



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR “VICHE” DE LA SUBESTACIÓN
PROPICIA DE LA CNEL EP ESMERALDAS UTILIZANDO EL PROGRAMA
CYMDIST MEDIANTE ESTUDIOS DE FLUJOS DE CARGAS A NIVEL DE
13,8 kV”.**

Tesis de grado previo a la obtención del título de
Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor:

Moreno Quiñonez Jorge Luis

Director de Tesis:

Ing. Msc. Marcelo Barrera

Asesor Metodológico

Dr. Terán Galo

Latacunga – Ecuador

2016



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulantes:

- Moreno Quiñonez Jorge Luis

Con la tesis, cuyo título es:

“ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR “VICHE” DE LA SUBESTACIÓN PROPICIA DE LA CNEL EP ESMERALDAS UTILIZANDO EL PROGRAMA CYMDIST MEDIANTE ESTUDIOS DE FLUJOS DE CARGAS A NIVEL DE 13,8 KV”.

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo del 2016

Para constancia firman:

Ing Xavier Proaño
PRESIDENTE

Dr. Marcelo Bautista
MIEMBRO

Dr. Secundino Marrero
OPOSITOR

Ing. Marcelo Barrera
DIRECTOR DE TESIS



AUTORÍA

Yo, Moreno Quiñonez Jorge Luis declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

La responsabilidad de esta tesis de grado me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Marzo del 2016

.....
Moreno Quiñonez Jorge Luis

C.I. 080304060-9



AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de trabajo de investigación sobre el tema: **“ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR “VICHE” DE LA SUBESTACIÓN PROPICIA DE LA CNEL EP ESMERALDAS UTILIZANDO EL PROGRAMA CYMDIST MEDIANTE ESTUDIOS DE FLUJOS DE CARGAS A NIVEL DE 13,8 KV”**

Del señor estudiante; Moreno Quiñonez Jorge Luis postulante de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia,

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Anteproyecto** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo del 2016

EL DIRECTOR

.....
Ing. Msc. Jaime Marcelo Barrera Flores
C.I. 180184877-9
DIRECTOR DE TESIS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Trabajo de
Grado
CIYA

COORDINACIÓN

TRABAJO DE GRADO

AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de **Asesor Metodológico** del Trabajo de Investigación sobre el tema:
“ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR “VICHE” DE LA SUBESTACIÓN PROPICIA DE LA CNEL EP ESMERALDAS UTILIZANDO EL PROGRAMA CYMDIST MEDIANTE ESTUDIOS DE FLUJOS DE CARGAS A NIVEL DE 13,8 KV”.

Del señor estudiante; Moreno Quiñonez Jorge Luis postulante de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia,

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

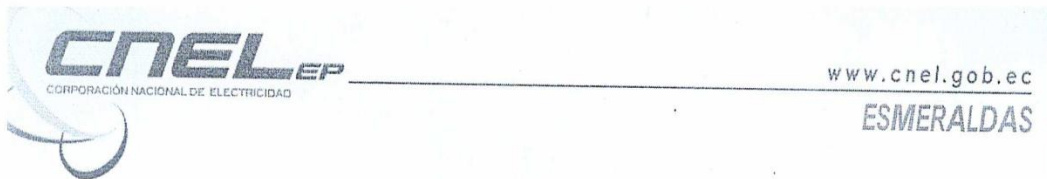
Latacunga, Marzo del 2016

.....

Dr. Galo Patricio Terán Ortiz
C.I. 0502918014

ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS

CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA



Oficio Nro. CNEL-ESM-ADM-2015-0490-O

Esmeraldas, 19 de octubre de 2015

Asunto: Respuesta

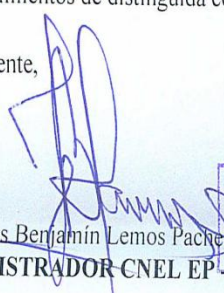
Señor
Jorge Luis Moreno Quiñónez
En su Despacho

De mi consideración:

Mediante el presente y respondiendo a su solicitud, **CERTIFICO** que realizó el estudio de la tesis de grado con el tema: "**Análisis del Alimentador Viche de la Subestación Propicia de la CNEL EP Esmeraldas, utilizando el programa CYMDIST mediante estudio de flujo de cargas a nivel de 13,8KV**", bajo la supervisión técnica requerida siguiendo los lineamientos y requerimientos establecidos por la Unidad de Negocio Esmeraldas.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,


Ing. Jesús Benjamín Lemos Pacheco
ADMINISTRADOR CNEL EP - UN ESM



Referencias:
- CNEL-ESM-ADM-2015-1199-E

kmzm

AGRADECIMIENTO

A Dios porque gracias a él esté presente trabajo es posible a Santa Clara madre mía por estar junto a mí en cada momento guiando cada uno de mis pasos.

A mis padres, especialmente a mi madre ya que gracias a ella esto es una realidad y familia esposa e hija en general por apoyarme en todo momento para así alcanzar el éxito tan anhelado.

Al Ing. Klever Mayorga por ser quien me abrió las puertas pero lastimosamente nos dejó pero no sin antes dejarnos un legado de fortaleza y superación.

Mis más sinceros agradecimientos a quienes de una u otra forma supieron brindarme ayuda para salir de algún problema y a los que no lo hicieron, porque me hicieron madurar.

JORGE LUIS

DEDICATORIA

El presente Proyecto se lo dedico a mi hija Evelin Clariz Moreno Poveda cada día que me levanto es pensando en ti y todo lo que hago en esta vida es por ti, por impulsar mis anhelos, por fortalecerme espiritualmente en los momentos de flaqueza a Santa Clara madre mía por darme lo más hermoso que dios me pudo dar en esta vida a su hija mi señora madre quien con su amor, paciencia, comprensión y con su ejemplo de sacrificio y responsabilidad supo apoyarme en cada decisión que he tomado. A mi dios por haberme bendecido con una gran familia.

A mi señora esposa por luchar junto a mi estos largos años y darme lo más hermoso de mi vida nuestra hija.

A mi única hermana porque en esta vida siempre aspiro ser un hombre de bien y poder infundirle respeto y admiración, te amo recuérdalo siempre.

JORGE LUIS

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	III
AUTORÍA.....	III
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	IV
AVAL DEL ASESOR METODOLOGICO	V
CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XVI
SUMMARY	XVII
AVAL DE TRADUCCIÓN	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.1. Antecedentes Investigativos.....	3
1.2. Categorías Fundamentales	4
1.2.1. Marco conceptual de la variable independiente	4
1.3. Redes secundarias	25
1.3.1 Acometidas.....	26
1.4. Factor de Potencia.....	28
1.4.1. Índice de Calidad.....	28
1.6. Marco conceptual de la variable dependiente	30
1.6.1. Calidad de servicio eléctrico de distribución	30
1.6.2. Clasificación de las cargas de acuerdo a la confiabilidad	37
1.6.3. Reguladores de Voltajes.....	37
1.6.4. Ubicación Óptima de Capacitores.....	38
CAPÍTULO II.....	40
METODOLOGÍA, PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	40

2.1. Metodología para el desarrollo del estudio	40
2.1.1. Levantamiento de información	40
2.1.2. Tipo de Investigación.....	41
2.1.3. Variable de investigación.....	41
2.1.4. Indicadores	42
2.1.5. Operacionalización de la variable independiente.....	43
2.1.6. Operacionalización de la variable dependiente.....	44
2.2. Instrumentación y Aplicaciones Informáticas.....	45
2.2.1. Descripción de los paquetes computacionales (Software) CYMDIST...	45
2.2.3. Características y capacidades de CYMDIST.	46
2.3. Aspectos Generales del CNEL EP ESMERALDAS	48
2.3.1. Antecedentes Históricos.....	48
2.3.2. Situación Actual.....	49
2.3.3. Misión	50
2.3.4. Visión	50
2.3.5. Análisis de los parámetros de campo.....	51
2.3.6. Ingreso del diagrama unifilar al software CYMDIST.....	55
2.3.7. Entrevista.....	56
Resultado:	57
2.4. Hipótesis	58
2.5. Análisis del Alimentador “VICHE” de la Subestación perteneciente a la CNEL. EP ESMERALDAS.....	58
2.5.1. Análisis de flujo de voltaje del alimentador.....	58
2.5.2. Análisis de carga instalada por fase	61
2.5.3. Análisis y Diagnóstico de la Red de Medio Voltaje	63
2.5.4. Información.....	63
2.5.5. Recopilación.....	64
2.5.6. Diagnóstico del Alimentador	64
2.6. Verificación de la Hipótesis	69
CAPÍTULO III.....	70
PROPUESTA.....	70
3.1. Presentación de la propuesta.....	70

3.2. Justificación	71
3.3. Objetivos de la propuesta	72
3.3.1. Objetivo General	72
3.3.2. Objetivos Específicos.....	73
3.4. Alcance	73
3.5.1. Aspectos administrativos	74
3.5.2. Aspectos Técnicos.....	74
3.5.3. Aspecto Operacional	75
3.5.4. Fundamentación Legal	75
3.6. Desarrollo de la propuesta.....	77
3.6.1. Factibilidad técnica	83
3.6.1.1. Análisis flujo de carga con la instalación de dos reguladores de voltaje y un banco de capacitores de 600 kvar.....	83
Factibilidad Económica	86
<i>Estudio Financiero</i>	86
3.7. Conclusiones y Recomendaciones de la propuesta.....	90
3.7.1. Conclusiones	90
3.7.2. Recomendaciones.....	91
3.8. Bibliografía	92
3.9. Anexos	95

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1. 1 UBICACIÓN Y CONFORMACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	5
FIGURA N° 1. 2 UBICACIÓN Y CONFORMACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	10
FIGURA N° 1. 3 UBICACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	15
FIGURA N° 1. 4 UBICACIÓN Y CONFORMACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	16
FIGURA N° 1. 5 RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.....	22
FIGURA N° 1. 6 TRANSFORMADORES AUTOPROTEGIDOS	23
FIGURA N° 1. 7 TRANSFORMADORES CONVENCIONALES	25
FIGURA N° 1. 8 CALIDAD DE SERVICIO.....	36
FIGURA N° 1. 9 REGULADORES TIPO A Y B ANSI.	38
FIGURA N° 2. 1SOFTWARE CYMDIST	46
FIGURA N° 2. 2 INTERFAZ DE Cymdist	47
FIGURA N° 2. 3 CNEL EP ESMERALDAS.....	49
FIGURA N° 2. 4 VISTA DESDE GOOGLE DEL RECORRIDO DEL ALIMENTADOR	52
FIGURA N° 2. 5 TOPOLOGÍA ACTUAL DE LA RED EN MEDIA TENSIÓN	53
FIGURA N° 2. 6 TRANSFORMADORES INSTALADOS.....	54
FIGURA N° 2. 7 TOPOLOGÍA ACTUAL DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR	56
FIGURA N° 2. 8 SITUACIÓN ACTUAL DEL ALIMENTADOR	59
FIGURA N° 2. 9 RANGOS ACTUALES CAÍDA DE VOLTAJE	61
FIGURA N° 2. 10 CARGA INSTALADA POR FASE.....	62
FIGURA N° 2. 11 TOPOLOGÍA DE LA RED ACTUAL CON EL CONDUCTOR A 4/0 AWG	65
FIGURA N° 2. 12 VISTA PREVIA DEL ALIMENTADOR.....	67
FIGURA N° 2. 13 RANGOS CAÍDA DE VOLTAJE CON CAMBIO DE CONDUCTOR A 4/0 AWG	68
FIGURA N° 3. 1 TRIFASICA-CENTRADO-PASANTE O TANJENTE.	78
FIGURA N° 3. 2 MONOFASICO-CENTRADO-PASANTE O TANGENTE ..	78
FIGURA N° 3. 3 BANCO DE CAPACITORES.....	79
FIGURA N° 3. 4 SELECCIÓN DE BANCO DE CAPACITORES	80
FIGURA N° 3. 5 CIRCUITO DEL REGULADORES DE VOLTAJE	80

FIGURA N° 3. 6 REGULADOR DE VOLTAJE SIEMENSTOTIPO JFR Y SFR	81
FIGURA N° 3. 7 PARAMETRIZACION REGULADOR DE VOLTAJE ALIM_VICHE	82
FIGURA N° 3. 8 TOPOLOGIA DE LA RED EN MEDIA TENSION CON LA INSTACION DE DOS REGULADORES Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR	84
FIGURA N° 3. 9 RANGOS CAIDA DE VOLTAJE CON LA INSTALACION DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 NÚMERO DE ALIMENTADORES	8
TABLA 1. 2 VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL	32
TABLA 2. 1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	43
TABLA 2. 2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE	44
TABLA 2. 3 LONGITUD DE LA RED DE MEDIO VOLTAJE DE ACUERDO AL TIPO DE FASE	51
TABLA 2. 4 DISTANCIA DE TRONCALES TRIFÁSICOS DESDE LA S/E ..	52
TABLA 2. 5 TRANSFORMADORES INSTALADOS ALIMENTADOR VICHE	54
TABLA 2. 6 CALIBRE DE CONDUCTOR DE TRONCALES TRIFÁSICOS .	55
TABLA 2. 7 RANGOS ACEPTABLES CAÍDA DE VOLTAJE	60
TABLA 2. 8 REPORTE SUMARIO DEL FLUJO DE CARGA	60
TABLA 2. 9 CARGA EN CABECERA DE ALIMENTADOR POR FASE.....	61
TABLA 2. 10 DISTRIBUCIÓN DE CARGA CONECTADA POR TRAMO.....	62
TABLA 2. 11 REPORTES FLUJOS DE CARGA ACTUAL.....	63
TABLA 2. 12 CALIBRE DE CONDUCTOR DE TRONCALES TRIFÁSICOS	66
TABLA 2. 13 REPORTES FLUJOS DE CARGA CON CAMBIO DE CONDUCTOR A 4/0 AWG	66
TABLA 3. 1 REPORTES FLUJOS DE CARGA CON INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR	83
TABLA 3. 2 REPORTE SUMARIO DEL FLUJO DE CARGA CON LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR.....	86

TABLA 3. 3	INVERSION POR EL CAMBIO DE CONDUCTOR.....	87
TABLA 3. 4	INVERSION POR LA PUESTA DEL BANCO DE REGULADORES.....	87
TABLA 3. 5	INVERSION POR LA PUESTA DEL BANCO DE REGULADORES.....	88

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación Nº 1	Cálculo del Factor de Potencia (FP).....	29
---------------	--	----

RESUMEN

El presente proyecto de tesis, consistió en realizar un análisis del alimentador Viche donde se propuso un estudio de las posibles soluciones de la red, la misma que sale desde la subestación Propicia, para mejorar los niveles de voltaje con rangos permitidos por el ente regulador del Sector Eléctrico Ecuatoriano (ARCONEL) utilizando para ello métodos de simulación.

También se utilizó técnicas como la entrevista aplicadas a los ingenieros de departamento técnico, en el periodo 2013-2014.

Una vez realizado el estudio y análisis de mejoramiento de voltaje en el alimentador Viche de la subestación “Propicia” de la CNEL EP ESMERALDAS se contará con el resultado de planteamiento de soluciones, especialmente sujeta a la minimización de las fallas y mejoramiento del servicio eléctrico.

Con la simulación en el programa computacional CYMDIST, se analizó posibles soluciones tales como:

Balance de carga,

Ubicación de capacitores

Ubicación de reguladores

Aumento de fases

Cambio de calibre de conductor

En la elaboración de este trabajo de tesis existen diferentes tipos de beneficiarios que son los clientes que reciben la energía de la red de medio voltaje, que al proponer soluciones, el servicio de energía eléctrica será de mejor calidad. Y la otra parte beneficiada es la CNEL EP ESMERALDAS, ya que una vez realizado este estudio se cuenta con una base fundamentada para la toma de decisiones futuras.

SUMMARY

This thesis project consisted on analyzing the “Viche” feeder where a study of possible network solutions was proposed; the same that comes from the “Propicia” substation, to improve levels of allowed voltage ranges by the regulator of the proposed Ecuadorian electrical Sector (ARCONEL) using simulation methods for it.

Techniques are also used as the interview applied to the engineers of the technical department in 2013-2014 period.

Once, the study and analysis of improvement of voltage on the “Viche” feeder substation "Propicia" of the CNEL EP Esmeraldas was done, there will be a result of developing solutions, especially it is sustained to the minimization of faults and electrical service improvement.

There were analyzed possible solutions with the simulation CYMDIST computational program such as:

- Load balancing
- Location of transformers
- Location of regulators
- Increase of phases
- Change of gauge wire

In the development of this research work there are different types of beneficiaries who are the customers that receive energy from the medium voltage network, which with the proposed solutions the electrical service will be of better quality. And the other part benefited is the Esmeraldas CNEL EP, because once this study has already being made, it counts with a founded base just to take future decisions.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Centro
Cultural de
Idiomas

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

Yo, Msc. Jorge Luis Rosero M., portador de la C.I. 0500862727 docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el área de Inglés CERTIFICO haber la traducción del resumen de la tesis: “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR “VICHE” DE LA SUBESTACIÓN PROPICIA DE LA CNEL EP ESMERALDAS UTILIZANDO EL PROGRAMA CYMDIST MEDIANTE ESTUDIOS DE FLUJOS DE CARGAS A NIVEL DE 13,8 KV.” Del señor egresado: Jorge Luis Moreno Quiñonez, expresan gramática y estructuralmente similar significado al RESUMEN del mencionado documento.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad. Facultando al señor antes mencionado hacer uso del presente documento, en la forma que estime conveniente.

Latacunga, Marzo del 2016

Msc. Jorge Luis Rosero M.

C.I. 050086272-7

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el Sector Eléctrico Ecuatoriano se encuentra en constante renovación al desarrollarse en un mercado altamente competitivo, las empresas eléctricas de generación, distribución y transmisión, necesitan brindar un servicio de electricidad eficiente para sus respectivos consumidores, para lo cual es necesario realizar un estudio de alternativas para mejorar el sistema, los cuales permiten evaluar el estado en que se encuentran las instalaciones, el grado de seguridad que presta y la manera de mejorarlos. Un conocimiento exacto y detallado de la red de suministro eléctrico como la del equipo en este caso el alimentador, proporciona la información y los datos necesarios para planificar mejoras futuras, fijar criterios de diseño cada vez más eficientes y operar sistemas con esquemas óptimos que permitan alcanzar las metas propuestas con una calidad predeterminada del servicio eléctrico.

El proyecto de investigación realizado se encuentra estructurado por tres capítulos:

El Primer Capítulo propone la Fundamentación Teórica; describe de manera general todos los argumentos y postura teórica adoptada durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, enunciando las definiciones básicas y conceptos que están relacionadas con los circuitos eléctricos, para centrarnos en conceptos de alimentadores, distribución eléctrica y calidad de energía.

El Segundo Capítulo concreta la metodología a utilizar, las variables de investigación, las técnicas, los métodos y tipos de investigación a emplear; también los instrumentos y por supuesto, las aplicaciones informáticas a utilizar para el cálculo de mejoras, la modelación y simulación del sistema en cuestión. El análisis e interpretación de resultados para el desarrollo del proyecto de investigación.

Se realizará el estudio de flujos de cargas del alimentador para obtener alternativas que permitan mejorar los niveles de voltaje con las siguientes soluciones:

- Balance de carga,
- Ubicación de capacitores
- Ubicación de reguladores
- Aumento de fases
- Cambio de calibre de conductor

Y de esta manera, realizar un estudio detallado para determinar la mejor alternativa de solución del problema, ya que el Alimentador en análisis sobrepasa los límites de distancias técnicas entre la cabecera y el final del circuito de la red de 13,8 kV con 46,5 km de distancia, desafiando los índices técnicos, al estar muy por debajo de los rangos permitidos.

En el Tercer Capítulo se realiza la Propuesta, una vez que se establezca la posible solución factible dentro de los rangos de la normativa vigente, es mediante el programa CYMDIST a nivel de 13,8 kV donde podemos simular y contar con datos para su posterior aplicación en beneficio de la empresa y de sus usuarios de esto se elaboraran las conclusiones y recomendaciones surgidas en el proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Antecedentes Investigativos

Debido a la baja calidad, cobertura y eficiencia de la energía que se distribuye a los consumidores pertenecientes al alimentador “VICHE” de la subestación de CNEL EP ESMERALDAS, se consideró el desarrollo de este proyecto, para el mejoramiento de todos los parámetros que de alguna forma u otra mejoren la distribución y calidad de la energía que llega a nuestros clientes.

La recopilación de información se realizó en diferentes sitios investigativos como la biblioteca de la Unidad Académica de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi donde se tiene acceso a las tesis de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, de estas se ha escogido la de mayor importancia para el estudio, además se obtuvo información de tesis publicadas en el repositorio digital de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional así como de otras Universidades, revistas y textos.

A continuación se nombran algunos trabajos utilizados como antecedentes en la presente investigación:

Según Topa Walter y Través Darwin (2013), en su tesis denominada Análisis de la regulación 004/01 referida a la calidad del producto y servicio técnico en el alimentador “Oriental” (52C8-L1) de la subestación el calvario en la empresa eléctrica provincial Cotopaxi S.A. En el periodo 2011., manifiesta:

“En las diferentes empresas eléctricas de distribución los principales retos a los que actualmente se encuentra es el mejoramiento de la calidad de suministro y por ende su calidad de energía. Para su mejoramiento se presenta aspectos teóricos y regulatorios de distribución de energía eléctrica se definen las algunas alteraciones en la calidad de la energía sus causas y el efecto que dichas alteraciones producen sobre los equipos conectados a la red de distribución” Pág. 22.

Según Albuja Galo (2011), en su tesis denominada Ubicación óptima de capacitores en redes primarias de distribución utilizando algoritmos genéticos considerando demanda variable, manifiesta:

“El problema de la ubicación óptima de capacitores dentro de una red de distribución adquiere gran importancia debido a los beneficios tanto técnicos y económicos alcanzados al adoptar un determinado esquema.” Pág. 33.

