

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD



ELABORACION DE ALTERNATIVAS PARA EL
MEJORAMIENTO DEL SUMINISTRO ELECTRICO EN
MEDIA TENSION DE LA CIUDAD DE SAN JOSE DE LOS
ARROYOS, DEPARTAMENTO DE CAAGUAZU

Rody Danilo Lomaquis Calderón

Coronel Oviedo - Paraguay
Año 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

Elaboración de alternativas para el mejoramiento del suministro eléctrico en media tensión de la ciudad de San Jose de Los Arroyos, departamento de Caaguazú

Elaborado por:

Rody Danilo Lomaquis Calderón

Tutor:

Ing. Richard Rojas

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Electricidad

Coronel Oviedo - Paraguay
Año 2023

Página de aprobación

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electricidad aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Acta Nro.: -----

Fecha: -----

Calificación: -----

Dedicado a:

Este trabajo se lo dedico a Dios por las bendiciones y fortaleza espiritual que me ha dado para llegar a este logro tan importante en mi vida.

A mis padres con profunda admiración, por todo su apoyo para darme una formación profesional, por su comprensión y sacrificio en cada etapa de mi vida personal y académica, por su ejemplo de persistencia, dedicación, honestidad, respeto y por toda la formación integral que me brindaron.

A mis hermanos y demás familiares en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.

Agradecimientos

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

Resumen

La calidad del servicio es fundamental en la comercialización de energía eléctrica especialmente en alimentadores de media tensión, la ciudad de San José de los Arroyos es abastecida por los alimentadores COV 14 y COV 8, para mejorar el servicio en la ciudad en este trabajo se toma como objetivo principal el desarrollo de alternativas para mejorar el desempeño de estos alimentadores y sus índices de confiabilidad, por lo que se estudiaron datos de demanda y fallas en estos, para proponer dos alternativas que consisten en la implementación de un protocolo de operación de equipos tele-comandados y propuesta de cambio de conductores desnudos a protegidos. Logrando la reposición de zonas importantes de la ciudad en una media del 74 % de la carga abastecida y la mejora de niveles de pérdidas en los alimentadores.

Palabras claves: Media tensión, Distribución, Confiabilidad.

Abstract

The quality of the service is fundamental in the commercialization of electrical energy, especially in medium voltage feeders, the city of San José de los Arroyos is supplied by the COV 14 and COV 8 feeders, to improve the service in the city in this work it is taken as main objective the development of alternatives to improve the performance of these feeders and their reliability indices, for which demand data and failures in these were studied, to propose two alternatives that consist of the implementation of an operation protocol for tele equipment -commanded and proposal to change bare conductors to protected ones. Achieving the replacement of important areas of the city in an average of 74 % of the supplied load and the improvement of loss levels in the feeders.

Key words: Medium tension, Distribution, Reliability.

Índice general

1. Introducción	1
I Revisión Bibliográfica	3
2. Conceptos Generales	4
2.1. Antecedentes históricos	4
2.2. Definición de términos básicos	4
2.3. Teorías básicas	5
2.3.1. Sistemas de Distribución	5
2.3.2. Clasificación de los sistemas de distribución.	6
3. Tipos de redes de distribución	13
3.1. Sistemas de protección de distribución	14
3.1.1. Dispositivos de protección	15
3.1.2. Reconectores	15
3.1.3. Fusible	16
3.1.4. Seccionalizador	16

3.1.5.	Relevadores	17
3.1.6.	Protección contra sobretensiones	17
3.1.7.	Descargadores	19
3.1.8.	Hilos de Guarda	19
3.1.9.	Hilo de guarda con fibra óptica	20
4.	Confiabilidad	21
4.1.	Confiabilidad en los Sistemas Eléctricos	21
4.1.1.	Calidad del Servicio Eléctrico	22
4.1.2.	Fuera de Servicio.	23
4.1.3.	Caída de Tensión	23
4.1.4.	Perdidas de Potencia y Energía	24
4.1.5.	Indicadores de la calidad del servicio técnico	25
4.1.6.	FEP (Frecuencia Equivalente de Potencia)	25
4.1.7.	DEP (Duración Equivalente de Potencia)	25
II	Resumen Ejecutivo	27
5.		28
5.1.	Descripción del trabajo	28
5.1.1.	Métodos y Técnicas utilizadas	28
5.2.	Justificación	29
5.3.	Finalidad del proyecto	29

