



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**LEVANTAMIENTO, ESTUDIO DE CARGA Y PROPUESTA DE
ACTUALIZACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE LA SUBESTACIONES
MUCUCHÍES, LA MITISUS Y LOS FRAILES 34,5/13,8 kV.**

Br: Yuleisy Carolina Quintero Balza.

Mérida, Octubre 2017.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**LEVANTAMIENTO, ESTUDIO DE CARGA Y PROPUESTA DE
ACTUALIZACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE LA SUBESTACIONES
MUCUCHÍES, LA MITISUS Y LOS FRAILES 34,5/13,8 kV.**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Electricista.

Br: Yuleisy Carolina Quintero Balza.
Tutor: Pedro Omar Mora Mogollón.
Asesor: Mauly Espinoza

Mérida, Octubre 2017

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**LEVANTAMIENTO, ESTUDIO DE CARGA Y PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE
LOS CIRCUITOS DE LA SUBESTACIONES MUCUCHÍES, LA MITISUS Y LOS FRAILES
34,5/13,8 kv.**

Br: Yuleisy Carolina Quintero Balza.

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente jurado.

Prof. Ricardo Stephens
Jurado

Prof. Jean Hernández
Jurado

Prof. Pedro Mora
Tutor

DEDICATORIA

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi persona, por mi esfuerzo y dedicación constante. Porque cada día, coloco a prueba mis capacidades y conocimientos obteniendo como resultado la finalización de mi carrera.

Por último, y no menos importante Mi Madre, Maritza Balza, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Ramón Quintero y Maritza Balza, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy; en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Gracias por confiar en mí.

A la Ilustre Universidad de los Andes, por haberme permitido formarme profesionalmente en ella, brindándome conocimiento y oportunidades de superación.

A mi Tutor Académico Msc. Pedro Mora por la colaboración brindada.

A todo el personal de CORPOELEC, por la receptividad y aceptación, en especial a él Ing. Gerardo Aparicio, a la Ing. Mauly Espinoza, al Ing. Ricardo Cadenas, al Técnico Oscar Rincón, y a todos los operadores del C.O.D, por brindarme esa gran atención y disposición de trabajar, compartir sus conocimientos y ayudarme a lograr este gran trabajo realizado entre todos.

Mi Familia, este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes; he alcanzado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea enorme e interminable, contando siempre con su mejor apoyo.

A ti Johan por estar conmigo, apoyarme, ayudarme y entenderme hasta donde te fue posible, incluso más que eso.

A mis amigos y compañeros, en especial a Lorenzo quien me brindo su amistad, su conocimiento y su apoyo incondicional a lo largo de la carrera. Y a todos los que aun en la distancia están presente Luis, Simón.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. **Thomas Chalmers.**

Yuleisy Carolina Quintero Balza. Levantamiento, estudio de carga y propuesta de actualización de los circuitos de la subestaciones Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV. Universidad de Los Andes. Tutor: Pedro Omar Mora Mogollón. Asesor: Ing. Mauly Espinoza Septiembre 2017.

RESUMEN

La presente investigación de campo consistió en el levantamiento y propuesta de actualización de los circuitos de las subestaciones Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV que representa el centro de servicios del Páramo, para así garantizar la operación, el buen funcionamiento y la continuidad del servicio eléctrico. Las redes de distribución de la energía eléctrica cumplen un papel muy importante, ya que son el medio de transporte desde la subestación de distribución hasta los consumidores, estas son las redes que están más sujetas a modificaciones debido al crecimiento poblacional, CORPOELEC empresa pública Venezolana, a través del departamento Centro de Operaciones de Distribución (C.O.D) se ha visto en la obligación de realizar un levantamiento eléctrico de los circuitos de las diferentes subestaciones con el fin de atender a la brevedad posible cualquier tipo de falla y también poder desarrollar expansiones o arreglos de su sistema, considerando los respectivos aspectos de seguridad, confiabilidad y mejoría de su gestión de mantenimiento.

Adicionalmente al trabajo de levantamiento, se desarrollara un estudio del comportamiento de la carga eléctrica, la respectiva coordinación de protecciones de todos los circuitos y el levantamiento de la vialidad a través del GOOGLE EARTH.

Descriptor: Sistemas de Distribución, Levantamiento eléctrico, Estudio de carga, Coordinación de Protecciones.

ÍNDICE GENERAL

	pp
APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I - Planteamiento del Problema.....	3
1.1 El problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Metodología de la investigación.....	5
1.5 Alcances.....	5
1.6 Limitaciones.....	6
CAPÍTULO II – Marco Teórico.....	7
2.1 Definición.....	7
2.1.2 Clasificación de redes por su configuración.....	7
2.1.2.1 Red Radial.....	7
2.1.2.2 Bucle abierto.....	8
2.1.2.3 Red Mallada.....	8

2.1.3	Clasificación de los sistemas de distribución.....	9
2.1.3.1	Sistemas aéreos.....	9
2.1.3.2	Sistemas subterráneos.....	9
2.1.3.3	Sistemas Mixtos.....	10
2.1.4	Requisitos que debe cumplir un sistema de distribución.....	10
2.1.5	Componentes de los sistemas de distribución.....	11
2.1.5.1	Alimentadores primarios de distribución.....	11
2.1.5.2	Transformadores de distribución.....	11
2.1.5.3	Alimentadores secundarios.....	11
2.1.5.4	Acometidas.....	12
2.1.5.5	Equipos de medición.....	12
2.2	Carga.....	12
2.2.1	Definición.....	12
2.2.2	Características de las cargas.....	13
2.2.2.1	Carga Instalada.....	13
2.2.2.2	Capacidad Instalada.....	13
2.2.2.3	Demanda.....	13
2.2.2.4	Demanda Máxima.....	14
2.2.2.5	Carga Promedio.....	14
2.2.2.6	Factor de Utilización.....	14
2.2.2.7	Factor de Carga.....	15
2.2.2.8	Demanda no Coincidente	15
2.2.2.9	Demanda Coincidente	15
2.2.2.10	Factor de Coincidencia.....	15
2.2.2.11	Factor de Contribución.....	16
2.2.3	Fallas en los sistemas de distribución.....	16
2.3	Protección en las redes de distribución contra sobrecorriente.....	17
2.3.1	Características de los sistemas de protección.....	17
2.3.1.1	Sensibilidad.....	18
2.3.1.2	Selectividad.....	18

2.3.1.3 Velocidad.....	18
2.3.1.4 Rapidez.....	18
2.3.1.5 Confiabilidad.....	18
2.3.1.6 Seguridad.....	18
2.3.1.7 Economía.....	18
2.3.2 Dispositivo de protección.....	19
2.3.2.1 Fusibles.....	19
2.3.2.1.1 Datos requeridos para la especificación de un fusible.....	20
2.3.2.1.2 Curva Característica de un fusible.....	21
2.3.2.2 Reconectores.....	21
2.3.3 Coordinación de Protecciones.....	22
2.4 Herramientas computacionales utilizadas para la actualización, geoposicionamiento y levantamiento de la vialidad.....	23
2.4.1 Programas de análisis de distribución de energía eléctrica (PADEE).....	23
2.4.1.1 Programas de planos inteligentes (PPI).....	23
2.4.1.2 Programa de análisis de las redes primarias (PARP).....	25
2.4.1.3 AutoCAD.....	25
2.4.1.4 Google Earth.....	26
2.4.1.5 Global Mapper.....	26
CAPÍTULO III – Análisis del Sistema de Distribución del Centro de Servicios el Páramo	27
3.1 Levantamiento de la red de media tensión.....	27
3.2 Descripción del sistema.....	28
3.2.1 Características de la Subestación Mucubají.....	28
3.2.2 Distribución de la carga de la S/E Mucuchíes.....	32
3.2.2.1 Circuito D-105 Mucuchíes.....	33
3.2.2.2 Circuito D-205 Mucurubá.....	35
3.2.2.3 Circuito D-305 Apartaderos.....	36
3.2.3 Distribución de la carga de la carga de la S/E La Mitisus.....	39
3.2.3.1 Circuito D-105 Santo Domingo.....	40
3.2.3.2 Circuito D-205 Aracay.....	42

3.2.4 Distribución de la Carga de la S/E Los Frailes.....	44
3.2.4.1 Circuito D-105 Los Frailes/Las Tapias.....	45
3.3 Sistema de Protección Actual.....	46
3.3.1 Protecciones del Circuito D-105 Mucuchíes.....	47
3.3.2 Protecciones del Circuito D-205 Mucurubá.....	47
3.3.3 Protecciones del Circuito D-305 Apartaderos.....	48
3.3.4 Protecciones del circuito D-105 Los Frailes.....	48
3.3.5 Protecciones del circuito D-105 Santo Domingo.....	49
3.3.6 Protecciones del circuito D-205 Aracay.....	50
CAPÍTULO IV - Propuestas para conseguir mejoras en el sistema de distribución del Centro de Servicios Páramo.....	51
4.1 Subestación Mucuchíes.....	52
4.1.1 Circuito D-305 Apartaderos.....	52
4.1.1.1 Propuesta 1: Cambio de Conductor.....	52
4.1.1.2 Propuesta 2: Incorporación de un Regulador.....	52
4.1.2 Propuesta de aumento de Capacidad d la Subestación de Mucuchíes.....	54
4.2 Subestación La Mitisus.....	54
4.2.1 Circuito D-105 Santo Domingo.....	54
4.2.1.1 Propuesta 1: Cambio de Conductor.....	54
4.2.1.2 Propuesta 2: Incorporación de un Regulador y Cambio del Conductor.....	55
4.3 Propuesta de Creación de la Nueva Subestación Santo Domingo.....	55
4.3.1 Distribución de la Carga de la S/E Santo Domingo.....	56
4.3.1.1 Circuito D-105 El Baho.....	57
4.3.1.2 Circuito D-205 Santo Domingo.....	58
4.4 Remodelación de la Subestación La Mitisus.....	59
4.4.1 Circuito D-105 Pueblo Llano.....	59
4.4.2 Circuito D-205 Aracay.....	61
4.5 Propuesta de Traslado del Transformador la S/E Los Frailes de 0,5 MVA a la S/E El Águila.....	61
4.6 Propuesta de Coordinación de Protecciones en los Circuitos Ramales de las Diferentes Subestaciones en Estudio.....	64

4.6.1 Niveles de Cortocircuito en la barra de 115 kV de la S/E La Mucubají.....	64
4.6.2 Niveles de Cortocircuito Máximos en Barras de 13.8 kV.....	65
4.6.3 Niveles de Cortocircuito Obtenidos Mediante la Herramienta Computacional PADEE.....	66
4.7 Selección de Fusibles.....	69
4.8 Instrumento de Registro.....	76
4.9 Levantamiento de la Vialidad.....	78
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS.....	82
ANEXOS.....	83

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		pp
1	Configuración Radial.....	8
2	Configuración de Bucle Abierto.....	8
3	Configuración de Red Mallada.....	9
4	Características de Operación de Fusibles.....	21
5	Subestación Mucubají.....	29
6	Subestación Mucuchíes.....	32
7	Municipio Rangel.....	33
8	Subestación La Mitisus.....	40
9	Subestación Los Frailes.....	45
10	Ubicación el Regulador con el Programa PADEE.....	53
11	Ubicación del Regulador.....	53
12	Ubicación de la S/E Santo Domingo.....	56
13	Extensión de Línea desde Los Frailes hasta Santo Domingo.....	58
14	Hoja de datos programa en Excel para el cálculo de niveles de Cortocircuito en barras de 13,81 kV.....	67
15	Cálculo de las potencias de cortocircuito trifásicas y monofásicas en barras de 13,8 Kv para las diferencia subestación.....	68
16	Programa Excel para la selección de fusibles.....	70
17	Coordinación de protecciones en el sector Llano del Hato.....	71
18	Instrumento de Registro.....	77
19	Vialidad de los Municipios Rangel, Cardenal Quintero y Pueblo Llano.....	79
20	Diagrama Unifilar de Mérida.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		pp
1	Programas de Análisis de Distribución de Energía Eléctrica.....	24
2	Registro de demanda máxima mensual (A) durante el año 2016/2017.....	30
3	Registro de demanda máxima mensual (MVA) durante el año 2016/2017.....	31
4	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes.....	35
5	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-205 Mucurubá de la S/E Mucuchíes.....	36
6	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes.....	37
7	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 Santo Domingo de la S/E La Mitisus.....	41
8	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-205 Aracay de la S/E La Mitisus.....	43
9	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 Los Frailes/Las Tapias de la S/E Los Frailes.....	46
10	Seccionadores y Cortacorrientes del Circuito D-105 Mucuchíes.....	47
11	Seccionadores y Cortacorrientes del Circuito D-205 Mucurubá.....	48
12	Seccionadores y Cortacorrientes del Circuito D-305 Apartaderos.....	48
13	Seccionadores y Cortacorrientes del Circuito D-105 Los Frailes.....	49
14	Seccionadores y Cortacorrientes del Circuito D-105 Santo Domingo.....	49
15	Seccionadores y Cortacorrientes del Circuito D-205 Aracay.....	50
16	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes.....	52
17	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 Santo Domingo de la S/E La Mitisus.....	55

18	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 El Baho de la S/E Santo Domingo.....	57
19	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-205 Santo Domingo de la S/E Santo Domingo.....	59
20	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 Pueblo Llano de la S/E La Mitisus.....	60
21	Análisis del Sistema del Circuito D-205 Santo Domingo de la S/E Santo Domingo en condiciones de Respaldo Circuito D-105 Pueblo Llano de la S/E La Mitisus.....	60
22	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 San Rafael de la S/E El Águila con el transformador de 1 MVA.....	61
23	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes con el transformador de 1 MVA.....	62
24	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-105 San Rafael de la S/E El Águila con el transformador de 0,5 MVA.....	63
25	Análisis del Sistema Actual del Circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes con el transformador de 0,5 MVA.....	63
26	Niveles de cortocircuito monofásico y trifásico en la barra de 115 Kv de las S/E La Mucubají.....	65
27	Características de los transformadores de las diferentes S/E.....	65
28	Coordinación de protecciones del circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes.....	72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico		pp
1	Curva de Carga anual 2016/2017 del Circulo D-105 Mucuchíes.....	34
2	Curva de Carga anual 2016/2017 del Circuito D-205 Mucurubá.....	36
3	Curva de Carga anual 2016/2017 del Circuito D-305 Apartaderos.....	37
4	Demandas máximas mensuales de los circuitos asociados a la S/E Mucuchíes.....	38
5	Curva de carga anual 2016/2017 de S/E Mucuchíes.....	39
6	Curva de Carga Anual 2016/2017 del Circuito D-105 Santo Domingo.....	41
7	Curva de Carga Anual 2016/2017 del Circuito D-2015 Aracay.....	42
8	Demandas Mensuales de los Circuitos Asociados a la S/E La Mitisus.....	43
9	Curva de Carga Anual 2016/20017 de la S/E La Mitisus.....	44
10	Curva de Carga Anual 2016/2017 del Circuito D-105 Los Frailes/Las Tapias..	46

INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos de distribución, son el medio que permite que la energía eléctrica sea entregada a los centros de consumo, una vez que ésta ha sido generada en las centrales o plantas eléctricas. Actualmente la División Control de Operaciones Mérida, es la encargada de supervisar y controlar las operaciones de la red de distribución, por lo tanto esta se enfrenta a la necesidad de contar con los planos eléctricos actualizados, geo-posicionados y referenciados de manera que se pueda realizar un despeje rápido de las fallas que se presente en el sistema; ya que la rápida identificación y localización de las mismas permite desplazar al sitio todos los recursos técnicos y humanos a la mayor brevedad, aumentando la posibilidad de rehabilitar el tramo y restablecer el servicio de fluido eléctrico en el menor tiempo posible. También permite desarrollar expansiones o arreglos de su sistema, considerando los respectivos aspectos de seguridad, confiabilidad y mejoría de su gestión de mantenimiento.

El objeto de la presente tesis de grado comprende un levantamiento y actualización de los circuitos asociados a la subestaciones de distribución eléctrica Mucuchíes, Los Frailes y la Mitisus 34,5/13,8 kV las cuales representan el Centro de Servicios Páramo, en vista de que las instalaciones no poseen los planos actualizados, ni reporte de modificaciones del sistema. Se prevé adicional al trabajo de levantamiento, analizar el comportamiento de la carga, realizar la respectiva coordinación de protecciones y el levantamiento de la vialidad.

En la presente investigación de campo se desarrollaron cuatro capítulos:

El capítulo I se encuentra el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos generales, objetivos específicos, las limitaciones y los alcances.

El capítulo II está conformado por las bases teóricas sobre las cuales se fundamenta esta investigación.

El capítulo III hace mención al análisis de los circuitos de distribución y el estado actual del sistema de protecciones.

Por último, en el capítulo IV se realizan las propuestas para garantizar la continuidad y mejorar la calidad del servicio eléctrico, disminuir la posibilidad de falla y la coordinación de

protecciones de los circuitos ramales. También el instrumento de registro realizado con toda la información obtenida y el levantamiento de la vialidad.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se abordan las propuestas que fundamentan la elaboración de este trabajo de grado, describiendo el problema, su justificación, los objetivos generales y específicos, así como también la metodología aplicada y finalmente los alcances y limitaciones.

1.1. EL PROBLEMA

Las redes de distribución son fundamentales dentro del proceso de transporte de la energía eléctrica, estas se encargan de distribuir la energía de forma continua, segura y fiable a un número determinado de cargas en todo el país. Es por eso que la Corporación Eléctrica Nacional S.A (CORPOELEC) a través de la División Control de Operaciones zona Mérida, se ve en la necesidad de contar con los planos eléctricos actualizados, geo-posicionados y referenciados, ya que el continuo crecimiento de la población obliga a la expansión de la red de distribución trayendo como consecuencia la desactualización de los planos de dicha red.

Esta investigación de campo se enfoca en las redes de distribución eléctrica que están asociados a la subestaciones de Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes ya que no se cuenta con información exacta (planos actualizados) sobre los elementos que constituyen dichas redes y al momento de realizar las operaciones en las líneas del sistema eléctrico sea un despeje rápido de las fallas o realizar transferencias de carga por cortes programados o no programados, resultan poco confiables y eficientes. En algunas ocasiones el plano no posee las zonas afectadas y por lo tanto se desconoce el número de puntos de seccionamiento abiertos o cerrados, se desconoce si en el circuito implicado en la maniobra suministra electricidad hacia algún suscriptor especial

(hospitales, clínicas, estaciones policiales, entre otros), así mismo se dificulta determinar los KVA afectados, la longitud del circuito y porcentaje del circuito afectado o transferido.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La finalidad de la redes de distribución de energía eléctrica es acercar la electricidad hacia los puntos de consumo, por lo que estas estructuras deben ser un objetivo estratégico dentro de la Corporación Eléctrica Nacional S.A (CORPOELEC) de la zona Mérida. En tal sentido, el recién creado Centro de Servicios Paramo, es la división encargada del ordenamiento y disposición de las redes que alimenta las poblaciones del páramo que comprende sectores como Santo Domingo, Mucuchíes, Mucurubá, Apartaderos, Pueblo Llano entre otros. Sin embargo, los circuitos asociados a las subestaciones eléctricas (S/E) de Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes, no han sido objeto de actualización y estudio desde hace aproximadamente siete (07) años, periodo en el que de seguro se han registrado extensiones y/o modificaciones a la red e incorporación de nuevas cargas ejecutadas por terceros o por esfuerzo propio, pero que no han sido reportadas a la División de Estudios y Desarrollo de CORPOELEC.

En la División de Control de Operaciones de CORPOELEC (Zona Mérida) se desea realizar la actualización de los circuitos, estudio y análisis del flujo de carga, redistribución de la carga, y la coordinación de protecciones de los circuitos asociados a las subestaciones descritas anteriormente; investigación que permitirá el desarrollo de los plano actualizados y geo posicionados de la red de distribución eléctrica correspondiente a las subestaciones que atienden la zona del Páramo del estado Mérida, con la finalidad de conseguir mejoras en los procesos de intervención de la red durante las operaciones y de una buena gestión de distribución y calidad de la energía.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Elaborar estudio de flujo de carga de los circuitos correspondientes a la subestaciones Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Levantar y actualizar los circuitos de distribución de las S/E Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV.
- Realizar el estudio de carga actual.
- Elaborar propuestas para la coordinación de protecciones a los circuitos asociados a las S/E Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV.
- Elaborar propuesta de mejoramiento para los circuitos objeto del presente estudio.