Por esta razón este trabajo de investigación hace un Análisis de la regulación 004/01 referida a la calidad del producto, servicio y las alternativas a las presentes soluciones para el mejoramiento de la calidad de energía de la red 13,8 kV del alimentador “Viche” de la subestación el Propicia de la CNEL EP ESMERALDAS. De igual manera hace un estudio sobre ubicación óptima de capacitores en redes primarias de distribución.

1.2. Categorías Fundamentales

1.2.1. Marco conceptual de la variable independiente

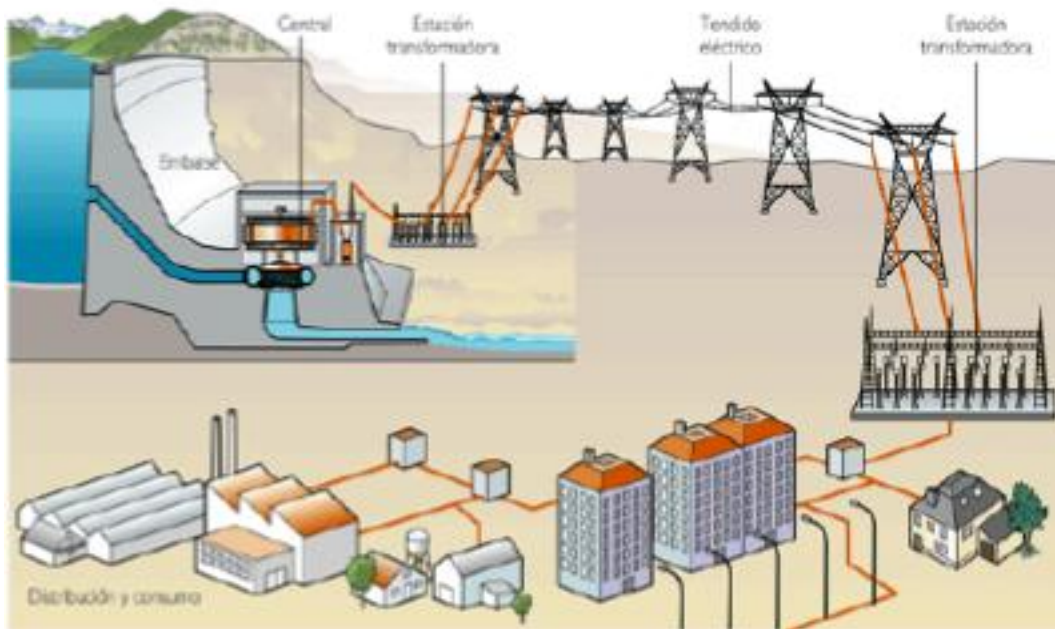
Análisis de las pérdidas del sistema eléctrico del Alimentador “Viche” perteneciente a la CNEL EP ESMERALDAS en el periodo 2013-2014

1.2.1.1. Aspectos generales del sistema de distribución

“Según Juan Antonio Yebra Morón (2009) dice que “Un sistema de distribución de energía eléctrica es el conjunto de elementos encargados de conducir la energía desde una subestación de potencia hasta el usuario.” Pág. 2.

Un sistema de distribución de energía eléctrico es el conjunto de equipos y dispositivos que consta de varias etapas empezando desde la generación, transmisión, subtransmisión, para llegar al usuario y brindar un servicio de calidad de energía eléctrica, esquematizado en la figura 1.1

FIGURA N° 1. 1 UBICACIÓN Y CONFORMACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: http://alejalove61115.blogspot.com/2010_10_01archive.html

La distribución de energía eléctrica debe realizarse de tal manera que el cliente reciba un servicio continuo con un valor de voltaje adecuado que le permita operar sus electrodomésticos eficientemente, permitiendo energizar en forma segura y

confiable un número determinado de cargas en distintos niveles de voltajes, ubicados en diferentes lugares sin que esto repercuta en la calidad de energía.

1.2.1.2. Subestación eléctrica de distribución

Según Tapia Andrés y Vilcacundo Marcos (2014), en su tesis denominada Estudio de la proyección y determinación del crecimiento de la demanda por tipo de usuario, con la inclusión de la cocina de inducción, en el Alimentador Picaihua a 13,8 kV de la Subestación Oriente, perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., manifiesta:

“La subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia, voltaje corriente con los que permitan el suministro al sistema y líneas de transmisión existentes.” Pág. 2.

Se distinguen dos tipos de subestaciones:

- Las de transformación
- De maniobra

Las subestaciones de transformación son destinadas a convertir la energía eléctrica mediante uno o más transformadores de potencia, mientras que la de maniobra está destinada a la conexión de dos o más circuitos y sus maniobras.

Los elementos más importantes que se diferencian es una subestación de distribución son los siguientes:

- Una o varias líneas de entrada de alto voltaje
- Uno o varios transformadores
- Un cuadro para la distribución de energía a las distintas salidas de medio voltaje.
- Una batería de condensadores

- Uno o varios transformadores
- Un cuadro para la alimentación de servicios auxiliares
- Los circuitos de mando y control
- Reactancias limitadoras

En los centros de transformación de las subestaciones se identifican elementos como: las líneas de llegada de medio voltaje, transformadores de potencia y corriente, equipo de medición entre otros.

Una subestación es conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia, voltaje corriente con los que permitan el suministro al sistema y líneas de transmisión existentes, como una operación manipulada en pos de la calidad de la energía y con operaciones mínimas de fallas en el sistema ya que actualmente se maneja con estándares de calidad energéticas regulados por el actual ente el ARCONEL.

1.2.1.3. Descripción de la subestación

El desarrollo del proyecto de tesis se lo realizó en base a la información de estudio actual y a futuro del alimentador Viche de la Subestación Propicia que pertenece a la CNEL EP ESMERALDAS, ubicada en la ciudad de Esmeraldas, frente a Refinería de Esmeraldas junto a Termo-Esmeraldas.

Este tiene seis alimentadores primarios a nivel de 13,8 kV, que brinda servicio a sectores residenciales, comerciales e industriales.

La tabla 1.1 muestra la descripción de los alimentadores:

TABLA 1. 1 NÚMERO DE ALIMENTADORES

ZONAS	SUBESTACIÓN	ALIMENTADORES
PRINCIPAL (ESMERALDAS)	PROPICIA	Sur Grande
		Aeropuerto
		Tolita
		Pradera
		Viche
		OCP

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

1.2.1.4. Alimentador Eléctrico

Según Tapia Andrés y Vilcacundo Marcos (2014), en su tesis denominada Estudio de la proyección y determinación del crecimiento de la demanda por tipo de usuario, con la inclusión de la cocina de inducción, en el Alimentador Picaihua a 13,8 kV de la Subestación Oriente, perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., nos dice:

“Un alimentador eléctrico es un conductor encargado de suministrar toda la corriente que un grupo de sectores de consumo necesita. En si es el conductor principal que viene del transformador, para alimentar un edificio y llega hasta el interruptor general en el centro de carga.” Pág. 5.

El alimentador eléctrico consta de una troncal y varios ramales, se encarga de suministrar la energía eléctrica en cualquier sector dispuesto por la empresa distribuidora hasta llegar a los usuarios.

1.2.1.4.1. Alimentador primario

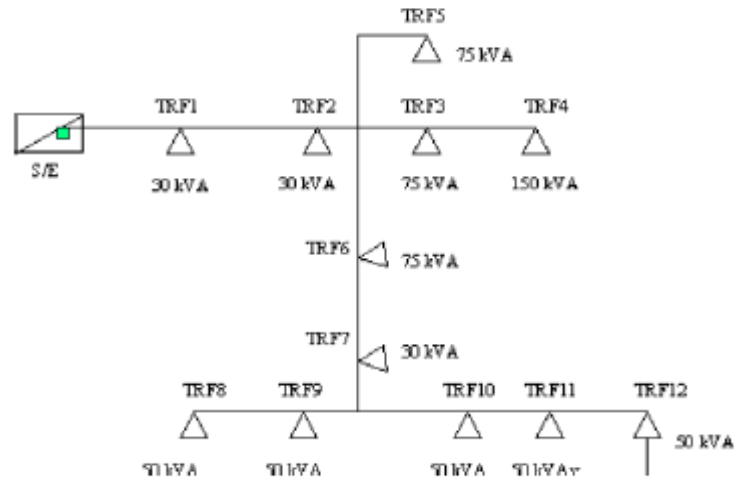
Son aquellos elementos encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia/distribución hasta los transformadores de distribución. Los conductores normalmente van soportados en postes cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas. Los componentes básicos de un alimentador primario son:

- **Troncal:** es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia/distribución a los ramales. En los sistemas de distribución estos conductores son de calibres gruesos como 2/0, 3/0 y hasta 795 MCM, ACSR (calibre de aluminio con alma de acero), dependiendo del valor de la densidad de carga.
- **Ramal:** es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media tensión. Normalmente son de calibre menor al troncal. Es el conductor encargado de llevar la energía eléctrica desde la subestación hasta los transformadores de distribución. Van suspendidos en los postes con sus respectivas estructuras cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos o directamente enterrados cuando se trata de instalaciones subterráneas.

El transformador de distribución es la unión entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios.

La figura 1.2 muestra la conexión de la subestación eléctrica con el alimentador primario y los respectivos transformadores.

FIGURA N° 1. 2 UBICACIÓN Y CONFORMACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: <http://www.slideshare.net/albertama/alimentador>.

1.2.1.4.1.1. Clasificación de los alimentadores primarios de distribución

Los alimentadores primarios por el número de fases e hilos se pueden clasificar en:

- Trifásicos tres hilos.
- Trifásicos cuatro hilos.
- Monofásicos dos hilos.
- Monofásicos un hilo.

Los alimentadores primarios trifásicos con tres hilos, requieren una menor inversión inicial, en lo que a material del alimentador se refiere, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterramiento mayor que uno trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos sistemas es que los transformadores

de distribución conectados a estos alimentadores son de neutro flotante en el lado primario. Los alimentadores primarios trifásicos con cuatro hilos, requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilo (neutro) al de los tres hilos de fase, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterramiento menor de la unidad, los equipos que se conecten a estos alimentadores requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión.

Estos sistemas se caracterizan porque a ellos se conectan transformadores con el neutro aterrado en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la de fase neutra. Los alimentadores primarios monofásicos de dos hilos, se originan de sistemas de distribución trifásicos, de hecho son derivaciones de alimentadores trifásicos tres hilos que sirven para alimentar transformadores monofásicos que reciben la tensión entre fases en el devanado primario.

Este sistema de distribución es usado en zonas rurales o en zonas de baja densidad. Los alimentadores primarios monofásicos de un hilo, son derivaciones de sistemas trifásicos que permiten alimentar transformadores monofásicos utilizándose en zonas rurales, debido a la economía que representa en costo.

1.2.1.4.2. Alimentadores secundarios

Los alimentadores secundarios son conductores que distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los usuarios.

1.2.1.5. Características de los sistemas de distribución

Según Juan Antonio Yebra Morón (2009), “un sistema de distribución es el conjunto de instalaciones desde 120 Volts hasta voltajes de 13.8 kV encargadas de entregar la energía eléctrica a los usuarios en niveles de voltajes normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos.” Pág. 2.

Los sistemas de distribución, ya sea que pertenezcan a empresas privadas o estatales, deben proyectarse de modo que puedan ser ampliados progresivamente, con escasos cambios en las construcciones existentes tomando en cuenta ciertos principios económicos, con el fin de asegurar un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura al mínimo costo de operación.

Cerca de cada usuario final, un transformador de distribución toma el voltaje de distribución primaria y lo disminuye a un bajo voltaje correspondiente a un circuito secundario que para el Ecuador es de 120; 127/240 V u otros voltajes de utilización a nivel industrial. Desde el transformador de distribución, los circuitos de distribución secundarios se conectan al usuario final y la misma se realiza a la entrada de servicio.

Actualmente, las empresas tanto públicas como privadas están en un cambio constante de modernización y mejoramiento de sus redes de conexión para brindar mejor servicio, basándose en las diferentes guías de diseños emitidas por las entidades de distribución.

1.2.1.6. Clasificación de los Sistemas de Distribución.

Gilberto Enríquez Harper manifiesta: “Los sistemas de distribución son aquellos que llevan la potencia eléctrica hasta el consumidor haciendo la transferencia desde los sistemas de transmisión y subtransmisión.”

Los sistemas de distribución comprenden las etapas de generación, transmisión, subtransmisión y distribución, la última se compone de redes primarias y secundarias hasta llegar al transformador y de ahí hacia el usuario final. En función de su construcción estos se pueden clasificar en:

- Sistemas aéreos.
- Sistemas subterráneos.
- Sistemas mixtos.

Sistemas mixtos.- Sistemas aéreos, estos sistemas por su construcción se caracterizan por su sencillez y economía, razón por la cual su utilización está muy generalizada. Se emplean principalmente para:

1.- Zonas urbanas con:

- a) carga residencial
- b) carga comercial
- c) carga industrial

2- Zonas rurales con:

- a) carga doméstica
- b) carga de pequeñas industrias (bombas de agua, molinos, etc.)

Los sistemas aéreos están constituidos por transformadores, cuchillas, pararrayos, cortacircuitos fusibles, cables desnudos, etc.: los que se instalan en postes o estructuras de distintos materiales.

La configuración más sencilla para los sistemas aéreos es del tipo arbolar, la cual consiste en conductores desnudos de calibre grueso en el principio de la línea y de menor calibre en las derivaciones a servicios o al final de la línea. Cuando se requiere una mayor flexibilidad y continuidad del servicio es posible utilizar configuraciones más elaboradas.

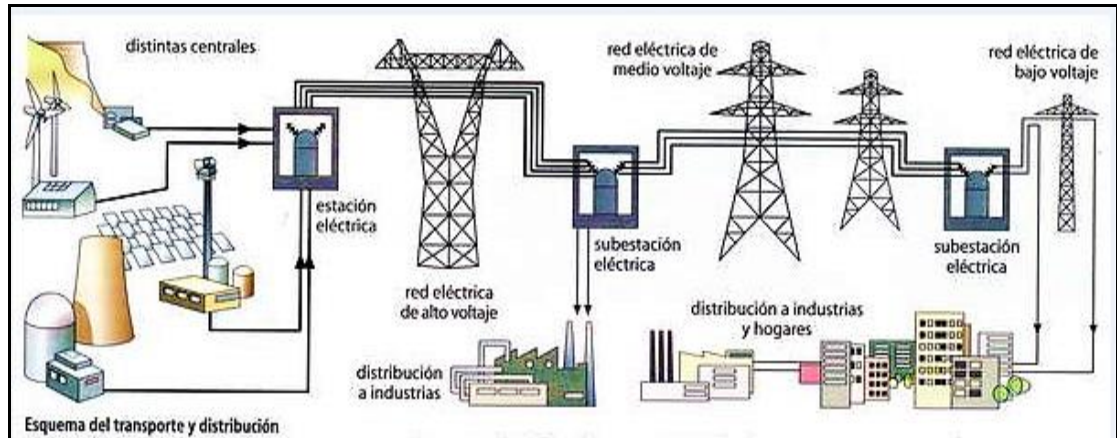
Los movimientos de carga se llevan a cabo con juegos de cuchillas de operación con carga, que son instaladas de manera conveniente para efectuar maniobras tales como: trabajos de emergencia, ampliaciones del sistema, conexión de nuevos servicios, etc.

En servicios importantes tales como: hospitales, edificios públicos, fábricas que por la naturaleza de su proceso de producción no permiten la falta de energía eléctrica en ningún momento, se instalan dos circuitos aéreos, los cuales pueden pertenecer a la misma subestación de distribución, o de diferentes subestaciones, esto se realiza independientemente a que la mayoría de estos servicios cuentan con plantas de emergencia con capacidad suficiente para alimentar sus áreas más importantes.

En este tipo de sistema está generalizado el empleo de seccionadores, como protección de la línea aérea, para eliminar la salida del todo el circuito cuando haya una falla transitoria.

La figura 1.3 muestra el esquema del sistema de distribución.

FIGURA N° 1.3 UBICACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: www.fantasticenergy.blogspot.com

Podemos manifestar que las redes eléctricas deben ser proyectadas y construidas de manera que tengan la flexibilidad suficiente para ampliarse progresivamente con cambios mínimos en las construcciones existentes y así asegurar un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura al mínimo costo de operación.

1.2.1.11. Ubicación y conformación de un sistema de distribución

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos.

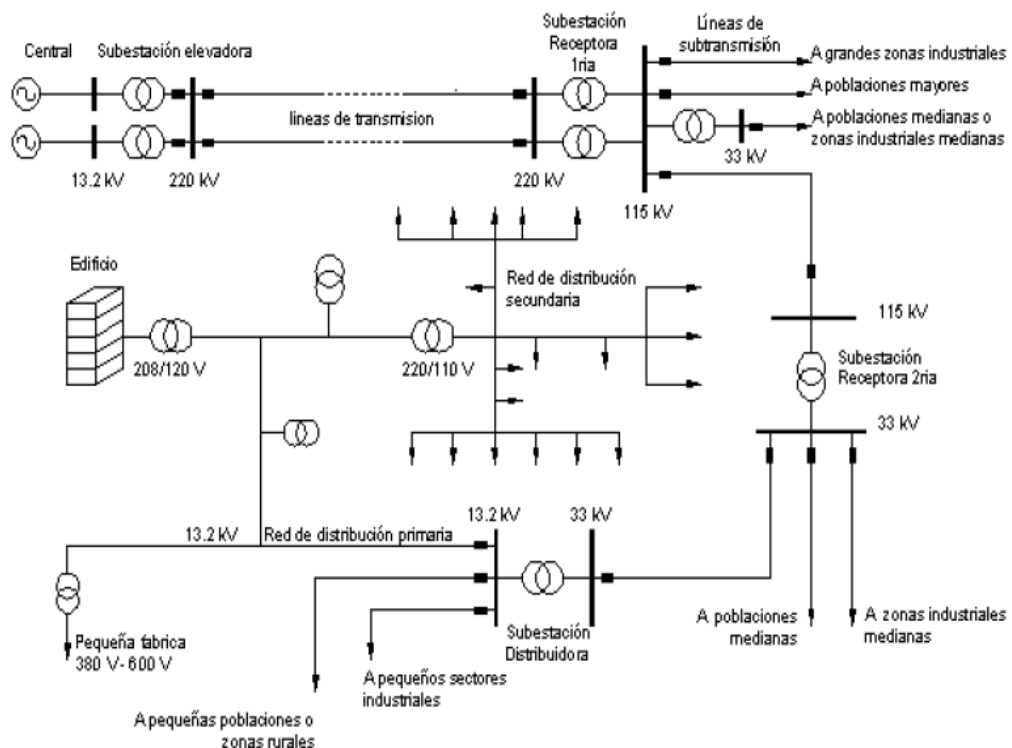
Aproximadamente las 2/3 partes de la inversión total del sistema de potencia, están dedicados a la parte de distribución, lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño, construcción y operación del

sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja y de gran trascendencia.

Nótese que es en esta parte donde se producen los porcentajes más grandes de pérdidas de energía en todas sus manifestaciones debido al gran volumen de elementos que lo conforman, y a los bajos niveles de tensión que se manejan.

Para ubicar el sistema de distribución y su conformación, se puede observar el esquema de un sistema de potencia como lo muestra la figura 1.4:

FIGURA N° 1. 4 UBICACIÓN Y CONFORMACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA, SAMUEL RODRIGUEZ CASTAÑO

1.2.1.12. Configuración de la distribución primaria

Los circuitos de distribución tienen diferentes longitudes y configuraciones. La mayoría comparten muchas características comunes.

Según SHORT, Tom (2004:22); “Un alimentador es uno de los circuitos que salen de la subestación de distribución. El alimentador principal es la columna vertebral de tres fases del circuito, que a menudo se denomina línea principal, normalmente formado de un modesto gran conductor de aluminio. Las ramificaciones de la red comparten uno o más ramales laterales. Estos ramales pueden ser de una sola fase, de dos fases, o de tres fases. Los ramales tienen normalmente fusibles para separarlos de la línea principal si entran en falla. Los primarios de distribución más comunes son de cuatro hilos, sistemas multi-aterrados: conductores trifásicos más el neutro multi-aterrado.

Las cargas monofásicas son atendidas por transformadores conectados entre fase y el neutro. El neutro actúa como un conductor de retorno y como una protección de los equipos a tierra, el neutro debe ser aterrizado y revisado periódicamente en todos los equipos. Las tres configuraciones más utilizadas en los sistemas de distribución son: radial, en anillo, mallado y sus correspondientes arreglos”.

Su principal función es transportar la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación hacia los transformadores de distribución. Las analizadas en cuestión, son de tipo radial. El nivel de voltaje en red trifásica es 13.8 KV y 7.9 KV en red monofásica.

1.2.1.13. Transformadores de distribución

(Pérez, 2001) Menciona: “Los transformadores de distribución, reducen la tensión de Subtransmisión a tensiones aplicables en zonas de consumo. Tienen capacidad desde 5 hasta 500 kV (monofásicos y/o trifásicos). Pág. 8.

Para que a los sistemas de distribución de energía eléctrica llegue la energía producida hacia los usuarios, quienes son los consumidores finales, se requiere de un transformador de distribución, mediante los procesos de generación, donde la energía es producida en forma masiva, se transmite desde la central de generación hasta la subestación.

De ellas se derivan los alimentadores primarios hacia las áreas de consumo, en donde son alimentados los transformadores de distribución, los que tienen como función principal transmitir la energía hacia los usuarios, a niveles de tensión convenientes.

La mayoría de los transformadores de distribución se componen de:

- 1) Un núcleo magnético cerrado sobre el que se devanan dos o más bobinas de cobre independientes.
- 2) Un tanque lleno de aceite refrigerante y aislante en el que se sumerge la bobina con su núcleo.
- 3) La pasa tapas, a través de los cuales se introducen o sacan los conductores.

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor, de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas.

Este transformador es la unión entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios. La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influyen en ella, tales como el factor de demanda y el factor de coincidencia.

Generalmente los transformadores de distribución son de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 KV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas.

Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios públicos, talleres y centros comerciales. El número de fases del transformador es en función del número de fases de la alimentación primaria, y del número de fases de los elementos que componen la carga.

