



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR  
“SALCEDO – CENTRO”, DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería  
Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

### **AUTORES:**

Cocha Maiquiza Cristian Alexander

Toapanta Gualpa Edwin Geovanny

### **TUTOR:**

Ing. MSc. Pesántez Palacios Gabriel Napoleón

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero - 2019



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Cristian Alexander Cocha Maiquiza y Edwin Geovanny Toapanta Gualpa declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR “SALCEDO – CENTRO” DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO”**, siendo el Ing. Msc. Gabriel Napoleón Pesántez Palacios tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de investigación, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....  
Cristian Alexander Cocha Maiquiza  
C.I. 185001869-6

.....  
Edwin Geovanny Toapanta Gualpa  
C.I. 050324885-8



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR “SALCEDO – CENTRO” DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO”**, de los señores Cocha Maiquiza Cristian Alexander y Toapanta Gualpa Edwin Geovanny, de la Carrera Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Enero del 2019

**TUTOR:**

  
.....  
Ing. MSc. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
C.I 030189388-9

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas ; por cuanto, los postulantes: **Cocha Maiquiza Cristian Alexander; Toapanta Gualpa Edwin Geovanny** con el título de Proyecto de titulación: **“ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR “SALCEDO – CENTRO” DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, Enero 2019

Para constancia firman:



**Lector 1 (Presidente)**  
PhD. Secundino Marrero  
CC: 175710790-7



**Lector 2**  
MSc. Ángel León Segovia  
CC: 050204135-3



**Lector 3**  
MSc. Jimmy Toaza Iza  
CC: 171762106-2

## ***AGRADECIMIENTO***

Primeramente agradezco a Dios por la fuerza, salud y sabiduría brindada, por bendecirme cada día manteniéndome siempre en el camino correcto el cual permitió culminar con tranquilidad mi carrera universitaria.

A mis padres Luis Fernando y Norma Isabel por todo el amor, cariño y apoyo incondicional brindado cada día de mi vida, por a verme inculcado buenos valores que día a día me permitieron ir cumpliendo con mis objetivos planteados, de igual manera a mi familia, mis hermanas Liliana, Evelyn y Nicole que siempre han estado ahí alentándome sacándome una sonrisa en momentos difíciles dándome alientos para poder seguir adelante.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, la cual me permitió conocer amigos, compañeros, colegas y docentes que formaron parte de mi formación profesional de mi amada carrera Ingeniería Eléctrica.

Dedicar un agradecimiento especial a nuestro tutor del trabajo de Investigación al Ing. MSc. Gabriel Pesantez por el apoyo incondicional brindado desde el principio y hasta el final del proyecto de investigación, al igual que mi compañero de Tesis que mediante el apoyo brindado se cumplió con tan anhelada meta.

**CRISTIAN**

## **DEDICATORIA**

*El presente Proyecto de Investigación va dedicadas:*

*A mis queridos abuelitos Jorge Maiquiza y Melchor Cocha, aunque ya no se encuentre a mi lado sé que me cuidan y protegen cada día de mi vida.*

*A mis amados padres Luis Fernando y Norma Isabel que mediante sus enseñanzas, consejos y palabras de aliento siempre estuvieron ahí apoyando de forma incondicional brindándome su cariño, amor y sabiduría en los momentos difíciles.*

*A mis hermanas y familiares que siempre me brindaron palabras de apoyo y motivación que dieron impulso a la consecución de mis objetivos planteados.*

**CRISTIAN**

## ***AGRADECIMIENTO***

Primeramente agradezco a Dios por la fuerza, salud y sabiduría brindada, por bendecirme cada día manteniéndome siempre en el camino correcto el cual permitió culminar con tranquilidad mi carrera universitaria.

En primer lugar agradezco a Dios y a mis padres por darme el privilegio de ser su hijo, al igual que a mi familia ya que gracias a su apoyo y paciencia me han guiado hasta la presentación de esta tesis de grado.

Soy afortunado de tener mucho que agradecer a las personas que me han ayudado de diferentes modos. Al Ing. Gabriel Pesantez, por toda la ilusión y esfuerzo que cada día ha puesto en este trabajo, siendo un excelente tutor de la Tesis.

A mi compañero de tesis que mediante esfuerzo, dedicación, se conformó un equipo de trabajo excelente.

**EDWIN**

## **DEDICATORIA**

*.Dedico esta tesis a mi querida familia quienes me apoyaron en todas las formas posibles y en especial a mi padre Mario Rodrigo Toapanta Rondal y a mi hermosa madre María Graciela Gualpa Coque quienes se desviven por darme apoyo moral, económico y tantas cosas que es imposible enumerarlas aquí para que yo obtenga mi título profesional*

**EDWIN**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA .....	
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
INTRODUCCIÓN.....	5
<b>CAPITULO I</b>	
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3. JUSTIFICACIÓN.....	7
4. BENEFICIARIOS:.....	8
5. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	8
6. OBJETIVOS.....	8
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÒN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	9
<b>CAPITULO II</b>	
8. MARCO REFERENCIAL .....	10
8.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS ELEPCO S.A.....	10
8.1.1. ÁREA DE CONCESIÓN .....	11
8.2. Power World Simulator.....	11
8.3. GEO PORTAL .....	12
8.3.1. Ventajas del uso de la plataforma Geoportál .....	12
8.4. Marco teórico.....	13
8.4.1. Conceptos Básicos de un Sistema de Distribución.....	13
8.4.2. Carga eléctrica.....	13

8.4.3.	Carga instalada .....	13
8.4.4.	Suministro Eléctrico .....	13
8.4.5.	Curva de carga.....	13
8.4.6.	Intervalo de demanda .....	13
8.4.7.	Pérdidas de energía.....	14
8.4.8.	Pérdidas de potencia.....	14
8.5.	Subestacion eléctrica .....	14
8.5.1.	Características de operación de las subestaciones.....	14
8.5.2.	Clasificación de las subestaciones por su función dentro del sistema .....	15
8.5.3.	Clasificación de subestaciones por el tipo de operación.....	15
8.5.4.	Clasificación de las subestaciones por su forma constructiva.....	15
8.6.	Líneas de transmisión .....	16
8.7.	Líneas de subtransmisión .....	16
8.8.	Alimentador primario .....	16
8.9.	Transformadores de distribución .....	16
8.10.	Circuitos primarios .....	17
8.11.	Circuito secundario .....	17
8.12.	Redes de distribución.....	17
8.12.1.	Requisitos que debe cumplir un sistema de distribución.....	17
8.12.2.	El sistema de distribución está conformado por: .....	18
8.12.3.	Redes de distribución aéreas.....	18
8.12.4.	Redes de distribución subterráneas.....	18
8.13.	Redes de distribución de acuerdo a voltajes nominales.....	18
8.14.	Redes de distribución urbanas.....	19
8.15.	Redes de distribución rurales.....	19
8.16.	Regulaciones .....	20
8.16.1.	Regulación CONELEC 004/01 .....	20
8.16.2.	Regulación ARCONEL 001/17.....	21
8.16.3.	Norma ANSI C84.1 .....	23
8.17.	Regulaciones Internacionales.....	24
8.17.1.	Caída de Voltaje .....	24
8.17.2.	Sistema eléctrico Español.....	25
8.17.3.	Reguladores.....	26
8.17.4.	Operadores .....	26
8.18.	Comparación ventajas y desventajas .....	27
8.19.	Niveles de tensión de voltaje del alimentador .....	29

<b>8.20.</b>	Formas de Mejorar el Nivel de Tensión. ....	29
<b>8.20.1.</b>	Compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC). ....	29
<b>8.20.1.1.</b>	Estructura del SVC y su operación .....	30
<b>8.20.2.</b>	Banco de Capacitores .....	30
<b>8.20.2.1.</b>	Bancos de condensadores en las subestación .....	31
<b>8.20.3.</b>	Reguladores de Voltaje .....	32
<b>8.20.3.1.</b>	Métodos para la regulación de voltaje .....	33
<b>8.20.4.</b>	Cambio de conductores .....	34
<b>8.20.5.</b>	Variación del Taps del transformador .....	35
<b>9.</b>	Hipótesis.....	36
<b>10.</b>	Metodología de la Investigación.....	36
<b>10.1.</b>	Método documental bibliográfico.....	36
<b>10.2.</b>	Método Experimental.....	36
<b>10.3.</b>	Método Deductivo.....	36
<b>10.4.</b>	Tipos de investigación.....	37
<b>10.4.1.</b>	Investigación Aplicada .....	37
<b>10.4.2.</b>	Investigación Descriptiva.....	37
<b>10.4.3.</b>	Investigación explicativa .....	37
<b>11.</b>	TECNICAS E INSTRUMENTOS .....	37
<b>11.1.</b>	Observación.....	37
<b>11.2.</b>	Experimental.....	37
<b>11.3.</b>	Variables de investigación.....	38
<b>11.4.</b>	OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES .....	38

### **CAPITULO III**

<b>12.</b>	RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS .....	40
<b>12.1.</b>	Elementos a ser analizados en los sistemas de potencia .....	42
<b>12.2.</b>	Diagrama unifilar .....	42
<b>12.3.</b>	Sistema Eléctrico Cotopaxi.....	43
<b>12.4.</b>	Programa para la modelación.....	43
<b>12.5.</b>	Datos del transformador de potencia de la S/E Salcedo .....	46
<b>12.5.1.</b>	Datos de los Transformadores monofásicos .....	47
<b>12.5.2.</b>	Datos de los Transformadores Trifásicos .....	47
<b>12.5.3.</b>	Datos de las líneas de Distribución.....	48
<b>12.5.4.</b>	Datos de las cargas.....	48
<b>12.6.</b>	Comportamiento de la curva de carga o demanda del Alimentador.....	49

<b>12.6.1.</b>	Comportamiento de la demanda mensual del Alimentador.....	50
<b>12.6.2.</b>	Curva de carga de potencia activa .....	50
<b>12.6.3.</b>	Valores máximos y mínimos de la Potencia Activa mensual.....	51
<b>12.6.4.</b>	Curva de carga mensual de Potencia Reactiva .....	52
<b>12.6.5.</b>	Valores máximos y mínimos de la Potencia Reactiva mensual.....	52
<b>12.6.6.</b>	Análisis de la curva de carga de potencia activa diaria .....	53
<b>12.6.7.</b>	Análisis de la curva de carga de potencia reactiva diaria .....	53
<b>12.6.8.</b>	Análisis de la curva mensual y semanal de potencia activa y reactiva.....	54
<b>12.7.</b>	MODELACIÓN DEL ALIMENTADOR .....	55
<b>12.7.1.</b>	Datos de transformadores .....	57
<b>12.7.2.</b>	Datos de las líneas de distribución.....	57
<b>12.7.3.</b>	Datos de las Cargas.....	59
<b>12.8.</b>	Sistema modelado en Power World.....	60
<b>12.8.1.</b>	ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	63
<b>12.9.</b>	Análisis del nivel de tensión .....	64
<b>12.10.</b>	Planteamiento de soluciones .....	69
<b>12.10.1.</b>	Análisis del uso de banco de capacitores.....	71
<b>12.10.2.</b>	Niveles de tensión del alimentador y verificación de los rangos permitidos por la regulación de la CONELEC 004/01.....	74
<b>13.</b>	Impactos (técnicos, sociales y económicos).....	76
<b>14.</b>	Conclusiones.....	77
<b>15.</b>	Recomendaciones .....	78
<b>16.</b>	Bibliografía.....	79
<b>17.</b>	ANEXOS .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Visualizador Geoportal .....	12
<b>Figura 2</b> Sistema de distribución dentro de un sistema de potencia.....	18
<b>Figura 3</b> Nivel de voltaje del sistema Trifilar.....	19
<b>Figura 4</b> Nivel de voltaje del sistema tetrafilas. ....	19
<b>Figura 5</b> Nivel de voltaje en el sistema trifásico .....	19
<b>Figura 6</b> Esquema simplificado para un SVC .....	29
<b>Figura 7</b> Tipos de usuarios del Alimentador “Salcedo – Centro” .....	41
<b>Figura 8</b> Componentes del Sistema Eléctrico de Potencia .....	42
<b>Figura 9</b> Recorrido del alimentador “Salcedo – Centro” .....	44
<b>Figura 10</b> Diagrama unifilar del alimentador “Salcedo – Centro” .....	45
<b>Figura 11</b> Curva de carga mensual .....	51
<b>Figura 12</b> Curva de carga mensual .....	52
<b>Figura 13</b> Consumo de potencia activa .....	53
<b>Figura 14</b> Consumo de potencia reactiva .....	54
<b>Figura 15</b> Diagrama para la modelación .....	56
<b>Figura 16</b> Estructura centrada pasante.....	58
<b>Figura 17</b> Modelación del alimentador "Salcedo - Centro". ....	62
<b>Figura 18</b> Espectrografía del Alimentador "Salcedo - Centro" análisis del nivel de voltaje. .....	67
<b>Figura 19</b> Comportamiento de la barra 10 en operación normal.....	68
<b>Figura 20</b> Comportamiento de la barra 24 del Alimentador .....	69
<b>Figura 21</b> Comportamiento de la barra 24 del Alimentador bajo nivel de voltaje.....	72
<b>Figura 22</b> Banco de condensadores colocado en la barra 24.....	72
<b>Figura 23</b> Espectrografía del Alimentador “Salcedo - Centro” con banco de capacitores.. .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Niveles de voltaje permitido.....	21
<b>Tabla 2</b> Tiempos de reposición de fallas .....	22
<b>Tabla 3</b> Niveles Permitidos de Caída de Voltaje Perú.....	24
<b>Tabla 4</b> Ventajas y Desventajas de distribución .....	28
<b>Tabla 5</b> Declaracion de variable independiente.....	39
<b>Tabla 6</b> Declaracion de variable dependiente .....	39
<b>Tabla 7</b> Especificaciones Técnicas del Transformador .....	46
<b>Tabla 8</b> Transformadores Monofásicos .....	47
<b>Tabla 9</b> Transformadores Trifásicos .....	48
<b>Tabla 10</b> Potencia Activa por meses.....	51
<b>Tabla 11</b> Consumo de potencia reactiva .....	52
<b>Tabla 12</b> Características de los trasformadores .....	57
<b>Tabla 13</b> Parámetros para el cálculo .....	58
<b>Tabla 14</b> Resultados obtenidos. ....	58
<b>Tabla 15</b> Levantamiento de la carga del Alimentador.....	59
<b>Tabla 16</b> Comportamiento del nivel de voltaje de cada una de las barras.....	65
<b>Tabla 17</b> Comportamiento del nivel de voltaje colocado banco de capacitores.....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b> Comportamiento de la curva de carga de poteccia activa mensual.....	81
<b>ANEXO 2</b> Curva de carga de potencia activa diaria.....	82
<b>ANEXO 3</b> Comportamiento de la curva de carga reactiva diaria.....	83
<b>ANEXO 4</b> Tabulacion de mediones de potencia activa diaria.....	84
<b>ANEXO 5</b> Reporte generado mediante el Geoportal .....	89
<b>ANEXO 6</b> Reporte de los transformadores de distribución.....	89
<b>ANEXO 7</b> Diagrama Unifilar Alimentador 2 .....	90
<b>ANEXO 8</b> Diagrama Unifilar Concentrado Alimentador 2.....	91

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TITULO:** “ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR “SALCEDO – CENTRO” DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO”

**Autores:** Cocha Maiquiza Cristian Alexander  
Toapanta Gualpa Edwin Geovanny

**RESUMEN**

Las empresas distribuidoras del país, tiene como obligación brindar un servicio eléctrico de calidad teniendo en cuenta el ingreso de nueva demanda al sistema, manteniendo segura su infraestructura eléctrica, confiabilidad y continuidad del servicio tanto en los circuitos primarios como sus circuitos secundarios y sus respectivos transformadores.

En el siguiente proyecto de investigación se realizó en base al análisis del nivel de voltaje del Alimentador 03SA13B1S2 “Salcedo - Centro” perteneciente a la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A., el estudio se basó en la recopilación de datos donde se dio a conocer el número de transformadores con sus respectivas capacidades y los usuarios existentes en el respectivo alimentador, la información fue obtenida mediante dos etapas la primera etapa está constituida en la identificación del recorrido del alimentador y sus respectivos transformadores mediante la plataforma SIG Geoportal, la etapa secundaria está constituida por la información de las cargas del sistema información que fue pedida a los diferentes Departamentos (Planificación, Técnico y Comercial) de ELEPCO S.A.

Mediante el levantamiento realizado se hizo uso del software POWER WORLD, para la respectiva modelación del alimentador en el cual se ingresó cada uno de los datos obtenidos del sistema, mediante la modelación realizada se determinó la situación actual del alimentador y el respectivo análisis del nivel de voltaje en los que se encuentra el sistema de ser el caso y los niveles de voltaje encontrarse fuera de los rangos permitidos por la empresa, se dará a conocer alternativas técnicas y económicas viables que permita mejorar el perfil de voltaje.

**Palabras clave:** Suministro Eléctrico, Alimentador, POWER WORLD software de ingeniería eléctrica, Distribución Eléctrica.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCE**

**TOPIC:** "ANALYSIS OF THE VOLTAGE LEVEL OF THE FEEDER" SALCEDO - CENTER "OF THE SALCEDO SUBSTATION"

**Autors:** Cocha Maiquiza Cristian Alexander  
Toapanta Gualpa Edwin Geovanny

**ABSTRACT**

The delivery companies of the Ecuador, have to provide electric service quality taking into account the income of new demand to the system, maintaining security in its electrical infrastructure, reliability and continuity of service both in the primary circuits and its secondary circuits and their respective transformers. This Research project based on the analysis of the voltage level of the 03SA13B1S2 Feeder "Salcedo - Centro" belonging to Empresa Eléctrica Cotopaxi SA. The study was based on the data collection where the number of transformers were announced with their respective capacities and the existing users in the respective feeder, the information was obtained through two stages. The first stage is constituted by the identification of the path of the feeder and its respective transformers through the SIG Geoportal platform, the secondary stage is constituted by the information of the system loads information that was requested from the different Departments (Planning, Technical and Commercial) of ELEPCO SA. The POWER WORLD software was used for modeling the feeder in which each of the data obtained from the system was entered, through modeling performed, the current status of the feeder and the respective analysis of the voltage level in which the system is found to be the case and the voltage levels are outside the ranges allowed by the company, viable technical and economic alternatives will be made available to improve the voltage profile.

**Keywords:** Electric Supply, Feeder, POWER WORLD electrical engineering software, electrical distribution.

## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Ingles del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de proyecto de titulación II al idioma Ingles presentado por los señores Egresados: **Cocha Maiquiza Cristian Alexander** y **Toapanta Gualpa Edwin Geovanny** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título es **“ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR “SALCEDO – CENTRO” DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Esto en cuando puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, Enero del 2019

Atentamente:



Lic. Ana Jacqueline Guamani Aymacaña

C.I. 180323918-3

Docente del Centro Cultural De Idioma de la UTC



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título:** Análisis del nivel de voltaje del alimentador “Salcedo – Centro” de la Subestación “Salcedo”.

**Fecha de inicio:**

Este proyecto se debe comenzar a realizar desde la primera semana de Octubre del 2018

**Fecha de finalización:**

Se estima finalizar el proyecto en Enero del 2019.

**Lugar de ejecución:**

Sector Rumipamba de las Rosas, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

**FACULTAD que auspicia**

Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Carrera de Ingeniería Eléctrica

**Proyecto de investigación vinculado:**

Estabilidad de voltaje

**Equipo de trabajo:**

**Tutor de investigación:** Dra. Iliana Gonzales

**Estudiantes:** Cocha Maiquiza Cristian

Alexander; Toapanta Gualpa Edwin Geovanny

**Nombre:** Cocha Maiquiza Cristian Alexander

**Teléfonos:** 0987036360

**Correo electrónico:** cristian.cocha6@utc.edu.ec

**Nombre:** Toapanta Gualpa Edwin Geovanny

**Teléfonos:** 0992505137

**Correo electrónico:** hones1988@yahoo.com

**Área de concesión:**

Ingeniería Eléctrica en Sistemas de Potencia

**Línea de investigación:**

Explotación y Diseño de sistemas eléctricos de Potencia.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Redes de transmisión y distribución.

## HOJA DE VIDA DOCENTE

### DATOS PERSONALES

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Gabriel Napoleón

Pesántez Palacios

**FECHA DE NACIMIENTO:** 15 de Mayo de 1988

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0301893889

**ESTADO CIVIL:** Soltero

**NÚMEROS TELÉFONICOS:** 0998596423

**CORREO:** gabriel.pesantes3889@utc.edu.ec

### ESTUDIOS REALIZADOS

**NIVEL PRIMARIO:** Escuela Ciudad de Azogues

**NIVEL SECUNDARIO:** Colegio Juan Bautista Vázquez

**NIVEL SUPERIOR:** Universidad de Cuenca

### TITULOS:

**PREGRADO:** Bachiller Técnico Físico Matemático.

**POSGRADO:** Mestre em Engenharia Electrotecnica ramo de Energia e Automação.

### EXPERIENCIA LABORAL

<b>Empresa / Institución:</b>	RHR
<b>Contratante:</b>	RHR
<b>Detalles de las Obligaciones:</b>	INSPECTOR DE OBRA PARA LA EMPRESA RHR EN LOS PROYECTOS “URBANIZACIÓN PRADERAS DE BEMANI” Y “EDIFICIO DEPARTAMENTAL EL TEJAR”
<b>Monto del proyecto:</b>	Desconocido
<b>Papel desempeñado:</b>	INSPECTOR DE OBRA
<b>Tiempo de participación:</b>	18/02/2013 AL 05/07/2013

<b>Empresa / Institución:</b>	EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES
<b>Contratante:</b>	EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES

<b>Detalles de las Obligaciones:</b>	ENCARGADO DE COORDINAR LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DIARIO Y RECLAMO DE FALLAS, A CARGO DE 6 CHOFERES, 8 ELECTRICISTAS PARA TRABAJOS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN (LINIEROS), 4 PERSONAS PARA TRABAJOS EN LÍNEAS ENERGIZADAS DE HASTA 22KV
<b>Monto del proyecto:</b>	-----
<b>Papel desempeñado:</b>	INGENIERO 1 TÉCNICO ELÉCTRICO EN EL ÁREA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
<b>Tiempo de participación:</b>	08/07/02/2013 AL 01/10/2013

<b>Empresa / Institución:</b>	ING. GABRIEL PEREZ LUNA
<b>Contratante:</b>	HIDALGO E HIDALGO S.A.
<b>Proyecto:</b>	ESTUDIO DE REUBICACIÓN DE LA POSTERÍA DEL ALIMENTADOR #122 Y DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO VIAL DE LA AUTOPISTA AZOGUES-CUENCA, TRAMO AZOGUES-PUENTE RÍO DELEG
<b>Monto del proyecto:</b>	22,027.59
<b>Papel desempeñado:</b>	COLABORADOR DIRECTO
<b>Tiempo de participación:</b>	28/10/2013 AL 08/01/2014

<b>Empresa / Institución:</b>	ING. SERGIO LOZANO CASTRO
<b>Contratante:</b>	HIDALGO E HIDALGO S.A.
<b>Proyecto:</b>	CONSTRUCCIÓN "ALIMENTADOR #122"
<b>Monto del proyecto:</b>	419,717.50
<b>Papel desempeñado:</b>	RESIDENTE DE OBRA
<b>Tiempo de participación:</b>	31/03/2014 al 30/09/2014

<b>Empresa / Institución:</b>	ING. GABRIEL PESÁNTEZ PALACIOS
<b>Contratante:</b>	ING. GABRIEL PEREZ LUNA
<b>Proyecto:</b>	Diseño Alimentador Primario de Media Tensión 22kV, S/E 2- Autopista- UNAE
<b>Monto del proyecto:</b>	5,325.61
<b>Papel desempeñado:</b>	ASISTENTE PROYECTISTA
<b>Tiempo de participación:</b>	23/06/2014 AL 28/07/2014
<b>Actividades relevantes:</b>	

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

**NOMBRES:** Cocha Maiquiza Cristian Alexander

**DIRECCIÓN:** Cunchibamba, Cantón Ambato

**TELÉFONO(S):** 0987036360

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Pillaro, 21 de Febrero de 1995

**EDAD:** 23 años

**ESTADO CIVIL:** Soltero

**CEDULA DE IDENTIDAD NÚMERO:** 185001869-6

**NACIONALIDAD:** Ecuatoriano

### NIVELES DE EDUCACIÓN

**ESTUDIOS PRIMARIOS:** Escuela General Urdaneta

**ESTUDIOS SECUNDARIOS:** Colegio Técnico Industrial “19 de Septiembre”

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

**NOMBRES:** Toapanta Gualpa Edwin Geovanny

**DIRECCIÓN:** Salcedo, Barrio Sur, Calles Gonzales Suarez y Julio Hidalgo

**TELÉFONO(S):** 0992505137

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Salcedo, 08 de Mayo de 1988

**EDAD:** 28 años

**ESTADO CIVIL:** Soltero

**CEDULA DE IDENTIDAD NÚMERO:** 050324885-8

**NACIONALIDAD:** Ecuatoriano

### NIVELES DE EDUCACIÓN

**ESTUDIOS PRIMARIOS:** Escuela Gonzales Suarez

**ESTUDIOS SECUNDARIOS:** Colegio Tecnológico “Ramón Barba Naranjo”

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de distribución tienen como objetivo principal llevar el suministro de energía eléctrica desde las subestaciones hacia los usuarios finales teniendo en cuenta garantizar la calidad y confiabilidad en el servicio eléctrico. La subestación de distribución Salcedo se encarga de transformar la energía recibida de las líneas de subtransmisión y distribuirlas a los circuitos primarios, estos circuitos primarios suministran energía a los transformadores de distribución en niveles de tensión comprendidos entre los (13.8 y 7.96) kV.

Mientras que los transformadores de distribución entregan directamente energía a los circuitos secundarios en niveles de tensión óptimos para el consumo final y los circuitos secundarios tienen como objetivo distribuir el suministro de energía eléctrica hacia los puntos de consumo final en niveles de tensión aceptables.

El incremento considerable de cargas y el debido aumento de conexiones por nuevos usuarios a la red de distribución ocasionan diversos tipos de problemas con respecto al nivel de potencia y calidad de energía, el trabajo de investigación se basa en el análisis de los niveles de voltaje del sistema actual del alimentador “Salcedo – Centro”, perteneciente a la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A.

El capítulo I corresponde a la “Información General”, en el cual se presenta una breve explicación del porque se realizó esta investigación, los antecedentes que llevaron a realizar el estudio, y la identificación de los principales beneficiarios, a su vez se da a conocer los objetivos planteados en el tema de investigación.

El capítulo II corresponde al “Marco Referencial y Teórico”, se realiza una breve presentación con respecto al tema de investigación dado, dentro de lo que es el marco referencial se puede decir que está conformado por los antecedentes históricos de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A., también se establece el área de concesión de dicha empresa cuyo objetivo es la de proveer de energía a toda la Provincia de Cotopaxi, posteriormente se indica el programa a utilizarse para la modelación del sistema a analizarse detallando así sus características, ventajas y desventajas del programa.

Con respecto al Marco Teórico, se realizó una breve descripción de los conceptos básicos de un sistema de distribución además se da a conocer una breve reseña de las normativas que hacen referencia a los niveles de tensión permitidos dentro de las empresas de distribución de forma

nacional e internacional, además se da a conocer posibles formas que permiten mejorar los niveles de tensión y así poder garantizar la calidad de producto y la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica hacia los consumidores.

También se detalla la metodología utilizada para realizar la investigación así como los instrumentos y técnicas que permiten realizar el análisis requerido por los investigadores, también se detalla las variables directas e indirectas correspondientes al tema de investigación.