1.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis industrial se basa en la investigación de campo, donde se recolectan datos reales sin manipular variable alguna.

Las variables de interés para realizar la actualización y estudio del flujo de carga en los circuitos correspondientes a la subestaciones de Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes, son los siguientes parámetros eléctricos: Voltaje (**V**), Corriente (**A**), Potencia (**W**), Frecuencia (**Hz**), factor de potencia (**cos(Ø)**) y Energía (**Kwh**). De acuerdo a los valores que se obtengan, se procede a realizar simulaciones mediante el software PADEE, análisis de estas simulaciones, diagnósticos, conclusiones y recomendaciones. Adicionalmente, se debe manejar el software AutoCAD, Google Earth, Google Mapper y los parámetros del GPS en coordenadas UTM, dirección y ubicación exacta de los elementos principales de la red de mediana tensión.

1.5 ALCANCES

- La investigación en desarrollo tiene como alcance fundamental analizar toda la red de distribución asociadas a las subestaciones Mucuchíes, Los Frailes y La Mitisus.
- La actualización geográfica de los circuitos asociados a las S/E Mucuchíes, Los Frailes y La Mitisus y la viabilidad para acceder a los transformadores de distribución, puntos de seccionamiento, puntos de derivaciones de circuitos y pórticos.
- Elaboración de propuesta para la coordinación de protecciones a los circuitos asociados a las S/E Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV.

- Notificar sobre sectores que requieran de la ejecución del mantenimiento de pica y poda o cuyas instalaciones eléctricas no cumplen con la norma.
- Notificar los elementos que se encuentren averiados en la red de distribución.
- Determinación de la carga instalada por derivación
- Determinación de la carga instalada en la troncal.
- Determinación de la longitud de los circuitos y el tipo de conductor.
- Realizar un instrumento de registro con toda la información obtenida.
- Realizar el levantamiento de la vialidad.

1.6 LIMITACIONES

- Dificultad para coordinar las salidas con el vehículo del C.O.D ya que la unidad en varias oportunidades estaba averiada o ya se tenía alguna salida planificada.
- Carece del programa PADEE, solo se encuentra instalado en una sola computadora del C.O.D.
- Solo se cuenta con un dispositivo GPS para los levantamientos y este en algunas ocasiones estaba averiado.

En este capítulo se especificó el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos generales, objetivos específicos, las limitaciones y los alcances que motivaron a la realización de esta investigación. Teniendo como fin el estudio de flujo de carga de los circuitos correspondientes a la subestaciones Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO

2.1.1 Definición

Un sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares. (JORGE ORDOÑEZ, LEONARDO NIETO 2010)

Los sistemas de distribución eléctrica contemplan entre otros aspectos:

- a) La ampliación de redes eléctricas aéreas y subterráneas en media y baja tensión que permita atender una mayor cantidad de usuarios.
- b) La remodelación de las redes de media y baja tensión para superar las deficiencias de las instalaciones existentes y que la distribuidora de energía eléctrica pueda continuar suministrando energía con calidad y confiabilidad.
- c) La construcción de nuevas conexiones domiciliarias en zonas rurales y urbanas, a través de la extensión de la red convencional.

2.1.2 Clasificación de redes por su configuración:

2.1.2.1 Red radial: Utiliza una sola línea de suministro, de manera que los consumidores solo tienen una sola posible vía de alimentación. Este tipo de red se

utiliza principalmente en áreas rurales ya que es menor el coste de suministro al tratarse de grandes áreas geográficas con cargas dispersas y baja densidad. (Figura 1)

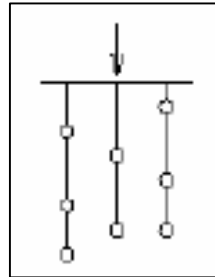


Figura 1: Configuración Radial

2.1.2.2. Bucle abierto: Presenta dos posibles caminos de suministro, de forma que los consumidores pueden ser alimentados por cualquiera de ellos, pero solo una de estas vías de alimentación ésta activada en la operación normal. La otra vía es utilizada en caso de falla y suele estar abierta. (Figura 2).

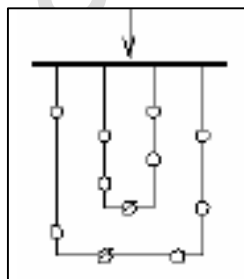


Figura 2: Configuración de bucle abierto

2.1.2.3 Red Mallada: El suministro de las salidas de línea puede estar respaldado por ramas o circuitos primarios adyacentes. (Se operan en bucle abierto la mayor parte del tiempo.) (Figura 3).

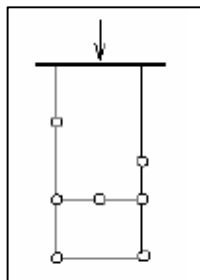


Figura 3: Configuración de Red Mallada

2.1.3. Clasificación de los Sistemas de Distribución

2.1.3.1. Sistemas aéreos:

Los sistemas aéreos están constituidos en general por transformadores, seccionadores tipo cuchillas, pararrayos, cortacircuitos fusibles, cables desnudos, etc., los que son instalados en postes o estructuras normalizadas. Estos sistemas por su construcción se caracterizan por su sencillez y economía, razón por la cual su utilización está muy generalizada. Se emplean principalmente para zonas urbanas con:

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

2.1.3.2. Sistemas subterráneos:

Estos sistemas se construyen en zonas urbanas con alta densidad de carga y fuertes tendencias de crecimiento, debido a la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Naturalmente, este aumento en la confiabilidad y en la estética involucra un incremento en el costo de las instalaciones y en la especialización del personal encargado de construir y operar este tipo de sistema. Los sistemas subterráneos en general están constituidos por transformadores tipo interior o sumergible, cajas de conexión, interruptores de seccionamiento, interruptores de seccionamiento y protección, cables aislados,

etc. los que se instalan en locales en interior de edificios o en bóvedas, registros y pozos construidos en banquetas.

2.1.3.3. Sistemas mixtos:

Este sistema es muy parecido al sistema aéreo, siendo diferente únicamente en que los cables desnudos sufren una transición a cables aislados. Dicha transición se realiza en la parte alta del poste y el cable aislado es alojado en el interior de ductos para bajar del poste hacia un registro o pozo y conectarse con el servicio requerido. Este tipo de sistema tiene la ventaja de eliminar una gran cantidad de conductores, favoreciendo la estética del conjunto, disminuyendo notablemente el número de fallas en el sistema de distribución y por ende aumentando la confiabilidad del mismo.

2.1.4. Requisitos que debe cumplir un Sistema de Distribución.

- Aplicación de normas nacionales y/o internacionales.
- Seguridad para el personal y equipos.
- Simplicidad en la construcción desde el sistema de potencia.
- Facilidades de alimentación desde el sistema de potencia.
- Optimización de costos (economía).
- Mantenimiento y políticas de adquisición de repuestos.
- Posibilidad de Aleación y flexibilidad.
- Resistencia mecánica.
- Entrenamiento del personal.
- Confiabilidad de los componentes.
- Continuidad del servicio.
- Información relacionada con la zona del proyecto (ubicación, altitud, vías de acceso).
- Información relacionada con las condiciones climáticas (temperatura, precipitaciones, velocidad del viento, contaminación ambiental).

- Información particular referente a: requerimientos técnicos de los clientes, ubicación de cargas especiales e industriales, plano plateado (que contenga zona residencial, comercial, importancia de las calles, ubicación de otras instalaciones, nivel socioeconómico, relación con otros proyectos en la zona y características geotécnicas).
- Regulación de tensión (niveles máximos admisibles).
- Pérdidas de energía (niveles máximos admisibles).
- Control de frecuencia. (RAMÍREZ CASTAÑO, 2009)

2.1.5. Componentes de los Sistemas de Distribución

2.1.5.1. Alimentadores primarios de distribución

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

2.1.5.2. Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor, de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si el transformador de distribución es la liga entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios. La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influyen en ella, tales como el factor de demanda y el factor de coincidencia.

2.1.5.3. Alimentadores secundarios

Los alimentadores o redes secundarias distribuyen la energía eléctrica desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los usuarios. En la mayoría de los casos

estos alimentadores secundarios son circuitos radiales, salvo en los casos de las estructuras subterráneas malladas en las que el flujo de energía no siempre sigue la misma dirección.

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

- Monofásico dos hilos.
- Monofásico tres hilos.
- Trifásico cuatro hilos.

2.1.5.4. Acometidas

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

2.1.5.5. Equipos de medición

Los equipos de medición son aparatos que miden en función del tiempo la demanda máxima y los consumos de energía activa o reactiva o las dos. La medición puede ser en media tensión o en baja tensión dependiendo del tipo de acometida de servicio que requiera el usuario.

2.2. CARGA

2.2.1. Definición

La carga se puede definir como la cantidad que caracteriza el consumo de potencia por parte de receptores o consumidores de energía eléctrica, son el punto de partida para resolver un gran número de problemas complejos relacionados con el proyecto y la ejecución de redes de distribución.

La determinación de las cargas es la primera etapa en el proyecto de cualquier sistema de distribución de energía eléctrica, ya que con base en ellas se realizan las siguientes actividades:

- Se seleccionan y comprueban los elementos conductores y transformadores por calentamiento e índices económicos.
- Se calcula la posible variación de voltaje en la instalación eléctrica.
- Se determina la caída de tensión.
- Se seleccionan los dispositivos de compensación de potencia reactiva.
- Se establecen los sistemas de protección necesarios.

Si se considera una carga mayor de la que se tiene en realidad, todo el sistema se sobredimensiona, lo que ocasiona una inversión mayor y, en algunos casos, mayores pérdidas de energía. Si se considera una carga inferior a la real, el equipo necesariamente se sobrecargará, tendrá pérdidas excesivas de energía y una posible reducción de la vida útil.

2.2.2. Características de las cargas

2.2.2.1. Carga Instalada

Es la suma de las potencias nominales de los servicios conectados en una zona determinada, se expresa por lo general en KVA, KW, MVA o MW.

$$C_i = \sum P_i \quad \text{Ec. 1}$$

2.2.2.2 Capacidad Instalada

Corresponde a la suma de las potencias nominales de los equipos instalados a líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o servicios conectados. Es llamada también capacidad nominal del sistema.

2.2.2.3 Demanda

Es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento. Para establecer una demanda es indispensable indicar el intervalo de demanda ya que sin él no tendría sentido práctico.

2.2.2.4 Demanda Máxima

Se conoce también como la carga máxima y corresponde a la carga mayor que se presenta en un sistema en un período de trabajo previamente establecido.

2.2.2.5 Carga Promedio

Se define como la relación entre el consumo de energía del usuario durante un intervalo dado y el intervalo mismo. Se calcula mediante:

$$D_p = \frac{\text{Energía total en un intervalo de tiempo (kWh)}}{\text{total de hora}} \quad \text{Ec. 2}$$

Es una demanda constante sobre el período de tiempo especificado y que establece el mismo consumo de energía que la requerida por la curva de carga real sobre el mismo período de tiempo especificado.

2.2.2.6. Factor de Utilización

El factor de utilización (FU) en un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo t , es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada), es decir:

$$F_u = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Capacidad instalada}} \quad \text{Ec. 3}$$

El factor de utilización indica la fracción de la capacidad del sistema que se está utilizando durante el pico de carga en el intervalo considerado, (es decir, indica la utilización máxima del equipo o instalación). (RAMÍREZ CASTAÑO, 2009).

2.2.2.7 Factor de Carga

Se define como la razón entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la demanda máxima observada en el mismo intervalo de tiempo. Matemáticamente se puede expresar como:

$$F_C = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} \quad \text{Ec. 4}$$

El F_c indica el grado al cual el pico de la carga es sostenido durante el periodo. Esto quiere decir que si el factor de carga es 1, el D_m se mantiene constante, si el factor de carga es alto (por ejemplo 0.9), la curva de carga tiene muy pocas variaciones y en cambio si el factor de carga es bajo (por ejemplo 0.2), la curva de carga sufre muchas variaciones con picos y valles pronunciados. (RAMÍREZ CASTAÑO, 2009).

2.2.2.8 Demanda no Coincidente

La demanda no coincidente corresponde a la suma de las demandas de un grupo de cargas sin restricciones sobre el intervalo (el tiempo) en el cual cada carga es aplicada. (RAMÍREZ CASTAÑO, 2009).

2.2.2.9 Demanda Coincidente

La demanda coincidente es también llamada demanda diversificada y se define como la demanda máxima de un grupo compuesto. La carga diversificada máxima corresponde a la suma de las contribuciones de las demandas individuales (no coincidentes) en el momento exacto de la hora pico establecida por la curva de carga del grupo. (RAMÍREZ CASTAÑO, 2009).

2.2.2.10 Factor de Coincidencia

Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales que conforman el

grupo, ambos tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo. (RAMÍREZ CASTAÑO, 2009).

$$F_{co} = \frac{\text{Demanda maxima coincidente}}{\text{Suma de demandas maximas individuales}} \quad \text{Ec. 5}$$

2.2.2.11 Factor de Contribución

Expresa la proporción con la que la *i*ésima carga contribuye a la demanda máxima del grupo. Está dado en p.u de la demanda máxima individual de la *i*ésima carga. (RAMÍREZ CASTAÑO, 2009).

El factor de coincidencia en función de los factores de contribución estará dada por:

$$F_{co} = \frac{Dm_{grupo}}{\sum D_{mi}} \quad \text{Ec. 6}$$

2.2.3. Fallas en los sistemas de distribución

Las fallas en los sistemas de distribución se clasifican, de acuerdo con su naturaleza, en temporales o permanentes. Una falla temporal se define como aquella que puede ser liberada antes de que ocurra algún daño grave al equipo o a las instalaciones. Una falla permanente es aquella que persiste a pesar de la rapidez con la que el circuito se desenergiza.

Estas fallas pueden presentarse en cualquier momento, ocasionando altos niveles de corrientes, depreciación de voltaje, entre otros efectos. Son precisamente las protecciones las que tienen la tarea de resguardar al sistema, despejando las fallas en los menores tiempos posibles, a fin de evitar daños en los equipos. Entre las principales causas de fallas podemos nombrar las siguientes:

- a) Sobretensiones por descargas atmosféricas. Esta es la causa principal de fallas en líneas aéreas, además de los incendios y la contaminación.
- b) Deterioro del aislamiento por sobretensiones, por recalentamiento, por envejecimiento, por la acción de agentes químicos, por esfuerzos mecánicos, entre otros.

- c) Maniobras incorrectas o erróneas, como energizar una línea que está puesta a tierra, o energizar una línea muy larga por un extremo, sin tener en cuenta el posible incremento de tensión en el extremo receptor por efectos capacitivos.
- d) Accidentes, como árboles que hacen contacto con líneas, animales que hacen contactos a tierra o entre conductores, y otros.
- e) Vandalismo.

2.3 PROTECCIÓN EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES

Las protecciones son dispositivos que detectan condiciones anormales en un circuito y actúan para despejar las fallas presentadas. Para que un sistema opere de forma confiable debe contar con las protecciones adecuadas. En la medida que el sistema sea más importante o de mayor nivel de tensión, requerirá de esquemas de protecciones que involucren diferentes funciones que garanticen la detección temprana de fallas en la red, a fin de eliminar cualquier posible anomalía en el menor tiempo posible, disminuyendo de esta forma los daños y cortes de energía que pudieran ser ocasionados por fallas en el sistema.

La finalidad de las protecciones es detectar condiciones anormales y ordenar la separación del sector del sistema involucrado por intermedio de los interruptores asociados a este, para evitar que condiciones puntuales se extiendan a otras zonas que estén operando correctamente.

2.3.1. Características de los Sistemas de Protección

La protección ideal será aquella que actúa solamente ante los eventos para los que ha sido instalada, que lo hiciera en el menor tiempo posible y que su precio fuera mínimo. Evidentemente, este ideal no es fácil de conseguir por lo que es necesario valorar una serie de aspectos que generalmente son opuestos entre sí.

Dependiendo de la importancia de la subestación, las protecciones deben seleccionarse de acuerdo con las siguientes características:

2.3.1.1 Sensibilidad: Se utiliza este término para indicar la capacidad por parte del sistema de protección de identificar una condición anormal en el funcionamiento, bien sea la ocurrencia de un cortocircuito o funcionamiento inapropiado que causen variaciones fuera de los rangos en las variables de corriente o voltaje del sistema.

2.3.1.2 Selectividad: Cuando se presente una falla en el sistema debe de actuar la protección más cercana a la falla, en otras palabras el componente que protege esa zona; esto para no cortar la energía que alimenta otras áreas del sistema.

2.3.1.3 Velocidad: Se refiere al tiempo en que el sistema tarda en completar el ciclo de detección-acción. Muchos dispositivos detectan instantáneamente la falla, pero tardan fracciones de segundo en enviar la 64 señal de disparo al interruptor correspondiente. Por eso es muy importante la selección adecuada de una protección que no sobrepase el tiempo que tarda en dañarse el elemento a proteger.

2.3.1.4 Rapidez: Actuar tan pronto como sea posible, esto para que los aparatos eléctricos no sufran daños debido a la exposición a sobretensiones o sobrecorrientes, además de evitar que el sistema salga de sincronismo. Esta cualidad depende de la magnitud de la falla y de la coordinación con otras protecciones

2.3.1.5 Confiabilidad: Es el grado de certeza con el que el sistema de protección actuará, para un estado pre diseñado. Es decir, tendrá un grado de confiabilidad óptima, cuando éste actúe en el momento en que se requiere, desde el diseño.

2.3.1.6 Seguridad: Para que no operen en condiciones que no represente una falla, o para que no saque de servicio una determinada zona cuando la falla no es en dicha zona.

2.3.1.7 Economía: Cuando se diseña un sistema de protección lo primero que se debe tener en cuenta es el costo de los elementos a proteger. Mientras más elevado sea el costo de los

elementos y la configuración de la interconexión de estos sea más compleja, el costo de los sistemas de protección será de mayor magnitud. A veces el costo de un sistema de protección no es el punto a discutir, sino la importancia de la sección del sistema de potencia que debe proteger, lo recomendable es siempre analizar múltiples opciones para determinar cuál de ellas es la que satisface los requerimientos de protección al menor costo

2.3.2 Dispositivos de Protección

Los dispositivos de protección son los elementos que han sido contemplados para proteger los sistemas eléctricos de los daños por sobrecarga y corrientes de cortocircuito. Por esta razón, estos dispositivos representan una función extremadamente importante, todos los circuitos eléctricos deberían tener y estos deben cumplir con los siguientes requerimientos generales:

- a) Ser completamente automáticos.
- b) Transportar la corriente normal sin interrupción.
- c) Interrumpir inmediatamente las sobrecorrientes.
- d) Ser fácilmente reemplazables o restablecidos.
- e) Ser seguros bajo condiciones normales y de sobrecorriente.

Los dispositivos de protección utilizados en el trabajo actual son:

2.3.2.1 Fusibles: Un fusible es un dispositivo de protección de sobrecorriente que aísla automáticamente la fase en la que se halla instalado cuando la corriente que la atraviesa excede cierto valor (generalmente el doble de su capacidad nominal o corriente de operación continua). El fusible es un medio de protección simple y económica de los sistemas de distribución, aunque su uso presenta bastantes limitaciones.

Para interrumpir la corriente de falla, el fusible contiene un alambre en serie con el circuito eléctrico, el cual se calienta cuando ésta pasa, y se funde, dejando interrumpido el circuito y el fusible con el voltaje nominal del sistema. Debido a esto, se establece un arco eléctrico en el interior del fusible, permitiendo que circule nuevamente la corriente de falla; pero como el arco calienta la superficie interior del fusible y esta desprende un gas que

desioniza su trayectoria, el arco puede ser eliminado en el instante en que la corriente de falla pase por cero.