5.4. Metas	29
5.5. Objetivos	30
5.5.1. Objetivos generales	30
5.5.2. Objetivos específicos	30
5.6. Beneficiarios	30
5.7. Producto	30
5.8. Localización física y cobertura espacial	31
5.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas	31
5.10. Recursos necesarios	31
5.10.1. Recursos humanos	31
5.10.2. Recursos materiales	32
5.11. Costos	32
5.12. Beneficios	32
5.13. TIR y VAN	33

III Ingeniería de Diseño 34

6. Análisis de datos 35

6.1. Demanda	36
6.2. Análisis de eventos	38

7. Alternativas de mejoras en el servicio en media tensión 41

7.1. Protocolo de maniobras	42
---------------------------------------	----

7.1.1.	Fallas críticas de los alimentadores COV8 y COV14	42
7.1.2.	Tramos de fallas considerados para el alimentador COV8 y COV14	45
7.1.3.	Protocolo de maniobras para tramos principales	47
7.1.4.	Protocolo de maniobras propuesto	47
7.1.5.	Calculo de lucro cesante	49
7.2.	Linea protegida	50
IV		53
8.	Resultados y Discusión	54
9.	Conclusiones	56
10.	Recomendaciones	57
Apéndice		57
A.	Apéndices	58
A.1.	Demanda	59
A.2.	Análisis de eventos	63
A.2.1.	Eventos recabados, base de datos de la red COV-08	63
A.2.2.	Tiempo y cantidad de maniobras	66
A.2.3.	Informe de eventos	79
A.3.	Protocolo de maniobras	80

A.3.1. Cargas maniobradas	81
A.4. Análisis económico	82
Referencias	84

Lista de abreviaturas

ANDE: Administración Nacional de Electricidad.

TC: Transformador de corriente.

TP: Transformador de tensión.

PD: Puesto de distribución.

ETC: Equipo tele-comandado.

Glosario de términos

Alimentador: Corresponde al conjunto desde la posición de la estación hasta los puntos de consumo de energía eléctrica de clientes normalmente en 23 kV.

Maniobras: Consiste en la operación de equipos de media tensión, usualmente apertura y cierre de circuitos.

Perfil de tensión: Tensión en kV a lo largo de una red, se presenta como una gráfica de longitud versus tensión.

Índice de tablas

5.1. Costos de implementación de ambas alternativas	32
5.2. Flujo de caja	33
7.1. Datos de tramos considerada para análisis de fallas del alimentador COV8	45
7.2. Datos de tramos considerada para análisis de fallas del alimentador COV14	47
7.3. Protocolo de maniobras para tramos principales del COV8 y COV14	48
7.4. Protocolo de maniobra confeccionado para el COV8	48
7.5. Protocolo de maniobra confeccionado para el COV14	49
7.6. Ahorro o reducción de pérdidas por lucro cesante	50
7.7. Costos de cambio de conductor	52
A.1. Análisis de datos COV8	60
A.2. Análisis de datos COV14	60
A.3. Tramos de fallas considerados con sus promedios calculados	81
A.4. Promedios por alimentador	81
A.5. Lucro cesante de los alimentadores de COV8 - COV14 gs/hora	81
A.6. Compra de energía por año	82

A.7. Ahorro de energía por mejora en niveles de pérdidas	83
A.8. Crecimiento esperado y venta incremental	83