El capítulo III, corresponde a la “Recolección y Análisis de datos” se realizó un resumen de las actividades que permitieron analizar el sistema eléctrico del Alimentador “Salcedo - Centro”, perteneciente a la subestación de Salcedo, para esta investigación se realizó la recopilación de datos en dos etapas la primera etapa se desarrolló mediante el uso de la plataforma Geoportal de la Empresa Cotopaxi en el cual se constató el recorrido del alimentador, a su vez se realizó el levantamiento de cada uno de los transformadores existentes con sus respectivas capacidades, mientras que la segunda etapa se desarrolló mediante la solicitud de información en los diferentes departamentos de (Planificación, Técnico y Comercial), de la empresa eléctrica ELEPCO S.A., la información obtenida directamente de la empresa eléctrica Cotopaxi permitió analizar el comportamiento de la curva de carga mensual y diaria del alimentador.

Al obtener todos los parámetros eléctricos de cada uno de los elementos del sistema, se procedió a realizar la respectiva modelación del alimentador de la subestación Salcedo mediante el uso del software POWER WORLD este programa permitió analizar el comportamiento y los niveles de tensión actuales del alimentador.

Una vez realizado el análisis nos permitió conocer si los niveles de tensión se encuentran dentro de los rangos permitidos en el área de distribución tanto de la empresa como en las normativas vigentes en el país, al identificar que el sistema eléctrico del alimentador se encuentra operando en condiciones aceptables y requiere mejorar el nivel de tensión en una parte del alimentador, por lo que se da a conocer una alternativa técnica y económicamente viable que permiten mejorar los perfiles de voltaje manteniendo la calidad de producto, al final del trabajo de investigación se da a conocer las conclusiones y recomendaciones obtenidas por medio de la investigación realizada.

# CAPITULO I

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La subestación Salcedo perteneciente a la Empresa ELEPCO S.A dispone de 4 alimentadores primarios que brindan servicio de energía eléctrica a los diferentes abonados ya sean estos, “industriales, residenciales, comerciales y cargas especiales” ubicados en las zonas urbanas y rurales del Cantón. Se requiere realizar un análisis del nivel de voltaje del alimentador 2 “Salcedo - Centro” para determinar los parámetros eléctricos que están siendo afectados, por el incremento considerable de carga que presenta el sitio en los últimos años, así también como el problema causado por los reactivos provenientes de factores de potencia inadecuados.

El incremento considerable de cargas y la creciente demanda, puede afectar directamente al alimentador ocasionando problemas de estabilidad en la red, caídas de voltaje en sus nodos, fallas, interrupciones, sobrecargas en los transformadores y posibles interrupciones del fluido eléctrico por lo tanto generan pérdidas económicas tanto para usuarios como para la empresa de distribución.

Mediante el estudio y análisis que se va a realizar en el alimentador, se dará a conocer alternativas técnicamente viables, que permita mejorar el nivel de voltaje y la calidad de energía eléctrica, este proyecto investigativo se lo realizara mediante uso de softwares eléctricos, que permitan analizar el comportamiento del alimentador mediante la simulación de flujos de potencia y caídas de voltaje, a su vez se tomara en cuenta la Regulación CONELEC 004/01, u otras que tengan relación a los niveles de voltajes permitidos para distribución.

## 3. JUSTIFICACIÓN

La empresa distribuidora de energía eléctrica ELEPCO S.A está obligada a controlar y regular los distintos parámetros eléctricos que afectan los niveles de voltaje y factor de potencia de las redes dentro de su área de concesión para garantizar que se cumplan las regulaciones establecidas dentro de la ley CONELEC 004/001.

La regulación de la CONELEC 004/001 su objetivo principal es establecer los rangos permitidos del suministro de energía eléctrica en las empresas distribuidoras, además se basa en establecer los niveles de calidad de producto de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las empresas

distribuidoras, esta norma se tomó a consideración debido a que indica los niveles de voltajes permitidos en los sistemas de distribución.

En la actualidad el constante crecimiento de la demanda en las áreas residenciales y comerciales en la zona centro de Salcedo, provoca un incremento de pérdidas en el sistema, por causas de corrientes elevadas y bajos niveles de voltaje, como sabemos la energía es recurso necesario en nuestra vida cotidiana por lo que se busca la manera de utilizar la energía lo más eficientemente posible.

Con lo indicado anteriormente el presente trabajo de investigación se prevé realizar un análisis del nivel de voltaje del alimentador 2 de la Subestación Salcedo, con el fin de obtener parámetros eléctricos necesarios como, niveles de voltaje, corrientes, factor de potencia, los cuales permitan determinar las causas y problemas que afectan directamente a los niveles de voltaje y eficiencia del alimentador, y así poder determinar las alternativas que permitan mejorar el suministro eléctrico.

#### **4. BENEFICIARIOS:**

Beneficiarios principales o directos de nuestro proyecto de investigación, son los clientes residenciales, comerciales, industriales y cargas especiales.

Beneficiarios secundarios de nuestro proyecto de investigación es la Subestación Salcedo.

Dentro de los beneficiarios también se tomara en cuenta a la empresa distribuidora.

#### **5. FORMULACION DEL PROBLEMA**

El aumento considerable de cargas para el alimentador Centro de Salcedo, ocasiona problemas de suministro de energía, pérdidas de energía provocando que no se pueda cumplir con los parámetros básicos de niveles de tensión o demás indicadores de los sistemas de distribución.

#### **6. OBJETIVOS**

##### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar el nivel de voltaje del alimentador “Salcedo – Centro” de la subestación Salcedo, perteneciente a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A, basado en los parámetros eléctricos los cuales nos va permitir dar a conocer una alternativa que permita mejorar el nivel de tensión del sistema.

## 6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las condiciones actuales de la subestación Salcedo que permita facilitar el estudio y análisis del nivel de voltaje del sistema.
- Realizar el levantamiento de datos del alimentador “Salcedo – Centro”.
- Modelar el alimentador centro de Salcedo mediante un software.
- Análisis y aplicación de la mejor alternativa técnica y económicamente viable que permita controlar los niveles de voltaje del alimentador.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

OBJETIVO	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA
Determinar las condiciones actuales de la Subestación Salcedo que permita facilitar el estudio y análisis del nivel de voltaje del sistema.	Identificación del recorrido del alimentador.  Análisis de estudios ya realizados en la Subestación.	Contenido científico Información actual y precisa, e identificación de la zona que recorre el alimentador.	Búsqueda de información bibliográfica e identificación del recorrido del Alimentador “Salcedo - Centro” mediante el método de observación.
Realizar el levantamiento de datos del alimentador “Salcedo – Centro”.	Determinar las demandas y potencias a ser suministradas por la distribuidora. Determinar los tipos de usuarios del alimentador. Obtención de datos emitidos por Empresa Eléctrica Cotopaxi.	Nivel de voltaje en el alimentador.  Tipo de clientes.  Demandas existentes en el alimentador.  Potencia de transformadores.	Método de observación, uso de la plataforma o geo portal de la Empresa Eléctrica Cotopaxi, mediante el cual se va a realizar el levantamiento.  Solicitud emitida a la Empresa Eléctrica.
Modelar el alimentador centro de Salcedo, mediante un software.	Simulación del flujo de potencia del alimentador “Salcedo - Centro”.	Nivel de caída de tensión.	Metodología exploratoria “Leer tutorías que permitan conocer el funcionamiento del programa”

Análisis y aplicación de la mejor alternativa técnica y económicamente viable que permita controlar los niveles de voltaje del alimentador.	Análisis del comportamiento de nivel de tensión en cada una de las barras del sistema eléctrico.	Compensación de potencia reactiva, mejorar el factor de potencia y mejorar los perfiles de voltaje del alimentador.	Uso de la técnica experimental el cual permita comprobar la hipótesis y así poder mejorar el comportamiento del sistema.
---	--	---	--

## CAPITULO II

### 8. MARCO REFERENCIAL

#### 8.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS ELEPCO S.A.

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A asume como actividad económica principal la Generación, Subtransmisión, Distribución y Comercialización de Energía eléctrica en su área de concesión, de conformidad con la ley de régimen del sector Eléctrico.

ELEPCO S.A., acorde con lo que determina su escritura pública de constitución, tiene por objeto la prestación del servicio público de electricidad y por lo tanto está autorizada para proveer del mismo en la Provincia de Cotopaxi [1].

Según los estatutos de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (2014), establece que ELEPCO S.A, se formó primeramente como Sistema Eléctrico Latacunga (SEL), el 11 de abril de 1909, dotando del servicio exclusivamente a clientes residenciales de las calles céntricas de la ciudad y alumbrado público. En 1925 se inaugura una Central Hidráulica de 300 KW, en el Río Yanayacu [1].

En mayo de 1979 se integra al SEL el cantón Salcedo, posteriormente en junio de 1980 se integra el cantón Pujilí y finalmente en marzo de 1982 se integra el cantón Saquisilí.

El 25 de noviembre de 1983 cambia su denominación de Sistema Eléctrico Latacunga a "EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL DE COTOPAXI S.A, ELEPCO S.A ", mediante escritura pública de constitución de la compañía anónima.

El 1 de febrero de 1984 entra en funcionamiento la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., siendo sus Accionistas INECEL y los Municipios de Latacunga, Saquisilí, Salcedo y Pujilí.

### **8.1.1. ÁREA DE CONCESIÓN**

La Empresa Eléctrica Cotopaxi como proveedora de energía eléctrica tiene la autorización de proveer de energía a toda la Provincia de Cotopaxi. Desde el año de 1978 se inicia la expansión del sistema, en forma planeada y progresiva fue extendiendo las redes eléctricas, actualmente ha rodeado las redes de las empresas eléctricas adyacentes imposibilitando su avance [1].

ELEPCO S.A., para la distribución y comercialización de la energía eléctrica tiene la concesión de los siguientes cantones de la provincia que son:

- Latacunga
- Salcedo
- Pujilí
- Saquisilí
- Sigchos
- Pangua
- La Maná

### **8.2. Power World Simulator**

Power World Simulator es un paquete de simulación de sistemas de potencia que posee una interfaz gráfica e interactiva con el usuario. Además acepta las mismas plataformas operativas del ETAP sus principales características son las que se muestra a continuación [2].

- Simulación en el tiempo: Permite que la solución de los flujos de carga se realice continuamente a medida que transcurre un período de tiempo determinado [2].
- Objetos y registros: Cada elemento del sistema tiene asociado un registro de datos y un objeto que lo representa en el diagrama unifilar [2].
- Gráficos y variación de carga: La generación y la carga pueden visualizarse por medio de gráficos que son realizados a medida que se efectúa una simulación en el tiempo; así mismo pueden definirse curvas de variación de la carga para un área o zona específica [2].

Los análisis que se pueden realizar con este programa son [2]:

- Flujos de carga.
- Análisis de contingencias.
- Análisis de fallos Estabilidad (PVQV).
- Flujo de potencia óptimo.
- Análisis de ATC
- Despacho económico
- Operaciones de intercambio

### 8.3. GEO PORTAL

La plataforma Geoportal tiene como finalidad ofrecer a los usuarios el acceso de manera libre a una serie de recursos y servicios basados en información geográfica a través del internet, utilizando un navegador estándar; además permite realizar el levantamiento de información de datos mediante la generación de reportes de forma escrita [2].

#### 8.3.1. Ventajas del uso de la plataforma Geoportal

La principal ventaja de esta plataforma es que es muy interactiva con el usuario ya que permite generar reportes del sistema que estamos realizando el estudio, también permite realizar un análisis visual o adquisición de información de cualquier sistema de distribución que se encuentre agregado por la Empresa Eléctrica.

La información que se puede obtener mediante esta plataforma se encuentra información de los tramos de media tensión, de baja tensión, puestos de transformadores de distribución, luminarias, protección de baja tensión, seccionadores fusibles, puntos de carga además nos permite conocer las distancias y niveles de tensión del sistema [2].

**Figura 1** Plataforma Eléctrica Geoportal Empresa ELEPCO.



**Fuente:** Los Investigadores.

En la figura 1, se procederá a indicar como se encuentra constituido la plataforma la plataforma eléctrica de la Empresa Cotopaxi, como se mencionó anteriormente esta plataforma será utilizada para identificar el recorrido que presenta el alimentador a realizar el estudio y el respectivo levantamiento de datos del sistema a ser analizado entre los datos a ser levantados mediante la generación de reportes se encuentran los transformadores, cargas y líneas del sistema eléctrico.

#### **8.4. Marco teórico**

##### **8.4.1. Conceptos Básicos de un Sistema de Distribución.**

##### **8.4.2. Carga eléctrica**

Dentro de un sistema eléctrico representa la potencia eléctrica consumida por los equipos instalados en cada uno de los clientes finales, estos equipos pueden ser motores, bombas, electrodomésticos, etc.

##### **8.4.3. Carga instalada**

Es la suma de todas las potencias, de los aparatos de consumo conectados a un sistema o a parte de él, se expresa generalmente en KVA, MVA, kW o MW, [3].

$$CI = \Sigma \text{Potencias Nominales de las cargas}$$

**Ecuación 1**

##### **8.4.4. Suministro Eléctrico**

El suministro eléctrico se basa en un conjunto de medios, actos y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, para el desarrollo de nuestra sociedad.

##### **8.4.5. Curva de carga**

La curva de carga representa gráficamente la variación de carga en un determinado intervalo de tiempo. Con pocas excepciones, la carga siempre será variable hora a hora, día a día.

##### **8.4.6. Intervalo de demanda**

El periodo sobre el cual la carga es promediada, normalmente es usado cada 15 o 10min., dependiendo de la duración de las cargas, [4].

#### 8.4.7. Pérdidas de energía

Energía eléctrica disipada por causas inherentes al proceso de transporte o transformación, más la energía que por diversos factores no se contabiliza o se contabiliza erróneamente por las empresas encargadas del suministro. Puede definirse también como la diferencia que resulta al hacer un balance entre la energía demandada y la energía facturada.

#### 8.4.8. Pérdidas de potencia

Potencia entregada a un elemento o sistema que no es utilizado [5].

### 8.5. Subestacion eléctrica

Una subestación eléctrica es parte de un sistema de generación, transmisión y distribución eléctrica, donde la tensión es transformada de baja a alta tensión y viceversa, en adición a otras importantes funciones. [6].

Una subestación es un punto dentro del sistema de potencia en el cual se cambian los niveles de voltaje y corriente con el fin de minimizar pérdidas y optimizar la distribución de la potencia por todo el sistema. Es además el centro donde se recibe y reparte la energía producida en las centrales generadoras, maniobrando y controlando su destino final a los diferentes centros de consumo, con determinados requisitos de calidad, [3]

#### 8.5.1. Características de operación de las subestaciones

Características que determinan la forma de una subestación y se definen de la forma siguiente:

- **Flexibilidad:** Es la propiedad de la instalación para acomodarse a las diferentes condiciones que se puedan presentar, bien sea por mantenimiento, por cambios en el sistema o por fallas.
- **Confiabilidad:** Es la propiedad de que una subestación pueda mantener el suministro de energía, bajo la condición que al menos un componente de la subestación pueda repararse durante la operación.
- **Seguridad:** La instalación de operar adecuadamente bajo condiciones normales y anormales de manera que se evite el daño en los equipos o riesgo para las personas.
- **Modularidad:** Es la facilidad que tiene una subestación para cambiar de configuración cuando sus necesidades o el sistema lo requieran.

### 8.5.2. Clasificación de las subestaciones por su función dentro del sistema

**Subestación de generación:** Es la estación primaria de la energía producida por las plantas generadoras, su objetivo esencial es transformar el voltaje a niveles altos para lograr economía con la reducción de la corriente en el transporte de la energía eléctrica.

**Subestación de transmisión:** Su función es interconectar las diferentes líneas de transmisión de 138kV o 230kV y actualmente 500kV. Estas generalmente alimentan también barrajes de 69kV y/o 13.8kV.

**Subestación de subtransmisión:** Son aquellas que alimentan o interconectan líneas de nivel intermedio de voltaje, 69kV o 22kV, para transporte a distancias moderadas y de cargas no muy altas, con cargas distribuidas a lo largo de la línea [3].

**Subestación de distribución:** Su función es reducir el voltaje a niveles de distribución 13.2kV y 13.8kV, para enviarla a los centros de consumo industrial o residencial, donde los transformadores de distribución instalados a lo largo de los circuitos, se encargan de reducir los niveles a bajo voltaje (440, 380, 220, 127 V), para alimentar a los clientes.

**Subestaciones receptoras secundarias:** donde se transforma la energía recibida de las líneas de subtransmisión y dan origen a los circuitos de distribución primarios [3].

### 8.5.3. Clasificación de subestaciones por el tipo de operación.

**Subestacion de maniobra:** Conectan varios circuitos (o líneas) para orientar o distribuir el flujo de potencia a diferentes áreas del sistema. Por lo tanto, en este tipo de subestaciones no se transforma la tensión [7].

**Subestación de transformación:** Son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante uno o más transformadores. Estas subestaciones pueden ser elevadoras o reductoras de tensión [7].

### 8.5.4. Clasificación de las subestaciones por su forma constructiva.

#### Por su montaje.

- **Subestaciones interiores:** Donde sus elementos constitutivos se instalan en el interior de edificios apropiados.
- **Subestaciones exteriores o a la intemperie:** Sus elementos constitutivos se instalan a las condiciones ambientales.

### **Por su tipo de equipo.**

- **Subestación convencional:** Es del tipo exterior pero la instalación de su equipo es abierta, sin que nada los proteja.
- **Subestación encapsulada:** Es una subestación cuyas partes vivas y equipos que soportan voltaje están contenidos dentro de envolventes metálicos.
- **Subestación móvil:** Se caracteriza porque todo el conjunto de equipos está instalado sobre un remolque. Su objetivo básico es el de ser utilizado bajo circunstancias de emergencia, en cualquier punto del sistema [3].

### **8.6. Líneas de transmisión**

Es la parte del sistema constituida por varios elementos como: torres de transmisión, conductores, aisladores, postes, etc., que se encarga de llevar la energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los puntos de consumo a través de grandes distancias [8].

Los volúmenes de energía eléctrica producidos deber ser transformados elevándose su nivel de voltaje, una red de transmisión opera usualmente con voltajes del orden de 138kV, 230kV y 500kV denominados alto voltaje.

### **8.7. Líneas de subtransmisión**

Son líneas que no pertenecen al Sistema Nacional Interconectado (SNT), generalmente son de propiedad de las empresas de distribución, operan a un voltaje comprendido entre 46 kV y 69kV, permite transportar energía desde una subestación del SNT a una subestación de distribución.

### **8.8. Alimentador primario**

Son los circuitos con niveles de voltaje comprendidos entre 2.4kV y 44kV que transporta energía eléctrica desde una subestación de distribución, hasta el lado de medio voltaje de los transformadores de distribución [9].

### **8.9. Transformadores de distribución**

Se conectan a un circuito primario y suministran servicio a los consumidores o abonados conectados al circuito secundario.

### **8.10. Circuitos primarios**

Son circuitos que recorren cada uno de los sectores urbanos y rurales suministrando potencia a los transformadores de distribución a voltajes como 13.2 kV, 11.4 kV, 7620 V.

### **8.11. Circuito secundario**

Circuitos con niveles de voltaje de 120, 127, 208, 220, 240, 330 y 480 voltios, que transportan energía eléctrica desde el lado de bajo voltaje de los transformadores de distribución, hasta el punto de conexión del consumidor. [5]

### **8.12. Redes de distribución**

La distribución de energía eléctrica es una actividad cuyas técnicas están en un proceso constante de evolución reflejada en el tipo de equipos y herramientas utilizadas, en los tipos de estructuras, en los materiales con los que se construyen las redes de distribución, en los métodos de trabajo de las cuadrillas de construcción y mantenimiento, en la metodología de diseño y operación, [9]

#### **8.12.1. Requisitos que debe cumplir un sistema de distribución.**

- Cumplimiento de normas nacionales y/o internacionales.
- Seguridad para el personal y equipos.
- Simplicidad en la construcción y operación (rapidez en las maniobras).
- Facilidades de alimentación desde el sistema de potencia.
- Optimización de costos (economía).
- Confiabilidad de los componentes.
- Continuidad del servicio.
- Información relacionada con la zona del proyecto (ubicación, altitud, vías de acceso).
- Control de frecuencia, [9].

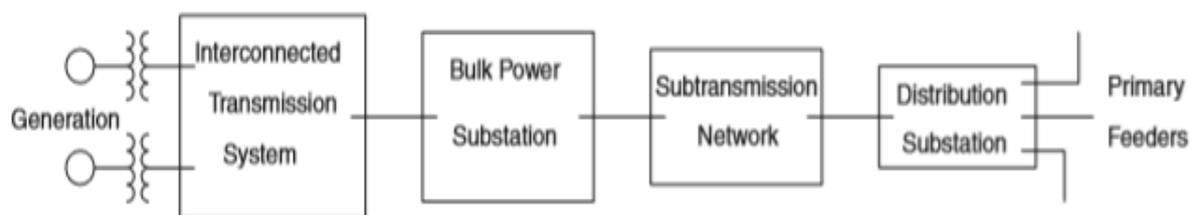
Las empresas de distribución del Ecuador tienen la responsabilidad de suministrar el servicio eléctrico a los consumidores finales ubicados en cada una de sus zonas de concesión, teniendo en cuenta los niveles y aspectos de calidad [9].

### Calidad del producto

- Nivel de voltaje.
- Perturbaciones de voltaje.
- Factor de potencia.

#### 8.12.2. El sistema de distribución está conformado por:

**Figura 2** Sistema de distribución dentro de un sistema de potencia



Fuente: [9]

#### 8.12.3. Redes de distribución aéreas.

En esta modalidad, el conductor que usualmente está desnudo, va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de madera o de concreto.

#### 8.12.4. Redes de distribución subterráneas.

Son empleadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo. Actualmente el sistema subterráneo es competitivo frente al sistema aéreo en zonas urbanas céntricas [10].

### 8.13. Redes de distribución de acuerdo a voltajes nominales

Existen varios voltajes de diseño para circuitos secundarios. Los siguientes son los voltajes de diseño de redes urbanas y rurales que permiten abastecer al servicio residencial, comercial, a la pequeña industria y al alumbrado público [11].

- Monofásico trifilar 240/120 V con punto central a tierra.

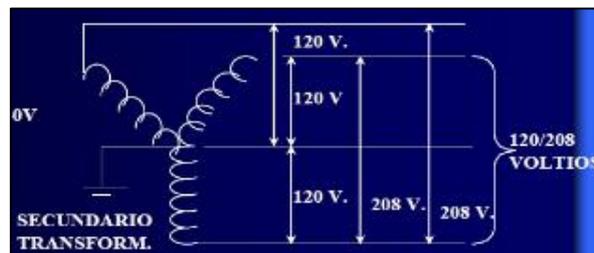
**Figura 3** Nivel de voltaje del sistema Trifilar



Fuente: [11]

- Trifásico tetrafilar 208/120 V con neutro a tierra y 220/127 V con neutro a tierra.

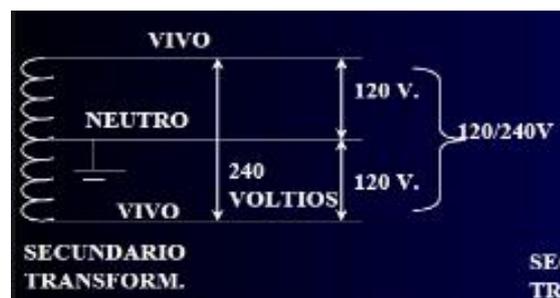
**Figura 4** Nivel de voltaje del sistema tetrafilar.



Fuente: [11]

- Trifásico en triángulo con transformadores monofásicos, de los cuales uno solo tiene conexión a tierra 240/120 voltios.

**Figura 5** Nivel de voltaje en el sistema trifásico



Fuente: [11]

#### 8.14. Redes de distribución urbanas.

Los programas de distribución urbana son desarrollados individualmente por cada empresa de energía y la mayoría de las veces son planes de remodelación y recuperación de pérdidas [11].

#### 8.15. Redes de distribución rurales.

Estos sistemas de distribución se encargan del suministro eléctrico a zonas de menor densidad de cargas, por lo cual requiere de soluciones especiales en cuanto a equipos y a tipos de red. Debido a las distancias largas y las cargas pequeñas, es elevado el costo del kWh consumido.

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:

- Subestación de Distribución de casas: conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.
- Circuito Primario.
- Circuito Secundario.

## **8.16. Regulaciones**

### **Regulación Nacional**

#### **8.16.1. Regulación CONELEC 004/01**

En los últimos años se ha profundizado el problema de la calidad de energía eléctrica debido a la complejidad y a la sensibilidad de los equipos tecnológicos. Por este motivo la regulación de la CONELEC – 004/01 trata de garantizar a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable [12].

Esta regulación como se mencionó anteriormente busca satisfacer de mejor manera los índices de calidad del producto, por lo cual se toma a consideración los niveles de voltaje, perturbaciones de voltaje y factores de potencia.

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad - ARCONEL, que es el organismo técnico administrativo encargado de regular y controlar las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general, precautelando los intereses del consumidor o cliente final.

Antes de la creación de ARCONEL, existió el consejo nacional de electricidad CONELEC, cuyas resoluciones y regulaciones han sido ratificadas por ARCONEL, específicamente la regulación 004/01 que describe la calidad de servicio eléctrico [12].

#### **Nivel de voltaje**

Los niveles de voltaje varían a lo largo de la línea de transporte de los alimentadores primarios, la variación de voltaje debe mantenerse dentro de los límites permitidos por la regulación establecida en el CONELEC 004/01:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$

**Ecuación 2**

Donde:

- $\Delta V_k$ : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.
- $V_k$ : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.
- $V_n$ : voltaje nominal en el punto de medición.

Se define la calidad de voltaje como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos con relación al voltaje nominal y expresado en porcentaje, en los diferentes niveles de voltaje. La variación de voltaje admitido con respecto al valor del voltaje nominal se señala en la tabla 1:

**Tabla 1** Niveles de voltaje permitido

	<b>SUBETAPA 1</b>	<b>SUBETAPA 2</b>
<b>ALTO VOLTAJE</b>	$\pm 7,0 \%$	$\pm 5,0 \%$
<b>MEDIO VOLTAJE</b>	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
<b>BAJO VOLTAJE ZONAS URBANAS</b>	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
<b>BAJO VOLTAJE ZONAS RURALES</b>	$\pm 13,0 \%$	$\pm 10,0 \%$

Fuente: [12]

Variaciones de voltajes admitidos según la regulación ARCONEL, regulación N° CONELEC - 004/01.

El distribuidor debe realizar mensualmente un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición [12]:

- 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
- 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
- 0,01 % de los consumidores de bajo voltaje del área de concesión, no menos de 10.

### **8.16.2. Regulación ARCONEL 001/17**

La presente regulación hace referencia a los mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de las consumidoras y consumidores.

En objetivo principal de esta regulación es de establecer el procedimiento que deben emplear las empresas eléctricas de distribución para atender los reclamos que presentan los consumidores, con relación a la prestación del servicio público de energía eléctrica [13].

### Tiempos para la solución de interrupción del servicio eléctrico

Los tiempos definidos para la atención, verificación y resolución de los reclamos por parte de las empresas eléctricas distribuidoras, no podrán exceder los rangos establecidos [13].

En la tabla 2 se dará a conocer los tiempos establecidos de las reposiciones eléctricas en caso de fallas técnicas, mediante reclamos o daño de equipos dependiendo de la zona donde se haya producido el problema.

