



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

TEMA:

Análisis técnico y económico de ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión, caso de estudio en la red distribución 13.8 kv de CNEL EP en Santa Elena

AUTORES:

**Cobeña Orrala Washington Isaías
Clavijo Limones Diego Jefferson**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO ELÉCTRICO**

TUTOR:

Ing. Alexander Ronald Mero Vallas. MSc

GUAYAQUIL, ECUADOR

06 de septiembre del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

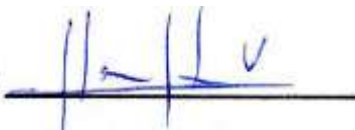
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **COBEÑA ORRALA WASHINGTON ISAÍAS, CLAVIJO LIMONES DIEGO JEFFERSON** como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

TUTOR (A)

f. 

Ing. Mero Vallas Alexander Ronald. MSc

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD,

Nosotros, **Cobeña Orrala Washington Isaías,**
Clavijo Limones Diego Jefferson

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Análisis técnico y económico de ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión, caso de estudio en la red distribución 13.8 kv de CNEL EP en Santa Elena**, previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

LOS AUTOR(ES):

f. 
Cobeña Orrala Washington Isaías

f. 
Clavijo Limones Diego Jefferson



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Cobeña Orrala Washington Isaías,**
Clavijo Limones Diego Jefferson

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis técnico y económico de ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión, caso de estudio en la red distribución 13.8 kv de CNEL EP en Santa Elena** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 06 de septiembre del 2024

LOS AUTOR(ES):

f. 
Cobeña Orrala Washington Isaías

f. 
Clavijo Limones Diego Jefferson

REPORTE DE COMPILATIO

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**

tesis cobena_clavijo (1) (1)

< 1%
Textos sospechosos

< 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
2% idiommas no reconocidos (ignorado)
11% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

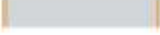
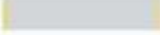
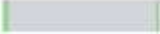
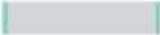
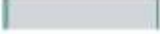
Nombre del documento: tesis cobena_clavijo (1) (1).docx
ID del documento: 34a55cc38246566820c2471a08b65e16fbc48b4f
Tamaño del documento original: 4,07 MB
Autores: []

Depositante: Alexander Ronald Mero Vallas
Fecha de depósito: 25/8/2024
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 25/8/2024

Número de palabras: 14.465
Número de caracteres: 97.970

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 TESIS_GODY_RAMIREZ_EDITADO FINAL 3.docx TESIS_GODY_RAMIREZ_EDITADO FINAL 3.docx #17681 El documento proviene de mi grupo 13 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (314 palabras)
2	 enla.info Plantilla de Examen Completo - VSP/IMP https://enla.info/plantilla-de-examen-completo-pdf-free.html 11 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (310 palabras)
3	 Trabajo CARLOS MORALES.docx Trabajo CARLOS MORALES #268149 El documento proviene de mi grupo 8 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (305 palabras)
4	 repositorio.ucag.edu.ec http://repositorio.ucag.edu.ec/bitstream/2317/12068/3/UCSG-PRE-JUA-DEP-333.pdf 7 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (287 palabras)
5	 201.159.223.180 http://201.159.223.180/bitstream/1317/17984/1/UCSG-PRE-ECO-AD-ADM-122.pdf	2%		 Palabras idénticas: 2% (241 palabras)

f. 

Ing. Mero Vallas Alexander Ronald. MSc



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRICIDAD
INGENIERO ELÉCTRICO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Ricardo Ubilla González. Mgs.

COORDINADOR DE TITULACION

f. 

Ing. Palau de la Rosa Luis Ezequiel. MSc.

OPONENTE

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios con la esposa que me ha dado y que ha sido el soporte de mi vida en la universidad ya que en las veces que me plante en rendirme ella me dio lo animo para seguir adelante junto a mis hijos que también fueron parte fundamental para llegar a hasta aquí, y agradecer a los profesores que bajo su tutela en las clases e expandido mis conocimientos en los cuales me hacían falta.

Cobeña Orrala Washington Isaías

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por la vida, salud, fuerzas y por guiarme para cada día ser mejor persona.

Gracias al director de carrera Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, por su motivación y apoyo constante, docentes por sus enseñanzas, a mi tutor de tesis, Ing. Alexander Mero por su apoyo, con profesionalismo, durante todo el desarrollo y elaboración de este trabajo.

Clavijo Limones Diego Jefferson

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi Madre a mi familia y especialmente a mi esposa que de alguna u otra forma me ayudaron en mi proceso estudiantil y es que por ella es que estoy dando todo lo mejor de mí para darle un mejor futuro tanto a mis hijos con a mi esposa.

Cobeña Orrala Washington Isaías

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi esposa e hijos que sin su apoyo incondicional y estímulo no habría sido posible todo esto.

Clavijo Limones Diego Jefferson

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
DEDICATORIA	IX
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCION	2
CAPITULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACION.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Hipótesis	4
1.6. Metodología de la investigación	5
CAPITULO 2: FUNDAMENTACION TEORICA	6
2.1. Marco Teórico.....	6
2.1.1. Bancos Reguladores de media tensión	6
2.1.2. Funciones Principales:	7
2.1.3. Aplicaciones:	8
2.2. Tipos de bancos de reguladores de media tensión	8
2.2.1. Reguladores de Tensión de Tap (Tapping)	8
2.2.2. Reguladores de Tensión de Compensación Automática	10
2.2.3. Bancos de Reguladores Monofásica:	12
2.2.4. Reguladores de Tensión Electrónicos:.....	17
2.2.5. Reguladores de Tensión por Conmutación (Switching Regulators):	20
2.2.6. Bancos de Reguladores de Tensión de Contactor:	23
2.2.7. Bancos de Reguladores Trifásica:	26
2.3. Sistemas de conexión	29
2.3.1. Monofásico entre fase y neutro puesto a tierra	30
2.3.2. Bifásico	30

2.3.3. Delta Abierto.....	31
2.3.4. Delta	32
2.3.5. Estrella	32
2.3.6. La toma a tierra en bancos reguladores	33
2.4 Partes y accesorios que forman un banco regulador	33
2.5 Principales componentes	36
2.6 Cómo especificar un regulador	38
2.9 La mejor solución para la regulación de la tensión de los sistemas de distribución de energía.	42
CAPITULO 3: Desarrollo de la Metodología de la Investigación	43
3. Marco Metodológico	43
3.1. Definición de los requerimientos.	43
3.2. Adquisición de información.....	44
3.3. Evaluar las características geográficas y topológicas que pueden influir en la ubicación estratégica de los bancos de reguladores.	45
3.3.1. Factores Considerados para la Ubicación de los Bancos Reguladores	47
Capítulo 4: Análisis técnico y económico de un banco regulador de media tensión.....	49
4.1 El Benéfico Técnico	50
4.2 Análisis Económico de un Banco Regulador de media tensión	50
4.3. Costos	51
4.4. Beneficios económicos	53
CAPITULO 5.....	58
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Reguladores de Tensión de Tap (Tapping)	8
Figura 2 Reguladores de Tensión de Compensación Automática.....	10
Figura 3 Bancos de Regulación Monofásica	12
Figura 4 Reguladores de Tensión Electrónico	17
Figura 5 Reguladores de Tensión por Conmutación.....	20
Figura 6 Bancos de Reguladores de Tensión de Contactor	23
Figura 7 Bancos de Reguladores Trifásica.....	26
Figura 8 Monofásico entre fase y neutro puesto a tierra.....	30
Figura 9 Bifásico.....	31
Figura 10 Delta Abierto	32
Figura 11 Delta	32
Figura 12 Estrella	33
Figura 13 Partes y Accesorios monofásico	35
Figura 14 Parte activa con devanado	35
Figura 15 Partes superior del monofásico.....	36
Figura 16 Cambiador de bajo de carga	37
Figura 17 Indicador de posición analógico	38
Figura 18 Conexión de los reguladores	39
Figura 19 Valores nominales y dimensiones	40
Figura 20 Frontal del control	41
Figura 21 Análisis técnico y económico de un banco regulador de media tensión .	50
Figura 22 Ubicación para las puestas a tierra	62
Figura 23 Punto de referencia para los bancos de reguladores de tensión	62
Figura 24 Ubicación para las segundas puestas a tierra	63
Figura 25 Trabajos en los Bancos Reguladores	63
Figura 26 Trabajos a los Bancos Reguladores	63
Figura 27 Instalación del Banco Regulador	64
Figura 28 Instalación de los seccionadores laterales.....	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación de componentes del frontal.....	41
Tabla 2 Materiales	53
Tabla 3 Mano de obra.....	53
Tabla 4 Transporte	53
Tabla 5 Estimación de costo	56
Tabla 6 Datos sobre la inversión	57
Tabla 7 Tasas de descuentos	57

INDICE DE GRAFICOS

Grafica 1 Datos de la inversión	57
--	----

RESUMEN

El documento presenta un análisis técnico y económico para la ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión en la red de distribución de 13.8 kV de CNEL EP en Santa Elena, Ecuador. Este estudio aborda la necesidad de mejorar la calidad del suministro eléctrico y reducir las pérdidas operativas mediante la correcta colocación de estos equipos. Los bancos de reguladores de media tensión son fundamentales para mantener una tensión estable en la red, lo que a su vez protege los equipos conectados y optimiza la eficiencia del sistema.

El análisis incluye una evaluación de la carga actual y proyectada de la red, así como un estudio de las características geográficas y topológicas que podrían influir en la ubicación de los reguladores. Además, se realiza un análisis técnico detallado para identificar las ubicaciones más adecuadas, minimizando las pérdidas de energía. El estudio también abarca un análisis económico, considerando los costos de instalación, operación y mantenimiento, comparados con los beneficios de largo plazo, como la reducción de interrupciones del servicio y la extensión de la vida útil de los equipos.

Se concluye que la ubicación estratégica de los bancos reguladores no solo mejora la estabilidad y la calidad del suministro eléctrico, sino que también representa una inversión justificada por los ahorros a largo plazo en costos operativos y de mantenimiento. El documento finaliza con recomendaciones para la implementación de estos sistemas en la red de CNEL EP, resaltando la importancia de una planificación cuidadosa y un enfoque basado en datos para optimizar la infraestructura eléctrica en Santa Elena.

Palabras Clave: Eficiencia operativa, Optimización de la red, Calidad del suministro eléctrico, Costos de instalación, Mantenimiento de equipos, Estabilidad del sistema.

ABSTRACT

The document presents a technical and economic analysis for the optimal location of banks of medium voltage regulators in the 13.8 kV distribution network of CNEL EP in Santa Elena, Ecuador. This study addresses the need to improve the quality of the electrical supply and reduce operational losses through the correct placement of this equipment. Banks of medium voltage regulators are essential for maintaining a stable voltage in the network, which in turn protects connected equipment and optimizes system efficiency.

The analysis includes an evaluation of the current and projected network load, as well as a study of geographic and topological characteristics that could influence the location of the regulators. In addition, a detailed technical analysis is carried out to identify the most suitable locations, minimizing energy losses. The study also encompasses an economic analysis, considering installation, operation and maintenance costs, compared to long-term benefits, such as reducing service interruptions and extending the useful life of equipment.

It is concluded that the strategic location of the regulatory banks not only improves the stability and quality of the electricity supply, but also represents an investment justified by long-term savings in operating and maintenance costs. The document concludes with recommendations for the implementation of these systems in the CNEL EP network, highlighting the importance of careful planning and a data-driven approach to optimize the electrical infrastructure in Santa Elena.

Keywords: Operational efficiency, Network optimization, Power supply quality, Installation costs, Equipment maintenance, System stability.

INTRODUCCION

En la distribución de energía eléctrica, la ubicación estratégica de los bancos reguladores de media tensión se convierte en un factor crucial para optimizar la eficiencia operativa de la red y reducir los costos asociados. Un caso ilustrativo es el de la red de distribución de 13,8 kV de Santa Elena, en Ecuador, gestionada por CNEL EP. La colocación adecuada de estos bancos no sólo influye en la calidad del suministro eléctrico, sino también en la rentabilidad operativa y el rendimiento integral del sistema.

Este estudio se propone llevar a cabo un análisis técnico y económico exhaustivo con el fin de identificar la ubicación óptima de un banco regulador de media tensión. Para ello, se considerarán variables fundamentales como la demanda de la red, la configuración geográfica y los costos vinculados a la instalación, operación y mantenimiento de los equipos.

CAPITULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACION

1.1. Antecedentes de la investigación

Este proyecto cuenta con un antecedente relevante: el equipo está integrado en la red de distribución que sirve a la parroquia de Atahualpa. Antes de la instalación de estos equipos, la subestación Chanduy suministraba energía, lo que ocasionaba caídas de tensión y fallos en la red de distribución, afectando negativamente a los aparatos eléctricos de alto valor. Para abordar este problema, la Unidad de Negocios CNEL EP Santa Elena llevó a cabo un levantamiento de obra para evaluar las pérdidas técnicas, identificar ubicaciones críticas y estimar los costos de los equipos necesarios. Con esta información, se procedió a la instalación de bancos reguladores de media tensión para evitar un estado crítico en el suministro de energía y mejorar la calidad del servicio eléctrico en la parroquia de Atahualpa. Como resultado, la instalación de los bancos reguladores no solo protegió la red eléctrica, sino que también tuvo un impacto positivo en los usuarios al asegurar un suministro de energía más estable y confiable.

1.2. Planteamiento del problema

La red de distribución de 13.8 kV de CNEL EP en Santa Elena enfrenta problemas de sobrevoltajes y caídas de tensión debido a la alta demanda generada por el turismo abundante en la provincia. Esta infraestructura no está adecuadamente preparada para manejar tales fluctuaciones, lo que requiere una solución efectiva. El proyecto aborda esta problemática mediante un análisis técnico y económico de los bancos reguladores, cuyo propósito es estabilizar el voltaje y prevenir tanto caídas de tensión como sobrevoltajes. La implementación de estos equipos, junto con un manejo adecuado de los planes de contingencia, garantiza una distribución de energía más estable y confiable.

