adicional menor 40 kV
ALTO TENSION GRUPO 1	Mayor a 40 kV y menor igual a 138 kV – transmisión.
ALTO VOLTAJE GRUPO 2	Mayor a 138 kV

Tabla 1 Nivel de voltaje en el Ecuador

(Regulación Nro. ARCERNNR-002_20, 2023)

La calidad de Energía se mide consiguiendo los de voltajes en un punto del sistema de distribución, y se determinará con el siguiente formula:

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100 \text{ [%]}$$

Donde:

- ΔV_k = Variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k .
- V_k = Voltaje de suministro en el punto k , determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.
- V_N = Voltaje nominal en el punto k .

Ilustración 5 Formula De Cálculo De Calidad De Producto

Los rangos de voltaje admitidas son las siguientes:

NIVEL DE VOLTAJE	RANGO ADMISIBLE
ALTO VOLTAJE (GRUPO 1 Y GRUPO 2)	$\pm 5.0 \%$
MEDIO VOLTAJE	$\pm 6.0 \%$
BAJO VOLTAJE	$\pm 8.0 \%$

Tabla 2 Voltajes Admitidos (Regulación Nro. ARCERNNR-002_20)

2.3 Fundamentos Jurídicos y Normativos

2.3.1 *Constitución de la República del Ecuador 2008.*

La constitución es la carta magna que regula a todas las normas y leyes, vigentes en nuestro país; en donde se exponen los siguientes artículos relacionado con la energía y la obligatoriedad del estado en suministrarlo como ente regulador de los sectores estratégicos:

“**Art. 53.-** Las empresas, instituciones y organismos que presten servicios públicos deberán incorporar sistemas de medición de satisfacción de las personas usuarias y consumidoras, y poner en práctica sistemas de atención y reparación. El Estado responderá civilmente por los daños y perjuicios causados a las personas por negligencia y descuido en la atención de los servicios públicos que estén a su cargo, y por la carencia de servicios que hayan sido pagados”.(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

De acuerdo con este artículo es importante la creación de un sistema de medición de calidad de energía ya que es un servicio público que es ofrecido por el estado.

“**Art. 314.-** El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación”. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

“**Art. 315.-** El Estado constituirá empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas”.(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Los artículos 314 y 315 Establece que el Estado será responsable de la provisión, entre otros, del servicio público “energía eléctrica”; se establece tácitamente que el estado es el

responsable de proveer a través de las entidades adscritas al estado ecuatoriano, el servicio de suministro eléctrico en el Ecuador.

2.3.2 Ley Orgánica Del Servicio Público De Energía Eléctrica

“**Art. 4.-** Derechos de los consumidores o usuarios finales.- Son derechos de los consumidores o usuarios finales los siguientes:

1. Recibir el servicio público de energía eléctrica acorde con los principios constitucionales de eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad y precio equitativo;

3. Reclamar a la empresa eléctrica en caso de inconformidad con el servicio público recibido, o los valores facturados; y, recibir una respuesta oportuna;

6. Recibir un trato equitativo, no discriminatorio o abusivo, en la prestación del servicio público de energía eléctrica;

9. Ser indemnizado por los daños ocasionados por causas imputables a la calidad del servicio público de energía eléctrica suministrado por parte de la empresa eléctrica de distribución y comercialización”. (LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA, 2015)

“**Art. 43.-** Dé la distribución y comercialización.- La actividad de distribución y comercialización de electricidad será realizada por el Estado a través de personas jurídicas debidamente habilitadas por la autoridad concedente para ejercer tal actividad. Sus operaciones se sujetarán a lo previsto en su respectivo título habilitante, así como a las normas constitucionales, legales, reglamentarias y regulatorias que se establezcan, bajo su exclusiva responsabilidad, y observando principios de transparencia, eficiencia, continuidad, calidad y accesibilidad.” (LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA, 2015)

“Será obligación de cada empresa dedicada a la actividad de distribución y comercialización, expandir su sistema en función de los lineamientos para la planificación que emita el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, para satisfacer, en los términos de su título habilitante, toda demanda de servicio de electricidad que le sea requerida, dentro de un área geográfica exclusiva que será; fijada en ese mismo documento, en el que también se deberá incluir la obligación de cumplir los niveles de calidad con los que se deberá suministrar el servicio, según la regulación pertinente. La empresa eléctrica proveerá el suministro de energía eléctrica a las

personas naturales o jurídicas que acrediten los requisitos establecidos en la regulación que para el efecto dicte el ARCONEL”. (LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA, 2015)

Estos artículos establecen un marco regulatorio mediante el cual deben operar las empresas de distribución y comercialización de electricidad, asegurando que estas actividades se realicen bajo estándares elevados de calidad, eficiencia, y transparencia, y siempre bajo la supervisión del Estado.

La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica enfatiza la calidad del servicio eléctrico como un derecho clave de los consumidores y una obligación esencial para las empresas distribuidoras. Este enfoque en la calidad asegura que el suministro de energía cumpla con estándares que protejan a los usuarios y promuevan la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico.

Asegurar la calidad de la energía implica garantizar que el suministro sea continuo, sin interrupciones injustificadas, y que la energía suministrada cumpla con los parámetros técnicos adecuados. La ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad) es la entidad encargada de establecer y supervisar estos estándares, subrayando la importancia de mantener un servicio de alta calidad.

Es virtud de lo indicado en los anteriores párrafos es necesario que CNEL-STE como distribuidor de energía, cumpla con niveles de calidad establecidos en la norma en la regulación pertinente. Esto asegura que a más de enfocarse simplemente proveer energía, esta entrega sea de calidad adecuada para satisfacer las necesidades de los suministros y son de importancia en el caso de estudio con respecto al Alimentador Anconcito de la S/E San Vicente.

“Una deficiente calidad en el suministro de la energía eléctrica afecta, en mayor o menor grado, a otras tecnologías y procesos industriales, donde las pérdidas económicas que se generan por este concepto han crecido con el paso de los años”. (Sánchez, 2009)

2.3.3 Regulación Nro. ARCERNNR 002/20 (Codificada)

Esta norma en su artículo 5.1 indica lo siguiente:

“5.1 Atributos de calidad de la distribuidora.- La evaluación de la calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica se efectuará considerando los siguientes índices e indicadores”(Regulación Nro. ARCERNNR-002_20, 2023)

“5.1.1 Calidad del producto:

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker)
- c) Distorsión armónica de voltaje
- d) Desequilibrio de voltaje

5.1.2 Calidad del servicio técnico:

- a) Frecuencia de interrupciones a nivel global y por consumidor
- b) Duración de interrupciones a nivel global y por consumidor

5.1.3 Calidad del servicio comercial:

- a) Porcentaje de atención y conexión a nuevos suministros
- b) Porcentaje de errores en la facturación
- c) Tiempo promedio de resolución de reclamos
- d) Porcentaje de resolución de reclamos
- e) Porcentaje de restablecimiento de servicio
- f) Porcentaje de respuestas a consultas
- g) Satisfacción de consumidores”

(Regulación Nro. ARCERNNR-002_20, 2023)

“6.1 Obligaciones de la Distribuidora

a) Prestar el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica a los consumidores finales, cumpliendo con los requerimientos de calidad exigidos en la presente regulación.

b) Implementar, mantener y actualizar periódicamente la base de datos con los componentes del sistema de distribución, de acuerdo con lo establecido en la presente regulación.

c) Levantar, registrar, procesar y analizar la información necesaria para la determinación de todos los índices e indicadores de calidad”. (Regulación Nro. ARCERNNR-002_20, 2023)

El documento "Regulación Nro. ARCERNNR-002_20 (Codificada)" establece las normas y procedimientos para garantizar un buen servicio eléctrico, a su vez indica los indicadores a los cuales están sujetas la distribución y mercadeo de energía eléctrica, mediante las distribuidoras en Ecuador. La regulación, expresada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), define los estándares de calidad que deben cumplir las distribuidoras de energía, abarcando aspectos técnicos y comerciales.

Es fundamental reconocer que no hay una solución única para los problemas de calidad de la energía; cada tipo de problema requiere un conjunto específico de posibles medidas correctivas, varias de las cuales podrían ser igualmente efectivas. En la práctica, es común que se presenten distintos problemas simultáneamente, por lo que las soluciones implementadas deben ser compatibles entre sí y con las cargas de la instalación. “En la práctica es probable que coexistan diferentes problemas, y las soluciones adoptadas deben ser compatibles entre sí y con las cargas que configuran la instalación”. (Sánchez, 2009)

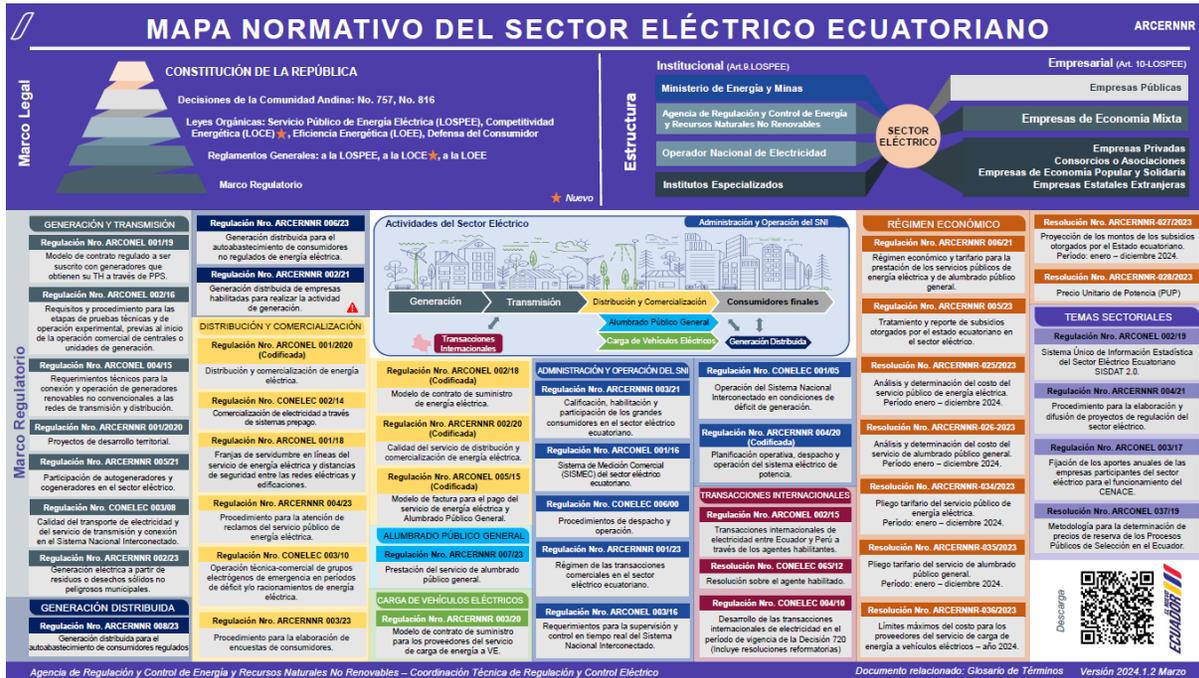


Ilustración 6 Imagen Normativo del Sector Eléctrico (ARCERNNR, 2024)

2.3.4 Calidad del Producto, Servicio Técnico y Servicio Comercial

La calidad del producto se refiere a mantener el nivel de voltaje dentro de los límites establecidos, minimizando perturbaciones rápidas, distorsiones armónicas y desequilibrios de voltaje. Las distribuidoras están obligadas a realizar mediciones periódicas para asegurar que estos parámetros se mantengan dentro de los estándares definidos.

Este aspecto se centra en la frecuencia y duración de las interrupciones del servicio eléctrico. Se establecen índices específicos para medir estos parámetros, y las distribuidoras deben cumplir con los límites máximos admisibles para evitar sanciones. Se requiere que las distribuidoras registren y clasifiquen las interrupciones, presentando informes mensuales sobre los resultados de las mediciones.

La regulación también aborda la calidad del servicio comercial, que incluye la atención a nuevos suministros, la corrección de errores de facturación y la resolución de reclamos. Se establecen índices de rendimiento con límites mínimos de cumplimiento, y las distribuidoras deben realizar encuestas anuales de satisfacción del cliente.

2.4 *Enfoque de Estudio*

Para el análisis del estado de la red trifásica, se considera un (1) año de historial de datos recabado por el operador de turno de la subestación San Vicente; por ende con estos datos se realizará la simulación de corriente de carga utilizando el software CYMDIST. Empezando por la distribución de carga e identificando la frecuencia de caídas de voltaje, para seleccionar la demanda máxima, promedio y mínima que existió en un mes determinado como se muestra en la figura.

“La electricidad es una forma de energía final que ha cambiado esencialmente el progreso de la sociedad con sus múltiples propósitos, desarrollos y aplicaciones, para satisfacer las necesidades vitales o materiales del ser humano y generar nuevos servicios con el avance tecnológico.” (Stella et al., 2019). Por lo cual la energía eléctrica es fundamental en la sociedad moderna, ya que ha transformado tanto los métodos de trabajo en la industria como el confort en los hogares, convirtiéndose en un pilar esencial para el desarrollo y la vida cotidiana.

“Las redes de distribución son las encargadas de suministrar energía eléctrica a los consumidores, utilizando un conjunto de elementos eléctricos tales como conductores, equipos, transformadores, protecciones y estructuras para su sujeción”. (Gómez et al., 2023)

Con los datos definidos en el diseño, se asegura la adecuada ejecución del flujo de potencia y se garantiza la determinación del perfil de voltaje para los usuarios. Esta red debe contener entre sus nodos los debidos reconectores, punto de seccionamiento, datos de la subestación, cargas, entre otros. Los datos definidos en el diseño permiten asegurar que el flujo de potencia se ejecute correctamente y garantizan la identificación del perfil de voltaje para los usuarios.

“Lo que es una consideración razonable para los sistemas de distribución que tienen muchas zonas rurales en su haber y sería muy difícil y hasta innecesario cumplir regulaciones tan estrictas en la parte técnica, en los diferentes niveles de voltaje. Para este punto se establecen que las mediciones sean tomadas en la mayoría de los puntos significativos de los sistemas de distribución, tales como; alimentadoras, consumidores de alto, medio y bajo voltaje”. (Castañeda & Castañeda, 2010)

El estudio del sistema de red de distribución eléctrica se basa en la simulación de una red de distribución eléctrica que contiene todos los elementos clave de una infraestructura real, incluyendo reconectores, subestaciones y cargas. A continuación, se describe el método que se utilizará para llevar a cabo el análisis donde se diseñará un modelo de red de distribución eléctrica representativo que incluirá todos los componentes esenciales, esta red incluirá reconectores, y diferentes tipos de cargas distribuidas a lo largo de la red para simular escenarios reales de operación.

“Las mediciones juegan un papel importante en casi cualquier problema de calidad de la energía eléctrica, ya que constituyen el principal método de caracterizar el problema o el sistema que está siendo evaluado. Al tomar las mediciones, es importante registrar los impactos de las variaciones de la calidad de la potencia, al mismo tiempo que los problemas se puedan correlacionar con las causas posibles”. (Sánchez, 2009)

Con los datos de diseño establecidos, se ejecutará una simulación de flujo de potencia para analizar cómo se distribuye la energía a lo largo de la red. El flujo de potencia permitirá identificar puntos críticos donde pueden ocurrir variaciones de voltaje significativas; también permitirá determinar el perfil de voltaje en diferentes puntos de la red, desde la subestación principal hasta los consumidores finales. Este enfoque proporciona un análisis integral del funcionamiento de la red de distribución, teniendo en cuenta la eficiencia energética y la estabilidad de tensión en diferentes escenarios.

2.5 Reguladores De Voltaje

“Los reguladores de voltaje de distribución de la energía mantienen los voltajes del sistema de distribución de energía dentro de un rango definido. Los voltajes regulados garantizan que los productos y los equipos eléctricos funcionen de manera óptima”. (Eaton, 2017).

“Un regulador de voltaje monofásico es un autotransformador de punto de voltaje variable que regula en 32 pasos desde +/-10%. Un control de regulador de voltaje detecta la tensión del sistema el cual puede operar un cambiador de tomas para regular el voltaje dentro de un rango específico”.(Yépez & Caicedo, 2023)

Lo que describe Yépez y Caicedo, en cuánto a los 32pasos; consiste en la forma como este cambia sus niveles de voltaje mismo que van desde TAP cero y se dispersa entre 16 TAP'S positivos y 16 TAP'S o pasos negativos.

“Estos elementos se aplican en los sistemas de distribución para controlar el voltaje entregado a los clientes dentro de los estándares aceptables de la industria.” (Chimbo & Molina, 2018) por ende las inquietudes sobre la calidad de la energía eléctrica suministrada por las empresas de servicios han incrementado la conciencia sobre las condiciones de alta y baja tensión en las instalaciones de los clientes

“Las caídas de voltaje que ocurren normalmente a través de las líneas y los transformadores varían con el nivel de carga en el sistema. Los reguladores de voltaje, cuando se aplican correctamente, pueden compensar estas caídas de voltaje y mantener el voltaje del cliente dentro de los límites adecuados”(Vega Romero, 2021)

“Los productos y los equipos eléctricos generalmente están diseñados para funcionar dentro de una banda de voltaje limitada. El voltaje mal regulado a menudo resulta en un rendimiento adverso e inaceptable del equipo. Los problemas que pueden ocurrir incluyen daños a la electrónica, funcionamiento ineficiente de los motores, bombillas tenues y muchos otros problemas”.(Eaton, 2017) . Los dispositivos y equipos eléctricos suelen estar diseñados para operar dentro de un rango de voltaje específico. Un voltaje mal regulado puede causar un rendimiento deficiente e inaceptable del equipo, lo que podría resultar en daños a componentes electrónicos, motores que funcionan de manera ineficiente, bombillas con luz tenue, entre otros problemas.

Estos dispositivos son esenciales en los sistemas de distribución eléctrica para compensar las caídas de voltaje, por la longitud que tenga la trocal del alimentador y que varían según la carga de la red y a su vez mantener un voltaje regulado es crucial para evitar daños en equipos eléctricos y asegurar su funcionamiento eficiente.



Ilustración 7 Regulador de Voltaje (Eaton, 2017)

“La última tecnología de regulador de voltaje ofrece ventajas importantes sobre los diseños tradicionales”(Eaton, 2017)

- “Controles electrónicos con características avanzadas que admiten tecnología de red inteligente y comunicaciones SCADA
- Control multifásico que opera dos o tres reguladores con un solo controlador
- Los cambiadores de derivación Quik-Drive proporcionan funcionamiento a través de 32 pasos en menos de 10 segundos, lo que mejora la calidad de la energía al proporcionar una recuperación más rápida de grandes oscilaciones de voltaje.
- Cambiadores de derivación con tecnología de vacío, mayores capacidades nominales de carga y menos requisitos de mantenimiento”. (Eaton, 2024).