**Tabla 2** Tiempos de reposición de fallas

Tipo	Descripción general	Termino hasta la resolución del reclamo	
		Urbano	Rural
<b>Reclamos Técnicos</b>	Daños y afectaciones en las redes eléctricas de distribución de bajo voltaje	12 h	24 h
	Daños y afectaciones en las redes eléctricas de distribución de medio voltaje	24 h	48 h
	Daños en acometida o el medidor o ambas.	5 d	6 d
	Daños en las luminarias de alumbrado público general.	1 d	3 d
<b>Reclamos Comerciales</b>	Errores en la facturación, por lectura errónea del consumo eléctrico.	1 d	3 d
	Errores en la facturación, por fallas o daños del medidor que alimentador que amerite el desmontaje y revisión del mismo.	2 d	4 d
	Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.	5 d	6 d
<b>Daños de Equipos</b>	Restablecimiento del servicio suspendido por falta de pago.	1 d	2 d

Fuente: [13]

Nota: h= horas laborables; d= días laborables

Los tiempos establecidos para daños a equipos y/o artefactos, contemplan únicamente los tiempos de trámite a cargo de la empresa eléctrica distribuidora.

Para los casos no contemplados en la tabla la empresa eléctrica distribuidora, tiene un término máximo de 20 días para resolverlo [13].

### 8.16.3. Norma ANSI C84.1

#### Para sistemas eléctricos de potencia y equipos

Esta norma establece clasificaciones de voltaje nominal y tolerancias de funcionamiento para sistemas de energía eléctrica de 60 Hertz superiores a 100 voltios [14].

#### Propósito

Los propósitos de esta norma son:

- Promover un mejor entendimiento de los voltajes asociados con sistemas de energía y equipos de utilización para lograr un práctico y económico diseño y operación.
- Establecer una nomenclatura uniforme en el campo de voltajes.
- Promover la normalización del voltaje nominal del sistema y rangos de variación de voltaje para sistemas operativos.
- Promover la normalización de tolerancias y grados de voltaje del equipo.
- Promover la coordinación de las relaciones entre el sistema y equipo voltaje clasificaciones y tolerancias.
- Proporcionan una guía para el futuro desarrollo y diseño de equipos para lograr el mejor cumplimiento posible de las necesidades de los clientes.
- Proporcionan a una guía, con respecto a la elección de voltajes, para nuevas empresas de sistema de alimentación y cambios en antiguos sistemas.

La norma ANSI C84.1 define sus propios criterios relacionados al voltaje, usados para definir sus niveles de confiabilidad y operación, permitiendo mejorar los sistemas eléctricos.

- **Selección de voltajes del sistema nominal:** Cuando un nuevo sistema debe ser construido o un nuevo nivel de voltaje se introduce en un sistema existente, deben seleccionarse uno o más de los voltajes del sistema nominal.
- **Explicación de rangos de voltaje:** Para cualquier voltaje de sistema nominal específica, el voltaje realmente existente en los varios puntos y en varios momentos en cualquier sistema de potencia [14].

## 8.17. Regulaciones Internacionales.

### Regulación de voltaje en las subestaciones de distribución

La subestación es el primer lugar para la instalación del equipo de regulación de voltaje que, en estos casos, se utiliza normalmente para corregir las variaciones en el voltaje de subtransmisión, en vez de las variaciones o caídas de voltaje en las redes de distribución.

Al utilizar equipos de regulación de voltaje, puede elegirse entre varias alternativas. Si se desea regular la tensión en las barras colectoras de la subestación puede hacerse por medio de cambiadores de tomas bajo carga (CTBG) en el transformador de la subestación o bien con reguladores - de voltaje ya sean trifásicos o monofásicos

También se puede hacer uso de capacitores desconectables localizados en la barra de bajo voltaje.

El regulador de voltaje, aplicado entre la barra de baja tensión y el transformador de la subestación, corregirá cualquier variación en el voltaje de entrada, para mantener el voltaje de la barra dentro de límites predeterminados. También sus controles pueden fijarse para que se mantenga un voltaje alto en la barra, durante períodos de máxima carga, y un voltaje más bajo en la barra, durante períodos de mínima carga.

### Comportamiento del sistema de distribución Peruano

#### 8.17.1. Caída de Voltaje

Dentro del área de distribución en el sistema peruano el Ministerio de Energías y Minas establece los niveles de tolerancia mínimos y máximos de variación de voltaje en diferentes zonas de suministro de energía eléctrica, por esa razón las empresas distribuidoras de ese país se basan en la “Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos” a continuación en la tabla se indica los niveles de tolerancia de caída de voltaje permitidos en empresas distribuidoras.

**Tabla 3** Niveles Permitidos de Caída de Voltaje Perú

<b>TOLERANCIA DE CAIDA DE VOLTAJE EN PERU</b>	
Área Urbana	± 5%
Área Rural	±7.5%

Fuente: [15]

Los Precios en Barra que el distribuidor traslada a las tarifas se fijan cada año junto con sus fórmulas de actualización que contienen parámetros tales como el índice de precios al por mayor, el tipo de cambio del dólar, la tasa de aranceles de productos importados, y el precio de los combustibles [15].

La Ley establece que el Precio de Barra regulado que fija el OSINERGMIN, no puede diferir en más de diez por ciento, del promedio ponderado de los precios de las Licitaciones, vigentes al 31 de marzo de cada año.

La Ley 28832 señala que los Precios a Nivel Generación para Usuarios Regulados se calculan como el promedio ponderado de los siguientes precios:

- Contratos sin Licitación: Por cada contrato, los precios son iguales al promedio de los Precios en Barra y los precios del contrato sin Licitación;
- Contratos resultantes de Licitaciones: Por cada contrato, los precios son iguales a los Precios de contrato resultantes de la Licitación, considerando el régimen de incentivos definido en el artículo 10° de la Ley 28832.

### **8.17.2. Sistema eléctrico Español**

La ley del sector eléctrico pretende regular las actividades relacionadas con el suministro de la energía, garantizando el suministro y la calidad a un menor coste, para adecuarlo a las necesidades de los consumidores, según el principio de la libre competencia.

Existe una única red a la que se puede acceder libremente, y las compañías no propietarias deben pagar por el derecho a usarla. El precio de la electricidad se abre, dando lugar a un mercado de energía al por mayor, donde compran y venden los distintos agentes [16].

#### **Agentes que intervienen**

Los agentes que intervienen en el sistema eléctrico español están compuesto básicamente por los siguientes participantes:

- Generadores
- Productores en régimen especial.
- Transportistas.
- Distribuidores.
- Consumidores.

- Consumidores cualificados.

### 8.17.3. Reguladores

**La Administración General del Estado:** Ejerce las facultades de la planificación eléctrica, regula la organización y el funcionamiento del mercado de producción, establece la regulación básica de la generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica y determina los requisitos mínimos de calidad y seguridad en el suministro eléctrico [16].

**La Comisión Nacional de Energía:** Es el ente regulador de los sectores energéticos. Sus objetivos son garantizar la competencia real en el sector energético y la objetividad y transparencia de su funcionamiento.

### 8.17.4. Operadores

#### El Operador del Sistema

Es el responsable de la gestión técnica del sistema, transporte y del funcionamiento del sistema en el mercado mayorista y garantiza la continuidad y seguridad del suministro eléctrico y la correcta coordinación del sistema de producción y transporte. La Ley asigna esta función a RED ELÉCTRICA [16].

#### El Operador del Mercado

Es el responsable de la gestión económica: gestiona el sistema de ofertas de compra y venta de energía que los diferentes agentes efectúan en el mercado de producción y realiza la liquidación final resultante. La Ley asigna esta función a la Compañía Operadora del Mercado Español de Electricidad [16].

#### Aspectos fundamentales de la regulación.

Se produce una liberalización de las actividades eléctricas y del uso de las instalaciones, abriéndose la generación y la comercialización a la competencia. Hay una separación jurídica de actividades:

- **Actividades Reguladas:** Transporte y Distribución
- **Actividades Liberalizadas:** Producción y Comercialización

La comercialización a tarifa, realizada por los distribuidores, está regulada y para Alta Tensión se termina en el año 2007. Se crea un mercado mayorista de electricidad con dos modalidades:

- **Mercado regulado:** que funciona a base de ofertas de compra y venta de energía que realizan los agentes de mercado [16].
- **Mercado Libre:** que funciona a base de contratos bilaterales físicos entre productores y consumidores cualificados

### 8.18. Comparación ventajas y desventajas

De acuerdo a lo descrito anteriormente las regulaciones nacionales e internacionales son mecanismos que buscan garantizar el suministro de energía eléctrica de forma eficiente y continua, para lo cual busca mejorar los índices de calidad de energía los cuales abarca en mantener los niveles de tensión dentro de los márgenes acordados por cada una de sus instituciones que los controlen.

Se pudo concluir que las normas de uno u otro país busca mejorar la calidad de suministro eléctrico en el cual comparado la norma peruana con la del CONELEC es sistema peruano exige mejores condiciones en cuanto a las variaciones de voltaje en los sistemas de distribución.

En Ecuador existen diferentes regulaciones que permiten conocer las características, definiciones que se encuentren relacionados con los índices de calidad de energía, los rangos de voltajes permitidos y los tiempos de reparación de fallas para una subestacion eléctrica, una vez conocido cada uno de estos parámetros se pueden llegar a mejorar los índices de calidad garantizando así un suministro de energía eléctrica sin ningún tipo de inconveniente.

A diferencia de las regulaciones internacionales, Ecuador no cuenta con distintas entidades que controlen el sistema o el mercado, pero de igual manera las regulaciones Ecuatorianas y la de España busca garantizar el suministro y la calidad a un costo menor teniendo en cuenta las necesidades de los consumidores.

En la tabla 4 se realizó una breve comparación de las ventajas y desventajas de los sistemas eléctricos de distribución tanto a nivel nacional e internacional antes mencionados.

**Tabla 4** Ventajas y Desventajas de distribución

Comparación de ventajas y desventajas de los sistemas eléctricos				
Países				
Ecuador	Ventajas	<p>-Por medio de la regulación de la CONELEC – 004/01 permite a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable.</p> <p>-Mediante las regulaciones existentes en el sector eléctrico ecuatoriano permite mantener un control del servicio eléctrico.</p>	Desventajas	<p>Debido a las sobrecargas que presenta las redes de distribución, existen variaciones de voltaje provocando una inestabilidad en la línea.</p> <p>En caso de existir problema en la calidad del suministro los consumidores no obtienen ningún tipo de remuneración por estos inconvenientes.</p>
España	Ventajas	<p>-En caso que se produjeran deficiencia continua o grave en la calidad de suministro eléctrico, las empresas distribuidoras tomaran medidas las cuales podría ser la reducción de las facturas que deben pagar los consumidores.</p> <p>-Las empresas comercializadoras fomentan el uso racional de la energía eléctrica, así mismo están a cargo de verificar y controlar las instalaciones de los clientes.</p>	Desventajas	<p>-Presenta problemas a la hora del suministro por la disminución de índice de cobertura</p> <p>- Presenta problemas en las instalaciones de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, debido al invierno</p>
Perú	Ventajas	<p>-El costo en el punto de distribución son bajos beneficiando a los consumidores</p>	Desventajas	<p>-La comercialización de la energía eléctrica se encuentra dividida entre empresas de distribución y</p>

		-El sistema eléctrico peruano mediante el plan nacional de electrificación rural busca aumentar la cobertura de dicha zona	empresas de generación algunas de estas privadas  -La cobertura del sistema eléctrico de Perú en zonas rurales es baja a diferencia de otros países latinoamericanos.
--	--	--	---

Fuente: Los investigadores

### 8.19. Niveles de tensión de voltaje del alimentador

#### Parámetros que inciden en su cálculo.

Los pronósticos de caída de voltaje se basan en las siguientes suposiciones:

- La densidad de carga es uniforme dentro de un área de servicio de la subestación.
- El área de servicio de la subestación puede ser aproximada a un polígono regular, de área igual al área servida y que tenga tantos lados como alimentadores haya.

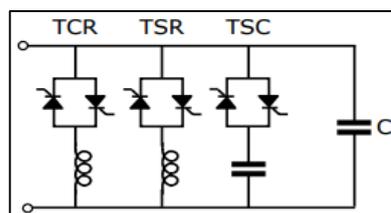
**Este cálculo tiene un proceso de dos pasos.**- Primero se calculan los valores de las áreas de servicio ARS, de las subestaciones. Estas áreas se definen como aquellas que contienen carga y que se encuentran dentro del área de óptimo servicio de la subestación

### 8.20. Formas de Mejorar el Nivel de Tensión.

#### 8.20.1. Compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC).

El Compensador Estático de Reactivos es un dispositivo regulador de la tensión el cual genera o absorbe potencia reactiva al variar la susceptancia equivalente. La susceptancia variable representa la susceptancia total del SVC necesaria para mantener el valor de la tensión nodal en el valor requerido [17].

Figura 6 Esquema simplificado para un SVC



Fuente: [17].

### **8.20.1.1. Estructura del SVC y su operación**

En su forma más simple un SVC consiste de un reactor controlado a tiristores en paralelo con un banco de capacitores. Las configuraciones más comunes son el tipo capacitor fijo y reactor controlado por tiristores (FC-TCR) y el tipo capacitor conmutado a tiristores y reactor controlado a tiristores (TSC-TCR) [17].

El número de ramas con capacitores y reactores está determinado por consideraciones prácticas y económicas [17].

### **Ventajas de los compensadores estáticos de potencia**

- Soporte a la red durante fallas
- Compensación en paralelo
- Control de voltaje
- Amortiguación de oscilaciones
- Control de bancos de capacitores externos

### **Aplicaciones de los SVC**

Dentro de las aplicaciones de los SVC se tiene lo siguiente:

- Control de la tensión para aumentar la calidad del suministro permitiendo, por ejemplo, mitigar la aparición de flicker cuando existen hornos de arco.
- Desde el lado del transporte de energía eléctrica se emplean para mejorar la estabilidad y la capacidad de transporte de las líneas de transporte.
- El SVC se puede poner en paralelo con un determinado consumo cuyo comportamiento varíe rápidamente para obtener un factor de potencia cercano a la unidad en todo instante
- En el caso de consumos monofásicos variables, como es el caso de la tracción en trenes eléctricos, el SVC se usa para equilibrar el consumo en cualquier régimen de funcionamiento.

### **8.20.2. Banco de Capacitores**

#### **Concepto de Capacitor**

El capacitor es un dispositivo formado por dos elementos conductores separados por un material dieléctrico, confinados en un contenedor o carcasa y cuyo propósito es producir

capacitancia en un circuito eléctrico [18].

### **BANCO DE CAPACITORES**

Los bancos de capacitores son equipos que regularmente se instalan en los sistemas eléctricos, tanto en baja como en media y alta tensión ya que son de utilidad para corregir el factor de potencia y evitar las penalizaciones que la empresa suministradora impone para mejorar el perfil de voltaje.

Los bancos de capacitores se han usado por más de 40 años para la compensación de los requerimientos de potencia reactiva y elevación de tensión en los sistemas de potencia.

### **CLASIFICACIÓN DE BANCOS DE CAPACITORES DE BAJA TENSIÓN**

Existen varias características que se deben tomar en cuenta para seleccionar el banco de capacitores para la corrección del factor de potencia, aunque la principal, generalmente, es la necesidad de potencia reactiva de la instalación [18].

Los bancos fijos de capacitores, con o sin interruptor termo magnético (ITM), son empleados para corregir el factor de potencia de una carga y de un grupo de cargas cuyo consumo de potencia reactiva es constante. Por lo anterior, todos los capacitores que forman parte de un banco fijo, se encuentran conectados a la red eléctrica permanentemente de tal manera que para dar mantenimiento o reemplazar algunos de sus componentes, es necesario desconectar el banco completo.

La ventaja principal del ITM es que permite la desconexión del banco de capacitores para su revisión y mantenimiento sin necesidad de desconectar el circuito completo. Por lo anterior, es preferible tener acceso al ITM en el banco de capacitores.

El objetivo de un banco de capacitores fijos es que se mantenga conectado mientras el equipo que requiere la compensación esté conectado a la línea de la red eléctrica. Como un banco fijo de capacitores aporta una potencia reactiva también sea constante.

#### **8.20.2.1. Bancos de condensadores en las subestación**

Los capacitores, aplicados en las subestaciones, producen varios efectos entre ellos los siguientes: incrementan el nivel de voltaje; mejoran la regulación de la tensión de la barra reducen las pérdidas debido a la disminución en la corriente; mejoran el factor de potencia de

los generadores. [18]

Para obtener el máximo beneficio económico de los capacitores estos, para sistemas de distribución deben instalarse lo más cerca posible de la carga.

**Los factores que determinan la instalación de capacitores en las subestaciones son:**

- Una carga grande se sirve directamente desde la subestación
- Sobre voltajes producidos a mínima carga, lo que impide instalar más capacitores fijos en los alimentadores.
- Alto costo de los bancos de capacitores desconectable, provistos de control especial que se instalan en los alimentadores
- Por las características propias del sistema cuando se requiere más reactivos para controlar el voltaje
- Cuando el sistema es muy grande y se requiere de un gran bloque de capacitores, para facilitar el control desde el centro de despacho de carga.

**8.20.3. Reguladores de Voltaje**

Los reguladores de voltaje son conocidos también, como un estabilizador de voltaje, es un equipo eléctrico que acepta una tensión de voltaje variable a la entrada, dentro de un parámetro predeterminado y mantiene a la salida una tensión constante (regulada).

Existen diversos tipos de reguladores de voltaje, los más comunes son de dos tipos: para uso doméstico o industrial. Los primeros son utilizados en su mayoría para proteger equipo de cómputo, video, o electrodomésticos [19].

Los segundos protegen instalaciones eléctricas completas, aparatos o equipo eléctrico sofisticado, fabricas, entre otros.

El costo de un regulador de voltaje estará determinado en la mayoría de los casos por su calidad y vida útil en funcionamiento continuo.

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL REGULADOR DE VOLTAJE**

- Es un dispositivo que se puede utilizar para proteger toda clase de equipos electrónicos, no solo computadoras.

- Incluyen dentro de sí un fusible (es un alambre con 2 extremos dentro de una burbuja de vidrio), el cuál en caso de un voltaje muy alto ó una corriente excesiva, se quema en lugar de permitir el paso de la corriente, protegiendo al regulador y a los equipos conectados a él.
- Opcionalmente pueden tener protección para la línea telefónica.

### **Partes que componen al regulador de voltaje**

Internamente cuentan con un circuito electrónico especial para estabilizar los niveles de voltaje, externamente cuenta con las siguientes partes:

- **Botón de encendido:** prende y apaga el equipo de manera mecánica.
- **Indicadores:** avisan al usuario si el equipo esta encendido ó protegiendo en caso de descargas.
- **Ventilación:** permite la introducción de aire fresco al interior del regulador.
- **Cubiertas:** protegen los circuitos internos del regulador y le da estética.
- **Enchufes de 3 terminales:** permite suministrar de electricidad estabilizada a los equipos a conectar.
- **Conectores RJ11:** suministra señal telefónica estabilizada.
- **Cable de alimentación:** suministra de la electricidad a regular desde el tomacorriente.

#### **8.20.3.1. Métodos para la regulación de voltaje**

Los clientes que se conectan al alimentador de una red de distribución en forma de taps en derivación, producen, debido a la demanda de corriente en cada sección, una caída de voltaje que aumenta en la medida que se aleja de la subestación [19].

### **Técnicas de regulación**

Existen diferentes maneras o técnicas para controlar el voltaje, la manera más utilizada de regulación de voltaje incluye [20].

- Regulación de voltajes con TAP.
- n transformadores (LTC).
- Reguladores de voltajes en barras.
- Regulador de voltaje en la línea.

- Capacitores fijos o variables [20].

#### **8.20.4. Cambio de conductores**

La red está diseñado para proporcionar un servicio muy confiable a las áreas con alta densidad de carga, tales como: el centro de una ciudad, áreas bancarias, comerciales, centros comerciales de autoservicio, etc. La red consiste de líneas secundarias aéreas conectadas en las esquinas, con transformadores alimentando la red, cada una o dos cuadras.

##### **Cambio de conductores en alimentadores**

En general es muy difícil justificar el reemplazo de un conductor en un alimentador existente solo por consideraciones de eficiencia, sin embargo, como sucede en muchos otros casos, si el conductor se debe reemplazar por otros motivos (corrosión, rotura, capacidad). [21]

##### **Consideraciones de diseño para sistemas primarios**

La parte del sistema de distribución que está entre la subestación de distribución y los transformadores de distribución, se conoce como el sistema primario o alimentadores de distribución primarios.

##### **Niveles de voltaje**

Para el alimentador primario representan el factor más importante que afecta el diseño del sistema, su costo y la operación. Algunos de los aspectos de diseño y operación que son afectados por el nivel de voltaje del alimentador primario son:

- La longitud del alimentador primario.
- La carga en el alimentador primario.
- El número de subestaciones de distribución.
- La capacidad de las subestaciones de distribución.
- El número de líneas de subtransmisión.
- El número de clientes afectados por una interrupción específica.
- Las prácticas de mantenimiento del sistema.
- El tipo y uso de postes para distribución aérea.
- La apariencia de los postes de la línea

### **8.20.5. Variación del Taps del transformador**

El TAP de un transformador es un selector mecánico que le sobrepone al bobinado primario un número de espiras para que la tensión de salida sea la adecuada según la regulación de tensión que se ha de operar. Los transformadores están normalmente equipados con un conmutador de 5 posiciones en el lado de Media tensión, generalmente con el mando situado sobre la cuba del transformador [22].

#### **Por qué se varía los Taps del transformador**

Para mantener la tensión del lado de baja en los rangos permitidos, que se ve afectada según el consumo.

En transformadores de distribución el TAP siempre se debe operar cuando el transformador se encuentra desenergizado, puesto que si se llegase a operar energizado, la descarga que produciría en toda la red podría dañar todas las cargas conectadas a la misma. [22]

#### **Operación de taps en transformadores de distribución para reducción de pérdidas**

Se busca disminuir las pérdidas de tipo técnico en los ramales secundarios de los sistemas de distribución en sistemas trifásicos equilibrados. Su aplicación en sistemas desbalanceados conserva la misma lógica. Se considera el transformador con cambiador de derivaciones y distintos tipos de carga. Para la asignación del Tap óptimo se usan reglas difusas que consiguen minimizar las pérdidas sin violar los límites de tensión.

#### **Cargas en tap o derivación conectadas a un alimentador**

Se debe observar que si el voltaje en la subestación se ajusta a un valor nominal, los clientes al extremo de la línea o alimentador pueden tener un voltaje bajo en condiciones de cargas elevadas, y por otro lado, si se ajusta el voltaje para que los clientes al final del alimentador tengan un valor nominal, entonces los clientes conectados cerca de la subestación tendrían un valor elevado bajo condiciones de carga elevada.

Esto quiere decir que se debe hacer un compromiso para que se tenga un valor aceptable de voltaje para todos los clientes, en forma independiente del valor de la carga y la caída de voltaje, debe tener un valor aceptable para cualquier carga.

## **9. Hipótesis**

El análisis realizado en el alimentador “Salcedo – Centro”, permitirá conocer los niveles de tensión y de encontrarse fuera de los rangos permitidos según las normativas, se aplicara la mejor alternativa tecnica y económicamente viable para el sistema, el cual nos permite controlar los niveles de voltaje del alimentador.

## **10. Metodología de la Investigación.**

Para la realización del presente tema de investigación se realizará un estudio de campo, revisando los históricos existentes con el fin de realizar la recopilación de documentos referentes a los niveles de voltajes permitidos en subestaciones y métodos que permitan analizar el nivel de voltaje del alimentador “Salcedo – Centro”, y así poder analizar los posibles métodos que permitan mejorar los rangos de voltajes, alcanzando así los niveles permitidos mediante las correspondientes regulaciones.

### **10.1. Método documental bibliográfico.**

Esta investigación utilizará diferentes fuentes bibliográficas para desarrollar una metodología y evaluar el nivel de voltaje en los alimentadores primarios y el factor de potencia en la subestación y en la cabecera de los primarios.

### **10.2. Método Experimental**

Este tipo de método permite al investigador intervenir sobre el objeto de estudio de forma directa o indirecta y así poder crear las condiciones necesarias que se aplicaran en la simulación del sistema y así poder llegar a los resultados esperados.

Se utilizará este método para adquirir información directamente desde los equipos de campo y desde los transformadores de los alimentadores primarios para estudiar las circunstancias actuales de los alimentadores primarios (13.8kV), y de la red de subtransmisión (69kV).

### **10.3. Método Deductivo**

Este tipo de método no es más que un procedimiento camino que sigue el investigador para hacer de sus actividades una práctica científica, esta investigación propone una hipótesis que se comprobará en el desarrollo del estudio que se va a realizar y se la podrá comprobar con las herramientas que se pretende utilizar.

## **10.4. Tipos de investigación**

### **10.4.1. Investigación Aplicada**

Mediante este tipo de investigación permitirá dar una solución al problema planteado en el alimentador 03SA13B1S2 “Salcedo Centro”, de la subestación Salcedo de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi.

### **10.4.2. Investigación Descriptiva**

Mediante este tipo de investigación, permitirá describir el problema encontrado, las causas posibles y los fundamentos técnicos para dar a conocer alternativas que permitan mejorar los niveles de voltaje y al factor de potencia de la subestación Salcedo.

### **10.4.3. Investigación explicativa**

Mediante este tipo de investigación nos permitirá analizar cada uno de los resultados obtenidos de la simulación del alimentador y de esta manera poder verificar si los niveles obtenidos mediante la simulación se encuentran dentro de los límites permitidos, y de encontrarse puntos afectados permitirá dar a conocer alternativas que permitan mejorar el sistema del circuito primario del alimentador.

## **11. TECNICAS E INSTRUMENTOS**

### **11.1. Observación**

Este tipo de tecnica permite observar atentamente el sistema, recolectar información y registrarla para posteriormente ser analizada, mediante esta tecnica se analizaran los datos eléctricos y estructurales del sistema. Los instrumentos que se van a utilizar en esta tecnica son los siguientes.

- **Registros.-** Se llevara a cabo un análisis de los registros que tiene la ELEPCO sobre el consumo de los clientes que se encuentran abastecidos por el alimentador a ser estudiado.
- **Mapas.-** Se utilizaran los mapas de información eléctrica contenidos en el Geoportal de la empresa.

### **11.2. Experimental.**

Mediante esta tecnica lo que se busca es comprobar la hipótesis bajo condiciones supervisadas controlando directamente las variables que influyen en el estudio, esta tecnica se utiliza para

manejar las variables que interfieren en el sistema. Los instrumentos que se van a utilizar en esta técnica son los siguientes.

- **EXCEL.-** Mediante esta herramienta se realizara los cálculos necesarios para la modelación del sistema y también nos permitirá analizar el comportamiento de las curvas de carga de potencia activa como potencia reactiva.
- **AUTOCAD.-** Mediante este programa se realizara los diagramas unifilares del recorrido del alimentador al cual se va a realizar el estudio mencionado.
- **POWER WORLD.-** Mediante este programa se realizará la simulación del sistema y posteriormente el análisis y de ser el caso implementación de soluciones con el fin de mejorar los niveles de voltaje del sistema.

No.	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	Observación	Estado del alimentador
2	Adquisición de datos	Empresa de distribución ; Levantamiento
3	Simulación	Software
4	Diseño	Programas

### 11.3. Variables de investigación.

#### Variable independiente:

Análisis del nivel de voltaje del sistema actual del alimentador “Salcedo – Centro”.

#### Variable dependiente:

Simulación del sistema eléctrico del alimentador “Salcedo – Centro”.