1.3. Justificación del problema

Elegir una ubicación adecuada para la instalación del estabilizador de voltaje de media tensión es esencial para garantizar un suministro de energía estable y eficaz. Una mala

ubicación puede provocar problemas como voltaje insuficiente, pérdida significativa de energía y aumento de los costos operativos. En el contexto de la red CNEL EP 13,8 kV en Santa Elena, donde la demanda eléctrica continúa aumentando, es importante desarrollar estrategias para optimizar la ubicación de estos bancos gestores para mejorar la calidad del servicio eléctrico y reducir la operación a largo plazo costos duración. Este estudio aborda esta importante necesidad combinando ingeniería y análisis económico para identificar las ubicaciones de instalación más eficientes y económicas para reguladores de media tensión.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar las ubicaciones óptimas para la instalación de bancos de reguladores de media tensión en la red de distribución de 13.8 kV de CNEL EP en Santa Elena, Ecuador, a través de un análisis técnico y económico integral.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las características geográficas y topológicas que pueden repercutir en la ubicación estratégica de los bancos de reguladores.
- Realizar un levantamiento de análisis técnico y económico detallando para determinar instalación, operación y mantenimiento de los bancos reguladores de media tensión.
- Desarrollar propuestas de recomendaciones fundamentadas en los resultados obtenidos, orientadas a optimizar la eficiencia operativa y económica del sistema de distribución eléctrica en Santa Elena.

1.5. Hipótesis

Proponemos identificar y seleccionar las ubicaciones óptimas para la instalación de bancos reguladores de media tensión en la red de distribución de 13.8 kV de CNEL EP en Santa Elena. Esta iniciativa tiene como objetivo mejorar significativamente la calidad del servicio eléctrico, reducir las pérdidas de energía y optimizar los costos operativos y de mantenimiento. Mediante un análisis técnico exhaustivo, se considerarán las características específicas de la red, y

un análisis económico detallado evaluará los costos asociados con cada ubicación propuesta.

1.6. Metodología de la investigación

Para este estudio se toma como objetivo contribuir el conocimiento y las prácticas en el sector eléctrico, proporcionando una metodología sistemática y aplicable para la selección de ubicaciones estratégicas de bancos de reguladores de media tensión. Los resultados esperados no solo beneficiarán a CNEL EP y sus usuarios en Santa Elena, sino que también podrían ser referencia para otras redes de distribución eléctrica enfrentando desafíos similares en la optimización de sus infraestructuras y dado a los resultados que estos equipos nos ayudan a que las caídas de tensión no sean críticas y optimizando la red de distribución eléctrica.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACION TEORICA

2.1. Marco Teórico

Este proyecto aborda la problemática con las redes de media tensión en la red de distribución de 13.6kV en la CNEL EP en Santa Elena ya que los bancos reguladores de media tensión ayudaran a las regulaciones del voltaje, y que los usuarios no experimenten caídas de tensión y sobrevoltaje.

2.1.1. Bancos Reguladores de media tensión

En el libro *"Electric power substations engineering"* de McDonald (2012) nos da entender como son las variedades de aplicaciones un banco de reguladores de tensión estos son un de conjunto de reguladores de tensión que trabajan juntos para proporcionar múltiples salidas de tensión estabilizadas desde una fuente de alimentación común. Esto se puede utilizar para proporcionar diferentes niveles de tensión para diferentes componentes o circuitos en un sistema electrónico.

Los bancos de reguladores de tensión se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo:

- Sistemas embebidos
- Equipos de comunicaciones
- Sistemas de automatización industrial
- Equipos médicos
- Sistemas de alimentación de alta disponibilidad.
- Reguladores de Tensión: Dispositivos que ajustan automáticamente la tensión de salida para mantenerla constante a pesar de las fluctuaciones en la carga.
- Transformadores: Pueden estar incluidos para adaptar la tensión a los niveles deseados.
- Interruptores y Seccionadores: Para desconectar los reguladores cuando sea necesario, facilitando el mantenimiento.

- Sistema de Monitoreo y Control (SCADA): Para supervisar y ajustar el funcionamiento de los reguladores.

Algunos ejemplos de productos que contienen bancos de reguladores de tensión son:

- Módulos de alimentación DC-DC
- Fuentes de alimentación conmutadas
- Sistemas de alimentación de servidores
- Equipos de redes de comunicaciones

Es importante seleccionar un banco de reguladores de tensión que se adapte a las necesidades específicas de tu proyecto o aplicación, teniendo en cuenta factores como la tensión de entrada, la corriente de carga y la eficiencia.

2.1.2. Funciones Principales:

Dubey (2009) en su libro "Fundamentals of Electrical Drives" discute cómo los sistemas de regulación de tensión, incluidos los bancos de reguladores, desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de una tensión estable, optimización del rendimiento del sistema, protección de equipos, y adaptación a cargas variables. Tomando esto en cuenta se realizó interpretación de:

- **Mantenimiento de la Tensión:**

Hay que asegurar que la tensión a través del sistema se mantenga en un rango adecuado, evitando problemas como el sobrevoltaje y bajo voltaje.

- **Optimización del Rendimiento del Sistema:**

Estos dispositivos también pueden mejorar la calidad de la energía en la red eléctrica, lo que reduce las pérdidas energéticas y estabiliza el sistema.

- **Protección de Equipos:**

Un regulador mantendrá una tensión estable y segura, lo que prolongará la vida de los dispositivos eléctricos conectados a la red.

- **Adaptación a Cargas Variadas:**

También ajustan la tensión según la cantidad de dispositivos conectados, asegurando una fuente de energía constante y de buena calidad.

2.1.3. Aplicaciones:

Dubey (2009) en su libro "Fundamentals of Electrical Drives" también nos habla de las aplicaciones del uso de los bancos reguladores de media tensión.

- **Redes de Distribución:**

Se utilizan en redes de distribución de energía eléctrica para asegurar un suministro estable a los consumidores.

- **Industrias:**

En entornos industriales para proteger equipos sensibles y mantener un suministro de energía confiable.

- **Sistemas de Energía Renovable:**

Pueden ser utilizados en sistemas de energía renovable para asegurar que la energía generada se distribuya de manera eficiente y segura.

2.2. Tipos de bancos de reguladores de media tensión

Poole (2011) "Electrical power systems: A comprehensive guide" en su libro nos hace un estudio detallado sobre los diferentes tipos de bancos reguladores de media tensión. Tomando esto en cuenta como referencia definí los tipos de bancos reguladores de media tensión que se citaron para este proyecto.

2.2.1. Reguladores de Tensión de Tap (Tapping)

Figura 1 *Reguladores de Tensión de Tap (Tapping)*



Nota: Autor (Eaton, s.f.)

Los Reguladores de Tensión de Tap (a menudo conocidos como "Reguladores de Tensión con Tap Changing" o "Tap Changers") son dispositivos utilizados para ajustar y mantener la tensión en una red eléctrica. Funcionan principalmente mediante el cambio de la configuración de los tapones en un transformador para modificar la relación de transformación y, por ende, la tensión de salida. Aquí te explico cómo funcionan y sus principales características:

Funcionamiento:

Transformador de Tap Changer:

- Los reguladores de tensión de tap se basan en un transformador con varios puntos de conexión (taps) en el bobinado de alta tensión. Cada punto de conexión corresponde a una relación de transformación diferente.
- Cambiando el tap en el que está conectado el devanado de alta tensión, se ajusta la relación de transformación del transformador, permitiendo que la tensión en el lado de baja tensión se regule a los niveles deseados.

Cambio de Tap:

- El cambio de tap puede ser manual o automático. Los reguladores automáticos están equipados con un mecanismo que detecta variaciones en la tensión y ajusta el tap en función de las necesidades de la red.
- El mecanismo de cambio de tap puede ser de tipo manual (requiere intervención humana) o de tipo automático (realiza ajustes automáticamente en función de la medición de la tensión).

Tipos de Reguladores de Tap:

Reguladores de Tap en Carga (OLTC - On-Load Tap Changer):

- Permiten ajustar la tensión mientras el transformador está en servicio y bajo carga. Son útiles para aplicaciones donde la carga varía y se necesita una regulación constante.
- Tienen mecanismos complejos para hacer ajustes sin interrumpir el suministro eléctrico.

Reguladores de Tap fuera de Carga (DETC - Off-Load Tap Changer):

- Solo permiten cambiar el tap cuando el transformador está desconectado de la carga. Se utilizan en situaciones donde la carga no varía frecuentemente y los cambios en la tensión son menos frecuentes.

Ventajas:

- Precisión en la Regulación: Permiten mantener la tensión dentro de límites muy precisos, mejorando la calidad de la energía suministrada.
- Adaptabilidad: Pueden ajustarse para adaptarse a cambios en la carga y en la demanda de la red eléctrica.
- Estabilidad: Ayudan a prevenir problemas de sobrecarga y fluctuaciones en la tensión que pueden dañar equipos eléctricos y electrónicos.

Aplicaciones:

- Son utilizados en subestaciones y en líneas de distribución de media tensión para asegurar que la tensión entregada a los consumidores se mantenga en un rango seguro y eficiente.
- Son esenciales en redes donde la variabilidad de la carga puede afectar la tensión de manera significativa.

2.2.2. Reguladores de Tensión de Compensación Automática

Figura 2 *Reguladores de Tensión de Compensación Automática*



Nota: Autor (ZIV Automation, s.f.)

Los Reguladores de Tensión de Compensación Automática son dispositivos diseñados para mantener la tensión de una red eléctrica dentro de los niveles deseados de manera automática, adaptándose a las variaciones en la carga y otras condiciones operativas. Su función principal es garantizar una calidad de suministro eléctrico estable y confiable, ajustando la tensión en función de las mediciones en tiempo real.

Características y Funcionamiento:

- **Compensación Automática:**

Medición Continua: El regulador mide continuamente la tensión en puntos específicos de la red, utilizando sensores para detectar cualquier desviación respecto a los niveles nominales.

Ajuste Dinámico: Basado en estas mediciones, el regulador ajusta automáticamente la tensión mediante diversos métodos, como el cambio en la configuración del transformador o el control de compensadores de reactiva (baterías de condensadores o reactores).

- **Métodos de Regulación:**

Transformadores con Tap Changer (Regulador de Tap en Carga): Cambia la relación de transformación del transformador para ajustar la tensión de salida.

Condensadores y Reactores: Controlan la compensación de potencia reactiva en la red para ajustar la tensión.

Equipos Electrónicos: Utilizan tecnologías como convertidores de estado sólido para ajustar la tensión sin partes móviles.

Control Automatizado:

- **Sistemas de Control Digital:** Los reguladores modernos suelen integrar sistemas de control digital que permiten ajustes precisos y respuesta rápida a las variaciones en la carga.

- **Algoritmos de Control:** Los algoritmos de control pueden optimizar la regulación basándose en datos históricos y condiciones actuales de la red, asegurando una regulación más eficiente.

Ventajas:

- **Mejora en la Calidad de Energía:** Mantiene la tensión dentro de los límites especificados, reduciendo problemas como fluctuaciones de voltaje y mejorando la estabilidad del suministro eléctrico.
- **Adaptabilidad:** Se ajusta automáticamente a las variaciones en la carga y otras condiciones operativas, lo que permite una respuesta rápida y efectiva a cambios en la red.
- **Reducción de Intervención Humana:** Minimiza la necesidad de ajustes manuales y mantenimiento, lo que puede reducir costos operativos y el riesgo de errores humanos.
- **Optimización del Sistema:** Puede integrar datos en tiempo real y ajustar la tensión de manera óptima para mejorar la eficiencia general del sistema eléctrico.

Aplicaciones:

- **Redes de Distribución:** Se utilizan en redes de media y baja tensión para mejorar la calidad del suministro a los consumidores finales.
- **Subestaciones:** En subestaciones eléctricas, ayudan a mantener la tensión de salida constante a pesar de las fluctuaciones en la carga.
- **Industria:** En instalaciones industriales, se emplean para asegurar que la tensión suministrada a equipos sensibles se mantenga dentro de los niveles especificados, protegiendo así el equipo y mejorando su rendimiento.

2.2.3. Bancos de Reguladores Monofásica:

Figura 3 *Bancos de Regulación Monofásica*



Nota: Autor (GE Grid Solutions., s.f.)

Los bancos de reguladores monofásicos son sistemas diseñados para ajustar y controlar la tensión en redes eléctricas monofásicas. Estos bancos se utilizan en aplicaciones donde la red eléctrica es de tipo monofásico, en contraposición a redes trifásicas que son más comunes en sistemas industriales y de distribución de gran escala.

Características y Funcionamiento:

- **Regulación del Voltaje:** Mantiene el voltaje dentro de un rango específico para garantizar la estabilidad y eficiencia de la red.
- **Configuración:** Compuesto por varios transformadores y a veces bancos de capacitores o reactores, dependiendo de la aplicación.
- **Tipo de Regulación:** Puede ser de tipo automático, con reguladores que ajustan el voltaje en respuesta a las variaciones en la carga o condiciones de la red.
- **Protección:** Equipado con sistemas de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y otras fallas.
- **Diseño:** Diseñado para operar en condiciones ambientales específicas y puede estar hecho de materiales que resistan el desgaste y las condiciones extremas.

Funcionamiento:

- **Monitoreo del Voltaje:** El banco regulador mide constantemente el voltaje en el sistema.
- **Ajuste Automático:** Cuando detecta variaciones en el voltaje, ajusta automáticamente los transformadores o capacitores para mantener el voltaje en el nivel deseado.
- **Compensación de Carga:** Compensa las fluctuaciones de carga que pueden causar caídas o aumentos en el voltaje.
- **Protección de Equipos:** Protege los equipos conectados en la red eléctrica al evitar sobrevoltajes y subtensiones.
- **Comunicación:** A menudo se integra con sistemas de control y monitoreo para permitir la supervisión remota y la gestión eficiente.
- **Reguladores Monofásicos:** Estos son dispositivos que ajustan la tensión en una sola fase. En un banco monofásico, puede haber uno o varios reguladores monofásicos conectados en paralelo o serie, según la aplicación y los requisitos.
- **Capacitores y Reactores (opcional):** En algunos casos, los bancos de reguladores monofásicos pueden incluir capacitores o reactores para compensar la potencia reactiva y mejorar la calidad de la tensión.