2.6 Principio De Funcionamiento

“Los reguladores de voltaje son autotransformadores que poseen un ajuste automático de taps, que permiten variar el voltaje entregado a la carga y funciona automáticamente bajo carga”.(Sobalvarro & Galán, 2019)

“El principio de funcionamiento es semejante al de un autotransformador, es decir, además del acoplamiento magnético entre el primario y el secundario, existe un acoplamiento eléctrico, como se ve en la siguiente figura”. (Toshiba, 2015)

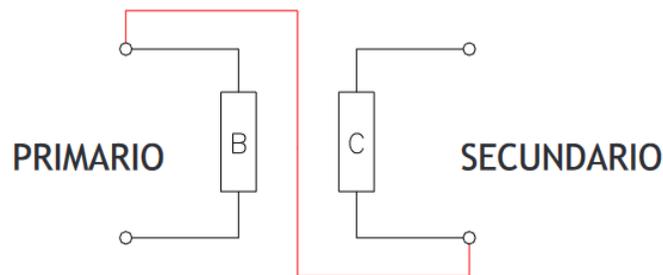


Ilustración 8 Conexión de las Bobinas (Toshiba, 2015)

Existen dos maneras de realizar la conexión eléctrica entre el primario y el secundario, que permiten que el autotransformador funcione como elevador o reductor de voltaje, tal y como se describen en la siguiente figura:

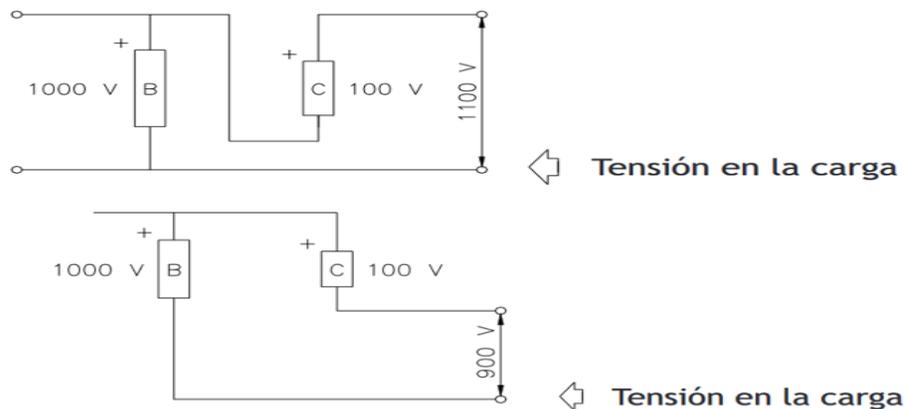


Ilustración 9 Funcionamiento como elevador y Reductor (Toshiba, 2015)

“Lo que determina la conexión eléctrica para que el autotransformador funcione como reductor o elevador es la polaridad de las bobinas. Por tanto, vamos a agregar un interruptor inversor de la polaridad del circuito, para permitir que el autotransformador actúe como elevador y reductor”. (Toshiba, 2015)

Un regulador de voltaje de distribución de energía es un autotransformador que puede sumar o restar voltaje para proporcionar niveles de voltaje del sistema consistentes. Un control de regulador de voltaje detecta el voltaje del sistema y ordena al cambiador de tomas que funcione cuando se necesitan cambios de voltaje; la operación del cambiador de tomas cambia la configuración de la bobina del autotransformador, lo que produce un cambio en el voltaje.

“Lo que determina la conexión eléctrica para que el autotransformador funcione como reductor o elevador es la polaridad de las bobinas. Por tanto, vamos a agregar un interruptor inversor de la polaridad del circuito, para permitir que el autotransformador actúe como elevador y reductor”. (Toshiba, 2015).

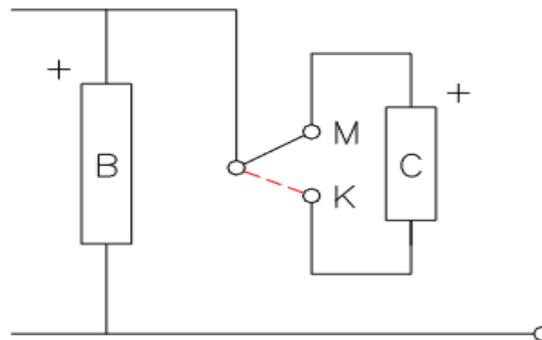


Ilustración 10 Diagrama del Cambiador de Polaridad (Toshiba, 2015)

Al agregar TAP'S a la bobina “C”, pasamos a tener escalones de tensión.

“Luego, si la carga está conectada en el TAP 1 y necesitamos cambiar su conexión en el TAP 2, tenemos que interrumpir el circuito, es decir, desenergizar el regulador. Para que no ocurra eso, la solución es agregar un reactor al circuito pues mientras que de las extremidades del reactor se mueve en el TAP 2, la realimentación de la carga se lleva a cabo mediante la otra extremidad del reactor”. (Toshiba, 2015).

Para detallar mejor el circuito del reactor, vamos a tener en cuenta un trozo de la bobina “C”. Considerando el reactor en la posición 0 (neutral).

La tensión que se aplica a los terminales del reactor es V_d , pero la tensión en la carga aumentará o disminuirá en la proporción de $V_d/2$, debido al center Tap (Tap Central), lo que explica por qué el reactor es un divisor de tensión. (Toshiba, 2015).

Tal como se grafica en la siguiente figura:

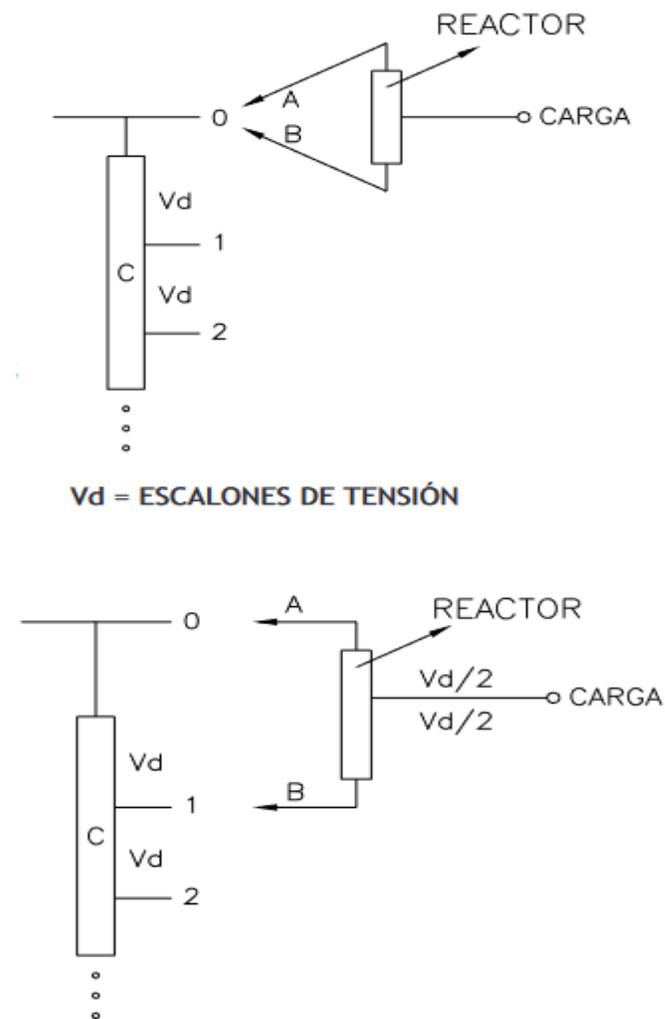


Ilustración 11 Funcionamiento Del Reactor

Cuando se aplica la tensión V_d a los terminales del reactor, circula una corriente circulante, I_C ; esta corriente se debe limitar; este paso se realiza para que no ocurra un desgaste excesivo de los contactos del conmutador y se preserve su vida útil. La determinación del límite de la corriente circulante en el reactor se basa en el principio de la extinción de arco en un circuito, (Toshiba, 2015) como indica la siguiente ilustración:

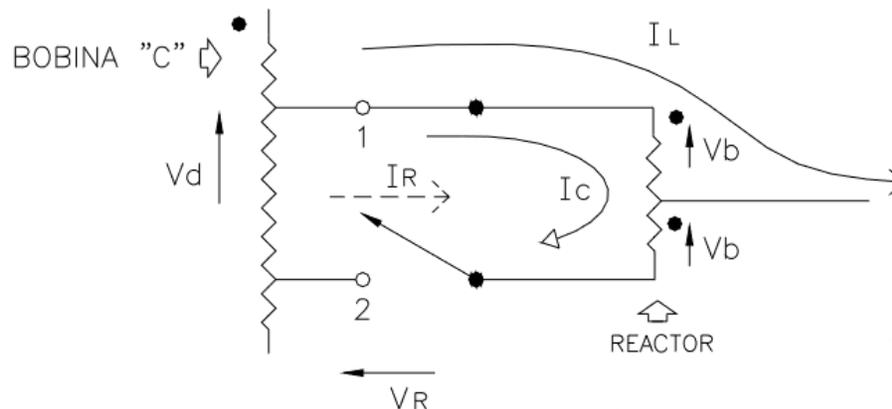


Ilustración 12 Limitando La Corriente Circulante

2.7 Tipos De Conexiones En Banco De Reguladores

“Un regulador puede regular un circuito monofásico, o una fase de un circuito trifásico delta o estrella. Es decir, los reguladores de voltaje pueden conectarse en estrella (**Y**) o en delta (**Δ**)” (Chimbo & Molina, 2018)

“El tipo de conexión que se emplee dependerá del voltaje nominal del regulador, del voltaje nominal del alimentador de distribución y del rango de regulación a limitar”. (Sobalvarro & Galán, 2019)

2.7.1 Conexión En Estrella

Se refiere a un sistema eléctrico que utiliza cuatro conductores, comúnmente empleado en circuitos trifásicos. En este tipo de configuración, se conectan tres reguladores monofásicos, cada uno enlazado entre una línea y el neutro.

Cada uno de los reguladores se encarga de controlar de manera independiente el voltaje en cada fase del circuito trifásico, lo que resulta esencial para corregir el desbalance de voltaje y mantener el voltaje estable en estado estacionario.

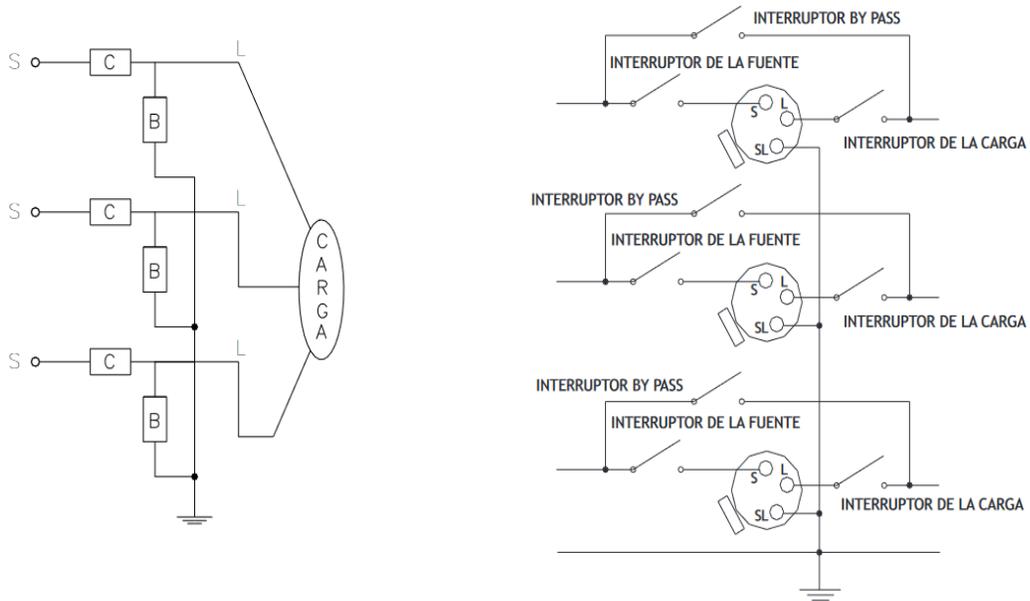


Ilustración 13 Conexión Estrella

Si el grupo de reguladores está configurado en estrella, se aconseja que la fuente también esté conectada en estrella. De esta manera, la corriente del neutro, resultante de posibles desequilibrios de carga del grupo, tendrá un camino cerrado hacia tierra y, por ende, hacia la fuente.

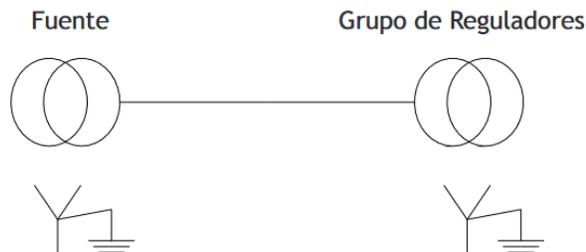


Ilustración 14 Conexión Fuente - Reguladores

Si la fuente está configurada en triángulo y el conjunto de reguladores está en estrella, el neutro virtual de la conexión estrella se desplaza cuando la carga se desequilibra, lo que provoca una serie de conmutaciones en el grupo de reguladores. Normalmente, en el conjunto, algunos reguladores alcanzan la posición de máxima elevación mientras que otros llegan a la posición de máxima reducción.

2.7.2 Conexión en triángulo Cerrado

En la conexión en triángulo cerrado, los tres reguladores están conectados de tal manera que cada uno se conecta entre dos fases del sistema trifásico. Esto significa que no se utiliza un conductor neutro, y cada regulador está sujeto a la diferencia de voltaje entre dos líneas de fase; de tal forma que un circuito cerrado en forma de triángulo (o delta), donde cada vértice del triángulo corresponde a un punto de conexión de un regulador a las dos fases adyacentes.

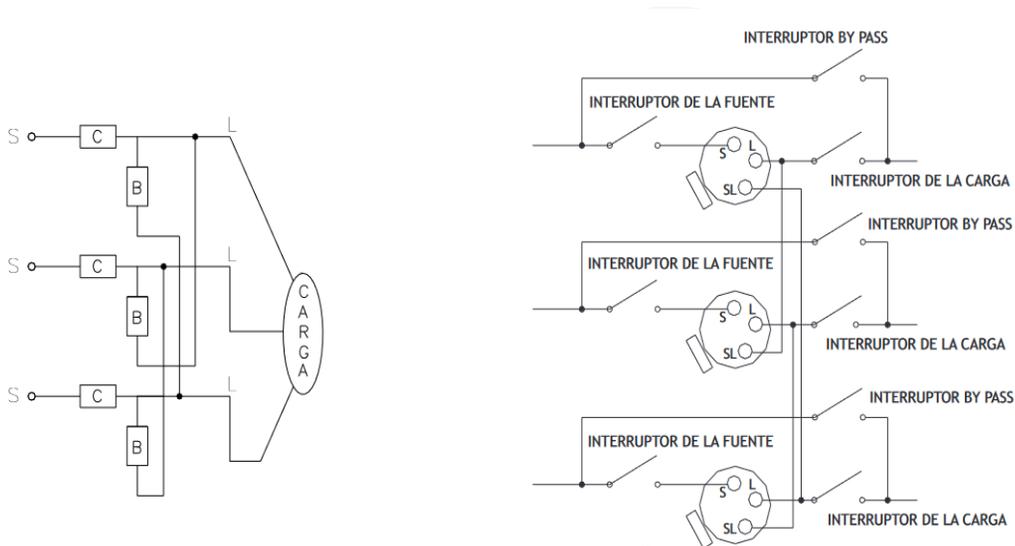


Ilustración 15 Conexión en Triángulo Cerrado

2.7.3 Conexión en Triángulo Abierto

Es una configuración particular utilizada en sistemas eléctricos trifásicos cuando no se dispone de tres reguladores, o cuando se desea utilizar solo dos unidades para cumplir con las demandas del sistema; En la conexión en triángulo abierto, solo dos de los tres reguladores disponibles se conectan en un sistema trifásico, formando un circuito incompleto en forma de triángulo.

“Esta configuración se llama triángulo abierto porque, en lugar de cerrar el triángulo conectando las tres fases, solo dos vértices del triángulo están conectados, mientras que el tercer vértice permanece abierto”. (Sobalvarro & Galán, 2019)

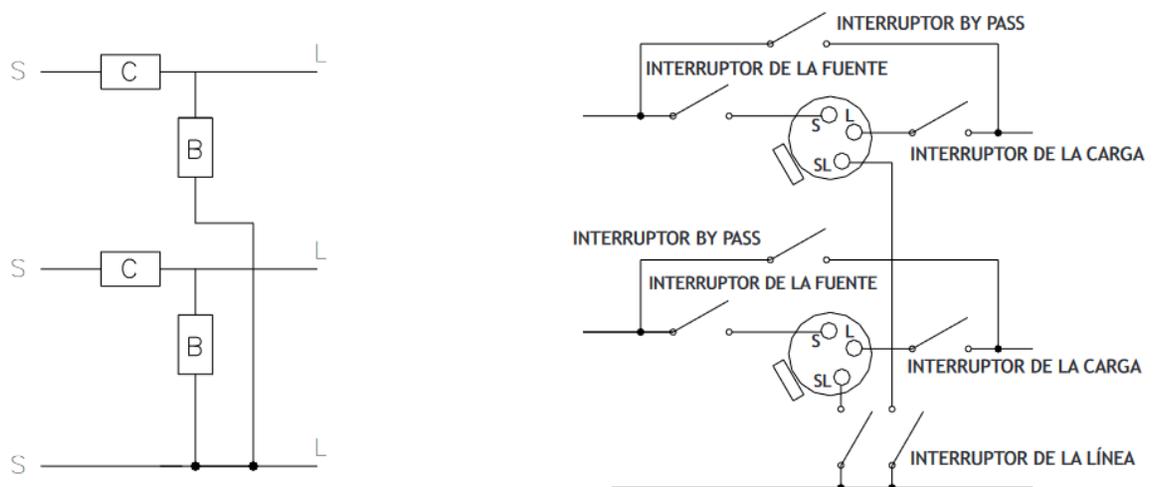


Ilustración 16 Conexión en Triángulo Abierto

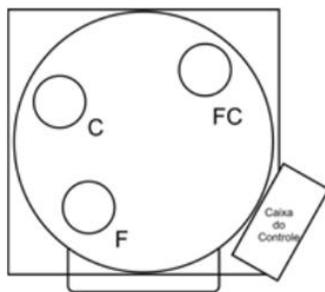
“Esa conexión es ventajosa cuando se trata de una conexión en cascada; así, se ponen 2 reguladores en cada punto de la cascada y se ahorra 1 regulador. Se recomienda usar 3 como (máximo 4) grupos de reguladores en cascada, debido a que cuando se cierran los reconectores, puede haber problemas por posibles sobretensiones en el sistema cuando se cierran los reconectores o se realice transferencia de carga”. (Toshiba, 2015)

2.8 Nomenclatura de los Reguladores Tensión

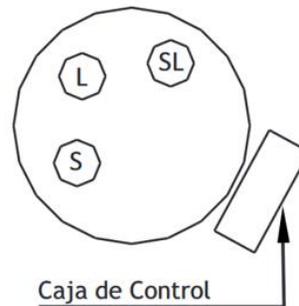
“Estos pueden variar por la fabricación del mismo pero por lo general están apegado a la norma, Los aisladores de AT son identificados conforme la nomenclatura de acuerdo con el estándar ABNT o el estándar ANSI esa identificación está en forma indeleble marcada en la tapa del regulador en bajorrelieve y reforzada con pintura”. (ITB, 2017)

AISLADORES	NOMENCLATURA	
	ABNT	ANSI
FUENTE	“F”	“S”
CARGA	“C”	“L”
COMÚN	“FC”	“SL”

Tabla 3 Correspondencia entre nomenclatura de aisladores ABNT y ANSI.



Ubicación de los terminales en la tapa del regulador.