Índice de figuras

2.1. Línea aérea protegida	8
3.1. Red de distribución en arreglo radial	14
3.2. Red de distribución en arreglo anillado	15
6.1. Zona de influencia de los alimentadores COV-08 y COV-14	36
6.2. Demanda de (a) COV8 (b) COV14	37
6.3. Causas conocidas de fuera de servicio del COV-08, 2021	38
6.4. Hora y mes versus eventos de puente suelto	39
7.1. Esquema simplificado de ETC y consideraciones de fallas	43
7.2. Tramo de falla cercana a la cabecera del COV8 y COV14	44
7.4. Tramos de fallas considerados para el alimentador COV14	45
7.3. Tramos de fallas considerados para el alimentador COV8	46
7.5. Propuesta de cambio de conductor a línea protegida	52
A.1. Demanda de (a) COV8 (b) COV14	59
A.2. Informe DRC, perfil de tensión de alimentadores COV8 COV14	61

A.3. Informe DRC, niveles de carga y tensión de alimentadores COV8 COV14 .	62
A.4. Mímico del alimentador COV-08, 2021	63
A.5. Indisponibilidad de alimentadores 2021	79
A.6. Indisponibilidad de alimentadores 2022	80
A.7. Mímico del COV-08, actual	80
A.8. Mímico del COV-14, actual	81

Capítulo 1

Introducción

En este trabajo final se estudia la calidad del servicio en la ciudad de San José de Los Arroyos en media tensión 23 kV. La motivación para abordar el tema es la cantidad considerable de fueros de servicios que presenta el alimentador por su propia extensión, teniendo como objetivo la elaboración de alternativas para la mejora del servicio en media tensión de la citada ciudad.

Con la elaboración de estas alternativas se pretende aumentar los niveles de confiabilidad y por ende la recaudación de la empresa concesionaria de energía eléctrica, mejorando así la percepción por parte de los clientes hacia la empresa.

En el capítulo 2 se desarrollan los conceptos generales de media tensión, alimentadores, tipos de conductores utilizados en la red. En el Capítulo 3 se abordan los tipos de redes de distribución, radial y anillo, presentando las principales ventajas y desventajas de cada uno. En el capítulo 4 se desarrollan los conceptos de índices de confiabilidad, FEP y DEP.

En el capítulo 5 se describe la metodología utilizada para cumplir con las metas de este proyecto, la justificación, objetivos y además se realizan los cálculos financieros correspondientes.

En el capítulo 6 se analizan los datos de demanda de los alimentadores COV 8 y COV 1, buscando valores máximos y estadísticos de los mismos, también se evalúan datos de

fallas y fueros de servicio. En el capítulo 7 se desarrollan las alternativas, las cuales se proponen conjuntamente un protocolo de maniobras de equipos tele-comandados y una propuesta de cambio de conductor para mejorar el servicio en la zona.

Parte I

Revisión Bibliográfica

Capítulo 2

Conceptos Generales

2.1. Antecedentes históricos

En la Universidad Nacional de Caaguazú – Facultad de Ingeniería, Elisa Rojas Girett realizó un trabajo de grado sobre “Proyecto de sustitución de líneas eléctricas de distribución aérea desnuda de media tensión por líneas eléctricas de distribución aérea protegida de la Ciudad de Coronel Oviedo”. Con este trabajo se concluyó que con el cambio del sistema de distribución aérea de MT protegida se llega a mejorar la confiabilidad y la calidad de la energía eléctrica suministrada a los usuarios, obteniendo con mismo una reducción importante en el DEP y FEP ante un sistema de distribución aérea con conductores desnudos.

2.2. Definición de términos básicos

Alimentador: Circuito normalmente conectado a una estación receptora, que suministra energía eléctrica a uno a varios servicios directamente a varias subestaciones distribuidoras. Un alimentador eléctrico es un conductor que como su nombre indica es el encargado de suministrar toda la corriente que un grupo de cargas consume.

Conductor: Un conductor eléctrico es un material que ofrece poca resistencia al paso

de la electricidad. Generalmente son aleaciones o compuestos con electrones libres que permiten el movimiento de cargas.