### 11.4. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

#### Operacionalización variable independiente

Análisis del nivel de voltaje del sistema actual del alimentador “Salcedo – Centro”.

- Variación de Voltaje.

**Tabla 5** Variable Independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	UNIDADES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
El análisis de nivel de voltaje del alimentador se refiere al comportamiento del sistema actual a ser tomado como referencia para posibles análisis a ser considerado en la investigación.	Levantamiento de Carga. Número de puntos de carga. Tipo de consumo. Tipo de clientes.	Kilovatios (kW)  Kilovatios (kW)	Registro de consumo  Geoportal  Excel

Fuente: Los investigadores

### Operacionalización de variable dependiente

Simulación del sistema eléctrico del alimentador “Salcedo – Centro”.

- Rangos de niveles de voltaje.

**Tabla 6** Variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	UNIDADES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Esta variable consiste en realizar la determinación de cada uno de los parámetros que se deberá tener en cuenta para la modelación del sistema eléctrico del alimentador.	Capacidad de los transformadores. Niveles de voltaje. Cargabilidad de los conductores. Distancias de las líneas.	Kilovoltamperi (kVA)  Voltaje (V) Amperios (A)  Kilómetros (km)	Geoportal  Excel  POWER WORLD

Fuente: Los investigadores

## CAPITULO III

### 12. RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS

#### Recopilación de datos

Para realizar la recopilación de datos a utilizarse en la modelación inicia con una etapa primaria, en la que se obtiene parte de la información de la plataforma geo portal de la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPC S.A, y parte de datos se obtuvieron en una etapa secundaria, en donde se realizó el pedido de la información existente en los diferentes Departamentos (Planificación, Técnico y Comercial) de ELEPCO S.A.

La información requerida para el estudio se encontró en uno de los departamentos de la empresa, la fuente donde se solicitó la información es el siguiente departamento.

#### Departamento Técnico

- Datos de carga de alimentadores primarios.
- Información de subestaciones.
- Información del trazado de líneas de subtransmisión e interconexión, disposición y calibres de conductores.

#### Descripción del alimentador Salcedo – Centro “03SA”

La subestación Salcedo está compuesta por sistemas radiales a un nivel de voltaje de 13.8 kV en todos sus alimentadores, además cuenta con una capacidad instalada de 10/12 MVA.

Se encuentra ubicada en el sector occidental del Barrio Rumipamba del Cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

Desde este lugar abastece de suministro de energía eléctrica al Cantón y a distintas comunidades, barrios pertenecientes al Cantón.

Esta subestación es del tipo reductora ya que su principal característica es reducir el nivel de tensión de subtransmisión para de ahí ser distribuida por los distintos alimentadores a los consumidores finales del suministro de energía eléctrica.

Como se mencionó la Subestación Salcedo tiene cuatro alimentadores a un nivel de voltaje de 13.8 kV, estos alimentadores se encuentran distribuidos estratégicamente y de esta manera

poder cubrir la demanda requerida por los distintos usuarios, a continuación se indicara los alimentadores de la Subestación.

- Norte Oriente de Salcedo.
- Centro de Salcedo.
- Sur Oriente.
- Occidente de Salcedo

Entre los alimentadores que pertenecen a esta subestación se encuentra el alimentador “Salcedo - Centro”, el cual va a ser analizado mediante simulación con el fin de poder verificar si los niveles de voltaje se encuentran dentro de los rangos permitidos por medio de regulaciones o por la empresa de distribución, el alimentador “Salcedo - Centro” el mismo que inicia en la barra de salida dos del transformador de la subestación, abastece de suministro de energía eléctrica a la zona céntrica del Cantón Salcedo. El alimentador presenta un circuito netamente radial, y su objetivo principal es de abastecer de suministro de energía al sector centro del Cantón Salcedo.

La carga principal que abastece este alimentador está constituido por consumidores del tipo residenciales, comerciales, pequeñas industrias y las cargas especiales, en la Figura 7 que se indica a continuación se detallara cada uno de los clientes que son abastecidos por la subestación eléctrica.

**Figura 7** Tipos de usuarios del Alimentador “Salcedo – Centro”



**Fuente:** Los investigadores

En la gráfica anterior se identificó los tipos de usuarios existentes en el alimentador por lo que se caracterizó de la siguiente manera de acuerdo al servicio eléctrico entre las cuales tenemos el servicio residencial que está conformado por edificios, condominios y urbanizaciones el tipo de carga del servicio residencial son resistivas y reactivas.

El servicio comercial se caracterizan por ser cargas resistivas y se encuentran ubicadas en zona céntrica de la ciudad, generalmente se realizan actividades de comercio o a su vez se encuentran edificios de oficinas, también cuentan con componentes inductivos que bajan el factor de potencia.

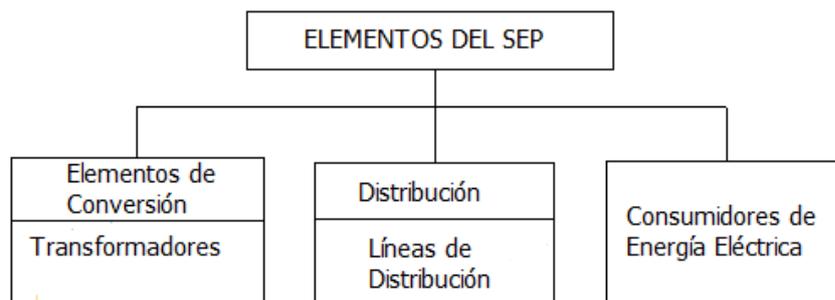
El servicio industrial se caracteriza por que se encuentra constituida por componentes de energía reactiva esto debido al uso de motores en este tipo de zonas.

### 12.1. Elementos a ser analizados en los sistemas de potencia

Los sistemas eléctricos de potencia están conformados por un conjunto de elementos los cuales interactúan entre sí, dentro de nuestro estudio de investigación se realizara el análisis de los niveles de voltaje del alimentador con el fin de establecer si se encuentran dentro de los niveles permitidos según las regulaciones eléctricas.

Para el siguiente trabajo de investigación se tomó a consideración la regulación de la CONELEC 004/01, la cual establece los rangos permitidos de suministro de energía eléctrica, también indica los niveles de voltajes permitidos para los circuitos primarios, en la Figura 8, se procederá a identificar los elementos a ser analizados en nuestro sistema de potencia.

**Figura 8** Componentes del Sistema Eléctrico de Potencia



Fuente: Los investigadores

### Requerimientos para la modelación del sistema

#### 12.2. Diagrama unifilar

Es un diagrama de un sistema eléctrico que muestra los datos más significativos e importantes, por lo general esta información estará de acuerdo al tipo de estudio a realizar, por ejemplo Flujos de Carga, Cortocircuitos, Coordinación de Protecciones entre otros.

### **12.3. Sistema Eléctrico Cotopaxi**

El sistema de distribución ELEPCO SA se encuentra conformado por 9 subestaciones de distribución, cinco centrales de generación interconectadas con 15 líneas de subtransmisión. El estudio que se va a realizar es del alimentador perteneciente a uno de sus centros de distribución, el estudio se encuentra dirigido directamente a la Subestacion Salcedo con el fin de poder verificar si los niveles de voltaje del alimentador “Salcedo – Centro”, se encuentran dentro de los rangos permitidos por la regulación 004/01 de la CONELEC.

### **12.4. Programa para la modelación**

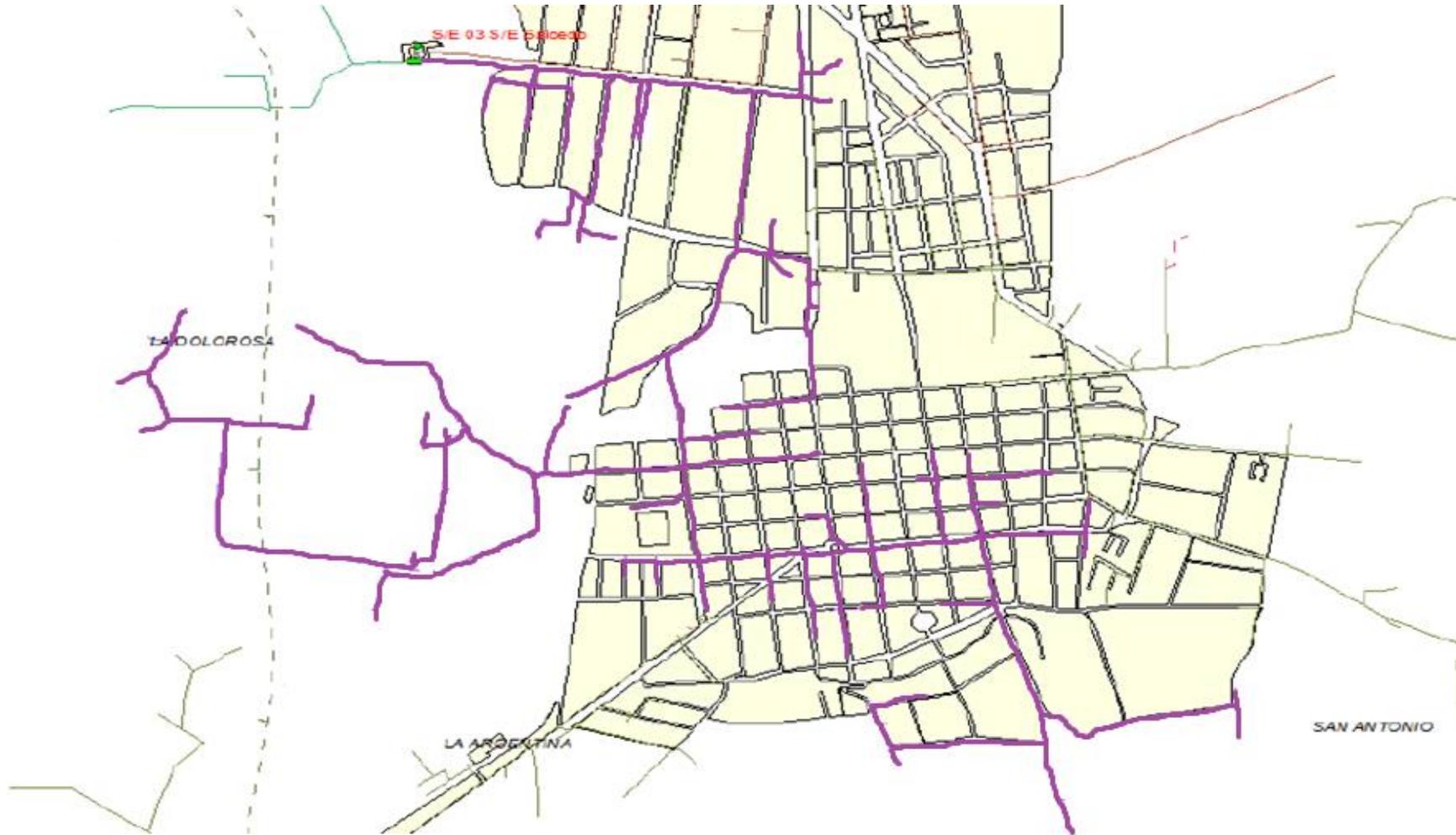
Con el fin de realizar el estudio de Flujos de Potencia en el alimentador “Salcedo - Centro” se utilizara el programa Power World en donde se realizara la simulación, usando la información necesaria de cada uno de los elementos que conforman el sistema eléctrico de potencia.

Posteriormente se analizara la operación real del sistema eléctrico de potencia usando el módulo de flujos de potencia del programa.

En la Figura 9, mediante el uso del Geoportal de la Empresa Eléctrica Cotopaxi se logró identificar la ruta del alimentador Salcedo – Centro, mediante esta ruta se realizara el levantamiento de datos del sistema y se obtendrá el diagrama unifilar, el cual nos permitirá identificar el circuito primario y los circuitos secundarios del alimentador.

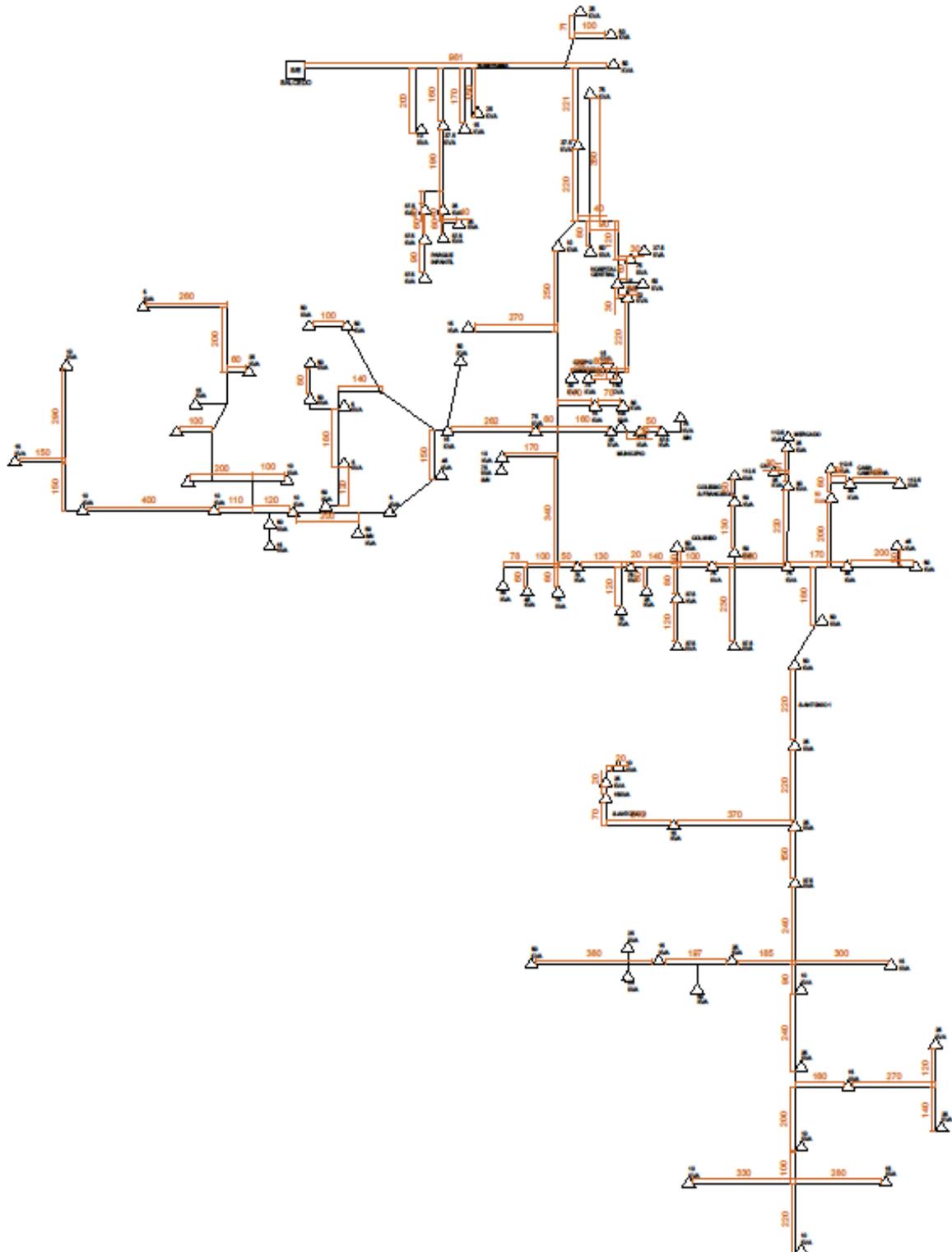
En el cual el sistema está compuesto por 112 transformadores a lo largo de la ruta del alimentador 2 de la Subestacion Salcedo, se pudo constatar que la topología de la red es netamente radial ya que presenta un solo camino al flujo de la potencia haciendo del sistema no tan confiable para los usuarios finales.

**Figura 9** Recorrido del Alimentador “Salcedo – Centro”



**Fuente:** Geoportal ELEPCO S.A

**Figura 10** Diagrama Unifilar del Alimentador “Salcedo – Centro”



**Fuente:** Los investigadores

En la Figura 10, mediante el uso del Geoportal se realizó el respectivo seguimiento y levantamiento de los datos de transformadores, líneas y cargas existentes en el sistema de distribución, posterior a ello se modeló el diagrama unifilar del alimentador en AutoCAD, en

el cual se va a realizar el análisis de niveles de voltajes una vez simulado en el programa.

Para una mejor visualización del recorrido del Alimentador “Salcedo - Centro”, dirigirse al ANEXO 7, el cual se encuentra constituido por el plano correspondiente del mismo y las respectivas zonas a las cuales brindan suministro de energía eléctrica.

A su vez se debe tener en cuenta las siguientes características con las que el sistema se encuentra constituido, el alimentador 2 cuenta con un sistema trifásico de 9,5 Km y un sistema monofásico de 13,4 km, el sistema monofásico se encuentra distribuida en tres fases “A, B, C”, la fase A cuenta con una longitud de 5,7 km mientras que la fase B está constituida con una distancia de 1,3 km y la fase C está constituida con una distancia de 6,4 Km.

### 12.5. Datos del transformador de potencia de la S/E Salcedo

A continuación en la tabla 7, se dará a conocer las características del transformador que se encuentra instalado en la subestación de distribución.

**Tabla 7** Especificaciones Técnicas del Transformador

MARCA		PAWELS		
LUGAR DE FABRICACION		BELGICA		
AÑO DE FABRICACION		1999		
NORMAS		IEC 76		
CAPACIDAD		12.5 MVA		
ENFRIAMIENTO		ONAN/ONAF-80/100%		
FRECUENCIA		60 HZ		
FASES		3		
NIVEL DE AISLAMIENTO		LI350 AC 140		
GRUPO DE CONEXIÓN		DYN1		
CONMUTADOR		SIN VOLTAJE ASP FII-150A -60 KV		
ELEVACION DE TEMPERATURA DEL ACEITE		55 K		
ELEVACION DE TEMPERATURA BOBINADOS		55 K		
ACEITE		IEC 296		
RESISTENCIA AL VACIO		CUBA: 100% CONSERVADOR: 100% RADIADOR: 100%		
PESO TOTAL		20.8 t		
POS	VOLTAJE		MVA	IMPEDANCIA%
	AT	BT		
1	72450	13800	10	6,61
2	69000	13800	10	6,47

3	65550	13800	10	6,75
<b>ALTO VOLTAJE TERMINALES: 1U-1V-1W</b>				
<b>POS</b>	<b>VOLTIOS</b>	<b>AMPERIOS</b>	<b>MVA</b>	<b>CONEXIÓN CONMUTADOR</b>
1	72450	99,6	12,5	5 - 6
2	70725	102	12,5	6 - 4
3	69000	104,6	12,5	4 - 7
4	67275	107,3	12,5	7 - 3
5	65550	110,1	12,5	3 - 8
<b>BAJO VOLTAJE TERMINALES: 2U-2V-2W</b>				
<b>VOLTIOS</b>		<b>AMPERIOS</b>		<b>MVA</b>
13800		523		12,5

Fuente: Empresa Eléctrica ELEPCO S.A

### 12.5.1. Datos de los Transformadores monofásicos

En la tabla 8, se dará a conocer el número de transformadores monofásicos del sistema mediante el uso del Geoportal de la Empresa Eléctrica Cotopaxi se realizó el levantamiento de datos del alimentador se constató el tipo de transformador, capacidad y el sector donde se encuentra ubicado, en el ANEXO 5 se dará a conocer los reportes que nos permite generar la plataforma Geoportal de la empresa y así poder analizar el sistema.

**Tabla 8** Transformadores Monofásicos

<b>Transformador (KVA)</b>	<b>Total de Tafos</b>	<b>Marca</b>
5	4	INATRA
10	12	INATRA
15	17	INATRA
25	14	INATRA
30	5	INATRA
37.5	14	INATRA
45	6	INATRA
50	21	INATRA

Fuente: Los Investigadores

### 12.5.2. Datos de los Transformadores Trifásicos

En la tabla 9, se dará a conocer el número total de transformadores trifásicos existentes en el alimentador Salcedo – Centro.

**Tabla 9** Transformadores Trifásicos

<b>Transformador (KVA)</b>	<b>Total de Tafos</b>	<b>Marca</b>
75	11	INATRA
100	3	INATRA
112.5	4	INATRA
150	1	INATRA

**Fuente:** Los Investigadores

### **12.5.3. Datos de las líneas de Distribución.**

Los datos necesarios para realizar la modelación de las líneas de Distribución son la resistencia, inductancia y capacitancia respectiva, para realizar el cálculo de las siguientes especificaciones se tomara en cuenta el tipo de línea la distancia y el tipo de configuración del sistema analizado.

Para el siguiente análisis se procederá a calcular con el modelo de línea corta, este tipo de modelo de línea se utilizó debido a que no exceden los 80 km, de longitud en este tipo de línea , los parámetros se consideran en su forma concentrada siendo la resistencia “R” y la inductancia “L” los de mayor importancia. Al ser una línea corta el valor de la capacitancia “C” es pequeña por lo que se desprecia.

Para el cálculo se considerara una temperatura mínima de 20° C y a la vez se toma en consideración dos temperaturas para el cálculo de la resistencia, debido a los abruptos cambios que se suelen dar en el lugar, las temperaturas tomadas a consideración son las siguientes.

- Temperatura mínima: 25° C
- Temperatura máxima: 30° C

### **12.5.4. Datos de las cargas**

Se debe tener en cuenta los tipos de cargas existentes en el alimentador entre ellas se encuentran lo que son cargas industriales, residenciales, comerciales y cargas especiales teniendo mayor importancia por la zona que sirve de energía eléctrica las cargas industriales y comerciales.

#### **Tipos de cargas**

El consumo de energía eléctrica, se produce por dos tipos de cargas dentro de los sistemas eléctricos, se considera a las cargas lineales y cargas no lineales las cargas lineales su

característica principal es tanto la tensión y corriente que pasan por ellas se encuentran relacionados, mientras que las cargas no lineales directamente tienen relación en los equipos electrónicos, los cuales trabajan con corriente continua (ordenadores, impresora, autómatas programables entre otros), a su vez las instalaciones de iluminación con lámparas de descarga y los transformadores.

Con respecto al factor de potencia y los equipos conectados a red se puede distinguir tres tipos de cargas eléctricas, a las que se le conocen como resistivas, inductivas y capacitivas, las cargas resistivas se pueden encontrar en equipos como lámparas incandescentes, planchas y estufas eléctricas. Las cargas inductivas se las puede encontrar en equipos con bobinados entre ellos tenemos equipos del tipo electrodoméstico como los motores, alumbrado fluorescente y transformadores, mientras que las cargas capacitivas se puede dar por motores síncronos y banco de capacitores.

Para la modelación de los puntos de carga se tomara a consideración el número de usuarios y los puntos de iluminación existentes en el sistema y se concentrara como un solo punto de carga con el fin de poder realizar el análisis del alimentador.

### **12.6. Comportamiento de la curva de carga o demanda del Alimentador.**

Directamente la curva no es más que una representación gráfica de como interactúa la demanda o carga eléctrica en un intervalo de tiempo, en base a la cual se puede estimar diferentes parámetros.

En la curva de carga de la Empresa Eléctrica Cotopaxi, se puede observar que tiene mayor influencia en un régimen de consumo de abonados residenciales, en donde sus hábitos de consumo principalmente inician a partir de las 06:00 y las 08:00, mientras que el consumo de demanda máxima pico se comienza a crecer a partir de las 18:00 hasta las 21:00 horas, este consumo pico se basa en el uso simultaneo de equipos de iluminación y entretenimiento de los abonados residenciales existentes en el alimentador a enfoque de estudio.

El consumo de energía se basa en el número de equipos eléctricos existentes tanto en zonas comerciales, industriales y residenciales estos equipos son directamente proporcionales en el incremento o disminución del consumo de energía eléctrica, con el avanzar de los años las curvas de carga presentaran variaciones esto debido al remplazo de equipos eléctricos por equipos nuevos con características enfocadas a la reducción de consumo de energía.

Dentro de lo que son equipos de iluminación ya sean en zonas residenciales o del sistema de alumbrado público el consumo de energía estará ligado a las características de cada uno de los equipos los cuales determinaran si existe un mayor o menor consumo de energía.

#### **12.6.1. Comportamiento de la demanda mensual del Alimentador.**

Para obtener la curva de carga se utilizó los datos proporcionados por el departamento de Planificación de la ELEPCO S.A., cumpliendo lo establecido en la regulación 004/01.

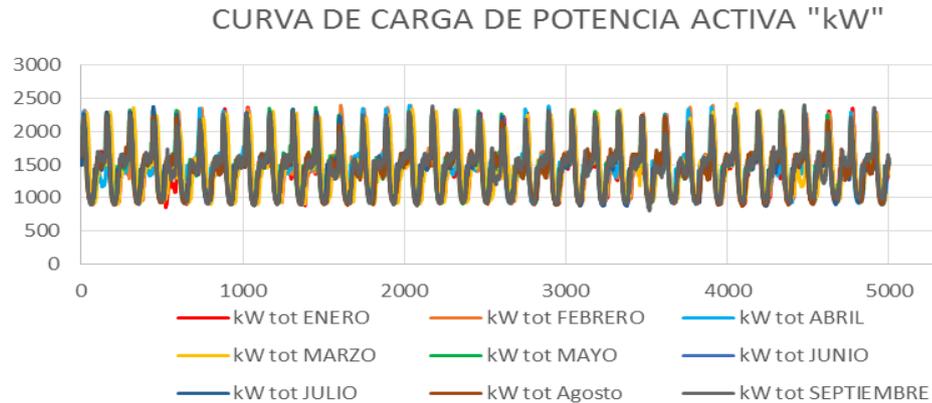
Mediante la tabulación de datos de demanda, se procederá a realizar la representación gráfica del comportamiento de la curva de carga, el comportamiento de la curva de carga o demanda va a estar delimitada de acuerdo al intervalo de tiempo elegido para realizar el análisis, en este caso el periodo que la empresa de distribución tomo a consideración un intervalo entre mediciones de 10 minutos, durante cada intervalo se podrá observar los KW totales que presenta la carga.

Esta potencia va a depender del tipo de carga existente en el Alimentador, por objeto de análisis se consideró realizar la curva de carga de los meses de “Enero – Septiembre” con el fin de poder visualizar el comportamiento de la demanda tanto en horas pico como en horas de bajo consumo de energía eléctrica.

#### **12.6.2. Curva de carga de potencia activa**

En la figura 11, una vez realizada la tabulación de las mediciones realizadas se da a conocer los niveles que llego a alcanzar la demanda en sus horas pico y en las horas de bajo consumo, a estas demandas se las conoce como demanda máxima, demanda promedio y demanda mínima, cave recalcar que el área que se encuentra por debajo de la curva de carga no es más que la energía consumida por los usuarios.

Con respecto al consumo de la curva de carga de las demandas se pudo constatar que las horas de mayor consumo es a partir de las 18:00 pm hasta las 22:00 pm, el consumo pico se da por el consumo simultáneo de equipos de iluminación y entretenimiento, mientras que a partir de esa hora la demanda es mínima hasta las 6:00 am que comienza a incrementar el nivel de consumo, mientras que el consumo de demanda promedio se encuentra en el rango de 8:00 am hasta las 17:00, para una mejor visualizacion dirigirse al ANEXO 2.

**Figura 11** Curva de carga mensual de potencia activa.

**Fuente:** Los investigadores

Además el comportamiento que se puede observar en la curva de carga va a depender fundamentalmente del tipo de carga que este siendo abastecida por el alimentador en el periodo de análisis, estas cargas pueden ser residenciales, comerciales e industriales.