Disposición de los aisladores en la tapa del regulador

Ilustración 17 Cuadro Grafica de acuerdo con las Normas

2.9 Conexiones Del Regulador A La Caja De Control

La conexión del regulador a la caja de control se realiza a través de un multicable que se conecta al bloque de terminales en la tapa del regulador y se conecta a la caja de control a través de la prensa de cables. (Toshiba, 2015)

En el mercado hay muchos modelos de reguladores que varían según los fabricantes, pero en sí el principio de funcionamiento es el mismo, sin embargo, para que un regulador funcione de manera óptima es necesario que el regulador sea programado de forma correcta; también se necesita con mucha atención la calibración del control; la forma más apropiada y práctica de realizar la revisión de calibración es comparar el voltaje que el control registra, con el voltaje medio en las terminales de prueba. Con estas medidas técnicas mínimas, es como entonces se puede poner en marcha el regulador de voltaje media tensión, recordando que cuando requiera de checar el correcto funcionamiento del regulador, éste debe estar totalmente apagado y vacío de energía guardada, pues de lo contrario se puede poner en riesgo la vida. (Alta Tecnología, 2017)

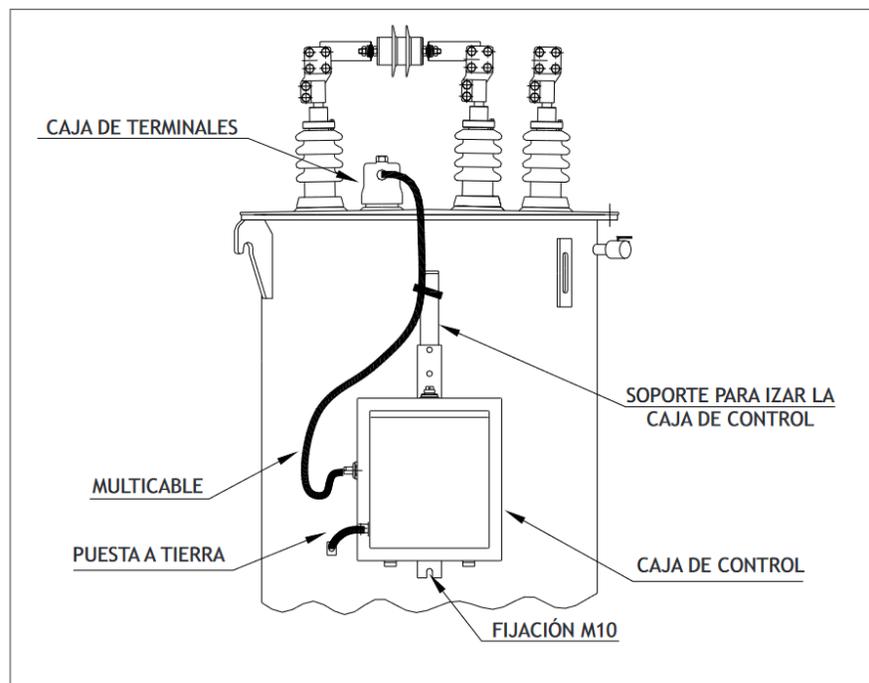


Ilustración 18 Regulador Sin Indicador De Posiciones

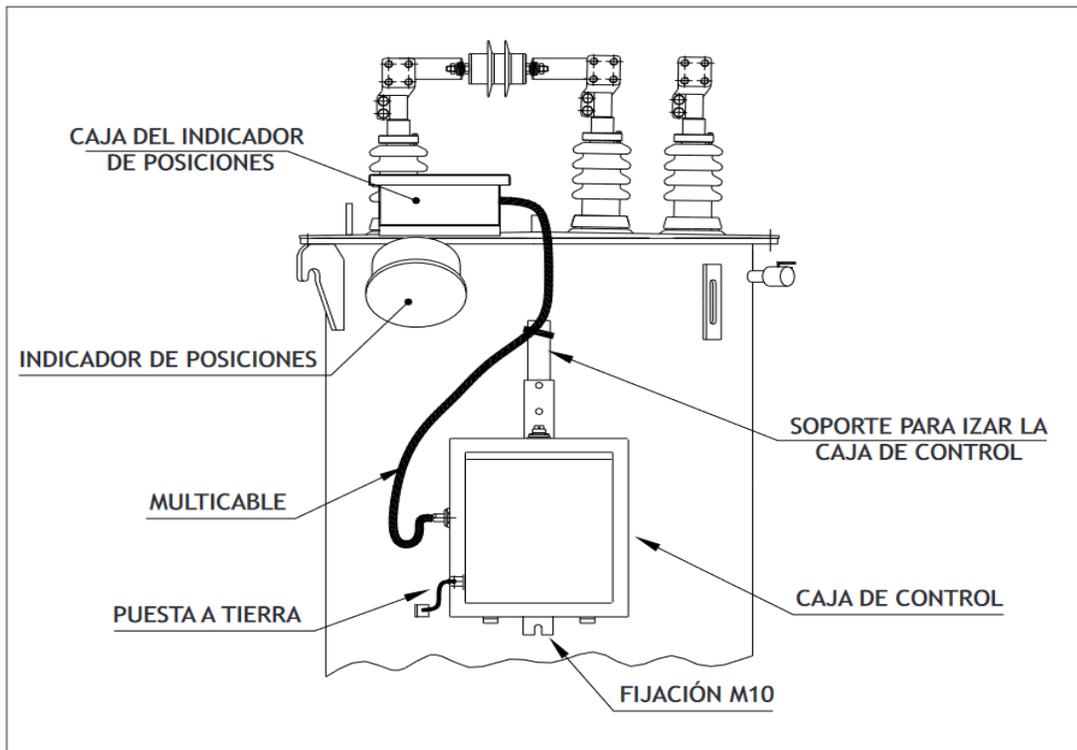


Ilustración 19 Regulador Con Indicador De Posiciones

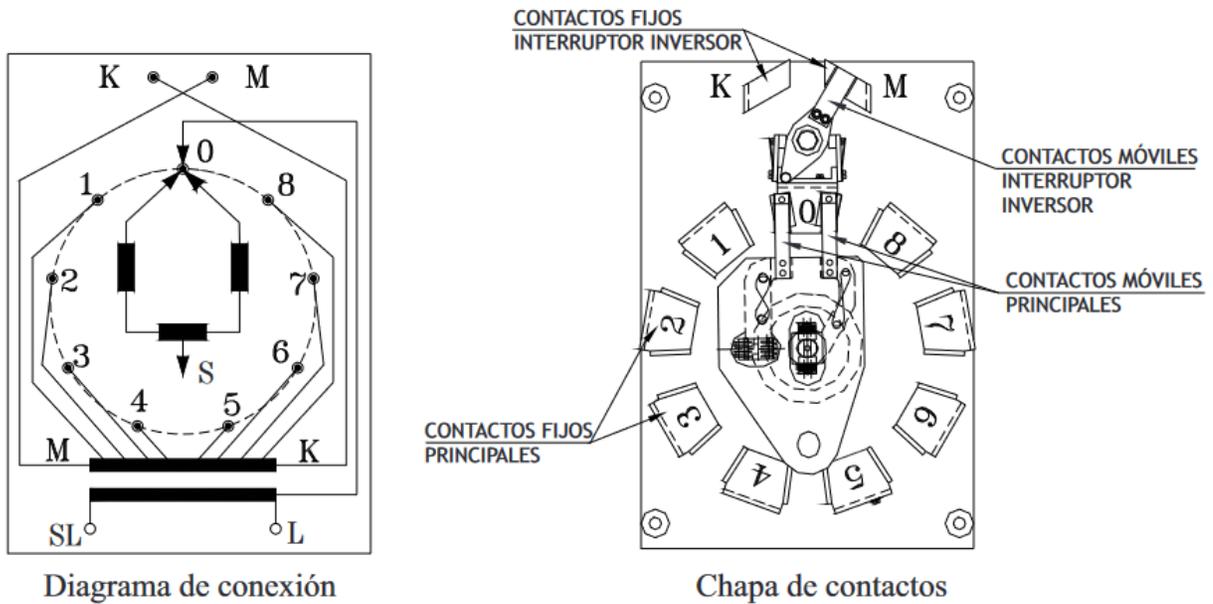


Ilustración 20 Vista interna de la chapa de contactos (Posición nominal)

2.9.1 Recomendaciones básicas

El conmutador TOSHIBA cuenta con un sentidos, lo que permite, a través del contador de operación, supervisar la vida útil en número de operaciones del conmutador. Opcionalmente, Toshiba también suministra el conmutador con el sistema externo de indicación de posición del conmutador, mediante conexión física por un cable flexible entre el indicador externo y el eje de giro del conmutador; es una indicación segura y en tiempo real, no importando si el regulador está energizado o no. (Toshiba, 2024)

El conmutador CR cuenta con contactos para 8 tap's y con el contacto "by-pass" (posición nominal), dispuestos en forma circular.

Dos contactos móviles, accionados mecánicamente entre sí e independientes eléctricamente, se conmutan entre esos contactos fijos en secuencia y uno a la vez, lo que representa un total de 16 posiciones además del "by-pass" (o neutra / posición nominal) .

Un interruptor inversor de polaridad conectado al contacto by-pass a través de escobillas, permite el cambio entre las extremidades del embobinado de "tap's", lo que amplía el número de posiciones a 16 puntos de tensión adicionales. Ese interruptor inversor sólo se puede accionar cuando los contactos A y B se encuentran en el contacto by-pass, lo que es asegurado por el mecanismo de accionamiento que cuenta con un marco adecuado para esa condición.

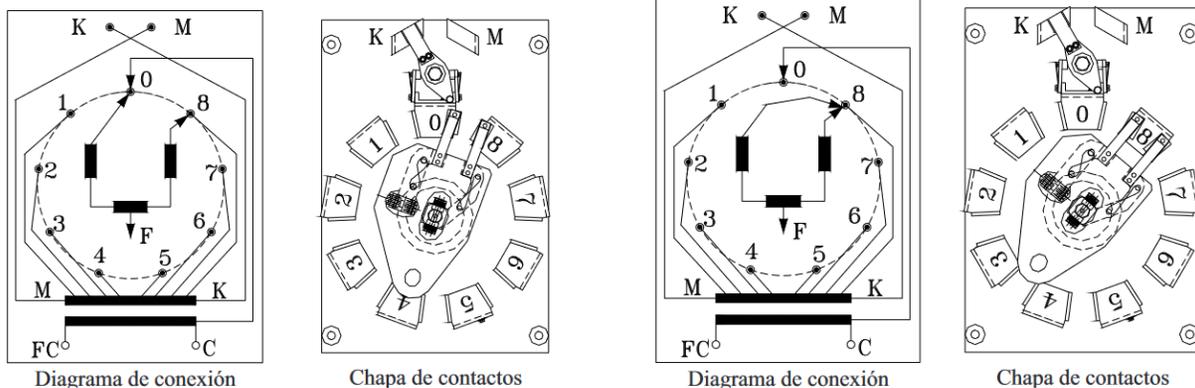


Ilustración 21 Diagrama de Posiciones

2.9.2 Mantenimiento

Los Reguladores TOSHIBA son dispositivos simples y de vida útil larga; sin embargo, las siguientes inspecciones son necesarias:

FRECUENCIA (Núm. de operaciones)	DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS
A cada 250.000	- Reemplazo de los contactos fijos y móviles: - Comprobación del mecanismo de operación
Cada 1.000.000	Revisión general (desmante y reemplazo de las partes desgastadas)

Tabla 4 Consideraciones Para Mantenimiento

Medición de la resistencia de contacto (contacto fijo + contacto móvil + eje + anillo colector): Conectar los terminales del micro ohmímetro entre los terminales del eje y del anillo colector. Realizar mediciones en los tap's pares de 0 a +16. El valor de referencia de la resistencia óhmica para un conmutador nuevo es de, como máximo, 800 μ Ohmios por contacto. Durante la vida útil del conmutador ocurre un desgaste natural de los contactos, como también desalineación y holguras de los mecanismos móviles que producen una elevación gradual de esa resistencia óhmica. El límite máximo de 2.500 μ Ohmios se considera aceptable.

Si el conmutador llega a ese valor antes del período indicado para mantenimiento/ inspección, se debe retirar del servicio activo e inspeccionarse para evaluar la condición de operación. Si es necesario, se deben reemplazar los contactos y/o revisar las holguras de los mecanismos.(Toshiba, 2015)

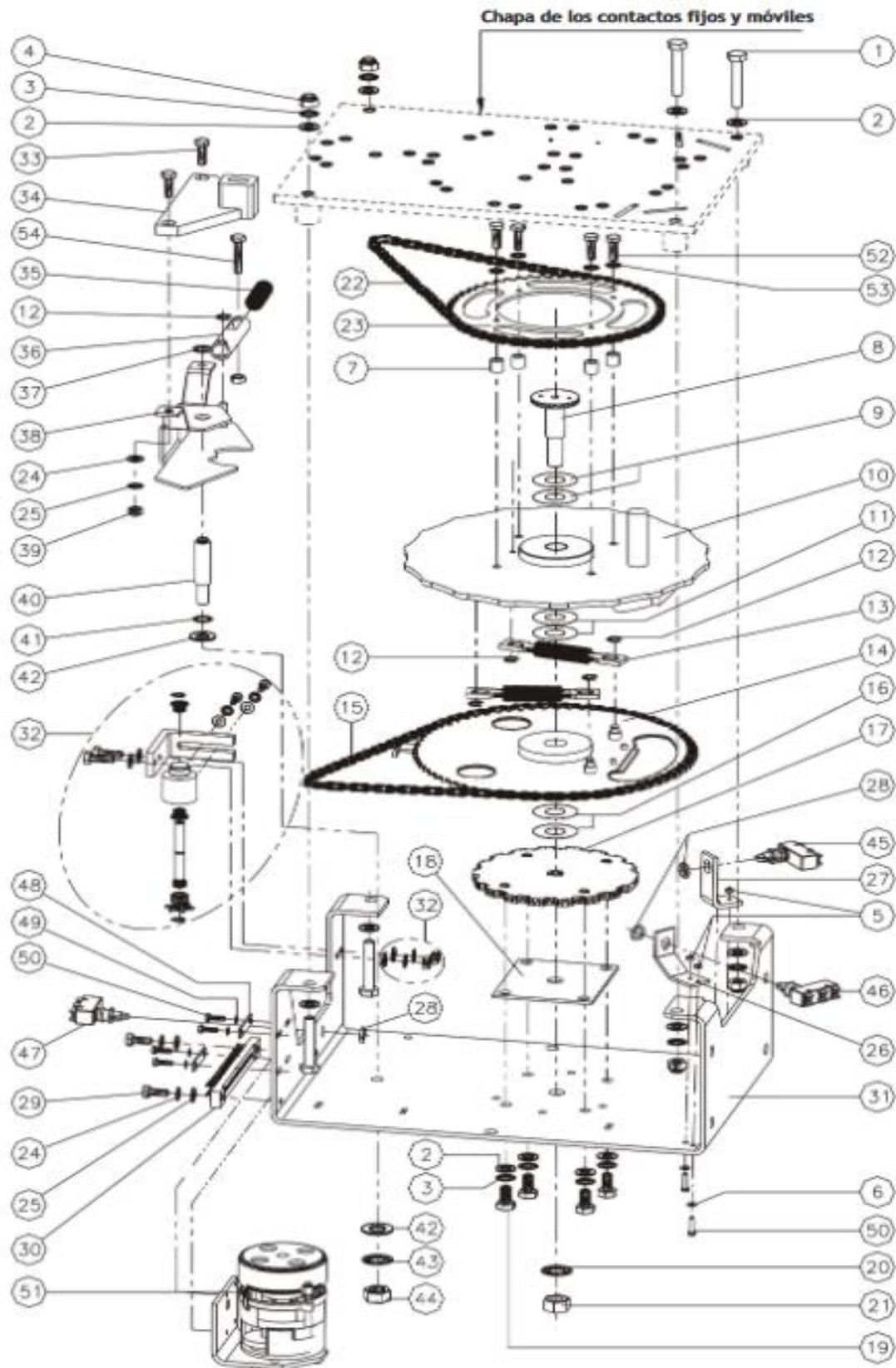


Ilustración 22 Chapa del mecanismo del conmutador CR-3

ELEMENTO	DENOMINACIÓN	CANT.	DIBUJO
01	Tornillo hexagonal de acero M10x60mm	04	PM-00106P60R01
02	Arandela lisa de acero M10	12	PM-00207P10R01
03	Muelle de discos M10	08	PM-00306P10R01
04	Tuerca autobloqueante M10 (Paso 1,5)	04	PM-00406P11R01
05	Tuerca hexagonal de acero M5	04	PM-00506P05R01
06	Arandela lisa de acero M5	04	PM-00607P05R01
*07	Espaciador de la rueda dentada para IME	04	PM-00705P01R01
08	Eje	01	PM-00802P01R01
09	Espaciador	02	PM-00900P06R01
10	Montaje de la Placa de accionamiento	01	PM-01000G01R01
11	Espaciador	03	PM-01100P03R01
12	Anillo elástico	06	PM-01202P05R01
13	Resorte de accionamiento	02	PM-01304G01R01
14	Montaje de la rueda dentada principal	01	PM-01401G01R01
15	Cadena de la rueda dentada principal	01	PM-01502P01R01
16	Espaciador	02	PM-01600P04R01
17	Disco de posiciones	01	PM-01700P01R01
18	Espaciador del disco de posición	01	PM-01802P01R01
19	Tornillo hexagonal de acero M10x20mm	04	PM-01906P20R01
20	Muelle de discos M16	01	PM-02006P16R01
21	Tuerca hexagonal de acero M16	01	PM-02106P16R01
*22	Corriente de la rueda dentada para indicador mecánico externo	01	PM-02201P01R01
*23	Rueda dentada para indicador mecánico externo (IME)	01	PM-02301G01R01
24	Arandela lisa de acero M8	04	PM-02407P08R01
25	Muelle de discos M8	04	PM-02506P08R01
26	Soporte para Microinterruptore (posición neutra)	01	PM-02600P01R01
27	Soporte para Microinterruptor (contador de operaciones)	01	PM-02700P01R01
28	Tuerca hexagonal para microllave	03	PM-02800P01R01
29	Tornillo hexagonal de acero M8x20mm	02	PM-02907P20R01
30	Montaje de la regla de bornes	01	PM-03001G01R01
31	Chapa del mecanismo	01	PM-03100G01R01
*32	Mecanismo de transmisión del indicador mecánico externo	01	PM-03206G01R01
33	Tornillo hexagonal de acero M8x25mm	02	PM-03307P25R01
34	Brazo aislante de interruptor inversor	01	PM-03405P01R01
35	Resorte del tubo de accionamiento del interruptor inversor	01	PM-03510P01R01
36	Tubo de accionamiento del interruptor inversor	01	PM-03608P01R01
37	Anillo elástico del eje del tubo de accionamiento del interruptor inversor	01	PM-03702P08R01
38	Brazo de accionamiento del interruptor inversor	01	PM-03800G01R01
39	Tuerca hexagonal de acero M8	02	PM-03906P08R01
40	Eje del interruptor inversor	01	PM-04002P01R01
41	Espaciador interruptor inversor	01	PM-04104P01R01
42	Arandela lisa de acero M12	02	PM-04207P12R01
43	Muelle de discos M12	01	PM-04306P12R01
44	Tuerca hexagonal de acero M12	01	PM-04406P12R01
45	Microinterruptor del contador de operaciones	01	PM-04501P01R01
46	Microinterruptor de la posición neutra	01	PM-04601P01R01
47	Microinterruptor de la polaridad	01	PM-04701P01R01
48	Chapa de apoyo (motor)	02	PM-04804P01R01
49	Muelle de discos M5	04	PM-04906P05R01
50	Tornillo hexagonal de acero M5x16mm	08	PM-05006P16R01
51	Motor del conmutador	01	PM-05103G01R01
*52	Tornillo hexagonal de acero M8x25mm	04	PM-05207P25R01
*53	Muelle de discos M8	04	PM-05306P08R01
54	Tornillo hexagonal de acero M8x40mm	01	PM-05407P40R01

Tabla 5 LEYENDA PLACA DEL MECANISMO DEL CONMUTADOR CR-3

2.10 Modulo Distribución De Carga Software CYME

CYMDIST le permite modelar una red eléctrica a nivel de país que consta de los siguientes componentes: cargas, redes y fuentes de energía, como se muestra a continuación.