En muchas ocasiones la política de selección del número de fases de los transformadores de distribución que decida emplear una compañía, señala el número de fases que deben tener los motores que se conecten en el lado secundario de los transformadores, dictando así una política de desarrollo de fabricación de motores en una cierta zona de un país.

La magnitud del porcentaje de impedancia de un transformador afecta la regulación de la tensión y el valor de las corrientes de corto circuito que fluyen por los devanados ante fallas en los alimentadores secundarios. A menores valores de impedancia, mayores valores de regulación y de corriente de corto circuito; es por

ello que el valor del porcentaje de impedancia se debe seleccionar tratando de encontrar un punto económico de estos dos factores, debiéndose tomar en cuenta que la calidad de tensión que se entrega a los usuarios se puede variar con los cambiadores de derivación de que normalmente se provee a un transformador.

La conexión del transformador trifásico es uno de los puntos de mayor interés cuando se trata de seleccionar un transformador para un sistema de distribución de energía eléctrica. Las opciones que se le presentan al ingeniero que diseñará dicho sistema, son entre seleccionar transformadores con neutro flotante o con neutro aterrizado.

El transformador con neutro flotante es una necesidad cuando el sistema primario es trifásico tres hilos y el de neutro aterrizado cuando se trata de un sistema trifásico cuatro hilos.

Al utilizar transformadores conectados en delta en el lado primario se disminuye el riesgo de introducir corrientes armónicas (magnitud sinusoidal de frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental de la corriente o de la tensión) de orden impar (especialmente en tercer orden) a los alimentadores primarios y se incrementa el riesgo de tener sobretensiones por fenómenos de ferorresonancia (efecto producido en el núcleo cuando la fuerza electromotriz tiene una frecuencia muy próxima a las oscilaciones libres que se producen en el mismo) en el transformador.

Estas sobretensiones se vuelven especialmente críticas en sistemas subterráneos de distribución. Al seleccionar transformadores conectados en estrella con neutro aterrizados, se introducen corrientes armónicas de orden impar en los circuitos primarios y se disminuye grandemente la posibilidad de que se presenten

sobretensiones por fenómenos de ferorresonancia. Por lo que se refiere a las conexiones en el lado secundario de los transformadores trifásicos, normalmente son estrella con neutro aterrizado y cuatro hilos de salida.

Esto permite tener dos niveles de tensión para alimentar cargas de fuerza y alumbrado, detectar las corrientes de falla de fase a tierra, equilibrar las tensiones al neutro ante cargas desbalanceadas y como una medida de seguridad al interconectarse con el tanque del transformador.

Las conexiones con neutro aislado en los devanados de baja tensión de los transformadores trifásicos no es muy favorecida por las sobretensiones que se presentan al tener dos fallas en dos fases diferentes en el circuito de baja tensión.

Podemos decir que un transformador de distribución es un dispositivo estático, que permite transferir la energía eléctrica de un circuito a otro circuito sin cambiar su frecuencia, lo cual lo hace bajo el principio de inducción electromagnética y posee circuitos eléctricos aislados entre sí que son enlazados por un circuito magnético común.

En el Alimentador Propicia están instalados 728 transformadores de distribución monofásica y 45 trifásicos en el trayecto del circuito del alimentador.

1.2.1.14. Generalidades de los transformadores de distribución

Según (JESUS, 2003) : “Los transformadores son una máquina eléctrica estática, destinada a funcionar con corriente alterna, constituida por dos arrollamientos primario y secundario, que permite transformar la energía eléctrica con una

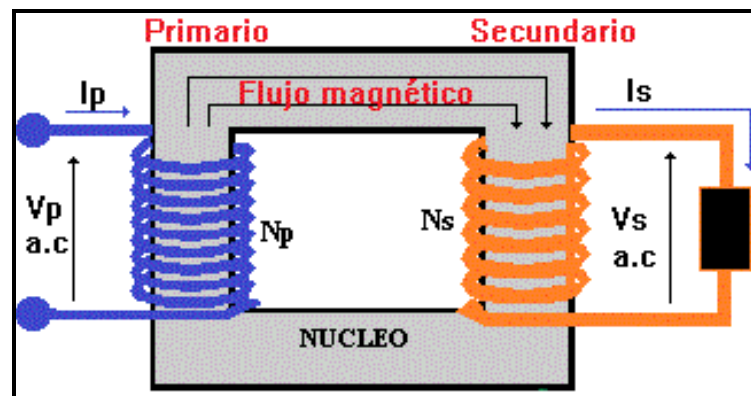
magnitud de V-I determinadas a otras con valores en general diferentes. La importancia de los transformadores se debe a que gracias a ellos ha sido posible el enorme desarrollo en la utilización de la energía eléctrica”. Pág. 161.

El transformador se basa en los fenómenos de inducción electromagnética, además es el que convierte la energía eléctrica alterna de un determinado nivel de tensión en energía alterna de otro nivel de tensión que requiera su aplicación. Consta de un núcleo de chapas magnéticas al que rodean dos devanados denominados primarios y secundarios.

La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo, el que es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético.

La figura 1.5 muestra la relación de transformación en un transformador ideal.

FIGURA N° 1.5 RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN



Fuente: JESÚS FRAILE MORA
Recopilado por: EL POSTULANTE

1.2.1.15. Transformadores Auto Protegidos de distribución.

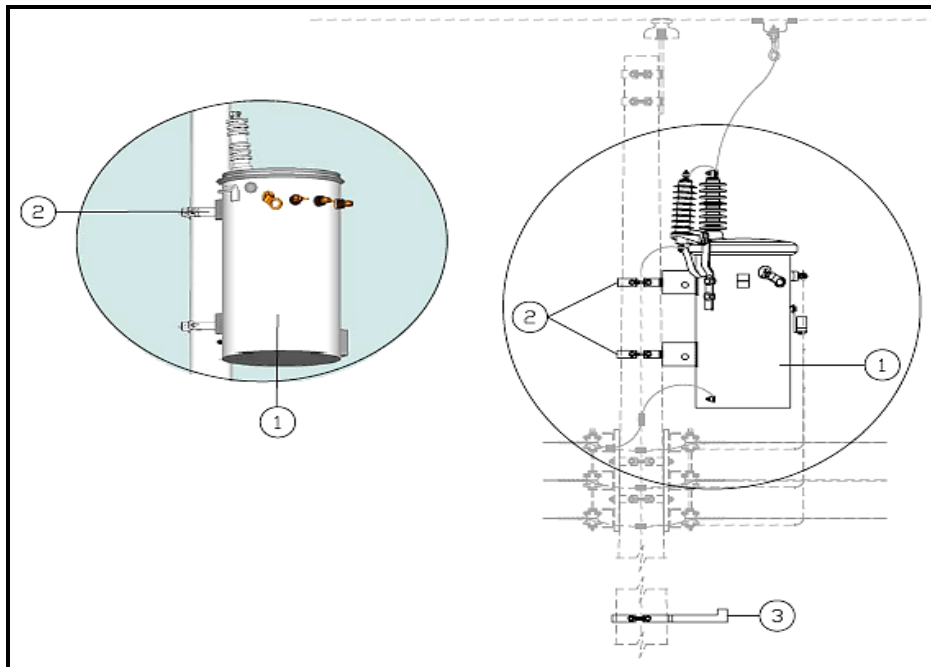
PANSINI, 1974 págs. 1-64, menciona: “El transformador se incorpora dentro del tanque y junto con la unidad transformadora se coloca un enlace débil o elemento

protector (fusible) del primario y dos disyuntores para la protección del secundario. Mediante un dispositivo térmico sencillo, los disyuntores se abren cuando la intensidad de la corriente excede de un valor seguro determinado con anterioridad. ”

En este transformador el pararrayo es instalado en la parte exterior del tanque, es evidente que este tipo de transformador permite hacer una instalación más simple, económica y prolija. Además, es particularmente ventajoso en los sistemas de distribución primaria con una tensión más elevada (13.8 Kv) donde las conexiones y desconexiones se realizan mediante varillas de seguridad.

En la figura 1.6 se visualizan las partes que conforman un transformador autoprotegido, las partes se pueden ver en el anexo 1.

FIGURA N° 1.6 TRANSFORMADORES AUTOPROTEGIDOS



Fuente: Normas del MERR

El transformador incorpora componentes para protección del sistema de distribución contra sobrecargas, corto-circuitos en la red secundaria y fallas internas en el transformador, para esto posee fusibles de alta tensión y disyuntor

de baja tensión, montados internamente en el tanque, fusibles de alta tensión y disyuntor de baja tensión. Para protección contra sobretensiones el transformador está provisto de dispositivo para fijación de pararrayos externos en el tanque.

Podemos manifestar que existen 663 transformadores autoprotegidos en toda la red de distribución del alimentador “Viche”, un número muy elevado en comparación con el convencional.

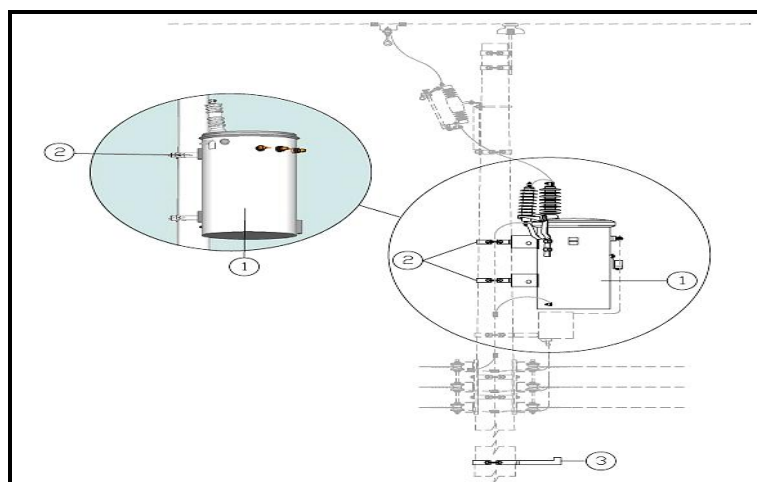
1.2.1.16. Transformadores Convencionales de distribución.

PANSINI, 1974 págs. 1-64, Menciona: “El transformador de distribución convencional está contenido en una caja con los dispositivos de protección, por lo común un cortocircuito fusible en el primario y un pararrayos se montan por separado en el poste o la cruceta.”

Estos transformadores como es común, son usados para cargas de servicios residenciales y en ocasiones para cargas livianas tanto comerciales como industriales. Este tipo de transformador no contiene ningún accesorio de protección, por lo tanto los pararrayos y protecciones contra sobre-voltajes y sobre-carga son instalados externamente.

En la figura 1.7 se pueden observar las partes que conforman un transformador convencional, las partes se pueden ver en el anexo 2.

FIGURA N° 1. 7 TRANSFORMADORES CONVENCIONALES



Fuente: Normas del MERR

Están diseñados para instalación monoposte en redes de electrificación suburbanas monofilares, bifilares y trifilares, de 7.6, 13.2 y 15 kV. En redes trifilares se pueden utilizar transformadores trifásicos o como alternativa un banco de 3 transformadores monofásicos.

Actualmente están instalados 66 transformadores convencionales en todo el circuito de recorrido del alimentador. Se puede decir que existe un número significativo si se tiene en cuenta el tiempo de funcionamiento que sobrepasa el tiempo de servicio para el cual están previstos.

1.3. Redes secundarias

Los alimentadores o redes secundarias distribuyen la energía eléctrica desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los usuarios. En la mayoría de los casos estos alimentadores secundarios son circuitos radiales, salvo en los casos de las estructuras subterráneas malladas (comúnmente conocidas como redes automáticas) en las que el flujo de energía no siempre sigue la misma

dirección. Los alimentadores secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden clasificar en:

1. Monofásico dos hilos.
2. Monofásico tres hilos.
3. Trifásico cuatro hilos.

Para conocer las ventajas técnicas y económicas inherentes a los alimentadores secundarios de distribución se deben realizar estudios comparativos que esclarezcan estos méritos y permitan seleccionar el sistema de distribución más adecuado a las necesidades del caso.

Es muy común ver en las redes secundarias del alimentador la utilización del cable de aluminio desnudo 1/0 mientras que en la cabecera parroquial de Viche se lo está reemplazando por el conductor pre-ensamblado antihurto.

1.3.1 Acometidas

PANSINI, Anthony J (Tomo 2), manifiesta: “El circuito entre la línea de la compañía y la instalación eléctrica del abonado se denomina acometida. La acometida del abonado o conexión es el conjunto de conductores que se derivan de la red secundaria y se conecta a la instalación del usuario. Estos conductores se conocen también como bajada de acometida y es el último eslabón del trayecto que recorrer la energía eléctrica para llegar al usuario”.

Se puede definir como: la unión que existe entre el circuito de conexión perteneciente a la empresa distribuidora y la instalación a cual se provee de energía del usuario. Los conductores con lo que se representa esta conexión son el último proceso con el que la energía brinda el servicio a los usuarios.

Las acometidas son las partes que unen al sistema de distribución de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario. Las acometidas se pueden proporcionar a la tensión primaria (media tensión) o la tensión secundaria (baja tensión), esto depende de la magnitud de la carga que el usuario requiera ante la empresa suministradora del servicio.

1.3.1.1. Equipos de medición

La medición puede ser en media tensión o en baja tensión dependiendo del tipo de acometida de servicio que requiera el usuario. Los equipos de medición son aparatos que miden la demanda máxima y los consumos de energía activa o reactiva o las dos. La medida de energía puede ser realizada en función del tiempo y puede o no incluir dispositivos de transmisión de datos.

1.3.1.2. Flujos de carga

Los flujos de carga son de gran importancia para la planificación y diseño de un sistema eléctrico de distribución, dando como resultado el comportamiento real del sistema y poder establecer mediante un análisis de las mejores condiciones de operación de los mismos. Además cuando existe expansión del sistema o incremento de carga se utilizan para analizar los nuevos estados del sistema ya sea en condiciones normales o de emergencias.

El cálculo del flujo se lo puede realizar en forma manual o con programas computacionales; sin embargo, es recomendable la utilización de un computador digital debido: a la magnitud de los sistemas actuales, a la gran cantidad de información que se procesa, al gran número de ecuaciones que se deben resolver, así como a la exactitud que se requiera dar a los problemas.

Para analizar un flujo de carga, es necesario disponer de cierta información general del sistema como: diagrama unifilar, parámetros eléctricos, estructuras de soporte, características de los diferentes conductores, nodos, tipos de carga, valor de la demanda (activa como reactiva) en cada nodo, etc. Entre otros, los resultados que se obtiene de un estudio de flujos de carga son: el voltaje (en ángulo y fase), corrientes que fluyen en cada línea y pérdidas de potencia. Cabe mencionar que la calidad de los resultados obtenidos depende en gran parte de la validez de los datos de entrada.

El estudio de análisis de flujos de carga se realizó en el programa computacional CYMDIST con datos proporcionados previa autorización de la administración para su utilización en la presente tesis, es por este motivo que se cuenta con resultados de gran validez para su posterior aplicación en el problema actual.

1.4. Factor de Potencia

1.4.1. Índice de Calidad

Según, REGULACIÓN ARCONEL-004/01,2001, ESTABLECE: Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

En los datos proporcionados por el programa CIMDIST se puede apreciar que existe un incumplimiento en el índice de calidad ya que está por debajo del 5%, lo que demuestra la necesidad de mejorar la distribución y calidad de la energía.

1.4.1.1. Medición

Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del servicio de Electricidad, el distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante registros en periodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

Actualmente la CNEL EP ESMERALDAS al igual que todas las empresas distribuidoras están renovando la instalaciones de monitoreo de las diferentes subestaciones con un operador de guardia, que informa cualquier novedad y mantiene los registros de las mismas.

1.4.1.2. El factor de potencia

“Según, FLOWLER, Richard, (Electricidad: principios y aplicaciones, 2000) dice: la relación de la potencia real con la aparente en un circuito se conoce como el factor (FP). Ya que esta relación da el $\cos\Phi$, el FP es precisamente otra manera de especificar el $\cos\Phi$. También se lo puede definir como el coseno del ángulo de fase existente entre el voltaje y la corriente cuando las ondas sinusoidales puras”. pág. 198.

En pocas palabras, no es más que la relación entre la potencia activa (W, kW o MW) y la potencia aparente (VA, kVA, MVA), determinada en el sistema o en uno de sus componentes, como se muestra en la siguiente ecuación. 1.

Ecuación N° 1 Cálculo del Factor de Potencia (FP)

$$\cos\Phi = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

La incidencia más importante del factor de potencia es en el porcentaje de pérdidas y en la regulación de voltaje y por lo tanto, en la calidad y economía del servicio eléctrico.

Para sistemas de distribución se fija un valor mínimo de 0.9 para el factor de potencia. En el caso de tener valores inferiores a este se deberá corregir este factor por parte de los usuarios, por parte de la empresa electrificadora o por ambos.

En redes que alimentan usuarios industriales se fija un 0.85 como mínimo.

En el presente trabajo corregimos el factor de potencia mediante la instalación de bancos de condensadores, en las acometidas de los usuarios cuyas cargas así lo requieran, o en los circuitos primarios. Es muy importante calcular bien los KVAR a compensar y la ubicación de los bancos de condensadores dentro del sistema.

1.6. Marco conceptual de la variable dependiente

Calidad de energía eléctrica.

1.6.1. Calidad de servicio eléctrico de distribución

Según **Regulación No. ARCONEL -004/01**, se establecen los niveles de voltaje de calidad de la presentación del servicio eléctrico de distribución, en la cual se menciona:

Responsabilidad y Alcance

Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los

niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concepción y las Regulaciones correspondientes.

Organismo Competente

El cumplimiento de los niveles de Calidad de Servicio será supervisado y controlado por el Consejo Nacional de Electricidad ARCONEL, a través de los índices que se establecen en la regulación **No. ARCONEL-004/01**.

Aspectos de Calidad

La Calidad de Servicio se midió considerando los aspectos siguientes:

Calidad del producto:

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones de voltaje
- c) Factor de potencia

Calidad del servicio Técnico:

- a) Frecuencia de interrupciones
- b) Duración de interrupciones

Calidad del servicio Comercial:

- a) Atención de solicitudes
- b) Atención de reclamos
- c) Errores en medición y facturación

Calidad del producto

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlaran son el nivel de voltaje las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran

corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del ARCONEL al momento que se le requiera.

Nivel de voltaje

Limites

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes el servicio de suministro muestra datos bajos a los límites de voltaje.

La tabla 1.2 muestra las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal donde se puede notar los rangos admisibles para no ser penalizados por el ente regulador, empleados por las diferentes empresas distribuidoras.

TABLA 1. 2 VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Alto Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: Regulación No. ARCONEL-004/01 (02/07/2015)

1.6.1.1. Calidad de la energía

Según Tapia Andrés y Vilcacundo Marcos (2014), en su tesis denominada Estudio de la proyección y determinación del crecimiento de la demanda por tipo de usuario, con la inclusión de la cocina de inducción, en el Alimentador Picaihua a

13,8 kV de la Subestación Oriente, perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., manifiesta:

“La calidad de energía eléctrica es la ausencia de interrupciones, sobrevoltaje, deformaciones producidas por armónicos en la red y variaciones de voltaje dirigidas al usuario. Tanto como estabilidad de voltaje, frecuencia y confiabilidad del servicio eléctrico ininterrumpido.

Los disturbios en los elementos indicados no solo afectan a los aparatos eléctricos de los consumidores, si no también dañan la correcta operación de la red de suministro eléctrico. Estos disturbios producen inconvenientes como:

- a) Operación errónea de controles remotos.
- b) Sobrecalentamiento de cables.
- c) Incremento de las pérdidas reactivas de los transformadores y motores.
- d) Errores en medición.
- e) Operación errónea de sistemas de protección.

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Cuatro parámetros pueden servir como referencia para clasificar los disturbios de acuerdo a su impacto en la calidad de la energía:

- Variaciones de frecuencia que raramente ocurren en sistemas alimentados por las compañías suministradoras, siendo más común que se encuentren en sistemas aislados de motor-generador en los que las variaciones de carga provocan variaciones de frecuencia.

- Variaciones de amplitud pueden ocurrir en diferentes formas y rangos de duración que van desde transitorios de muy corta duración hasta condiciones de estado estable.
- Variaciones en la forma de onda de voltaje o corriente producidos por cargas no lineales, denominada distorsión armónica, siendo una condición de estado estable.

Actualmente los desbalances entre las fases de un sistema polifásico causado principalmente por la operación de cargas monofásicas desiguales que afectan principalmente a máquinas rotatorias y circuitos rectificadores trifásicos.

Según J. BALCELLS, Joseph (2001) “Los problemas de la no calidad son un factor más dentro del costo de la energía eléctrica y como tal deben ser considerados dentro del concepto del uso racional de la energía”.

Para este autor “los problemas de no calidad” afecta al costo de la energía por tal razón se deberá dar importancia al uso racional y eficiente de la energía.

El término calidad de energía según (ARCONEL regulación 004/01) hace referencia a los estándares mínimos que deben cumplir las Empresas Distribuidoras y Comercializadoras para ofrecer a sus usuarios un suministro eléctrico continuo, y confiable.

ARCONEL es el ente regulador y controlador del Estado Ecuatoriano en lo que a energía eléctrica se refiere, Por lo tanto exige a las empresas distribuidoras o comercializadoras de energía del país, el cumplimiento de las leyes y regulaciones concernientes a ofrecer a los usuarios un servicio de energía con niveles mínimos de calidad en cuanto a servicio y producto.

Según la Universidad Miguel Hernández de Elche en su artículo, “Servicio de Planificación y Calidad”, La definición de la calidad de la energía es muy amplia, pero se puede definir como “la ausencia de interrupciones, sobre voltajes, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario. Además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Actualmente la calidad de la energía es el resultado de una atención continua”. pág. 1

En años recientes, esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las cuales, por sí solas resultan ser una causa de degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Debido a la importancia que representa la energía eléctrica en nuestra vida, la cual es usada en la iluminación, en la operación de diversos equipos, vídeo, aire acondicionado y sistemas de cómputo, así como en procesos industriales como de servicio, es importante contar con una buena calidad de energía. La energía eléctrica además se ha empleado en la fabricación de la mayoría de las cosas que utilizamos. Por consiguiente los disturbios y variaciones de voltaje que se producen en la red eléctrica afectan directamente al usuario.