También va a depender de los factores climáticos, una vez analizado y observado el tipo de curva que se generó en los meses de estudio se puede constatar que la demanda de potencia en su mayoría es similar en todos los meses analizados esto debido a que en Ecuador no presenta cambios climáticos con frecuencia.

### 12.6.3. Valores máximos y mínimos de la Potencia Activa mensual.

En la tabla 10, se mostrara los valores máximos y mínimos que llego a alcanzar la potencia activa en el sistema durante el periodo de análisis, estos máximos y mínimos se producen por el consumo simultáneo de energía eléctrica.

Se puede constatar que el mes con mayor consumo de potencia activa es en Marzo con 2419,650 kW, es decir que en ese mes existió mayor demanda en el sistema en sus horas pico, también se pudo verificar que el mes con menor consumo de potencia activa en horas de bajo consumo, es el mes de Marzo con 1439,730 kW.

**Tabla 10** Potencia Activa por meses.

KW TOTALES POR MES DE ANALISIS									
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Dmax	2361,0964	2391,1509	2419,650	2389,923	2370,937	2370,937	2370,937	2261,327	2397,542
Dmin	1470,2496	1505,1531	1439,730	1562,315	1508,56311	1490,21411	1490,21411	1585,73743	1582,92432

**Fuente:** Los Investigadores

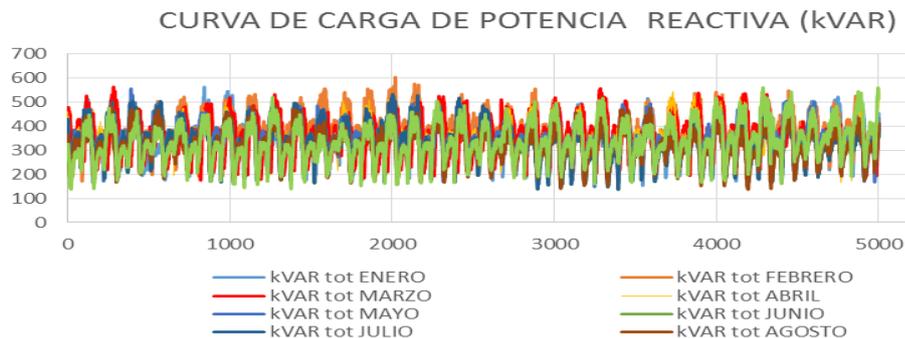
#### 12.6.4. Curva de carga mensual de Potencia Reactiva

Para realizar el análisis del comportamiento de la curva de carga mensual de la potencia reactiva se tomara en cuenta las consideraciones expuestas previamente para la potencia activa.

En la figura 12, se puede observar el comportamiento de la curva de carga de cada uno de los meses analizados, también se da a conocer los niveles que llego a alcázar la demanda tanto en sus horas pico como es sus horas de bajo consumo, para una mejor visualizacion dirigirse al ANEXO 3.

Mediante el análisis realizado se puede decir que el comportamiento de la curva de carga de potencia reactiva depende fundamentalmente del tipo de carga que este siendo abastecida por el alimentador en el periodo de análisis, la curva de carga generada permitió constatar que el consumo de potencia reactiva durante cada uno de los meses es similar.

**Figura 12** Curva de carga mensual de potencia reactiva



#### 12.6.5. Valores máximos y mínimos de la Potencia Reactiva mensual.

En la tabla 11, se procederá a mostrar los valores máximos y mínimos que llego a alcanzar la potencia reactiva en el sistema durante los meses que se realizó el análisis, se pudo constatar que el mes con mayor consumo de reactivos es en el mes de Marzo con 562,22 Kvar, es decir que en ese mes existió mayor consumo en el sistema, de igual forma el mes con menor consumo de reactivos es el mes de julio con una potencia de 137,08 Kvar.

**Tabla 11** Consumo de potencia reactiva

KVAR TOTALES POR MES DE ANALISIS									
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Dmax	453,03729	404,32956	562,22821	542,719482	554,631531	532,038696	532,038696	484,257599	558,768555
Dmin	154,189026	171,536255	175,022079	159,0271	148,283096	137,084076	137,084076	137,215332	137,215332

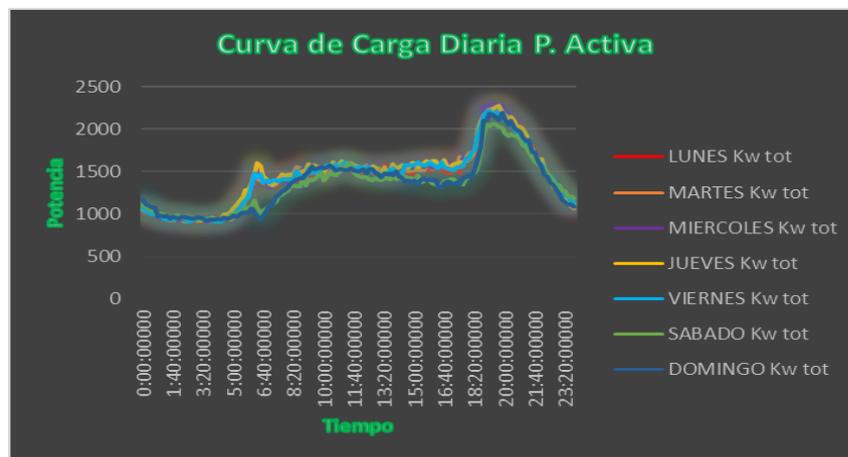
Fuente: Los investigadores

### 12.6.6. Análisis de la curva de carga de potencia activa diaria

Una vez analizado el comportamiento de las curvas de potencia activa y reactiva, se procederá a realizar el análisis del comportamiento de la curva diaria de potencia activa y reactiva total del sistema. Teniendo en cuenta las mismas consideraciones previamente utilizadas en los anteriores análisis.

El mes que se va a tomar en cuenta para realizar el análisis del comportamiento de la curva de carga diaria de potencia activa va a ser el mes con mayor y menor consumo del análisis mensual realizado.

**Figura 13** Consumo de potencia activa diaria del Alimentador



Fuente: Los investigadores

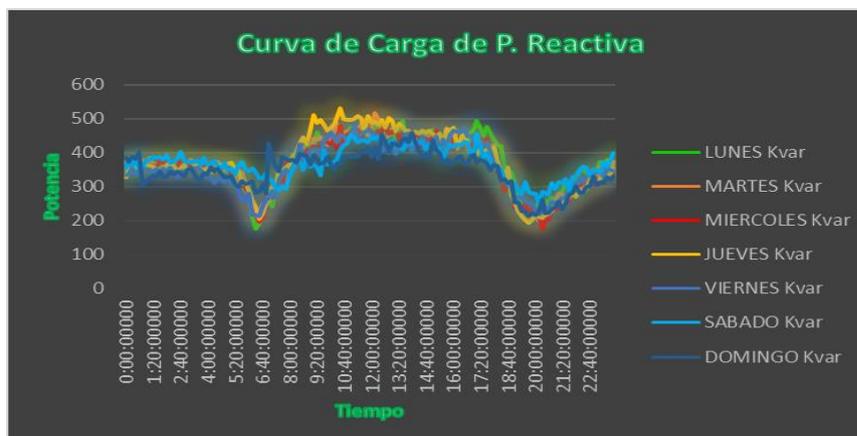
En la figura 13, se puede observar el comportamiento de la curva de carga de cada uno de los días de la semana, según las mediciones tabuladas de potencia activa se puede conocer los niveles de consumo diario de potencia activa tanto en sus horas pico como en sus horas de bajo consumo.

Mediante el análisis realizado se obtuvo como resultado que en las horas de consumo pico de potencia activa son los días jueves y domingos la razón es porque son días más comerciales que el resto de días de la semana, y el día con menor consumo en sus horas pico es el día sábado.

### 12.6.7. Análisis de la curva de carga de potencia reactiva diaria

Para realizar el análisis del comportamiento de la curva de carga diaria de la potencia reactiva se tomara en cuenta las consideraciones expuestas previamente para la potencia activa.

**Figura 14** Consumo de potencia reactiva diaria del Alimentador



Fuente: Los investigadores

En la figura 14, una vez realizada la gráfica de los datos de consumo de potencia reactiva tabulados en el Anexo 4, mediante el análisis realizado se puede observar el comportamiento de consumo de reactivos en el sistema al igual que el consumo de potencia activa en sus horas pico, los días Jueves y Martes a diferencia del consumo de potencia activa se puede observar que existe un consumo de potencia reactiva promedio.

#### 12.6.8. Análisis de la curva mensual y semanal de potencia activa y reactiva.

Como se preveía los mayores consumos corresponde a los usuarios residenciales esto se da debido a la ubicación del alimentador, al ser el centro de la ciudad está conformado por su mayor parte abonados residenciales y parte de ella de abonados comerciales tomando a consideración pequeñas industrias y cargas especiales.

En cuanto a la importancia de calidad de suministro de energía eléctrica relacionado con los consumidores o la misma empresa distribuidora, se encuentran dotados de equipos y aparatos electrónicos de distintas características y diversas aplicaciones tanto en procesos industriales, comunicaciones entretenimiento entre otras.

Estos equipos o dispositivos tienden a ser más sensibles conforme la tecnología avanza, como se sabe están diseñados para soportar pequeñas fallas o problemas que se presenten por mala calidad de energía eléctrica, es la razón por la cual las empresas de distribución debe mantenerse dentro de los límites de calidad establecidos por las normativas.

En la presente tesis haremos referencia a lo que se conoce como calidad de producto hecho el cual se encarga de estudiar los niveles de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia

que puede presentarse en un sistema de potencia.

## **12.7. MODELACIÓN DEL ALIMENTADOR**

Para realizar el análisis del alimentador “Salcedo – Centro” se procederá a realizar la modelación del sistema eléctrico que alimenta a todo el sector, debido a la gran cantidad de barras existentes del sistema se tomó a consideración reducir el número de barras esto debido a que no se cuenta con el poder computacional suficiente, además se pretende optimizar el análisis para lo cual se va a considerar en todo el sistema, concentrar las potencias de los transformadores y así lograr reducir el número de barras del sistema eléctrico.

La ventaja de disminuir el número de barras del sistema es que nos permite mejorar la modelación es decir de esta manera el sistema a modelar no va a ser tan extenso, para realizar la modelación de las cargas se tendrá a consideración los puntos de carga, el tipo de usuario y las luminarias existentes en el alimentador.

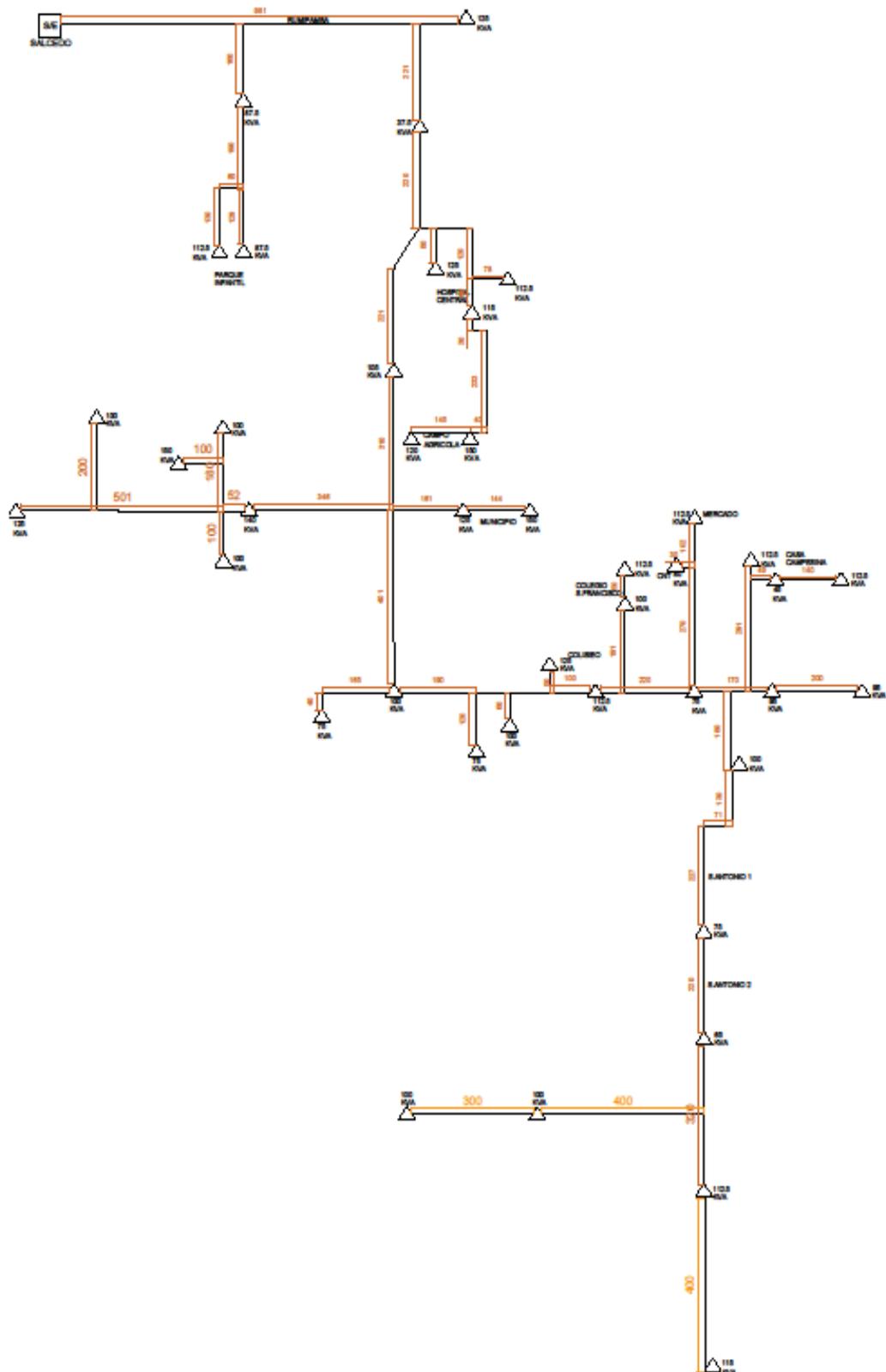
En la gráfica 15, se procede a indicar el sistema eléctrico que se va a modelar en el programa y así poder analizar los flujos de potencia del alimentador, una vez modelado el sistema se analizara el comportamiento de los flujos de potencia activa (MW) y reactiva (Mvar) en cada una de sus líneas y las tensiones en cada una de sus barras.

El alimentador “Salcedo – Centro” es netamente radial es decir que el tipo de topología es la más simple ya que la alimentación de energía eléctrica se realiza por un solo extremo del sistema para su distribución, dentro de lo que es confiabilidad este tipo de sistema presenta una bajo nivel de confiabilidad debido a que si ocurriese una falla quedaría fuera de servicio parte del alimentador o en su totalidad.

El nivel de voltaje de la línea primaria es de 13,800 voltios en cuanto el lado secundario el nivel de voltaje es de 220 V, este nivel de voltaje es utilizado por los distintos usuarios del sector centro de Salcedo entre ellos tenemos entidades públicas, residenciales comerciales y cargas especiales.

Para realizar lo que es la modelación y análisis del sistema eléctrico de potencia, se tomara en cuenta el diagrama unifilar reducido y la información necesaria de cada elemento del sistema eléctrico de potencia.

**Figura 15** Diagrama Unifilar a ser modelado del Alimentador “Salcedo - Centro”



**Fuente:** Los investigadores

En la figura 15 se indica el diagrama final a ser modelado una vez que el sistema en general fue concentrado esto debido a que al concentrar las capacidades de los transformadores permite

realizar un análisis con mayor precisión. Para tener una mejor visualización del recorrido del alimentador “Salcedo - Centro”, dirigirse al ANEXO 8, el que presenta el plano una vez concentrado las capacidades de los transformadores y las respectivas zonas a las cuales brindan suministro de energía eléctrica.

A continuación se dará a conocer los datos que se utilizarán para la simulación y análisis del alimentador “Salcedo - Centro”, estos datos fueron levantados mediante la plataforma de la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A, conocida como el Geoportal.

### 12.7.1. Datos de transformadores

Una vez reducido el sistema el cual se va a modelar se tomara en cuenta las siguientes capacidades de los transformadores, a diferencia del levantamiento realizado mediante el Geoportal de la empresa eléctrica, los datos del alimentador se va a poder constatar en el diagrama unifilar que el número de transformadores es inferior.

Esto debido a la consideración mencionada anteriormente la cual consistía en centralizar las potencias de los transformadores y así poder reducir el número de barras del sistema a continuación en la tabla 12, se indicara la cantidad de transformadores y sus respectivas potencias por el cual va a estar compuesto la modelación del sistema eléctrico.

El sistema a modelar va a constar de 42 transformadores trifásicos.

**Tabla 12** Características de los transformadores

Transformador (KVA)	Total de Tafos	Marca
37.5	1	INATRA
75	6	INATRA
100	14	INATRA
112.5	9	INATRA
125	8	INATRA
150	4	INATRA

Fuente: Los investigadores

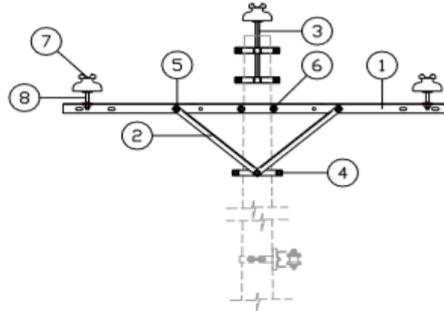
### 12.7.2. Datos de las líneas de distribución

Al momento de realizar los cálculos de resistencia, inductancia y capacitancia de las líneas de distribución se va a realizar un solo cálculo ya que al momento de modelar en el simulador se debe tener en cuenta la distancia del conductor, y esta distancia afectara a los parámetros por

unidad de las unidades calculadas anteriormente.

En la figura 16, se puede observar el tipo de estructura que soporta el sistema de distribución primario a realizar el estudio.

**Figura 16** Estructura centrada pasante



Fuente: [2].

En la tabla 13, se indica los parámetros a considerar, para realizar el cálculo de las líneas del sistema de distribución.

**Tabla 13** Parámetros para el cálculo de Resistencia de los conductores de distribución.

CONDUCTOR 2/0		
	VALOR	UNIDADES
$r = 50^\circ$	0,481	$\Omega$ /milla
$r = 25^\circ$	0,44	$\Omega$ /milla
1milla	1,609	
Longitud	0,98	Km
distancia ab	2,4	M
Distancia bc	0,5	M
distancia ca	0,5	M
r exterior	0,414	Pulg
1m	39,37	Pulg

Fuente: Los investigadores

Una vez tomado en cuenta las consideraciones del tipo de conductor que es utilizado en el sistema se procedió a realizar los cálculos o requerimientos necesarios para la modelación del sistema de potencia en la tabla 14, se procederá a dar a conocer los resultados obtenidos del cálculo tanto en resistencia e inductancia del conductor.

**Tabla 14** Resultados obtenidos.

LINEA	V(Kv)	CONDUCTOR	r(m)	R( $\Omega$ /km)	XL(j)	XC(j)
1	13,8	2/0 (50°)	0,01051562	0,42694344	0,48393198	-0,00229695
1	13,8	3/0 (25°)	0,01051562	0,36396178	0,40115508	-0,00229695

Fuente: Los investigadores

### 12.7.3. Datos de las Cargas

Para la modelación de la carga se tomó en consideración los puntos de carga, números de usuarios y luminarias existentes en el sistema de distribución primario de la subestación Salcedo, el levantamiento de cada una de las cargas se obtuvo mediante el visualizador geoportal de la empresa ELEPCO.

Una vez que se realizó el levantamiento o toma de datos se procedió a concentrar la carga en cada uno de los puntos esto con el fin de tener la misma cantidad de barras y de esta manera realizar el análisis una vez que el sistema final no sea tan extenso, la concentración de los puntos de carga y barras facilitara el análisis final del flujo de potencia del alimentador “Salcedo - Centro”.

En la tabla 15, se dará a conocer los datos tabulados del levantamiento realizado en el alimentador mediante el Geoportal de puntos de carga en cada uno de los transformadores, una vez que se concentró los puntos de carga en cada una de las barras del sistema eléctrico.

**Tabla 15** Levantamiento de la carga del Alimentador

<b>CARGAS EN LAS BARRAS</b>	<b>POTENCIA ACTIVA MW</b>	<b>POTENCIA APARENTE MW</b>	<b>POTENCIA REACTIVA MW</b>	<b>MEDIA TENSION Kv</b>	<b>BAJA TENSION V</b>
barra 2	0,102	0,10625	0,02975	13,80	220
barra 4	0,085	0,088541667	0,024791667	13,80	220
barra 5	0,09	0,09375	0,02625	13,80	220
barra 6	0,093	0,096875	0,027125	13,80	220
barra 9	0,028	0,029166667	0,008166667	13,80	220
barra 11	0,12	0,125	0,035	13,80	220
barra 12	0,09	0,09375	0,02625	13,80	220
barra 13	0,0944	0,098333333	0,027533333	13,80	220
barra 14	0,0113	0,011770833	0,003295833	13,80	220
barra 15	0,0985	0,102604167	0,028729167	13,80	220
barra 17	0,142	0,147916667	0,041416667	13,80	220
barra 18	0,112	0,116666667	0,032666667	13,80	220
barra 19	0,0924	0,09625	0,02695	13,80	220
barra 20	0,118	0,122916667	0,034416667	13,80	220
barra 24	0,065	0,067708333	0,018958333	13,80	220

barra 25	0,098	0,102083333	0,028583333	13,80	220
barra 26	0,0726	0,075625	0,021175	13,80	220
barra 27	0,0748	0,077916667	0,021816667	13,80	220
barra 28	0,08	0,083333333	0,023333333	13,80	220
barra 29	0,098	0,102083333	0,028583333	13,80	220
barra 30	0,087	0,090625	0,025375	13,80	220
barra 31	0,087	0,090625	0,025375	13,80	220
barra 32	0,069	0,071875	0,020125	13,80	220
barra 34	0,1108	0,115416667	0,032316667	13,80	220
barra 35	0,096	0,1	0,028	13,80	220
barra 36	0,071	0,073958333	0,020708333	13,80	220
barra 37	0,13	0,135416667	0,037916667	13,80	220
barra 38	0,0945	0,0984375	0,0275625	13,80	220
barra 40	0,0721	0,075104167	0,021029167	13,80	220
barra 41	0,0947	0,098645833	0,027620833	13,80	220
barra 42	0,082	0,085416667	0,023916667	13,80	220

Fuente: Los investigadores

Mediante el geo portal de la empresa Eléctrica ELEPCO S.A se logró conocer el sistema de alimentación primaria y secundaria, a su vez se realizó levantamiento de datos de cada uno de los putos de carga correspondientes a cada transformador, una vez conocido los niveles de consumo de potencia activa se procedió a realizar el cálculo necesario de potencia reactiva del sistema en el cual se tomó a consideración un factor de potencia de 0,96 tanto para cargas residenciales , comerciales , pequeñas industrias y cargas especiales una vez realizado cada uno de los cálculos estos serán de gran importancia al momento de realizar la modelación del sistema a ser analizado.

### 12.8. Sistema modelado en Power World

Una vez obtenido todos los parámetros necesarios de los transformadores, líneas de distribución y sus respectivas cargas del sistema de distribución primario, nos facilitara realizar la modelación, para posteriormente realizar su análisis y verificar si los niveles de voltaje de cada una de las barras del sistema se encuentran dentro de los límites establecidos por la empresa eléctrica de no ser el caso se procederá a buscar alternativas tecnica y económicamente viables que permitan dar una propuesta de mejora de nivel de tensión.

Para realizar el respectivo análisis de la modelación del alimentador “Salcedo - Centro”, se debe tener en cuenta los perfiles de voltaje que la regulación de la CONELEC 004/01 y la Empresa Eléctrica Cotopaxi maneja en su área de concesión, si los niveles de voltaje se encuentran fuera de los rangos permitidos por la empresa se optara por mejorar los niveles de calidad de servicio de suministro eléctrico y confiabilidad del sistema.

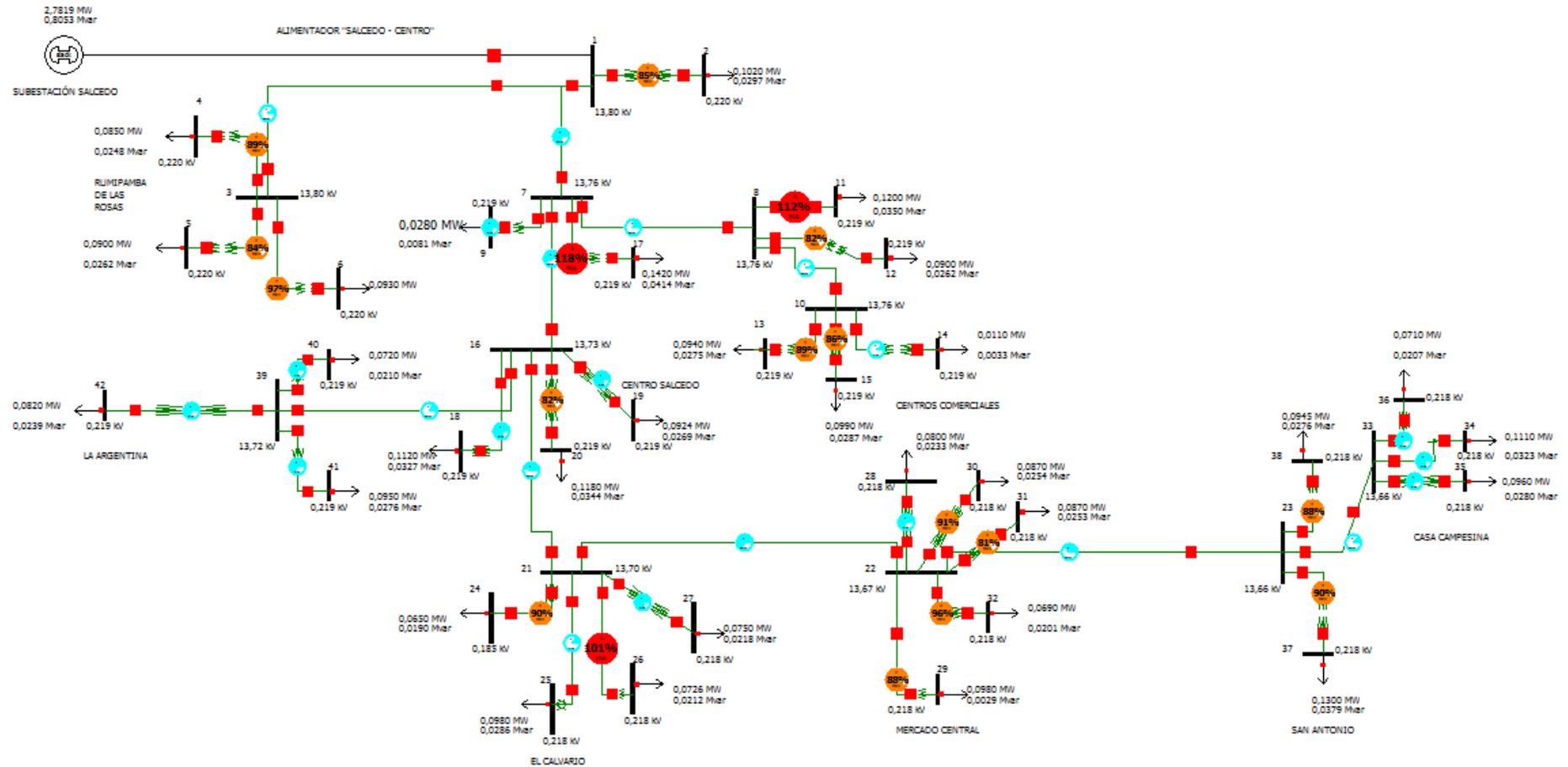
Para la modelación se usara el diagrama unifilar realizado una vez que se identificó el recorrido del alimentador, el sistema final a modelar será una vez que se haya realizado la concentración de potencia de los transformadores con el fin de reducir el número de barras del alimentador y a su vez se optimiza el análisis del sistema.