Subestación: Una subestación eléctrica es una instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuada para la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

2.3. Teorías básicas

2.3.1. Sistemas de Distribución

Los sistemas de distribución forman una parte muy importante de los sistemas de potencia porque toda la potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y éstos se encuentran dispersos en grandes territorios. Así pues, la generación se realiza en grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad y la distribución en grandes territorios con cargas de diversas magnitudes. Por esta razón el sistema de distribución resulta todavía más complejo que el sistema de potencia. El sistema eléctrico de potencia (SEP) es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo. En operación normal todas las máquinas del sistema operan en paralelo y la frecuencia en todo el SEP es constante. La suma de inversiones en la generación y la distribución supera el 80 % de las inversiones totales en el SEP. Es fácil suponer que la mayor repercusión económica se encuentra en el sistema de distribución, ya que la potencia generada en las plantas del sistema se pulveriza entre un gran número de usuarios a costos más elevados.

Esto obliga a realizar las inversiones mediante la aplicación de una cuidadosa ingeniería en planificación, diseño, construcción y operación de alta calidad. La definición clásica de un sistema de distribución, desde el punto de vista de la ingeniería, incluye lo siguiente, Subestación principal de potencia, Sistema de transmisión, Subestación de distribución, Alimentadores primarios, Transformadores de distribución, Secundarios y servicios. Estos elementos son válidos para cualquier tipo de cargas, tanto en redes aéreas como en las subterráneas [6].

2.3.2. Clasificación de los sistemas de distribución.

Redes de distribución aéreas

Este tipo de construcción se caracteriza por su sencillez y economía, razón por la cual su empleo está muy generalizado. Se adapta principalmente para cargas residenciales, comerciales, industriales y domésticas. Los elementos principales en esta red (Transformadores, cuchillas, seccionadores, cables, etc.) se instalan en postes o estructuras de distintos materiales. La configuración más sencilla que se emplea para los alimentadores primarios es el de tipo arbolar, consiste en conductores gruesos en el troncal y de menor calibre en derivaciones y ramales. Cuando se desea mayor flexibilidad y continuidad es posible utilizar configuraciones más elaboradas.

Los movimientos de carga se realizan con juegos de cuchillas de operación con carga, que se instalan de maneras convenientes para poder ejecutar maniobras tales como trabajos de emergencia, ampliaciones de red, nuevos servicios, etc. En este tipo de red está muy generalizado el empleo de seccionalizadores, restauradores y fusibles, como protección del alimentador, para eliminar la salida del todo el circuito cuando hay fallas transitorias, las cuales representan un gran porcentaje del total de las fallas.

Redes de distribución subterráneas

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

Tiene las siguientes ventajas:

- Mucho más confiable ya que la mayoría de las contingencias mencionadas en las redes aéreas no afectan a las redes subterráneas.
- Son más estéticas, pues no están a la vista.
- Son mucho más seguras.

- No están expuestas a vandalismo.
- Tienen las siguientes desventajas:
- Su alto costo de inversión inicial.
- Se dificulta la localización de fallas.
- El mantenimiento es más complicado y reparaciones más demoradas.
- Están expuestas a la humedad y a la acción de los roedores.

Los conductores utilizados son aislados de acuerdo al voltaje de operación y conformados por varias capas aislantes y cubiertas protectoras. Estos cables están directamente enterrados o instalados en bancos de ductos (dentro de las excavaciones), con cajas de inspección en intervalos regulares. Un sistema subterráneo cuenta con los siguientes componentes: Ductos: que pueden ser de asbesto cemento, de PVC o metálicos con diámetro mínimo de 4 pulgadas.

Cables: pueden ser monopolares o tripolares aislado en polietileno de cadena cruzada XLPE, de polietileno reticulado EPR, en caucho sintético y en papel impregnado en aceite APLA o aislamiento seco elastomérico.

A pesar de que existen equipos adecuados, resulta difícil y dispendioso localizar las fallas en un cable subterráneo y su reparación puede tomar mucho tiempo, se recomienda construir estos sistemas en anillo abierto con el fin de garantizar la continuidad del servicio en caso de falla y en seccionadores entrada - salida.

Cámaras: que son de varios tipos siendo la más común la de inspección y de empalme que sirve para hacer conexiones, pruebas y reparaciones. Deben poder alojar a 2 operarios para realizar los trabajos. Allí llegan uno o más circuitos y pueden contener equipos de maniobra, son usados también para el tendido del cable. La distancia entre cámaras puede variar, así como su forma y tamaño.