Principio de Funcionamiento:

- **Regulación de Tensión:** Los reguladores monofásicos ajustan la tensión de salida en función de la tensión de entrada. Este ajuste se realiza mediante mecanismos de cambio de tap o conmutación electrónica, dependiendo del tipo de regulador.
- **Compensación Reactiva:** En algunos sistemas, capacitores o reactores se utilizan para ajustar la potencia reactiva y estabilizar la tensión.

Tipos de Reguladores Monofásicos:

- **Reguladores de Tap en Carga (OLTC):** Ajustan la relación de transformación del transformador mediante cambios en la posición de los tap, realizando ajustes automáticos mientras el transformador está en servicio.
- **Reguladores Electrónicos:** Utilizan tecnología electrónica para ajustar la tensión de salida de manera precisa y eficiente.

Control y Automatización:

- **Sistema de Control Automática:** Este sistema nos permite diferentes recursos de parámetros en los niveles de tensión y sobre el comportamiento del sistema, tales niveles de insensibilidad, temporizaciones y compensación de caída de tensión en línea, limitación de tensión y bonificación en carga entre otras funcionalidades. Este sistema se basa en microprocesadores y ayuda a tener diversas formas de comunicación y el uso del software.
- **Controles Manuales (opcional):** En algunos sistemas, la regulación puede ser manual, permitiendo ajustes según la necesidad del operador.

Ventajas:

- **Regulación:** aplican niveles de tensión mas apropiados en los puntos de consumo, lo que da a una reducción de pérdidas y aumenta la vida útil de los equipos
- **Operación:** estos nos ayudan a la lectura de parámetros y ajustes en los sistemas de control que se ejecuten por el teclado frontal y la visualización en los indicadores, el uso de software con licencia para el uso de todas las operaciones y obteniendo datos mediante una notebook que periódicamente evaluaciones locales y subsecuentes.

- **Flexibilidad:** para los mantenimientos o en casos de que algún regulador falle, se podrá colocar un regulador de reserva en la fase de banco de reguladores de tensión monofásica, y esto permite al sistema seguir funcionando normalmente.
- **Costo Inferior:** En comparación con sistemas trifásicos, los reguladores monofásicos suelen ser más económicos debido a su menor complejidad.

Desventajas:

- **Capacidad Limitada:** Están diseñados para aplicaciones monofásicas, por lo que no son adecuados para redes trifásicas o de mayor potencia.
- **Mantenimiento y Ajuste:** Aunque suelen ser menos complejos, pueden requerir mantenimiento periódico y ajustes para asegurar un funcionamiento óptimo.

Aplicaciones:

- **Residentes y Pequeñas Empresas:** En áreas residenciales y pequeñas empresas donde las redes eléctricas son monofásicas, estos bancos ayudan a mantener una tensión estable.
- **Aplicaciones Industriales Menores:** En ciertas aplicaciones industriales menores que operan con redes monofásicas, los bancos de reguladores monofásicos pueden ser utilizados para asegurar una tensión adecuada.
- **Sistemas de Energía Renovable:** En sistemas de energía renovable de pequeña escala, como paneles solares que se conectan a redes monofásicas, estos reguladores pueden ayudar a ajustar la tensión.

Funcionamiento en Detalle:

- **Medición de Tensión:** Sensores miden la tensión de la red monofásica y envían los datos a un sistema de control.

- **Decisión de Ajuste:** El sistema de control analiza los datos y determina si es necesario ajustar la tensión.
- **Accionamiento del Regulador:** Basado en la decisión del sistema de control, el regulador realiza los ajustes necesarios para mantener la tensión dentro del rango especificado.
- **Compensación Reactiva (si es aplicable):** Si el banco incluye capacitores o reactores, estos son conectados o desconectados según sea necesario para ajustar la potencia reactiva y estabilizar la tensión.

2.2.4. Reguladores de Tensión Electrónicos:

Figura 4 Reguladores de Tensión Electrónico



Nota: Autor (Magom Electrónica., s.f.)

Los Reguladores de Tensión Electrónicos son dispositivos avanzados diseñados para mantener la tensión en una red eléctrica dentro de un rango específico utilizando tecnología electrónica en lugar de los métodos tradicionales basados en mecanismos mecánicos. Estos reguladores son capaces de ajustar la tensión de manera precisa y eficiente mediante el uso de componentes electrónicos y sistemas de control digital. Aquí te explico sus características, funcionamiento y aplicaciones:

Características y Funcionamiento:

- **Tecnología Electrónica:**

- **Componentes Electrónicos:** Utilizan componentes como transistores, tiristores, y circuitos integrados para controlar y ajustar la tensión.
- **Sistemas de Control Digital:** Integran microcontroladores o procesadores para gestionar las operaciones del regulador de manera precisa y en tiempo real.
- **Método de Regulación:**
 - **Control de Tensión en Tiempo Real:** Miden la tensión de salida continuamente y ajustan la tensión mediante el control de dispositivos electrónicos, como los convertidores de voltaje.
 - **Compensación Automática:** Ajustan automáticamente la tensión para compensar variaciones en la carga y otros factores sin necesidad de intervención manual.
- **Tipos de Reguladores Electrónicos:**
 - **Reguladores de Tensión de Estado Sólido:** Utilizan dispositivos de estado sólido para ajustar la tensión. Estos reguladores no tienen partes móviles, lo que reduce el mantenimiento y aumenta la confiabilidad.
 - **Reguladores Electrónicos de Voltaje Variable:** Emplean convertidores electrónicos (como los convertidores buck o boost) para ajustar la tensión según las necesidades del sistema.
- **Características Adicionales:**
 - **Monitoreo y Diagnóstico:** Muchos reguladores electrónicos incluyen funciones avanzadas de monitoreo y diagnóstico, permitiendo la supervisión remota y la detección de fallos.
 - **Control Remoto:** Pueden integrarse con sistemas de control y monitoreo remoto, facilitando la gestión de la red desde ubicaciones centralizadas.
 - **Ventajas:**
 - **Precisión y Estabilidad:** Ofrecen una regulación de tensión muy precisa, manteniendo la tensión dentro de límites estrictos incluso con cambios rápidos en la carga.

- **Rápida Respuesta:** Pueden ajustar la tensión de manera muy rápida en respuesta a cambios en la carga, mejorando la estabilidad de la red.
- **Menor Mantenimiento:** Al carecer de partes móviles, tienen menos desgaste y requieren menos mantenimiento en comparación con los reguladores mecánicos.
- **Flexibilidad y Configuración:** Permiten configuraciones y ajustes más flexibles, adaptándose a diversas necesidades y condiciones operativas.
- **Aplicaciones:**
 - **Redes de Distribución:** Se utilizan en redes de distribución para asegurar una tensión constante a los consumidores finales, mejorando la calidad del suministro eléctrico.
 - **Subestaciones Eléctricas:** En subestaciones, reguladores electrónicos ayudan a mantener la tensión de salida estable, a pesar de las fluctuaciones en la carga.
 - **Industria:** En entornos industriales, aseguran que equipos sensibles reciban una tensión estable y adecuada, protegiendo la maquinaria y mejorando su rendimiento.
 - **Sistemas de Energía Renovable:** Son utilizados en sistemas de energía renovable, como la solar o eólica, para ajustar la tensión generada y adaptarla a la red.
- **Funcionamiento en Detalle:**
 - **Medición de Tensión:** Sensores integrados en el regulador electrónico miden la tensión en la red y envían estos datos al sistema de control.
 - **Procesamiento de Datos:** El sistema de control digital analiza los datos de tensión y determina el ajuste necesario.
 - **Ajuste Electrónico:** Utiliza dispositivos electrónicos (como transistores o tiristores) para ajustar la tensión. Esto puede incluir la modificación del voltaje de salida mediante convertidores electrónicos.

- **Monitorización y Feedback:** El regulador sigue monitoreando la tensión y ajustando la salida según sea necesario, proporcionando feedback continuo para mantenerla estable.

2.2.5. Reguladores de Tensión por Conmutación (Switching Regulators):

Figura 5 *Reguladores de Tensión por Conmutación*



Nota: Autor (Tomrospa, 2017)

Los Reguladores de Tensión por Conmutación (o Switching Regulators en inglés) son un tipo de regulador de tensión que utiliza conmutación electrónica para ajustar y estabilizar la tensión en un circuito. A diferencia de los reguladores lineales, que ajustan la tensión mediante disipación de potencia, los reguladores por conmutación emplean un proceso de conmutación y almacenamiento de energía para lograr una regulación más eficiente.

Características y Funcionamiento:

- **Principio de Funcionamiento:**
 - **Conmutación:** Utilizan interruptores electrónicos (como transistores) que se abren y cierran a alta velocidad para controlar la transferencia de energía en el circuito.
 - **Almacenamiento de Energía:** Emplean componentes como inductores y capacitores para almacenar y transferir energía, ajustando la tensión de salida sin disipar energía en forma de calor.
- **Tipos Principales:**

- **Reguladores Buck (Reductores):** Reducen la tensión de entrada a un nivel más bajo. Son útiles para aplicaciones donde se necesita bajar la tensión.
- **Reguladores Boost (Aumentadores):** Aumentan la tensión de entrada a un nivel más alto. Se utilizan cuando se necesita elevar la tensión.
- **Reguladores Buck-Boost:** Combinan las funciones de los reguladores buck y boost, permitiendo tanto la reducción como el aumento de la tensión.
- **Reguladores Cuk:** Proporcionan una tensión de salida que puede ser mayor o menor que la tensión de entrada, con características de salida inversa.
- **Componentes Clave:**
 - **Interruptor (Switch):** Un transistor o MOSFET que se enciende y apaga para controlar el flujo de energía.
 - **Inductor:** Almacena energía durante el encendido del interruptor y la libera cuando está apagado.
 - **Condensador:** Filtra y suaviza la tensión de salida para reducir el rizado y mantener una salida estable.
 - **Diodo:** Permite la circulación de corriente en una sola dirección, ayudando a mantener la eficiencia de la conversión.
- **Modo de Control:**
 - **Control por Retroalimentación:** Mide la tensión de salida y ajusta el ciclo de trabajo del interruptor para mantener la tensión en el nivel deseado.
 - **Modulación de Ancho de Pulso (PWM):** Controla el tiempo durante el cual el interruptor está encendido, ajustando así la tensión de salida.

Ventajas:

- **Eficiencia Alta:** Pueden alcanzar eficiencias de hasta el 90% o más, ya que la energía no se disipa en forma de calor como en los reguladores lineales.

- **Flexibilidad en el Voltaje de Salida:** Pueden proporcionar diferentes niveles de tensión a partir de una tensión de entrada fija, y algunos pueden aumentar o reducir la tensión.
- **Menor Generación de Calor:** Al operar con alta eficiencia, generan menos calor y requieren menos disipación térmica.

Desventajas:

- **Complejidad:** Son más complejos en términos de diseño y componentes comparados con los reguladores lineales.
- **Ruido Electromagnético:** La conmutación rápida puede generar ruido electromagnético (EMI), que puede interferir con otros circuitos si no se maneja adecuadamente.

Aplicaciones:

- **Electrónica de Consumo:** Se utilizan en dispositivos electrónicos como computadoras, teléfonos móviles y equipos portátiles para proporcionar una fuente de alimentación eficiente.
- **Equipos Industriales:** En sistemas industriales para suministrar voltajes precisos y estables en aplicaciones que requieren alta eficiencia.
- **Fuentes de Alimentación:** Se emplean en fuentes de alimentación para proporcionar diferentes niveles de tensión con alta eficiencia.
- **Automóviles y Sistemas de Energía Renovable:** Para ajustar la tensión en sistemas de energía de automóviles y paneles solares, entre otros.

Funcionamiento en Detalle:

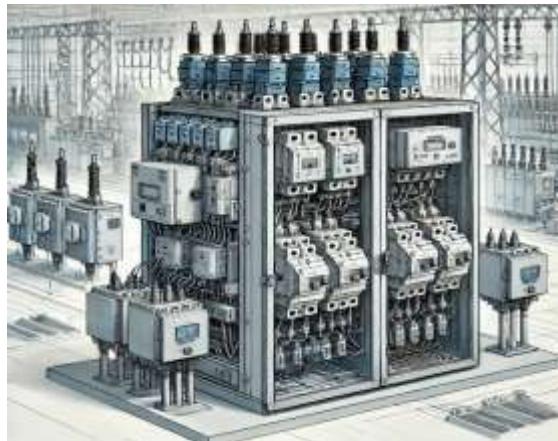
- **Conmutación del Interruptor:**
 - El interruptor se enciende y apaga a una frecuencia alta, controlando la cantidad de energía que se transfiere al inductor.
- **Almacenamiento y Transferencia de Energía:**
 - Durante el encendido del interruptor, el inductor almacena energía. Cuando el interruptor está apagado, el inductor libera la energía a través del diodo y el condensador, ajustando la tensión de salida.

- **Regulación de la Tensión:**

- Un circuito de control mide la tensión de salida y ajusta el ciclo de trabajo del interruptor para mantener la salida en el nivel deseado, utilizando técnicas como PWM para la modulación.

2.2.6. Bancos de Reguladores de Tensión de Contactor:

Figura 6 *Bancos de Reguladores de Tensión de Contactor*



Nota: ilustración personal

Los Bancos de Reguladores de Tensión de Contactor son sistemas utilizados en redes eléctricas para mantener la tensión dentro de un rango deseado mediante la conmutación de bancos de condensadores u otros elementos de compensación reactiva. Estos bancos son típicos en sistemas de media y alta tensión, especialmente donde se requiere un ajuste flexible y eficiente de la tensión para mejorar la calidad de la energía y mantener la estabilidad de la red.

- **Características y Funcionamiento:**

- **Composición del Banco:**

- **Condensadores:** Los bancos suelen incluir varios condensadores conectados en paralelo. Estos condensadores proporcionan potencia reactiva capacitiva, que ayuda a elevar la tensión en la red.

- **Contactador:** Un contactador es un interruptor eléctrico controlado automáticamente que se utiliza para conectar o desconectar los bancos de condensadores de la red. Los contactadores permiten la conmutación en carga sin necesidad de interrumpir el servicio eléctrico.