- Equivalente de la fuente: Datos de ingreso de los principales medios obtenidos de mediciones realizadas por las empresas distribuidoras, donde el ingreso de datos depende del estudio a realizar. (CYME, 2024)
- Red eléctrica: Es el elemento central del programa para llevar a cabo varias simulaciones, facilitando un análisis detallado de cada tramo alimentado por los alimentadores primarios. Este componente especifica el calibre y tipo de conductor en cada segmento, además de los equipos instalados en el sistema. La capacidad del programa para proporcionar esta información detallada permite optimizar el diseño y la operación de las redes eléctricas.



Ilustración 23 Inicio Del Alimentador ANCONCITO De Las Subestación San Vicente

El alimentador parte desde el Cantón La Libertad, en el barrio San Vicente, de ahí el nombre de la S/E y se encuentra desde la Av 33 y calles 30; con una referencia GPS X511224 Y9752354.

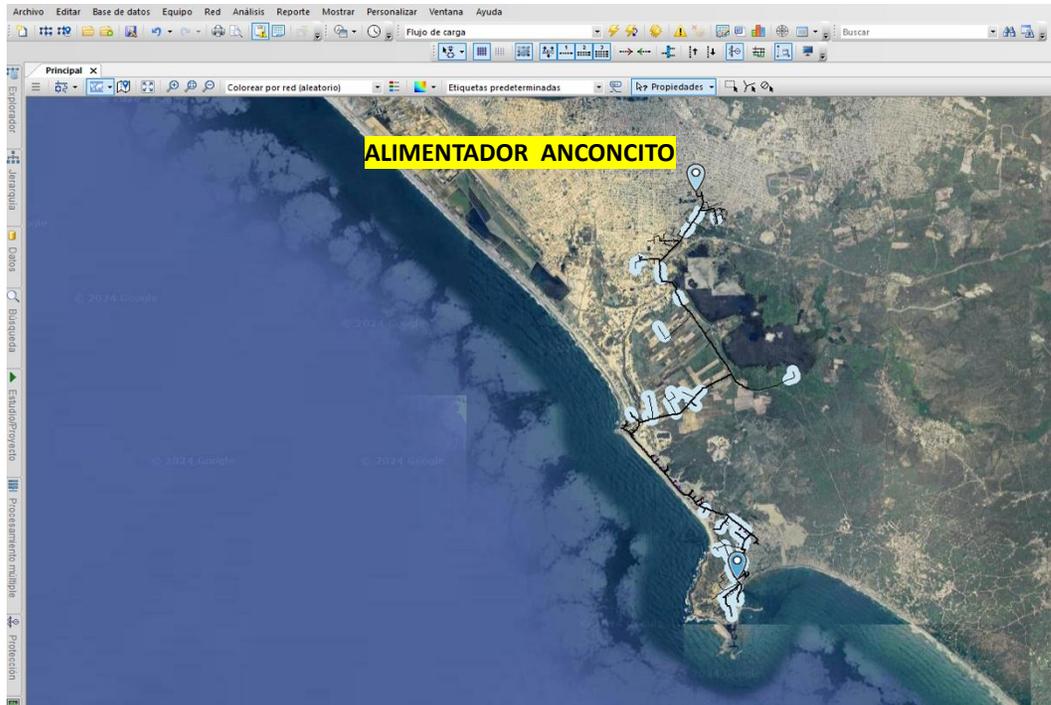


Ilustración 24 Recorrido del Alimentador

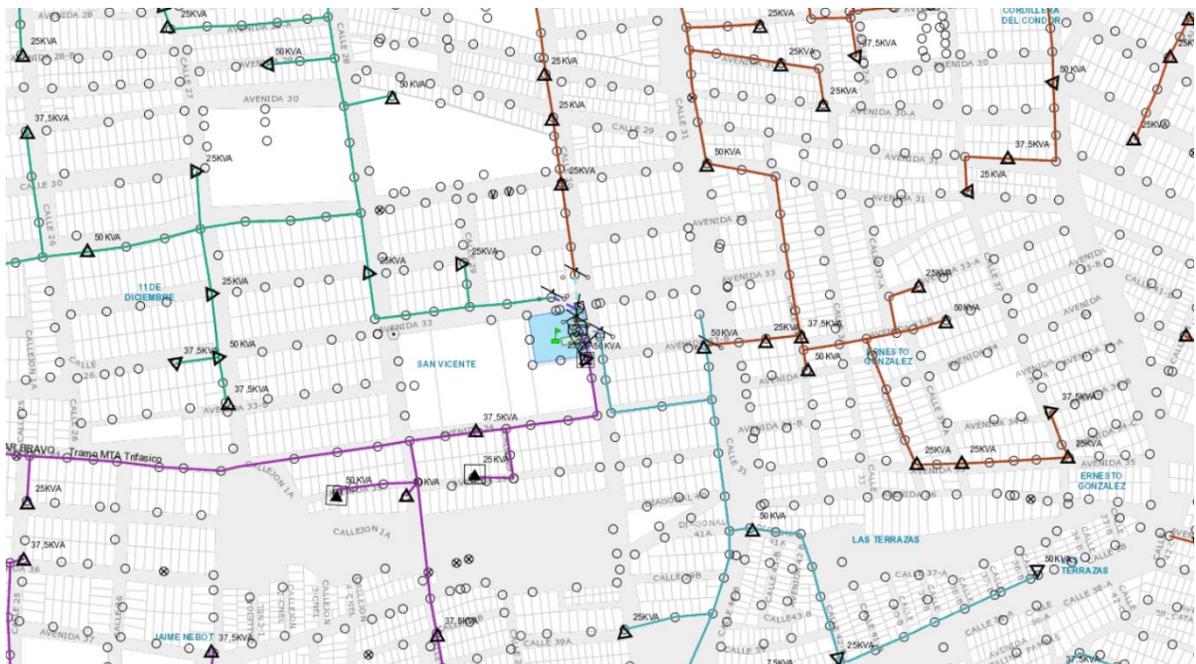


Ilustración 25 Posición de la S/E San Vicente en el Geoportal

Carga: Un transformador de distribución y una carga concentrada representan la modelación de redes de bajo voltaje en CYMDIST.

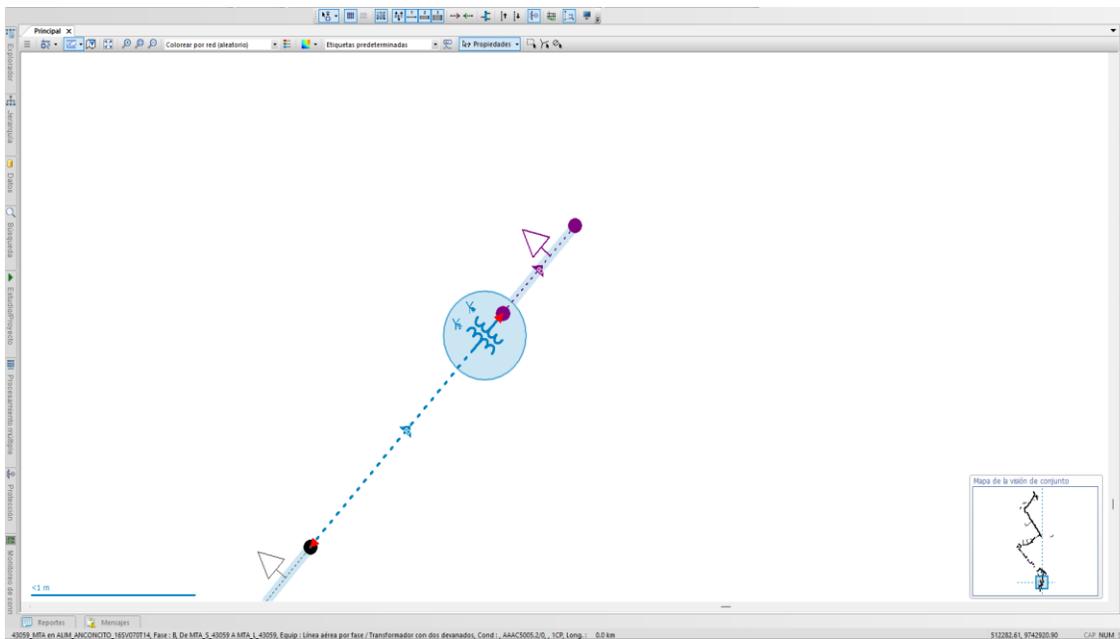


Ilustración 26 Las Propiedades de Un transformador de la cola del Alimentador.

En la parte inferior izquierda, Es el componente principal del programa para llevar a cabo diversas simulaciones, detallando el calibre y tipo de conductor en cada tramo alimentado por los alimentadores primarios, así como los equipos instalados. Además, permite seleccionar la opción de explorador para revisar los datos de la red del alimentador de la subestación y obtener información adicional sobre el alimentador que se utilizará en las simulaciones. Esta capacidad de exploración y análisis facilita una planificación y ejecución más precisa de las simulaciones.

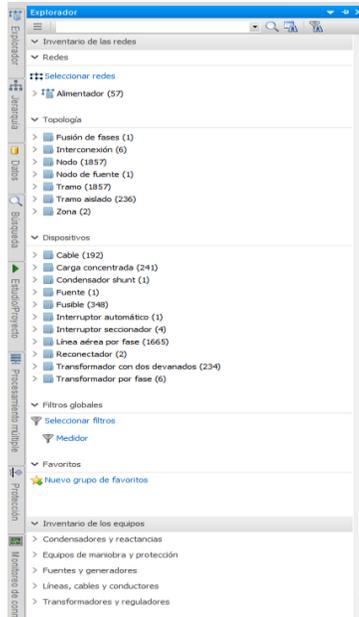


Ilustración 27 Inventario de la Red Alim. Anconcito

2.10.1 Datos Del Alimentador

Para ingresar los datos proporcionados por la CNEL-STE, la distribuidora de energía de la zona se debe seleccionar "ALIM_ANCONCITO" en la sección inicial. Al hacer doble clic, se muestran las propiedades de la red, incluyendo los datos de voltaje y las coordenadas de ubicación en la sección de Fuente. En el tipo de Fuente, se pueden elegir los datos que se utilizarán en las simulaciones. Así, el usuario introduce estos datos, estableciendo los valores para la demanda máxima, media y mínima de potencia.

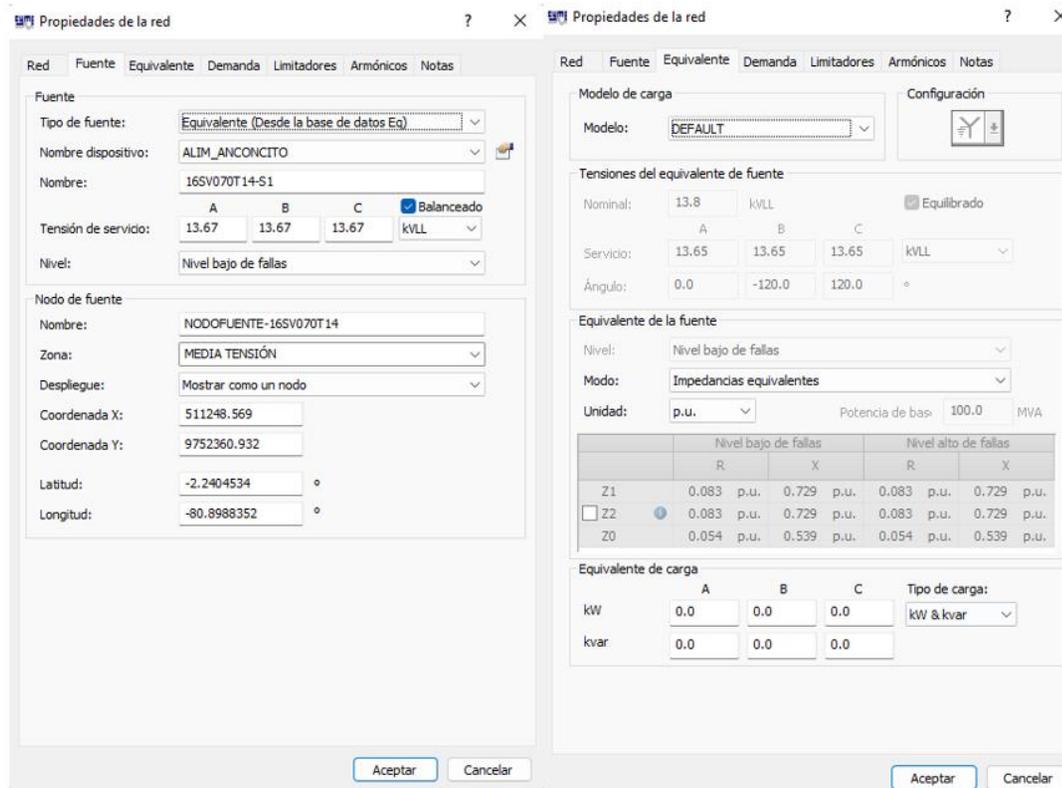


Ilustración 28 Datos de la demanda

“Para conocer la demanda, se debe colocar en el tipo de parámetros que vamos a ver por fases, corriente y factor de potencia. Los datos de las subestaciones de cada alimentador se pueden obtener del historial de datos”. (Chimbo & Molina, 2018)

Propiedades de la red

Red Fuente Equivalente Demanda Limitadores Armónicos Notas

Demanda

Ingresar la demanda de la red

Modelo de carga: DEFAULT Conectado

Tipo: kW-kvar Total

Total 0.0 0.0

Precisión...
Factores...

12/ 8/2024 0:00

Comentarios:

Pérdidas: 0.0 W por fase

Datos aguas abajo

A	B	C	Total
1053.46	1068.02	1438.87	3560.35
kVA reales			Detalles...

Pérdidas anuales

Factor de pérdidas = $k * FdC + (1-k) * FdC^2$

Factor de carga: 75.5 % Constante k: 0.08

Aceptar Cancelar

Ilustración 29 Demanda de Alimentador

Perfil de carga: Se registra en el alimentador Anconcito a nivel de cabecera, según los datos del sistema de medición obtenidos del mismo los cuales son registrados por el operador de turno, datos a continuación.

VLL			CORRIENTES			KW	KVAR	
AB	BC	AC	A	B	C			
13.3	13.5	13.5	176	165	168	3685	1413	MAXIMA
13.5	13.6	13.6	139	131	133	2940	1165	MEDIA
13.7	13.8	13.8	96	91	81	1985	775	MINIMA

Tabla 6 Datos del Alimentador

Una vez registrados los valores de tensión, corriente y factor de potencia (estos valores son necesarios para realizar el análisis y entender el estado de los alimentadores de la subestación, todos los valores corresponden a cada demanda obtenida en condiciones modernas, el valor de referencia de la operación de corriente de potencia.

Después de ingresar los valores de voltaje, corriente y factor de potencia, que son esenciales para el análisis del estado de los alimentadores de la subestación San Vicente, se registran todos los datos correspondientes al día en que se midieron las demandas. Estos valores son los referentes necesarios para llevar a cabo el análisis de flujo de carga.

La tabla 6 muestra los datos de la demanda máxima del alimentador; Con los datos establecidos en cada uno de los parámetros, se acepta lo establecido para el alimentador y se elige el tipo de reporte para saber el estado del alimentador y el factor de mayor influencia en las caídas de voltaje que presenta la subestación se escoge la opción de flujo de carga.

2.10.2 Flujo de carga

"El flujo de carga permite analizar el comportamiento de la red de distribución en una variedad de condiciones para el diseño y el planeamiento, y permite configurar una variedad de condiciones de operación como parámetros, redes, comandos, límites de carga, límites de voltaje y salida. En el método de cálculo, se puede realizar mediante una caída de voltaje equilibrada o desequilibrada, entre otras cosas, para realizar métodos iterativos" (CYME, 2024)

“El diagrama unifilar de un sistema eléctrico muestra las principales conexiones y arreglos de sus componentes. Un componente particular puede o no mostrarse, dependiendo de la información requerida en el estudio particular, por ejemplo, los interruptores no son necesarios y pueden omitirse, por tanto, en un estudio de flujos de potencia; sin embargo, si el estudio es de protección es esencial incluirlos”. (Coria, 2015)

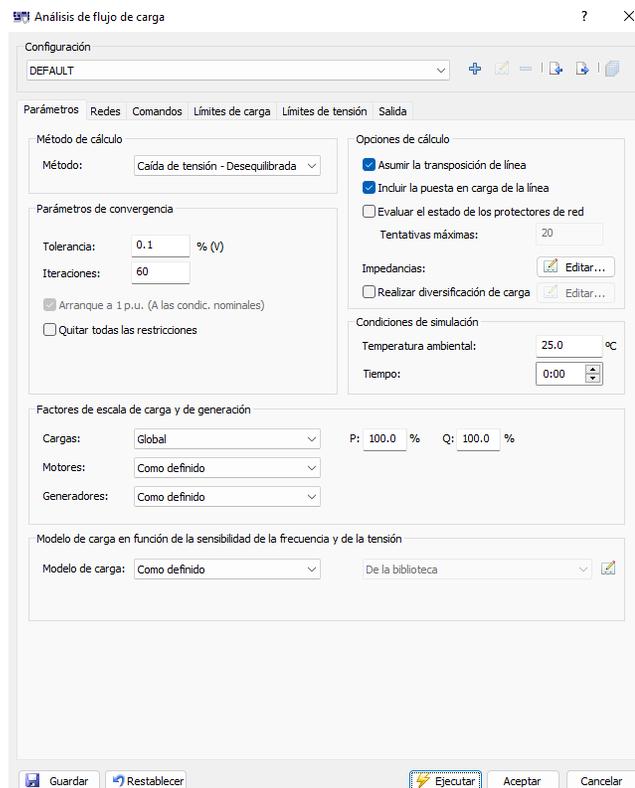


Ilustración 30 Ventana de Flujo de Carga

El análisis de flujo de carga nos ayuda a evaluar el estado del sistema al identificar y revisar los resultados que indican condiciones anormales (SOBRECARGA, SOBREVOLTAJE, SUBVOLTAJE) en cada una de las fases del alimentador de las redes de distribución de energía eléctrica en el reporte sumario.

2.11 Módulo de ubicación óptima de reguladores de voltaje

“Este software es una herramienta esencial para tener una regulación y control del voltaje en los alimentadores primarios de la subestación porque la empresa CYME se presenta de una forma complicada al hablar sobre el problema a las empresas distribuidoras. El objetivo principal de este software es aplanar el perfil de voltaje en cada uno de los alimentadores, minimizando las cuestiones de voltaje y corriente, por lo que es una herramienta esencial para tener una regulación y control del voltaje en los alimentadores primarios de la subestación”. (Eaton, 2024)

Ubicación Óptima de Reguladores de Voltaje	Descripción	
Cálculos Robustos	El módulo CYME proporciona una técnica de optimización para permitir:	Aplanar el perfil de voltaje y reducir lo menor posible las condiciones anormales. Reducir al mínimo las pérdidas de potencia activa.
	Se proporciona dos algoritmos:	Búsqueda secuencial – encontrar la ubicación una a la vez de cada regulador Búsqueda iterativa – análisis donde se evalúa cada tramo para su ubicación.