Podemos decir, que el objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario, y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan en el lado del sistema de la compañías suministradoras de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de energía eléctrica con calidad.

1.6.1.1.1. Tres perspectivas de calidad de la energía eléctrica

El problema de la calidad de energía tiene tres perspectivas diferentes:

- Primera, es la que corresponde a los usuarios después del medidor, y es la que produce el impacto de los disturbios en los equipos.
- Segunda, también del lado de los usuarios, los fabricantes de equipos deben conocer los niveles de estos disturbios y la frecuencia con que ocurren, para así determinar una tolerancia razonable para sus equipos.
- Tercera, la que concierne a ambos lados del medidor, está dada en que los disturbios causados por un usuario afectan a otros usuarios que están conectados a la misma red eléctrica de suministro.

La figura 1.8 muestra los tres aspectos de la calidad de servicio.

FIGURA N° 1. 8 CALIDAD DE SERVICIO



Fuente: <http://www.slideshare.net/fnuno/calidad-de-la-energia-electrica-en-la-industria-y-sus-soluciones>.

1.6.1.2. Limite

El valor mínimo es de 0,92.

Es importante normar la calidad de energía que se suministra al usuario tanto para las empresas distribuidoras que comercializan con el servicio eléctrico, como para los usuarios que podrían contaminar el suministro con el uso de motores, sueldas

eléctricas, equipos electrónicos, etc. El incumplimiento o inobservancia por parte del usuario a la regulación revisada es causal de multas o sanciones, por lo tanto es deber del consumidor tomar las medidas pertinentes, con el fin de que las perturbaciones producidas no afecten a usuarios aledaños a la instalación, vecinos, y al sistema.

1.6.2. Clasificación de las cargas de acuerdo a la confiabilidad

1.6.2.1. Cargas de primera categoría

Son aquellas en las que una interrupción corta en el suministro de energía eléctrica causa importantes perjuicios al consumidor (riesgo de muerte, daños en procesos de fabricación en masa, daños a equipos costosos como computadores y máquinas controladas por sistemas electrónicos, centros hospitalarios, sistemas masivos de transporte, etc). Estas cargas deben tener sistemas alternos de alimentación con conmutación automático y plantas de emergencia (autogeneración).

En pocas palabras, son todas las industrias, empresas, negocios, que puedan tener grandes daños materiales en caso de una interrupción, Para poder mantener un buen servicio y evitar pérdidas materiales en las industrias y/o negocios es necesario tener un sistema alternativo, que responda en el momento de la interrupción, para evitar los daños que se puedan ocasionar con dicha interrupción.

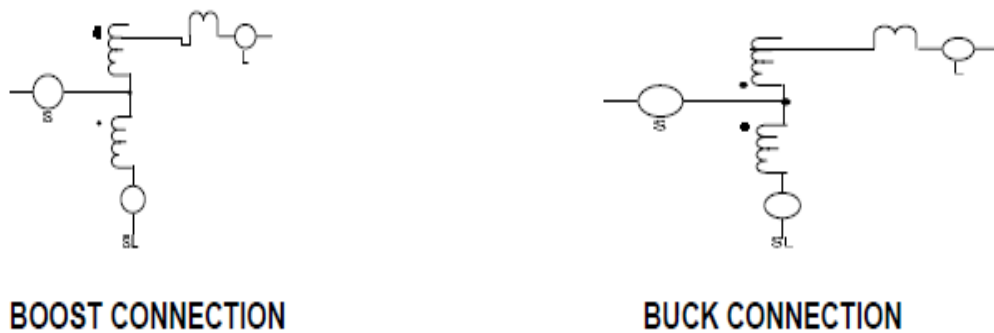
1.6.3. Reguladores de Voltajes

Los reguladores de voltaje son autotransformadores que ajustan los TAP automáticamente, comúnmente los reguladores proveen un rango de +- 10% con 32 pasos, cada paso es 5/8%, el cual es el 0.75 voltios a una escala de 120 voltios. Un regulador monofásico tiene tres terminales la fuente (S), la carga (L) y fuente

de carga (SL). En el grafico 1.9 se puede observar un regulador tipo A, ANSI con los TAPS en el lado de la carga. Un regulador tipo B de diseño invertido tiene los Taps en el lado del bushing de la fuente. El controlador de regulador mide la corriente con un CT (Transformador de corriente) en el terminal de carga (L) y mide el voltaje con un PT (transformador de potencial) entre la carga y la fuente de carga (L Y SL).

Los reguladores tienen un switch reversible que puede ajustar la serie entre las conexiones (Boost conector y Back conector). Ver la figura 1.9.

FIGURA N° 1. 9 REGULADORES TIPO A Y B ANSI.



Fuente: TENELEMA, Jaime; TESIS. Calculo de regulación de voltaje y de corriente de cortocircuito del sistema Duran de EMELGUR, Guayaquil, 2008.

1.6.4. Ubicación Óptima de Capacitores

En los sistemas de distribución, la aplicación de capacitores es principalmente para el control de voltaje y reducción de pérdidas eléctricas; cuando se plantea un esquema de localización de capacitores persiguiendo alguno de estos fines se define como el objetivo primario de la compensación sea optimo puede conseguir los beneficios secundarios de mejora del factor de potencia a nivel sistema de distribución, la liberación de capacidad de los transformadores de la subestación,

el incremento de la capacidad de transferencia de los alimentadores y la reducción de cargos por alta demanda de reactivos.

Por estas razones la ubicación de capacitores juega un papel importante en la planificación y operación de los sistemas de distribución, debido a que estos implican una inversión y se debe proceder de una manera óptima para obtener el mayor beneficio, así la ubicación óptima de capacitores ha sido formulada como un problema de optimización convencionales son incapaces de resolverlo ya que es un problema combinatorio muy complejo por la cantidad de posibilidades que se puedan pre

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA, PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1. Metodología para el desarrollo del estudio

En este capítulo se define la metodología de la investigación, tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos que se van a utilizar, enfoque metodológico y la modalidad.

2.1.1. Levantamiento de información

Este trabajo contempla una investigación bibliográfica y de campo, para hacer un proyecto factible, como lugar base del estudio se toma el alimentador “VICHE” de la Subestación perteneciente a la CNEL EP ESMERALDAS.

La información correspondiente al alimentador “VICHE” como datos del alimentador y flujos de cargas, fueron proporcionados por el funcionario encargado previo a la respectiva autorización de cada uno de los responsables de las diferentes áreas.

2.1.2. Tipo de Investigación

Entre los tipos de investigación aplicada se encuentran:

Bibliográfica: la cual ayudó a establecer y conocer los criterios más importantes de la comunidad científica sobre el problema objeto de este estudio, posibilitando la relación con otras situaciones parecidas al tema que se trata en cuestión, ayudando en la búsqueda de las causas en situaciones de estudio real.

De campo: la observación se empleó en el análisis de alimentadores con la misma situación, con la idea de obtener información necesaria para el correcto funcionamiento en el simulador y observar la situación actual de las redes de distribución en estudio.

Con la investigación de campo se hace referencia al análisis del problema planteado en el lugar natural de los hechos; o sea, en donde se dan los sucesos o fenómenos para recabar información con la idea de descubrir, detallar las causas y efectos, e intentar comprender su naturaleza e incidencias, etc.

2.1.3. Variable de investigación

Variable Independiente: Análisis de las pérdidas del sistema eléctrico del Alimentador “Viche” perteneciente a la CNEL EP ESMERALDAS en el periodo 2013-2014

Variable Dependiente: El mejoramiento de la calidad de energía eléctrica se analizó por los niveles y caídas de voltaje en el sistema.

Unidad de observación: Sistema eléctrico de Alimentador “Viche” de la Subestación Perteneciente a la CNEL EP ESMERALDAS.

Términos de relación: la, al, influye en la.

2.1.4. Indicadores

Variables Independientes: Calidad de energía eléctrica (potencia, voltaje....)

Variable Dependiente: El mejoramiento de calidad de energía eléctrica del sistema (Niveles y caídas de voltaje).

2.1.5. Operacionalización de la variable independiente

TABLA 2. 1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE INDEPENDIENTE: Análisis de las pérdidas del sistema eléctrico del Alimentador “Viche” perteneciente a la CNEL EP ESMERALDAS en el periodo 2013-2014			
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Se entiende por estudio, al análisis de información de un problema que se suscite en un lugar específico.	Recopilación de información del alimentador	Demanda (kW), Potencia Reactiva (kVAr), Voltaje (V), $\cos \Phi$	Técnicas de investigación de campo: la observación, entrevista Instrumento: Registro de observación, cuaderno de notas, mapas, entrevista estructura Técnicas de Investigación bibliográfica: Análisis de documentos. Técnicas de recolección de documentos: Excel, Word, Impresiones con datos de fuentes confiables. Software: CYMDIST
	Alcances del Alimentador	Mediciones Km, distancias	

ELABORADO POR: EL POSTULANTE

2.1.6. Operacionalización de la variable dependiente

TABLA 2. 2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad de energía eléctrica			
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
El mejoramiento de confiabilidad del sistema se analizara por los niveles y caídas de voltaje en el mismo.	Nivel de voltaje	Cargabilidad	Técnicas de investigación de campo: la observación, experimento Instrumento: Ficha de observación Técnicas de Investigación bibliográfica: Análisis de documentos. Técnicas de recolección de documentos: Excel, Word, Impresiones con datos de la simulación. Modelación y simulación con el software CYMDIST
	Caída de voltaje	Variación de voltaje	

ELABORADO POR: EL POSTULANTE

2.2. Instrumentación y Aplicaciones Informáticas.

2.2.1. Descripción de los paquetes computacionales (Software) CYMDIST.

Para la simulación de sistemas de distribución se utiliza el software CYMDIST, el que permite crear escenarios hipotéticos de futuras proyecciones en la red, siendo importante para estudiar y simular el comportamiento de las redes de distribución de energía eléctrica.

El módulo cumple las funciones del análisis de flujo de carga, cortocircuito, optimización de la configuración eléctrica. Su objetivo es analizar el desempeño en régimen permanente del sistema de potencia bajo diversas condiciones de funcionamiento. Los módulos y funciones complementarias del software CYMDIST permiten realizar análisis más especializados como los de confiabilidad, contingencia de armónicos, optimización de la configuración del sistema eléctrico sugieren maneras de minimizar las pérdidas que se presenten.

La figura 2.1 muestra la pantalla de inicio del software Cymdist versión 5.04 utilizado para la simulación del alimentador en estudio.

FIGURA N° 2. 1SOFTWARE CYMDIST



Fuente: ELEPCO S.A.

2.2.3. Características y capacidades de CYMDIST.

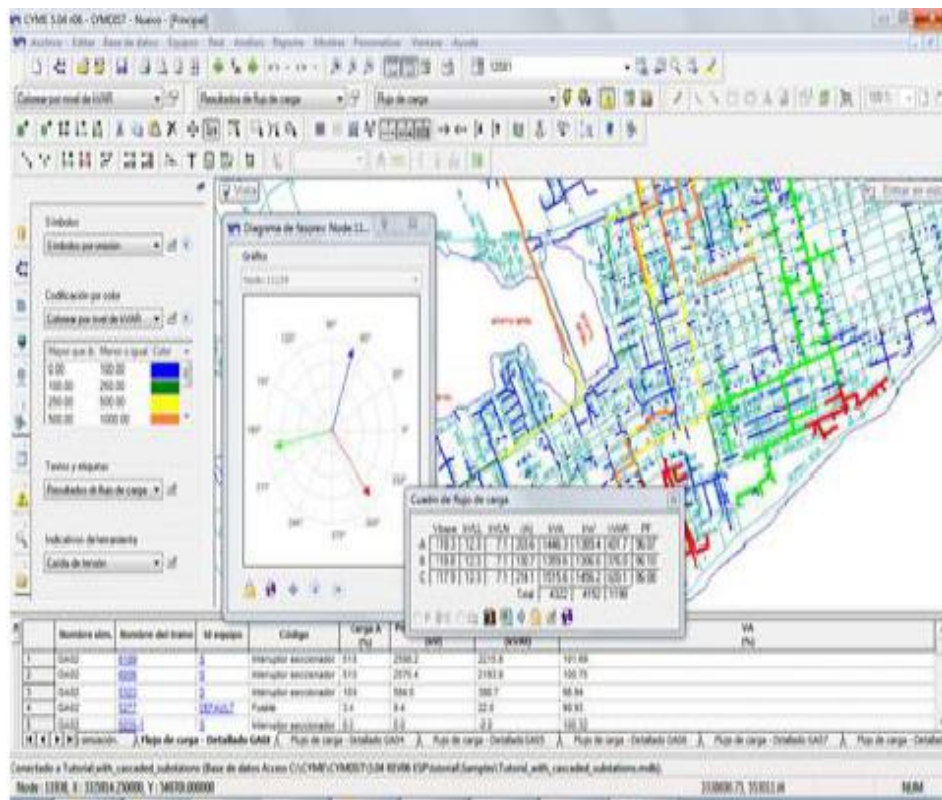
Características y capacidades de CYMDIST.

- Análisis de flujo de carga y de caída de tensión
- Cálculo de cortocircuito
- Dimensionamiento y ubicación óptima de condensadores
- Balance, distribución y evaluación de cargas
- Análisis de caída de tensión con perfiles
- Análisis armónico
- Optimización de la configuración del sistema eléctrico (puntos de conexión)
- Planificador de redes

- Modelación de la generación distribuida
- Restablecimiento de servicio
- Análisis de confiabilidad (Predictiva e histórica)
- Análisis de contingencias simples con restablecimiento
- Modelación de subestaciones y de subredes
- Análisis de redes secundarias malladas
- Evaluación de riesgos por relámpago de arco
- Coordinación de dispositivos de protección.

En la figura 2.2 se muestra la interfaz de CYMDIST la cual es bastante amigable con el usuario y permite realizar varios estudios.

FIGURA N° 2.2 INTERFAZ DE Cymdist



Fuente: <http://www.cyme.com/es/software/cymeditor/>.

En síntesis podemos manifestar que el espacio de trabajo del programa es totalmente personalizado. La representación gráfica de los componentes de la red, los resultados y los reportes puede crearse y modificarse con el fin de satisfacer el nivel de detalle requerido.

El estudio y análisis del alimentador “VICHE” de la subestación Propicia de la CNEL EP ESMERALDAS utilizando el programa CYMDIST mediante flujos de cargas para mejorar el nivel de voltaje en 13,8 kV es fundamental e importante, porque se cuenta con un estudio que sustenta las soluciones técnicas para brindar servicio de calidad a todos los clientes residenciales y comerciales ubicados en el centro de la urbe.

2.3. Aspectos Generales del CNEL EP ESMERALDAS

2.3.1. Antecedentes Históricos

La Empresa Eléctrica Regional Esmeraldas S.A. fue creada el 29 de marzo de 1963 con la participación accionaria del Ilustre Municipio de Esmeraldas e INECEL inicialmente y posteriormente el Honorable Consejo Provincial de Esmeraldas.

Actualmente las Empresas Eléctricas públicas del país están en el proceso de ser unificadas por lo que se las denomina como CNEL EP, razón por la que fue nombrada como CNEL EP SUCURSAL ESMERALDAS, se muestra en la figura 2.3.

FIGURA N° 2. 3 CNEL EP ESMERALDAS



ELABORADO POR: EL POSTULANTE

2.3.2. Situación Actual

El área de servicio de la actual CNEL EP ESMERALDAS (antiguamente Empresa Eléctrica Regional Esmeraldas S.A.) de la Provincia de Esmeraldas, comprende la matriz de la ciudad de Esmeraldas y cinco agencias ubicadas en los siguientes cantones: Cantón Quininde, Cantón Eloy Alfaro, Cantón San Lorenzo, Cantón Atacames, Cantón Muisne y Cantón Rioverde, exceptuando los sectores de la Concordia, La Unión y La Independencia.

La población beneficiada por la Empresa es aproximadamente 285 mil habitantes, lo que representa el 73 % de la población total.

El número de trabajadores, empleados y funcionarios es de 160, en la matriz, con un total de 300, distribuidas en las diversas sucursales de las cabeceras cantonales de la provincia.

Dedicación

Suministrar y distribuir Energía Eléctrica.

Ubicación geográfica, Jurisdicción:

País: ECUADOR

Provincia: Esmeraldas

Ciudad: Esmeraldas

Dirección: Matriz: Esmeraldas, Espejo y río Cayapas. Quininde, Av. 6 de Diciembre frente al Cementerio General de Quininde.

Cobertura de la empresa

En la actualidad, la Empresa Eléctrica Regional Esmeraldas por la nueva resolución y la fusión entre las diferentes empresas Eléctricas del País en esta ocasión del sector Costero o Litoral, ha tomado el nombre de CNEL, donde su cobertura es muy amplia y fundamental para el desarrollo de la economía del pueblo ecuatoriano, debido a que posee como su principal proveedor de energía a la Central Térmica “TERMOESMERALDAS” considerada una de las más grandes del país, con el mayor aporte de diferentes niveles de voltaje al Sistema Nacional Interconectado y con el mayor índice de generación de 132 MW.

2.3.3. Misión

Proveer el servicio público de energía eléctrica con calidad, para satisfacer el confort y desarrollo de los consumidores; contando para ello con presencia nacional, talento humano comprometido, tecnología, innovación y respeto al ambiente.

2.3.4. Visión

Ser la empresa pública de distribución y comercialización de energía eléctrica del Ecuador, referente de calidad, cobertura y eficiencia, empleando para ello la tecnología y el talento humano contribuyendo al buen vivir.

2.3.5. Análisis de los parámetros de campo

Las redes de distribución tienen un nivel de voltaje de 13,8 kV, debido al nivel de voltaje de operación se considera tan solo como líneas de media tensión.

De esta red de distribución analizaremos la situación actual, el tipo de fase y su longitud, las características del lugar por donde este alimentador atraviesa los pueblos, y el beneficio a los habitantes.

Se realizará una breve descripción y análisis de los niveles de voltaje de la cabecera del alimentador y el punto final en el circuito.

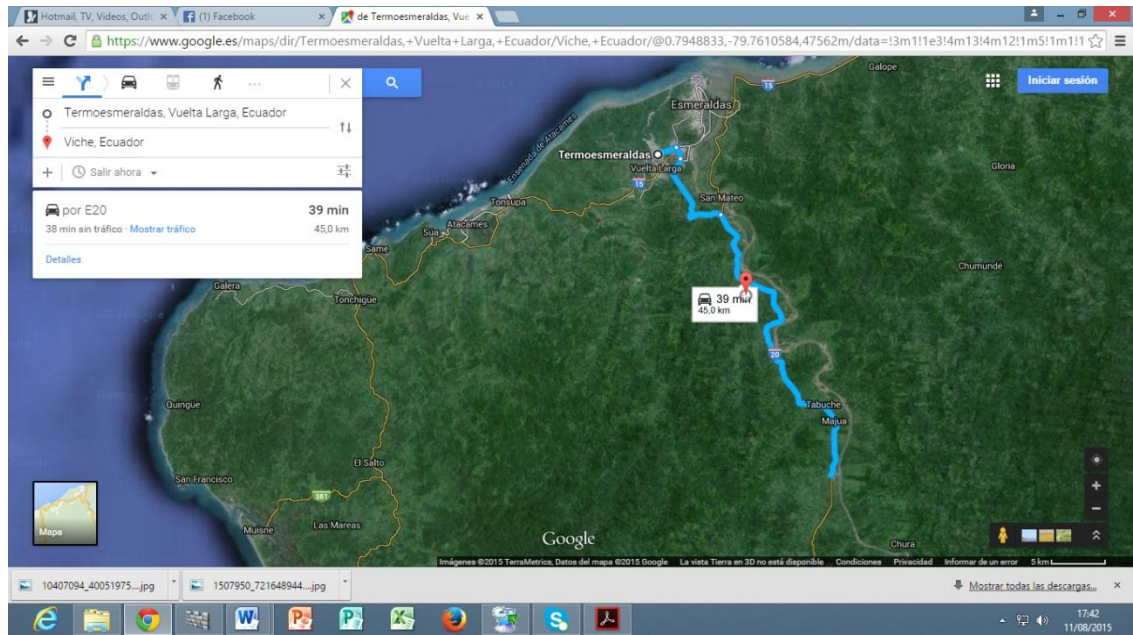
TABLA 2. 3 LONGITUD DE LA RED DE MEDIO VOLTAJE DE ACUERDO AL TIPO DE FASE

Tipo	Longitud Km
Monofásico	366,2346
Bifásico	0,1861
Trifásico	98,9902
Total	465,4109

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

En la figura 2.4 se puede visualizar el alcance de la red de medio voltaje del alimentador desde el satélite de Google Earth, lo cual nos da una mejor vista de su trayecto.