Empalmes uniones y terminales: que permiten dar continuidad adecuada, conexiones perfectas entre cables y equipos.

Redes de distribución mixta

Es muy parecida a la red aérea, difiere de esta solo en que sus alimentadores secundarios en vez de instalarse en la mampostería se instalan directamente enterrados. Esta red tiene la ventaja de que elimina gran cantidad de conductores aéreos, favoreciendo con esto la estética del conjunto y disminuyendo notablemente el número de fallas en la red secundaria, con lo que aumenta por consecuencia la confiabilidad del sistema. El tipo de cable que por lo general se emplea es de aislamiento extruido directamente enterrado, con un transformador en poste alimentado desde una línea aérea y la bajada del cable al bus pedestal, desde donde se distribuye la energía a los servicios a través de cables secundarios directamente enterrados.

Línea protegida



Figura 2.1: Línea aérea protegida, fuente: ANDE

Los cables protegidos se aplican en sustitución de las redes aéreas convencionales y son indicados en locaciones donde son constantes las salidas de servicio causadas por contactos con objetos extraños a la red, en locaciones donde se requieren mejores índices de confiabilidad y seguridad y/o en optimizaciones de las instalaciones eléctricas, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Áreas de congestionamiento de circuitos (salida de subestaciones) Con una compac-

tación de las redes se tiene la posibilidad de instalar hasta cuatro (4) circuitos en una misma estructura;

- Áreas donde se exige un alto índice de confiabilidad debido a las características de los consumidores, tales como hospitales, emisoras de televisión, centros de procesamiento de datos, empresas altamente automatizadas y otras;
- Condominios cerrados, considerando los aspectos de confiabilidad, seguridad e impacto visual;
- En trazas de difícil acceso;
- En locaciones con densa arboleda;
- En áreas de difícil convivencia de las redes convencionales con las edificaciones;
- En áreas con frecuentes actos de vandalismo, en este caso la implantación de la red compacta deberá ser solamente en los sectores detectados de vandalismo;
- En áreas rurales con vegetación preservada por ley.

En redes compactas protegidas se utiliza un conductor de aluminio puro, cuerda circular compacta, provisto de una capa de material semiconductor, otra de polietileno reticulado (XLPE) resistente a la radiación solar, y por último una de polietileno de alta densidad (PEAD) a fin de lograr características contra el encaminamiento de descargas y compatibilidad con los accesorios poliméricos necesarios. No posee características correspondientes a un cable aislado, es decir, no presenta condiciones de aislación plena, ni confinamiento del campo eléctrico en el dieléctrico del aislante.

Las fases están distanciadas mediante el uso de espaciadores poliméricos, distanciados unos ocho metros, sostenidos por un hilo portante de acero de alta resistencia mecánica que se conoce como portante o fiador dado a que este es el que realiza el esfuerzo de sostener a los conductores de fases y protegerlas contra la caída de ramas y árboles; el mensajero no es aislado y cumple también con la función de hilo de guardia ya que se lo instala por encima de los cables protegidos. Este sistema permite reducir las distancias

entre fases logrando una disminución importante del espacio aéreo ocupado por la línea [8].

Ventajas y Desventajas Estas redes presentan importantes ventajas que debemos conocer: a) reducción de costos operativos: menor intervención en la red con reducción de costos de mantenimiento correctivo y preventivo; b) potencia transmitida: este tipo de instalación permite el montaje de hasta cuatro ternas utilizando la misma postación, por lo cual se disminuye la inversión inicial y posibilita una mayor potencia transmitida; c) reducción de la duración media de interrupciones y de la frecuencia media de interrupciones: es posible mejorar la calidad del servicio técnico dado a una reducción de las interrupciones accidentales y cortes programados; d) medioambiente: representan un menor impacto ambiental al reducir considerablemente los espacios de montajes y franjas de seguridad. Se reducen las podas de árboles tanto en frecuencia como en volumen, son de mayor estética y armonizan con el medioambiente; e) seguridad: reduce los riesgos de accidentes eléctricos del personal operativo, dado a una menor intervención del personal; f) reducción de pérdidas técnicas y mejoras en la capacidad de transporte: dado a una reducción de la impedancia en la línea, se obtienen menores pérdidas y un mayor momento eléctrico lo que permite incrementar la potencia transmitida; g) reducción de las franjas de seguridad: dado a la utilización de espaciadores, se disminuye la distancia entre fases, logrando una menor franja de seguridad.