Control y Conmutación:

- **Automatización:** Los bancos de reguladores de tensión de contactador están equipados con sistemas de control automático que monitorean la tensión de la red. Basado en las mediciones, el sistema decide cuándo conectar o desconectar bancos de condensadores.
- **Contactador de Conmutación:** Los contactadores son utilizados para realizar estos cambios. Estos dispositivos permiten el encendido y apagado de los bancos de condensadores sin necesidad de intervención manual y sin causar interrupciones en el suministro eléctrico.

Método de Regulación:

- **Compensación Reactiva:** Al conectar más condensadores, se aumenta la potencia reactiva capacitiva en la red, lo que ayuda a elevar la tensión. Cuando la tensión es demasiado alta, los condensadores se desconectan para evitar que la tensión exceda el límite superior.
- **Respuesta Dinámica:** El sistema puede ajustarse rápidamente a las variaciones en la carga y en la tensión de la red, proporcionando una regulación dinámica y eficiente.

Ventajas:

- **Eficiencia en la Regulación de Tensión:** Mejoran la calidad de la tensión en la red, asegurando que se mantenga dentro de los niveles especificados.
- **Automatización:** La conmutación automática reduce la necesidad de intervención manual y minimiza el riesgo de errores.
- **Flexibilidad:** Permiten ajustar la compensación reactiva en función de la demanda de la red, adaptándose a condiciones cambiantes.
- **Menor Mantenimiento:** Al estar diseñados para operar sin interrupciones del servicio, reducen el tiempo de mantenimiento y las interrupciones.

Desventajas:

- **Ruido Electromagnético:** La conmutación de los contactores puede generar ruido electromagnético (EMI), que necesita ser gestionado para evitar interferencias.
- **Costos Iniciales:** La instalación de bancos de reguladores de tensión de contactor puede tener un costo inicial elevado debido a la tecnología y los componentes involucrados.

Aplicaciones:

- **Redes de Distribución:** Son utilizados en redes de distribución de media y alta tensión para mejorar la calidad de la tensión y gestionar la compensación reactiva.
- **Subestaciones:** En subestaciones eléctricas, se emplean para ajustar la tensión de salida y asegurar una distribución eficiente de la energía.
- **Industria:** En instalaciones industriales, ayudan a mantener una tensión estable y adecuada para maquinaria y equipos sensibles.

- **Sistemas de Energía Renovable:** Son utilizados para gestionar la tensión en sistemas de generación de energía renovable, como parques eólicos y solares.

Funcionamiento en Detalle:

- **Monitoreo de Tensión:** Sensores integrados miden continuamente la tensión en la red. Estos datos son enviados al sistema de control.
- **Decisión de Conmutación:** El sistema de control procesa los datos de tensión y determina si es necesario conectar o desconectar bancos de condensadores para ajustar la tensión.
- **Accionamiento del Contactor:** Basado en la decisión del sistema de control, el contactor se acciona para conectar o desconectar bancos de condensadores, ajustando así la potencia reactiva en la red.
- **Ajuste de Tensión:**
Al conectar más condensadores, se aumenta la tensión en la red. Al desconectar, se reduce la tensión, manteniéndola dentro del rango deseado.

2.2.7. Bancos de Reguladores Trifásica:

Figura 7 *Bancos de Reguladores Trifásica*



Nota: Autor (Electrical Relay, 2018)

Los bancos reguladores trifásicos son sistemas diseñados para ajustar y controlar la tensión en redes eléctricas trifásicas. Estas redes son comunes en aplicaciones industriales y de distribución de energía, ya que permiten un suministro de energía más eficiente y equilibrado en comparación con las redes monofásicas. Los bancos reguladores trifásicos pueden incluir diversos componentes para manejar la regulación de tensión, la compensación reactiva y la estabilidad de la red.

Características y Funcionamiento:

Composición del Banco:

- **Reguladores Trifásicos:** Estos reguladores pueden ser de tipo mecánico (con cambios de tap) o electrónico, y están diseñados para manejar las tres fases simultáneamente.
- **Capacitores y Reactores (opcional):** Algunos bancos reguladores trifásicos incluyen capacitores o reactores para ajustar la potencia reactiva y mejorar la estabilidad de la tensión en la red trifásica.

Principio de Funcionamiento:

- **Regulación de Tensión:** Ajusta la tensión en cada fase para mantener un equilibrio adecuado y asegurar que la tensión se mantenga dentro de los límites especificados.
- **Compensación Reactiva:** Utiliza capacitores para proporcionar potencia reactiva capacitiva que ayuda a elevar la tensión cuando es necesario o a ajustar la potencia reactiva para mejorar la eficiencia de la red.

Tipos de Reguladores Trifásicos:

- **Reguladores de Tap en Carga (OLTC) Trifásicos:** Ajustan la relación de transformación del transformador en las tres fases simultáneamente, mediante cambios automáticos en los taps.

- **Reguladores Electrónicos Trifásicos:** Utilizan tecnología electrónica para ajustar la tensión en cada fase con alta precisión y eficiencia.

Control y Automatización:

- **Sistema de Control Automático:** Monitorea la tensión de la red trifásica en tiempo real y ajusta el regulador para mantener la tensión dentro del rango especificado.
- **Contactor o Interruptores Automáticos:** Utilizados para conectar o desconectar capacitores y reactores según sea necesario para ajustar la potencia reactiva.

Ventajas:

- **Mejora de la Calidad de la Energía:** Mantienen la tensión equilibrada y estable en las tres fases, lo que mejora la calidad del suministro eléctrico y protege los equipos conectados.
- **Eficiencia Energética:** Optimiza la eficiencia de la red eléctrica al ajustar la potencia reactiva y mejorar el factor de potencia.
- **Distribución Balanceada:** Ayuda a asegurar que la carga se distribuya de manera equilibrada entre las tres fases, reduciendo el riesgo de sobrecarga en una fase específica.

Desventajas:

- **Costo:** Pueden ser más costosos debido a su complejidad y a la necesidad de componentes adicionales para manejar las tres fases.
- **Espacio y Mantenimiento:** Los sistemas trifásicos suelen requerir más espacio y mantenimiento en comparación con los sistemas monofásicos.

Aplicaciones:

- **Redes de Distribución:** En redes de distribución de media y alta tensión, donde es crucial mantener una tensión estable y equilibrada en las tres fases.
- **Subestaciones:** En subestaciones eléctricas para ajustar la tensión de salida y mejorar la calidad de la energía distribuida.
- **Aplicaciones Industriales:** En instalaciones industriales para asegurar un suministro de energía estable y equilibrado a maquinaria y equipos.
- **Sistemas de Energía Renovable:** En sistemas de generación de energía renovable que se conectan a redes trifásicas para ajustar la tensión y mejorar la integración con la red.

Funcionamiento en Detalle:

- **Medición de Tensión:** Sensores miden la tensión en cada una de las tres fases de la red trifásica y envían los datos al sistema de control.
- **Control Automático:** El sistema de control analiza las mediciones de tensión y decide si es necesario ajustar la tensión en una o varias fases.
- **Accionamiento del Regulador:** Basado en la decisión del sistema de control, el regulador trifásico ajusta la tensión en cada fase para mantener un equilibrio adecuado.
- **Compensación Reactiva (si es aplicable):** Si el banco incluye capacitores o reactores, estos son conectados o desconectados en función de las necesidades de la red para ajustar la potencia reactiva y estabilizar la tensión.

2.3. Sistemas de conexión

(itb, 2017) de este libro obtuve la siguiente información los sistemas de conexión en un banco regulador de voltaje

El regulador puede trabajar en circuitos monofásicos, bifásicos o en banco, en los circuitos trifásicos. En el caso de circuitos trifásicos, hay posibilidad de tres tipos de conexión:

- dos reguladores conectados en delta abierto
- tres reguladores conectados en delta;
- tres reguladores conectados en estrella puesta a tierra.

Aparte es importante que los tres reguladores no deben ser conectado directamente en estrella en circuitos trifásicos a tres hilos, porque puede haber desplazamientos del neutro. En un sistema trifásico, los tres reguladores pueden ser conectados en estrellas siempre que el neutro esté conectado al neutro del transformador (malla SSEE).

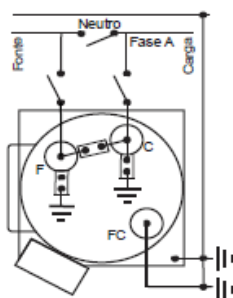
El tipo de conexión define el voltaje nominal del regulador y diagramas típicos de conexión son mostrados en las figuras:

2.3.1. Monofásico entre fase y neutro puesto a tierra

Características:

- Conexión conforme figura 8;
- Voltaje nominal del regulador es igual a el voltaje nominal entre fase neutro del alimentador;
- Para una carga puramente resistiva, la desfase entre la corriente y el voltaje medidas en el regulador será de 0° (cero grados);
- Regulación efectiva: $\pm 10\%$ entre fase y neutro;
- La corriente es medida solamente en la fase.

Figura 8 Monofásico entre fase y neutro puesto a tierra



Nota: Tomada del libro (itb, 2017)

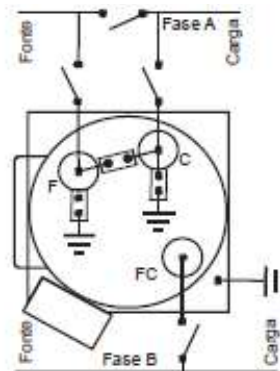
2.3.2. Bifásico

Características:

- Conexión conforme figura;

- Voltaje nominal del regulador es igual a el voltaje nominal entre las fases del alimentador;
- Para una carga puramente resistiva, la desfase entre la corriente y el voltaje medidas en el regulador será -30° o $+30^\circ$ dependiendo de la secuencia de fases;
- Regulación: $\pm 10\%$ del voltaje entre fases;
- La corriente es medida solamente en 1 de las 2 fases.

Figura 9 Bifásico



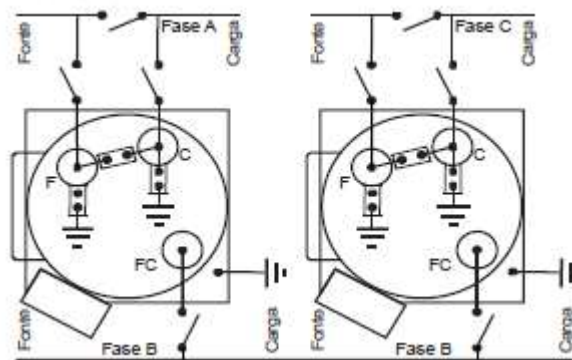
Nota: Tomada del libro (itb, 2017)

2.3.3. Delta Abierto

Características:

- Conexión conforme figura;
- Voltaje nominal del regulador es igual a el voltaje nominal entre fases del alimentador;
- Para una carga puramente resistiva. El desfase entre la corriente y el voltaje medidas en el regulador será -30° para un de los reguladores y $+30^\circ$ para el otro;
- Regulación: $\pm 10\%$ del voltaje entre fases para las tres fases;
- La corriente es medida solamente en 2 de las 3 fases.

Figura 10 Delta Abierto



Nota: Tomada del libro (itb, 2017)

2.3.4. Delta

Características:

Conexión conforme figura;

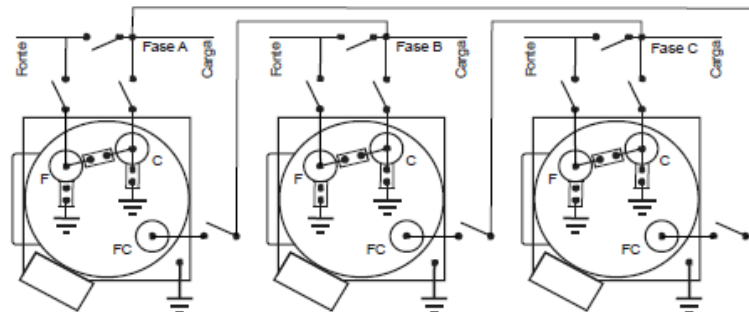
Voltaje nominal del regulador es igual a el voltaje nominal fase-fase del alimentador;

Para una carga puramente resistiva, la desfase entre la corriente y el voltaje medidas en el regulador será -30° para todos los reguladores;

- Regulación: $\pm 15\%$ del voltaje fase-fase para operación en flujo directo de potencia.

- La corriente es medida en las 3 fases pero puede tener errores de hasta 5,35% en funcione de la derivación hecha en el terminal de carga, "L" o "C" para la toma de referencia a el otro regulador del banco.

Figura 11 Delta



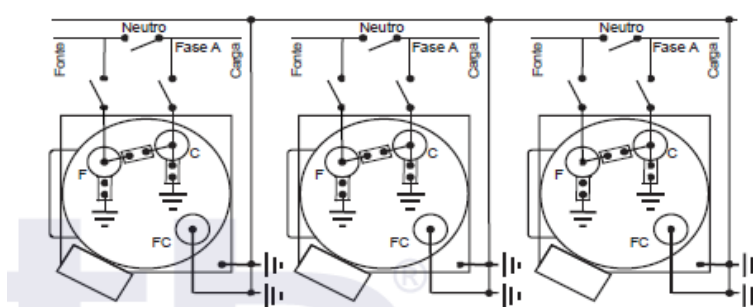
Nota: Tomada del libro (itb, 2017)

2.3.5. Estrella

Características:

- Conexión conforme figura 8;
- Voltaje nominal del regulador es iguala el voltaje nominal fase neutra del alimentado.
- Para una carga puramente resistiva, la desfase entre la corriente y el voltaje medidas en el regulador sera 0° (cero grados);
- Regulación efectiva: más; menos 10% de la tensión entre fase y neutro en sentido directo del flujo de potencia.

Figura 12 Estrella



Nota: Tomada del libro (itb, 2017)

2.3.6. La toma a tierra en bancos reguladores

La adecuada toma a tierra para un banco de reguladores de tensión monofásicos debe garantizar una resistencia conforme la norma ABNT NBR 14039 instalaciones eléctricas de media tensión desde 1,0 kV hasta 36,2 kV. (Itb, 2008)

2.4 Partes y accesorios que forman un banco regulador

- 1- Tanque sellado en chapa de acero carbono o acero inoxidable.
- 2- Radiadores en acero carbono o acero inoxidable.
- 3- Boquillas de color marrón o gris.
- 4- Control del regulador de tensión monofásico.
- 5- Indicador de Nivel y Color del aceite.
- 6- Cajas de terminales para acceder a los taps del regulador y a los terminales del motor cambiador bajo carga.