FIGURA N° 2. 4 VISTA DESDE GOOGLE DEL RECORRIDO DEL ALIMENTADOR



Fuente: Google Earth

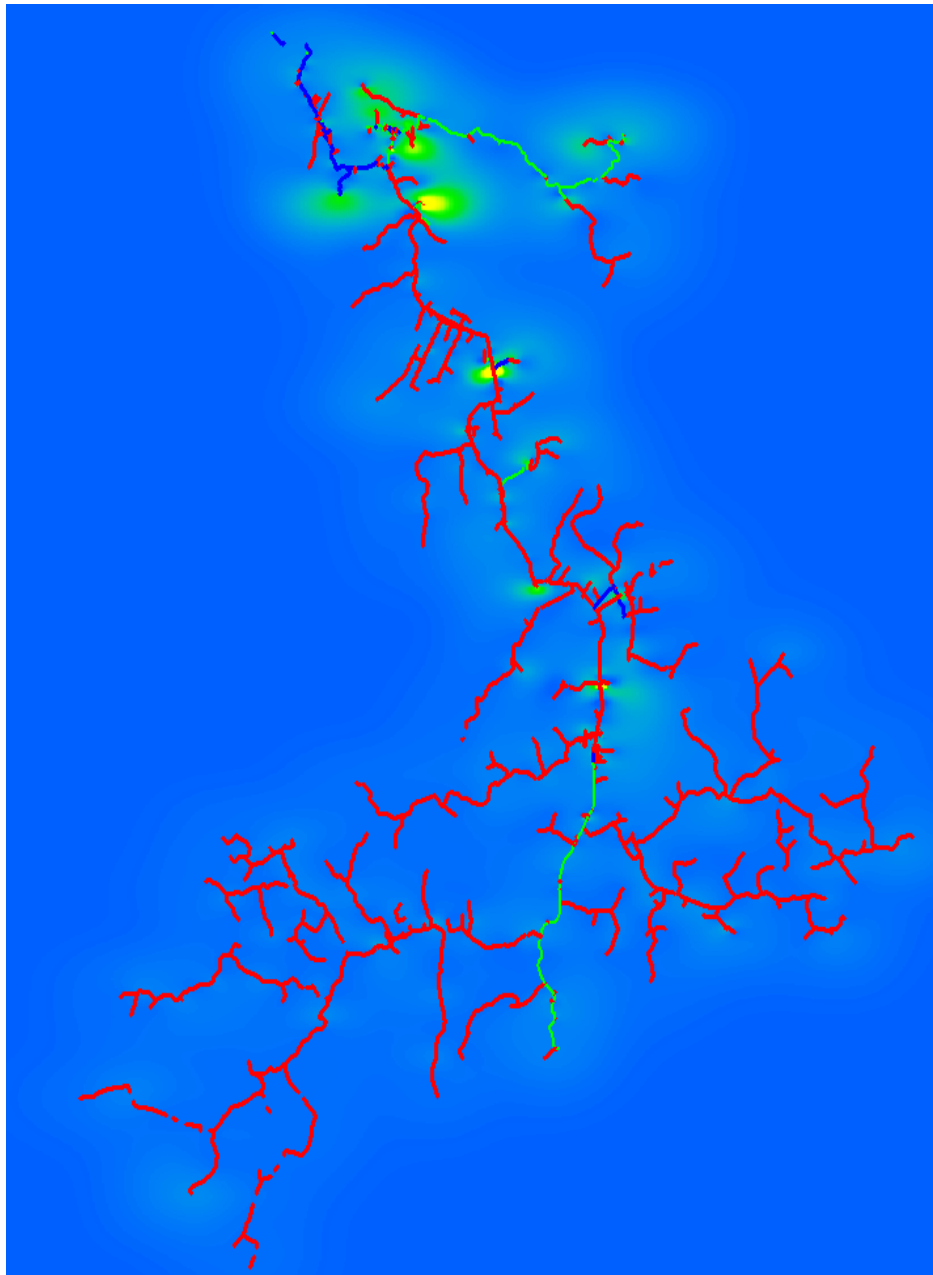
Seguidamente se detallan los tramos y la longitud de troncales trifásicas que se encuentra en el alimentador con propósitos de operación como se indican en el cuadro.

TABLA 2. 4 DISTANCIA DE TRONCALES TRIFÁSICOS DESDE LA S/E

Tramo	Longitud Km
S/E - Tramo 1 (Azul)	10,5502
Tramo 1 - 2 (Verde)	17,3949
Tramo 1 - 3 (Rojo)	47,2000

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

FIGURA N° 2. 5 TOPOLOGÍA ACTUAL DE LA RED EN MEDIA TENSIÓN



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

En la figura 2.5 podemos observar que existen tramos extensos que sobrepasan el límite y distancias de red permitida, con caídas de voltaje muy por debajo del rango aceptable, aparece con el color rojo y la aceptable de color verde.

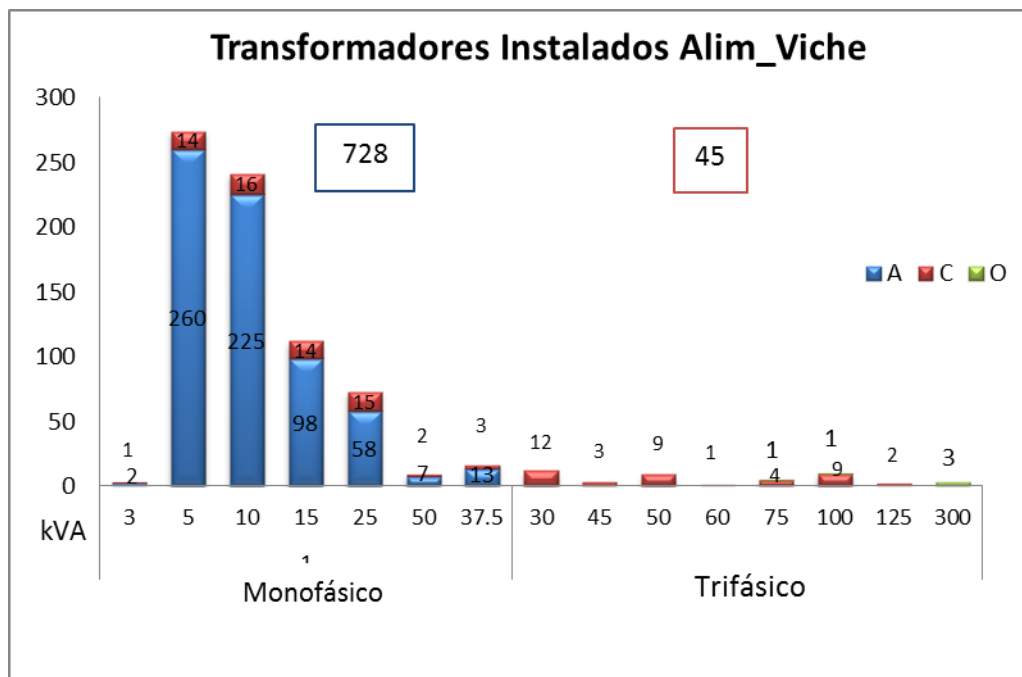
TABLA 2. 5 TRANSFORMADORES INSTALADOS ALIMENTADOR VICHE

kVA	Monofásico		kVA	Trifásico	
	Autop.	Conv.		Conv.	Padmonted
3	2	1	30	12	-
5	260	14	45	3	-
10	225	16	50	9	-
15	98	14	60	1	-
25	58	15	75	4	1
37.5	13	3	100	9	1
50	7	2	125	2	-
			300	-	3

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Descripción detallada de los transformadores instalados en el Alimentador Viche de acuerdo al tipo de fase y capacidad.

FIGURA N° 2. 6 TRANSFORMADORES INSTALADOS



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

De acuerdo a la figura 2.6, se puede notar que existe una diferencia elevada entre la cantidad de transformadores monofásicos instalados sobre los trifásicos.

TABLA 2. 6 CALIBRE DE CONDUCTOR DE TRONCALES TRIFÁSICOS

Tramo	Calibre Fases	Longitud Km
Tramo 0_1	ACSR.4/0	10,5502
Tramo 1_2	ACSR.3/0	0,1974
	ACSR.2/0	17,1975
Tramo 1_3	ACSR.4/0	0,0773
	ACSR.3/0	0,3533
	ACSR.2/0	13,9471
	ACSR.1/0	32,8223

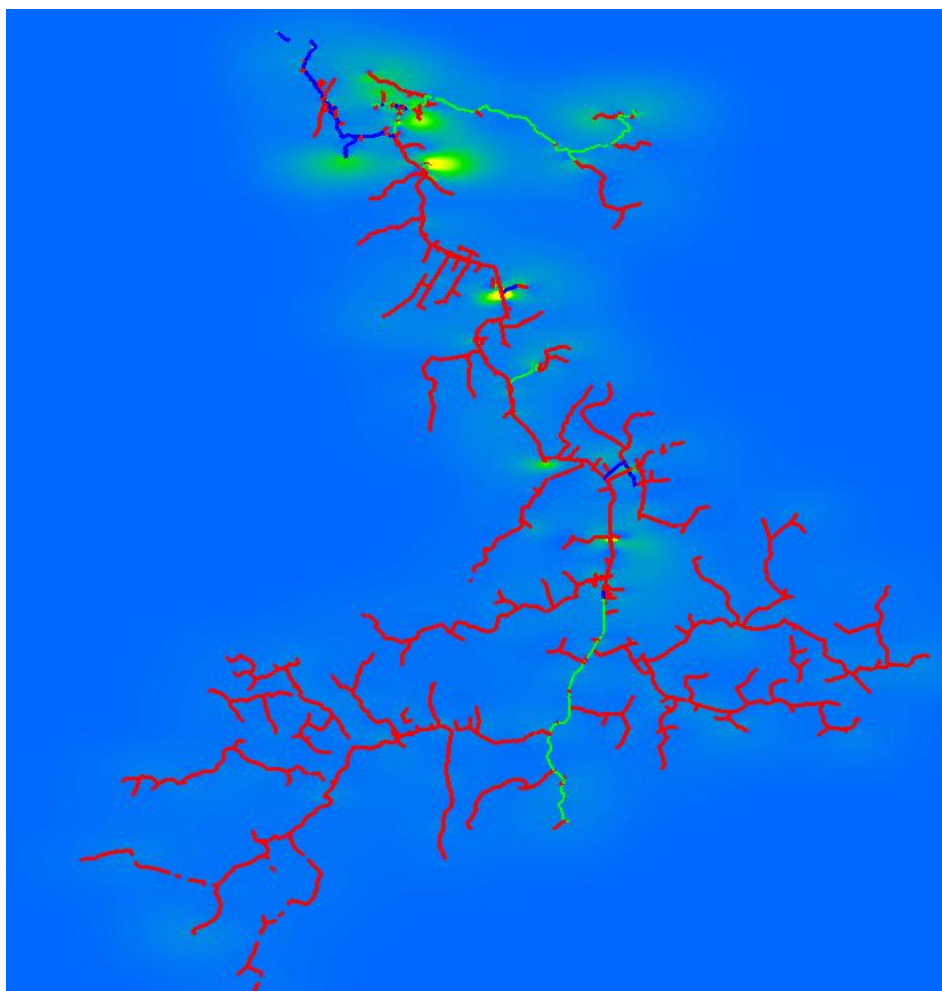
Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

2.3.6. Ingreso del diagrama unifilar al software CYMDIST

Con la información aportada por el departamento técnico de la CNEL EP ESMERALDAS, se procedió a dibujar los componentes del alimentador a nivel del primario en el programa de simulación CYMDIST.

El mencionado software cuenta con la ayuda gráfica donde podemos visualizar el estado de la topología actual red de distribución del alimentador, así como los diferentes componentes que fueron ingresados: transformadores, conductores, cargas, distancias, etc.

FIGURA N° 2.7 TOPOLOGÍA ACTUAL DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

En la figura 2.7 se puede ver que la mayor parte del recorrido de la red aérea del alimentador “VICHE” tiene conductores de aluminio ASCR de calibre 1/0, y en inicio y final del circuito el tipo de conductor ACSR 4/0.

2.3.7. Entrevista

Esta técnica fue utilizada con el Jefe del Departamento del Área Técnica (Anexo 3), la cual permitió obtener información desde el punto de vista de la dirección técnica, se realizaron diversas interrogantes que permitieran recabar la mayor cantidad de información posible necesaria para el estudio.

2.3.7.1. Ficha de entrevista

- 1) ¿Cree usted que es importante realizar el estudio de Análisis del Alimentador “Viche” de la Subestación Propicia de la CNEL EP ESMERALDAS utilizando el programa CYMDIST mediante estudios de flujos de cargas a nivel de 13,8 kV?
- 2) ¿Conoce usted el estado actual de las redes de distribución (13,8 kV) del alimentador Viche?
- 3) ¿Conoce usted si la empresa eléctrica ha realizado estudios sobre el estado y posibles soluciones para el mejoramiento de voltaje del alimentador Viche?
- 4) ¿A su criterio la CNEL EP ESMERALDAS en el alimentador Viche cumple con los parámetros de calidad de producto y servicio técnico de la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL?
- 5) ¿A su criterio el alimentador actualmente está en condiciones de conectar gran carga en cualquier punto sin tener que hacer adecuaciones para su funcionamiento?

2.3.7.2. Resultado

De la entrevista efectuada, se puede determinar lo siguiente:

Resultado:

Al analizar los resultados obtenidos de los diferentes criterios de la entrevista nos podemos dar cuenta que los estudios aportan en beneficio de los usuarios y de la empresa al contar con un estudio que servirá de pionero para su posterior aplicación en los diferentes alimentadores.

2.4. Hipótesis

Una vez realizado el estudio y análisis del circuito en cuestión, los resultados permitieron brindar una propuesta de solución para mejorar la calidad del servicio eléctrico a nivel de voltaje en 13,8 kV del alimentador “Viche” de la subestación Propicia al igual que la calidad de vida de los diferentes clientes.

2.5. Análisis del Alimentador “VICHE” de la Subestación perteneciente a la CNEL. EP ESMERALDAS

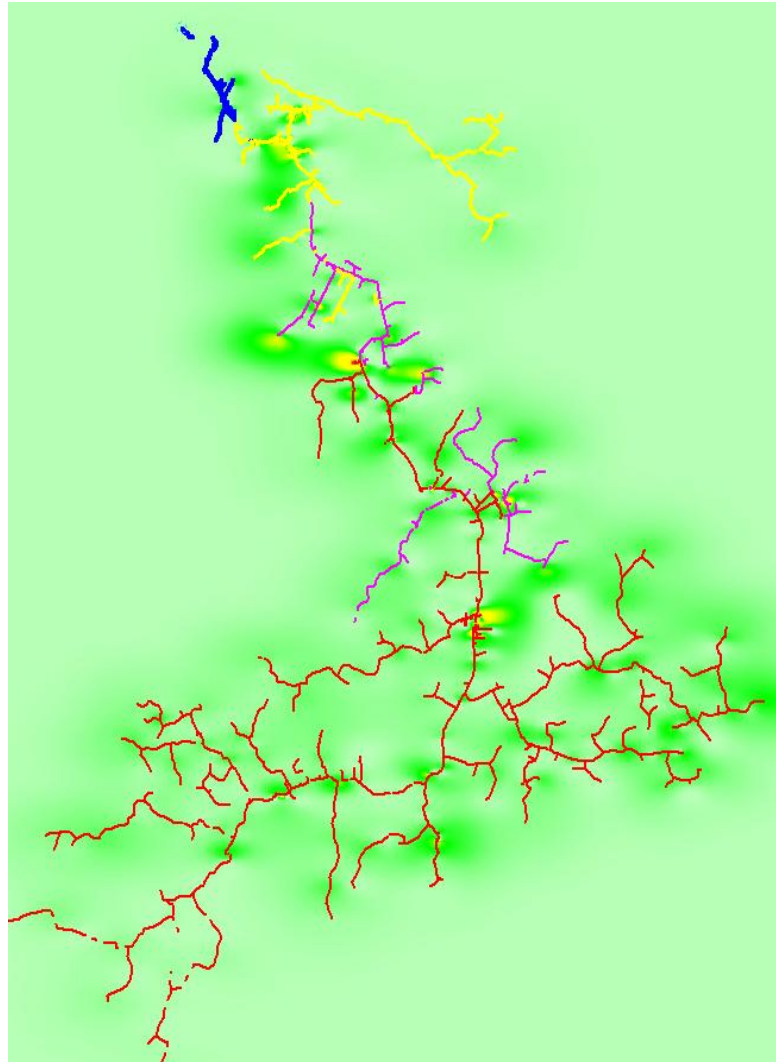
Esta área de estudio corresponde a la identificación de cada uno de los elementos que forman parte del sistema de distribución en estudio: subestación, alimentador, líneas de distribución, y las cargas, es importante la recopilación de información de cada uno de los parámetros de cada elemento para la modelación del sistema.

2.5.1. Análisis de flujo de voltaje del alimentador

El análisis de flujo de carga de la situación actual del sistema respecto de su configuración establecida es de la siguiente manera:

Con los datos de demanda máxima $D_{max}=2560$ kW $f_p=0.94$ (atrazo) y con el dato de capacidad instalada $P_{inst}= 11.886,50$ kW en transformadores de distribución, se ejecuta la distribución de carga asignando demandas en cada centro de transformación con un factor de planta de 0,2154 y se ejecuta en flujo de carga trifásico desbalanceado.

FIGURA N° 2. 8 SITUACIÓN ACTUAL DEL ALIMENTADOR



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

La figura 2.8 muestra la situación actual del alimentador, donde se reafirma el mal estado que presenta el mismo, por lo que es inevitable y urgente la remodelación de este, alegando además los extensos tramos que posee este circuito, los cuales propician incrementos de las pérdidas de forma general en la red que se estudia.

TABLA 2. 7 RANGOS ACEPTABLES CAÍDA DE VOLTAJE

<input checked="" type="checkbox"/>	Mayor que (%)	Menor o igual a (%)	Anchur	Color
<input checked="" type="checkbox"/>	0	85	2	Red
<input checked="" type="checkbox"/>	85	90	2	Magenta
<input checked="" type="checkbox"/>	90	95	3	Yellow
<input checked="" type="checkbox"/>	95	105	4	Blue
<input checked="" type="checkbox"/>	105	999999	5	Red

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Con el análisis de flujo de potencia y al tener un alimentador excesivamente largo, la caída de voltaje está por debajo de los rangos aceptables ya es menor o igual en su mayoría al 85%, y se puede apreciar en la tabla 2.7 señaladas por el color rojo.

TABLA 2. 8 REPORTE SUMARIO DEL FLUJO DE CARGA

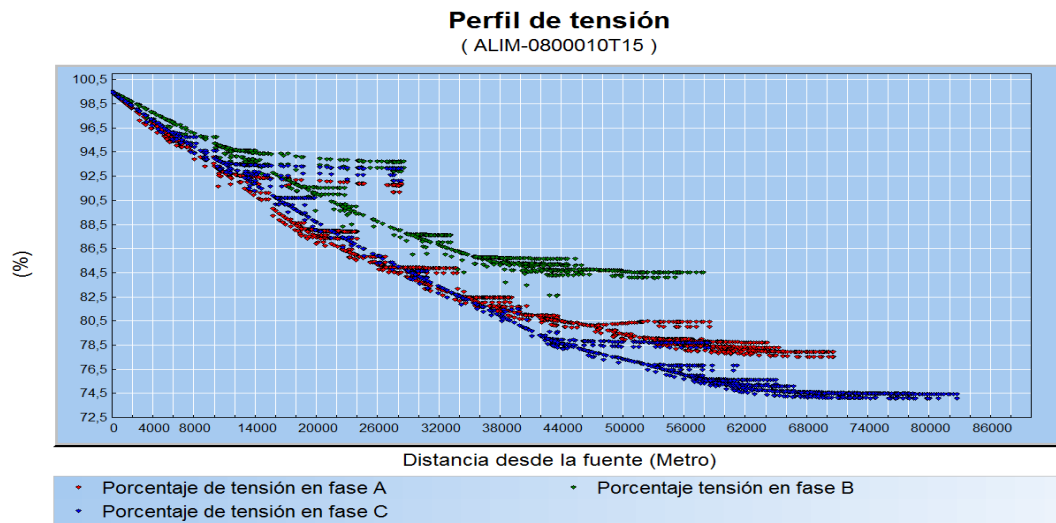
Parámetro	Voltaje			Corriente			Potencia		Perdidas
	V_ab [kV]	V_bc [kV]	V_ca [kV]	Ia [A]	Ib [A]	Ic [A]	Ptotal [kW]	Qtotal [kVAr]	
Cabecera	13,8	13,8	13,8	112,6	102,1	106,5	2403	878	277,94
Tramo 1	13,0	13,0	13,0	96,9	94,8	91,5			
Tramo 2	12,8	12,8	12,9						
Tramo 3	11,2	11,2	11,0						

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

De acuerdo a los datos proporcionado por la CNEL ESMERALDAS en la parroquia VICHE, en la punta del circuito, tenemos 11,4 kV en horas laborables lo que demuestra que en estos sectores es excesiva la caída de voltaje, puesto que está fuera de los rangos permitidos por el ente regulador ARCONEL, de tal manera que en horarios picos se ha de esperar caídas de voltaje de menor rango, al igual que en los extremos de la red del alimentador con un voltaje de 11 kV, resultado que se demostró tras la corrida de flujo del software CYMDIST y que se

muestra en la tabla 2.8. Donde podemos apreciar los tramos en la figura N° 2.5 datos de la tabla 2.4.

FIGURA N° 2. 9 RANGOS ACTUALES CAÍDA DE VOLTAJE



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

En la figura 2.9 se puede ver que existen datos porcentuales inferiores a 75% de caídas de voltaje, lo que demuestra la crítica situación del alimentador.

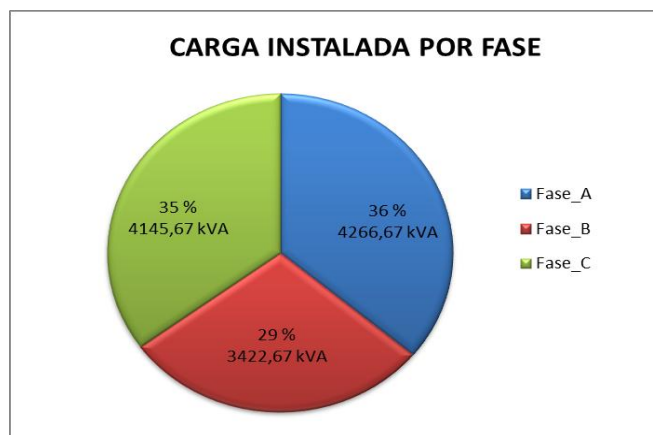
2.5.2. Análisis de carga instalada por fase

TABLA 2. 9 CARGA EN CABECERA DE ALIMENTADOR POR FASE

Fase A [kVA]	Fase B [kVA]	Fase C [kVA]
4266,67	3422,67	4145,67

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

FIGURA N° 2. 10 CARGA INSTALADA POR FASE



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

TABLA 2. 10 DISTRIBUCIÓN DE CARGA CONECTADA POR TRAMO

Tramo	kVA Fase A	kVA Fase B	kVA Fase C	kVA Fases ABC
Tramo 0_1	393	105	360	460
Tramo 1_2	348	516	238	1530
Tramo 1_3	2349	1625	2371	1540
Total	3090	2246	2969	3530

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Al contar con gran cantidad de transformadores monofásicos como podemos observar en la figura 2.6 existe un desbalance como se muestra en la tabla 2.10 y la figura 2.10.