El tiempo que tarda el fusible en interrumpir el circuito depende de la magnitud de la sobrecorriente, guardando de esta manera, una relación de tiempo inverso que se conoce como característica tiempo-corriente.

De acuerdo a la velocidad de fusión de los fusibles, la cual da una idea de la rapidez con que responde el elemento fusible a la magnitud de la sobrecorriente que se presente y se define como la relación que existe entre la corriente mínima de fusión a 0.1 seg. Y la corriente máxima de fusión a 300 o 600 seg. , los fusibles se clasifican usualmente en rápidos y lentos, designados por “K” y “T” respectivamente. Los fusibles más utilizados por la Empresa CORPOELEC en los sistemas de distribución son del tipo “K”.

2.3.2.1.1 Datos Requeridos para la Especificación de un Fusible.

- a) **Voltaje Nominal:** Es el voltaje rms que determina la capacidad de un fusible para suprimir el arco interno que ocurre después que se funde. Un fusible fundido debe poder soportar su voltaje nominal.
- b) **Corriente Nominal de Operación:** Es la corriente rms que el fusible debe llevar de forma indefinida, sin fundirse ni abrirse.
- c) **Corriente Nominal de Interrupción:** Es la corriente asimétrica rms más grande que el fusible puede interrumpir de forma segura.
- d) **Tiempo de Arqueo:** Es el tiempo que transcurre desde el inicio de la fundición de los filamentos del dispositivo, hasta la final interrupción del circuito. Este tiempo va depender de factores como el voltaje y la reactancia del circuito
- e) **Tiempo de Respuesta:** Es el tiempo de fusión y de apertura de un fusible que depende de la magnitud de la sobrecorriente o corriente de falla, y por lo general se especifica mediante una curva de tiempo-corriente.

2.3.2.1.2 Curva Característica de un Fusible

La curva característica de un fusible se puede separar en las siguientes partes, tal como se muestra en la Figura 2.2. (DÁVILA, 2012).

- a) Curva de tiempo mínimo de fusión: Relaciona la corriente con el tiempo mínimo al cual el fusible se funde.
- b) Curva de tiempo máximo de fusión o de aclaramiento: Se obtiene adicionando un margen de tolerancia (en corriente) a la curva a.
- c) Curva de tiempo total para la extinción del arco: Se obtiene adicionando a la curva b, el tiempo necesario para la completa extinción del arco.
- d) Curva tiempo-corriente de corta duración: Relaciona la corriente y el tiempo máximo permisible para que el fusible no quede debilitado en caso de 23 Sobrecargas de corta duración. Se obtiene estableciendo un margen debajo de la curva a.

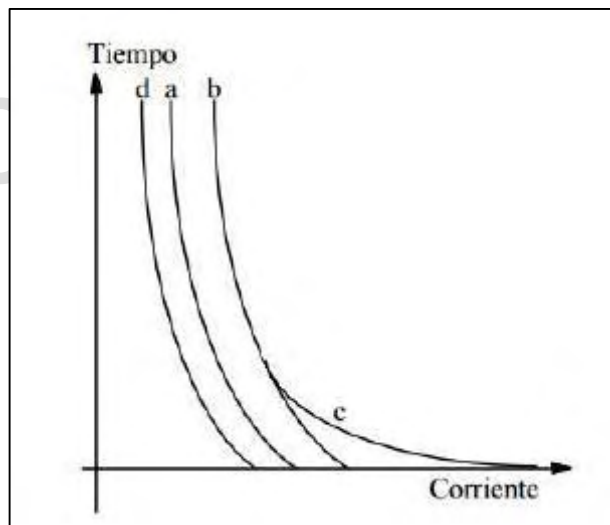


Figura 4: Características de operación de fusibles.

2.3.2.2. Reconnectores

Estos equipos funcionan como interruptores de conexión automática, cuando detectan sobrecorrientes en las líneas de distribución se desconectan y vuelven a cerrarse para energizar

las líneas, pueden programarse para un máximo de cuatro aperturas y tres reconexiones. Si la falla persiste estos dispositivos mantienen la línea de distribución abierta.

Entonces un restaurador automático es un dispositivo que permite identificar y diferenciar entre una falla de tipo temporal y permanente. Es importante destacar que estos dispositivos poseen al menos dos curvas de operación, una de operación rápida y una segunda de operación retardada. Un restaurador automático debe prever y analizar la siguiente información para su operación.

- **Tiempo de reconexión:** son los intervalos de tiempo en que los contactos del restaurador permanecen abiertos entre una apertura y una orden de cierre o de reconexión. Normalmente de 2 y 10 segundos.
- **Tiempo de reposición:** Es el tiempo después del cual el restaurador repone su programación, cuando su secuencia de operación se ha cumplido parcialmente, debido a que la falla era de carácter temporal o fue aclarada por otro elemento de protección
- **Corriente mínimo de operación:** es el valor mínimo de corriente para el cual es restaurador comienza a ejecutar su secuencia de operación programada. Normalmente es el 200% de la corriente normal del reconectador.

Estos equipos pueden ser ajustados para para secuencias de operación diferentes, según sea la conveniencia para coordinar con otras protecciones. De esta forma es como trabaja un restaurador automático, le da oportunidad al circuito de repararse o recuperarse de alguna falla temporal por sí solo, de lo contrario, si las fallas insisten, los restauradores protege a las líneas de distribución únicamente interrumpiendo el servicio indefinidamente.

2.3.3 Coordinación de protecciones

El objetivo de un estudio de coordinación de protecciones es determinar las características, rangos y ajustes de los dispositivos de protección, tal que, se minimicen los daños a los equipos en condiciones de funcionamiento anormal e interrumpir las fallas tan rápido como sea posible. Un estudio de coordinación de protecciones es la comparación y selección de los tiempos de operación de los dispositivos de protección, hasta lograr los objetivos de un sistema de protección bajo condiciones de funcionamiento normal. Este estudio abarca desde los equipos

de utilización hasta la fuente de suministro de energía, además, proporciona datos necesarios para la selección de las especificaciones técnicas de los transformadores de medida, características, rangos y ajustes de los relés de protección y de los interruptores de potencia, características y rangos de los fusibles.

2.4 HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES UTILIZADAS PARA LA ACTUALIZACIÓN, GEOPOSICIONAMIENTO Y LEVANTAMIENTO DE LA VIALIDAD.

Para realizar el levantamiento del plano eléctrico se utilizó un GPS y en alguna ocasiones binoculares ya que no se tenía acceso para llegar al transformador y ver su capacidad.

2.4.1 Programas de análisis de distribución de energía eléctrica (PADEE).

PADEE, es un conjunto de programas de análisis, cálculo de flujo de carga y energías, de las redes de distribución de energía eléctrica. Los programas se manejan en función de los planos elaborados en AutoCAD y en ambiente WINDOWS. La base CAD le brinda un fácil y rápido manejo de la información geo-espacial proporcionando el sistema de Información necesario en el área de Distribución, Utiliza tecnologías GIS y tecnologías de Diseño Asistido por Computadoras. El manejo de la base de datos es gráfico, los programas toman automáticamente de los planos los datos y los resultados se presentan, con colores o señales gráficas que destacan los puntos más relevantes del análisis. Los resultados detallados son del tipo impreso.

Los Programas de Análisis de Distribución de Energía Eléctrica (PADEE) consta de los siguientes subprogramas (ver tabla 1):

2.4.1.1 Programas de planos inteligentes (PPI); Contiene las normativas para realizar los planos en forma sistemática y ordenada a fin de que los programas de análisis puedan tomar los datos de entrada en forma automática. Consta de librerías automáticas,

programas de ayudas al dibujo y manuales del usuario. Utiliza tecnologías GIS para la ubicación de los elementos de la RED

Tabla 1: Programas de Análisis de Distribución de Energía Eléctrica

Siglas	Descripción	Capitulo
PPI	Programa de planos Inteligentes	III
PARP	Programa de Análisis de la Red Primaria o Media Tensión	IV
PARS	Programa de Análisis de la Red Secundaria o Baja Tensión	V
ABONADO	Programa de Abonado o Clientes	VI
PCT	Programa de Control de Carga de Transformadores	VII
PPDCM	Programa de Predicción de Demanda a Corto y Mediano Plazo	VIII
PCP	Programa de Coordinación de Protecciones	IX
PPTL	Programa de elaboración Automatizada de Perfiles Topográficos y Localización de Leneas eléctricas	X
PFIE	Programa de Fototeca e Información de Equipos	XI
PIO	Programa de Interrupciones y Operaciones	XII
COMWIN	Programa de Cómputos de Obras	XIII
PPDE	Programa de Perdidas de Energía	IX
PMRD	Programa de Mantenimiento de redes de Distribución	XX
PIAS	Programa de Inventario, Alumbrado Público y otros servicios	XXI

Para incorporar la información Eléctrica es necesario elaborar de un conjunto de planos que provea una base geográfica confiable y de muy fácil manejo. Esta información deberá estar organizada adecuadamente y bajo el formato de AutoCAD. Una vez colocada la información en CAD, los programas de análisis “leen” la información y realizan los cálculos en forma automática sin necesidad de que el usuario procese manualmente la información gráfica.

El plano debe contener los datos necesarios para realizar los análisis del sistema eléctrico:

- Distancias en la escala apropiada
- Cargas conectadas
- Calibres de los tramos que forman los alimentadores
- Equipos de maniobra
- Otros equipos

Anteriormente la información era codificada y transcrita manualmente para que el computador, con el PPI, los datos se colocan organizadamente para que los programas de análisis los tomen sin la intervención del operador.

2.4.1.2 Programa de análisis de las redes primarias (PARP) Toma en forma automática la información vaciada en los planos elaborados en AutoCAD y con los lineamientos de los Planos Inteligentes (PPI) (que se explicó anteriormente), contienen la información de distancias, calibres, carga conectada a los circuitos y datos de las subestaciones, las cuales se utilizarán para realizar los cálculos eléctricos, tales como: Caída de Tensión y Carga en cada tramo, Niveles de Cortocircuito en cada punto y calculo optimizado de Condensadores. Posee algoritmos inteligentes para armar la topología del circuito basándose en las convenciones gráficas o normativas del dibujo, en esta forma toma los datos y luego coloca los resultados en colores o “banderas” con los resultados más importantes.

2.4.1.3 AutoCAD

AutoCAD es un programa en el que se puede realizar todo tipo de diseños técnicos, pudiendo crear diseños de todo tipo en 2D y 3D, gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas. El programa permite organizar los objetos por medio de *capas* o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de *bloques*, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos.

2.4.1.4 GOOGLE EARTH

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora.

Permiten al usuario ver y utilizar contenido como datos de mapas y de relieves, imágenes, fichas de empresa, tráfico, reseñas y otros datos relacionados proporcionados por Google.

2.4.1.5 GLOBAL MAPPER

Global Mapper es una potente y accesible aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin precedentes de formatos de datos. Desarrollado tanto para profesionales SIG como para iniciados, este software versátil es también idóneo como herramienta independiente de gestión de datos SIG, o como complemento a un SIG existente.

Este capítulo está conformado por las bases teóricas sobre las cuales se fundamenta esta investigación.

CAPÍTULO III.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE SERVICIOS PÁRAMO.

En este capítulo se dan a conocer las etapas a seguir para el desarrollo del proyecto, inicialmente se llevó a cabo un recorrido de la zona a estudiar, donde se efectuó el levantamiento de los diferentes circuitos asociados a las subestaciones del Centro de Servicio Páramo, con el fin de dibujar el diagrama unifilar respectivo en el software AutoCAD y realizar las simulaciones pertinentes en el software PADEE.

También se recorrieron las subestaciones con el objetivo de extraer la data de los reconectores y así poder calcular la carga total correspondiente a cada transformador instalado en las diferentes S/E para verificar el funcionamiento del sistema de distribución

Posteriormente se realizó una inspección de los dispositivos de protección a niveles de media tensión con el fin de garantizar la continuidad del servicio, para así evitar futuras fallas que afecten directamente el funcionamiento del sistema de distribución de baja tensión de la zona.

3.1 LEVANTAMIENTO DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN.

Esta etapa involucrara un trabajo de campo enmarcado en la realización de visitas a los circuitos en estudio, con la colaboración del personal técnico del departamento C.O.D. y empleando las técnicas de observación se procedió a identificar las siguientes características técnicas en la red: topología de la red, disposición, número, material y calibre del conductor, también la localización geográfica de las estructuras con ayuda del dispositivo G.P.S. En los

puntos de transformación se validó y se actualizó la información acerca de la cantidad y capacidad de los bancos.

- En cuanto al estado general de la red, se procedió a considerar la existencia de objetos extraños enredados en las líneas (papagayos, zapatos, animales, etc.), obstáculos (árboles) para realizar un reporte del retiro de dichos objetos y el de pica y poda.

- Se identificó la existencia de elementos de protección y maniobra, como pararrayos y cortacorrientes y las condiciones generales de los mismos, así como de los elementos que no cumplieran con la norma, por ejemplo las crucetas de madera.

- Con la información recopilada de las redes de media tensión se procedió a actualizar y levantar el diagrama unifilar de las redes sobre el plano elaborado previamente, para ello se utilizó el programa AutoCAD 2007 y el programa PADDE con la simbología normalizada por CORPOELEC.

- Por último se realizó el levantamiento de la vialidad con ayuda del programa GOOGLE EARTH y GLOBAL MAPPER.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBESTACIÓN MUCUBAJÍ.

La Subestación Mucubají es atendida, de tipo abierta como se muestra en la figura 5 y está conformada por un transformador de potencia de 20 MVA cuya relación de transformación es de 115/34,5 kV, conformado por un sistema aéreo de distribución radial y disposición horizontal, espaciados a 90-130 cm entre conductores de fase que sirve a través de un conductor 4/0 Arvidal a los circuitos que son alimentados por las subestaciones no atendidas de Mucuchíes, Los Frailes y la Mitisus siendo estas el área de estudio de esta investigación. El recorrido de sus líneas comprende los Municipios Rangel, Cardenal Quintero y Pueblo Llano.



Figura 5: Subestación Mucubají.

Los circuitos de distribución primaria de 13,8 kV de las diferentes subestaciones que se muestran a continuación presentan una demanda máxima mensual (ver tabla 3), que se obtienen a partir de las corrientes máximas (ver tabla 2) de cada circuito a través de la siguiente ecuación:

$$D_{max}(KVA) = \sqrt{3} * I(amp) * 13,8(kV) \quad \text{Ec. 7.}$$

A partir de dicha demanda se determina la máxima caída de tensión y la máxima carga del conductor.

Estos circuitos conservan un esquema de alimentación de sistema radial, puesto que solo se tiene una línea de suministro. Las redes en estudio son en su totalidad, circuitos aéreos.

Tabla 2: Registro de demanda máxima mensual (A) durante el año 2016/2017.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CTO.	DEMANDAS (A)											
			2016						2017					
			JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
LA MITISUS	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 STO DOMINGO					146	151	170	159	150	154	156	154
		D-205 ARACAY					15	18	22	12	13	15	13	12
		D-305 RESERVA												
LOS FRAILES	(34,5/13,8) (1x0,5)	D-105 LOS FRAILES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 MUCUCHÍES						38	40	35	33	35	30	33
		D-205 MUCURUBÁ						57	58	56	52	50	52	55
		D-305 APARTADEROS					114	119	134	80	75	69	74	66

Tabla 3: Registro de demanda máxima mensual (MVA) durante el año 2016/2017.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CTO	DEMANDAS (MVA)											
	CAPACIDAD (MVA)		2016						2017					
			JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
LA MITISUS	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 STO DOMINGO					3,489	3,609	4,063	3,800	3,585	3,681	3,728	3,681
		D-205 ARACAY					0,358	0,430	0,525	0,286	0,310	0,358	0,310	0,286
		D-305 RESERVA												
LOS FRAILES	(34,5/13,8) (1x0,5)	D-105 LOS FRAILES	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 MUCUCHÍES						0,908	0,956	0,836	0,788	0,836	0,717	0,788
		D-205 MUCURUBÁ						1,362	1,386	1,338	1,242	1,195	1,242	1,314
		D-305 APARTADEROS					2,724	2,844	3,202	1,912	1,792	1,493	1,768	1,577

3.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE LA S/E MUCUCHÍES.

La subestación Mucuchíes es no atendida, de tipo abierta como se muestra en la figura 6 y está ubicada a 78,56 km de la S/E Mucubají, dispone de un transformador de 5 MVA del cual se derivan tres (03) circuitos en 13,8 kV que son el D-105 Mucuchíes, D-205 Mucurubá y D-305 Apartaderos, por lo tanto esta S/E que cubre todo el Municipio Rangel que está comprendido por Cacute, Escaguey, Mucurubá, Las Cuevas, La Cruz, La Musuy, Los Aposentos Mucuchíes, Misinta, La Mucumpate, Mocoa Gavidia, Micarache, Los Corrales La Toma, Mitibibo, Llano del Hato, El Trompición, Los Apios, San Rafael de Mucuchíes, La Mucuchache, El Pedregal, Apartaderos, La Asomada, Pueblo Nuevo y El Águila como se puede observar en la figura 7.



Figura 6: Subestación Mucuchíes.



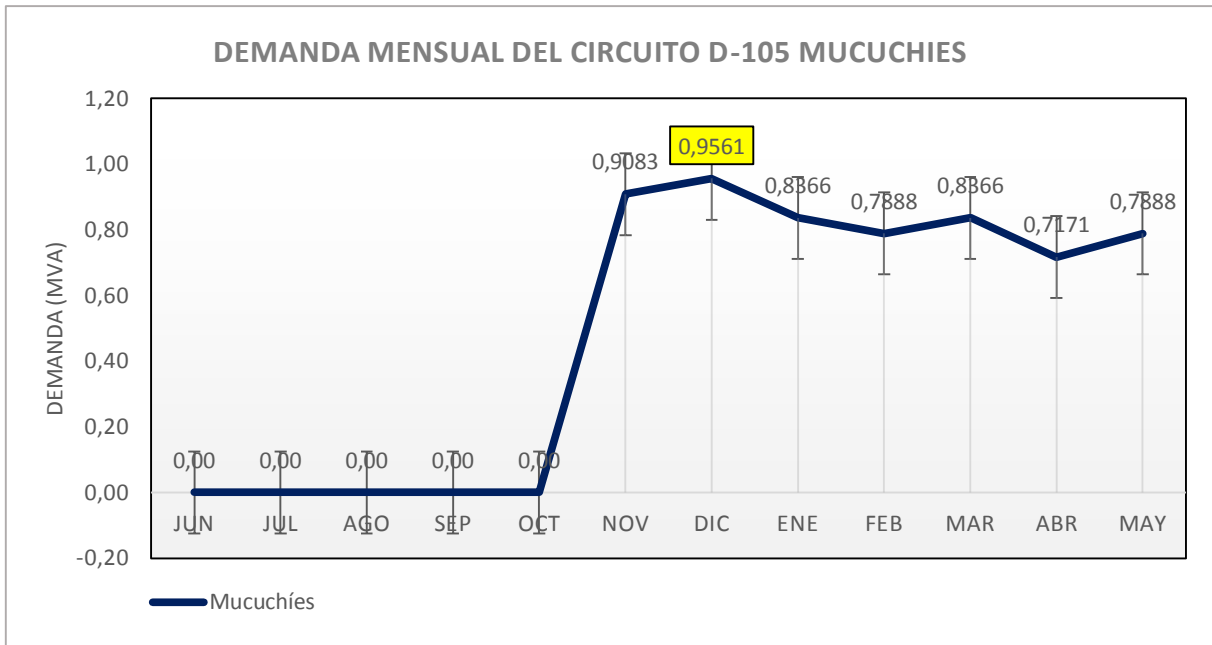
Figura 7: Municipio Rangel

www.bdigital.ula.ve

3.2.2.1 CIRCUITO D-105 MUCUCHÍES.

Este circuito cubre el casco de Mucuchíes, comenzando en la salida de la S/E Mucuchíes ubicada en la Urb. Santa Eduviges y terminando en las Res. Renacer. Tiene asociada carga tipo rural, alumbrado público y es el encargado de alimentar el Hospital Tipo I Francisco Gutiérrez, que representa el principal centro de salud del municipio. Cuenta con un seccionador normalmente abierto a través del cual se puede transferir carga al circuito D-305 Apartaderos o viceversa en caso de presentarse alguna falla en alguno de los circuitos. La troncal se extiende aproximadamente en 1,7 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3 # 4/0 ARV AWG.