7- Placa de identificación

8- Parte activa con devanado de taps con conductores en chapa, a fin de garantizarle un excelente rendimiento a los efectos termodinámicos frente al cortocircuito.

9- Pararrayos By-Pass entre la boquilla de fuente a la boquilla de carga para proteger el devanado de taps de los efectos atmosféricos y tensión adversa del sistema eléctrico

10- Sistema de sellado de la tapa al tanque.

11- Indicador Analógico con puntero de posiciones actual, mínima y máxima.

12- Gancho de izado del Regulador.

13- Terminal de puesta a tierra.

14- Válvula de drenaje y muestreo de aceite.

15- Base para fijar el regulador a la plataforma, de acuerdo con las especificaciones del cliente.

Nota1: En el proceso de pintado del regulador se adecua a las condiciones ambientales por el cliente. Pueden proveerse tanque y radiadores galvanizados a fuego o acero inoxidable (opcionales).

Nota2: accesorios especiales según las especificaciones del cliente:

- Pararrayos Shunt
- Llave seleccionadora para armado desenergización del banco regulador

(Itb, 2008)

Figura 13 *Partes y Accesorios monofásico*



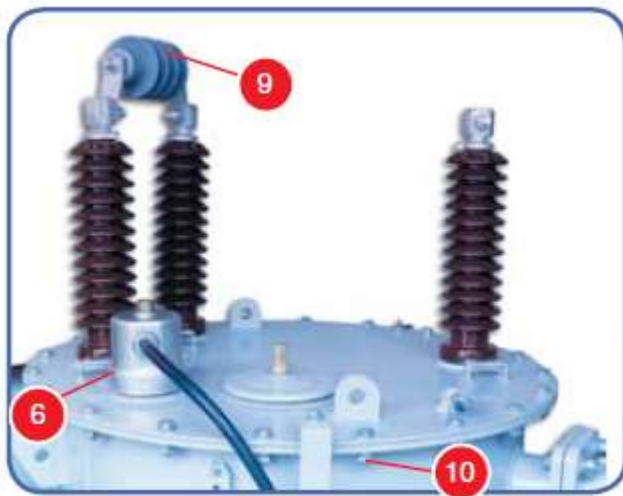
Nota: sacado de (ltb, 2008)

Figura 14 *Parte activa con devanado*



Nota: sacado de (ltb, 2008)

Figura 15 *Partes superior del monofasico*



Nota: sacado de (Itb, 2008)

2.5 Principales componentes

Cambiador bajo carga

Funciones y características:

- Permite la ejecución de la conexión de los diferentes taps (espiras) de bobinas del devanado a través de contactos eléctricos, sin necesidad de desenergización.
- Cambio de derivaciones independiente del motor. Después de haber comenzado el cambio de derivaciones, el mecanismo de accionamiento trabaja con energía propia (sistema de muelles), impidiendo que ocurra la derivación incompleta.
- Cambio de derivaciones independiente del motor. Después de haber comenzado el cambio de derivaciones, el mecanismo de accionamiento trabaja con energía propia (sistema de muelles) impidiendo que ocurra la derivación incompleta.
- Bloqueos mecánicos garantizan la derivación segura dentro de la banda de operación.
- Las lecturas de las posiciones de tap (derivación) actual, contador de operaciones y límites superior / inferior del control se realizan por lectura instantánea (lectura real, sin medición por cálculos) a través de disco potenciométrico (patente Toshiba T&D do Brasil Ltda.), otorgándole una gran confiabilidad y seguridad al sistema de control.

- Además, viene acompañado de un sistema para armado de indicación mecánica de posiciones (indicador de posiciones analógico).
- Posee interruptores (micro switch) que indica la posición neutral y la inversión de polaridad, otorgándole seguridad en las operaciones e indicaciones del relé.
- Atiende plenamente a los requisitos de las normas ABNT NBR-8667 y IEC 60214. (Itb, 2008)

Figura 16 Cambiador de bajo de carga



Nota: sacado de (Itb, 2008)

Indicador de posición analógico

Funciones:

- Indica la posición actual del cambiador bajo carga, independientemente de que el regulador esté energizado.
- Permite el borrado (limpieza) de la memoria de la posiciones máximas y mínimas alcanzadas. (Itb, 2008)

Características:

- Producto patentado por Toshiba T&D do Brasil Ltda.
- No necesita mantenimiento, sin embargo, es de fácil armado, desarmado y regulado.
- Soporta nivel de tensión aplicada de hasta 3 kV durante 1 minuto.
- El sistema de control de load-bonus está dentro del visor. Es de acceso fácil a los punteros (no se precisan herramientas).
- Es intercambiable con los actuales productos en el mercado.

Figura 17 Indicador de posición analógico



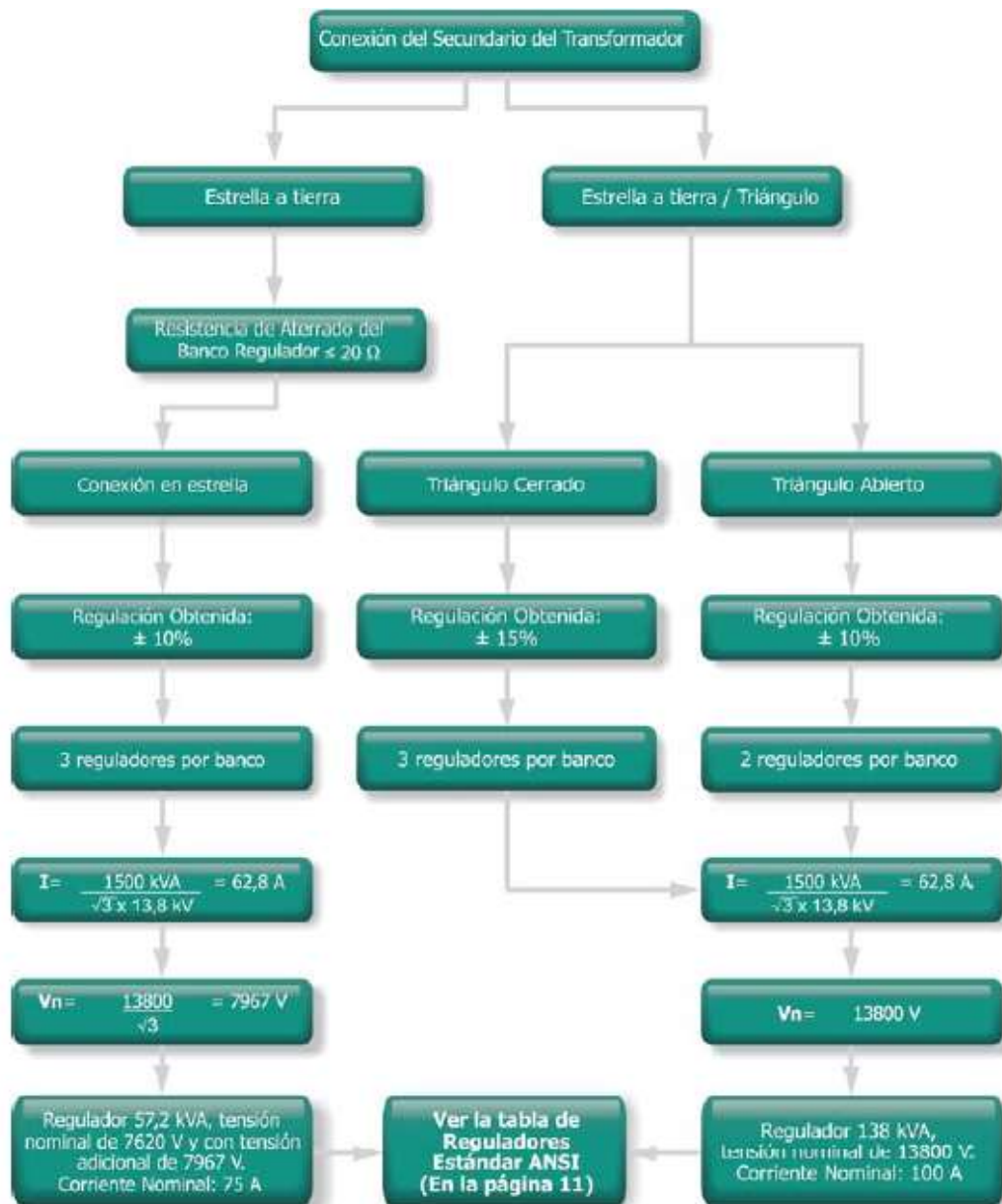
Nota: sacado de (Itb, 2008)

2.6 Cómo especificar un regulador

Los reguladores de tensión monofásicos de hasta 32 escalones de 0,625%, cuentan con 16 posiciones para elevar la tensión y 16 posiciones para bajarla, incluyendo indicación externa tipo puntero. Están equipados con un sistema de control de tensión basado en microprocesador. (Itb, 2008)

Ejemplo: Cómo especificar reguladores para alimentar una carga total de 1,5 MVA, alimentada por un transformador de 69 kV – 13,8 kV. (Itb, 2008)

Figura 18 Conexión de los reguladores



Nota: sacado de (ltb, 2008)

2.7 Características nominales y dimensiones finales aproximadas

Figura 19 Valores nominales y dimensiones

Tensión Nominal del Sistema (V)	Tensión Nominal del Regulador (V)	Conexión del Banco de Reguladores	Nivel Básico de Impulso (kV)	Potencia Nominal del Regulador (kVA)	Corriente de Línea (A)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Altura (mm)	Parte activa con tapa (mm)	Tanque con aceite (mm)	Peso total (kg)
13200	7620	Estrella con neutro aterrado Estrella con neutro a tierra	95/ 110 (*)	38,1	50	900	990	1550	360	400	760
				57,2	75	900	1120	1550	380	470	850
				76,2	100	990	1170	1550	360	490	850
				114,3	150	940	1270	1650	500	600	1100
				167	219	1100	1450	1750	600	830	1430
				250	328	1100	1300	2100	800	1000	1800
				333	438	1100	1750	1900	850	1225	2075
				416	546	1100	1550	2400	1480	2000	3480
				509	668	1100	1800	2500	1530	2050	3580
				667	875	1100	1930	2540	1590	2650	4240
13800	13800	Delta Triángulo	95/ 110 (*)	833	1093	1450	2060	2540	1890	3200	5090
				69	50	940	990	1900	500	580	1080
				138	100	990	1250	1650	530	580	1110
				207	150	1050	1350	1800	730	750	1480
				276	200	1100	1400	1800	850	940	1790
				414	300	1100	1600	1900	1110	1200	2300
24940	14400	Estrella con neutro aterrado Estrella con neutro a tierra	125/ 150 (*)	552	400	1100	1700	2450	1670	2500	4170
				72	50	940	1150	1850	500	500	1000
				144	100	1020	1270	1850	650	710	1360
				216	150	1100	1400	2100	800	900	1700
				288	200	1100	1450	2100	850	1030	1880
				333	231	1100	1850	2100	850	1300	2150
				432	300	1100	1600	2700	1600	2450	4050
				576	400	1100	1800	2700	1650	2840	4490
23000	23000	Delta	125/ 150 (*)	667	463	1100	1950	2700	1700	3000	4700
				833	578	1550	2260	2700	1900	3400	5300
				230	100	1000	1550	2100	700	870	1570
				460	200	1250	1650	2400	1150	1340	2490
34500	19920	Estrella con neutro aterrado Estrella con neutro a tierra	150/ 200 (*)	690	300	1150	1700	2700	1450	1650	3100
				100	50	990	1100	1900	700	700	1400
				200	100	1100	1450	1900	700	800	1500
				333	167	1100	1500	2100	1120	1200	2320
				400	201	1100	1850	2100	1010	1380	1390
				667	334	1100	1850	2800	2300	3000	5300
34500	34500	Delta	150/ 200 (*)	833	418	1100	1960	2800	2550	3500	6050
				345	100	1020	2000	2400	1020	1170	2190
				690	200	1200	1720	2750	1700	1780	3480

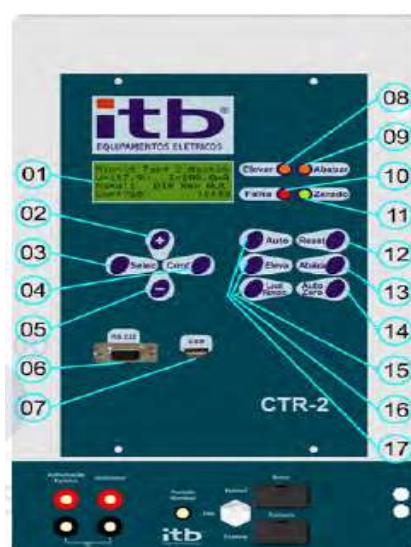
Nota: Para estos debemos realizar una consulta a Toshiba T&D do Brasil sobre los reguladores con características diferentes de las enunciadas arriba. Cuando solicitamos explícitamente, los reguladores pueden ser opcionalmente proyectados para BIL=110kV, 150kV o 200kV. Ellos aplican en reguladores con clase de aislamiento de 15kV, 25kV y 34,5kV respectivamente. sacado de (Itb, 2008)

2.8 Componentes de panel frontal

Con una disposición simplificada el control CTR-2 permite visualizar, el ajuste de configuración del control y lectura de mediciones instantáneas del sistema sin la necesidad de ningún otro accesorio. Al ser energizado, el control CTR-2 iluminara todos los leds y el back-light de la pantalla para prueba de sus correctos funcionamiento y montaje. Su panel frontal posee una pantalla

alfanumérico-monocromática de cristal líquido y un pequeño teclado, como se muestra en la figura 14 y en la tabla 5. Todos los controles son probados y calibrados individualmente en la fábrica y todos los ajustes podrán ser efectuados manualmente por intermedio del teclado en la parte frontal del CTR-2. A través de las teclas de navegación se puede mostrar cada información y función. Así se puede ajustar-las para cada ubicación. (itb, 2017)

Figura 20 Frontal del control



Nota: sacado de (Itb, 2008)

Tabla 1 Identificación de componentes del frontal.