Tabla 7 Detalles de Modulo CYME

Características	
Disposiciones definibles por el usuario	Instalación de uno o más reguladores de voltaje a la vez.
	Instalar diferentes equipos al mismo tiempo.
	Especificación de una distancia de búsqueda para considerar la posibilidad de agregar el regulador.
	Incluir los reguladores existentes en la red o ignorarlos.
	Definición de los ajustes del control de los reguladores de voltaje.
	Restricciones definidas por el usuario como un margen de límites, donde se ignora los tramos.
	Evaluación aguas debajo del alimentador y los tramos o nodos específicos.

Tabla 8 Características del Módulo CYME Reguladores

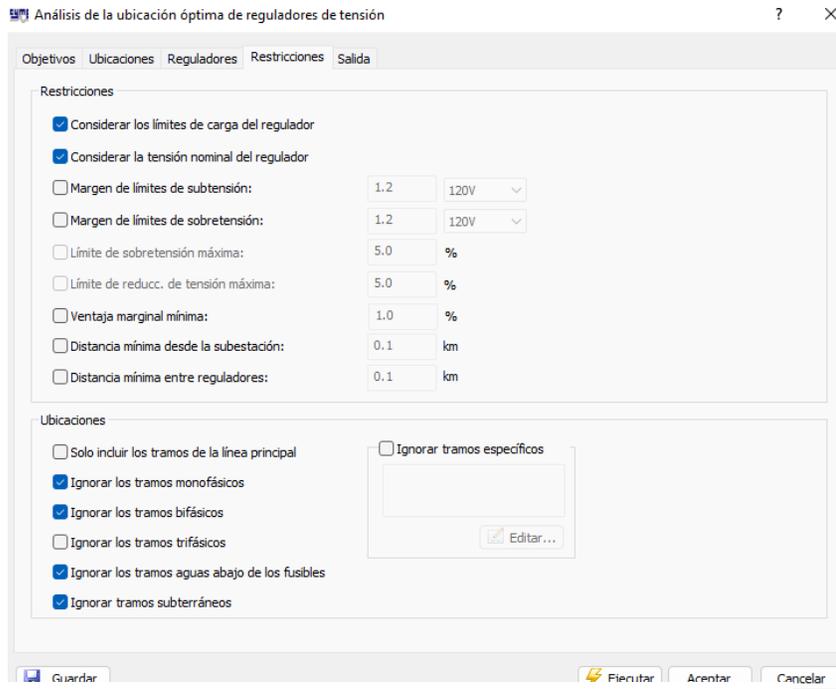


Ilustración 31 Restricciones De La Ubicación De Reguladores

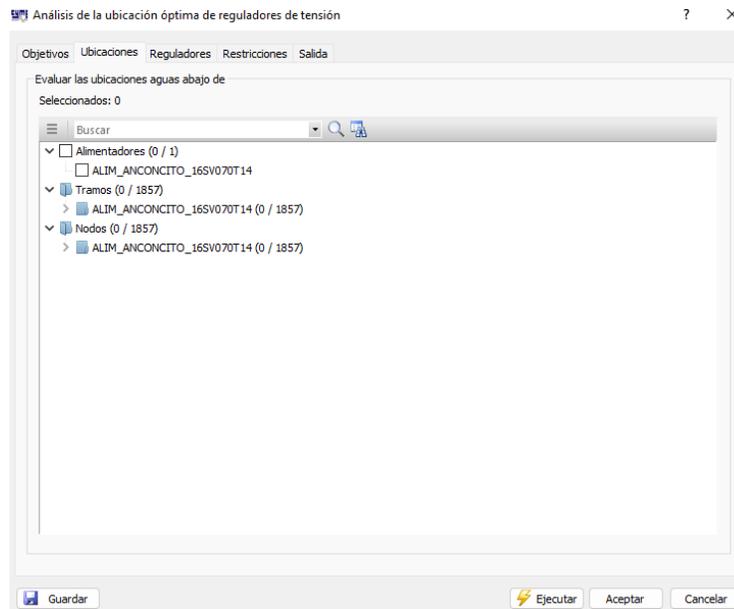


Ilustración 32 Modulo De Ubicación De Alimentador Anconcito De La Subestación San Vicente

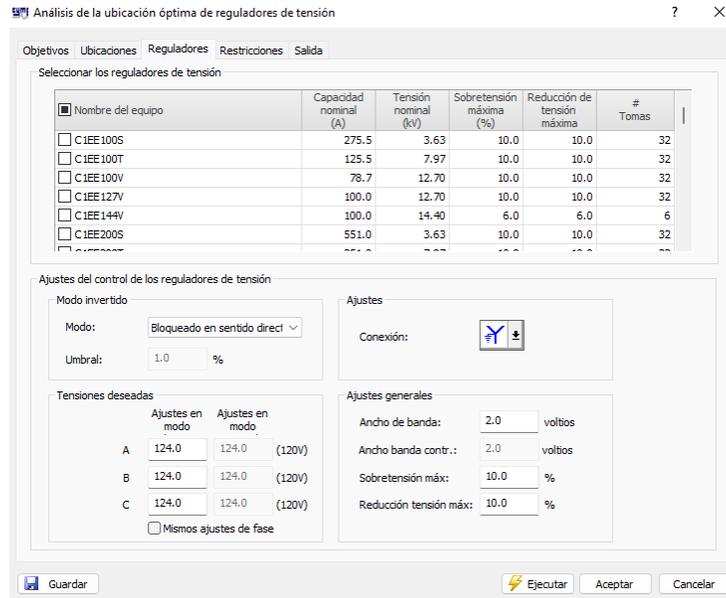


Ilustración 33 Módulo De Reguladores De Voltaje

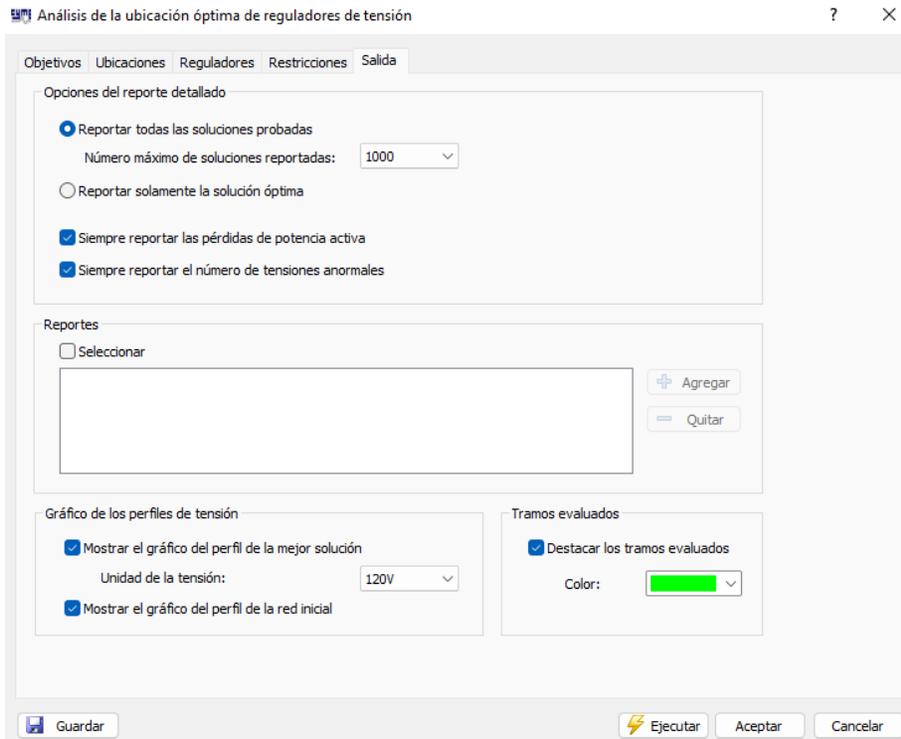


Ilustración 34 Modulo De Salida En Análisis

2.12 Método de caída de tensión – desequilibrada

La caída de tensión balanceada y desbalanceada es una técnica iterativa optimizada para sistemas radiales y ligeramente mallados. Utiliza un algoritmo especializado para redes trifásicas desbalanceadas, permitiendo el cálculo preciso de los voltajes de fase.

La limitación de la posición óptima del regulador permite delimitar el área de búsqueda con el objetivo principal de reducir los niveles de sobretensión y subtensión en fases individuales afectadas por condiciones anormales.

2.13 Comportamiento del Sistema Eléctrico CYMDIST

El software CYMDIST es una herramienta de análisis de redes de distribución diseñada para llevar a cabo estudios de planificación y simular el comportamiento de las redes bajo diferentes condiciones. Facilita el modelado detallado y la simulación de cualquier red de distribución, y ofrece un conjunto completo y robusto de herramientas de simulación, convirtiéndose en una opción precisa y altamente confiable.

Además, se emplea en la simulación de sistemas de distribución y en el análisis de capacidad, contingencia, calidad de energía y optimización.

En este caso, el sistema de estudio opera a un voltaje primario de 13,8 kV, modelando el recorrido desde la fuente hasta los transformadores de distribución. Las subestaciones de potencia se representan mediante una fuente, con variables esenciales que pueden ajustarse, como el voltaje, la capacidad nominal, y especialmente las lecturas de los alimentadores. Entre estas variables se incluyen el factor de carga, KV, KW y KVAR.

El módulo puede realizar análisis de flujo de carga, cortocircuitos y optimizar la configuración eléctrica. El objetivo es analizar el rendimiento del sistema de potencia en régimen permanente en diferentes condiciones de operación.

Los módulos y funciones adicionales del software CYMDIST facilitan análisis más especializados, como la evaluación de la confiabilidad, la gestión de contingencias de armónicos y la optimización de la configuración del sistema eléctrico, lo que incluye la recomendación para reducir las pérdidas existentes.

Señalamos algunos de los elementos a tomar en cuenta en la red de Medio Voltaje son:

- Subestación de Potencia (Fuente)
- Lecturas de cada circuito en la subestación
- Tramos aéreos y subterráneos
- Espaciamiento de conductores, en cada circuito
- Transformadores de distribución
- Carga

Los datos, como la frecuencia de operación, el voltaje base y la potencia base, se ingresan a la modelación digital del sistema para verificar los parámetros y variables del sistema de estudio.

Creación de la base de datos: En esta sección se crea una base de datos llamada Red y equipos, que incluye las subestaciones gestionadas por la empresa distribuidora, junto con sus alimentadores primarios correspondientes. Después de completar la creación de la base, se crea el modelo digital del sistema principal, que requiere entrar en CYMDIST.

- Subestaciones
- Conductores
- Propiedades del tramo
- Carga
- Simulación de la red de MT

La siguiente tabla muestra una secuencia para la simulación de circuitos primarios durante la simulación de redes de medio voltaje:

Secuencias	Descripción
Distribución de carga	Esta evaluación se considera en las lecturas de un año consecutivo, se toma los máximos valores que se recopilan mensualmente, en intervalos de demanda de 15 minutos en una hoja de Excel. Donde estos parámetros son los necesarios para poder editar en la fuente y tener la configuración del alimentador primario.
Flujo de Carga de los alimentadores Primarios	Flujo de redes trifásicas equilibradas: se usa el método de cálculo de Caída de tensión – Equilibrada. Se ejecuta con la carga de cada tramo donde se asume que es igual cada fase. Permite calcular los voltajes en los nodos, corrientes, flujos y pérdidas de potencia en secciones y el circuito.
	Flujo de redes por fase: Se trata de ramales monofásicos, usa el método de cálculo de Caída de tensión – Desequilibrado basado en iteraciones de corrientes. Calcula los voltajes en los nodos por fase, corrientes, flujos y pérdidas de potencia.
Reportes de la modelación	Aquí se presenta el reporte de los cálculos donde en un cuadro se presentan los reportes específicos de cada aplicación, por ejemplo: Flujo de Carga – Reporte sumario por red, Carga - Alimentadores, etc.

Tabla 9 Secuencia Parea Modelación En CYME

Para una modelación, la secuencia presentada en la tabla anterior se utiliza principalmente para iniciar las simulaciones y visualizar los datos obtenidos al ingresar información sobre los alimentadores o cualquier medición deseada. Determinar la ubicación de los reguladores de voltaje es una tarea compleja, ya que implica decidir el lugar exacto para su instalación, ajustar la posición de la toma y determinar la cantidad necesaria. La ubicación de los reguladores debe ser optimizada para ahorrar en costos de energía o para crear un perfil de voltaje que cumpla con los límites establecidos y permita un control efectivo del voltaje. Comportamiento del Alimentadores de la Subestación San Vicente

Las simulaciones de demanda máxima, media y mínima se realizaron en el comportamiento de cada alimentador. El análisis del rendimiento de los alimentadores de subestaciones es esencial para comprender cómo se distribuye y controla la energía en diferentes condiciones de demanda. Con esto en mente, se realizaron simulaciones para evaluar el desempeño de cada alimentador en tres escenarios principales: demanda pico, demanda promedio y demanda mínima. Estas

simulaciones permiten determinar cómo reaccionan los alimentadores ante cambios de carga, asegurando un funcionamiento eficiente y estable de la subestación en diversas condiciones.

Evaluar el comportamiento durante los picos de demanda es esencial para predecir una posible congestión, mientras que durante los picos de demanda confirma la capacidad del sistema para mantener un suministro suficiente sin quedar infrautilizado. Mientras tanto, la demanda promedio proporciona una visión equilibrada del desempeño diario típico.

Estas simulaciones son esenciales para optimizar la planificación y operación de las subestaciones, permitiendo ajustar las estrategias de infraestructura y mantenimiento para garantizar la confiabilidad del suministro eléctrico.

2.14 Distribución de carga del Alimentador Anconcito

De acuerdo con la siguiente grafica se puede expresar que en la demanda media, el alimentador Anconcito tiene niveles de voltaje por debajo de los límites de ARCONEL y la regulación vigente.



Ilustración 35 Flujo De Carga Del Alimentador Anconcito

Demanda Máxima		
<input checked="" type="checkbox"/>	Sobrecarga (151)	Yellow
<input checked="" type="checkbox"/>	Subtensión (15)	Red
<input checked="" type="checkbox"/>	Sobretensión (0)	Green
<input checked="" type="checkbox"/>	Tensión nominal del dispositivo	Cyan

Tabla 10 Demanda Máxima De Alimentador Anconcito

2.14.1 Criterio Técnico

Para analizar la distribución de carga de los alimentadores de la subestación San Vicente según las diferentes demandas, se observan caídas de voltaje desde la cabecera.

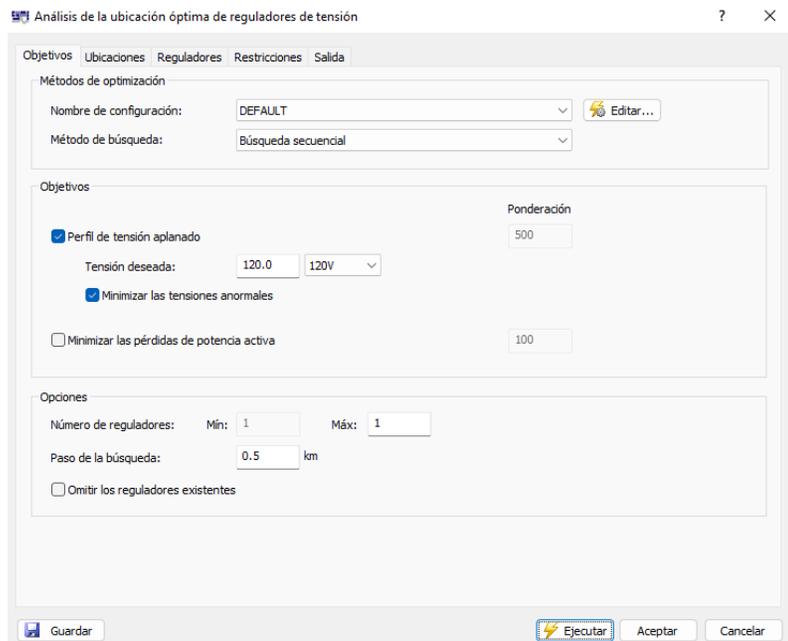


Ilustración 36 Ventana Ingreso de demanda

3 CAPITULO III

ESTUDIO DEL MEJORAMIENTO DE LA CALIDA DEL ALIMENTADOR ANCONCITO

3.1 Introducción

En el área de distribución, la ubicación ideal de los reguladores de voltaje para cumplir con los límites establecidos por el ente regulador es un componente crucial. Para mejorar la calidad de energía en la red de distribución, se pueden instalar reguladores de voltaje.

Para las empresas distribuidoras, proporcionar a sus clientes un nivel de voltaje que se ajuste a los límites establecidos es una de las soluciones habituales.

“La calidad de la energía es un aspecto fundamental en el suministro eléctrico, que tiene un impacto significativo tanto en los usuarios finales como en los sistemas eléctricos en general. Se refiere al estado de la electricidad suministrada, en términos de su estabilidad, confiabilidad y conformidad con los parámetros eléctricos deseados”.(López, 2024)

3.2 Ubicación óptima de reguladores de voltaje

El tipo de búsqueda, que evalúa cada tramo de ubicación posible, se utilizó para ubicar los reguladores de voltaje en la troncal principal de cada alimentador. En el software CYMDIST, el regulador de voltaje está cargado como REGULADOR_414KV y su funcionamiento es invertido en dos direcciones, lo que evita que el regulador se bloquee por variaciones de voltaje.

Si la ubicación no reduce en gran medida el bajo voltaje o sobrevoltaje, se debe reducir en gran medida los niveles de bajo voltaje para verificar el cumplimiento del regulador de voltaje en la troncal principal.

Para llevar a cabo la instalación y simulación mediante un flujo de carga, se examina el nodo más crítico del tramo donde no se ha optimizado el nivel de voltaje.

3.3 Análisis del flujo de carga con CYME

El módulo tiene como objetivo principal analizar un sistema eléctrico de potencia en régimen permanente en diferentes condiciones de operación. La amplitud de voltaje en kVLL y kVLN, las corrientes de fase en cada barra y las pérdidas por fase que fluyen a través de cada línea son los valores que se encuentran en los flujos de carga.

3.3.1 Distribución de carga

“El distribuir la carga dentro de un alimentador de una red eléctrica, es el proceso de distribución de potencia (kW) o corriente (Amperios) por carga en cada fase en un punto de consumo a cada elemento del circuito, en línea o en forma descendente desde la cabecera del alimentador. En cierto modo la distribución de carga, partiendo de las mediciones obtenidas es simplemente una aproximación de la carga real, ya que no se realiza en tiempo real”. (Rosero Valarezo, 2019)

Para el análisis, se introducen los datos de la demanda máxima en kW y el factor de potencia por fase, como se observa en las ilustraciones. El propósito de la distribución de carga es ajustar proporcionalmente la demanda máxima registrada en la cabecera de la subestación "San Vicente" hacia las secciones aguas abajo.

Se ha elegido el método de distribución "kVA conectados" porque distribuye la demanda máxima de manera proporcional a la capacidad de cada transformador conectado en el alimentador bajo estudio

Ilustración 37 Módulo De Perfil De Fuente

	A	B	C	Total
Datos aguas abajo	1228.21	1430.55	1339.64	3998.4
	kVA reales			

Ilustración 38 Módulo De Perfil De Demandas En KW-KVAR

3.4 Flujo de carga.

CYME desarrolló los métodos de resolución de flujos de carga para el software y se utilizan según las necesidades del personal técnico. Debido a la presencia de caídas de voltaje en niveles críticos, así como desbalances en tramos trifásicos, bifásicos y monofásicos, se utiliza el método de cálculo "Caída de voltaje desequilibrada".