La curva de carga anual (ver grafica 1) están formadas por los valores de la demanda máxima en cada mes, permiten una visualización de los crecimientos y variaciones que se presentan mensualmente durante el año en este caso 2016/2017. Se observa que la mayor demanda se presentó en el mes de Diciembre y es de 0,9561(MVA).



Gráfica 1: Curva de carga anual 2016/2017 del circuito D-105 Mucuchíes.

El circuito presenta una caída de tensión máxima de 0,24% al final del circuito específicamente en las residencias Renacer como se muestra en la tabla 4, por lo tanto cumple con los parámetros requeridos por la empresa con respecto a caída de tensión en este alimentador; que es 6% en condiciones normales. Como podemos observar la longitud del circuito es pequeña por lo tanto no presenta caída de tensión considerable ya que el transformador de potencia no se encuentra tan alejado del consumidor.

Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores tienen máxima carga de 15,23% (ver tabla 4), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída es de 80% para conductores.

Tabla 4: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes.

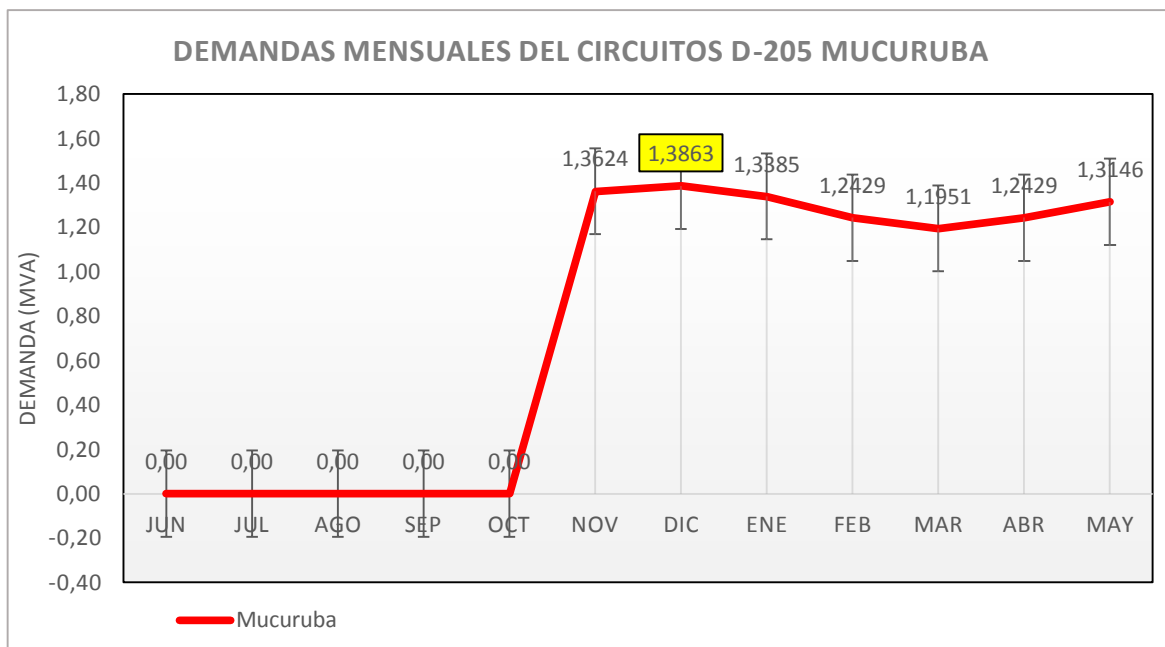
SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 MUCUCHÍES	15,23	0,24

3.2.2.2 CIRCUITO D-205 MUCURUBÁ.

Este circuito comienza en la salida de la S/E Mucuchíes ubicada en la Urb. Santa Eduvigis y termina en el parque Valle Hermoso donde se encuentra un seccionador normalmente abierto para asumir la carga del circuito D-205 Tabay de la S/E Mérida II, en caso de que esté presente alguna falla o viceversa. Tiene asociada carga tipo rural y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 15 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3 # 4/0 ARV AWG.

La curva de carga anual que se muestra en la gráfica 2, corresponde a los valores de la demanda máxima en cada mes, que permite una visualización de los crecimientos y variaciones que se presentan mensualmente durante el año en este caso 2016/2017. Podemos observar como la mayor demanda se presenta en el mes de Diciembre y es de 1,3863 MVA.

El circuito D-205 Mucurubá tiene una máxima caída de voltaje de 3,50 % (ver tabla 5) en Cacute Alto cumpliendo con la normativa del 6% en condiciones normales establecido por la empresa CORPOELEC. Por otra parte los conductores tienen una máxima carga de 23,92% en el sector CorpoAndes, cumpliendo así con la norma establecida.



Gráfica 2: Curva de carga anual 2016/2017 del circuito D-205 Mucurubá.

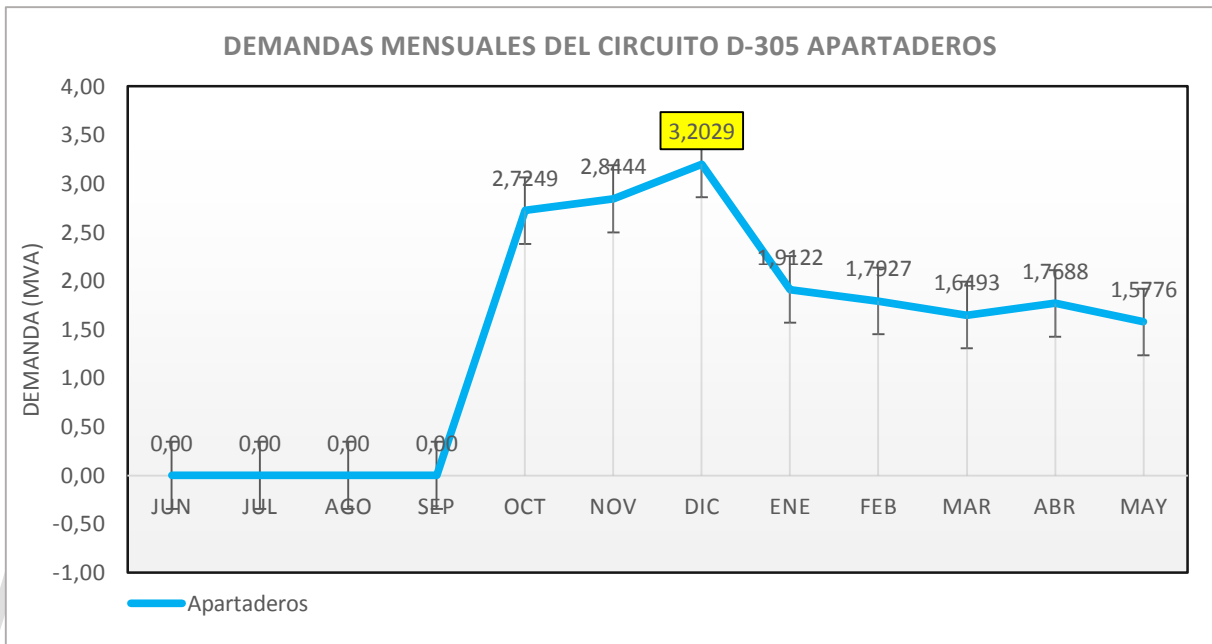
Tabla 5: Análisis del Sistema actual del circuito D-205 Mucurubá de la S/E Mucuchíes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x5)	D-205 MUCURUBA	23,92	3,50

3.2.2.3 CIRCUITO D-305 APARTADEROS.

Este circuito comienza en la salida de la S/E Mucuchíes ubicada en la Urb. Santa Eduviges y termina en las Antenas del Pico del Águila. Tiene asociada carga tipo rural y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 21 Km de longitud aproximadamente, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3 # 4/0 ARV AWG.

La curva de carga anual (ver grafica 3) especifica los valores de la demanda máxima en cada mes y permite una visualización de los crecimientos y variaciones que se presentan mensualmente durante el año, en este caso 2016/2017. Podemos observar como la mayor demanda se presenta en el mes de Diciembre y es de 3,2029 MVA.



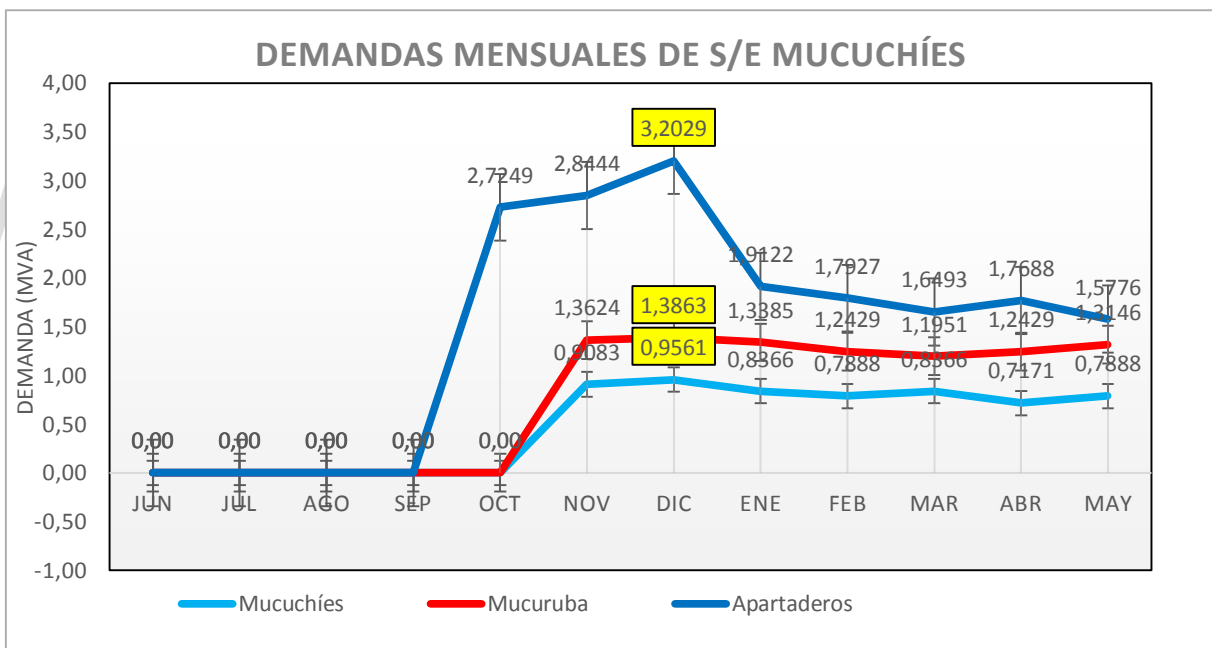
Gráfica 3: Curva de carga anual 2016/2017 del circuito D-305 Apartaderos.

Este circuito D-305 Apartaderos presenta una caída de tensión de 9,46% en el sector Las Antenas de Pico del Águila (ver tabla 6), por lo tanto no cumple con los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC ya que en condiciones normales es de 6% y 8% en condiciones de emergencia. Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores tienen máxima carga 47,87%, cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída es de 80% para conductores.

Tabla 6: Análisis del Sistema actual del circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMO CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x5)	D-305 APARTADEROS	47,87	9,46

En la gráfica 4 podemos observar el comportamiento de los tres (03) circuitos asociados a la subestación Mucuchíes, donde la mayor demanda se presenta en Diciembre en todos los circuitos. Cabe resaltar que el comportamiento de la S/E está dado por el circuito Apartaderos, debido a que es el que representa el 64% de la carga.

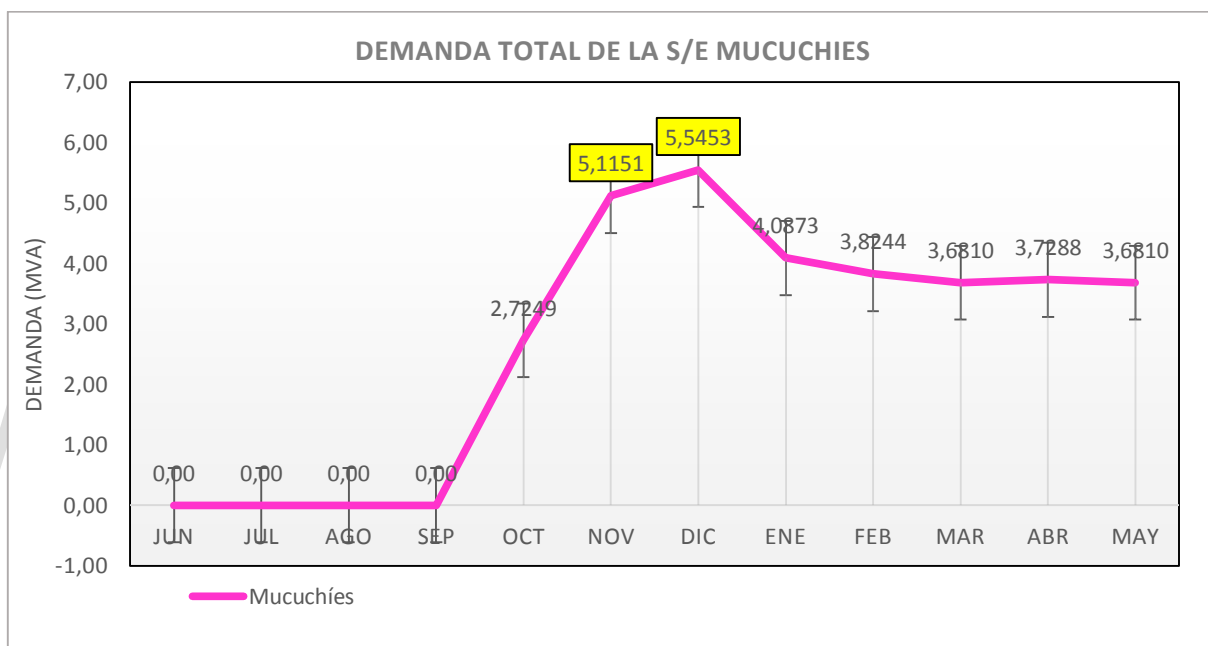


Gráfica 4: Demandas máximas mensuales de los circuitos asociados a las S/E Mucuchíes.

La suma de las demandas máximas presentadas por los circuitos asociados a la S/E Mucuchíes se presenta en la gráfica 5, donde se muestra el comportamiento de la subestación a lo largo del año 2016/2017. En el mes de Diciembre se presenta la carga máxima medida y es de 5,5453 MVA, sin embargo en Noviembre también presenta una carga elevada de 5,1151

MVA, ya que sabemos que el transformador es de 5 MVA lo que implica que ha presentado sobrecarga. A partir de estos meses la carga decrece considerablemente siendo su mínimo durante el mes de marzo y mayo.

El factor de utilización de dicho transformador es de 1,10 para las demandas máximas lo cual indica que el transformador ya alcanzó su capacidad nominal. Presenta un factor de carga de 0,778 lo cual indica que la curva de carga no sufre variaciones pronunciadas.



Gráfica 5: Curva de carga anual 2016/2017 de la S/E Mucuchíes.

3.2.3 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE LA S/E LA MITISUS.

La S/E La Mitisus es no atendida de tipo abierta como se muestra en la figura 7, y está ubicada a 62,6 km de la S/E Mucubají, dispone de un transformador de 5 MVA y se derivan tres (03) circuitos en 13,8 kV los cuales son: D-105 Santo Domingo, D-205 Aracay y D-305 de reserva, esta S/E que cubre todo el Municipio Cardenal Quintero y Pueblo Llano que está comprendido por: El Baho, Los Frailes, Las Tapias, Santo Domingo, Mostrenco, El Caney, Las Piedras, La Quinta, Aracay, La Mitisus y Pueblo Llano.



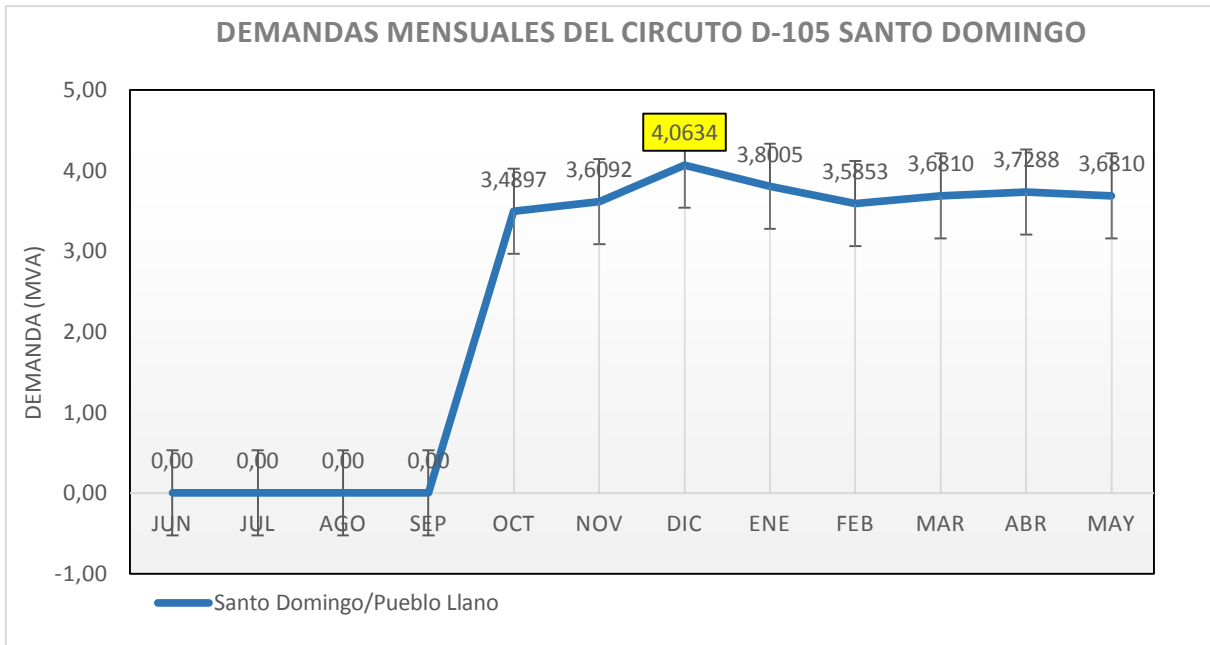
Figura 8: Subestación La Mitisus.

www.bdigital.ula.ve

3.2.3.1 CIRCUITO D-105 SANTO DOMINGO.

Este circuito se extiende por el Municipio Cardenal Quintero y el Municipio Pueblo Llano cubriendo los caseríos de Santo Domingo, Las Piedras y Pueblo Llano comenzando en la salida de la S/E La Mitisus y terminando en los sectores el Baho y El Carrizal que es la parte final de Pueblo Llano. Tiene asociada carga tipo rural y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 35 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3 # 1/0 ARV AWG.

La curva de carga anual (ver grafica 6) especifica los valores de la demanda máxima en cada mes, permiten una visualización de los crecimientos y variaciones que se presentan mensualmente durante el año en este caso 2016/2017. Podemos observar como la mayor demanda es de 4,0634 MVA en el mes de Diciembre.



Gráfica 6: Curva de carga anual 2016/2017 del circuito D-105 Santo Domingo.

Este circuito presenta una caída de tensión de 7,06% no cumple con los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC para condiciones normales ya que la máxima caída de tensión de 6%, sin embargo tampoco se encuentra en un valor mayor al 8% que es en condiciones de emergencia. Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores tienen máxima carga 70,82% (ver tabla 7), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída de 80% para conductores.