Ítem	Descriptivo
01	Pantalla de cristal líquido monocromático 4 líneas de 20 caracteres
02	Tecla "+" permite navegar por las pantallas de medición, de ajustes y de valores conforme seleccionado.
03	Tecla "Selec" permite seleccionar pantallas de medición, ajustes, atajo y desplaza para la izquierda el cursor de ajuste cuando en modo de configuración.
04	Tecla "Conf", en la pantalla principal, conmuta valores de voltaje y corriente entre valores de BT y de AT; Tecla "Conf" entra en modo de configuración cuando en pantallas de ajuste; Tecla "Conf" confirma el valor seleccionado de cada dígito de ajustado.
05	Tecla "-" permite navegar por las pantallas de medición, de ajustes y de valores conforme seleccionados.
06	Toma DB-9 puerta serial de comunicación EIA-232
07	Toma USB tipo A para comunicación
08	Led señalizado de necesidad de corrección de voltaje en el sentido de subir
09	Led señalizado de la necesidad de corrección de voltaje en el sentido de bajar
10	Led señalizado de Falla
11	Led señalizado de confirmación de la posición nominal
12	Tecla "Reset" (Restablecimiento) actualiza o reinicia los valores que permiten esa operación
13	Tecla "Abaixa" (Baja) opera el conmutador en el sentido de abajar cuando el modo "Manual" está activo
14	Tecla "Auto Zero" (Auto Cero) lleva el regulador a la posición cero.
15	Tecla "Local Remoto" limita el comando de operación del conmutador sólo local para evitar riesgos en maniobras.
16	Tecla "Elevar" (Sube) opera el conmutador en el sentido de subir cuando el modo "Manual" está activo.
17	Tecla "Auto" selecciona el modo de operación del control en automático o manual.

Nota: sacado de (Itb, 2008)

2.9 La mejor solución para la regulación de la tensión de los sistemas de distribución de energía.

En un sistema eléctrico, el suministro de energía está sujeto a la inestabilidad de la tensión, debido a las variaciones que se producen en la carga, transmisión y generación de energía. Actualmente, la mejora de la calidad del suministro de energía viene siendo una de las principales metas de todas las empresas proveedoras de este servicio, no solamente en términos de continuidad, sino también de estabilidad de tensión en el suministro. La falta de calidad en el suministro puede, también, acarrear penalidades. Algunas medidas se adoptan a fin de que se corrija o mejore el nivel de tensión de la línea de distribución. Sin embargo, de manera general, son inviables económicamente o exigen reedificar toda su estructura. (Itb, 2008)

Entre ellas, tenemos:

- Cambio de derivación en los transformadores de la subestación y en los transformadores de distribución.
- Construcción de una nueva subestación
- Cambio de la sección de los conductores
- Instalación de un banco de capacitores para corregir el factor de potencia

La experiencia viene probando que la mejor solución para corregir y mejorar los niveles de tensión en las líneas de distribución es la utilización de Reguladores de Tensión Monofásicos. (Itb, 2008)

CAPITULO 3: Desarrollo de la Metodología de la Investigación

3. Marco Metodológico

En este capítulo se desarrolla la implementación de un análisis técnico y económico de ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión, caso de estudio en la red distribución 13.8kV de CNEL EP en Santa Elena, donde está ubicado en la parroquia de OLON.

3.1. Definición de los requerimientos.

Con el objetivo de un análisis técnico y económico sobre un banco de reguladores de media tensión, empezamos con un análisis técnico donde se colocar los bancos reguladores y por consecuente el gasto económico que este equipo costaría en su instalación.

Identificación de Necesidades:

Mejora de calidad: Ayudar a que el usuario reciba adecuadamente el suministro de energía estable y que los niveles de tensión sea el adecuado.

Optimización: Reducir las pérdidas técnica con la ubicación estratégica de un Banco Regulador.

Documentación Requerida:

Análisis Actual: en este caso debemos evaluar la red, incluyendo la carga actual, también saber la topología geográfica y que los equipos determinar las características técnica se cumplan.

Especificaciones técnicas: Para estos se debe determinar especificaciones técnicas como capacidad, tipo y el tipo de conexión que se realizara ya que necesario para la instalación del Banco Regulador.

Criterios de Ubicación: Para obtener este criterio nos guiaremos con una selección de ubicaciones dado que el factor de accesibilidad, seguridad y de impacto en la red sea positiva y con una integración de factibilidad en la infraestructura existente.

3.2. Adquisición de información

Para esta adquisición de la información se debe emplear lo que son los estudios previos a la colocación de los bancos reguladores de tensión en OLON en la cual beneficia a la comuna de Olón y a unos 25km del recorrido de alimentador que llega hasta los bancos reguladores.

Fuentes de información:

Datos Primarios: Las mediciones que son directa en la red, con cierto de nivel de tensión, con cargas en puntos específicos en la red, y de llevando un registro de desconexiones debidos a los apagones que existen previamente en el país, con estas mediciones se puede realizar usando equipos de monitoreo que sean instalados en puntos clave en la red de distribución.

Datos secundarios: Esto lleva a la involucrar la documentación técnica existente, los estudios previos en la red de distribución con esto podemos obtener especificaciones técnicas de los equipos y normativas aplicables y que sea vigentes para la instalación de bancos reguladores de media tensión.

Metodología para la Recopilación de Información:

Un análisis detallado del documental para comprenderlo completamente: Revisión detallada de informes técnicos y estudios previos para obtener una comprensión completa de la configuración actual de la red y las áreas que requieren una intervención inmediata.

Entrevistas y encuestas detalladas para obtener opiniones útiles: Recopilar las perspectivas y las experiencias de ingenieros y operadores de la red, quienes proporcionarán información crucial sobre las expectativas de mejora y los desafíos operativos cotidianos.

Completa implementación de monitoreo en el terreno: Para registrar datos precisos sobre el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de demanda, coloque dispositivos de medición en puntos estratégicos de la red.

Procesamiento de la Información:

Análisis de datos: los datos recopilados se analizan para encontrar patrones y tendencias que indiquen las ubicaciones más problemáticas y donde la intervención podría tener un mayor impacto positivo con los datos analizados y obtenidos.

Simulaciones Complejas: Se utiliza software especializado para simular el comportamiento cambiante y dinámico de una red con varios reguladores instalados. Esto permite predecir de manera precisa los efectos potenciales de cada opción antes de su implementación, lo que ayuda a tomar decisiones informadas para que el software sea determinante en estas simulaciones.

3.3. Evaluar las características geográficas y topológicas que pueden influir en la ubicación estratégica de los bancos de reguladores.

En este punto debemos tener en consideración para buscar una ubicación donde se instalará los bancos reguladores en la red de media tensión para eso se planifica que es la parte crucial dado que estos pueden impactar en la confiabilidad tanto en la eficiencia y en la red eléctrica. Para estos debemos analizar y tomar la mejor decisión detalladamente los puntos geográficos y topográficos en las posibles ubicaciones. En este proyecto exploraremos los factores determinantes para la consideración de los aspectos técnicos donde se resaltarán la importancia de donde debemos ubicar y el lugar adecuado.

Análisis del entorno físico

En este caso debemos analizar la geografía, que conlleva esto que debemos saber el relieve y altitud ya que estos influyen en la instalación de los bancos reguladores. Por consiguiente en áreas montañosas o de un relieve accidentado existe un aprovechamiento con cierto grado de ventaja ya que es natural, ya sea la protección contra los fenómenos de la naturaleza adversos. Dado que esto puede presentar un desafío ya que la accesibilidad y costos de construcción también a considerar si está cerca de manglares, playas o ríos, ya que esto puede ser beneficioso para sistemas de refrigeración, esto aumenta el riesgo de inundaciones lo que saldría a restricciones de diseño y la ubicación del equipo. Un aspecto importante para

tener en cuenta es que si donde se ubicara los bancos reguladores no sea una zona sísmica dado que esto puede llevar a un costo adicional para la reforzar las reestructurar y soporte de los bancos reguladores, y costos adicionales de mantenimiento. Debemos tener también en consideración el clima local ya que esto influye en la elección de los materiales que se deben usar ya que se debe tener un sistema de protección, esto en caso de que el lugar tenga una alta frecuencia de tormentas eléctricas ya que esto puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.

Análisis de la geografía humana

Para estos debemos entender que, desde nuestro punto de vista, la accesibilidad es el factor clave ya que los bancos reguladores deben estar situados en un acceso rápido y fácil ya que este ayuda que los trabajos de instalación sean los más preciso posible. Dado que estos podrán ayudar a los centros urbanos e industrias que existan en la zona donde será instalado los bancos reguladores ya que esto ayudan a que la red no se vea afectada y se produzcan caída de tensión. Por otro lado, debemos hacer el estudio si existen infraestructuras previas ya sea en términos de telecomunicaciones que parte esencial, ya que estos nos ayudaría en términos de monitoreo remoto dándonos una operación eficiente y segura.

Evaluación topográfica

Tenemos que entender que, desde una perspectiva topográfica hay que considera la estabilidad del suelo y las pendientes que son factores decisivos. Dado que las pendientes pronunciadas se deben dar requerimientos de obras de ingeniería adicionales para poder garantizar la estabilidad de la instalación, y que los suelos inestables o propenso a erosión hace que se comprometa la integridad de las estructuras. También hay que considerar los suelo que son protegidos por las leyes del estado y las áreas agrícolas para hacer una limitación en ubicaciones y también el requerimiento de permisos especiales.

3.3.1. Factores Considerados para la Ubicación de los Bancos Reguladores

- **Concentración de la Población y Actividad Económica:** Esto bancos reguladores se suelen instalar en donde la demanda energética sea alta y que las fluctuaciones de voltaje varíen, esto pueden tener un impacto significativo en las opresiones comerciales y la calidad de vida de los usuarios. En las zonas urbanas como La Libertad, Salinas y la cabecera cantonal de Santa Elena son puntos críticos para la instalación de estos reguladores. Por lo tanto, ya que estas áreas son donde se albergan gran parte de la población y dando que también son paraderos turísticos, comerciales y de servicio, los reguladores ayudan a que el suministro en la red eléctrica este estable.
- **Puntos Críticos en la Red:** Una buena ubicación estratégica de estos bancos reguladores se determina de cómo está configurada la red distribución eléctrica. En la provincia de Santa Elena la red de 13.8kV es la que alimenta zonas rurales y localidades lejanas es donde se experimenta caídas de tensión dado que estas están a alejada de las subestaciones y sus puntos de consumo. Dado a la ayuda de estos bancos reguladores se instalan haciendo el estudio en puntos críticos en la red para minimizar las pérdidas y mantener una calidad del servicio estable ya sea comunas o áreas costeras alejadas.
- **Impacto Turístico:** En Santa Elena desde nuestra perspectiva es un destino turístico importantes, esto hace que la demanda aumente en las temporadas altas y eso hace que se generen ciertos inconvenientes en la red de distribución y donde se ve afectado suele ser Salinas, Montañita y Olón. La demanda eléctrica se requieren planes de contingencia para la planificación de la ubicación de los bancos reguladores evitando sobrecargas y caídas de tensión durante horas pico. Para estas zonas turísticas podríamos ubicarlas en calles principales previamente hecho el estudio de la carga ya que debemos tener en cuenta que en por la zona existe, hoteles, complejos

turísticos, centro de entretenimiento, hospitales, centro de emergencia, plantas potabilizadoras de agua. Con esto evitamos que las caídas de tensión y sobrevoltajes dañen los equipos que estén conectados al suministro eléctrico.

Capítulo 4: Análisis técnico y económico de un banco regulador de media tensión

Para poder hacer un análisis debemos hacer estudios previos para la colocación del banco de regulador en la línea de media tensión 13.8kV que no existan imprevistos a la hora de hacer el montaje. Una de su principal función es la compensación a las fluctuaciones de tensión que ocurren debido a variaciones de carga o factores externos.

Un banco regulador de media tensión es fundamental en los sistemas de distribución eléctrica para garantizar la estabilidad del voltaje. Los bancos están compuestos por reguladores automáticos que ajustan automáticamente el voltaje a los niveles deseados, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro de los equipos conectados.

Los bancos reguladores son técnicamente viables, mantienen la calidad de la energía y no causan daños a equipos sensibles. Los bancos deben estar en la red donde los voltajes son más fuertes y deben estar ubicados estratégicamente. Los bancos reguladores también son imprescindibles, porque deben construirse a medida para adaptarse a las características únicas de la red, como la capacidad de carga, el perfil de demanda y las distancias de las subestaciones.

La instalación y mantenimiento de un banco regulador supone un gasto importante, siendo la inversión inicial un gasto económico importante. Pero los beneficios económicos a largo plazo superan los costos iniciales. La red tiene menos pérdidas técnicas debido a la participación de los bancos reguladores, lo que resulta en una disminución de la generación adicional de energía y, en consecuencia, de los costos operativos. Además, una mejor calidad de la energía se traduce en una disminución de las interrupciones del servicio y de los gastos relacionados con quejas de los clientes y reparaciones de equipos.

En la siguiente imagen se ve como se analiza los puntos para la ubicación más óptima:

Figura 21 *Análisis técnico y económico de un banco regulador de media tensión*



4.1 El Benéfico Técnico

Se debe tener en cuenta que este beneficio técnico de estos bancos reguladores de media tensión es para mejorar la estabilidad y calidad del suministro eléctrico. La regulación del voltaje hace que estos bancos minimicen las variaciones que pueden ocasionar fallos en los equipos eléctricos, especialmente donde las ares cruciales demandante de energía es demasiado alta y donde la red presenta caídas de voltaje son comunes.

Estos bancos dan otros tipos de beneficio dando la reducción de perdidas en la red, y que las fluctuaciones de voltaje incrementen las pérdidas de energía en forma de calor en los conductores dado que estos equipos mantienen el voltaje controlado en un rango optimo, dando como resultados minimización de pérdidas y mejorando a la eficiencia energética. Además, extendiendo la vida útil de los equipos conectados a la red eléctrica, ayudando a que se reduzca el estrés de los trasformadores, motores, otros dispositivos eléctricos y disminuyendo las frecuencias de los fallos y necesidades de mantenimiento o reparaciones.