Al momento de ingresar los respectivos datos tanto de los transformadores, líneas y cargas para la respectiva modelación hay que identificar cada una de las unidades en la cual este el sistema que lo controle, una vez identificado las unidades en las que se encuentre operando el sistema se obtendrá una mejor simulación del flujo de potencia y de esta manera ayudar al modelador en su respectivo análisis de niveles de voltaje en los que se encuentra el alimentador 2 de la Subestacion Salcedo.

Mediante la simulación realizada se procederá a realizar el respectivo análisis del alimentador con el fin de identificar si los niveles de voltaje de cada una de las barras se encuentran dentro de los rangos permitidos por la regulación de la CONELEC 004/01, la cual establece los rangos permitidos en las Empresas de Distribución.

## APLICACIÓN DEL PROGRAMA POWER WORDL DEL ALIMENTADOR

Figura 17 Modelación del alimentador "Salcedo - Centro".



Fuente: Los Investigadores

### 12.8.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Para el respectivo análisis de las condiciones operativas del alimentador “Salcedo – Centro”, para realizar este estudio se utiliza el programa POWER WORLD. Este es un software que permite realizar análisis de sistemas eléctricos de potencia, para la modelación del sistema se tiene en cuenta los gráficos representativos de los elementos eléctricos.

En la figura 17 se muestra la modelación realizada mediante cada uno de los datos levantados y obtenidos por el geo portal este modelo se muestra a manera de diagrama unifilar, el alimentador a enfoque de estudio del sistema eléctrico de ELEPCO S.A, consta con un nivel de voltaje de 13,80 kV en el lado primario y un nivel 220 V en el lado secundario.

Se pudo constatar una vez realizado el levantamiento y modelación que el alimentador primario es de tipo radial simple, en si el comportamiento de esta configuración empieza desde una subestación y a lo largo de su recorrido no posee ninguna conexión con otra es decir suministra potencia de manera individual hacia los transformadores, este tipo de configuración es utilizada debido a que no es muy compleja, ni costosa es recomendable utilizar este tipo de configuración en zonas rurales su principal desventaja es la poca confiabilidad que presenta el sistema en una etapa de falla.

La modelación presentada en la gráfica anterior está constituido por una barra infinita o a su vez conocida como una barra slack, esta barra es de referencia la cual sirve para proveer la potencia y estabilidad de voltaje requerida por los usuarios finales que son abastecidos por el alimentador.

El alimentador “Salcedo - Centro”, brinda suministro de energía a distintos tipos de carga es la razón por la cual se realizó este estudio, una vez realizado la modelación del sistema eléctrico se pudo analizar que los niveles de voltaje mientras mayor sea la carga o la distancia del ultimo usuario del alimentador el nivel de voltaje va a variar.

El sistema eléctrico del alimentador está constituido por 112 transformadores monofásicos y trifásicos debido a la gran cantidad de barras existentes del sistema se tomó a consideración reducir el número de barras esto debido a que no se cuenta con el poder computacional suficiente, además se pretende optimizar el análisis para lo cual se va a

considerar en todo el sistema, concentrar las potencias de los transformadores y así lograr reducir el número de barras del sistema eléctrico.

El sistema final a modelar está constituido por 42 transformadores trifásicos en este sistema se realizara el análisis de niveles de voltaje en cada una de las barras del sistema de distribución primario y así verificar si el nivel de voltaje se encuentra dentro de los rangos permitidos de la empresa de distribución ELEPCO S.A.

El sistema de distribución primario está constituido a su vez por clientes particulares, el tipo de conductor utilizado en la modelación fue el presentador por la Empresa Eléctrica Cotopaxi. El sistema modelado a simple visualizacion se puede observar algunos de los transformadores se encuentran cerca de sobrepasar sus límites de potencia permitidos, mientras que otros se encuentran sobrecargados.

Se puede decir que mediante la modelación realizada del alimentador “Salcedo - Centro”, y el análisis del comportamiento de la curva de carga de demanda del alimentador presentan características similares ya que coincide la generación obtenida mediante simulación con el promedio de carga que se tiene.

### **12.9. Análisis del nivel de tensión**

Tanto el consumo de potencia activa y reactiva del sistema intervienen directamente en los niveles de voltaje, de acuerdo a la ubicación del alimentador y por ser una zona céntrica se pudo verificar que la mayor parte de consumo corresponde a los usuarios residenciales y la otra parte del consumo es repartida en usuarios comerciales, pequeñas industrias y cargas especiales.

Se sabe de antemano la existencia de equipos o dispositivos que pueden soportar pequeñas fallas o problemas que se presentar por mala calidad de energía eléctrica, debido a estas circunstancias se realizó la siguiente investigación ya que las empresas distribuidoras deben mantener los niveles de voltaje dentro de los rangos, límites permitidos por las normativas vigentes del país.

Para realizar el análisis de cada uno de los niveles de voltajes que se encuentran en las barras del alimentador se procederá a dar a conocer lo siguiente en la tabla 16 se realizara una breve tabulación que permita indicar los niveles de voltaje del sistema, si los niveles no se encuentran dentro de los rangos permitidos de la Empresa Eléctrica se procederá a

presentar posibles maneras q permitan mejorar el perfil de voltaje y de esta manera mejorar la calidad de suministro de energia eléctrica hacia los usuarios finales.

**Tabla 76** Comportamiento del nivel de voltaje en cada una de las barras del sistema.

ALIMENTADOR 03SA13B1S2 "SALCEDO - CENTRO"										
Numero	Barra	A Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	1	1	13,80	1	13,8	0			2,78	0,81
2	2	1	0,220	0,99993	0,22	0	0,1	0,03		
3	3	1	13,80	0,98973	13,746	-0,01				
4	4	1	0,220	0,98969	0,216	-0,01	0,09	0,02		
5	5	1	0,220	0,99969	0,219	-0,01	0,09	0,03		
6	6	1	0,220	0,98967	0,218	-0,01	0,09	0,03		
7	7	1	13,80	0,98742	13,764	-0,1				
8	8	1	13,80	0,97722	13,662	-0,11				
9	9	1	0,220	0,99741	0,219	-0,1	0,03	0,01		
10	10	1	13,80	0,99701	13,759	-0,12				
11	11	1	0,220	0,99716	0,219	-0,11	0,12	0,03		
12	12	1	0,220	0,9972	0,219	-0,11	0,09	0,03		
13	13	1	0,220	0,98696	0,218	-0,12	0,09	0,03		
14	14	1	0,220	0,9897	0,218	-0,12	0,01	0		
15	15	1	0,220	0,99697	0,219	-0,12	0,1	0,03		
16	16	1	13,80	0,97461	13,626	-0,21				
17	17	1	0,220	0,99737	0,219	-0,1	0,14	0,04		
18	18	1	0,220	0,99452	0,219	-0,21	0,11	0,03		
19	19	1	0,220	0,99458	0,219	-0,21	0,09	0,03		
20	20	1	0,220	0,99457	0,219	-0,21	0,12	0,03		
21	21	1	13,80	0,9727	13,699	-0,28				
22	22	1	13,80	0,97077	13,673	-0,36				
23	23	1	13,80	0,97999	13,662	-0,39				
24	24	1	0,220	0,8941	0,189	-5,01	0,07	0,02		
25	25	1	0,220	0,98269	0,218	-0,28	0,1	0,03		
26	26	1	0,220	0,98265	0,218	-0,29	0,07	0,02		
27	27	1	0,220	0,98267	0,218	-0,28	0,08	0,02		
28	28	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,08	0,02		
29	29	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,1	0		
30	30	1	0,220	0,98073	0,218	-0,36	0,09	0,03		
31	31	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,09	0,03		
32	32	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,07	0,02		
33	33	1	13,80	0,97979	13,659	-0,4				

34	34	1	0,220	0,9997	0,218	-0,4	0,11	0,03		
35	35	1	0,220	0,98974	0,218	-0,4	0,1	0,03		
36	36	1	0,220	0,98968	0,218	-0,4	0,07	0,02		
37	37	1	0,220	0,9898	0,218	-0,4	0,13	0,04		
38	38	1	0,220	0,98992	0,218	-0,39	0,09	0,03		
39	39	1	13,80	0,9732	13,722	-0,22				
40	40	1	0,220	0,99429	0,219	-0,22	0,07	0,02		
41	41	1	0,220	0,99425	0,219	-0,22	0,1	0,03		
42	42	1	0,220	0,99422	0,219	-0,22	0,08	0,02		

Fuente: Los investigadores

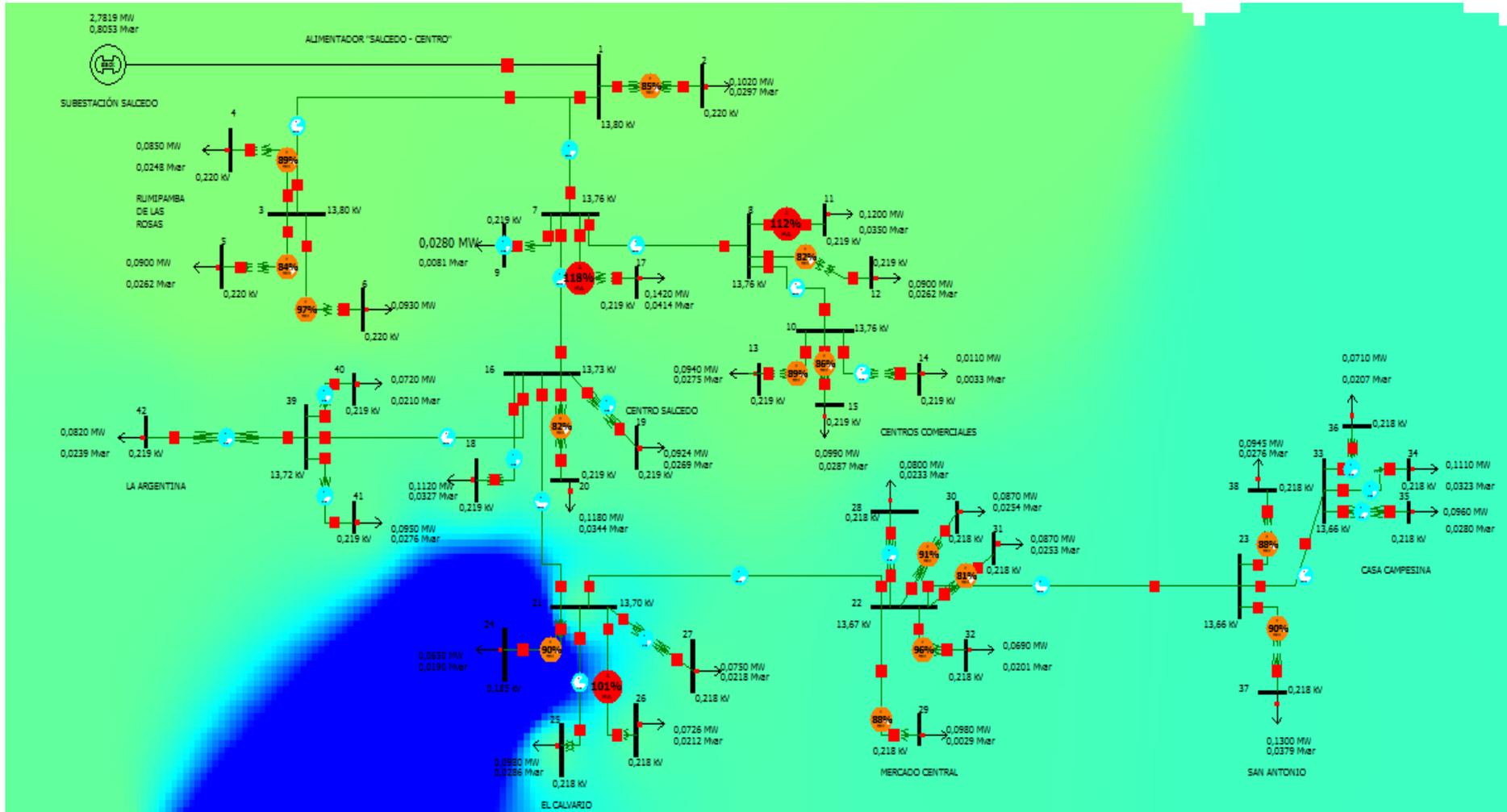
Una vez realizado el corrido de flujo de potencia y con los resultados obtenidos de la modelación, se puede identificar aquellos barras que operan en condiciones críticas o deficientes, a su vez se puede determinar los transformadores que se encuentran operando cerca o incluso peligrosamente fuera de sus límites de funcionamiento.

De esta manera se podrá realizar un diagnóstico sobre cada uno de las barras que se encuentren fuera de los rangos permitidos por las normativas y por parte de la empresa eléctrica. Una vez realizado el análisis de la corrida de flujos de potencia del alimentador se pudo verificar que los niveles de tensión varían en ciertas barras y debido a las grandes distancias del sistema a continuación mediante el uso de los resultados de la corrida de flujos de potencia.

El software POWER WORLD utilizado para la presente investigación nos permitió realizar una espectrografía del sistema de distribución de suministro eléctrico del alimentador “Salcedo - Centro”, la espectrografía en forma gráfica nos permitirá identificar el estado de operación del sistema mediante el uso de colores estos colores representaran el estado funcional en el que se encuentra el alimentador, la espectrografía se identifica en los siguientes tipos de colores: un color azul que representa un funcionamiento de sistema estable, un color amarillo que representa un funcionamiento moderado del sistema y un color rojo el cual representa un funcionamiento en condiciones anormales.

En el gráfico se muestra la espectrografía de la modelación del sistema de distribución de energía eléctrica del sector céntrico de la ciudad de Salcedo. El Alimentador dos de la subestación Salcedo está constituido de la siguiente manera.

Figura 18 Espectrografía del Alimentador "Salcedo - Centro" análisis del nivel de voltaje.



Fuente: Los investigadores.

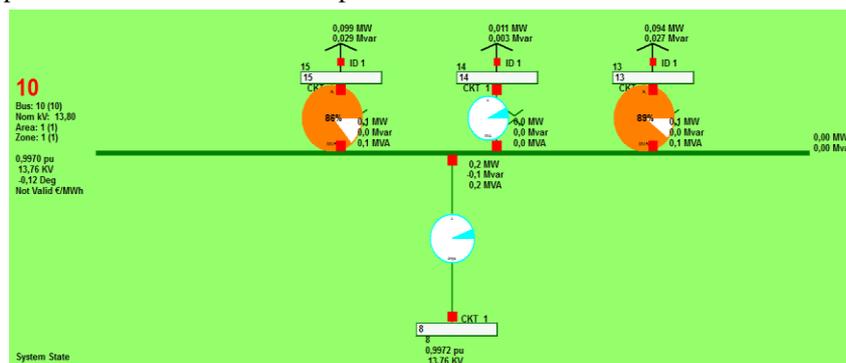
Los problemas existentes en el sistema con respecto al nivel de tensión se detectan fácilmente. Mediante la espectrografía, así en el gráfico 18, se puede observar las barras con problemas de voltaje, estas barras se encuentran sombreadas de tono azul a los elementos que experimentan bajos niveles de voltaje.

Los problemas de niveles de voltaje se presentan en los lugares que se encuentran alejados de las fuentes de suministro de energía eléctrica, con líneas relativamente largas la zona que muestra mayor gravedad con lo que respecta el nivel de distribución tenemos: el barrio la argentina, el coliseo y parte subterránea de alimentación del centro de la ciudad.

Se pudo constatar que los niveles de voltaje permitidos para las empresas distribuidoras para niveles de 13.8 kV, se encuentran en los siguientes rangos según la regulación No 004/01 del CONELEC el límite estándar permitido es de 0,95 p.u, según los resultados obtenidos gran parte del sistema se encuentra en dentro de las condiciones permitidas por las regulaciones ya que los rangos de voltajes se encuentran dentro de lo permitido.

A continuación se procederá a indicar el análisis realizado en cada una de las barras mediante la visualización del comportamiento de cada una de las barras del sistema se puede decir que la operación de la mayoría de las barras se encuentran en niveles de tensión aceptables según las regulaciones y por parte de la Empresa de Distribución, en la figura 19 se puede observar que la operación del sistema en la barra 10 los niveles de voltajes en esa barra del alimentador es de 0,98 p.u a 13,76 kV, estos valores se encuentran dentro de los límites permitidos por la regulación 004/01 del CONELEC, ya que el nivel permitido para sistemas de distribución es de 0.95 p.u es la razón por la cual el sistema se encuentra con un tono verdoso y en condiciones aceptables, además se muestra también la capacidad en la cual se encuentran trabajando los transformadores

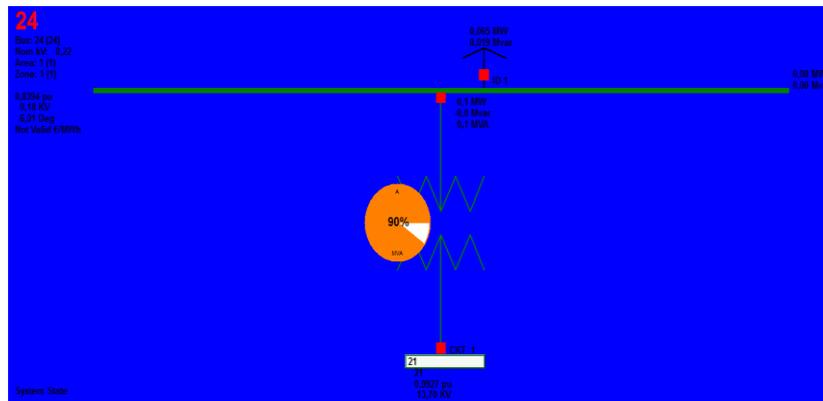
**.Figura 19** Comportamiento de la barra 10 en operación normal



**Fuente:** los investigadores

De la misma manera que se indica la operación de cada barra del sistema se procede a dar a conocer la barra que presenta problemas en el alimentador estos problemas se presentan por las cargas o la distancia de la barra en la figura 20 se puede observar que la operación del sistema en la barra 24 los niveles de voltaje en esa barra del alimentador es de 0,89 p.u el nivel de tensión del circuito primario era de 0,189 voltios y el del circuito primario de 13,70 kV, como se puede ver estos niveles se encuentran fuera de los rangos aceptables ya que se encuentra por debajo de 0,95 p.u q es el límite aceptable para sistemas de distribución.

**Figura 20** Comportamiento de la barra 24 del Alimentador



Fuente: Los Investigadores

En estos puntos se requiere realizar análisis para mejorar los niveles de tensión a continuación se dará a conocer los métodos más aceptables para sistemas de distribución.

### 12.10. Planteamiento de soluciones

Una vez conocido los resultados obtenidos por la modelación del alimentador, existen varios métodos que permiten mejorar los niveles de voltajes en los alimentadores primarios de distribución a continuación se describe los métodos más aceptables y conocidos.

- Balance de carga se caracteriza por la reconfiguración de los sistemas de distribución, también se lo conoce como transferencia de carga de un alimentador a otro.
- Aumento de calibre del conductor se caracteriza por reforzar las líneas y así disminuir la resistencia al flujo de la corriente.
- Instalación de banco de capacitores se caracteriza por compensar la potencia reactiva y así poder mejorar los perfiles de voltaje.
- A su vez se puede optar por la construcción de nuevos circuitos o tramos, hacer uso de reguladores de voltaje para mejorar los niveles de tensión.

Para el trabajo de investigación realizado, se optó por la ubicación de un banco de capacitores

debido al gran número de ventajas que presenta esta alternativa.

### **Ubicación de capacitores**

Este método es utilizado directamente en los sistemas de distribución debido a las ventajas que ofrece, la instalación de bancos de capacitores permite principalmente mejorar el bajo factor de potencia, reducción de pérdidas y siempre y cuando se logre realizar la compensación permitirá mejorar los niveles de voltaje. La ubicación de los bancos de capacitores es una de las partes más importantes en la planificación y operación de sistemas de distribución, esto debido a que este tipo de sistema implica una inversión la cual prevé ser recuperada por los beneficios propios del sistema.

### **Análisis de la aplicación de los capacitores en alimentadores**

La utilización de los bancos de capacitores puede darse directamente en la subestacion o en las líneas del alimentador, hay que tener en cuenta que al ubicar un banco de capacitores en la subestación no sería de mayor ayuda debido a que se encontraría lejos de los puntos que presentan fallas en el sistema es por eso que se opta por aquellos sistemas que se instalan en líneas estos pueden ser capacitores en serie y en derivación siendo este último uno de los más utilizados para la compensación, este tipo de capacitores se instalan directamente en las líneas por medio bastidores montados en los postes o en instalaciones sumergibles en redes subterráneas.

### **Beneficios del uso de banco de capacitores**

A continuación se detalla los beneficios que se puede obtener mediante el uso de los bancos de capacitores en circuitos primarios estos beneficios se dan directamente a la empresa distribuidora como a los usuarios finales del suministro eléctrico.

- Uno de los beneficios que presenta la empresa de distribución eléctrica es que requiere inyectar menos potencia reactiva al alimentador, de esta manera los transformadores de potencia ubicados en la subestacion se ven liberados.
- Por medio de la reducción de las corrientes, dispone de una mayor capacidad de transmisión de potencia.
- El uso de los bancos de capacitores permite mejorar el perfil de voltaje que da como resultado final un servicio de calidad al consumidor.

### **Incremento en la capacidad del sistema**

Se puede decir que el incremento de capacidad del sistema es uno de los beneficios más importantes del uso de banco de capacitores y es la razón que justifica este método. El uso de capacitores en sistemas eléctricos permite reducir la carga en kVA, de esta manera se libera capacidad que puede ser usada en cargas futuras.

### **Restricciones a ser tomadas en cuenta del uso de bancos de capacitores.**

Como se pudo constatar este método presenta varias ventajas y beneficios al ser aplicado pero de debe tener en cuenta las siguientes restricciones.

- Tener en cuenta que la compensación de potencia reactiva no se de forma excesiva, esto debido a que si se realiza una sobre-compensación se puede establecer el aumento de voltaje de los equipos con respecto a la de la red.
- Se debe de ubicar de 1 a 3 bancos de capacitores, esto debido a que si se colocan mayor número de banco de capacitores no presentan mejoras significativas en el sistema.
- Tener en cuenta que los niveles de voltaje queden dentro de los límites establecidos por las regulaciones y empresas de distribución en el país.

#### **12.10.1. Análisis del uso de banco de capacitores.**

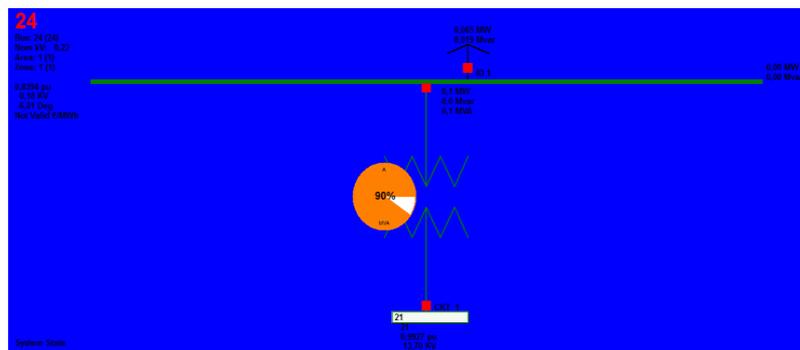
Mediante la modelación realizada y el respectivo análisis de las alternativas que permiten mejorar los niveles de tensión en los sistemas de distribución se optó por hacer uso de los bancos de capacitores esto a las grandes ventajas que presenta el método como se mencionó anteriormente este método puede ser aplicado de dos maneras ya que se puede instalar directamente en la subestación o en las líneas del alimentador lo más recomendable en circuitos con distancias alejadas es colocarlos cerca de los puntos que presenten problemas o en punto mismo ya que si se llegase a colocar en la subestación no presentaría grandes cambios si la falla se presenta en una zona alejada de la subestación.

Al colocar un banco de capacitores se debe tener en cuenta que la compensación de potencia reactiva no sea de forma excesiva, ya que puede establecer el incremento de voltaje de los equipos con respecto a la red una vez realizado la compensación verificar si los niveles de tensión queden dentro de los límites establecidos por las regulaciones o la empresa distribuidora.

Una vez realizado el análisis de nivel de voltaje del sistema se pudo constatar un nivel fuera de los límites aceptable, en la figura 21 se puede observar que la operación del sistema en la barra 24, el nivel de voltaje de esa barra es de 0.89 p.u, encontrándose fuera del límite permitido de acuerdo a la regulación de la CONELEC 004/01.

Al verificar que el nivel de voltaje en ese punto del alimentador está por debajo de los límites aceptables es necesario corregir este problema.

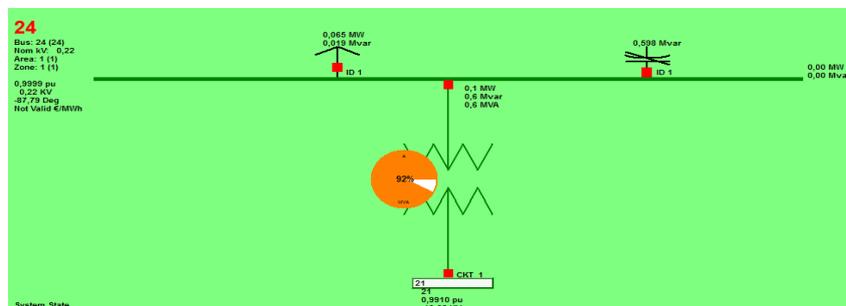
**Figura 21** Comportamiento de la barra 24 del Alimentador bajo nivel de voltaje.



**Fuente:** Los Investigadores

Al hacer uso de un banco de capacitores en la simulación realizada en el programa POWER WORLD del alimentador “Salcedo - Centro”, se tomó en consideración colocarlo directamente en la barra de falla ya que ahí presenta mejores resultados, en la figura 22 se puede observar que la operación del sistema en la barra 24, es aceptable y se logró mejorar el nivel de tensión del que se encontraba sometido anteriormente, cave recalcar que se tuvo en cuenta que el nivel de voltaje quede dentro de los rangos permitidos.