Tabla 7: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 Santo Domingo de la S/E La Mitisús.

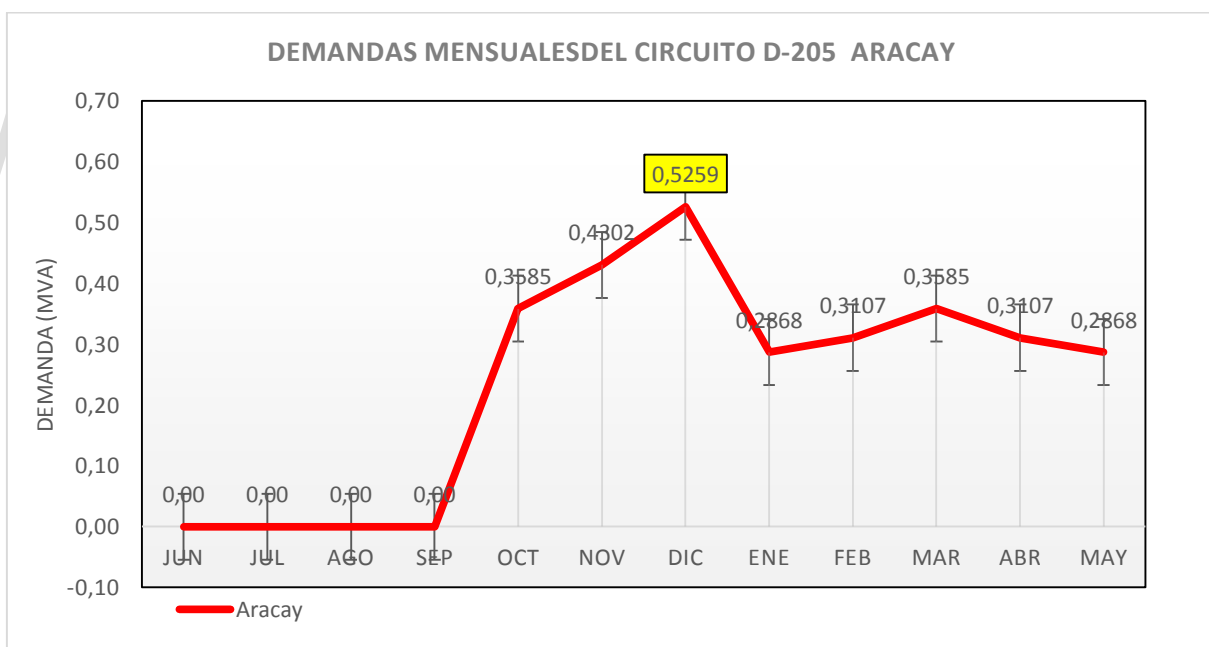
SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
LA MITISÚS	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 SANTO DOMINGO	70,82	7,06

3.2.3.2 CIRCUITO D-205 ARACAY.

Este circuito se extiende por todo el caserío de Aracay comenzando en la salida de la S/E La Mitisus y terminando en el sector Los Conejos. Tiene asociada carga tipo rural, y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 11 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3#1/0 ARV AWG.

La curva de carga anual (ver grafica 7) especifica los valores de la demanda máxima en cada mes, en este caso es de 0,5259 MVA en el mes de Diciembre.

Este circuito presenta una caída de tensión de 2,62% se presenta en el sector Los Conejos cumpliendo los parámetros establecidos por CORPOELEC (máxima caída del 6%). Se observa en la simulación que el conductor tiene una máxima carga de 12,22% valor que está dentro de los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC (ver tabla 8).

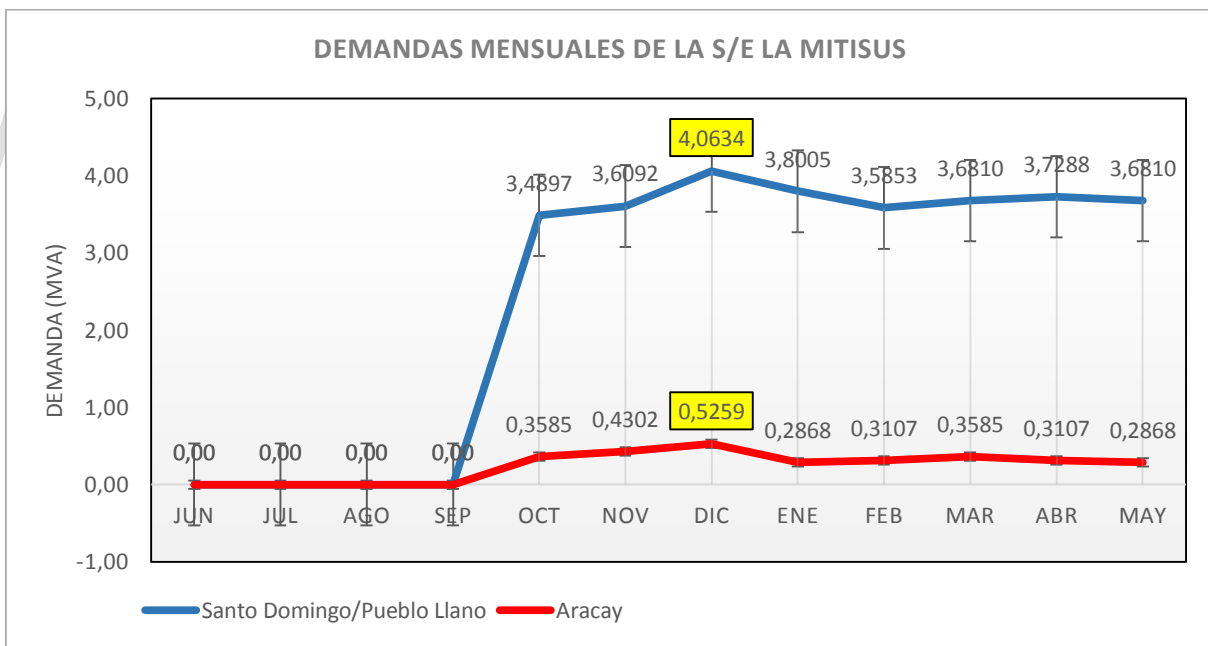


Gráfica 7: Curva de carga anual 2016/2017 del circuito D-205 Aracay.

Tabla 8: Análisis del Sistema actual del circuito D-205 Aracay de la S/E La Mitisus.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
LA MITISUS	(34,5/13,8) (1x5)	D-205 ARACAY	12,22	2,62

En la gráfica 8 observamos el comportamiento de ambos circuitos que salen de la subestación La Mitisus, siendo su mayor demanda en Diciembre. El comportamiento de la S/E La Mitisus depende en un 81% de la red de distribución de Santo Domingo, ésta atiende a una gran cantidad de hoteles y Diciembre es un mes de vacaciones por lo tanto esta zona del páramo es bastante visitada y su carga tiende a aumentar.

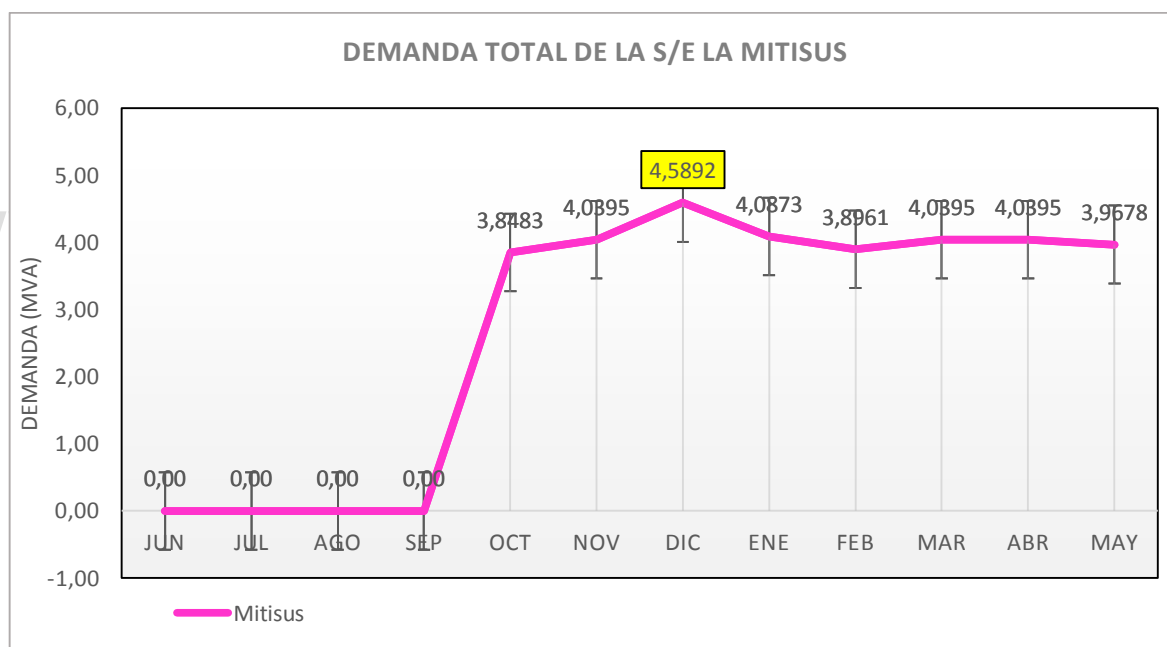


Gráfica 8: Demandas mensuales de los circuitos asociados a la S/E La Mitisus.

La suma de las demandas máximas presentadas por los circuitos asociados a la S/E La Mitisus se presenta en la gráfica 9, donde se muestra el comportamiento de la subestación a lo

largo del año 2016/2017. En el mes de Diciembre se presenta la carga máxima y es de 4,5892 MVA, sabiendo que esta S/E cuenta con un transformador de 5 MVA lo que implica que para esa demanda máxima el transformador de potencia trabajó al 92% de su capacidad máxima quedando solo con un 8% de reserva, que equivalente a 0,4 MVA. En el recorrido que se realizó para la actualización del circuito pudimos observar que hay varias extensiones de la red de distribución que aún no se han concretado.

El factor de utilización de dicho transformador es de 0,90 para las demandas máximas lo cual implica que el transformador está próximo a alcanzar su capacidad nominal. Presenta un factor de carga de 0,885 lo cual indica que la curva de carga no sufre variaciones pronunciadas como podemos observar en la gráfica.



Gráfica 9: Curva de carga anual 2016/2017 de la S/E La Mitisus.

3.2.4 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE LA S/E LOS FRAILES.

La S/E Los Frailes es de tipo abierta como se muestra en la figura 8, y está ubicada a 18 km de la S/E Mucubají, dispone de un transformador de 0,5 MVA de ella se deriva un circuito en 13,8 kV el cual es el D-105 Los Frailes/Las Tapias.



Figura 9: Subestación Los Frailes

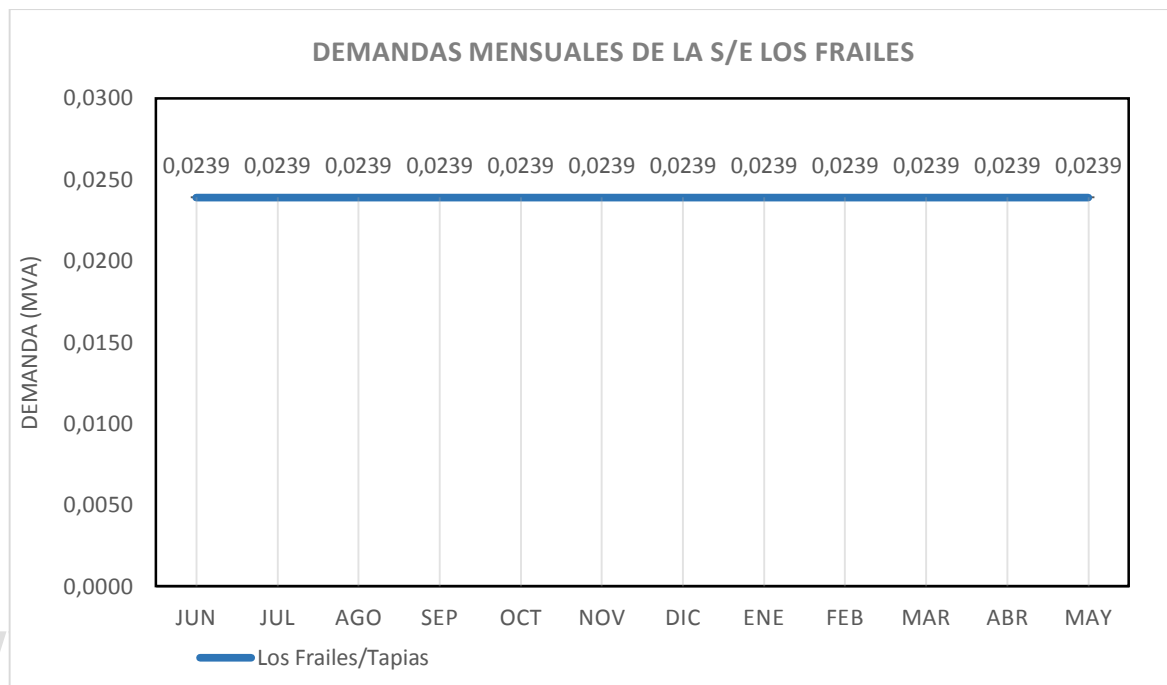
3.2.4.1 CIRCUITO D-105 LOS FRAILES/ LAS TAPIAS.

Este circuito es prácticamente para atender el Hotel Los Frailes y la Posada Paramo Real. Tiene asociada carga tipo rural y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 2,8 km de longitud, conformado por un sistema aéreo través de un conductor calibre 3 # 1/0 ARV AWG.

La curva de carga anual (ver grafica 10) especifica los valores de la demanda máxima en cada mes, la cual es constante, en este caso es de 0,239 MVA, lo que implica que para esa demanda máxima trabajó al 47,8% de su capacidad máxima quedando 52,5% de reserva.

Este circuito presenta una caída de tensión de 0,01% (en el Hotel Los Frailes) cumpliendo los parámetros establecidos por CORPOELEC (máxima caída del 6%), se observa

en la simulación que el conductor tiene una máxima carga del 0,41% valor que está dentro de los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC (ver tabla 9).



Gráfica 10: Curva de carga anual 2016/2017 del circuito D-105 Los Frailes/Las Tapias.

Tabla 9: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 Los Frailes/Las Tapias de la S/E Los Frailes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
LOS FRAILES	(34,5/13,8) (1x0,5)	D-105 LOS FRAILES/TAPIAS	0,41	0,01

3.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTUAL

Los sistemas de protección tienen como función principal salvaguardar a las instalaciones eléctricas y al personal que labore en ella, de los efectos destructivos que se

presentan en condiciones anormales en los sistemas eléctricos, tales como sobrecargas, cortocircuito, entre otras.

Bajo condiciones de fallas, la actuación y detección de las condiciones anormales de funcionamiento debe ser en forma segura y oportuna, se busca de esta manera aislar, lo más pronto posible, los elementos que fallan de las fuentes de suministro, garantizando de esta manera la continuidad del servicio y a su vez prolongar la vida útil de los demás equipos.

El estudio de coordinación y ajustes de protecciones del sistema de distribución en esta oportunidad, está orientado a garantizar que las protecciones sean selectivas, brinden un alto grado de seguridad y confiabilidad para el desarrollo de las actividades comunes en el Centro de Servicios Páramo. Es por esto que a continuación se presenta el estado actual en el que se encuentran las protecciones de los circuitos en estudio.

3.3.1 PROTECCIONES DEL CIRCUITO D-105 MUCUCHÍES.

El circuito D-105 Mucuchíes cuenta con 11 derivaciones, de las cuales actualmente solo 7 tienen protecciones al inicio de cada derivación. Se utilizan seccionadores y cortacorrientes a lo largo de la troncal como muestra la tabla 10.

Tabla 10: Seccionadores y cortacorrientes del circuito D-105 Mucuchíes.

PROTECCIÓN	UBICACIÓN	CORRIENTE(A)	KVA
Seccionador 1	Salida de Mucuchíes	1192,6	1738,0
Cortacorriente 1	Frente al Colegio Cardenal Quintero	1082,6	45,0
Cortacorriente 2	Res. Renacer	944,2	212,5

3.3.2 PROTECCIONES DEL CIRCUITO D-205 MUCURUBA.

El circuito D-205 Mucurubá cuenta con 35 derivaciones de las cuales solo 21 tiene protecciones al inicio de cada derivación. A lo largo de la troncal se utilizan seccionadores y cortacorrientes como lo muestra la siguiente tabla 11.

Tabla 11: Seccionadores y cortacorrientes del circuito D-205 Mucurubá.

PROTECCIÓN	UBICACIÓN	CORRIENTE(A)	KVA
Seccionador 1	Salida de Mucuchíes	1166,8	1397,5
Cortacorriente 1	Sector Mocao	876,3	175,0
Cortacorriente 2	Los pozos	507,2	270,0
Cortacorriente 3	Mucurubá	471,8	37,5
Seccionador 2	Escaguey	447,5	145,0

3.3.3 PROTECCIONES DEL CIRCUITO D-305 APARTADEROS.

El circuito D-305 Apartaderos cuenta con 51 derivaciones de las cuales solo 32 poseen protecciones al inicio de las mismas. Se utilizan seccionadores y cortacorrientes a lo largo de la troncal como muestra la tabla 12.

Tabla 12: Seccionadores y cortacorrientes del circuito D-305 Apartaderos.

PROTECCIÓN	UBICACIÓN	CORRIENTE (A)	KVA
Seccionador 1	Salida de Mucuchíes	1197,3	342,5
Cortacorriente 1	Misteque	817,0	57,5
Cortacorriente 2	Sector La Toma Misión Vivienda	578,2	102,5
Cortacorriente 3	Los Micuyes	556,3	45,0
Cortacorriente 4	Los Apios	472,9	30,0
Seccionador 2	San Rafael	723,7	277,5
Seccionador 3	Matica de Rosa	487,7	322,5
Seccionador 4	Apartaderos	427,9	45,0
Seccionador 5	El Águila	278,0	60,0

3.3.4 PROTECCIONES DEL CIRCUITO D-105 LOS FRAILES.

Este circuito tiene 4 derivaciones de los cuales todos tienen protecciones. A lo largo de la troncal este circuito solo cuenta con cortacorrientes en la salida de la S/E Los Frailes (tabla 13).

Tabla 13: Seccionadores y cortacorrientes del circuito D-105 los Frailes.

PROTECCIÓN	UBICACIÓN	CORRIENTE (A)	KVA
Cortacorriente 1	Salida de S/E	441,6	45
Cortacorriente 2	Salida de S/E	442,6	15

3.3.5 PROTECCIONES DEL CIRCUITO D-105 SANTO DOMINGO.

Este circuito cuenta con 89 derivaciones las cuales solo 55 tienen protecciones al inicio de cada derivación. Este circuito cuenta con seccionadores y cortacorrientes a lo largo de su troncal que se especifican a continuación (tabla 14):

Tabla 14: Seccionadores y cortacorrientes del circuito D-105 Santo Domingo.

PROTECCIÓN	UBICACIÓN	CORRIENTE(A)	KVA
Cortacorriente 1	Mitisus	1108,5	90,0
Seccionador 1	Vía Santo Domingo	713,6	1595,0
Cortacorriente 1	Santo Domingo calle Sucre	545,9	982,5
Cortacorriente 2	A 200 m del Hotel Moruco	477,9	510,0
Cortacorriente 4	Vía el Baho	368,8	215,0
Cortacorriente 5	Frente a Agropatria	997,0	137,5
Seccionador 2	Vía Pueblo Llano	1110,6	1410
Cortacorriente 6	Sector El Carrizal	881,7	62,5
Cortacorriente 7	Sector El Carrizal	775,5	10,0
Cortacorriente 8	Mupate	658,1	55,0
Cortacorriente 9	Av. Bolívar	715,2	1090,0
Cortacorriente 10	Los Tendales	479,8	112,5
Cortacorriente 11	Sector Cerro seco	520,5	87,5
Cortacorriente 12	Los encerrados	531,4	77,5
Cortacorriente 13	Los encerrados	485,4	52,5
Cortacorriente 14	Sector La Capellana	525,0	30,0
Cortacorriente 15	El pozo	598,6	552,5
Cortacorriente 17	A 10m de la entrada a la laguna del pozo	551,8	467,5
Cortacorriente 18	Mesas del chino	441	25
Cortacorriente 18	La Culata	387,1	72,5
Cortacorriente 16	El Carrizal	340,1	25

3.3.6 PROTECCIONES DEL CIRCUITO D-205 ARACAY.

Este circuito posee 11 derivaciones de las cuales solo 4 tiene protección al inicio de la derivación. En la troncal se encuentran los siguientes cortacorrientes (tabla 15).