TABLA 2. 11 REPORTES FLUJOS DE CARGA ACTUAL

Nombre Alim.	Nombre del tramo	Id equipo	Código	Carga Alim. (%)	Potencia del Alim. (kW)	Potencia del Alim. (kvar)	V Alim. (%)
ALIM-0800010T15	13480_MTS	3R400_125T	Reconectador	28,5	846	315,8	99,4
ALIM-0800010T15	133040_MTA	1A5T	Transformador	13,5	0,7	0,2	77,69

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

El reporte supera toda expectativa al tener un rango por debajo de 80% como se aprecia en tabla 2.11, circunstancia que provoca que el último usuario de esta línea en la hora pico tenga un servicio bastante deficiente; por lo cual, CNEL EP ESMERALDAS deberá considerar dentro del plan de expansión y mejoramiento del sistema, la mejor alternativa de estudio, con lo cual se garantizará un mejor servicio en lo referente a los niveles de voltaje.

2.5.3. Análisis y Diagnóstico de la Red de Medio Voltaje

La calidad de la energía eléctrica que una empresa distribuidora proporciona al consumidor final está determinada por las condiciones operativas de la red eléctrica de distribución, que a su vez depende de las características propias de construcción y de aquellas proporcionadas por las cargas que están siendo alimentadas. Es así que, este tema tiene como propósito el análisis y diagnóstico de la red de medio voltaje, para: determinar si operativamente presenta partes críticas, identificar los elementos en conflicto o con problemas y establecer las alternativas de solución. Todo esto, bajo la intención de mejorar la calidad del producto energético que el usuario final ha de recibir, refiriéndose principalmente a mantener los niveles de voltaje de la red dentro de los estándares permitidos por el organismo de control y regulación eléctrica ARCONEL.

2.5.4. Información

La información necesaria para este estudio fue: la topología de la red, disposición de conductores de línea, calibres y tipo de conductores, ubicación de los centros

de transformación MV/BV, tipo y potencia de los transformadores de distribución, valores de la demanda total y parámetros eléctricos característicos de conductores y transformadores.

2.5.5. Recopilación

Para obtener la información y su utilización, se realizó el trámite respectivo, obteniendo la aprobación de la administración actual de la CNEL EP ESMERALDAS, ya que las CNEL del país se encuentra en constante mejoramiento es por este motivo que se encuentra en el levantamiento de información de sus sistemas.

2.5.5.1. Manejo y Validación

Mediante programación en macros de Excel, se valida la información tabulada para determinar datos como de transformadores y reportes en tablas de porcentajes de la información.

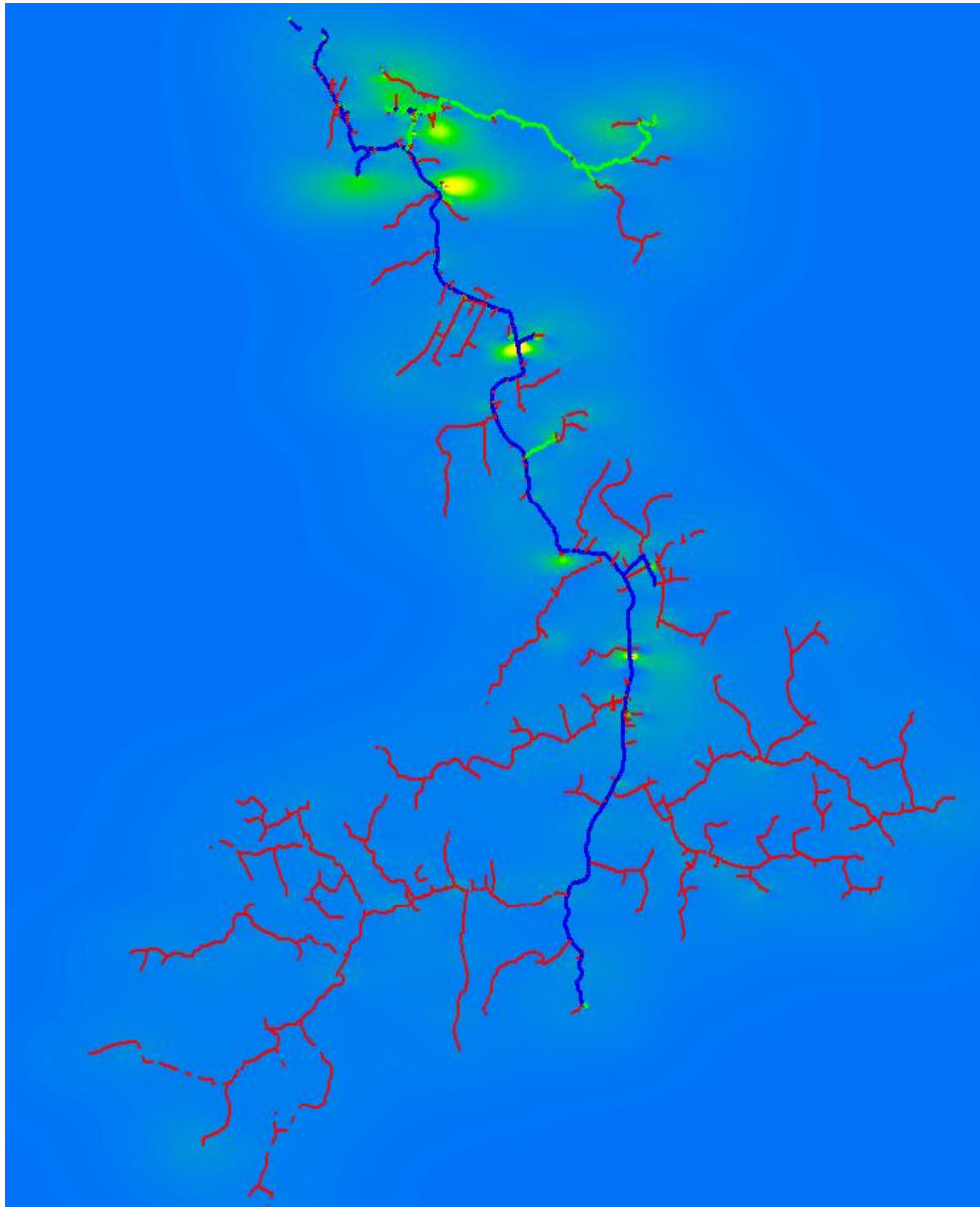
Con la información validada en tablas y en gráficos, se procede a modelar en un simulador de redes eléctricas de distribución.

2.5.6. Diagnóstico del Alimentador

El diagnóstico técnico de un circuito, requiere de exámenes específicos de cada uno de los elementos que lo conforman. Este análisis consiste en revisar detenidamente las condiciones operativas de cada uno de estos elementos, cuando la red trabaja en modo estable y en casos de contingencia y falla. Sin embargo, este trabajo no considera el análisis de la red para los casos de contingencia y

falla, porque estos casos se relacionan más con aspectos de confiabilidad y mejoramiento del nivel de voltaje en calidad de servicio técnico.

FIGURA N° 2. 11 TOPOLOGÍA DE LA RED ACTUAL CON EL CONDUCTOR A 4/0 AWG



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

En la figura 2.11 se observa el tramo actual con el calibre ACSR 4/0 de 10,5502 km reflejado en la tabla 2.12.

TABLA 2. 12 CALIBRE DE CONDUCTOR DE TRONCALES TRIFÁSICOS

Tramo	Calibre Fases	Longitud km
Tramo 0_1 (Azul Oscuro)	ACSR.4/0	10,5502
Tramo 1_3 (Azul Oscuro)	ACSR.4/0	47,1227

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

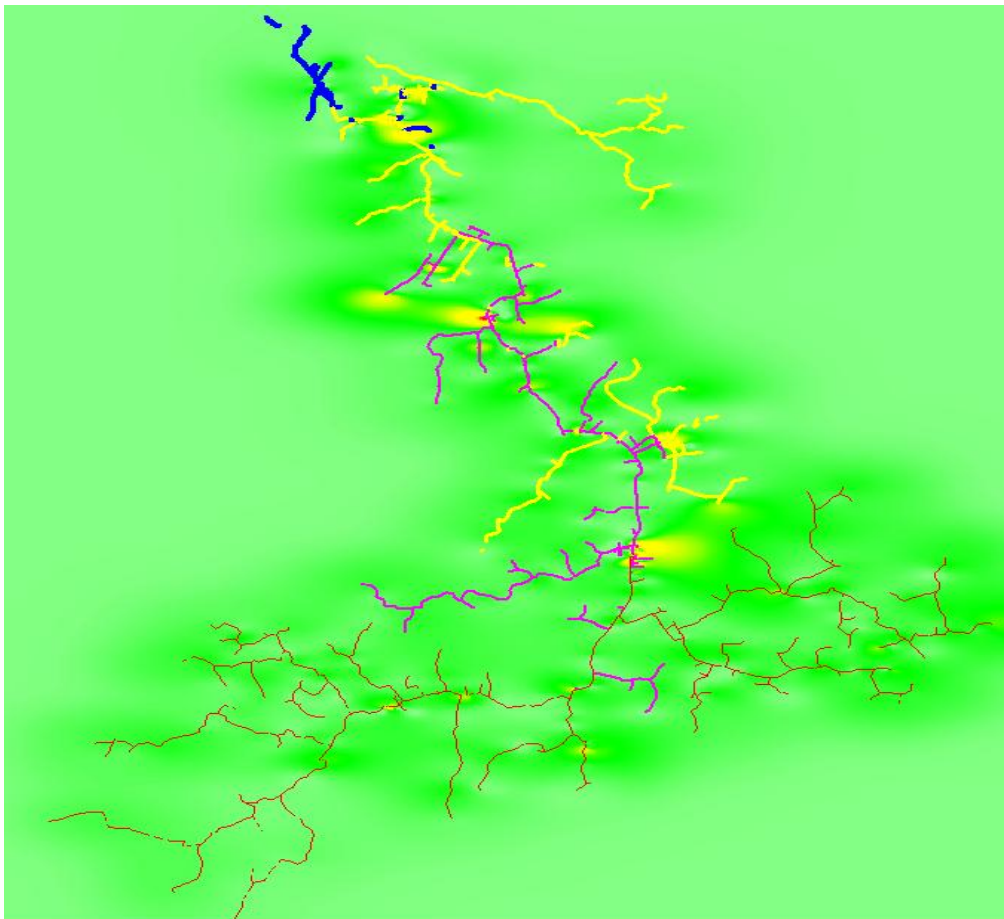
TABLA 2. 13 REPORTES FLUJOS DE CARGA CON CAMBIO DE CONDUCTOR A 4/0 AWG

Nombre Alim.	Nombre del tramo	Id equipo	Código	Carga Alim. (%)	Potencia del Alim. (kW)	Potencia del Alim. (kvar)	VAlim. (%)
ALIM-0800010T15	13480_MTS	3R400_125T	Reconectador	26,6	791,1	292,8	99,44
ALIM-0800010T15	96423_MTA	DEFAULT	Fusible	106,5	790,1	293	99,32
ALIM-0800010T15	108216_MTA	DEFAULT	Fusible	105,9	776,5	276,4	97,69
ALIM-0800010T15	103602_MTA	DEFAULT	Fusible	1,7	12,1	3,6	96,02
ALIM-0800010T15	103627_MTA	1A15T	Transformador	19	2,8	0,9	95,54
ALIM-0800010T15	103626_MTA	1A15T	Transformador	19	2,8	0,9	95,54
ALIM-0800010T15	133187_MTA	1A5T	Transformador	13	0,6	0,2	82,57
ALIM-0800010T15	132933_MTA	1A5T	Transformador	13	0,6	0,2	82,55
ALIM-0800010T15	132937_MTA	DEFAULT	Fusible	0,1	0,6	0,2	82,89
ALIM-0800010T15	132936_MTA	1A5T	Transformador	13	0,6	0,2	82,53
ALIM-0800010T15	132940_MTA	1A10T	Transformador	12,9	1,3	0,4	82,47
ALIM-0800010T15	132943_MTA	1A10T	Transformador	12,9	1,3	0,4	82,44
ALIM-0800010T15	132945_MTA	1A10T	Transformador	12,9	1,3	0,4	82,4
ALIM-0800010T15	132973_MTA	1A10T	Transformador	12,9	1,3	0,4	82,39
ALIM-0800010T15	132972_MTA	1A10T	Transformador	12,9	1,3	0,4	82,39
ALIM-0800010T15	132965_MTA	1A10T	Transformador	12,9	1,3	0,4	82,37
ALIM-0800010T15	133154_MTA	DEFAULT	Fusible	1,7	10,8	2,1	82,72

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Con el cambio de conductor por uno de mayor calibre (de ACSR 1/0 a ACSR 4/0), se logra principalmente, una mejora en cuanto a nivel de voltaje, pero aportaría en su mayoría en la parte técnica, debido a que la red se encuentra en pésimas condiciones como se puede observar en los Anexos 4 y 5, con lo cual aumenta y mejora la calidad de voltaje al 4,7% de, lo que se refleja en la tabla 2.13 sobre la actual, pero aún se mantiene bajos niveles de voltajes no aceptables por el ente regulador.

FIGURA N° 2. 12 VISTA PREVIA DEL ALIMENTADOR

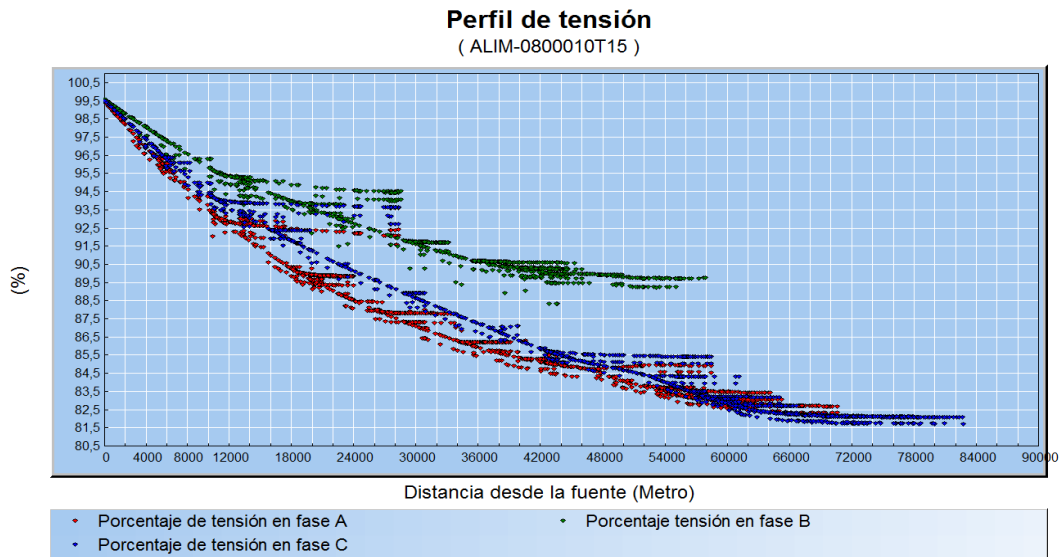


Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

La figura 2.12 muestra el tramo del circuito que se interviene, donde se mejora el nivel de voltaje a nivel del troncal cambiando el calibre del conductor, pero no es suficiente, ya que en los ramales se mantiene el bajo nivel exigido por el ente

regulador, adicionando los altos costos que se dan en esta alternativa de posible solución más adelante detallada.

FIGURA N° 2. 13 RANGOS CAÍDA DE VOLTAJE CON CAMBIO DE CONDUCTOR A 4/0 AWG



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

La figura 2.13 muestra por medio de la simulación, la caída de voltaje desde la cabecera hasta los límites de alcance del alimentador, donde se evidencia una mejora al realizar el cambio de calibre del conductor, sin embargo la caída de voltaje se mantiene fuera de los límites permitidos.

2.6. Verificación de la Hipótesis

Partimos desde la hipótesis planteada y luego del análisis e interpretación de los resultados de las posibles soluciones, para poder determinar la factibilidad de la ejecución del proyecto, respondiendo a la pregunta planteada:

Los resultados mejorarán la calidad del servicio eléctrico en 13,8 kV del alimentador “VICHE” de la subestación, al igual que la calidad de vida de los diferentes usuarios, una vez realizado el estudio y análisis del presente proyecto.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

EL AUMENTO DE VOLTAJE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL ALIMENTADOR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA COMO LA PUESTA DE REGULADORES, CAPACITORES, BALANCES DE CARGA Y AUMENTO DE CALIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIO VOLTAJE DEL ALIMENTADOR “VICHE” MEJORARA LA CONFIABILIDAD Y CALIDAD DE ENERGÍA SUMINISTRADA POR LA CNEL EP ESMERALDAS.

3.1. Presentación de la propuesta

En la actualidad las empresas están en un mejoramiento constante de sus instalaciones de suministro energético, en pos de optimizar la calidad del servicio eléctrico del sistema para brindar mejor calidad de energía a los usuarios, brindando así un bienestar personal y material. En consecuencia un servicio ineficiente produce malestar entre los usuarios pérdidas económicas y preocupación a más de penalizaciones por los entes reguladores.

Con los resultados de los estudios realizados en el flujo de carga del alimentador “VICHE” con ingresos de cargas proyectadas utilizando el software CYMDIST, se determinó las condiciones actuales del alimentador en cuanto al rango de caída de voltaje y su funcionamiento, se proponen las diferentes alternativas que brinden el mejoramiento de nivel de voltaje donde mantenga un rango aceptable y así contar con un servicio más eficiente.

3.2. Justificación

El estudio de la calidad del producto teniendo en cuenta el nivel de voltaje se está mejorando y renovando en todas las empresas distribuidoras, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio eléctrico a la red de medio voltaje, diseñada y construida bajo parámetros de regulación permitidos por el ente regulador del Sector Eléctrico Ecuatoriano (ARCONEL).

En los Sistemas Eléctricos de Distribución la reconfiguración de alimentadores primarios permite que mejoren los niveles de voltaje y se equilibre la carga de la red, utilizando para ello métodos para la simulación como ubicación de banco de capacitores, balanceo de carga, transferencia de carga Switching.

La CNEL EP ESMERALDAS al igual que las demás empresas distribuidoras no está libre de estos inconvenientes actualmente latentes en su sistema, el presente estudio de tesis sobre la red de medio voltaje propone la solución factible para mejorar el nivel de voltaje.

Con la simulación en el programa computacional CYMDIST, se analizó posibles soluciones a las causas de este problema actual de corrección en CNEL EP ESMERALDAS tales como:

- Balances de carga
- Ubicación de Capacitores y /o reguladores
- Aumento de fases
- Cambio de calibre de conductores

Una vez hecho el análisis del mejoramiento de voltaje del alimentador “Viche” de la subestación Propicia de la CNEL EP ESMERALDAS se cuenta con un estudio para su aplicación a los alimentadores restantes.

La estrategia que fue necesaria para el desarrollo de este proyecto es la investigación de campo, ya que primeramente se hará un análisis técnico de cada una de los alimentadores de la subestación con los datos proporcionados por el departamento de Área Técnica de la Empresa.

El recurso humano que se necesitó para llevar a cabo esta investigación, es el personal encargado del área técnica y subestación de la CNEL EP ESMERALDAS; que facilitaron la información de los alimentadores que fue necesaria para el estudio, y por supuesto todos los conocimientos técnicos tanto de nuestro asesor como por parte del postulante de este presente trabajo.

El tiempo estimado para realizar este proyecto de investigación fue de seis meses o un ciclo académico, el mismo que podría extenderse para la recopilación y análisis de la información.

Los diferentes tipos de beneficiarios son los clientes tanto urbanos como rurales que reciben la energía de la red de medio voltaje 13,8 kV, al proponer soluciones el servicio de energía eléctrica será de mejor calidad, mejorando su calidad de vida y así extendiendo la vida útil de operación de sus equipos y electrodomésticos. La otra parte beneficiada es la CNEL EP ESMERALDAS, ya que podrá contar con una base fundamentada para la toma de decisiones futuras.

3.3. Objetivos de la propuesta

3.3.1. Objetivo General

Determinar la solución más factible a emplearse en la red de 13,8kv del alimentador “VICHE” de la S/E Propicia en base a los parámetros eléctricos del sistema para mejorar el nivel de voltaje y de esta manera la calidad del servicio eléctrico.

3.3.2. Objetivos Específicos

- Utilizar el programa CYMDIST para correr flujos de carga.
- Proponer alternativas para mejorar la calidad de energía eléctrica.
- Evaluar costos e impacto de la calidad de energía eléctrica.

3.4. Alcance

El presente estudio comprende al sistema eléctrico del Alimentador Viche de la Subestación Propicia, debido a que suministrara energía a las diferentes sectores de las parroquias del Cantón Esmeraldas como es Viche, Cube, Chinca y San Mateo en el periodo 2013-2014 .

3.5. Análisis de factibilidad

El presente estudio reúne todas las condiciones para que se lleve a cabo en los diferentes aspectos administrativo, técnico y operacional, el desarrollo del presente trabajo investigativo ya que servirá como punto de partida para:

Encontrar la solución más viable para su ejecución y con ello mejorar la calidad de energía del sistema.

El estudio de análisis será punto de partida para el estudio y análisis de otros alimentadores en iguales o peores características.

3.5.1. Aspectos administrativos

El personal del área técnica de la CNEL EP ESMERALDAS tiene conocimiento de los problemas de bajo voltaje al contar con tramos sobredimensionados de las redes de distribución de los alimentadores de la Institución.

En la actualidad todas las empresas están en constante análisis de la información levantada ya que es primordial el mejoramiento del sistema al estar colapsado y la calidad de energía suministrada a los usuarios.

Los directivos de la Empresa están conscientes que es factible mejorar el sistema de suministro eléctrico que brinda a sus clientes especialmente a los que se encuentra en los extremos finales de la red al reportar voltajes muy debajo del rango aceptable.

El ARCONEL, propone la aplicación de la regulación 004/01 respecto a la calidad del servicio que las distribuidoras deben brindar a sus clientes, normando con valores de tolerancia al servicio energético recibido y en caso de registrarse transgresiones a los límites propuestos se aplicará sanciones y/o multas.