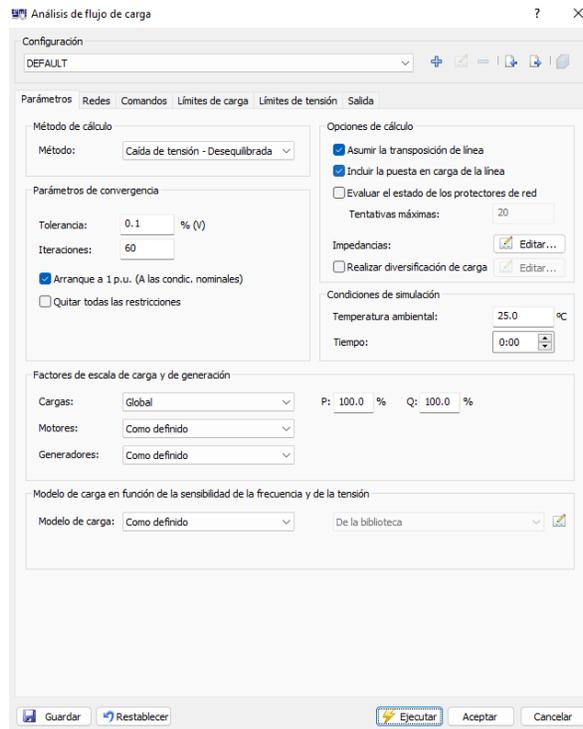


Ilustración 39 Módulo De Análisis De Flujo De Carga

La convergencia de los flujos de carga depende en gran medida de los datos de entrada o de una configuración de red inadecuada. Los cálculos se efectúan por tramo en intervalos de diez o menos iteraciones para monitorear el comportamiento de los voltajes fase-fase (VLLab, VLLbc y VLLca), las potencias (kVA, kVAR y kW) y las pérdidas del alimentador

Para el análisis de los perfiles de voltaje, los parámetros establecidos por la regulación ARCERNR 02/20 deben ajustarse. Las modificaciones realizadas en la pestaña límites de voltaje se muestran en la siguiente figura.(CYME, 2024)

“Las subtensiones causan un aumento en las pérdidas en los motores de inducción, parada de la operación de dispositivos electrónicos y mal funcionamiento de los sistemas de mando de motores”.(Holguin & Gomez, 2010)

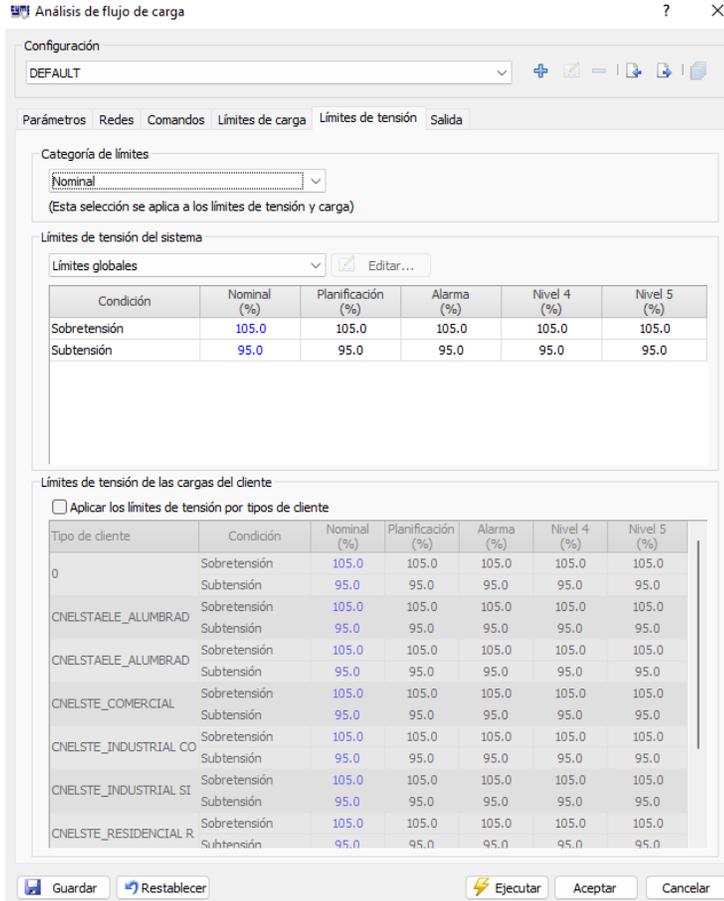


Ilustración 40 Modulo De Limites De Subtension y Sobretension Para Los Flujos De Carga.

3.5 Configuración para la selección de las redes de distribución.

Empleando la herramienta Geoportal CNEL EP, que es ideal para acceder a la información.



Ilustración 41 Subestación San Vicente Obtenida Por Geoportal CNEL

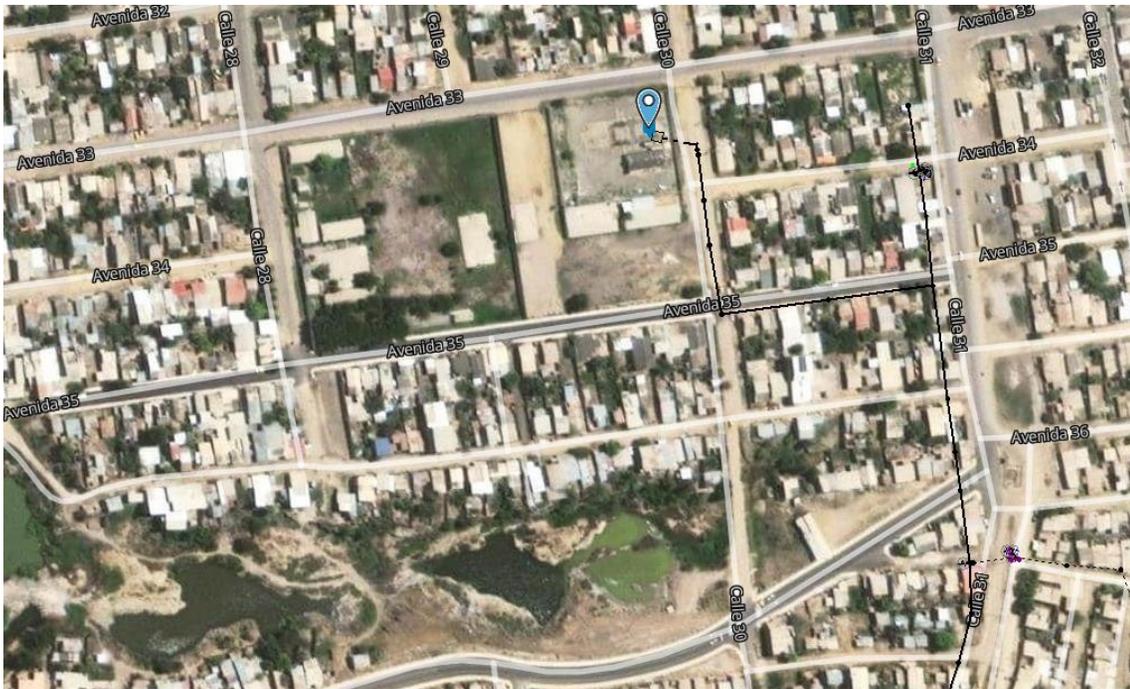


Ilustración 42 Subestación San Vicente

Establecer el punto de partida en la ciudad la Libertad específicamente en la S/E San Vicente, en la Ilustración 41 y 42, se muestra la subestación visualizada desde el Geoportal.

De esta subestación se obtienen 4 alimentadores trifásicos en media tensión de 13.8 Kv los cuales nombramos a continuación:

- Alimentador 1: S/E San Vicente – Alimentador Mar Bravo
- Alimentador 2: S/E San Vicente – Alimentador Suburbio
- Alimentador 3: S/E San Vicente – Alimentador Virgen del Carmen
- Alimentador 4: S/E San Vicente – Alimentador Anconcito

El análisis se llevará a cabo en este último, tiene un trazado total de 17,2 Km desde la subestación hasta la población de Anconcito, construido con un conductor 4/0 de Aluminio.

3.6 Perfil de voltaje del (ALIM. ANCONCITO_16SV070T14)

El perfil de voltaje de cada alimentador se convierte en valores por unidad, donde uno (1) equivale a 13,8 kV. Estos perfiles de voltaje, tanto con como sin reguladores, permiten visualizar de manera más clara los niveles de voltaje por unidad, facilitando la evaluación de si se encuentran dentro de los límites máximos y mínimos establecidos por ARCONEL.

Una vez simulado se procede a mostrar el perfil de voltaje y se puede observar la caída de voltaje que existe a lo largo del alimentador, como se muestra en la ilustración 43, Cuando se selecciona la opción Gráficos después de distribuir la carga en el alimentador, se puede ver el perfil de voltaje que se encuentra en los límites establecidos por la regulación (Regulación Nro. ARCERNNR-002_20, 2023), donde el estudio se lleva a cabo a demanda máxima.

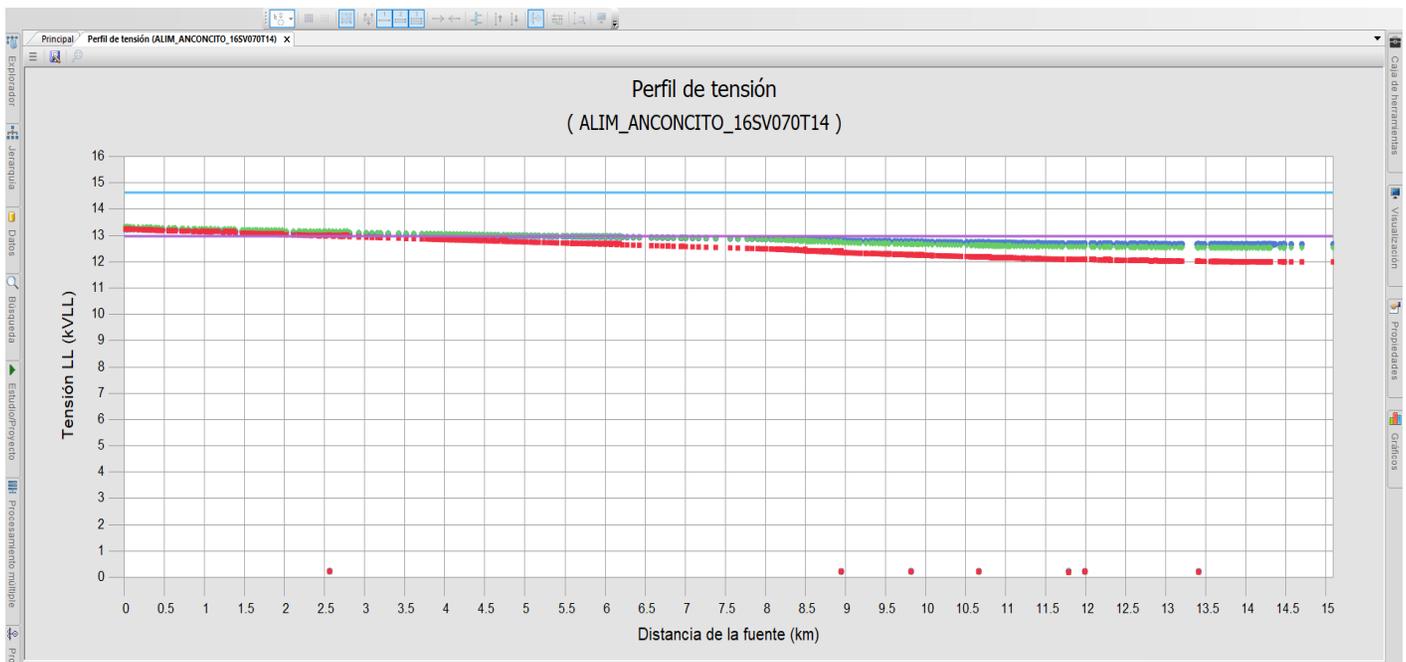


Ilustración 43 PERFIL DE VOLTAJE DE ALIMENTADOR ANCONCITO

En el perfil de tensión podemos observar que a partir de los 13.0 KV-LL la onda en la gráfica está bajando, alcanzando voltajes de 12.4 KV-LL, A medida que la corriente eléctrica fluye a través de un conductor, como un cable, se enfrenta a una oposición al flujo de electrones, conocida como resistencia. Esta resistencia depende de varios factores, incluyendo el material del conductor, su diámetro y la longitud del cable, Cuando la longitud del cable aumenta, también lo hace la cantidad de resistencia que el flujo eléctrico encuentra en su recorrido. Este fenómeno puede dar lugar a una caída de tensión, es decir, una disminución del voltaje a medida que la electricidad avanza por el conductor. Esto es algo que se puede observar gráficamente, con una disminución del potencial eléctrico cuanto mayor es la distancia recorrida por la corriente.

El resultado de esta caída de tensión es que los dispositivos conectados al final del circuito podrían no recibir el voltaje adecuado para operar de forma óptima. En el gráfico, esta caída se ilustra como una curva descendente, que refleja la relación directa entre la resistencia acumulada y la disminución del voltaje. Otros factores que pueden afectar la caída de tensión incluyen la temperatura, ya que la resistencia tiende a incrementarse con el calor, y la corriente que fluye a través del cable.

Otros factores que pueden influir en la caída de tensión incluyen la temperatura, ya que la resistencia tiende a aumentar con el calor, y la corriente que circula por el cable.

3.7 Perfil de voltaje de los alimentadores sin reguladores de voltaje

Las siguientes figuras muestran los aplanamientos de los perfiles de voltaje del alimentador mediante la ubicación ideal de los reguladores de voltaje.

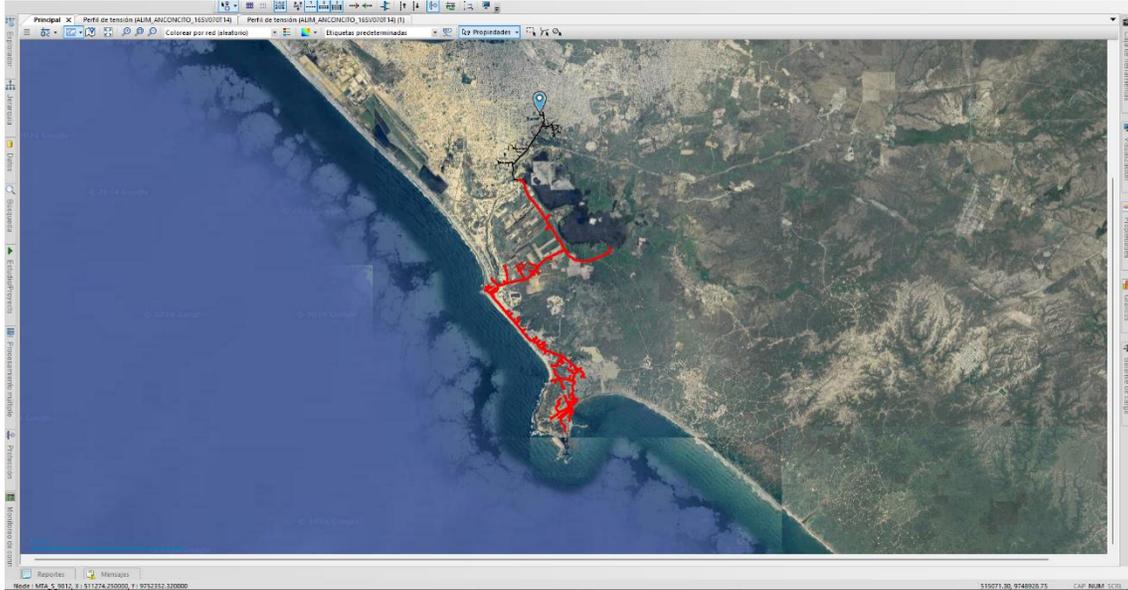


Ilustración 44 Perfil De Carga Del Alimentador Anconcito

3.7.1 CUADRO DE FLUJO DE CARGA ANTES DE LOS REGULADORES

Cuadro de flujo de carga (Desequilibrado)

Línea aérea por fase - 7202_MTA

	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
A	114.1	12.8	7.6	59.8	453.1	431.6	137.8
B	112.5	12.8	7.5	39.4	294.4	284.5	75.8
C	103.5	12.4	6.9	137.2	942.8	883.6	328.8
Total:					1689	1600	542

○ F C ○ Cg

Ilustración 45 Cuadro de Flujo De Carga

En el análisis del cuadro de flujo de carga presentado, se observa un desequilibrio notable entre las tres fases (A, B y C) de una línea aérea, lo cual podría tener implicaciones importantes en la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico.

Voltajes de línea a línea (kVLL) y de línea a neutro (kVLN): Se observan diferencias significativas en los valores de voltaje, especialmente en la fase C, que registra un nivel de tensión inferior en comparación con las otras fases. Corriente por fase (A)

Las corrientes que fluyen por cada fase muestran una evidente asimetría, destacando la fase C con un valor notablemente más alto, lo que podría señalar una sobrecarga o un desequilibrio en la distribución de las cargas con Corriente por fase por lo que se podría indicar una sobrecarga o un desequilibrio de corriente.

Potencias activa (kW) y reactiva (kVAR): Las potencias activa y reactiva varían de manera considerable entre las fases. Nuevamente, la fase C muestra los valores más altos, lo que sugiere una posible sobrecarga.

3.7.2 Implicaciones del Desequilibrio en el Sistema:

El desequilibrio observado tiene implicaciones directas en la eficiencia del sistema eléctrico, ya que puede ocasionar pérdidas adicionales, sobrecalentamientos en los conductores y equipos, y, en casos extremos, fallos en la operación de los dispositivos conectados al sistema. Además, puede generar distorsiones armónicas y reducir la vida útil de los transformadores y otros equipos críticos.