Tabla 15: Seccionadores y Cortacorrientes del circuito D-205 Aracay.

PROTECCIÓN	UBICACIÓN	CORRIENTE(A)	KVA
Cortacorriente 1	Salida de S/E	1340,6	180
Cortacorriente 2	Sector El Conejo	627,2	100
Cortacorriente 3	Sector El Conejo	497,4	75

www.bdigital.ula.ve

Este capítulo se muestra las características relevantes de las diferentes subestaciones en estudio, así como también hace mención del análisis sobre el estudio de flujo de carga de los circuitos correspondientes a la subestaciones Mucuchíes, La Mitisus y Los Frailes 34,5/13,8 kV y el estado actual del sistema de protecciones.

CAPÍTULO IV

PROPUESTAS PARA CONSEGUIR MEJORAS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE SERVICIOS PÁRAMO

Una vez realizado el diagnóstico del sistema eléctrico de distribución en media tensión de los circuitos en estudio, se hace necesario plantear alternativas de solución que minimicen las caídas de tensión tanto en el circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes como en el circuito D-105 Santo Domingo de la S/E La Mitisus, así como también satisfacer la demanda eléctrica producto del crecimiento de la población de los Municipios Cardenal Quintero, Pueblo Llano y Rangel, para así atender las debilidades técnicas y garantizar el buen funcionamiento del sistema eléctrico de distribución en media tensión.

Para las empresas de energía la caída de tensión representa un gran problema ya que todos los usuarios conectados a dicha barra se verán afectados por la falla principalmente los usuarios industriales ya que todo equipo conectado al sistema de potencia es diseñado para ser usado dentro de cierto rango de voltaje por lo tanto sus procesos son muy sensibles a la variación de la tensión provocada por estas fallas

La caída de voltaje existe en cada parte del sistema, el voltaje en los alimentadores primarios varía desde el valor máximo para consumidores que se encuentra el primer transformador de distribución más cercano a la subestación hasta el valor mínimo para los que están en la cola del circuito. El control de voltaje en los alimentadores primarios de distribución es usualmente realizado utilizando los taps de los transformadores de potencia, reguladores de voltaje y capacitores shunt , sin embargo existen otras soluciones para esto como aumentar el

calibre de los conductores, balance de carga, transferir cargas, adicionar alimentadores , entre otras.

4.1 SUBESTACIÓN MUCUCHÍES.

4.1.1 CIRCUITO D-305 APARTADEROS.

El circuito D-305 Apartaderos presenta una caída de tensión de 9,46% como se muestra en la tabla 6, por lo tanto no cumple con la norma establecida por CORPOELEC. A continuación se presentan las posibles propuestas que minimice la caída de tensión de dicho circuito.

4.1.1.1 PROPUESTA 1: CAMBIO DE CONDUCTOR.

Una de las soluciones planteadas para este circuito fue el aumento del calibre del conductor con ayuda del programa PADEE, se fue aumentando el calibre progresivamente desde la salida de la S/E Mucuchíes y posteriormente se fue haciendo la respectiva corrida para ver cuál era su comportamiento ante estos cambios, sin embargo los resultados obtenidos no fueron satisfactorios ya que cambiando el calibre de aproximadamente la mitad del circuito (10 km) su caída de tensión fue del 8,82% por lo tanto esta propuesta no es factible.

4.1.1.2 PROPUESTA 2: INCORPORACIÓN DE UN REGULADOR.

Como segunda opción sabiendo que la regulación de tensión consiste en evitar las variaciones de tensión que se detectan en puntos receptores de un sistema de distribución se incorporó un regulador con ayuda del programa PADEE como se muestra en la figura 10 a 4,5 km de la S/E Mucuchíes en el sector La Toma (figura 11), donde todo lo que se muestra bordeado en rojo es el terreno disponible para colocar dicho regulador, haciendo que la caída de tensión pase de 9,46% a 4,42% como se especifica en la tabla 16.

Tabla 16: Análisis del Sistema actual del circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x5)	D-305 APARTADEROS	49,59	4,42

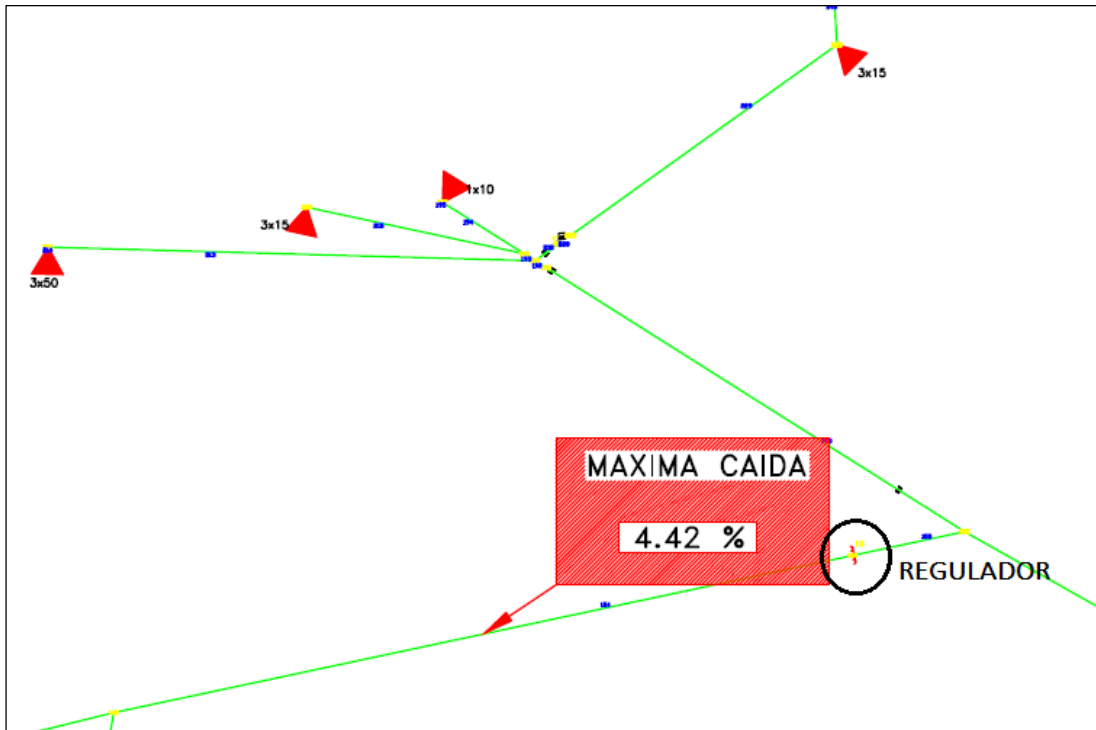


Figura 10: Ubicación del regulador con el programa PADEE.

www.bdigital.ula.ve



Figura 11: Ubicación del Regulador.

4.1.2 PROPUESTA DE AUMENTO DE CAPACIDAD DE LA SUBESTACIÓN MUCUCHÍES.

La caída de tensión no es el único problema que se presenta, ya que esta subestación ha presentado un incremento en la demanda eléctrica como se muestra en la gráfica 5, debido a que está sujeta a modificaciones producto de su lógico desarrollo. Por tal motivo la instalación eléctrica se ve afectada teniendo sobrecarga en los meses de Noviembre y Diciembre que se generaran a objeto de adaptarlas, mientras sea posible a los nuevos requerimientos.

En busca de mejorar esto se plantea la remodelación y ampliación de la subestación Mucuchíes de 5 MVA a 10 MVA, incorporando de igual manera el regulador en el sector la toma en el circuito D-305 Apartaderos, ya que puede ayudar de manera significativa a que la subestación pueda asumir la carga del circuito D-205 Tabay de Mérida II a través de la salida D-205 Mucurubá en caso de falla, a su vez pueda soportar dichos incrementos que se están presentando y que mejore significativamente la caída de tensión como se muestra en la tabla 16.

4.2 SUBESTACIÓN LA MITISUS.

4.2.1 CIRCUITO D-105 SANTO DOMINGO.

El circuito D-105 Santo Domingo presenta una caída de tensión de 7,06% como se muestra en la tabla 7, por lo tanto no cumple con la norma establecida por CORPOELEC. A continuación se presentan las posibles propuestas que minimice la caída de tensión de dicho circuito.

4.2.1.1 PROPUESTA 1: CAMBIO DE CONDUCTOR.

El aumento del calibre del conductor se realizó con ayuda del programa PADEE, sin embargo al igual que en el caso anterior los resultados obtenidos no fueron satisfactorios ya que cambiando el calibre de más de la mitad del circuito su caída de tensión fue del 7,02% por lo tanto esta propuesta no es factible.

4.2.1.2 PROPUESTA 2: INCORPORACIÓN DE UN REGULADOR Y CAMBIO DEL CONDUCTOR.

Se aumentó el calibre del conductor a la salida de la subestación de 3 # 1/0 ARV AWG a 3 # 4/0 ARV AWG aproximadamente 1 km. Adicionalmente se incorporaron dos reguladores a lo largo de la troncal con ayuda del programa PADEE, ya que el circuito es muy extenso se colocó uno en el Municipio Cardenal Quintero al lado de Ferreagro y otro en el Municipio Pueblo Llano frente al centro de servicio La Capellana, haciendo que la caída de tensión pase de 7,06% a 4,76 como se muestra en la tabla 17. También se puede observar que los conductores tienen actualmente máxima carga 70,82% y con esta propuesta cambiaría 40,71% (tabla 17).

Tabla 17: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 Santo Domingo de la S/E La Mitisus.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
LA MITISUS	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 SANTO DOMINGO	40,71	4,76

4.3 PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA NUEVA SUBESTACIÓN SANTO DOMINGO.

El sistema eléctrico moderno está muy condicionado y sometido a severas exigencias de los usuarios, sobre todo, en cuanto a calidad y continuidad en el suministro se refiere. La energía eléctrica es uno de los recursos energéticos principales de la sociedad actual y el usuario, debe de disponerla instantáneamente, en la cantidad exacta que necesita en cada momento y además, a la tensión y frecuencia correctas.

Para cumplir estos requisitos se propone la construcción de una nueva subestación, ya que la S/E La Mitisus actualmente no cuenta con ningún tipo de respaldo por lo tanto esto trae como consecuencia que en el momento de que se realice mantenimiento programado a la red o sufra alguna falla eventual esta no pueda dar continuidad al servicio. Con la construcción de esta S/E se puede transferir carga de una subestación a otra y así en la medida de lo posible serán menos

abonados que se queden sin servicio eléctrico mientras dura el mantenimiento o la reparación. Y por lo tanto se lograría aumentar la confiabilidad de la red eléctrica de distribución asegurando continuidad de servicio.

También se pretende satisfacer la demanda eléctrica como consecuencia del crecimiento de la población de los Municipios Cardenal Quintero y Pueblo Llano, que aunque no presente sobrecarga como se muestra en la figura ya está alcanzado su capacidad nominal. Por otro lado se logra distribuir una menor cantidad de usuarios por cada circuito, teniendo una caída de tensión que se encuentra en los rangos establecidos por la empresa en todos los circuitos tanto de la S/E La Mitisus como de la futura S/E Santo Domingo como se muestra a continuación:

4.3.1 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE LA S/E SANTO DOMINGO.

La S/E Santo Domingo será no atendida de tipo abierta y de acuerdo a los recorridos realizados la subestación puede estar ubicada a 55,4 km de la S/E Mucubají específicamente en la urbanización Santo Domingo como se muestra en la figura 12, se propone que tenga un transformador de 5 MVA y se deriven tres (03) circuitos en 13,8 kV los cuales son: D-105 El Baho, D-205 Santo Domingo y D-305 de reserva.



Figura 12: Ubicación de la S/E Santo Domingo.

4.3.1.1 CIRCUITO D-105 EL BAHO.

Este circuito se extiende por una parte del Municipio Cardenal Quintero cubriendo los caseríos de Santo Domingo, El Baho y Los Frailes comenzando en la salida de la S/E Santo Domingo y terminando en el sector Los Frailes. Tiene asociada carga tipo rural y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 12 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3 # 1/0 ARV AWG.

Este circuito puede presentar una caída de tensión de 1,47% (tabla 18) que cumple con los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC para condiciones normales ya que la máxima caída de tensión de 6%. Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores presentaran una máxima carga 21,46% (ver tabla 18), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída de 80% para conductores.

Tabla 18: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 El Baho de la S/E Santo Domingo.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
SANTO DOMINGO	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 EL BAHO	21,46	1,47

La construcción de esta subestación permite que se elimine la S/E Los Frailes con una extensión de línea de aproximadamente de 2 km (figura 13) el circuito D-105 Los Frailes/Tapias lo pude asumir sin ningún problema el circuito D-105 Santo Domingo 1.



Figura 13: Extensión de Línea desde Los Frailes hasta Santo Domingo.

4.3.1.2 CIRCUITO D-205 SANTO DOMINGO.

Este circuito se extiende por una parte del Municipio Cardenal Quintero comenzando en la salida de la S/E Santo Domingo y terminando en el sector La Mitisus. Tiene asociada carga tipo rural y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 6 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3 # 1/0 ARV AWG.

Este circuito puede presentar una caída de tensión de 0,46% (tabla 19) que cumple con los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC para condiciones normales ya que la máxima caída de tensión de 6%. Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores presentaran una máxima carga 14,67% (ver tabla 19), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída de 80% para conductores.

Tabla 19: Análisis del Sistema actual del circuito D-205 Santo Domingo de la S/E Santo Domingo.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
SANTO DOMINGO	(34,5/13,8) (1x5)	(D-205) SANTO DOMINGO	14,67	0,46

4.4 REMODELACIÓN DE LA SUBESTACIÓN LA MITISUS.

Luego de la creación de la S/E Santo Domingo la S/E La Mitisus quedaría de igual manera con su transformador de 5 MVA del cual se derivan tres (03) circuitos en 13,8 kV que son el D-105 Pueblo Llano, D-205 Aracay y D-305 Reserva extendiéndose ahora por todo el Municipio Pueblo Llano.

4.4.1 CIRCUITO D-105 PUEBLO LLANO.

Este circuito es el actual D-105 Santo Domingo de la S/E La Mitisus, el cual actualmente se extiende por todo del Municipio Cardenal Quintero y el Municipio Pueblo Llano con la nueva S/E solo cubriría La Mitisus, Las Piedras y Pueblo Llano comenzando en la salida de la S/E La Mitisus y terminando en el sector El Carrizal. Tiene asociada carga tipo rural y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 23 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3 # 1/0 ARV AWG.

Este circuito presenta actualmente una caída de tensión de 7,06% el cual no cumple con los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC para condiciones normales ya que la máxima caída de tensión de 6%, sin embargo con esta propuesta su caída de tensión sería de 4,75% (tabla 20). Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que actualmente los conductores tienen máxima carga 70,82% (ver tabla 20) y con esta propuesta sería de 35,20%, cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída de 80% para conductores.

Tabla 20: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 Pueblo Llano de la S/E La Mitisus.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
LA MITISUS	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 PUEBLO LLANO	35,20	4,75

Adicionalmente se realizó una prueba para ver el comportamiento de la nueva S/E Santo Domingo cuando tenga que respaldar la S/E La Mitisus con toda la carga del circuito D-205 Santo Domingo y D-105 Pueblo Llano el cual presentaría una caída de tensión de 9,20% (tabla 21) que no cumple con los parámetros establecidos por la empresa CORPOELEC para estas condiciones ya que la máxima caída de tensión de 8%, pero como ya dijimos este caso se presentaría si hay alguna falla en la S/E La Mitisus o un mantenimiento programado para que mientras se soluciona el problema los usuarios mantengan la continuidad del servicio.

Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores presentarían una máxima carga 49,78% (ver tabla 21), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída de 100% para conductores en condiciones de respaldo de carga.

Tabla 21: Análisis del Sistema del circuito D-205 Santo Domingo de la S/E Santo Domingo en condiciones de respaldo circuito D-105 Pueblo Llano de la S/E La Mitisus.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
SANTO DOMINGO	(34,5/13,8) (1x5)	D-205 SANTO DOMINGO	49,78	9,20

Esto solo sería la simulación del comportamiento de la subestación, quedaría abierto un tema de tesis para el diseño como tal de la subestación Santo Domingo ya que es necesaria una

planificación minuciosa y un diseño esmerado de las instalaciones de distribución, que garanticen el buen servicio que exige el usuario a este complejo sistema de redes eléctricas.

4.4.2 CIRCUITO D-205 ARACAY.

Este circuito no sufre ninguna modificación se extiende por todo el caserío de Aracay comenzando en la salida de la S/E La Mitisus y terminando en el sector Los Conejos. Tiene asociada carga tipo rural, y alumbrado público. La troncal se extiende aproximadamente en 11 km de longitud, conformado por un sistema aéreo a través de un conductor calibre 3#1/0 ARV AWG.

4.5 PROPUESTA DE TRASLADO DEL TRANSFORMADOR DE LA S/E LOS FRAILES DE 0,5 MVA A LA S/E EL ÁGUILA.

Actualmente la S/E El Águila esta fuera de servicio debido a que el transformador de 1 MVA con el que cuenta se encuentra averiado, lo ideal sería que este transformador fuese reparado y asuma la carga desde La Matica de Rosa hasta el Águila. Lo cual presentaría una caída de tensión de 3,66% (tabla 22) por lo tanto cumple con los parámetros requeridos por la empresa con respecto a caída de tensión en este alimentador; que es 6% en condiciones normales.

Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores tienen máxima carga de 32 % (ver tabla 22), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída es de 80% para conductores.

Tabla 22: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 San Rafael de la S/E El Águila con el transformador de 1 MVA.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
EL ÁGUILA	(34,5/13,8) (1x1)	D-105 SAN RAFAEL	32	3,66

Por lo tanto la S/E Mucuchíes cubriría desde la salida de la S/E hasta la Matica de Rosa presentaría una caída de tensión de 2,68% (tabla 23) por lo tanto cumple con los parámetros requeridos por la empresa con respecto a caída de tensión en este alimentador; que es 6% en condiciones normales.

Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores tienen máxima carga de 18,32% (ver tabla 23), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída es de 80% para conductores.

Tabla 23: Análisis del Sistema actual del circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes con el transformador de 1 MVA.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x5)	D-305 APARTADEROS	18,32	2,68

Sin embargo la propuesta anterior es la menos probable ya que al parecer este transformador se encuentra quemado. Es por que se propone trasladar el transformador de 0,5 MVA de la S/E Los Frailes hasta la S/E El Águila el cual quedaría disponible con la construcción de la S/E Santo Domingo. Realizando esta adaptación el circuito D-105 San Rafael cubriría desde la salida de la S/E El Águila hasta el sector La Asomada, donde se colocaría un seccionador que permita que el circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes cubra este tramo en caso de falla, presentando una caída de tensión de 0,27% (tabla 24) cumpliendo con los parámetros requeridos por la empresa con respecto a caída de tensión en este alimentador; que es 6% en condiciones normales.

Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores tienen máxima carga de 7,52% (ver tabla 24), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída es de 80% para conductores.

Tabla 24: Análisis del Sistema actual del circuito D-105 San Rafael de la S/E El Águila con el transformador de 0,5 MVA.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
EL ÁGUILA	(34,5/13,8) (1x5)	D-105 MUCUCHÍES	7,52	0,27

Por lo tanto la S/E Mucuchíes el circuito D-305 Apartaderos cubriría desde la salida de la S/E hasta La Asomada haciendo que su caída de tensión pase de 9,46% a 6,20% (tabla 25), que no cumple con los parámetros requeridos por la empresa con respecto a caída de tensión en este alimentador; que es 6% en condiciones normales pero sería de gran ayuda para minimizar la caída de tensión.