3.5.2. Aspectos Técnicos

Las posibles soluciones técnicas propuestas en este capítulo, una vez ejecutadas mostrarán resultados de mejoramientos inmediatos, mayor voltaje y la calidad de energía eléctrica en la red del alimentador.

Una vez comprobado los resultados del mejoramiento de nivel de voltaje, el personal técnico de la CNEL EP ESMERALDAS puede ejecutarlos en los diferentes alimentadores de las subestaciones.

3.5.3. Aspecto Operacional

Al llegar a implementarse alguna de las posibles de las soluciones propuestas en el presente estudio, las personas que habitan en las parroquias por donde pasa la red del alimentador se encuentren con la molestia de la suspensión temporal del servicio energético si existiese el cambio de conductor y la puesta de los reguladores y de capacitores, por lo tanto se cree que no existirá un rechazo por resistencia al cambio, al ser una propuesta encaminada a mantener estándares aceptables de operación y de voltajes del suministro eléctrico del alimentador.

3.5.4. Fundamentación Legal

El suministro de energía eléctrica en el Ecuador es un servicio público, el mismo que está regulado para que pueda llegar a su uso final bajo condiciones de calidad de energía aceptables, en los tiempos actuales donde la mayoría de equipos incorporan componentes electrónicos que si bien han ayudado a disminuir el consumo energético también han ayudado a que los mismos se vuelvan más susceptibles a cambios bruscos en el suministro, será importante tomar en consideración las características de la calidad del producto en los lugares extremos del alimentador donde un fallo en el suministro pueda perjudicar a varios individuos al igual que el bajo voltaje.

A continuación se presentan los diferentes artículos de la Constitución, leyes y regulaciones donde se evidencia lo antes mencionado pudiendo conllevar a sanciones la inobservancia a las mismas:

La constitución del Ecuador en su Art. 375, inciso 6, establece que: “El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizara el derecho al hábitat ya a la vivienda

digna, para lo cual garantizara la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y sub-centros de la salud públicos”.

La Constitución Política del Estado, Capítulo Quinto de Sectores Estratégicos, servicios y Empresas Públicas, en su artículo 314 plantea, “El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad eficiencia responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad”.

La Constitución Política del Estado, en el Capítulo primero de los Principios de aplicación de los derechos, artículo 11, inciso 9, establece lo siguiente: “El Estado, sus delegatorios, concesionarios y toda persona que actué en ejercicio de una potestad pública, estarán obligados a reparar las violaciones a los derechos de los particulares por falta o deficiencia en la prestación de los servicios públicos”.

El Reglamento de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica, en su artículo 77, literal b, indica las obligaciones de las empresas distribuidoras.- “El contrato de concesión incluirá los indicadores y los niveles para determinar el grado de cumplimiento por parte del distribuidor en la presentación del servicio al que contractualmente este obligado a prestar bajo condiciones de calidad y confiabilidad establecidas. Dichos índices deberán ser verificados por el ARCONEL a fin de asegurar la calidad del servicio, o en su caso, imponer sanciones de conformidad con lo establecido en este Reglamento y en el contrato de concesión”.

El reglamento de suministro del servicio de electricidad, Sección III Evaluación de la Prestación del Servicio, Art. 9.- Evaluación del servicio, manifiesta.- “Los distribuidores deberán proporcionar el servicio dentro de los niveles de calidad

exigidos en la regulación pertinente, para lo cual adecuara sus instalaciones, organizaciones estructura y procedimiento técnicos y comerciales”.

La regulación N° ARCONEL – 004/01 de la calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en su numeral 1.3 Responsabilidad y Alcance, expone.- “Las Empresas Distribuidoras tiene la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes”

3.6. Desarrollo de la propuesta

El planteamiento de esta propuesta se basa en tres puntos fundamentales los cuales son:

- **Balance de carga**

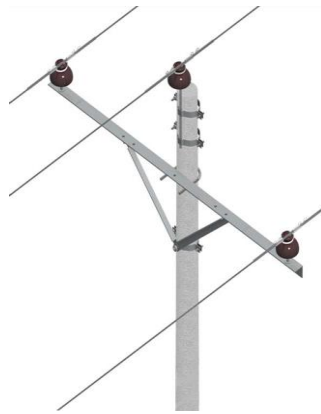
La red trifásica del alimentador Oriental se encuentra desbalanceada puesto que existen diferencias en lo que respecta a potencia en todo el alimentador: .A 36%; B 29%; y C 35%. Aunque es mínimo al tener en cuenta la mayor parte del circuito está conformado por transformadores monofásicos es necesario realizar soluciones inmediatas para realizar y mejorar niveles de tensión, la podemos apreciar en la figura N° 2.10.

- **Cambio de calibre de conductores**

Con la inserción del cambio de conductor por uno de mayor calibre (de ACSR 1/0 a ACSR 4/0), se logra principalmente, una mejora en cuanto a nivel de voltaje, sin embargo esta mejora, si sería significativa en la parte técnica, debido a que la red

se encuentra en pésimas condiciones como se puede observar en los Anexos 4 y 5, con lo cual también se reduce la caída de voltaje al 4,7% de (77,69% a 82,39%), lo que se refleja en la tabla 2.13 sobre la actual.

FIGURA N° 3. 1 TRIFASICA – CENTRADA - PASANTE O TANGENTE



Fuente: MEER

En este tipo de estructura existen problemas climáticos ya que en tramos existen crucetas de madera que están podridas necesitando así su reemplazo y en otras dobladas por las inclemencias del climas pueden visualizarse en los anexos, manteniendo así una considerable falla técnica minimizando la confiabilidad de la red de medio voltaje.

FIGURA N° 3. 2 MONOFASICA – CENTRADA - PASANTE O TANGENTE



Fuente: MEER

Actualmente este tipo de estructura es la más empleada en las zona rural con un tiempo de vida útil ya expirado provocando muchas fallas en el sistema ya que en el invierno existen fuertes vientos q provocan las caídas de las ramas de los arboles a la red provocando caídas de las mismas. Existiendo así un problema técnico latente.

- **Ubicación de Reguladores y Capacitores**

Capacitores

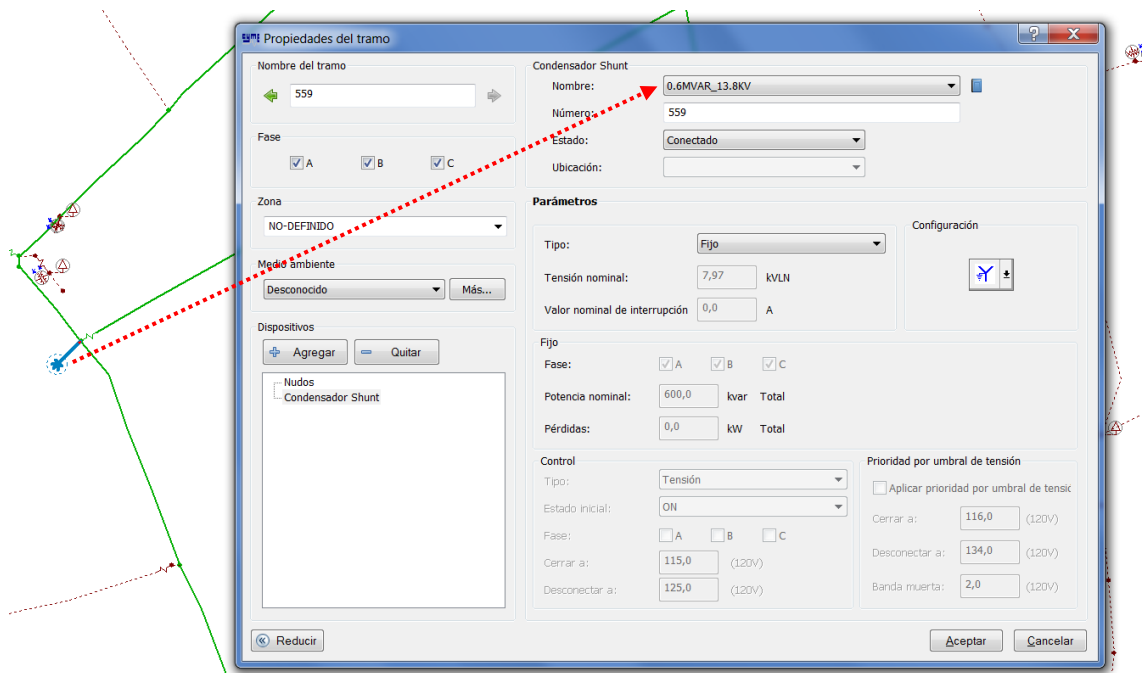
FIGURA N° 3. 3 BANCOS DE CAPACITORES



Fuente: MANUAL ABB

Con la instalación de 2 bancos de capacitores 450 Kvar y 600 Kvar, se logra principalmente, bajar la demanda de reactivos, mejorando el factor de potencia, reducir la circulación de corriente en las líneas, con lo cual también se aumenta el voltaje y mejora en un 5,28%% de (77,69% a 82,97%) aumentando reflejada en los anexos.

FIGURA N° 3. 4 SELECCIÓN DE BANCO DE CAPACITORES



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Reguladores

FIGURA N° 3. 5 CIRCUITO DEL REGULADORES DE VOLTAJE

Voltage Regulation

199

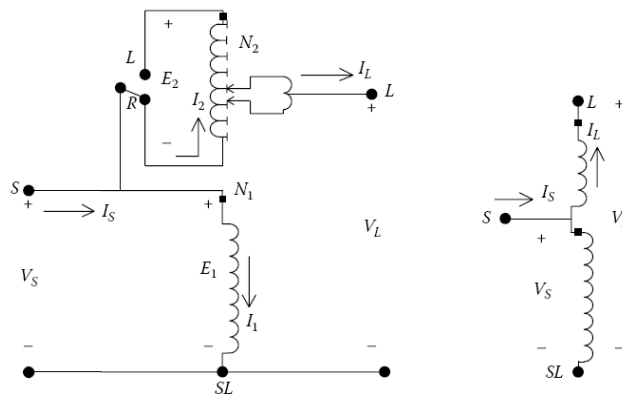


FIGURE 7.7
Type A step-voltage regulator in the raise position.

Fuente: MANUAL SIEMENS

FIGURA N° 3. 6 REGULADORES DE VOLTAJE SIEMENS TIPO: JFR Y SFR.



Fuente: MANUAL SIEMENS

En un sistema eléctrico el suministro de energía está sujeto a la inestabilidad de tensión debido a las variaciones, en la corriente de carga, en la transmisión y en la generación.

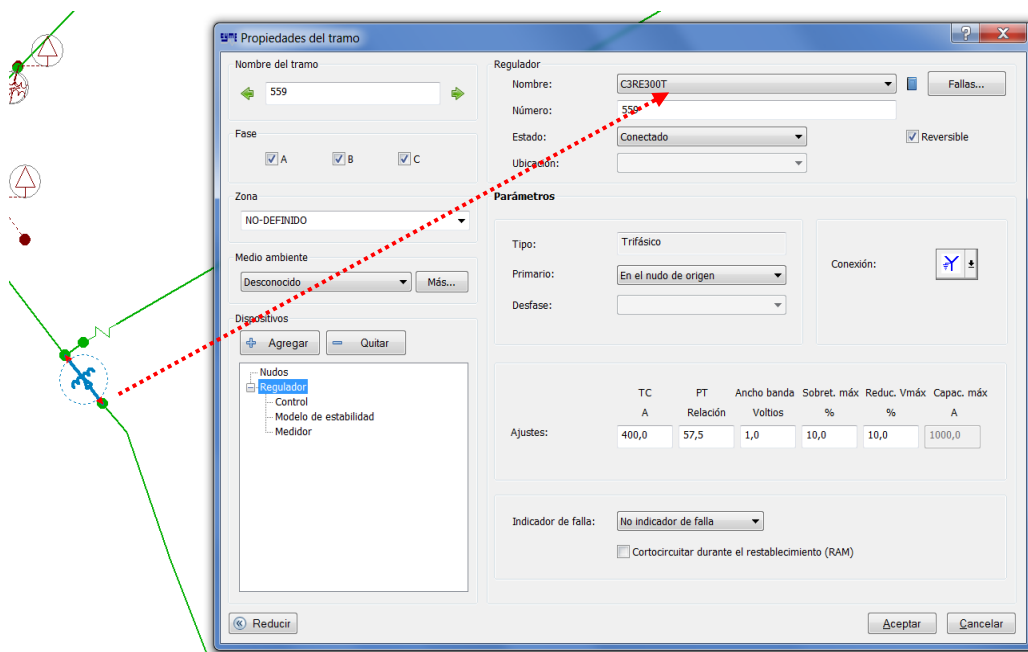
Respondiendo a las exigencias del mercado eléctrico en lo que a calidad de servicio se refiere las empresas distribuidoras buscan soluciones que les permitan brindar a sus clientes energía eléctrica en óptimas condiciones, ya sea en continuidad como en estabilidad de la tensión suministrada.

Esto lleva a las empresas proveedoras de energía eléctrica a realizar inversiones para corregir los problemas mencionados.

Normalmente el uso de los reguladores de tensión trifásicos se limita a estaciones transformadoras y el monofásico a líneas de distribución en media tensión. El actual desarrollo de conmutadores bajo carga de mayor capacidad y reducido tamaño permite la construcción de reguladores de tensión de mayores prestaciones.

Es por este caso que al instalar el banco de capacitores y no tener una mejora aceptable se vio la necesidad de la puesta de dos bancos de reguladores para mejorar la calidad de voltaje y con ello la calidad de vida de los abonados y así mantener estándares técnicos permisibles por el ente regulador.

FIGURA N° 3. 7 PARAMETRIZACIÓN REGULADOR DE VOLTAJE ALIM_VICHE



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

3.6.1. Factibilidad técnica

3.6.1.1. Análisis flujo de carga con la instalación de dos reguladores de voltaje y un banco de capacitores de 600 kvar

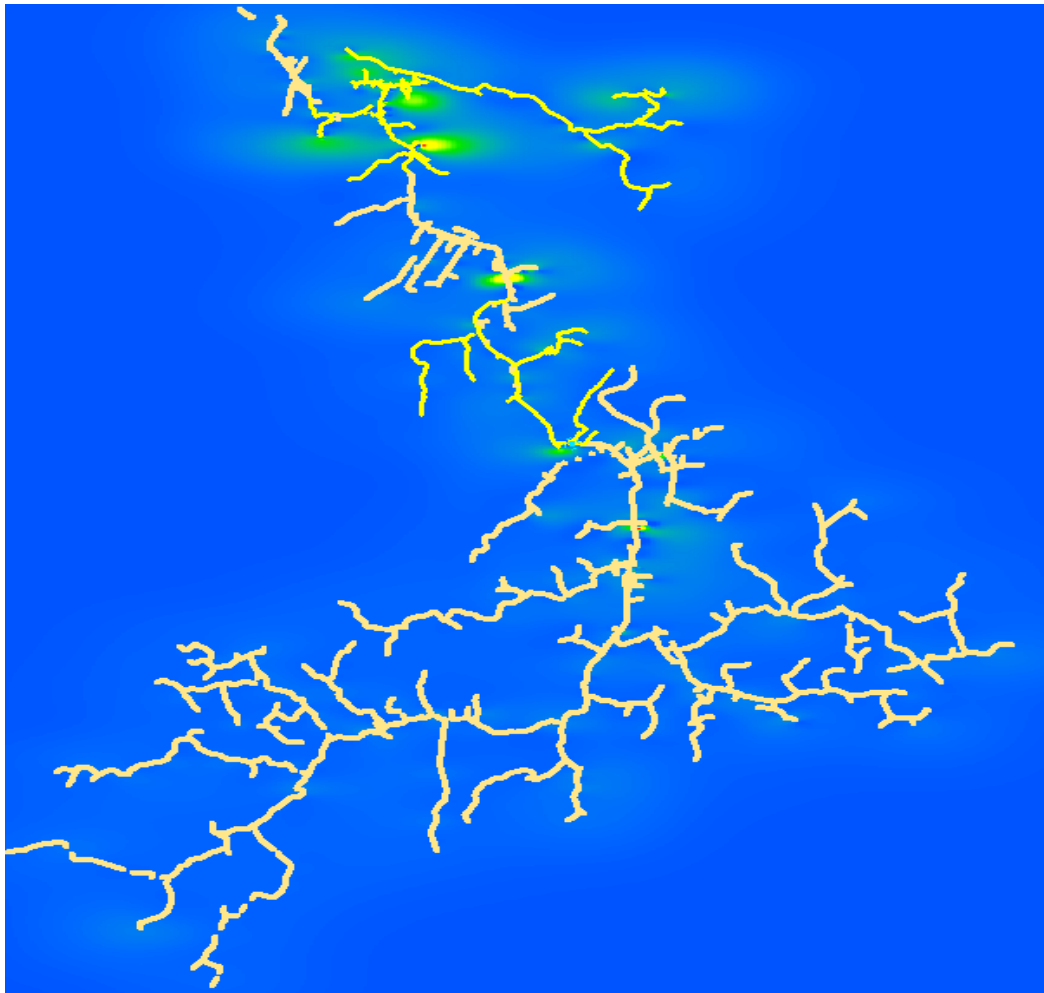
TABLA 3. 1 REPORTES FLUJOS DE CARGA CON INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR

Nombre alim.	Nombre del tramo	Id equipo	Código	Carga Alim. (%)	Potencia del Alim. (kW)	Potencia del Alim. (kvar)	VAlim. (%)
ALIM-0800010T15	13480_MTS	3R400_125T	Reconector	30,4	944	177,5	99,28
ALIM-0800010T15	96423_MTA	DEFAULT	Fusible	121,5	943,6	178	99,23
ALIM-0800010T15	108216_MTA	DEFAULT	Fusible	120,8	927,5	159,1	97,8
ALIM-0800010T15	85972_MTA	1A15T	Transformador				
ALIM-0800010T15	103602_MTA	DEFAULT	Fusible	1,9	13,8	4,1	96,27
ALIM-0800010T15	103627_MTA	1A15T	Transformador	21,7	3,2	1	95,72
ALIM-0800010T15	108250_MTA	DEFAULT	Fusible	0,9	6,4	1,7	92,03
ALIM-0800010T15	86096_MTA	DEFAULT	Fusible	0,3	2,1	0,7	92,01
ALIM-0800010T15	86460_MTA	1C10T	Transformador	21,7	2,1	0,7	91,46
ALIM-0800010T15	86095_MTA	DEFAULT	Fusible	0,3	2,1	0,7	92,01
ALIM-0800010T15	86461_MTA	1C10T	Transformador	21,7	2,1	0,7	91,46
ALIM-0800010T15	86094_MTA	1A10T	Transformador	21,7	2,1	0,7	91,46
ALIM-0800010T15	86091_MTA	DEFAULT	Fusible	0	0	-0,1	92,11
ALIM-0800010T15	86459_MTA	DEFAULT	Fusible	0,3	2,1	0,7	93,15
ALIM-0800010T15	86081_MTA	1A10T	Transformador	21,7	2,1	0,7	92,6

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Con la inserción de dos reguladores de voltaje y un banco de capacitores de 600 kvar, se logra principalmente, bajar la demanda de reactivos, mejorando el factor de potencia, reducir la circulación de corriente en las líneas, con lo cual también se reduce la caída de voltaje notablemente en un 14,91 % de 77,69% a 92,6%, reflejado en la tabla 3.1 sobre la actual, manteniendo niveles de voltajes aceptables por el ente regulador.

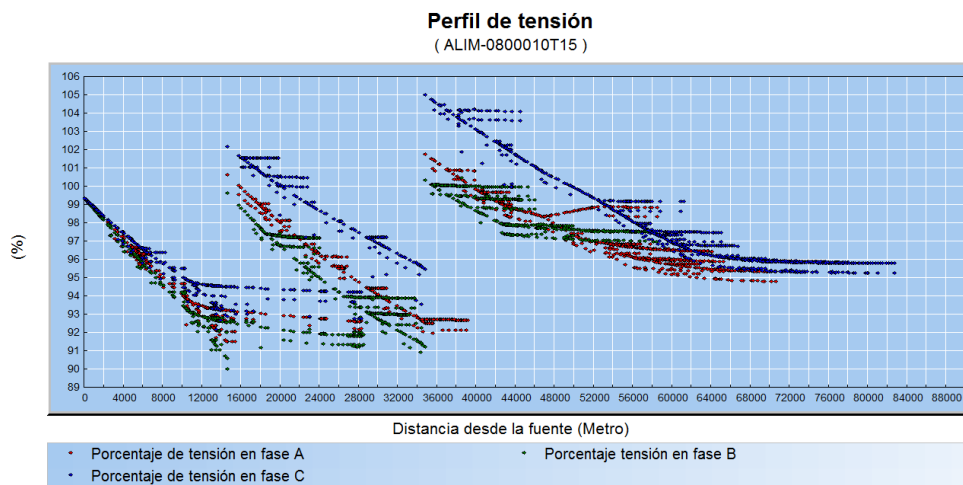
FIGURA N° 3. 8 TOPOLOGÍA DE LA RED EN MEDIA TENSIÓN CON LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR.



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Se analiza una alternativa integral que comprende dos puntos, el balance de carga la ubicación de capacitores y la instalación de reguladores de voltaje obteniéndose resultados que se enmarcan en la regulación de calidad de producto técnico para el suministro de energía eléctrica del país, cumpliendo con los niveles de voltaje como se constata en los gráficos se tiene niveles de voltaje sobre el 95%.

FIGURA N° 3. 9 RANGOS CAÍDA DE VOLTAJE CON LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR



Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

Esta figura 3.2 muestra con claridad que los niveles de voltaje están dentro de los estándares exigidos por el ARCONEL. Sin embargo, y dadas las características del alimentador de gran longitud, con carga exclusivamente residencial rural se puede pensar en la instalación de reguladores de voltaje y banco de capacitores como una mejor opción.