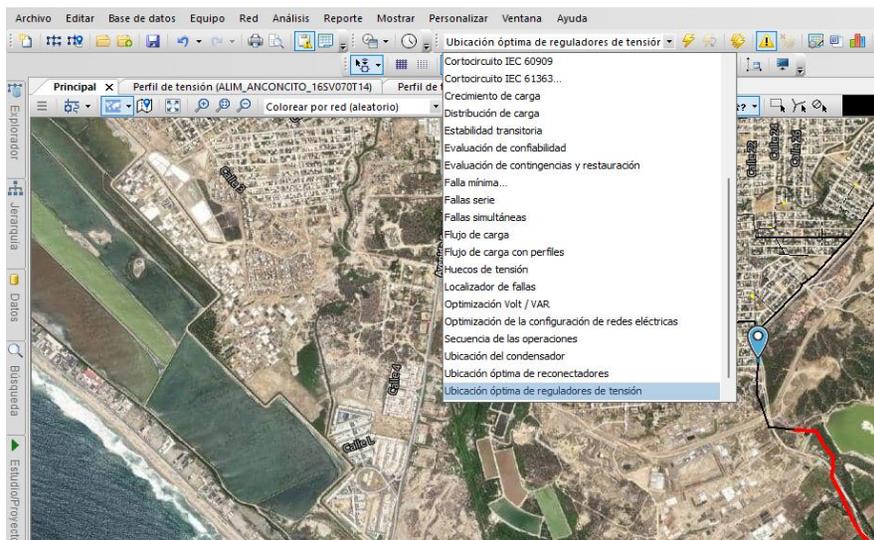
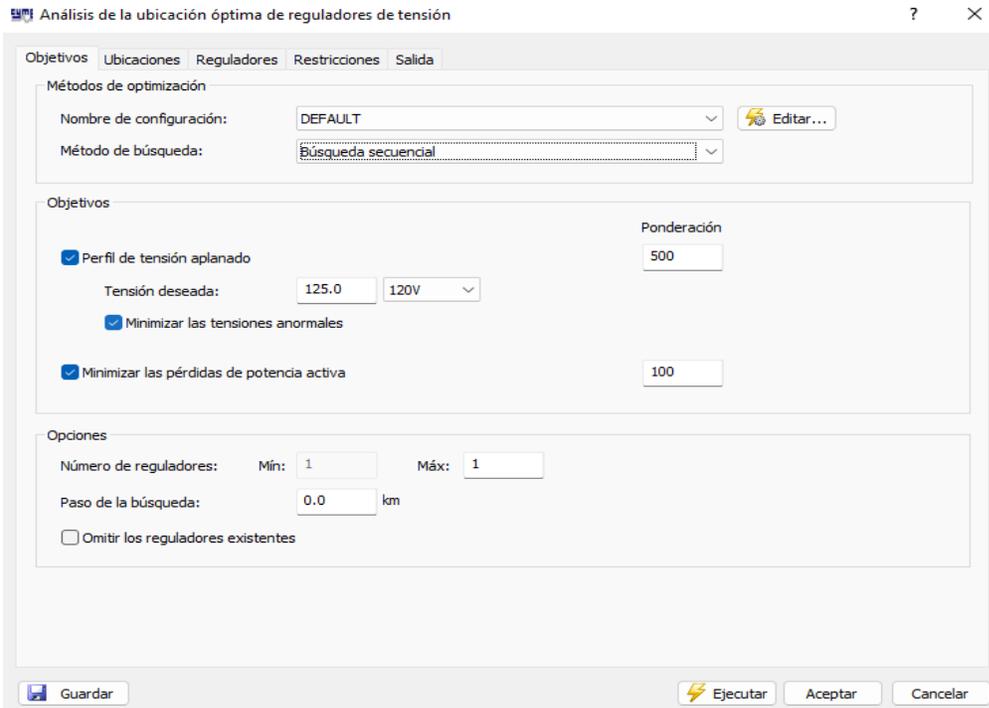


Ilustración 46 TIPOS DE ANALISIS EN EL SOFTWARE CYME

En CYME, abre tipo de análisis y selecciona la opción de "Ubicación óptima de reguladores monofásicos" en la pestaña de análisis. Configura los parámetros necesarios, ejecuta el análisis y revisa los resultados para determinar las mejores ubicaciones para instalar los reguladores monofásicos, con el objetivo de optimizar la eficiencia y estabilidad de la red eléctrica.



En CYME, ve a la pestaña de "Objetivo", ajusta la tensión deseada a 125.0 y selecciona la opción para "Minimizar las pérdidas de potencia activa" esto nos ayuda a reducir la cantidad de energía eléctrica que se pierde en forma de calor durante la transmisión y distribución en una red eléctrica. Estas pérdidas ocurren principalmente debido a la resistencia en los conductores y equipos eléctricos. Al optimizar la ubicación de reguladores monofásicos y otros equipos, se busca reducir estas pérdidas para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico y asegurar que más de la energía generada llegue efectivamente a los usuarios finales.

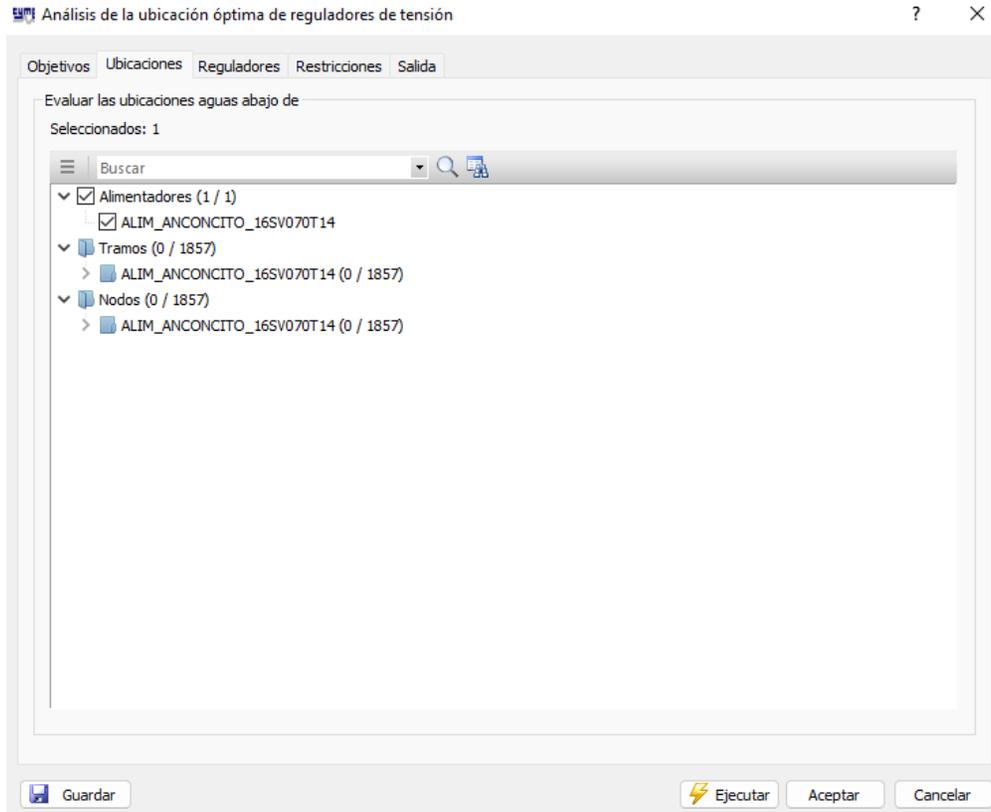


Ilustración 48 Pestaña De Ubicación

En la pestaña de ubicaciones se selecciona el alimentador a intervenir ALIM – ANCONCITO_16SVO70T14.

En la pestaña de "Ubicaciones" del software CYME, selecciona el alimentador que se va a intervenir, identificado como ALIM – ANCONCITO_16SVO70T14. Este paso es crucial para dirigir el análisis hacia el alimentador específico en el cual se optimizará la ubicación de los reguladores monofásicos. Asegúrate de que el alimentador seleccionado corresponda al área que necesitas analizar para minimizar las pérdidas de potencia activa y mejorar la eficiencia de la red.

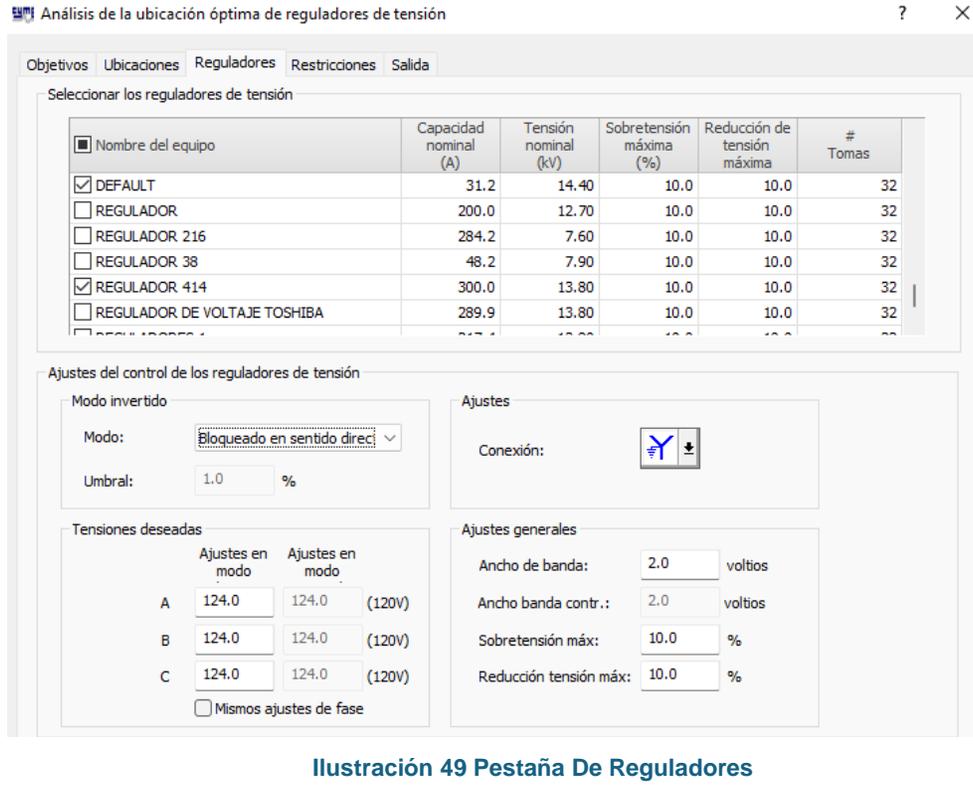


Ilustración 49 Pestaña De Reguladores

En la pestaña de reguladores del software, se selecciona un regulador de 414 kVA con una corriente nominal de 300 A y un voltaje nominal de 13.8 kV. Luego, se ajusta el control de los reguladores de tensión, configurando el modo en "bloqueado en sentido directo" para asegurar que el regulador permita el flujo de energía únicamente en la dirección deseada, evitando posibles problemas en la red. (CYME, 2024)

A continuación, accedemos a los ajustes y modificamos la conexión a "Y" para adaptar la configuración del regulador a los requisitos específicos del sistema. Estos cambios optimizarán el rendimiento del regulador y asegurarán una regulación precisa del voltaje en la red eléctrica.

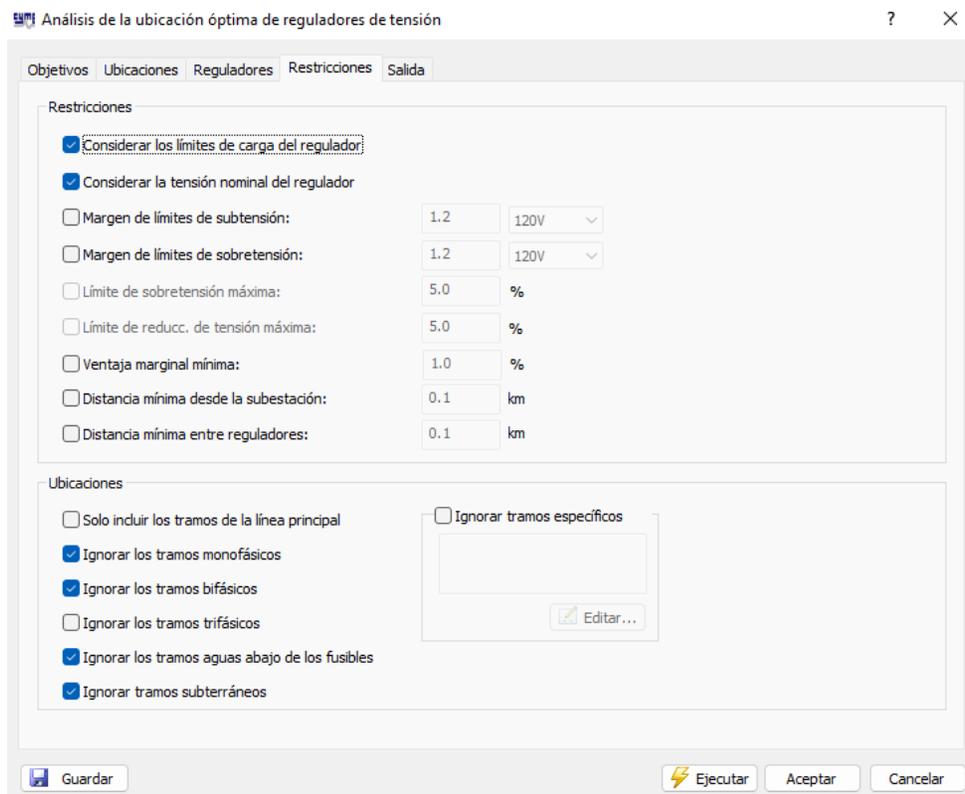


Ilustración 50 Pestaña De Restricciones

En la pestaña de restricciones, marcamos la opción "considerar los límites de carga" y "considerar la tensión nominal del regulador" para asegurarnos de que el análisis tenga en cuenta las capacidades máximas del regulador. Además, ajustamos la tensión nominal del regulador según los requisitos del sistema. Esto garantiza que el regulador operará dentro de sus límites de carga especificados y mantendrá la tensión dentro del rango adecuado para un funcionamiento óptimo de la red.

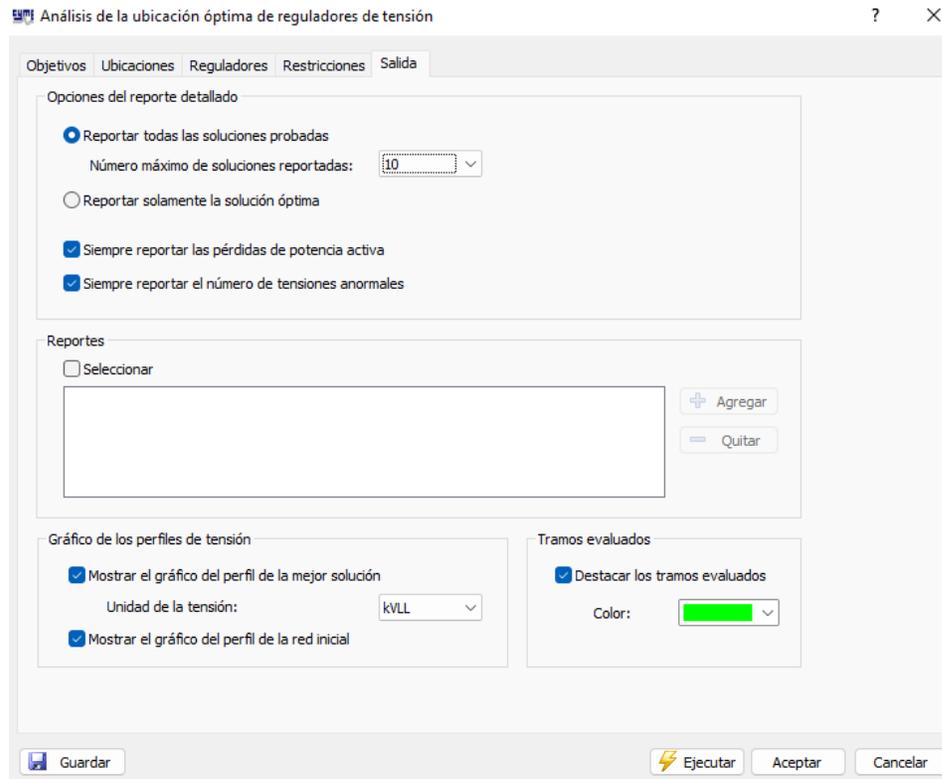


Ilustración 51 Pestaña De Salida

En la pestaña de salida, ajustamos el número de soluciones reportadas a 10 para obtener una variedad de opciones durante el análisis, lo que facilita la verificación y selección de la mejor solución en el terreno. Aunque también es posible configurar el software para reportar solo una opción, se recomienda limitar el número de soluciones a un máximo de 10.

Este enfoque ofrece diversas alternativas para evaluar y verificar eficazmente en el terreno, asegurando la elección de la solución más adecuada. Una vez que se han realizado los cambios en el módulo de análisis de ubicación de reguladores de voltaje, se procede a ejecutar la actividad

para iniciar el análisis. Durante este paso, el software evalúa las configuraciones y determina las ubicaciones óptimas para los reguladores de voltaje según los parámetros establecidos.

Al completar la actividad, se obtienen los resultados necesarios para optimizar la red eléctrica y mejorar la eficiencia del sistema. Es importante revisar los resultados generados para implementar las recomendaciones adecuadas.

#	# Reguladores	Pérdidas totales (kW)	Índice de aplanamiento de la tensión	Número de sobretensión	Número de subtensión	Función objetiva	Ventajas de margen (%)	Tramo #1	Equipos #1
1	0	139.9	1398962.5	0	2660	100.000	0.0	Condición inicial	
2	1	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	23477_MTA DEFAULT
3	2	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	21872_MTA DEFAULT
4	3	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	37157_MTA REGULADOR 414
5	4	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	27709_MTA REGULADOR 414
6	5	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	9812_MTA REGULADOR 414
7	6	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	9813_MTA REGULADOR 414
8	7	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	8059_MTA REGULADOR 414
9	8	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	7351_MTA REGULADOR 414
10	9	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	7352_MTA REGULADOR 414
11	10	139.9	507194.5	0	0	36.255	0.0	Círculo Aplicar	7353_MTA REGULADOR 414

Tabla 11 Reporte De Ubicaciones

Se generó un reporte con un máximo de 10 ubicaciones, lo que facilita la inspección y verificación del terreno para la instalación de los reguladores de voltaje. Este informe proporciona una lista de posibles ubicaciones óptimas basadas en el análisis realizado, permitiendo una evaluación detallada en el campo. Con estas opciones, podemos revisar cada ubicación para asegurar que cumpla con los requisitos técnicos y logísticos antes de proceder con la instalación. La revisión del terreno garantizará que se elijan los puntos más adecuados para optimizar el rendimiento de la red eléctrica y asegurar la eficiencia del sistema.

Seleccionamos el tramo MTA_S_7299 y hacemos clic en "Aplicar" para iniciar el análisis del flujo de carga en ese segmento específico. Este paso permite que el software evalúe cómo se distribuye la carga a lo largo del tramo seleccionado y determine cómo afectan los reguladores de voltaje a la red. Al aplicar los cambios, se generarán datos detallados sobre el flujo de carga, lo

que facilitará la verificación de los resultados obtenidos. Esta información es crucial para identificar posibles problemas o áreas que requieran ajustes adicionales. Revisar estos resultados nos ayudará a garantizar que la instalación de los reguladores optimice la eficiencia y el rendimiento del sistema eléctrico en el tramo evaluado.

3.8 Alimentador- ANCONCITO_16SVO70T14 1 con regulador de voltaje

La ubicación de 1 regulador en el alimentador ANCONCITO_16SVO70T14 permite que el nivel de voltaje esté dentro del rango de regulación.

Ubicar el regulador de manera estratégica permite que el voltaje sea distribuido de manera equilibrada a lo largo del alimentador, compensando posibles caídas de tensión debido a la distancia o al consumo elevado de energía en ciertos puntos. Esto es esencial para evitar problemas como sobrecargas, bajo voltaje, o daños en los equipos conectados.

ALIMENTADOR ANCONCITO_16SVO70T14

<i>TRAMO</i>	<i>Nº DE POSTE</i>	<i>CORDENADAS X</i>	<i>CORDENADAS Y</i>
<i>MTA_S_7299</i>	16016249	510409.72	9750530.41

Tabla 12 Datos De Coordenadas

Al instalar un solo regulador de voltaje en el poste ubicado en las coordenadas indicadas, se logra mantener el perfil de tensión dentro de los parámetros requeridos. Los valores mínimos de voltaje se observan a una distancia aproximada de 2.3 km desde la cabecera del alimentador, con un voltaje mínimo por encima de 13.1 kV-LL y un máximo que supera los 13.8 kV-LL. A pesar

de la utilización de un solo regulador, el sistema sigue cumpliendo con los límites establecidos por las normativas de regulación, garantizando una estabilidad aceptable en la red de distribución eléctrica. Esto demuestra la eficacia del regulador en mantener el voltaje dentro del rango deseado a lo largo del alimentador.