Del análisis a través del PADEE, también se puede observar que los conductores tienen máxima carga de 42,14 % (ver tabla 25), cumpliendo con los parámetros establecidos por la empresa que indica una máxima caída es de 80% para conductores.

Tabla 25: Análisis del Sistema actual del circuito D-305 Apartaderos de la S/E Mucuchíes con el transformador de 0,5 MVA.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	CIRCUITO	CARGA CONDUCTOR MAX (%)	MÁXIMA CAÍDA DE VOLTAJE (%)
	CAPACIDAD (MVA)			
MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1x1)	D-105 SAN RAFAEL	42,14	6,20

4.6 PROPUESTA DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LOS CIRCUITOS RAMALES DE LAS DIFERENTES SUBESTACIONES EN ESTUDIO.

Los sistemas de distribución están directamente ligados a los usuarios y por lo tanto, estos sistemas juegan un papel muy importante en la confiabilidad percibida por estos. El mejoramiento y optimización de los sistemas de protección permiten, de manera muy efectiva, reducir las interrupciones en el servicio.

En general los objetivos de las protecciones contra sobrecorriente en los sistemas eléctricos son los mismos en todas las áreas de la red de distribución:

- Asegurar que no exista riesgo para los usuarios ni para el personal de mantenimiento involucrado en manipular las redes.
- Prevenir el daño a los equipos que hacen parte de la red.
- Mantener la prestación del servicio de energía con el menor número de interrupciones posibles.

En el estudio de cualquier esquema de protección se hace necesario conocer los niveles de corriente de cortocircuito en los diferentes puntos de interés de la red de distribución de los circuitos que se encuentren en estudio, ya que no solo se verifica que los equipos de interrupción puedan soportar e interrumpir estas corrientes, sino que se logra una adecuada operación y coordinación de los equipos de protección existentes en dicho sistema.

Tomando en cuenta que el cálculo de estas corrientes se hace demasiado extenso para toda la red de distribución, la División de Control de Operaciones de CORPOELEC, proporcionó la herramienta computacional PADEE, que cuenta entre sus múltiples funciones el realizar estos cálculos. Para dicho estudio se necesitan los siguientes datos:

4.6.1 Niveles de cortocircuito en la barra de 115 kV de la S/E La Mucubají.

Los niveles de cortocircuito correspondientes a las barras de 115 kV de las subestación Mucubají, fueron proporcionados por la empresa y se muestran en la tabla 26.

Tabla 26: Niveles de corto circuito monofásico y trifásico en la barra de 115 kV de las S/E La Mucubají.

SUBESTACIÓN	CORTO CIRCUITO	Ik (kA)	Sk (MVA)
MUCUBAJÍ	MONOFÁSICO	3,32066	220,48
	TRIFÁSICO	4,82164	960,4

4.6.2 Niveles de Cortocircuito Máximos en Barras de 13.8 kV.

Los niveles de cortocircuito correspondientes a las barras de 13,8 KV de las diferentes subestaciones se calcularon mediante un programa en Excel que nos proporcionó la corporación.

Adicionalmente, para obtener estos datos, CORPOELEC suministró las características de los transformadores existentes en las diferentes subestaciones, en la tabla 27 se indican los datos suministrados.

Tabla 27: Características de los transformadores de las diferentes S/E.

SUBESTACIÓN	CAPACIDAD (MVA)	RELACIÓN(kV)	IMPEDANCIA (%)
MUCUBAJÍ	20	(115/34,5)	9,88
MUCUCHÍES	5	(34,5/13,8)	6,00
LA MITISUS	5	(34,5/13,8)	4,54
LOS FRAILES	0,5	(34,5/13,8)	6,02

Luego de tener estos datos se ubican según corresponda en la siguiente hoja de cálculo de Excel. (Figura 14)

En la Figura 15 se muestra el valor de la potencia de corto circuito trifásico y monofásico calculado a través del programa Excel para las diferentes subestaciones en estudio que son necesarias para determinar las corrientes de corto circuito.

4.6.3 Niveles de cortocircuito obtenidos mediante la Herramienta Computacional PADEE.

Para introducir toda esta información obtenida en el programa “cortocircuito del PADEE”, solo necesitamos los diagramas unifilares de cada circuito al que se desea realizar el estudio y toda la información de los parámetros eléctricos.

La digitalización se realiza mediante elementos ficticios denominados “Nodos y Secciones”. Los datos de nodos y secciones son archivados en una base de datos para su posterior utilización por el programa. Para numerar los nodos y secciones se deberán utilizar números correlativos y ascendentes y deberá comenzarse a digitalizar cada circuito partiendo de la salida de su subestación correspondiente. Dicha subestación se representa con el nodo 0. Dichos reportes de corrientes de cortocircuitos dados por el programa computacional PADEE se anexan en el CD.

ESTACION	MUCUCHIES	NOMBRE	Movil de 5MVA
Datos de Trasmision			
8 Trasmision p.u.			
8 Trasmision p.u.			
Ubase	115,00		
P Base (MVA)	100		
Pcc 3f	360,40		
Pcc 1ft	220,48		
NAterrada Trasmision rfn	\$		
8 Trasmision Ohm	0		
8 Reactor Trifasica Ohm	0		
Icc % Zi 115 kV	80,0%		
Transformador 115 kV			
Ed Trafar 115 kV	115,00		
P (MVA)	20,00		
Trafar en Paralela	1		
Zcc %	3,88		
Trafa Intensidad Iprimaria	200		
Factor sobrecarga TP	1,5		
Neutra Aterrada S/N 31,5 kV	\$		
Resistencia de Trafa (Ohm)	0,0		
8 Reactor Trifasica Ohm	0		
Icc % Zi 34,5 kV	80,0%		
Transformador 34,5 kV			
Ed Trafar 34,5 kV	13,80		
P (MVA)	5,00		
Trafar en Paralela	1		
Zcc %	6,00		
Trafa Intensidad Iprimaria			
Factor sobrecarga TP	1,5		
3 Arrallamientos			
Patencia (MVA) P			
Patencia (MVA) S			
Patencia (MVA) T			
Nro. Trafar			
P-S Zcc %			
P-T Zcc %			
S-T Zcc %			
LÍNEAS 115 kV			
	Conductor	Kmtr	
Línea 1			
Línea 2			
Línea 3			
Línea 4			
Línea 5			
Línea 6			
Línea 7			
Línea 8			
Línea 9			
Línea 10			
		Totale	
LINEAS 34.5 kV			
	Conductor	Kmtr	
Línea 1			
Línea 2			
Línea 3			
Línea 4			
Línea 5			
Línea 6			
Línea 7			
Línea 8			
Línea 9			
Línea 10			
		Totale	
Barras U Compuestas			
			13,80
Resistencia de Trafa (Ohm)			0
Neutra Aterrada rfn a Tr			\$
R de Falla			40
kInruh TR			10
kInruh SE			4
Explotacion Normal			
SALIDAS MT			
	Pat Inst (KVA)	I Pico (A)	
A	3500	55	
B	1500	12	
C	2000	8	
D	500	15	
E	750	6	
F	600	10	
		Totale	106
CABLES 34.5 kV			
	Conductor	Kmtr	
Cable 1			
Cable 2			
Cable 3			
Cable 4			
Cable 5			
Cable 6			
Cable 7			
Cable 8			
Cable 9			
Cable 10			
		Totale	
Transformador de Aterramiento			
U Compuesta Transf.-			
P (MVA)			
Zcc %			

Figura 14: Hoja de datos programa en Excel para el cálculo de niveles de Cortocircuito en barras de 13,8 kV.

Cortocircuitos

Impedancias en barra transmision sin Pcc :		Red 115 kV Cortocircuitos $\phi-\phi-\phi$		Red 115 kV Cortocircuitos 1 ϕ	
R (Ω)		C.C. 3f I (kA)	Ub 115 kV	C.C. 1ft I (kA)	Ub 115 kV
X (Ω)		Maximo	4,822	Maximo	3,321
Z (Ω)		Zi (%)	4,822	Li (%)	3,321
Icc3f (Amp)		Minimo	4,822	Minimo	3,321
PCC 3f (MVA)					
Cortocircuitos en Seccion Red 115 kV y 34,5 kV		Red 13,8 Cortocircuitos 3F		Red 13,8 Cortocircuitos 1F	
		C.C. 3f I (kA)	Ub 13,8 kV	C.C. 1ft I (kA)	Ub 13,8 kV
		Maximo	6,995	Maximo	6,484
		Zi (%)	6,995	Li (%)	6,484
		Minimo	6,995	Minimo	6,484
		PCC3f	167,19 MVA	PCC1f	51,66 MVA

ESTACION	MUCUCHIES	Cortocircuitos Transformadores $\phi-\phi-\phi$		Resumen Impedancias Zd		
	Movil de 5MVA	Tensión Base Seccion del Trafo		Tension Base kV	13,80	
Impedancias en la Barra de MT		Seccion Trafo	ρ (A)	$\angle\alpha$		
Impedancias Base	13,80	115 kV	4822	-90,00	X1 Fuente	0,1983
R Fuente (Ω)	0,00000	34,5 kV	2798	$\neq \text{DIVI0!}$	R1 Línea 115 kV	0,0000
jX Fuente (Ω)	3,42435				X1 Línea 115 kV	0,0000
Ro Fuente (Ω)	0	Ajuste Trafo	115,000	13,800	R1 Línea 34,5 kV	0,0000
jXo Fuente (Ω)	2,28528	↳ (A)	150,61		X1 Línea 34,5 kV	0,0000
Rfalla (Ω)	40,00000				R1 Cable 34,5 kV	0,0000
					X1 Cable 34,5 kV	0,0000
					X1 Trafos 115 kV	0,9408
					X1 Trafos 34,5 kV	2,2853
					iP-S	
					iP-T	
					iS-T	
Cortocircuitos en la Seccion de Red MT		Cortocircuitos 3 ϕ - ϕ - ϕ Barra MT		Cortocircuitos 1 ϕ -T Barra MT		
Corto Ubase kV	13,8	Corto Ubase kV	13,8			
ρ (A)	2326,7	sin 3Rfalla (A)	2616,86			
$\angle\alpha$		con 3Rfalla (A)	198,61			
PCC3f		PCC1f				
	MVA		MVA			

Figura 15: Cálculo de las potencias de cortocircuito trifásicas y monofásicas en barras de 13,8 kV para las diferentes subestaciones.

4.7 SELECCIÓN DE FUSIBLES.

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a realizar el cálculo y la selección de los fusibles, CORPOELEC dispone de un programa desarrollado en Excel, al cual se le debe suministrar la corriente que circula por el ramal, la corriente de corto circuito calculada al final del mismo y la potencia instalada en dicho ramal como se muestra en la tabla 28, esta información fue tabulada según cada tramo antes de usar este programa para que fuese más rápido la selección de los mismo, de esta manera el software determina un listado de los fusibles que se pueden utilizar. En la Figura 16 se muestra el programa utilizado para la selección de fusibles.

En la Figura 17 se muestra la propuesta de la coordinación de protecciones de un segmento del circuito D-305 Apartaderos específicamente de la derivación de la red de distribución que va para el sector Llano del Hato que cubre el Astrofísico, la coordinación de protecciones en las redes de distribución se deben realizar en serie, la idea principal de la coordinación de protecciones es que opere rápidamente el dispositivo más cercano a la falla para despejarla, en caso que el dispositivo más cercano no despeje la falla debe ser despejada por el siguiente fusible, así sucesivamente; los círculos mostrados en negro indican donde se recomienda la instalación de los fusibles y la secuencia en que deberían ir operando hasta que lleguen a la troncal. Esta propuesta es un poco costosa, pero al momento de que se presente una falla serán menos la cantidad de usuarios afectados.

A continuación se muestran los ajustes de protecciones realizadas al circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes del Municipio Rangel (tabla 28), esta propuesta busca atender el llamado a mejorar los sistemas de protección necesarios para respaldar las operaciones a la hora de presentarse una falla o condición anormal, garantizando la vida humana y que la producción de le empresa no se detenga. De igual manera se hizo con todos los circuitos en estudio.

Tabla para elección de fusibles en ramales				Tensión	13,8	kV		
				Pot instalada	37,5	kVA		
				I pico ramal	2,1			
				Pot pico	45,2	kW		
				cos fi	0,9			
Criterio 1	In fus > k*I deriv	k= factor de crecimiento	1,2	Icc min=	446,10	111,53		
Criterio 2	In fus < Iccmin/fs	fs= factor de seguridad	4	I deriv=	2,10	2,520		
Criterio 3	I fus (0,1seg) > 12*k*I _n deriv		12	I _n deriv=	1,57	1,883		
				22,59				
Tipo K	0,1 seg				C1	C2	C3	min. Fus.
6K	72,8497	6K	6	6K	6K	6K	6K	6K
8K	101,73	8K	8	8K	8K	8K	8K	8K
10K	134,6	10K	10	10K	10K	10K	10K	10K
12K	172,816	12K	12	12K	12K	12K	12K	12K
15K	225,009	15K	15	15K	15K	15K	15K	15K
20K	292,581	20K	20	20K	20K	20K	20K	20K
25K	373,482	25K	25	25K	25K	25K	25K	25K
30K	460,624	30K	30	30K	30K	30K	30K	30K
40K	596,66	40K	40	40K	40K	40K	40K	40K
50K	770,113	50K	50	50K	50K	50K	50K	50K
65K	932,942	65K	65	65K	65K	65K	65K	65K
80K	1300	80K	80	80K	80K	80K	80K	80K
100K	1558,71	100K	100	100K	100K	100K	100K	100K
140K	2496,14	140K	140	140K		0	140K	0
200K	3887,91	200K	200	200K		0	200K	0

Figura 16: Programa Excel para la selección de fusibles.

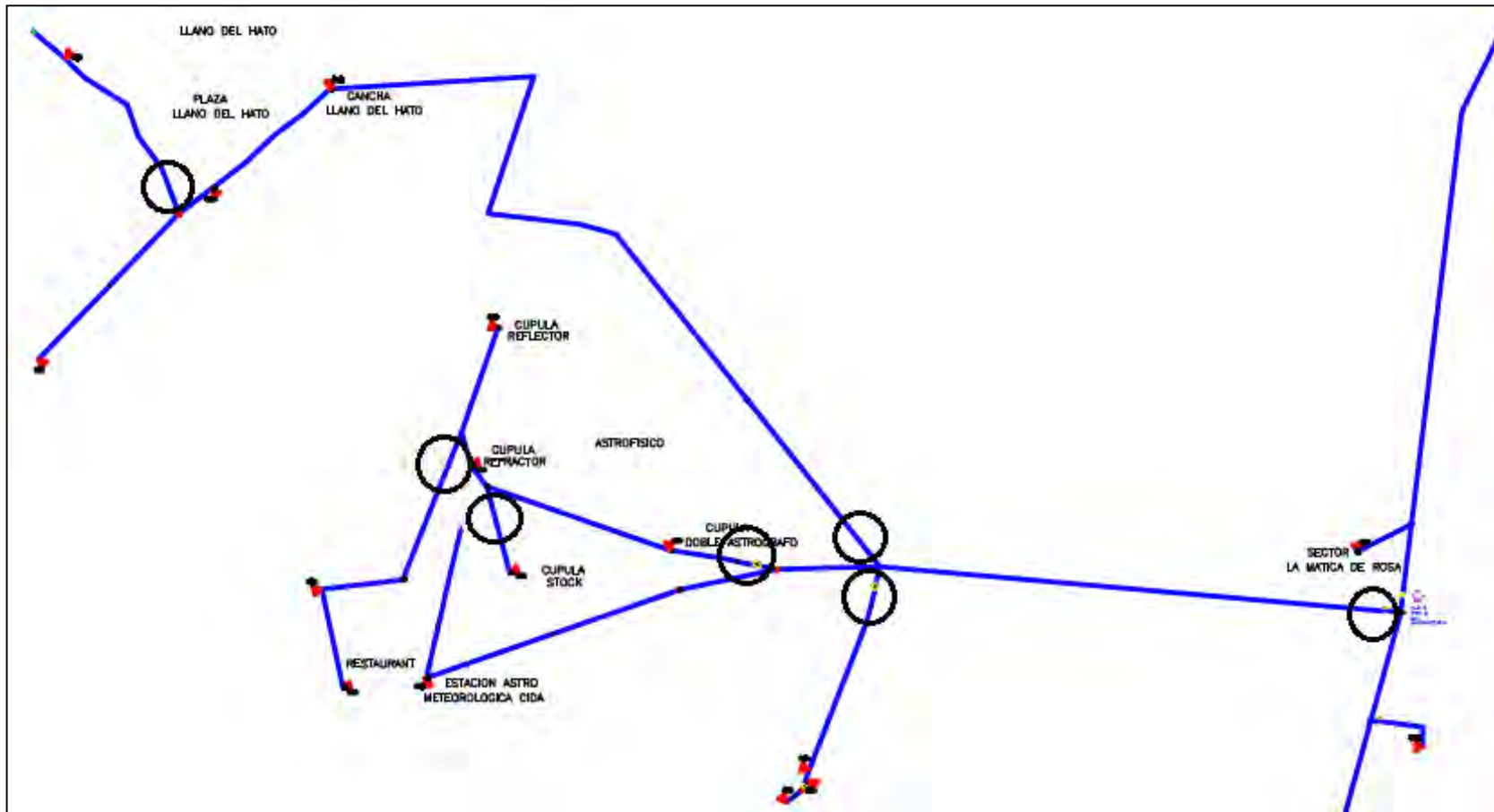


Figura 17: Coordinación de protecciones en el sector Llano del Hato.