4.2 Análisis Económico de un Banco Regulador de media tensión

En este análisis veremos a considerar los costos iniciales y operativos con los beneficios tangibles e intangibles a largo plazo. La inversión inicial puede ser significativa, pero en ayuda a que el servicio eléctrico tenga una

mejora en su calidad, y la reducción de pérdidas y la extensión de la vida útil de los equipos que se justifique la inversión.

Unos de los beneficios económico incluyendo la reducción de las perdidas técnicas y las mejoras operativas. La inversión de un banco regulador puede resultar en ahorros en costo de energía ya que optimiza el uso de electricidad y se minimizan las perdidas por ineficiencia de distribución. Con estos mejoramos la calidad del servicio eléctrico se reducen costos asociados con interrupciones en el suministro. Es importante saber desde el punto vista financiero que al implementar estos bancos reguladores ya que estos podemos evaluar los costos iniciales a un beneficio a largo plazo, ya que después de un tiempo veremos los resultados desde el punto de vista económico.

4.3. Costos

Los costos de adquisición son bastante elevados dado que la compra de estos equipos, ya que hay que tener en cuenta que varía su capacidad, tecnología y características adicionales dado como automatización. Dado que la obtención de los equipos, transporte e instalación física adicionando la integración de la infraestructura eléctrica existente o nueva si es que lo requiere el caso.

Los beneficios en costo de instalación

- **Reducción de perdidas técnicas:** Con este tipo de instalación de bancos reguladores nos permite mantener los voltajes y la optimización del flujo eléctrico en la red, lo que significa reducción de perdidas técnicas. el gasto de menos energía que se pierde en forma de calor en los conductores, los que nos resulta en una eficiencia de energía generada y por lo tanto también la reducción en costos operativos a largo a plazo.
- **Prevención a la sobrecarga:** Con la regulación del voltaje de la red los bancos reguladores previenen sobrecargas y que las posibilidades que ocurran fallos en los equipos eléctricos. Se reduce la necesidad de inversiones adicionales en las infraestructuras a lo que ocurra en una emergencia en

respiraciones costosas, los que no ayuda a ahorro significativos en costos del capital.

- **La optimización de la capacidad de la red:** La estabilización del voltaje que nos permiten que la red se maneje de manera más efectiva en las cargas energéticas, lo que ayudaría a que se retrase y sin la necesidad de una ampliación de infraestructura de transmisión.
- **Retorno de Inversión:** Con el análisis de costos incluimos con una evaluación de retorno de inversión para la determinación de viabilidad económica en tema de instalación y mantenimiento. El retorno de inversión lo calculamos considerando los ahorros anuales en costos operativos y comparándolos en la inversión inicial y los costos de mantenimiento.
- **Ahorro Continuo en costos operativos:** A medida que estos equipos ayudan a reducir pérdidas técnicas y mejoras eficiencia técnica operativa, los ahorros acumulados con el tiempo llegara a superior con crecer al monto inicial, costos de mantenimiento y generando el retorno de inversión positivo.
- **Mejora para la santificación del usuario:** Con el suministro eléctrico más estable reduce en costos directos, también resulta en un aumento de satisfacción del cliente, ya que lleva indirectamente podría conducir a mayores ingresos con la empresa eléctrica y lo que lleva a una menor tasa de quejas.

Dependiendo de variaciones de costos de valores de mercados al momento de la instalación se verán reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 2 Materiales

items		U/M	USO	CANT	P/U	SUBTOTAL
010201056000000	ALAMBRE DE AL, DESNUDO SOLIDO, PARA ATADURA, 6 AWG	C/U	N	6.00	0.73	4,38
012601074000000	GRAPA DE ALEACION DE AL, TERMINAL APERNADO, TIPO P	C/U	N	3.00	11.63	34,89
013802071000000	TERMINAL BIMETALICO, DE COMPRESION, PLANO, BARRIL	C/U	N	12.00	7.62	91,44
013802074000000	TERMINAL BIMETALICO, DE COMPRESION, PLANO, BARRIL	C/U	N	12.00	11.69	140,28
020107561000000	AISLADOR ESPIGA (PIN), PORCELANA, CON RADIO INTERFE	C/U	N	9.00	5.66	50,94
020511028000000	AI SLADOR DE SUSPENSION, POLIMERICO, 25 KV, ANSI DS	C/U	N	3.00	12.30	36,90
041015194000000	CABLE DE CU, CABLEADO, 15 KV, XLPE, 4/0 AWG, 19 HI	C/U	N	45.00	2.50	112,50
050113190000000	ABRAZADERA DE 3 PER NOS, PLETINA ACERO GALVANIZADO	C/U	N	6.00	8.99	53,94
050113260001000	ABRAZADERA DE 3 PER NOS, PLETINA ACERO GALVANIZADO	C/U	N	3.00	6.84	20,52
050114190000000	ABRAZADERA DE 3 PER NOS, PLETINA ACERO GALVANIZADO	C/U	N	5.00	10.67	53,35
051075120000000	CRUCETA DE ACERO GALVANIZADO, UNIVERSAL, PERFIL "L	C/U	N	8.00	26.22	209,76
051075240000000	CRUCETA DE ACERO GALVANIZADO, UNIVERSAL, PERFIL "L	C/U	N	5.00	47.98	239,90
051092600000000	CRUCETA DE ACERO GALVANIZADO, UNIVERSAL, PERFIL "L	C/U	N	2.00	306.76	613,52
052512038000000	PERNO MAQUINA DE ACERO GALVANIZADO, TUERCA, ARANDE	C/U	N	4.00	0.84	3,36
052816306000000	PERNO OJO DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCAS, ARANDEL	C/U	N	2.00	3.28	6,56
053210152000000	PERNO ROSCA CORRIDA DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCA	C/U	N	36.00	3.65	131,40
053210152000000	PERNO ROSCA CORRIDA DE ACERO GALVANIZADO, 4 TUERCA	C/U	N	3.00	3.21	9,63
053516055000000	PERNO "U" DE ACERO GALVANIZADO, 2 TUERCAS, ARANDEL	C/U	N	3.00	5.65	16,95
054138070000000	PIE AMIGO DE ACERO GALVANIZADO, PLETINA 38 X 6 MM	C/U	N	4.00	1.49	5,96
070120120000000	POSTE DE HORMIGON ARMADO, CIRCULAR, CRH 2 000 KG,	C/U	N	4.00	812.35	3249,00
081816320000000	SECCIONADOR BARRA, UNIPOLAR, ABIERTO, 15 KV, BIL 1	C/U	N	6.00	310.00	1860,00
084002020000000	REGULADOR MONOFÁSICO DE 200 - 230 A	C/U	N	3.00	19,533.00	58599,00
100115100000000	TERMINAL CONTRACTIL EN FRIO, USO EXTERIOR, 25 KV,	C/U	N	12.00	115.08	1380,96
					total material	\$66.925,14

Tabla 3 Mano de obra

1040 - INST. ESTRUCTURA TIPO 3CP 13.8KV	C/U	N	4.00	31.39	125,56
1048 - INST. ESTRUCTURA TIPO 3SP 13.8KV	C/U	N	3.00	30.96	92,88
1050 - INST. ESTRUCTURA TIPO 3SR 13.8KV	C/U	N	1.00	39.45	39,45
1051 - INST. ESTRUCTURA TIPO 3HR 13.8KV	C/U	N	1.00	48.03	48,03
1080 - RET. ESTRUCTURA TIPO 3SP 13.8KV	C/U	R	0.00	23.22	23,22
1149 - INST. DE TRANSF. MONOF. SEC. BAJANT Y P. TIERRA (DE 37,5 HA	C/U	N	3.00	119.82	359,45
1156 - INSTALACION DE SECCIONAMIENTO 1F	C/U	N	6.00	20.07	120,42
1258 - EXCAVACION PARA POSTES O ANCLAS TERRENO DURO	C/U	N	4.00	28.07	113,08
1262 - IZADO DE POSTES H.A. DE 9 A 12 M, CON GRUA	C/U	N	4.00	31.12	124,48
1273 - RETIRO DE POSTES H.A. DE 9 A 12 M, CON GRUA	C/U	R	0.00	18.67	18,67
1355 - INST. TERMINAL CONTRACTIL EN FRIO 25 KV XLPE	C/U	N	12.00	100.00	1200
				tota de mano de obra	2265,24

Tabla 4 Transporte

1269	carga, transporte y descarga de postes H.A 9 A 12 M	C/U	N	4	24,88	99,52
1270	carga, transporte y descarga material	C/U	N	21	300	6300
1271	carga. Transporte de los reguladores monofasicos 200-230 A	C/U	N	3	350	1050
				TOTAL		7449,52

4.4. Beneficios económicos

Estos beneficios dan a que los voltajes se mantengan constantes y que los bancos reguladores ayuden a reducir las interrupciones de los servicios eléctricos mejorando la calidad energética que se suministra. Con la regulación adecuada de los voltajes se reducen perdidas técnicas en la red de distribución y esto ayuda a la disminución del costo operativo de la misma. Dado a que los equipos eléctricos y electrónicos estén conectados a la misma red eléctrica esto provoca una disminución en el estrés cuando el voltaje está regulado y extendiendo la vida útil reduciendo costos de remplazo y

mantenimientos. Con la estabilización del voltaje, esto ayuda a que se retrase o evitando la necesidad de una ampliación costosa en las infraestructuras eléctricas, y esto nos representa un ahorro a largo plazo y significativo.

En este punto se detallará una estimación de costo en un valor aproximado:

Costos de Instalación

- Costo de equipo (aquí pude variar dependiendo en el valor del mercado de estos equipos) \$20,000 a \$25,000 por unidad
- Costo de instalación (incluyendo mano de obra, temas de transporte y materiales): \$20,000
- Costo total de instalación: \$100,000 a \$150,000

Costo de Mantenimiento Anual

- Mantenimiento preventivo y correctivo: 5,000 a 10,000 por año.

Reducción de perdidas técnicas

Supongamos antes de la instalación del Banco Regulador, la red presentaba una pérdida técnica de 10% y con el banco regulador esta se reduce a 5%.

- **Consumo total Anual de energía (antes de la reducción):** 20 GWh.
- **Perdidas técnicas antes de la instalación:** 10% de 20 GWh
2,000,000 kWh
- **Perdidas técnicas después de la instalación:** 5% de 20 GWh
1,000,000 kWh
- **Reducción de perdidas:** 2,000,000 kWh – 1,000,000kWh =
1,000,000 kWh

Si el costo promedio del suministro eléctrico es de \$0.10 por kWh

- **Ahorro Anual en pérdida técnica:** 1.000,000kWh * 0.10 kWh=
\$100,000.

- **Costo Promedio por interrupción de servicio/repación mayor:** 20,000 por el incidente.
- **Numero estimando de fallos prevenidos por año:** 1 a 3
- **Ahorro anual estimando:** \$20,000

Tasa de Interna de retorno

- **Total, de ahorros anuales:** \$100,000(reducción de perdidas técnicas) +\$20,000(reducción de fallos) = \$120,000.

Al considerar que el costo total de la instalación es de \$150,000 y los mantenimientos anuales son de \$20,000 la tasa de inversión se calcula como:

- **Tasa de inversión del primer año:** (ahorros anuales – costo de mantenimiento) / inversión inicial.
- **Tasa de inversión:** $\$120,000 - \$20,000 / \$150,000 = 0.67$ lo que estos significan que tenemos un retorno del 67% sobre la inversión del primer año.
- **Con el tiempo de recuperación de la inversión:**
Con unos ahorros anuales de \$100,000 el tiempo de recuperación seria en 1 a 2 años.

Tabla 5 *Estimación de costo*

Concepto	Rango/Valor	Comentarios
Costos de Instalación		
Costo de equipo por unidad	\$20,000 - \$25,000	Depende del mercado
Costo de instalación (mano de obra, transporte, materiales)	\$20,000	Fijo
Costo total de instalación	\$100,000 - \$145,000	Suma del costo de equipo e instalación
Costo de Mantenimiento Anual		
Mantenimiento preventivo y correctivo	\$5,000 - \$10,000	Anual
Reducción de Pérdidas Técnicas		
Pérdidas técnicas antes de la instalación	10% de 20 GWh = 2,000,000 kWh	Antes del Banco Regulador
Pérdidas técnicas después de la instalación	5% de 20 GWh = 1,000,000 kWh	Con el Banco Regulador
Reducción de pérdidas	1,000,000 kWh	Diferencia en pérdidas
Ahorro Anual en Pérdidas Técnicas	\$100,000	1,000,000 kWh * \$0.10/kWh
Reducción de Fallos		
Costo promedio por interrupción/repación	\$20,000	Por incidente
Número estimado de fallos prevenidos	1 a 3	Anual
Ahorro anual estimado por reducción de fallos	\$20,000	Con base en 1 incidente prevenido
Tasa Interna de Retorno		
Ahorros anuales totales	\$120,000	Reducción de pérdidas + reducción de fallos
Tasa de inversión del primer año	67%	$(\$120,000 - \$20,000) / \$150,000$
Tiempo de recuperación de la inversión	1 - 1.5 años	Ahorros anuales de \$100,000