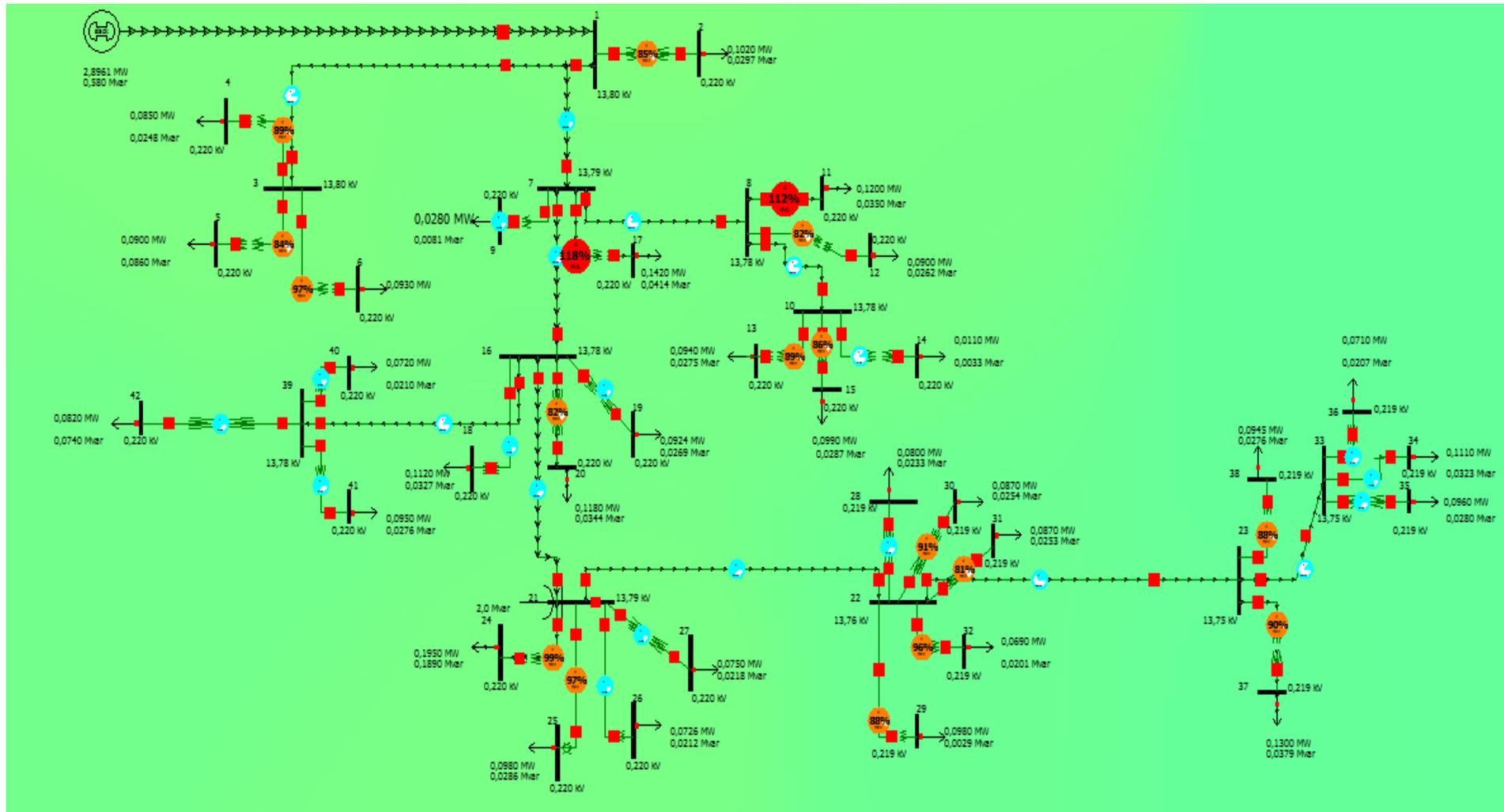
**Figura 22** Banco de condensadores colocado en la barra 24



**Fuente:** Los Investigadores

En la figura 23 se muestra el sistema completo de funcionamiento del alimentador “Salcedo – Centro”, una vez colocado el banco de capacitores en la barra más cercana al bajo nivel de voltaje con el fin de verificar los cambios de voltaje del sistema.

Figura 23 Espectrografía del Alimentador “Salcedo - Centro” con banco de capacitores



Fuente: Los investigadores.

### 12.10.2. Niveles de tensión del alimentador y verificación de los rangos permitidos por la regulación de la CONELEC 004/01.

Una vez realizado la colocación de los bancos de capacitores en las barras que presenta caídas de tensión se logró controlar los niveles de voltaje manteniéndolos dentro de los rangos permitidos por la regulación, el rango establecido por la regulación 004/01 de la CONELEC es de 0.95 p.u para las Empresas de Distribución.

En la tabla 17 mediante la tabulación realizada se indica el comportamiento de los niveles de voltaje de cada una de las barras del sistema operando en las condiciones actuales del alimentador, también se indica el comportamiento de los niveles de voltaje una vez colocado los bancos de capacitores con el fin de evidenciar e identificar que los niveles de voltaje se encuentran dentro de los rangos permitidos por la regulación es de 0.95 p.u.

**Tabla 87** Comparación de los niveles de voltaje una vez que se coloque los bancos de capacitores.

ALIMENTADOR 03SA13B1S2 "SALCEDO - CENTRO"										
NIVEL DE VOLTAJE DEL SISTEMA ACTUAL DEL ALIMENTADOR "SALCEDO - CENTRO"							NIVEL DE VOLTAJE CON BANCO DE CAPACITORES			
Numero	Barra	A Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Volt(kV)	PU Volt
1	1	1	13,80	1	13,80	0			13,80	1
2	2	1	0,220	0,99993	0,220	0	0,1	0,03	0,220	0,99993
3	3	1	13,80	0,98973	13,746	-0,01			13,796	0,99973
4	4	1	0,220	0,98969	0,216	-0,01	0,09	0,02	0,220	0,99969
5	5	1	0,220	0,99969	0,219	-0,01	0,09	0,03	0,220	0,99969
6	6	1	0,220	0,98967	0,218	-0,01	0,09	0,03	0,219	0,99967
7	7	1	13,80	0,98742	13,764	-0,1			13,787	0,99906
8	8	1	13,80	0,97722	13,662	-0,11			13,784	0,99887
9	9	1	0,220	0,99741	0,219	-0,1	0,03	0,01	0,220	0,99905
10	10	1	13,80	0,99701	13,759	-0,12			13,781	0,99865
11	11	1	0,220	0,99716	0,219	-0,11	0,12	0,03	0,220	0,9988
12	12	1	0,220	0,9972	0,219	-0,11	0,09	0,03	0,220	0,99884
13	13	1	0,220	0,98696	0,218	-0,12	0,09	0,03	0,219	0,9986
14	14	1	0,220	0,9897	0,218	-0,12	0,01	0	0,219	0,99864
15	15	1	0,220	0,99697	0,219	-0,12	0,1	0,03	0,220	0,99861
16	16	1	13,80	0,97461	13,626	-0,21			13,781	0,99864

17	17	1	0,220	0,99737	0,219	-0,1	0,14	0,04	0,220	0,99901
18	18	1	0,220	0,99452	0,219	-0,21	0,11	0,03	0,220	0,99855
19	19	1	0,220	0,99458	0,219	-0,21	0,09	0,03	0,220	0,99861
20	20	1	0,220	0,99457	0,219	-0,21	0,12	0,03	0,220	0,9986
21	21	1	13,80	0,9727	13,699	-0,28			13,788	0,99912
22	22	1	13,80	0,97077	13,673	-0,36			13,761	0,9972
23	23	1	13,80	0,97999	13,662	-0,39			13,751	0,99642
24	24	1	0,220	0,83941	0,189	-6,01	0,07	0,02	0,220	0,999
25	25	1	0,220	0,98269	0,218	-0,28	0,1	0,03	0,220	0,99902
26	26	1	0,220	0,98265	0,218	-0,29	0,07	0,02	0,220	0,99907
27	27	1	0,220	0,98267	0,218	-0,28	0,08	0,02	0,220	0,99909
28	28	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,08	0,02	0,219	0,99717
29	29	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,1	0	0,219	0,99718
30	30	1	0,220	0,98073	0,218	-0,36	0,09	0,03	0,219	0,99716
31	31	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,09	0,03	0,219	0,99717
32	32	1	0,220	0,98074	0,218	-0,36	0,07	0,02	0,219	0,99717
33	33	1	13,80	0,97979	13,659	-0,4			13,748	0,99623
34	34	1	0,220	0,9997	0,218	-0,4	0,11	0,03	0,219	0,99614
35	35	1	0,220	0,98974	0,218	-0,4	0,1	0,03	0,219	0,99618
36	36	1	0,220	0,98968	0,218	-0,4	0,07	0,02	0,219	0,99612
37	37	1	0,220	0,9898	0,218	-0,4	0,13	0,04	0,219	0,99624
38	38	1	0,220	0,98992	0,218	-0,39	0,09	0,03	0,219	0,99636
39	39	1	13,80	0,9732	13,722	-0,22			13,777	0,99835
40	40	1	0,220	0,99429	0,219	-0,22	0,07	0,02	0,220	0,99831
41	41	1	0,220	0,99425	0,219	-0,22	0,1	0,03	0,220	0,99828
42	42	1	0,220	0,99422	0,219	-0,22	0,08	0,02	0,220	0,99825

**Fuente:** Los Investigadores

Como se puede evidenciar los en la tabla anterior los niveles de voltaje de gran parte del alimentador se encuentran dentro de los rangos permitido, una vez colocado los bancos de condensadores se evidencia claramente que se logró mejorar los niveles de voltaje del alimentador “Salcedo – Centro”, dando como resultado un sistema más óptimo y confiable con lo que respecta el suministro de energía eléctrica.

### **13. Impactos (técnicos, sociales y económicos)**

Una vez realizado el análisis del nivel de voltaje del Alimentador “Salcedo - Centro”, perteneciente a la subestacion Salcedo entidad controlada por la Empresa Eléctrica Cotopaxi, se constató los impactos que pueden suscitarse por bajos niveles de tensión en el suministro de energía eléctrica. Si los perfiles de voltaje se encuentran por debajo de los rangos permitidos ya sea por la empresa eléctrica o mediante regulaciones esto afectara directamente a equipos eléctricos ocasionando pérdidas de los mismos.

Al existir caídas de tensión en sistema de suministro de energía eléctrica uno de los impactos sociales se da en base a la baja confiabilidad que presenta el sistema, esto debido al tipo de configuración es netamente radial, en caso de tener niveles de tensión bajos provocan cortes de energía, perturbaciones de estabilidad de voltaje y bajos niveles de tensión, al encontrarse el sistema sometido a cualquier tipo de fallas en un punto específico los usuarios finales se verán afectados, provocando quejas hacia la empresa de distribución.

El tema de investigación y el respectivo análisis realizado permitió identificar el comportamiento de operación del sistema los impactos técnicos identificados se basa en los equipos pertenecientes a la empresa distribuidora mediante la modelación se pudo verificar que algunos de los transformadores se encuentran trabajando cerca de sus valores de operación máximo mientras que otros se encuentran cerca de sobrepasar sus límites de operación, debido a las sobrecargas existentes en parte del sistema provoca fallas técnicas en transformadores, líneas, medidores que permiten el correcto suministro de energía eléctrica hacia los usuarios finales.

Dentro de los impactos mencionados tanto técnicos como sociales el de mayor importancia viene a ser el impacto económico afecta a los beneficiarios directos e indirectos, los beneficiarios directos viene a ser la empresa eléctrica de distribución, los impactos económico son producidos debido al deterioro de los equipos, cambio o reposición de equipos debido a fallas producidos por baja calidad de suministro, la mala calidad de suministro de energía eléctrica afecta directamente en la parte económica de la empresa, también se ven afectado los beneficiarios indirectos en este caso los usuarios o consumidores finales que al verse afectados por los problemas antes mencionados se ven afectados económicamente debido a las pérdidas económicas mediante el comercio.

## 14. Conclusiones

- Se logró constatar que la topología de la red es radial el cual abastece de suministro de energía eléctrica a usuarios del tipo (residenciales, comerciales, pequeñas industrias y cargas especiales), a un nivel de voltaje de 13.8 kV en sus circuitos primarios y 220 V en sus circuitos secundarios, además se evidencio que la demanda máxima requerida por los consumidores es de 2419,650 kW en su hora punta de consumo que se da a partir de 18:00 a 22:00, mientras que el consumo de demanda base es de 1439,73 kW, en el siguiente horario de consumo que se da a partir de las 22:00 a 8:00.
- El suministro de energía del alimentador se da principalmente al centro de la ciudad, mediante el levantamiento realizado se constató el estado, tipo y capacidad de cada elemento del sistema, a su vez se identificó los puntos de carga y demanda requerida por los usuarios, el sistema en si está formado por sistemas trifásicos de 9,5 km y sistemas monofásicos de 13,4 km a su vez se constató que las variaciones de nivel de tensión se producen debido al consumo excesivo de reactivos, incremento de carga existentes en la red o por las distancias que el sistema presenta.
- Mediante la corrida del flujo de potencia del alimentador “Salcedo - Centro”, se logró verificar que gran parte del sistema eléctrico se encuentra dentro de los rangos permitidos por la regulación, en la mayoría de barras sus nivel de voltaje p.u está en los rangos de 0.97 a 0.99 cumpliendo así con la normativa vigente, también se verifico que en ciertas barra del sistema presenta caídas de voltaje que no se encuentra dentro de los rangos establecidos por la regulación 004/01 de la CONELEC, la cual establece que los niveles de tensión se encuentren dentro del límite mayor a 0.95 p.u e inferior a 1 por unidad y los sistemas de distribución.
- Mediante el análisis realizado al momento de colocar un banco de capacitores en el alimentador “Salcedo – Centro”, se logró controlar los niveles de voltaje de cada una de las barras del sistema, manteniéndolos dentro de los rangos establecidos por la regulación 004/01 de la CONELEC0, la compensación de nivel de tensión no debe sobrepasar los rasgo de 1 p.u y a su vez no debe encontrarse por debajo de 0.95 p.u, la aplicación de este método permitió estabilizar el nivel de voltaje de la red de suministro de energía eléctrica y brindar mayor confiabilidad al sistema.

## 15. Recomendaciones

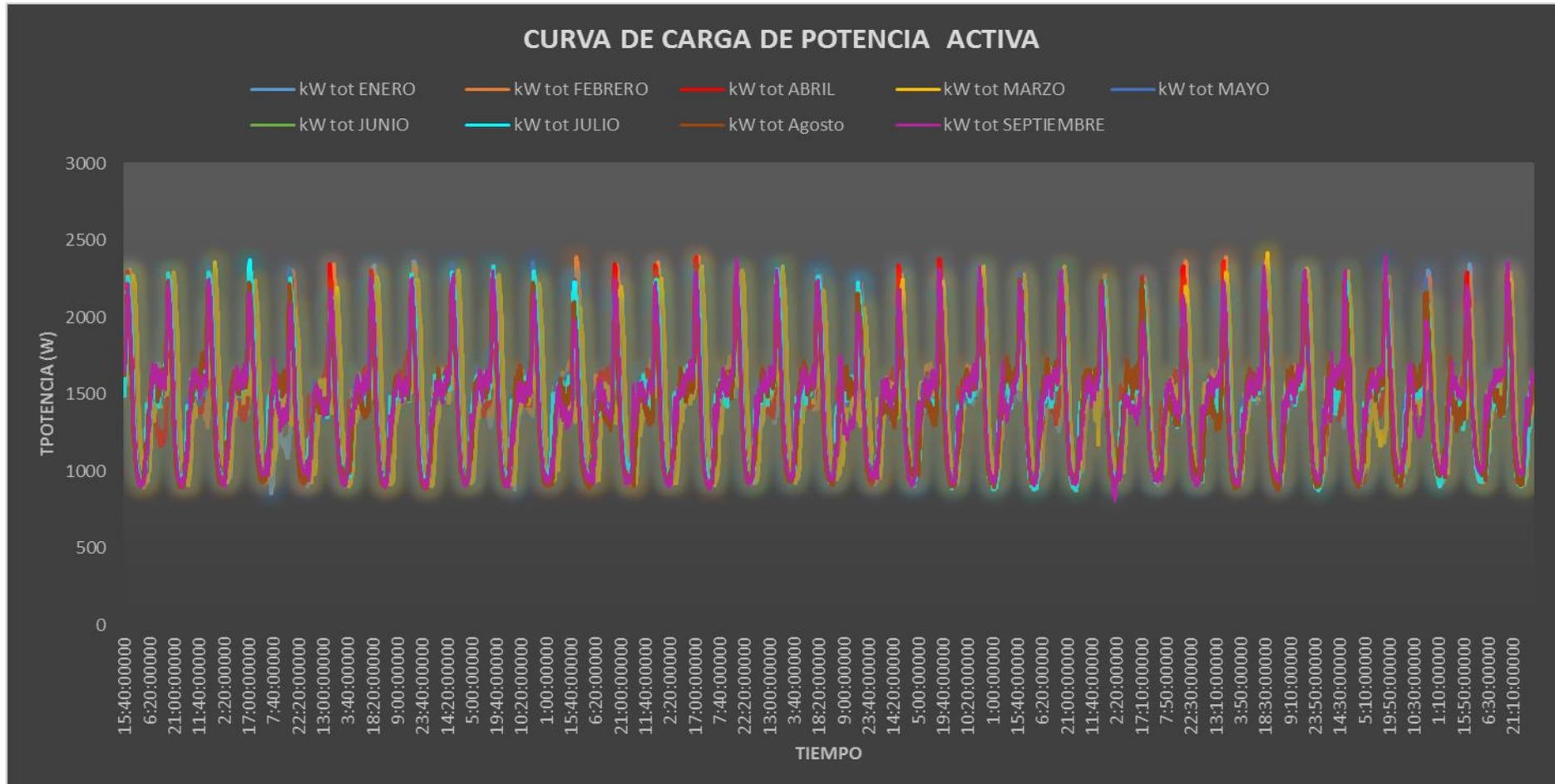
- Para futuras planificaciones se recomienda tener en cuenta la configuración de la topología de red de los alimentadores a su vez tener en cuenta la zona donde va a ser colocado dicho alimentador, debido a que si se encuentra en una zona urbana el sistema de alimentación hacia los usuarios finales debe presentar la mayor confiabilidad posible y un buen índice de calidad de producto hacia los abanados finales.
- Se recomienda analizar detenidamente cada una de las alternativas que permitan mejorar los niveles de voltaje para reducir las fallas y cortes de energía, de esta manera los usuarios se encuentren conformes con el suministro eléctrico.
- Para la implementación de cualquiera de los métodos que permitan mejorar los niveles de tensión en los circuitos primarios de redes de distribución se recomienda realizar un análisis económico en cual se pueda verificar los beneficios económicos que presenta cada uno de ellos y así poder elegir el más conveniente para el sistema y la Empresa de Distribución.
- La alternativa más viable tanto técnica y económicamente es la implementación de un banco de capacitores ya que mediante este se mejora el nivel de voltaje teniendo en cuenta que el mismo puede ayudar a controlar el consumo de potencia reactiva de cargas futuras la gran ventaja de este método es que nos permite colocarlo lo más cerca posible del punto de falla en el sistema.

## 16. Bibliografía

- [1] N. E. C. BONIFA y C. D. M. GUANOLUISA, DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ENTRE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A. Y LA CONEXIÓN CON EL PUNTO FRONTERA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO AMBATO PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA, Latacunga , 2016.
- [2] O. E. DÍAZ y F. R. HOYOS, «PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN DE FLUJOS DE CARGA Y ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO EN SISTEMAS DE POTENCIA,» *Scientia et Technica*, p. 5, Octubre del 2014.
- [3] G. Javier, Estudio de subestaciones electricas, [http://www.javierbotero.com/Javier\\_Botero/SUBESTACIONES.html](http://www.javierbotero.com/Javier_Botero/SUBESTACIONES.html), 2013.
- [4] A. Zamora, Redes Eléctricas de Carga y Demanda, Riobamba: <http://albazamora.blogspot.com/2010/04/carga-y-demanda-unidad-iii.html>., 2010.
- [5] C. Saavedra, Análisis y Diagnóstico del Sistema de Subtransmisión a 69 kV, para la Demanda Actual y para la Demanda Proyectada al Año 2020 en el Área de Concesión de la ELEPCO S.A, Latacunga, 2011.
- [6] M. Francisco H. Núñez Ramírez, CENTRALES DE GENERACION Y, Santo Domingo: Universidad APEC, Diciembre 2015.
- [7] E. Gonzales Sancho, Simulador de Subestaciones Electricas, Valladolid: Universidad de Valladolid Escuelas de Ingenierias, Julio 2014.
- [8] P. Armando, «TIPOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN,» <http://www.monografias.com/trabajos38/lineas-de-transmision/lineas-detrasmision2>., 2014.
- [9] S. R. CASTAÑO, Redes de Distribución de energia, Colombia: [https://books.google.com.ec/books?id=YP5-7MdPTz4C&pg=PA17&lpg=PA17&dq=factor%20de%20utilizacion%20planta%20coincidencia&source=bl&ots=1CU\\_Ubvhd&sig=xB9kYNMqlOfo4wcbOj9jAwYF\\_sw&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiT3aDCx7zMAhXBXB4KHwLIB2wQ6AEIHTAB#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=YP5-7MdPTz4C&pg=PA17&lpg=PA17&dq=factor%20de%20utilizacion%20planta%20coincidencia&source=bl&ots=1CU_Ubvhd&sig=xB9kYNMqlOfo4wcbOj9jAwYF_sw&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiT3aDCx7zMAhXBXB4KHwLIB2wQ6AEIHTAB#v=onepage&q&f=false), 2004.
- [10] I. John Wiley & Sons, Electric power distribution, USA: ISTE Ltd 2011, 2011.
- [11] E. L. a. E. Holmes, Electricity Distribution Network Desing, London, United Kingdom: Ltd, Exeter, 1985.

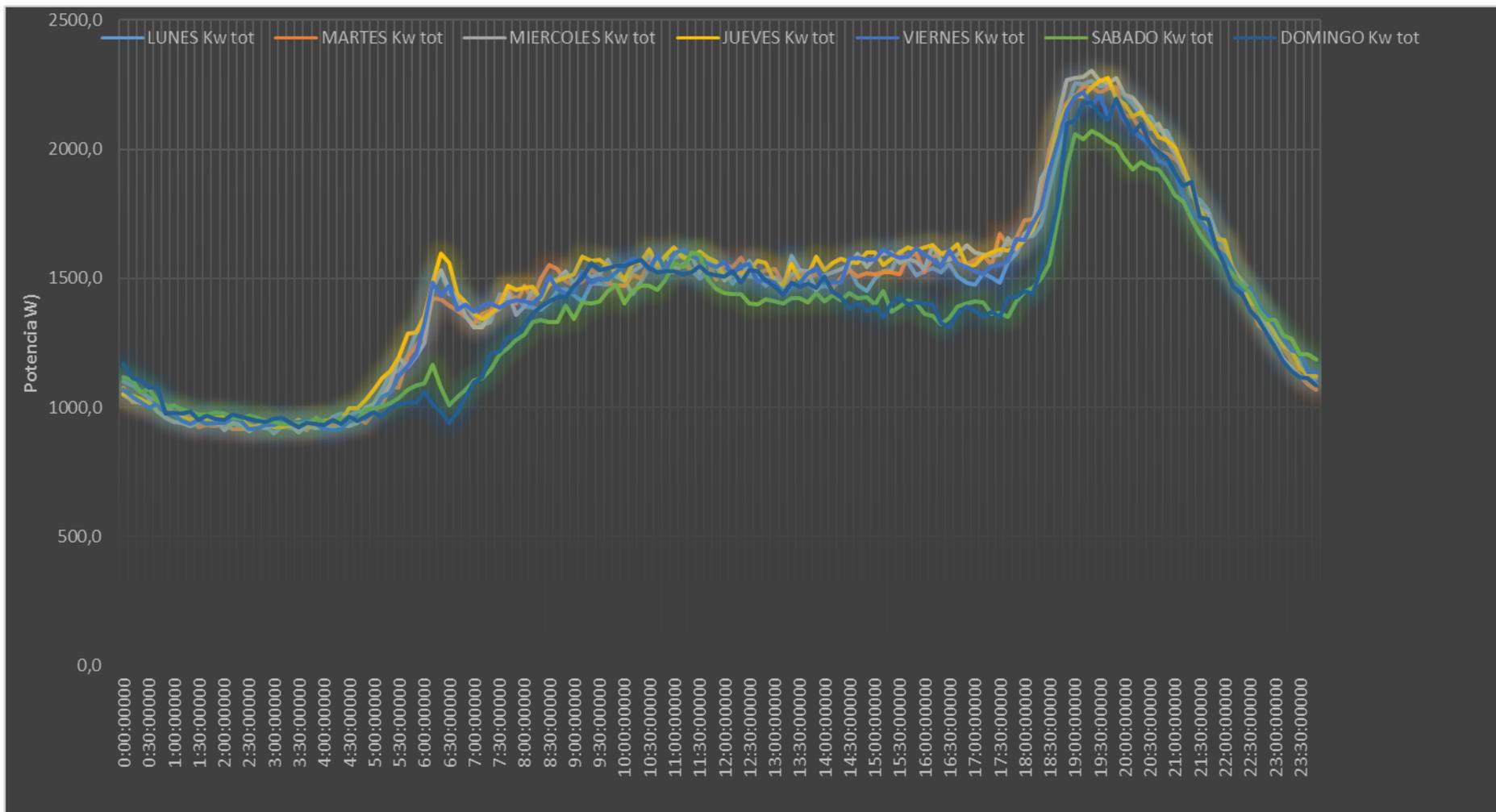
- [12] ARCONEL., *Regulación N° CONELEC - 004/01.*, Quito:  
<http://geoportal.regulacionelectrica.gob.ec/visor/index.html>, 2016.
- [13] A. d. r. y. c. d. electricidad, Regulacion 001/17,  
<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/12/REGULACION-Nro.ARCONEL-001-17.pdf>,  
Marzo 2017.
- [14] ARCONEL, Regulacion ANSI C 84.1 sistemas electricos de potencia y equipos, Quito  
- Ecuador, 2006.
- [15] C. I. G. Ortiz y G. O. M. Narváez, Configuracion de alimentadores primarios empresa  
de distribucion CENTRO SUR C.A., Cuenca, 2009.
- [16] Diego Enríquez, «Red de Distribución de Energía Eléctrica,»  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/10963/fichero/Archivos%252F01+Red+de+Dist+ribucion+de+Energia+Electrica.pdf>, ECUADOR, 2015.
- [17] W. -. R. Porras y J. G. -. B. Valerino, Estudio del efecto del Compensador Estático de  
Reactivos en el problema de, Cuba: Ingeniería Energética Vol. XXXIII, No. 1 ISSN  
1815 - 5901 , Enero 2012.
- [18] E. Endesa, ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: BANCOS DE CONDENSADORES DE  
M.T. PARA USO EN SUBESTACIONES (E-SE-009),  
[https://www.eneldistribuiacao.com.br/ce/documentos/E-SE-009\\_R-04.pdf](https://www.eneldistribuiacao.com.br/ce/documentos/E-SE-009_R-04.pdf), Diciembre  
2012.
- [19] G. T. P. Ochoa y J. N. R. Vargas., RECONFIGURACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE  
LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS DE LA SUBESTACIÓN OBRAPÍA Y SAN  
CAYETANO PERTENECIENTES A LA EERSSA, Cuenca - Ecuador, 2012.
- [20] J. D. Tenelema, Calculo de la regulacion de voltaje y de corriente de cortocircuito del  
sistema Duran de EMERGUR, Guayaquil - Ecuador, 2008.
- [21] I. A. G. & D. A. d. Rosso, REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE  
TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCION, Argentina , Diciembre 2013.
- [22] P. M, «Estudio de variacion de los Taps de los transformadores de distribucion,»  
*revista.utp.edu*, vol.  
<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6493>, 2014.