Tabla 28: Coordinación de protecciones del circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TRAMO	KVA	I PICO RAMAL (A)	ICC MIN (kA)	TIENE PROTECCIÓN INSTALADA	RANGO	FUSIBLE SELECCIONADO
CIRCUITO	CAPACIDAD (MVA)				NETO					
MUCUCHÍES (D-105) MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1X5)	1º PTO. SECCIONAMIENTO TRONCAL	SALIDA S/E MUCUCHÍES	2-3	1738	40	1192,6	SI	80K-200K	SECC
		DERIVACIÓN 1	URB. SANTA EDUVIGUEZ	6 -10	25,0	0,3	1.172,8	SI	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 2	HACIA ABASTOS DAYUMA	13-15	150,0	1,6	1.126,2	NO	8K-200K	8K
		DERIVACIÓN 3	HACIA EL CDI	18 -25	112,5	1,2	1.120,7	SI	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 4	HACIA LA AV CARABOBO	17-93	387,5	9,9	1.060,9	NO	20K-200K	20K
		DERIVACIÓN 4.1	HACIA MINURI	37 – 86	90,0	2,6	976,4	SI	6K-200K	10K
		DERIVACIÓN 4.1.1	HACIA PUEBLO NUEVO	70 –78	150,0	1,6	1.072,9	SI	8K-200K	8K
		DERIVACIÓN 4.2	HACIA EL HOTEL CARILLÓN	38 – 93	387,5	4,1	1.060,9	SI	20K-200K	20K

Tabla 28: Coordinación de protecciones del circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TRAMO	KVA	I PICO RAMAL (A)	ICC MIN (kA)	TIENE PROTECCIÓN INSTALADA	RANGO	FUSIBLE SELECCIONADO
CIRCUITO	CAPACIDAD (MVA)				NETO					
MUCUCHÍES (D-105) MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1X5)	DERIVACIÓN 4.3	HACIA EL HOTEL LOS CONQUISTADORES	31-56	225,0	3,2	1.096,3	SI	12K-200K	12K
		DERIVACIÓN 4.3.1	HACIA LA CALLE NIQUITAO	55-63	75,0	0,8	1.084,2	NO	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 5	HACIA EL MERCAL	29-75	95,0	8,3	1.078,9	NO	10K-200K	25K
		DERIVACIÓN 5.1	PASOS ABAJO DEL MERCAL	40-40	75,0	0,8	1.108,8	NO	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 5.2	FRENTE A LA ALCALDÍA MUNICIPAL DE MUCUCHÍES	53-61	25,0	0,5	1.092,4	SI	6K-200K	6K
		CC	FRENTE AL COLEGIO CARDENAL QUINTERO	68-74	45,0	6,7	1.082,6	SI	10K-200K	20K
		DERIVACIÓN 5.3	HACIA EL HOSPITAL	85-113	325,0	4,3	1.027,1	NO	15K-200K	15K
		DERIVACIÓN 5.4	RES. LOS FRAILEJONES	114-114	75,0	0,8	1.027,4	NO	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 5.5	HACIA EL CEMENTERIO	91-101	180,0	1,9	1.061,9	SI	10K-200K	10K

Tabla 28: Coordinación de protecciones del circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TRAMO	KVA	I PICO RAMAL (A)	ICC MIN (kA)	TIENE PROTECCIÓN INSTALADA	RANGO	FUSIBLE SELECCIONADO
CIRCUITO	CAPACIDAD (MVA)				NETO					
MUCUCHÍES (D-105) MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1X5)	DERIVACIÓN 6	HACIA AV CARABOBO	73-134	112,5	3,9	961,5	NO	6K-200K	10K
		DERIVACIÓN 6.1	EN LA CALLE UZCATEGUI	112-123	30,0	0,3	984,3	SI	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 6.2	E/S	120-121	150,0	0,8	965,8	NO	8K-200K	8K
		DERIVACIÓN 6.3	PRESCOLAR	135-135	112,5	0,8	962,8	NO	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 7	HACIA URB. JUAN PABLO SEGUNDO	109-136	100,0	3,1	991,5	SI	6K-200K	8K
		DERIVACIÓN 7.1	URB, JUAN PABLO SEGUNDO	132-137	15,0	1,2	994,7	SI	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 7.1.1	URB, JUAN PABLO SEGUNDO	140-145	50,0	0,9	982,0	SI	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 8	HACIA RES. PERRO NEVADO	118-118	150,0	1,6	974,7	NO	8K-200K	8K
		DERIVACIÓN 9	URB. LAS COLINAS	128-128	112,5	1,2	973,3	NO	6K-200K	6K
		DERIVACIÓN 10	HACIA RES. RENACER 1	143-143	75,0	0,8	947,3	NO	6K-200K	6K

Tabla 28: Coordinación de protecciones del circuito D-105 Mucuchíes de la S/E Mucuchíes.

SUBESTACIÓN	TENSIÓN (kV)	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TRAMO	KVA	I PICO RAMAL (A)	ICC MIN (kA)	TIENE PROTECCIÓN INSTALADA	RANGO	FUSIBLE SELECCIONADO
CIRCUITO	CAPACIDAD (MVA)				NETO					
MUCUCHÍES (D-105) MUCUCHÍES	(34,5/13,8) (1X5)	CC	RES. RENACER	142-146	212,5	2,8	944,2	SI	10K-200K	10K
		DERIVACIÓN 11	HACIA RES. RENACER	150-153	50,0	0,9	925,8	SI	6K-200K	6K

www.bdigital.ula.ve

Para finalizar teniendo en cuenta la variedad de dispositivos de protección (relés de sobrecorriente, relés térmicos, fusibles, reconectores, entre otros.) que existen, se pueden presentar muchos casos de coordinación, sin embargo, en todos estos la intuición y criterio propio del ingeniero que realiza el estudio es la de mayor importancia que cualquier receta previamente concebida.

4.8 INSTRUMENTO DE REGISTRO

En principio se realizó el levantamiento y la actualización de los circuitos dicho proceso es un servicio orientado a conocer el estado físico, en que se encuentran las instalaciones y las características de los equipos eléctricos existentes, es decir, es una fotografía de la realidad de la instalación eléctrica, por lo tanto también a lo largo del recorrido se tomaron los puntos de referencia más relevantes de cada punto de seccionamiento, de cada cortacorrente y de cada transformador instalado, cuyo objetivo fundamental era realizar como material de apoyo un instrumento de registro (figura 18) y el levantamiento de la vialidad para colocar en el plano dichos puntos y tener una referencia de donde estamos ubicados al momento de que presente una falla o se deba realizar algún tipo de mantenimiento.

En este instrumento de registro se realiza una especie de resumen sobre toda la información recolectada a lo largo de los recorridos sobre la red de distribución, el cual estará a disposición del personal de CORPOELEC y contiene los siguientes datos sobre cada subestación y cada circuito como: Nombre de la Subestación, Tensión (kV), Capacidad (MVA), Circuito, Cortacorrientes, Seccionadores y Transformadores en la Troncal, Ubicación, Coordenadas UTM, Tipo de Conductor, Distancia (m), Carga Instalada (KVA), KVA neto y Tipo de Carga.

Este instrumento sirve para que se realice un estudio sobre el dinero que la empresa pierde cuando se deja de facturar a raíz de las fallas que se presentan en el sistema, que serían los KVA/h afectados vs los Bs dejados de facturar. De esta se implementarían más planes de mantenimiento que lograrían disminuir en un gran porcentaje las pérdidas económicas que no son buenas para ninguna empresa

INSTRUMENTO DE REGISTRO

SUBESTACION	TENSION (KV)	CAPACIDAD	CIRCUITOS	COORDENADAS O SEÑALADORES	COORD. UTM		TIPO DE CONDUCTOR	DISTANCIA (M)	RANSA O VA INSTALADOS	EVA	TIPO DE CARGA	DIRECCION LIMITE SUPERIOR
	CAPACIDAD (MVA)				N. DE POSTE	UBICACION				RETA		

Figura 18: Instrumento de Registro.

4.9 LEVANTAMIENTO DE LA VIALIDAD

Las carreteras son uno de los factores más importantes para el desarrollo económico y social de un país, constituyen la principal forma de comunicación facilitando así el desplazamiento de las personas de un lugar a otro. Por tales motivos es evidente la importancia que tiene la vialidad en el plano eléctrico, ya que de esta manera podemos saber por dónde vamos, cuantas vías de acceso tenemos para llegar a determinados puntos, si no se tienen vías de acceso con vehículos y se debe implementar otro medio de transporte.

El levantamiento de la vialidad se realizó con ayuda del programa GOOGLE EARTH cuyo programa cuenta con un editor que pone a disposición un conjunto de herramientas de trabajo como medidas de latitud, longitud, altura sobre el suelo y sobre el nivel del mar, buscador de lugares y poblaciones, metro para medir distancias, dibujador de polígonos, etc.

Seleccionando la herramienta de “Ruta” de la barra de herramientas del Google Earth se dibujaron los bordes de la carretera desde Cacute Municipio Rangel hasta El Carrizal Municipio Pueblo Llano que fueron nuestros puntos de inicio y final en los circuitos estudiados. También con la opción “Polígono” se realizó lo que corresponde a los urbanismos, a los cacos centrales de cada pueblo visitado, los polígonos obtenidos con Google Earth son lo suficientemente precisos como para medir su área real, inclusive si están situados en zonas de pendiente, cosa que puede comprobarse comparándolos con medidas tomadas con GPS.

Una vez definidos todos los trazos en torno a la carretera y marcados los cascos de cada lugar obtuvimos una especie de mapa hecho por nosotros mismos como el que se muestra en la figura 19, el cual se guardó para luego importarlo al programa GLOBAL MAPER con el cual se llevó dicho mapa a coordenadas UTM para que el plano eléctrico que está en AutoCAD lo pudiese ajustar.

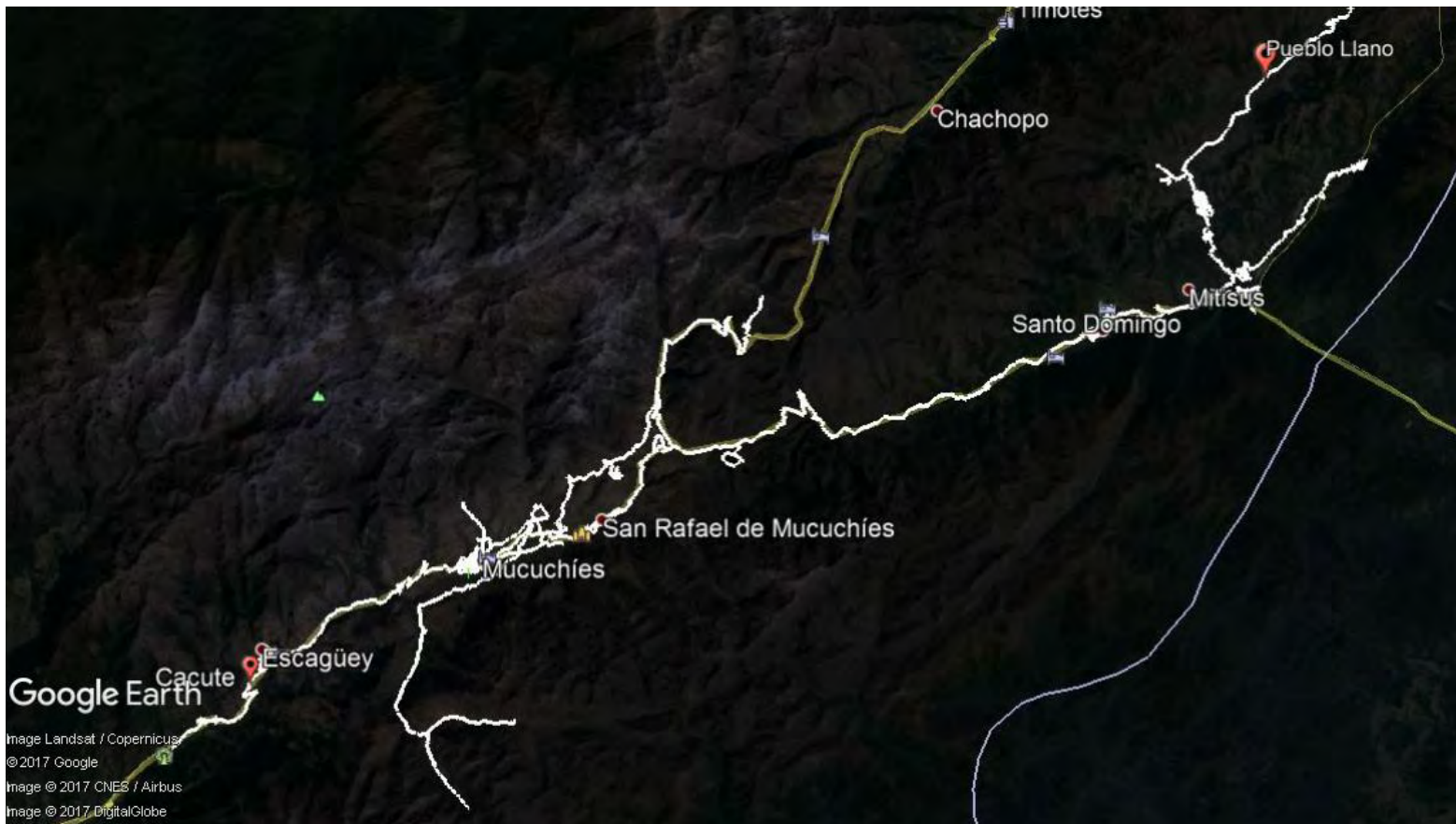


Figura 19: Vialidad de los Municipios Rangel, Cardenal Quintero y Pueblo Llano

En este capítulo se realizan las propuestas para garantizar la continuidad y mejorar la calidad del servicio eléctrico, disminuir la posibilidad de falla y la coordinación de protecciones de los circuitos ramales. También hace referencia al instrumento de registro realizado con toda la información obtenida y el levantamiento de la vialidad.

CONCLUSIONES

Luego de haber culminado y partiendo de los resultados obtenidos, se pueden dar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Se demostró que el cambio de conductor en los circuitos D-305 Apartaderos y D-105 Santo Domingo no es factible económicamente, ya que se tendría que cambiar todo el conductor de la troncal para ambos casos.
- Las mejoras inmediatas, como el aumento de capacidad de la S/E Mucuchíes y la incorporación de los bancos de regulación en los lugares señalados anteriormente, solventaran gran parte de la demanda futura del Sistema de Distribución de la zona, así como también minimizar la caída de voltaje presente en los circuitos D-305 Apartaderos y D-105 Santo Domingo.
- La creación de la S/E Santo Domingo permite que la S/E La Mitisus cuente con respaldo al momento de una falla y sean menos los suscriptores que queden sin servicio eléctrico, también la redistribución de las cargas satisface la futura demanda de los Municipios Cardenal Quintero y Pueblo Llano evitando la sobrecarga de los bancos de transformadores y minimizando la caída de tensión.
- Aplicar la instalación de los fusibles para la coordinación de protecciones en los circuitos ramales, protegiendo de esta manera el circuito troncal y en caso de falla sean menos la cantidad de usuarios afectados

RECOMENDACIONES

- Implementar planes de mantenimiento preventivo a las redes y subestaciones eléctricas para que de esta forma aumente la confiabilidad del sistema y disminuyan las interrupciones del servicio, producto de la falta de pica y pida, conexiones flojas o ilegales, y de algunos elementos que no cumplen con la norma como las crucetas de madera.
- Realizar un análisis de sensibilidad para determinar el porcentaje de reincidencia de conexiones ilegales, ya que estas deterioran las redes eléctricas existentes, introducen desbalances en las fases, sobrecargan los transformadores y originan fallas e interrupciones del servicio. Su control y reducción permite dar un mejor servicio al cliente e incrementar los ingresos de las empresas eléctricas.
- Efectuar un estudio en los medidores instalados en los diferentes sectores estudiados, para comprobar sus condiciones operativas, determinar si deben ser reemplazados y considerar la posibilidad de ser reubicados.
- Registrar de manera permanente las eventualidades que ocurran en el Sistema de Distribución de los diferentes circuitos, en los cuales se especifique las fallas ocurridas, indicando con exactitud la localización, tiempo y una descripción breve de las mismas, como un historial de demanda e interrupciones, que permita evaluar el comportamiento del circuito en momento o periodo determinado, donde se podrá juzgar y establecer alternativas para mejorar el servicio.
- Realizar un censo que permita determinar el nivel de crecimiento poblacional, para así adaptar el sistema de distribución a los futuros cambios que puedan presentarse.

- Dar a conocer al personal que labora en los distintos departamentos sobre el instrumento de registro que se elaboró, sabiendo que este posee la información más importante sobre todos los circuitos.
- Se recomienda desarrollar una estrategia para mantener actualizados los circuitos.
- Se recomienda extraer mensualmente la data de los reconectores, de modo que se tengan actualizada las demandas.
- Se recomienda instalar AutoCAD más actualizado ya que las nuevas versiones se han relacionado con múltiples plataformas, con el beneficio de poder exportar e importar archivos de todo tipo. Por ejemplo, podemos insertar una imagen, inclusive la vialidad se puedes extraer directamente de GOOGLE MAPS.
- Se recomienda instalar GOOGLE EARTH de manera que los pasantes puedan contribuir con el levantamiento de la vialidad.

www.bdigital.ula.ve

REFERENCIAS

Cuevas C., A, Hernández Q., J (2013). *Coordinación de Protecciones en un Sistema de Distribución*. Trabajo de Grado no publicado. Instituto Politécnico Nacional de México D.F.

Guzmán M., G (2012). *Manual para coordinación de fusibles en la red de media tensión*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad de Costa Rica.

Juárez, J. (1995). *Sistemas de Distribución de energía eléctrica*. México: Sans Serif Editores.

Moreno R., J. (2017). *Propuesta de Incorporación de dos nuevas Celdas De 13,8 Kv (Circuito D-805 Y D-905) en la Subestación Mérida I*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad de Los Andes. Mérida.

Ramírez S., Y. (2017). *Levantamiento, Estudio de Carga, Coordinación de Protecciones y Propuesta de Actualización de los Circuitos de las Subestaciones Mérida II y Mérida III*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad de Los Andes. Mérida.

Stevenson, W. (1976). *Análisis de los Sistemas Eléctricos de Potencia*. México: McGraw – Hill.

ANEXO

DIAGRAMA UNIFILAR

www.bdigital.ula.ve

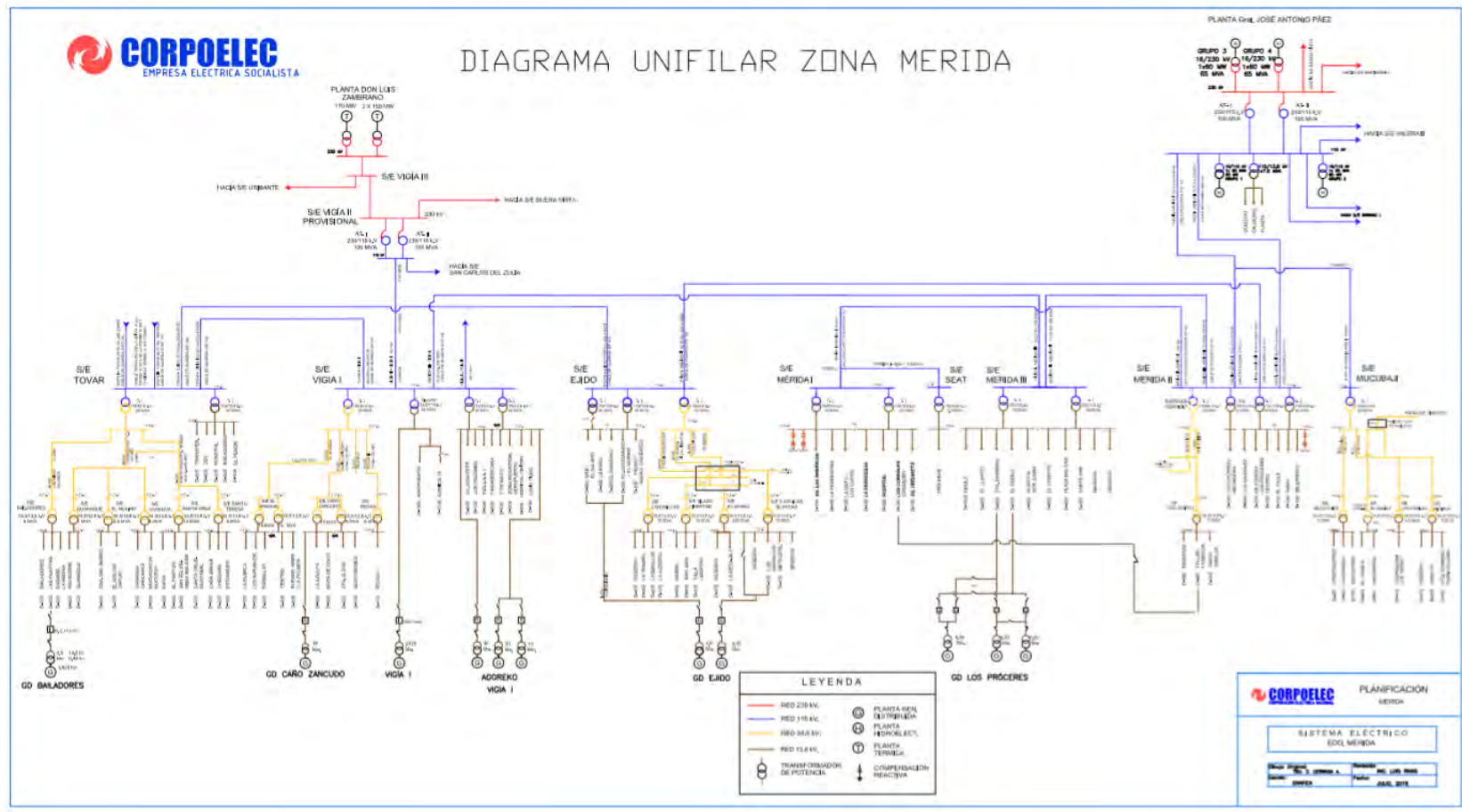


Figura 20: Diagrama Unifilar de Mérida