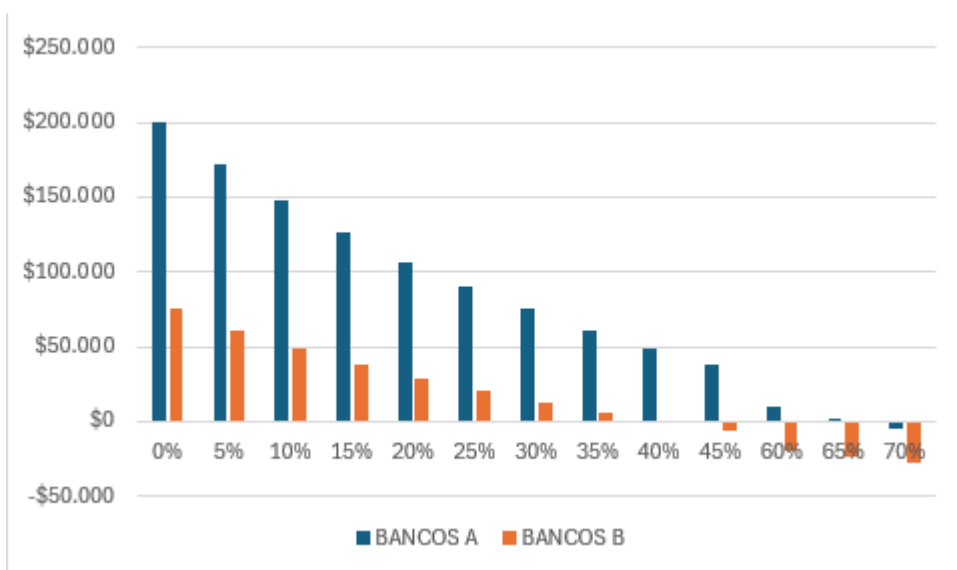
Tabla 6 Datos sobre la inversión

DATOS					
INVERSION			TASA DE DESCUENTO		10%
TIPO DE PROODUCTO	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	VAN	TIR
BANCOS REGULADORES A	-\$150.000	\$100.000	\$250.000	\$147.521	67%
BANCOS REGULADORES B	-\$100.000	\$50.000	\$125.000	\$48.760	40%

Tabla 7 Tasas de descuentos

TASA DE DESCUENTO	BANCOS A	BANCOS B
0%	\$200.000	\$75.000
5%	\$171.995	\$60.998
10%	\$147.521	\$48.760
15%	\$125.992	\$37.996
20%	\$106.944	\$28.472
25%	\$90.000	\$20.000
30%	\$74.852	\$12.426
35%	\$61.248	\$5.624
40%	\$48.980	-\$510
45%	\$37.872	-\$6.064
60%	\$10.156	-\$19.922
65%	\$2.433	-\$23.783
70%	-\$4.671	-\$27.336

Grafica 1 Datos de la inversión



CAPITULO 5

CONCLUSIONES

La investigación de este análisis se determina que la implementación de los nuevos reguladores de tensión media en la red de distribución de 13.8 kV de la empresa estatal de electricidad de Santa Elena tiene como objetivo resolver los problemas relacionados con la calidad del suministro eléctrico y la eficiencia en las operaciones. El análisis técnico detallado muestra que estos reguladores son esenciales para mantener niveles de tensión estables a lo largo de toda la red, lo que protege mejor el equipamiento conectado y mejora significativamente la calidad del servicio para los clientes finales. Estos bancos reguladores reducirán las pérdidas de energía durante la transmisión y distribución de energía al optimizar la tensión de servicio.

Se puede demostrar que la instalación adecuada de estos reguladores no solo aumenta la estabilidad del sistema, sino que también desempeña un papel importante en disminuir las pérdidas técnicas. La implementación estratégica de los bancos reguladores permite una distribución más equilibrada y eficiente de la energía, lo que nos ayuda a que el ahorro anual en pérdidas no sea demasiado grande con la tasa de inversión. Esto reduce estas pérdidas, que se traducen en costos adicionales para la operadora y en ineficiencias en el suministro.

Se puede decir que la inversión de estos equipos es completamente razonable desde un punto económico. A pesar de que la instalación inicial tiene un costo elevado, los beneficios a largo plazo son mucho mayores en términos de reducción de costos operativos nos beneficia, menor frecuencia de fallas y prolongación de la vida útil de los equipos. Además, una mejora en la calidad del suministro esto nos ayuda a que los usuarios, lo que aumenta la confianza en la Subestación en la cual implemento los equipos. como punto final, con este estudio destacamos la necesidad de una planificación adecuada para asegurarse de maximizar los beneficios de los bancos reguladores. El éxito del proyecto depende de la determinación precisa de dónde los reguladores pueden tener el mayor impacto en la red de distribución dado que equipos que están conectados a la red, lo que hacen que se le una protección adicional a los sobrevoltajes.

RECOMENDACIONES

En la recomendación, debemos seguir un enfoque de planificación y ejecución basado en datos precisos y análisis continuo para maximizar los beneficios de la implementación de bancos reguladores en la red de distribución de CNEL EP. Lo primero que debemos hacer, y es necesario realizar un estudio exhaustivo de la carga en varios segmentos de la red para tener en cuenta las variaciones en la demanda de energía tanto a nivel geográfico como temporal. Este análisis identificará los puntos cruciales donde la instalación de reguladores tendrá un mayor impacto en la estabilización de la tensión y la reducción de pérdidas.

Por lo que la red eléctrica puede ser monitoreada en tiempo real mediante la integración de dispositivos tecnológicos avanzados de monitoreo y control. La optimización de estas tecnologías, como estos sensores inteligentes y sistemas de gestión de energía, es fundamental para el funcionamiento de los bancos reguladores porque permite ajustes dinámicos en respuesta a cambios en las condiciones de la red, como un sobrevoltaje en la red o casos fortuitos relacionados con la seguridad industrial en caso de una falla inmediata.

También se recomienda que CNEL EP establezca un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para los bancos reguladores, con el fin de garantizar su operatividad a largo plazo. Este programa debe incluir inspecciones regulares, pruebas de rendimiento y actualizaciones tecnológicas según sea necesario para mantener la eficiencia y la confiabilidad del sistema.

Finalmente, se recomienda llevar a cabo evaluaciones periódicas del impacto económico y técnico de los bancos reguladores para garantizar que se estén cumpliendo los objetivos de mejora en la calidad del servicio y reducción de costos. Estas evaluaciones deben integrarse en un proceso de retroalimentación continua, permitiendo a CNEL EP ajustar su estrategia en función de los resultados obtenidos. De este modo, se asegura que los reguladores mantengan su desempeño óptimo a lo largo del tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- Alta Tecnología*. (s.f.). Recuperado el 07 de 07 de 2024, de <https://altatecnologia.com.mx/regulador-de-voltaje-media-tension-aspectos-tecnicos-para-entender-su-utilidad/>
- Arrillaga, J., & Watson, N. R. (2003). *Power System Harmonics*. Wiley.
- Baggini, A. (2008). *Handbook of Power Quality*. John Wiley & Sons.
- Beaty, H. W., & Fink, D. G. (2012). *Standard Handbook for Electrical Engineers*. McGraw-Hill.
- Blackburn, J. L., & Domin, T. J. (2014). *Protective Relaying: Principles and Applications*. CRC Press.
- Bollen, M. H. (2000). *Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions*. IEEE Press.
- Bollen, M. H., & Gu, I. Y. (2006). *Signal Processing of Power Quality Disturbances*. Wiley-IEEE Press.
- CIGRÉ Working Group 36.04. (2004). *Voltage Control in the Future Distribution Network*. Paris: CIGRÉ.
- Corpnewline. (s.f.). *New Line*. Recuperado el 20 de 06 de 2024, de <https://www.corpnewline.com/que-es-un-regulador-de-voltaje#:~:text=Un%20regulador%20de%20voltaje%20es,tensi%C3%B3n%20y%20variaciones%20de%20voltaje>
- Das, J. C. (2017). *Power System Harmonics and Passive Filter Designs*. Wiley-IEEE Press.
- Dubey. (2009). *Fundamentals of Electrical Drives*. India: Alpha Science International Ltd.
- Eaton. (s.f.). *Eaton powering business worldwide*. Recuperado el 31 de 06 de 2024, de <https://www.eaton.com/ar/es-mx/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/voltage-regulators/voltage-regulators--fundamentals-of-voltage-regulators.html#:~:text=El%20suministro%20de%20voltaje%20no,prematuras%20de%20los%20componentes%20elec>
- Electrical Relay*. (2018). Obtenido de <http://electrical-relay.es/2018/3-2-three-phase-voltage-regulator.html>
- El-Hawary, M. E. (2008). *Principles of Electric Machines with Power Electronic Applications*. Wiley-IEEE Press.
- Garcia, M., & Stankovic, A. M. (2010). *Distribution Feeder Voltage Regulation under Unbalanced Conditions using Power-Electronic-Based Devices*. IEEE.
- GE Grid Solutions. (s.f.). Recuperado el 14 de 07 de 2024, de <https://www.directindustry.es/prod/ge-grid-solutions/product-50469-584936.html>

- Glover, J. D., Sarma, M. S., & Overbye, T. J. (2012). *Power System Analysis and Design*. Cengage Learning.
- Hingorani, N. G., & Gyugyi, L. (2000). *Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems*. New York: IEEE Press.
- IEEE Power & Energy Society. (2005). *IEEE Guide for the Application of Shunt Power Capacitors*. IEEE.
- IEEE Power Engineering Society. (2017). *IEEE Standard for Automatic Line Sectionalizers Used in Power Distribution Systems*. IEEE Std: IEEE.
- Itb. (2008). *Reguladores de tension*. Contagem.
- itb. (2017). *manual regulador de voltaje monofasico* . Birigui.
- Kundur, P. (1994). *Power System Stability and Control*. McGraw-Hill.
- Magom Electrónica. (s.f.). Recuperado el 16 de 07 de 2024, de <https://magomelectronica.com/asc/producto/regulador-ev-1500-torre/>
- McDonald. (2012). *Electric power substations engineering*. CRC PRESS .
- Moreno-Munoz, A. (2007). *Power Quality: Mitigation Technologies in a Distributed Environment*. Springer-Verlag London.
- Poole. (2011). *Electrical power systems: A comprehensive guide*. New Academic Science.
- Saha, M. M., & Zangl, H. (2015). *Power Distribution Automation*. Springer International Publishing.
- Scribd. (2021). Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/553452324/Bancos-reguladores-de-tension>
- Tomrospa. (29 de Marzo de 2017). *WordPress*. Obtenido de <https://tomrospa.wordpress.com/2017/03/29/simulando-reguladores-dc-dc-conmutados/>
- ZIV Automation. (s.f.). Recuperado el 07 de 07 de 2024, de <https://www.zivautomation.com/es/productos/sistemas-de-automatizacion-de-subestacion/rtf-regulador-de-tension-automatico/>

ANEXOS

Figura 22 *Ubicación para las puestas a tierra*



Nota: Poste de hormigón armado de 11mts, de 500Kg, existente que sostiene unas estructuras 1-3VP en media tensión que mantiene el conductor de la red principal, en donde se realiza la instalación de 3 pararrayo, con su respectivo aterrizaje a tierra utilizando una barra de cobre tipo Copperweld.

Figura 23 *Punto de referencia para los bancos de reguladores de tensión*



Nota: Poste de hormigón armado 11mts, existente de 500Kg, que sostiene estructuras 2-3SP en media tensión de la red principal; será cambiado por 4 poste de 12 mts x 2000kg, los mismo que sostendrán los reguladores con 2 crucetas de 6mt y 8 crucetas de 1.20mts, a su vez también se instalara estructura 3-3SP y una 3SD, adicional se realizara la instalación de una malla

para aterrizaje de los elevadores de voltaje y 9 seccionadores tipo cuchilla de 600amp para protección de los equipos, se reubicara lámpara de 150w a las estructuras nuevas.

Figura 24 *Ubicación para las segundas puestas a tierra*



Nota: Poste de hormigón armado 11mts, existente de 500Kg, que sostiene estructuras 3SD en media tensión que sostiene el conductor a la red principal, en donde se realizara, el cambio de estructura por una 3VP y se cerraran puentes, adicional se realizara la instalación de 3 pararrayo, con su respectivo aterrizaje a tierra utilizando una barra de puesta a tierra tipo Copperweld.

Figura 25 *Trabajos en los Bancos Reguladores*



Nota: se realizan los trabajos para la colocacion de los bancos regulacion de media tension, tambien que se esta realizando el cambio de la linea de alta para que pase por el banco regulador.

Figura 26 *Trabajos a los Bancos Reguladores*



Nota: Con el Carro Canasta se realizan un mejor control de maniobras para las conexiones respectivas para ya ponerlos en operación.

Figura 27 *Instalación del Banco Regulador*



Nota: Se ve ya la instalación de los bancos reguladores para que entre en funcionamiento

Figura 28 *Instalación de los seccionadores laterales*





**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

Yo **Cobeña Orrala Washington Isaías, Clavijo Limones Diego Jefferson** con C.C: # 2400113748 y 2400079634 (**respectivamente**) autores del trabajo de titulación: **Análisis técnico y económico de ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión, caso de estudio en la red distribución 13.8 kv de CNEL EP en Santa Elena** previo a la obtención del título de **Ingeniería en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de 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, **06 de Septiembre del 2024**

LOS AUTOR(ES):

f.


Cobeña Orrala Washington Isaías

f.


Clavijo Limones Diego Jefferson



**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			
TEMA Y SUBTEMA:	Análisis técnico y económico de ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión, caso de estudio en la red distribución 13.8 kv de CNEL EP en Santa Elena		
AUTOR(ES)	Cobena Orrala Washington Isaías, Clavijo Limones Diego Jefferson		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Alexander Ronald Mero Vallas. MSc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Guayaquil, 06 septiembre 2024	No. DE PÁGINAS:	65
ÁREAS TEMÁTICAS:	Electricidad, Proyecto y Potencia		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Eficiencia operativa, Optimización de la red, Calidad del suministro eléctrico, Costos de instalación, Mantenimiento de equipos, Estabilidad del sistema.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): Análisis técnico y económico para la ubicación óptima de bancos de reguladores de media tensión en la red de distribución de 13.8 kV de CNEL EP en Santa Elena, Ecuador. Este estudio aborda la necesidad de mejorar la calidad del suministro eléctrico y reducir las pérdidas operativas mediante la correcta colocación de estos equipos. El análisis incluye una evaluación de la carga actual y proyectada de la red, así como un estudio de las características geográficas y topológicas que podrían influir en la ubicación de los reguladores. Además, se realiza un análisis técnico detallado para identificar las ubicaciones más adecuadas, minimizando las pérdidas de energía. El estudio también abarca un análisis económico, considerando los costos de instalación, operación y mantenimiento, comparados con los beneficios de largo plazo, como la reducción de interrupciones del servicio y la extensión de la vida útil de los equipos.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-394594	E-mail: washington.cobena@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo PhD.		
	Teléfono: +593-9-95147293		
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			