Ilustración 52 Ubicación Alimentador Anconcito

La ubicación óptima de un banco de reguladores, identificada en el tramo MTA_S_7299 a una distancia de 2-2.5 km de la cabecera del alimentador, mejora significativamente la estabilidad del voltaje y la eficiencia del sistema de distribución eléctrico. Esta ubicación estratégica reduce las pérdidas técnicas, optimiza el rendimiento y mejora la confiabilidad del servicio eléctrico. Los resultados de la simulación apoyan esta decisión, mostrando un impacto positivo en la regulación del voltaje y recomendando su aplicación en futuros diseños de redes similares.

3.9 PERFIL DE TENSION CON REGULADORES INSTALADOS

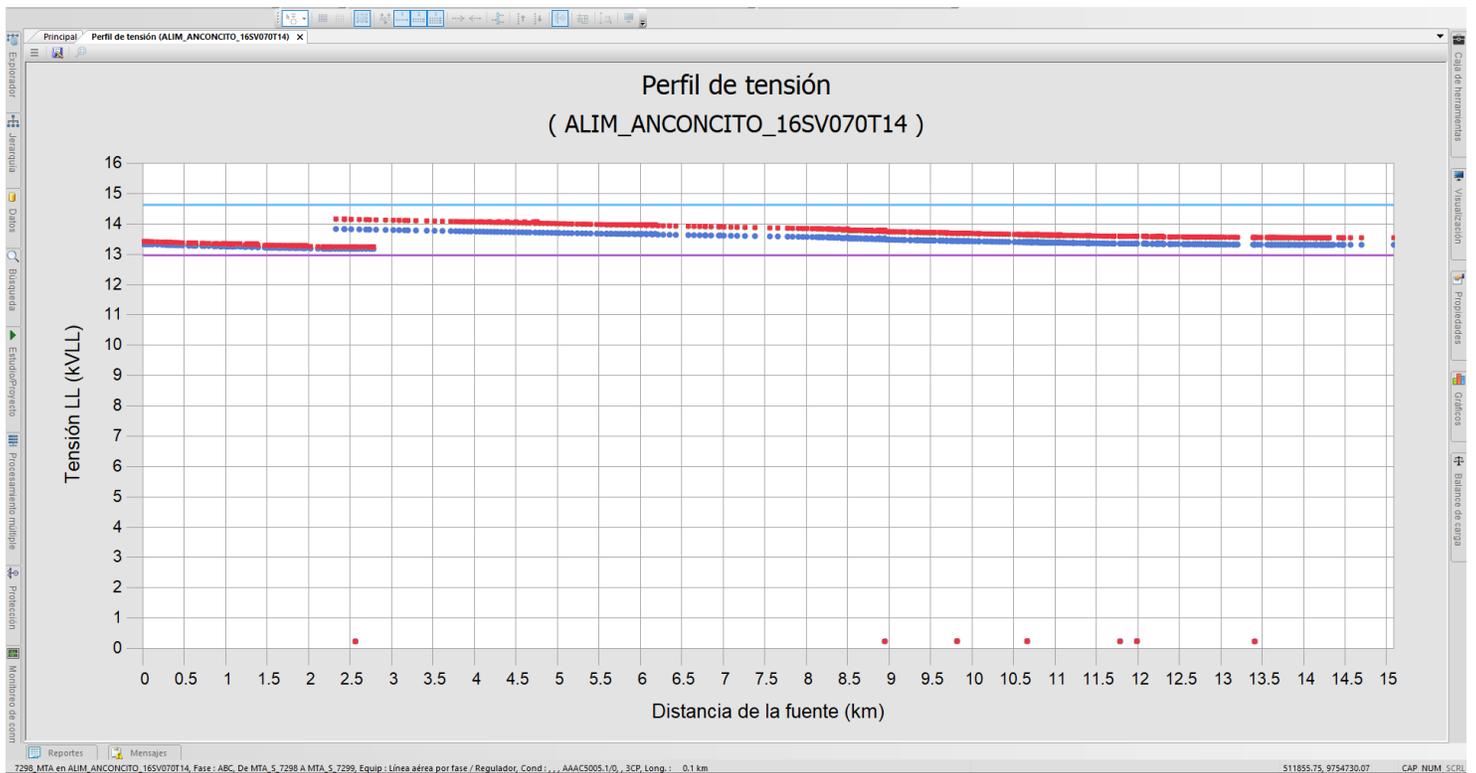


Ilustración 53 Perfil De Voltaje Con La Ubicación De Un Regulador De Voltaje En El Alimentador Anconcito

El gráfico proporcionado muestra el perfil de tensión del alimentador denominado ALIM_ANCONCITO_16SV07T14 en función de la distancia desde la fuente (en km). A medida que se incrementa la distancia desde la fuente, se observa una ligera disminución de la tensión. Los reguladores de voltaje parecen haber sido instalados alrededor de los 2 a 2.5 km de distancia, ya que a partir de esa región la tensión se estabiliza considerablemente, manteniéndose dentro de un rango relativamente constante entre 13 y 14 kV. Este comportamiento sugiere que la instalación de los reguladores ha ayudado a mantener un perfil de voltaje más estable a lo largo del alimentador, evitando caídas significativas en tramos más alejados de la fuente.

3.10 CUADRO DE FLUJO DE CARGA CON REGULADORES INSTALADOS

Debido a los valores de demanda de corriente por fase, en condiciones de manda máxima del alimentador, se tiene que por fase el regulador de voltaje está en la capacidad de abastecimiento y transferencia de potencia hacia aguas abajo del punto de instalación.

Se registra los siguientes valores desde el punto de conexión hacia aguas abajo, mostrados en las siguientes imagines



Cuadro de flujo de carga (Desequilibrado) - Bloqueado

Línea aérea por fase - 7202_MTA

	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
A	123.0	13.8	8.2	55.3	451.8	431.9	132.6
B	121.1	14.0	8.0	36.4	293.0	284.3	70.9
C	116.2	13.6	7.7	121.4	937.0	881.2	318.7
Total:					1681	1597	522

Tabla 13 Cuadro De Flujo De Carga Después De La Instalación De Los Reguladores De Voltaje

El cuadro de flujo de carga muestra que tras la instalación de los reguladores de voltaje, las tensiones en las tres fases se han estabilizado dentro de rangos aceptables. Sin embargo, persiste un cierto desequilibrio en las corrientes y potencias entre las fases, con la fase C presentando una menor carga. En total, el sistema tiene una potencia activa de 1597 kW y una potencia reactiva de 522 kVAR, reflejando el consumo general tras la regulación de voltaje.

La puesta en marcha de este proyecto resolverá el problema; al utilizar dispositivos como los reguladores de voltaje, que permitirán corregir las variaciones y fallos en las líneas de media tensión. Esto garantizará al usuario una mayor eficiencia en el suministro del servicio eléctrico.

3.11 Ubicación de TAPS

La Tabla muestra los ajustes de toma (TAPS) que realiza el RV para aumentar el nivel de voltaje en la cabecera del alimentador. Debido al desbalance del alimentador y a las altas conexiones monofásicas en las fases B y C, cada fase tiene una toma diferente para la regulación.

FASE	TOMA	Regulación Porcentual	Voltaje Deseado	Ancho de banda
	TAP	%	V	V
A	10	±6,50	124	2
B	11	±7,00	124	2
C	10	±6,50	124	2

Tabla 14 Posición de TAPS

El perfil de voltaje a lo largo del ramal troncal trifásico del alimentador ha mejorado, alcanzando un nivel de 13,8 en la cabecera del alimentador.

Este módulo permite cambiar automáticamente los TAPS del banco regulador, podemos marcarlo en el gráfico para que puedas visualizar el periodo de tiempo en el que se produjo dicho cambio; para un funcionamiento óptimo del equipo y una correcta regulación de voltaje.

4 CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

La caída de voltaje de la red a lo largo de las cargas conectadas muestra que este problema se ubica en los nodos MTA_S_44726 y MTA_S_7048, en estas áreas se debe corregir adecuadamente, pero al optimizar se cambió el módulo de configuración óptima el perfil de voltaje de todo el alimentador y se adaptó a las cargas en la forma en que está ubicado el controlador automáticamente.

El flujo de potencia y la señal de voltaje se compararon con el regulador propuesto y con el hecho de que la mayoría de las veces los reguladores están ubicados en lugares donde el voltaje cae, pero después de analizar la sección de alimentación completa del software CYME se ha determinado dónde los mejores resultados se obtuvieron analizando manualmente la señal de voltaje únicamente, colocando los dispositivos entre los nodos MTA_S_44726 y MTA_S_7048 allí se coloca automáticamente una caída de tensión. El programa muestra que si está cargado en otro nodo, aquí es donde el voltaje será mucho mejor en comparación con otro nodo.

La S/E San Vicente presenta problemas debido al desequilibrio entre las cargas, longitud del alimentador Anconcito. El principal problema se puede solucionarse mediante el uso de reguladores de tensión. Se encontró que el alimentador Anconcito tiene un índice de calidad energética por debajo del rango permitido. Por lo tanto, CNEL-EP STE deberá dar atención de acuerdo con la normativa vigente; además de mantener un registro de los cambios realizados y las mejoras en el sistema.

Balancear las cargas o reducir la distancia de los alimentadores ayudaría a compensar las caídas en los niveles de voltaje; pero como solución para el alimentado Anconcito; se presenta la opción de la instalación de un banco de reguladores de voltaje debido a que presentan mayor distancia de recorrido respectivamente, que trasciende dos cantones llegando a la parroquia del cual sale el nombre del mismo Anconcito.

Para ajustar el voltaje en cada fase, es mejor utilizar reguladores de voltaje monofásicos. Sin embargo, pueden causar problemas. Si el banco de capacitores está en bajo voltaje, el controlador no cambiará el perfil de voltaje porque no hay cambio de corriente debido al banco de capacitores.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda leer detenidamente las instrucciones del software Cyme para familiarizarse con los dispositivos utilizados y entender los conceptos clave como regiones, zonas y alimentadores, los cuales son fundamentales para definir los parámetros necesarios para crear un alimentador radial de media tensión. Este conocimiento es crucial para una correcta configuración y análisis del sistema.

Para mejorar la calidad de la energía en la red de distribución, es fundamental equilibrar las cargas de manera efectiva. Un adecuado equilibrio de cargas contribuye a una distribución más estable y eficiente de la energía, reduciendo problemas como caídas de voltaje y sobrecargas.

En particular, se sugiere incrementar el voltaje en la Subestación San Vicente debido a que el voltaje de transmisión actual es bajo, lo que está causando una caída de voltaje significativa a la salida de los alimentadores. Aumentar el voltaje ayudará a mitigar este problema y a mantener niveles de voltaje adecuados a lo largo de la red.

Además, es importante medir la resistividad del terreno en el punto de instalación para analizar adecuadamente la configuración de la puesta a tierra. Este análisis garantiza que el sistema de puesta a tierra sea efectivo y seguro, lo que es esencial para la estabilidad y seguridad del sistema eléctrico.

También se debe verificar que el alimentador a intervenir esté correctamente balanceado. En caso de desequilibrio, es necesario realizar las correcciones correspondientes para asegurar un funcionamiento óptimo. Las mejoras en el balanceo del alimentador contribuirán a una operación más eficiente y fiable del sistema.

Finalmente, se debe comprobar el recorrido del conductor neutro del alimentador Anconcito desde la Subestación San Vicente hasta los puntos de instalación de los bancos de

reguladores. Esta verificación asegura que el sistema de regulación de voltaje esté correctamente instalado y funcionando, optimizando la calidad del suministro eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alta Tecnología, P. E. and T. S. (2017, mayo 8). *Regulador de voltaje media tensión, aspectos técnicos para entender su utilidad* [BLOG]. <https://altatecnologia.com.mx/regulador-de-voltaje-media-tension-aspectos-tecnicos-para-entender-su-utilidad/>
- Cárdenas Villacrés, D. H., Chávez Córdova, C. F., & Layedra Quinteros, N. R. (2021). Estabilidad de Voltaje en Redes de Distribución Eléctrica Monofásicas de Medio Voltaje, Aplicando Reguladores Quick Drive Tap en Estado Estable. *INGENIO*, 4(1), 17-26. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v4i1.3067>
- Castañeda, O., & Castañeda, W. (2010). Análisis de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro. *Revista Técnica «Energía»*, 6(1). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v6.n1.2010.231>
- Chimbo, M. J., & Molina, H. alejandro. (2018). *Ubicación óptima de reguladores de voltaje en el sistema de medio voltaje correspondiente a la subestación Portovelo, aplicando segregación de flujo de carga al más crítico*. UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
- Constitución De La República Del Ecuador, Pub. L. No. OCTUBRE 2008, Registro Oficial 449 de 20-oct.2008 219 (2008).
- Coria, L. (2015). *Análisis De Flujos De Carga*. Universidad Nacional De Tucuman.
- CYME, C. (2024). *CYME Software* (Versión 9.4) [CYME]. CYME International. <https://www.cyme.com/es/software/>
- Eaton. (2024). *Aspectos básicos de los reguladores de voltaje de distribución de energía*. Eaton. <https://www.eaton.com/ar/es-mx/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/voltage-regulators/voltage-regulators--fundamentals-of-voltage-regulators.html>
- Eaton, B. S. (EBS). (2017, mayo). Qué son los reguladores de voltaje de distribución [EMPRESARIAL]. *Reguladores de voltaje: aspectos básicos de los reguladores de voltaje de distribución de energía*. <https://www.eaton.com/ar/es-mx/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/voltage-regulators/voltage-regulators--fundamentals-of-voltage-regulators.html>

- ELECTROCABLES. (2024). *FICHA AAAC*. <http://www.electrocable.com/uploads/product/ficha-aac.pdf>
- Gómez, R., Cabrera, D., & Robles, P. (2023). Estudio Para La Localización De Fallas En Sistemas De Distribución Eléctrica. *Ingenius.Revista de Ciencia y Tecnología*, 30, 64-78.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación: Vol. sexta Edición*. https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Holguin, M., & Gomez, D. (2010). *Análisis De Calidad De Energía Eléctrica En El "Nuevo Campus" De La Universidad Politécnica Salesiana*. Universidad Politécnica Salesiana.
- ITB, E. E. Ltda. (2017). *Regulador de Voltaje Monofásico Tipo Transformador Por Pasos Modelo RAV-2 con control modelo CTR-2*.
- Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, Pub. L. No. 21-may.2018, Of. No. SAN-2015-0070 35 (2015).
- López, C. (2024, enero 14). Calidad de Energía. *Redes y Energías*. <https://redesyenergias.com/ingenieria-electrica/calidad-de-energia/>
- Mercado, V., Bernardo, J., & Pacheco, L. (2013). Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. *Ciencia e Ingeniería*, 38(2), 167-176.
- Pluas, A., & Pluas, C. (2024). *Análisis de calidad de energía mediante un medidor Sentron Pac 4200 para controlar magnitudes eléctricas y ahorro energético en Papelera Nacional [UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL]*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/22619>
- Regulación Nro. ARCERNR-002_20, 002/20 35 (2023).
- Rosero Valarezo, D. S. (2019). *Análisis de la distribución de carga y estudios eléctricos de los alimentadores de la nueva subestación el rosal de EMELNORTE S. A*. Escuela Politécnica Nacional.
- Sánchez, M. (2009). *Calidad de energía electricad*.
- Schneider, E. (2024). *Calidad de la energía*. <https://www.se.com/mx/es/work/solutions/power-management/power-quality/>

- Sevilla, P., & Geovanny, A. (2001). *Ubicación de equipos de seccionamiento e interconexión en alimentadores primarios*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Sobalvarro, J. A., & Galán, N. A. (2019). *Calculo, Selección y Ubicación óptima de Reguladores de Voltaje de Media Tensión*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
- Stella, D., Miranda, G., Alfonso, W., & Maldonado, R. (2019). *Transmisión y distribución de energía eléctrica* (Editorial UD Universidad Distrital Francisco José de Caldas).
- Toshiba. (2015). *Manual de Instrucciones para REGULADORES DE TENSIÓN MONOFÁSICOS*. ES-400233.
- Toshiba, I. C. (2024). *Toshiba Latam—Reguladores de Tensión*. Toshiba Latam. <https://www.toshibalatam.com/products/reguladores-de-tension/>
- Vega Romero, B. S. (2021). *Análisis de la energía eléctrica de la subestación “El Pache”, utilizando medidores y reguladores de voltaje de media tensión para eliminar las variaciones de voltaje* [TRABAJO DE TITULACION]. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.
- Yépez, L., & Caicedo, L. (2023). *Regulación óptima de voltaje en línea de media tensión en zona rural mediante DigSILENT*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



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

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, Molina Rosales, Daniel Enrique con C.C : # 2400047110; Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo con C.C: # 2450327693 autor/a del trabajo de titulación **Estudio para el mejoramiento de la calidad de energía mediante la instalación de un banco de reguladores de voltaje en el Alimentador Anconcito de la S/E San Vicente de 10/12.5MVA, ubicada en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, a los 06 días del mes de septiembre del año 2024

LOS AUTORES

f. 

Molina Rosales, Daniel Enrique

C.C: # 2400047110

f. 

Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo

C.C: # 2450327693



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



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

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio para el mejoramiento de la calidad de energía mediante la instalación de un banco de reguladores de voltaje en el Alimentador Anconcito de la S/E San Vicente de 10/12.5MVA, ubicada en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad.		
AUTOR(ES)	Mejillón Yturburo, Galo Gonzalo; Molina Rosales, Daniel Enrique		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael. Msc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	06 de septiembre del 2024	No. DE PÁGINAS:	82
ÁREAS TEMÁTICAS:	Electricidad, redes de distribución, Subestación		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Reguladores De Tensión, Calidad, Eficiencia, Energética, Regulación, Tensión, Conexión		
RESUMEN / ABSTRACT: La instalación de Reguladores de tensión en redes de media tensión es una medida importante para garantizar la estabilidad y calidad del suministro eléctrico. Estos dispositivos no sólo aumentan el nivel de voltaje, sino que también protegen a los usuarios considerados como grandes clientes y sus equipos conectados de variaciones de tensión, además aportan significativamente al control de calidad brindando una solución integral a los desafíos de las fluctuaciones de voltaje en las redes de distribución de CNEL Santa Elena. Mediante la recopilación de estos datos se levantó información necesaria para solventar la necesidad de la instalación de reguladores de Voltaje en media tensión en el alimentador denominado ANCONCITO, correspondiente a la Subestación reductora de distribución de 10 a 12MVA que lleva el nombre de SAN VICENTE y que está ubicada en el Cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena. Este estudio brinda como solución a los problemas de voltaje, la instalación de un banco de regulador de voltaje de 300AMP y de 414KVA de capacidad para mejorar los niveles tensión, mejorar los indicadores de calidad de energía de acuerdo a la Regulación Nro. ARCERNR 002/20 y reducir los casos presentado por novedades de bajo voltaje tanto en usuarios domiciliarios eh industriales; teniendo en cuenta que alimentador Anconcito tiene una longitud aproximada en su troncal de 17.2km, construido con conductor de aluminio AAAC 4/0, el estudio realizado mediante el software CYME establece las ventajas de la conexión del banco de reguladores y las mejoras al administrar un 10%+ del valor de la tensión en el punto de la instalación con conexión estrella del banco, lo que se traduce en la mejoras del servicio cumpliendo con lo establecido en la Regulación.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +5936945703342	E-mail: galo.mejillon@cu.ucsg.edu.ec daniel.molina@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González		
	Teléfono: +593999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			