TABLA 3. 2 REPORTE SUMARIO DEL FLUJO DE CARGA CON LA INSTALACIÓN DE DOS REGULADORES DE VOLTAJE Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 600 KVAR

Reporte Sumario del Flujo de Carga									
Parámetro	Voltaje			Corriente			Potencia		Perdidas
Locación	Vab [kV]	Vbc [kV]	Vca [kV]	Ia [A]	Ib [A]	Ic [A]	Ptotal [kW]	Qtotal [kVAr]	[kW]
Cabecera	13,72	13,73	13,72	110,98	97,06	106,65	2344,32	849,16	271.15
Tramo 1	12,9	12,9	13,0	105,9	119,1	103,2			
Tramo 2	12,8	12,8	12,9						
Tramo 3	13,6	13,6	13,6						

Fuente: CNEL EP ESMERALDAS

En la tabla 3.2 se observan los resultados, que muestran una mejor opción de mejora al bajo nivel de voltaje, lo que beneficiaría significativamente al alimentador que se mantiene desde la cabecera con un voltaje de 13,72 kV hasta los extremos del circuito con 13,6 kV respectivamente.

Se puede notar una diferencia notable entre los resultados de las tablas 3.2 y 2.8, lo que hace palpable las mejoras en un 14,91% de la calidad de servicio, la caída de voltaje, calidad de energía, entre otros, en las líneas del circuito del alimentador “VICHE”. Donde podemos apreciar los tramos en la figura N° 2.5 datos de la tabla 2.4.

Factibilidad Económica

Estudio Financiero

El estudio económico contemplan las gestiones financieras necesarias para determinar el valor de la inversión del proyecto y flujo de fondos previstos permitiendo una planificación del proyecto.

1) Inversión

La inversión para el presente proyecto está destinada para la adquisición de transformadores de distribución, misma que está conformada por aquellos bienes que van a ser adquiridos por la entidad auspiciante ELEPCO S.A, detallados por los rubros correspondientes.

TABLA 3. 3 INVERSIÓN POR EL CAMBIO DE CONDUCTOR

DISTANCIA (KM)	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT (USD)	TOTAL (USD)
46,5	Tendido y Regulado del Conductor	215,65	10.027,73
46,5	Retiro del Conductor	153,58	7.141,47
46,5	Cable ACSR 4/0	1950	90.675
PRECIO TOTAL (USD)			107.844,20

FUENTE: EEASA S.A
ELABORADO POR: EL POSTULANTE

TABLA 3. 4 INVERSIÓN POR LA PUESTA DEL BANCO DE REGULADORES

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	KVA	PRECIO UNIT (USD)
2	Bancos de Reguladores	1500	40000
2	Montaje del Banco de Reguladores		4000
PRECIO TOTAL (USD)			44.000,00

FUENTE: EEASA S.A
ELABORADO POR: EL POSTULANTE

TABLA 3.5 INVERSIÓN POR LA PUESTA DEL BANCO DE CAPACITORES

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Kvar	PRECIO UNIT (USD)
1	Banco de Capacitores	600	3000
1	Montaje del Banco de Capacitores		600
PRECIO TOTAL (USD)			3.600,00

FUENTE: EEASA S.A
ELABORADO POR: POSTULANTE

Teniendo una inversión total de **\$155.444,20**

2) Análisis de perdidas

$\Delta P =$ Perdidas actuales – Perdidas finales

$\Delta P = 277,94 - 271,15$

$\Delta P = 6,79 \text{ kW}$

$E = \Delta P * \text{Horas anuales}$

$E = 6,79 \text{ kW} * 8760 \text{ h}$

$E = 59559,24 \text{ kW/h}$

$\$ = 59559,24 \text{ kW/h} * 9,33 \text{ ctvs.}$

$\$ = 5556,87 \text{ Dólares}$

3) Evaluación financiera del proyecto

A través de la evaluación financiera y una vez determinado el flujo de fondos se procede a conocer y aplicar el presente proyecto ya que aquello es una necesidad técnica necesaria para mantener estándares permisibles por en este regulador

permitiendo así mejorar la calidad de energía y así la calidad de vida de los diferentes abonados que se benefician del servicio prestado.

Podemos manifestar que también ayudaría en el ámbito económico con una reducción de pérdidas económicas de 5556,87 Dólares anuales a favor de la CNEL EP ESMERALDAS.

3.7. Conclusiones y Recomendaciones de la propuesta

3.7.1. Conclusiones

- La red trifásica del alimentador Oriental se encuentra desbalanceada puesto que existen diferencias en lo que respecta a potencia en todo el alimentador: A 36%; B 29%; y C 35%. Es necesario realizar soluciones inmediatas para realizar y mejorar niveles de tensión.
- Por las grandes distancias se ve la posibilidad de instalar banco de capacitores junto con reguladores para elevar el nivel de voltaje 11.0 kV a 13,4 kV respectivamente.
- Debido al inminente crecimiento de la demanda de energía eléctrica los sistemas de potencia se hacen cada vez más fuertes, dando lugar a condiciones de operación inseguras y a la presencia de diferentes problemas en el sistema; uno de ellos son las grandes corrientes de cortocircuito que se presentan al ocurrir una falla de cualquier tipo en el sistema.
- Con la inserción de dos reguladores de voltaje y un banco de capacitores de 600 kvar, se logra principalmente, bajar la demanda de reactivos, mejorando el factor de potencia, reducir la circulación de corriente en las líneas, con lo cual también se reduce la caída de voltaje.
- La ubicación óptima de banco de capacitores junto con reguladores tiene un costo de \$155.444,20. Esta es la mejor opción para lograr elevar el nivel de voltaje significativamente y beneficiar tanto a los usuarios como a la empresa eléctrica a tener rangos aceptables por el ente regulador.

3.7.2. Recomendaciones

- Creación de una subestación para mejorar los niveles de voltajes, así como la confiabilidad del sistemas, al tener tramos extensos que sobrepasan los límites permitidos y estar las poblaciones en constante crecimiento.
- Instalar un banco de capacitores junto con reguladores para elevar el nivel de voltaje 11 kV a 13.4 kV, como demuestra el estudio.
- Planificar una campaña de mantenimiento constante al sistema de distribución que incluya corte de ramas y árboles que sean futuras causas de interrupción, además de la remodelación general del circuito.
- Es necesario que la CNEL EP ESMERALDAS cree una base de datos donde registre el reporte de las interrupciones para su posterior análisis y determinar la confiabilidad del sistema eléctrico de distribución.

3.8. Bibliografía

Bibliografía Consultada

- ARCONEL. Calidad del servicio Eléctrico de distribución. Regulación N° ARCONEL-004/01. Quito:2001
- **CORREA, BOLAÑOS, CARLOS, RICARDO** “*Balance de Fases Multiobjetivo*”. 2007. 2007, Revista de Ingeniería, UTP, Colombia.
- **CYME INTERNATIONAL T&D**, Cymdist 4,7 Power Engineering software Solutions, Manual de referencia 2007.
- EEASA, Guías de Diseño, ISO 9001:2000
- MARCIAL RODRIGO. “Análisis del alimentador N° 3 de la Subestación el Calvario barra de entrada a 13,8 kV del Hospital General de Latacunga con el ingreso de cargas proyectadas, utilizando el programa de simulación Nepal”. Director: Ing. Miguel Angel Lucio Castro. Universidad Técnica de Cotopaxi. Carrera de Ingeniería Eléctrica, 2015.
- **MONTALVO Y SALAZAR, JOFFRE, PEDRO. 2012.** *TESIS. Diseño e implementación de un Módulo entrenador para Transferencia de Energía Eléctrica.* Guayaquil : s.n., 2012.
- **RIVERA, SERGIO** “*Estado del arte en la Ubicación Óptima de Capacitores*”. 2004. 2004, Revista de Ingeniería, Colombia.
- **TENELEMA , JAIME. 2008.** *TESIS. Calculo de regulación de voltaje y de corriente de cortocircuito del sistema Duran de EMERGUR.* Guayaquil : s.n., 2008.

- TOPA WALTER Y TRAVEZ DARWIN “Análisis de la Regulación 004/01 referida a la calidad del producto y servicio técnico en el Alimentador “Oriental” (52C8-L1) de la Subestación el Calvario en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. En el periodo 2011” Director: Ing. Pablo Mena. Carrera de Ingeniería Electrica 2013.
- Universidad Miguel Hernández de Elche en su artículo, “Servicio de Planificación y Calidad” <http://calidad.umh.es/files/2010/12/Folleto-SistemaCalidad.pdf>.
- YEBRA JUAN. Sistemas Eléctricos de Distribución, Primera Edición 2009, Editorial Reverté.
- YEBRA MORON, Juan Antonio “Definición de un sistema de distribución” En: Sistema Eléctricos de Distribución, Primera edición. Mexico Reverte, 2009. p 2. ISBN: 978-607-7815-00-6 Mexico

Bibliografía Virtual

- [En línea] [Citado el: 9 de 3 de 2013.] Contenidos técnicos de optimización, mantenimiento y mejoramiento de la calidad de energía eléctrica.

<http://www.waterymex.org/contenidos/rtécnicos/Optimizando%20la%20Operación%20y%20el%20Mantenimiento/Calidad%20de%20la%20Energía.pdf>.
- **2010.** slideshare.net. [En línea] 9 de 10 de 2010. [Citado el: 9 de 3 de 2013.] Definiciones y descripción de un sistemas de distribución

<http://www.slideshare.net/quasar.0360.7912/semana-9-distribución-de-ee-utpleet2010-v10>.

- cyme.com. [En línea] [Citado el: 09 de 03 de 2013.] Descripción del software CYMDIST

<http://www.cyme.com/es/software/cymdist/>.

- aulatecnologia.com. [En línea] [Citado el: 24 de 03 de 2016.] Conceptos basicos de electricidad y tecnología.

<http://www.aulatecnologia.com/ESO/TERCERO/teoria/electricidad/electricidad.htm>



ANEXOS

ANEXO #1. Transformador Autoprotegido 1 ϕ , Especificaciones Técnicas de estructura.

		 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable		Av. Eloy Alfaro No. 29-50 y 9 de Octubre Edificio Correos del Ecuador 2do piso PBX. 593-2-3976000 FAX. 593-2-3 976000 ext. 1235 RUC. 1768135980001 www.meer.gov.ec Quito - Ecuador	
REVISION: 03		SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONTRUCCIÓN (UC)			
FECHA: 2011-05-26					
HOJA 1 DE 2		HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)			
IDENTIFICADOR UP-UC TRT-1A(1)		TRANSFORMADORES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRdY / 7,96 kV - 13,2 kV GRdY / 7,62 Kv			
IDENTIFICADOR UC 1A(1)		MONOFÁSICO - AUTOPROTEGIDO PARA INSTALACIÓN EXTERIOR (EN POSTE) - (NOTA 1)			
LISTA DE MATERIALES					
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN			CANTIDAD
1	c/u	Transformador monofásico autoprotegido, 13200 GRdY / 7620 V - 120 / 240 V ó 13800 GRdY / 7967 V - 120 / 240 V			1
2	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 6 x 160 - 190 mm (1 1/2 x 1/4 x 6 1/2 - 7 1/2")			2
3	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, para escalones de revisión, 30 x 6 x (260 a 200 mm de diám.) (1 3/16 x 1/4 x (10 1/4 a 7 7/8"))			8
<p>NOTAS:</p> <p>Tanto en la identificación como en la descripción de la unidad de construcción, la numeración entre paréntesis corresponde a la respectiva nota.</p> <p>1.- El quinto campo está conformado por la capacidad del transformador (3 = 3 kVA, 5 = 5 kVA, 10 = 10 kVA, 15 = 15 kVA, 25 = 25 kVA, 37,5 = 37,5 kVA, 50 = 50 kVA, 75 = 75 kVA).</p> <p>2.- Es opcional su uso</p>					

FUENTE: MEER

ANEXO #2. Transformador Convencional 3φ, Especificaciones Técnicas de estructura.

		 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable		Av. Eloy Alfaro No. 29-60 y 9 de Octubre Edificio Correos del Ecuador 2do piso PBX. 593-2-3976000 FAX. 593-2-3 976000 ext. 1235 RUC. 1768135980001 www.meer.gov.ec Quito - Ecuador	
REVISIÓN: 03		SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC)			
FECHA: 2011-05-26					
HOJA 1 DE 2		HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)			
IDENTIFICADOR UP-UC TRT-3C(1)		TRANSFORMADORES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV - 13,2 kV GRDy / 7,62 kV			
IDENTIFICADOR UC 3C(1)		TRIFÁSICO - CONVENCIONAL PARA INSTALACIÓN EXTERIOR (EN POSTE) - (NOTA 1)			
LISTA DE MATERIALES					CANTIDAD
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN			
1	c/u	Transformador trifásico convencional, 13800 ó 13200 - 220 / 127 V			1
2	m	Cable de acero galvanizado, grado Siemens Martin, 7 hilos, 9,51 mm (3/8") de diám.			3
3	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, para escalones de revisión, 30 x 6 x (260 a 200 mm de diám.) (1 3/16 x 1/4 x (10 1/4 a 7 7/8"))			8
4	c/u	Soporte de acero galvanizado para montaje de transformador trifásico, tipo repisa			1
<p>NOTAS:</p> <p>Tanto en la identificación como en la descripción de la unidad de construcción, la numeración entre paréntesis corresponde a la respectiva nota.</p> <p>1.- El quinto campo está conformado por la capacidad del transformador (15 = 15 kVA, 30 = 30 kVA, 50 = 50 kVA, 75 = 75 kVA).</p> <p>2.- Es opcional su uso</p>					

FUENTE: MEER

ANEXO # 3. Glosario de Términos y Siglas

Acometida: Es la instalación comprendida entre el punto de entrega del suministro de energía eléctrica al consumidor y la red pública del distribuidor.

Barras de salida: Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

Cable: Conductor con aislamiento o, hilo de conductor con o sin aislamiento.

Cable de Acometida: Conductor de acometida en forma de cable.

Calidad de energía: La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permite mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Centro de transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

Circuito Alimentadores o Primarios: Los circuitos primarios constituyen la parte de un sistema de distribución que transportan la energía desde la subestación receptora secundaria o punto de alimentación del sistema donde el voltaje baja de niveles de subtransmisión 69-44.6 kV a voltajes de distribución primarios 22-13,8 kV hasta los primarios de los transformadores de distribución. Los circuitos primarios están conformados por los alimentadores principales y sus ramales laterales y sublaterales. Generalmente los alimentadores principales están conformados en todo su recorrido por las tres fases mientras que los ramales laterales y sublaterales son bifásicos y monofásicos.

Confiabilidad: Es la habilidad del sistema para proveer energía eléctrica a los principales puntos de utilización en la cantidad requerida y con un nivel aceptable de calidad y seguridad.

INECEL: Extinto Instituto Ecuatoriano de Electricidad. El 31 de marzo de 1999 culminó la vida jurídica del INECEL.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

ISO: International Organization for Standardization.

IEC: The International Electrotechnical Commission, es una organización mundial para la estandarización comprende todos los comités electrotécnicos nacionales.

Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

Energía: Lo que funciona o que es capaz de hacer el trabajo. En los sistemas eléctricos, se es generalmente una referencia a la energía eléctrica medido en kilovatios-hora (KWh).

MEER: Ministerio de electricidad y energías renovables

Medio Voltaje: nivel de voltaje superior a 600 VC.A. e inferior a 40 KV.C.A.

Niveles de voltaje: Se Refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de suministro del Servicio.

Regulación de voltaje: el grado de control o estabilidad del valor eficaz (rms) de voltaje en carga, generalmente especificado en relación con otros parámetros tales como cambios en el voltaje de entrada, cambios de carga o cambios de temperatura.

Transformadores de transformación: transformadores de potencia con un máximo de 2500 kVA trifásicos o 833 kVA en monofásicos según IEC

Voltaje de suministro (V_s): Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Voltaje nominal (V_n): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje referencial de una red eléctrica.

FUENTE: <http://www.aulatecnologia.com/ESO/TERCERO/teoria/electricidad/electricidad.htm>

ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO # 4. Entrevista

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

Entrevista dirigida a Jefe del Departamento de Jefe de Departamento de Área Técnica de la CNEL EP ESMERALDAS.

1. ¿Cree usted que es importante realizar el estudio de Análisis del Alimentador “Viche” de la Subestación Propicia de la CNEL EP ESMERALDAS utilizando el programa CYMDIST mediante estudios de flujos de cargas a nivel de 13,8 kV?
2. ¿Conoce usted el estado actual de las redes de distribución (13,8 kV) del alimentador Viche?
3. ¿Conoce usted si la empresa eléctrica ha realizado estudios sobre el estado y posibles soluciones para el mejoramiento de voltaje del alimentador Viche?
4. ¿A su criterio la CNEL EP ESMERALDAS en el alimentador Viche cumple con los parámetros de calidad de producto y servicio técnico de la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL?
5. ¿A su criterio el alimentador actualmente está en condiciones de conectar gran carga en cualquier punto sin tener que hacer adecuaciones para su funcionamiento?

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO #5. Longitud y tipos de conductores

Nombre de la zona	TRONCAL_3F_3		Longitud De Troncales Trifásicos		
			Tramo	Longitud_km	
Rótulos de fila	Suma de Longitud m		S/E - Punto 1	10,5502	
ACSR.1/0	32822,3		Punto 1 - Punto 2	27,9451	
ACSR.2/0	13947,1		Punto 1 - Punto 3	57,7502	
ACSR.3/0	353,3				
ACSR.4/0	77,3		Calibre De Conductor de Troncales Trifásicos		
Total general	47200		Tramo	Calibre Fases	Longitud_km
			Tramo 0_1	ACSR.4/0	10,5502
			Tramo 1_2	ACSR.3/0	0,1974
				ACSR.2/0	17,1975
			Tramo 1_3	ACSR.4/0	0,0773
				ACSR.3/0	0,3533
				ACSR.2/0	13,9471
				ACSR.1/0	32,8223

FUENTE: CNEL EP ESMERALDAS
ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO #6. Tablero Digital de Medición de los Alimentadores de S/E Propicia.



ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO #7. Vista de los Alimentadores de la S/E Propicia



ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO #8: Vista de los extremos de la red de medio voltaje



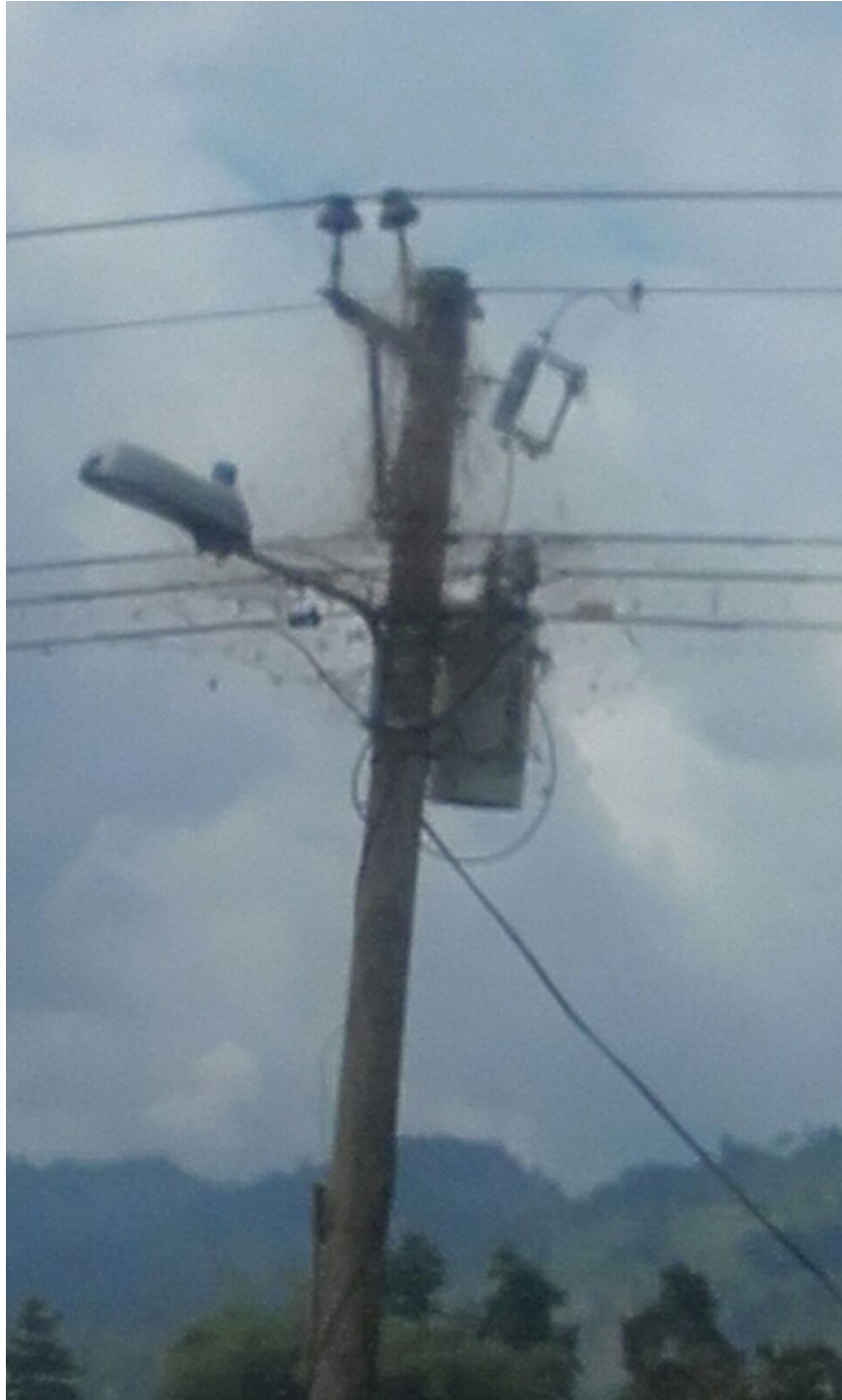
ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO #9: Vista de los extremos de la red de medio voltaje



ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO #10: Vista de los extremos de la red de medio voltaje



ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO #11. Vista de los extremos de la red de medio voltaje



ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO # 12. Vista de los extremos de la red de medio voltaje



ELABORADO POR: EL POSTULANTE

ANEXO # 13. Vista de los extremos de la red de medio voltaje



ELABORADO POR: EL POSTULANTE