## 17. ANEXOS



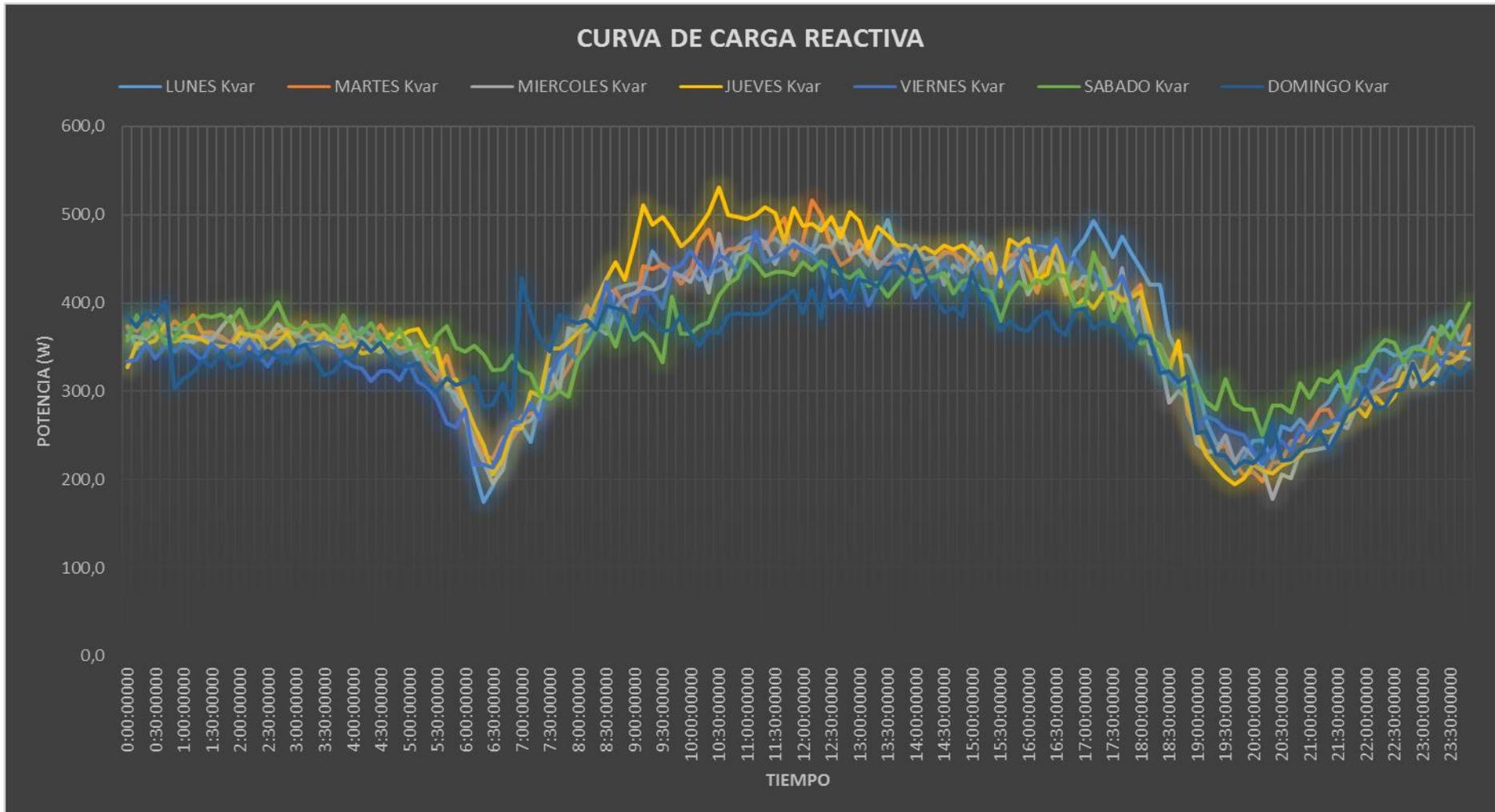
ANEXO 1 COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DE CARGA DE POTECCIA ACTIVA MENSUAL

Fuente: Los investigadores



**ANEXO 2 CURVA DE CARGA DE POTENCIA ACTIVA DIARIA**

**Fuente:** Los investigadores



**ANEXO 3 COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DE CARGA REACTIVA DIARIA**  
**Fuente:** Los investigadores

Día	Hora	LUNES Kw tot	MARTE S Kw tot	MIERCOLE S Kw tot	JUEVE S Kw tot	VIERNE S Kw tot	SABAD O Kw tot	DOMING O Kw tot
05/03/2018	0:00:00000	1099,475	1078,646	1050,263	1051,133	1067,358	1115,855	1169,731
05/03/2018	0:10:00000	1086,984	1019,829	1029,170	1043,746	1041,931	1105,339	1111,905
05/03/2018	0:20:00000	1062,535	1021,953	1015,508	1032,827	1020,474	1055,609	1104,406
05/03/2018	0:30:00000	1036,174	1003,089	1025,147	1013,273	998,863	1071,816	1078,736
05/03/2018	0:40:00000	1028,551	1007,281	985,053	1022,397	1013,312	1022,710	1078,887
05/03/2018	0:50:00000	1007,432	992,680	961,022	980,541	984,061	1002,669	975,588
05/03/2018	1:00:00000	984,111	977,107	944,626	979,750	972,090	1009,331	979,505
05/03/2018	1:10:00000	981,393	988,658	941,157	965,004	947,836	993,569	975,301
05/03/2018	1:20:00000	962,136	959,782	929,659	952,730	937,805	983,983	983,346
05/03/2018	1:30:00000	941,293	923,880	939,665	957,000	950,466	974,365	951,607
05/03/2018	1:40:00000	967,570	933,126	956,880	957,644	936,412	970,783	969,864
05/03/2018	1:50:00000	930,883	928,228	951,819	961,144	941,705	978,934	957,613
05/03/2018	2:00:00000	929,966	936,362	912,836	965,612	940,553	978,186	951,855
05/03/2018	2:10:00000	941,066	917,861	942,121	966,333	959,849	961,151	972,463
05/03/2018	2:20:00000	923,661	915,821	937,933	955,033	949,923	957,354	962,363
05/03/2018	2:30:00000	934,933	916,246	906,529	928,029	914,551	969,838	957,544
05/03/2018	2:40:00000	921,518	932,371	926,586	925,853	921,655	961,268	948,920
05/03/2018	2:50:00000	926,173	942,924	918,200	948,426	931,568	949,459	942,337
05/03/2018	3:00:00000	901,578	927,960	932,949	924,900	933,830	942,678	957,411
05/03/2018	3:10:00000	929,136	945,693	939,382	922,950	943,831	937,065	959,970
05/03/2018	3:20:00000	921,525	932,326	929,714	932,980	940,914	935,249	941,250
05/03/2018	3:30:00000	932,516	928,725	902,737	950,440	946,186	935,148	922,351
05/03/2018	3:40:00000	940,004	914,014	927,341	933,829	948,391	940,512	939,316
05/03/2018	3:50:00000	923,355	958,926	918,328	938,137	936,066	956,809	937,583
05/03/2018	4:00:00000	928,361	937,592	929,388	949,275	915,833	942,510	932,390
05/03/2018	4:10:00000	965,739	929,977	917,315	950,698	911,511	949,889	950,447
05/03/2018	4:20:00000	975,546	931,958	929,839	946,713	914,245	954,491	934,538
05/03/2018	4:30:00000	966,608	957,851	927,343	996,145	947,416	958,958	963,271
05/03/2018	4:40:00000	984,050	957,669	941,267	998,182	962,653	946,558	946,921
05/03/2018	4:50:00000	984,830	938,722	1000,262	1028,157	955,067	993,712	963,489
05/03/2018	5:00:00000	1015,398	984,004	1013,247	1068,359	986,644	994,527	982,225
05/03/2018	5:10:00000	1069,025	1014,456	1041,256	1113,457	1042,293	1006,101	964,664
05/03/2018	5:20:00000	1134,716	1082,354	1091,372	1142,746	1056,425	1015,650	997,652

05/03/2018	5:30:00000	1139,852	1078,126	1193,895	1195,322	1122,930	1036,683	1013,076
05/03/2018	5:40:00000	1201,044	1196,418	1157,986	1284,226	1161,620	1068,085	1020,129
05/03/2018	5:50:00000	1289,322	1238,066	1199,655	1289,068	1207,592	1083,163	1015,262
05/03/2018	6:00:00000	1316,136	1282,008	1251,838	1355,655	1327,751	1093,634	1061,603
05/03/2018	6:10:00000	1480,609	1421,303	1458,599	1484,657	1482,747	1165,378	1012,937
05/03/2018	6:20:00000	1528,069	1418,094	1532,855	1597,455	1432,762	1076,104	986,399
05/03/2018	6:30:00000	1440,446	1394,674	1459,596	1560,011	1472,670	1009,756	940,170
05/03/2018	6:40:00000	1434,088	1375,432	1422,216	1440,644	1378,709	1039,978	979,553
05/03/2018	6:50:00000	1393,806	1349,828	1354,438	1406,696	1399,571	1067,520	1041,738
05/03/2018	7:00:00000	1351,353	1323,238	1312,312	1362,081	1371,893	1103,605	1098,487
05/03/2018	7:10:00000	1317,244	1361,497	1310,172	1341,728	1394,734	1112,380	1115,791
05/03/2018	7:20:00000	1329,896	1374,385	1363,752	1364,468	1402,242	1143,474	1210,160
05/03/2018	7:30:00000	1439,843	1419,370	1381,662	1393,847	1385,135	1204,845	1218,892
05/03/2018	7:40:00000	1419,181	1460,360	1447,614	1470,261	1407,496	1231,174	1268,179
05/03/2018	7:50:00000	1426,341	1401,585	1360,126	1454,592	1414,330	1261,137	1279,740
05/03/2018	8:00:00000	1390,970	1472,291	1388,927	1463,418	1410,715	1281,092	1316,453
05/03/2018	8:10:00000	1387,909	1414,821	1453,506	1467,274	1404,277	1328,813	1362,905
05/03/2018	8:20:00000	1378,281	1497,543	1417,816	1418,827	1432,738	1340,035	1390,348
05/03/2018	8:30:00000	1407,604	1553,624	1490,362	1473,432	1505,801	1331,315	1412,172
05/03/2018	8:40:00000	1449,931	1536,913	1495,695	1492,734	1459,269	1330,985	1425,291
05/03/2018	8:50:00000	1457,842	1489,054	1527,620	1503,696	1438,243	1394,635	1426,428
05/03/2018	9:00:00000	1433,330	1473,735	1478,343	1516,827	1446,953	1341,305	1471,830
05/03/2018	9:10:00000	1411,698	1487,391	1522,214	1583,377	1524,978	1408,459	1499,172
05/03/2018	9:20:00000	1479,694	1532,826	1507,852	1569,513	1483,444	1402,911	1560,389
05/03/2018	9:30:00000	1478,308	1510,881	1514,416	1571,718	1499,317	1409,203	1529,677
05/03/2018	9:40:00000	1475,086	1484,682	1570,460	1549,383	1496,766	1450,307	1540,445
05/03/2018	9:50:00000	1544,720	1469,694	1508,844	1532,905	1523,749	1476,480	1549,312
05/03/2018	10:00:00000	1490,679	1473,070	1493,291	1496,404	1554,110	1402,672	1546,600
05/03/2018	10:10:00000	1440,523	1516,223	1527,761	1554,704	1574,196	1449,658	1558,695
05/03/2018	10:20:00000	1488,786	1499,592	1548,871	1564,637	1571,368	1470,597	1573,072
05/03/2018	10:30:00000	1538,594	1557,772	1589,307	1610,672	1529,820	1471,084	1539,556
05/03/2018	10:40:00000	1587,474	1547,433	1537,694	1550,678	1593,479	1457,110	1522,245
05/03/2018	10:50:00000	1530,417	1532,052	1586,082	1586,983	1528,420	1496,000	1525,953
05/03/2018	11:00:00000	1580,604	1525,500	1544,053	1619,054	1594,274	1559,850	1526,717
05/03/2018	11:10:00000	1586,38	1555,367	1548,273	1580,94	1612,262	1542,000	1516,022

8	0	6			3			
05/03/2018	11:20:0000	1529,767	1529,938	1588,782	1578,649	1583,780	1598,612	1523,258
05/03/2018	11:30:0000	1500,644	1548,094	1519,248	1604,728	1575,012	1591,039	1546,959
05/03/2018	11:40:0000	1522,988	1563,846	1575,772	1581,778	1553,819	1494,271	1519,599
05/03/2018	11:50:0000	1543,607	1495,394	1549,053	1563,126	1544,923	1459,353	1510,505
05/03/2018	12:00:0000	1528,513	1552,023	1491,800	1507,953	1563,929	1441,296	1506,188
05/03/2018	12:10:0000	1477,274	1545,060	1517,409	1521,823	1516,276	1438,853	1526,670
05/03/2018	12:20:0000	1521,957	1578,302	1496,360	1518,997	1549,334	1438,350	1482,419
05/03/2018	12:30:0000	1509,281	1524,326	1566,456	1526,390	1554,653	1404,492	1531,552
05/03/2018	12:40:0000	1504,296	1520,460	1525,516	1569,074	1487,808	1397,554	1528,958
05/03/2018	12:50:0000	1469,518	1530,675	1500,409	1558,677	1493,870	1418,561	1492,636
05/03/2018	13:00:0000	1502,590	1537,459	1503,197	1482,378	1484,379	1410,264	1466,454
05/03/2018	13:10:0000	1468,112	1478,671	1479,779	1476,550	1437,063	1402,580	1434,365
05/03/2018	13:20:0000	1588,596	1487,163	1516,984	1554,720	1462,376	1423,021	1483,376
05/03/2018	13:30:0000	1532,009	1522,842	1530,804	1494,524	1484,000	1423,037	1468,771
05/03/2018	13:40:0000	1474,330	1501,957	1527,626	1513,459	1519,242	1406,429	1478,195
05/03/2018	13:50:0000	1458,697	1515,734	1449,230	1583,609	1540,345	1443,266	1463,554
05/03/2018	14:00:0000	1471,994	1508,686	1511,215	1533,077	1484,567	1412,233	1506,316
05/03/2018	14:10:0000	1461,482	1465,067	1523,056	1558,853	1483,622	1435,195	1448,289
05/03/2018	14:20:0000	1498,935	1502,971	1536,577	1575,372	1481,725	1415,970	1427,566
05/03/2018	14:30:0000	1539,277	1531,688	1552,474	1564,458	1575,531	1444,783	1383,655
05/03/2018	14:40:0000	1475,145	1505,869	1594,933	1558,740	1579,606	1424,471	1401,082
05/03/2018	14:50:0000	1451,030	1521,224	1545,440	1601,657	1571,841	1426,981	1374,105
05/03/2018	15:00:0000	1499,948	1514,684	1578,126	1600,299	1571,702	1398,324	1392,643
05/03/2018	15:10:0000	1528,303	1525,484	1596,073	1550,955	1613,871	1452,533	1351,590
05/03/2018	15:20:0000	1530,538	1522,583	1599,129	1576,328	1591,118	1372,075	1403,012
05/03/2018	15:30:0000	1603,829	1516,229	1557,867	1599,587	1580,112	1389,388	1425,390
05/03/2018	15:40:0000	1559,156	1588,958	1576,317	1620,985	1582,674	1413,004	1398,689
05/03/2018	15:50:0000	1510,569	1597,685	1563,207	1608,156	1615,601	1402,919	1405,421
05/03/2018	16:00:0000	1529,397	1523,599	1535,428	1618,828	1593,112	1362,330	1401,284
05/03/2018	16:10:0000	1538,176	1583,720	1628,580	1628,811	1570,738	1353,763	1398,035
05/03/2018	16:20:0000	1524,679	1594,482	1567,912	1594,498	1545,904	1321,365	1326,966
05/03/2018	16:30:0000	1555,144	1580,855	1572,573	1605,722	1608,742	1345,956	1310,374
05/03/2018	16:40:0000	1509,119	1572,715	1591,547	1633,533	1553,704	1392,099	1364,451
05/03/2018	16:50:0000	1483,393	1557,137	1629,099	1549,159	1542,394	1401,619	1390,751

05/03/2018	17:00:0000	1476,859	1571,819	1599,693	1550,653	1528,410	1412,128	1375,894
05/03/2018	17:10:0000	1518,995	1593,401	1591,351	1583,317	1514,784	1405,932	1351,470
05/03/2018	17:20:0000	1502,545	1553,091	1589,822	1598,778	1548,537	1360,799	1371,159
05/03/2018	17:30:0000	1482,711	1673,391	1592,294	1611,662	1551,745	1365,489	1352,108
05/03/2018	17:40:0000	1563,684	1626,838	1656,017	1608,495	1565,911	1351,964	1427,125
05/03/2018	17:50:0000	1596,494	1655,301	1613,969	1621,526	1651,184	1410,164	1428,645
05/03/2018	18:00:0000	1659,994	1725,122	1673,696	1650,071	1649,104	1445,240	1452,723
05/03/2018	18:10:0000	1662,970	1727,599	1694,943	1686,716	1713,939	1463,063	1438,172
05/03/2018	18:20:0000	1706,017	1800,288	1885,855	1766,336	1768,402	1498,672	1538,863
05/03/2018	18:30:0000	1846,618	1998,492	1940,965	1931,139	1919,670	1557,519	1632,581
05/03/2018	18:40:0000	1986,713	2125,353	2136,576	2103,855	2037,567	1745,810	1806,672
05/03/2018	18:50:0000	2163,711	2179,386	2266,391	2161,955	2151,172	1934,988	2097,808
05/03/2018	19:00:0000	2253,773	2203,911	2276,914	2206,052	2205,062	2058,876	2110,266
05/03/2018	19:10:0000	2249,973	2243,323	2280,248	2202,004	2219,496	2039,890	2178,736
05/03/2018	19:20:0000	2262,225	2240,618	2304,658	2237,585	2167,889	2069,449	2177,427
05/03/2018	19:30:0000	2244,370	2219,755	2262,571	2262,546	2209,060	2056,221	2133,183
05/03/2018	19:40:0000	2248,783	2237,487	2254,626	2276,770	2127,933	2031,072	2115,214
05/03/2018	19:50:0000	2236,158	2240,897	2274,486	2196,015	2181,801	2014,497	2195,700
05/03/2018	20:00:0000	2208,860	2132,925	2212,347	2173,890	2111,966	1961,800	2124,685
05/03/2018	20:10:0000	2174,150	2121,736	2198,452	2125,745	2065,977	1921,473	2058,586
05/03/2018	20:20:0000	2132,084	2074,205	2158,482	2143,536	2047,908	1950,429	2099,401
05/03/2018	20:30:0000	2126,775	2036,793	2079,482	2100,667	2013,072	1926,695	2017,578
05/03/2018	20:40:0000	2073,391	1990,698	2100,084	2046,321	1954,065	1920,189	1989,108
05/03/2018	20:50:0000	2070,162	1983,721	2034,217	2032,529	1940,646	1877,227	1966,270
05/03/2018	21:00:0000	2005,083	1961,701	1984,068	2005,162	1901,201	1820,320	1904,299
05/03/2018	21:10:0000	1924,438	1930,570	1910,742	1929,173	1815,913	1796,162	1857,935
05/03/2018	21:20:0000	1815,981	1851,832	1866,111	1842,065	1758,712	1728,318	1873,532
05/03/2018	21:30:0000	1805,763	1727,833	1771,089	1766,021	1725,774	1671,101	1737,235
05/03/2018	21:40:0000	1763,195	1715,664	1751,958	1714,220	1685,605	1628,860	1727,699
05/03/2018	21:50:0000	1675,101	1624,202	1668,956	1653,386	1613,505	1587,981	1621,235
05/03/2018	22:00:0000	1604,195	1611,273	1636,211	1649,102	1586,633	1550,982	1551,147
05/03/2018	22:10:0000	1535,491	1544,581	1526,723	1536,241	1529,956	1514,973	1467,168
05/03/2018	22:20:0000	1493,050	1476,302	1475,325	1474,282	1452,614	1477,003	1438,851
05/03/2018	22:30:0000	1451,612	1411,501	1425,782	1404,334	1461,277	1443,121	1374,601
05/03/2018	22:40:0000	1381,96	1318,323	1374,262	1400,58	1399,998	1377,033	1338,724

8	0	6			5			
05/03/2018	22:50:0000	1325,371	1289,724	1310,599	1339,470	1354,122	1338,804	1288,158
05/03/2018	23:00:0000	1267,494	1240,370	1251,820	1287,076	1315,304	1336,527	1234,782
05/03/2018	23:10:0000	1245,349	1230,403	1188,737	1238,674	1260,867	1278,748	1175,875
05/03/2018	23:20:0000	1200,717	1181,713	1158,471	1220,490	1219,816	1264,387	1139,505
05/03/2018	23:30:0000	1182,698	1125,407	1118,551	1153,401	1209,931	1207,039	1118,588
05/03/2018	23:40:0000	1139,653	1087,136	1124,552	1125,272	1135,448	1204,891	1114,810
05/03/2018	23:50:0000	1113,402	1069,388	1089,905	1123,042	1136,253	1185,538	1083,897

**ANEXO 4 TABULACION DE MEDIONES DE POTENCIA ACTIVA DIARIA**

**Fuente:** Empresa eléctrica ELEPCO S.A

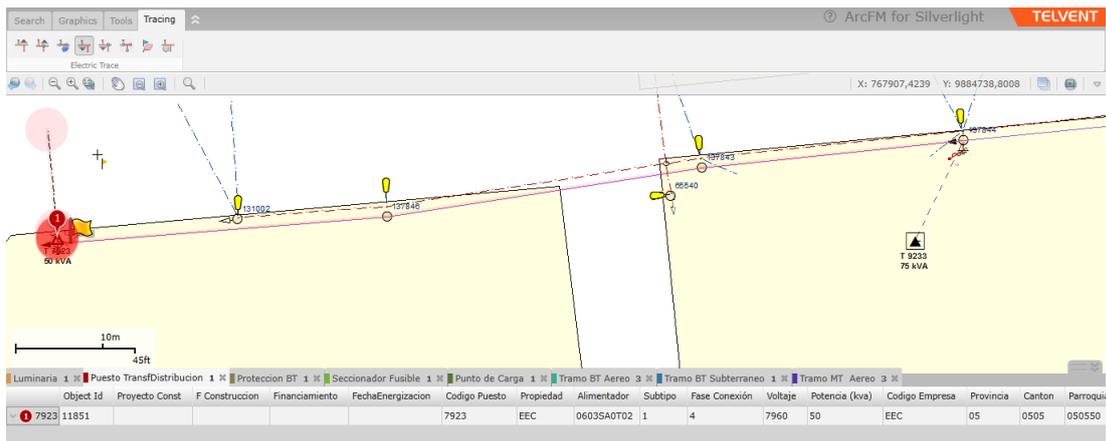
En el anexo 4 se muestra los datos emitidos por la empresa los cuales fueron analizados y utilizados para la verificación del sistema en base al consumo y comportamiento de las curvas de carga mensual y diaria tanto de potencia activa y potencia reactiva.

En el anexo 5 se indica la manera que se utilizó la plataforma eléctrica Geoportal, que permite generar reportes de cada uno de los puntos que fueron seleccionados para el estudio y posterior levantamientos de datos del alimentador.



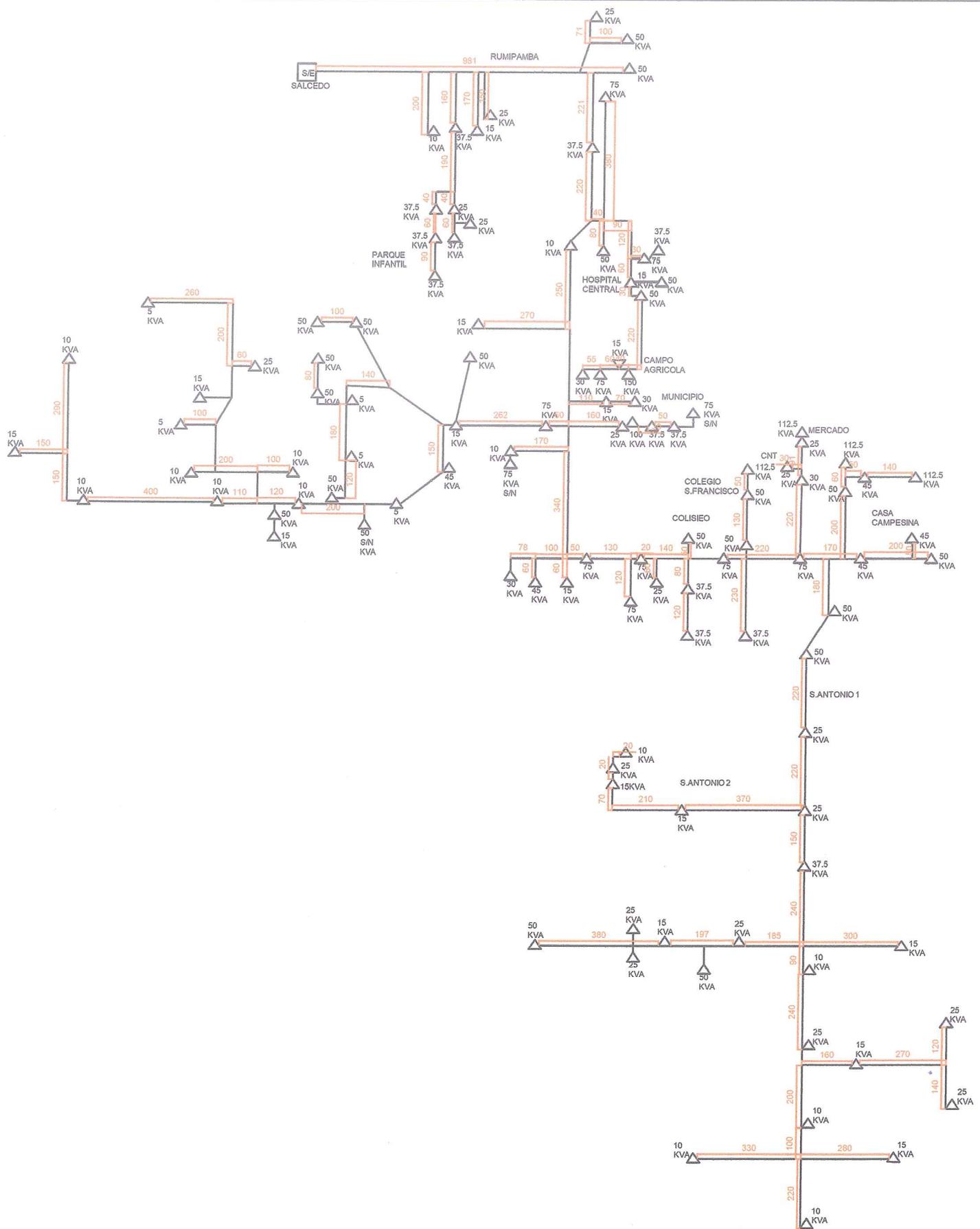
**ANEXO 5** Reporte generado mediante el Geoportal  
**Fuente:** Plataforma del Geoportal de la Empresa Cotopaxi

En el anexo 6 una vez generado los reportes estos pueden ser en formato Excel o visualizados directamente en la página el reporte obtenido de esta plataforma permite conocer las principales características del punto seleccionado entre las características más relevantes tenemos las potencias de los transformadores, niveles de voltaje, consumos, puntos de carga, luminarias, tramos de media tensión, etc.



**ANEXO 6** Reporte de los Transformadores de Distribución  
**Fuente:** Plataforma del Geoportal de la Empresa Cotopaxi





<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS			
<b>PROYECTO DE TITULACIÓN</b>	"ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE DEL ALIMENTADOR "SALCEDO - CENTRO" DE LA SUBESTACIÓN SALCEDO"		
<b>AUTORES:</b> COCHA CRISTIAN EDWIN TOAPANTA	<b>CONTENIDO: SIST. DISTRIBUCIÓN</b> DIAGRAMA UNIFILAR ALIMENTADOR 2		
<b>TUTOR:</b> ING. GABRIEL PESANTEZ	<b>FACULTAD:</b> INGENIERÍA ELÉCTRICA	<b>ESCALA:</b> 1/100	<b>LAMINA 1</b> <b>ANEXO 6</b>