La principal desventaja o inconveniente de este sistema se debe al deterioro de las propiedades aislantes de la capa de polietileno reticulado de alta densidad que poseen los cables protegidos, ya que, en caso de utilizar materiales poliméricos con distintas constantes dieléctricas a las del cable, pueden originarse descargas superficiales en el área de contacto entre ambos materiales, denominadas "caminamiento eléctrico" o "tracking". Estas descargas provocan el envejecimiento prematuro de los materiales aislantes empleados en las líneas de distribución compactas, pudiendo llegar a dañar la capa aislante del cable como así también a los espaciadores o aisladores, los cuales pueden llegar a sufrir desprendimiento de fragmentos componentes de los mismos e incluso la caída de los cables, llegando a producir la falla completa de la línea [8].

Componentes de una línea aérea de distribución en MT protegida

Cable mensajero o fiador Cable de acero galvanizado de alta resistencia también llamado fiador o cable portante con la función de soportar a cada 8 metros espaciadores poliméricos que van colgados a este cable. Los sistemas de amarre de los espaciadores al cable mensajero pueden ser mediante anillos de goma o amarre metálico preformado siendo que la fijación de los conductores a los espaciadores anillos de goma o ataduras sintéticas preformadas los cuales deben garantizar que la amarra no sufra deterioro acelerado debido a las condiciones climáticas existentes. Cable Mensajero Cable Protegido Ataduras Sintéticas.

Conductor de energía Cable de Aluminio protegido, ecológico y compacto (resistente al tracking) Los conductores podrán ser del tipo AAC, AAAC, ACSR. El número de capas aislantes pueden ser dos o tres dependiendo del fabricante. Separadores o Espaciadores: Material Polietileno de Alta Densidad (HDPE) garantizando un adecuado aislamiento entre fases y cable de acero además de tener resistencia al tracking. Para evitar la degradación por el efecto de rayos solares debe poseer compuesto anti UV. El tamaño debe ser seleccionado de acuerdo al nivel de voltaje 66 kv o 220kv, se debe considerar además el diámetro del conductor máximo que acomoda. Los sistemas de amarre de los conductores al espaciador deben ser mediante anillos de goma o ataduras sintéticas preformadas disminuyendo la posibilidad del conductor caer al suelo en caso de rotura del mismo. Espaciador Polimérico Romboidal Espaciador Polimérico Vertical.

Anillos de amarre Material 100% silicona alta elasticidad y elevada resistencia a rotura son utilizados para fijar los conductores fase en los aisladores espiga (tipo PIN), espaciadores y separadores tipo vertical.

Aisladores Poliméricos tipo Suspensión o Anclaje Material 100% goma de silicona de color gris con elevada resistencia al tracking, poseen compuesto anti UV evitando la degradación por el efecto de rayos solares, disponibles para los voltajes de 15kV y 25 kv, presentan núcleo en fibra de vidrio con terminales en aluminio o hierro fundido

galvanizado según ASTM A 153 otorgando elevada resistencia mecánica a la tracción en fines de líneas. Diseñados para operar en zonas de elevada corrosión los aisladores ofrecen resistencia a la severa contaminación ambiental, excelente control de la corriente de fuga, buena absorción de impactos, hidrofobicidad natural, químicamente propia de la silicona, niveles superiores de sostenimiento eléctrico al impulso de tensión aplicada. Los aisladores integran el mix de elementos utilizados en la red de distribución aérea compacta y normal en general empleados.

Espaciador Accesorio de formato poligonal para utilización en líneas compactas clase 66 kv o 220 kv. Colgado de un cable mensajero, su función es la sustentación y separación de los cables protegidos a lo largo del vano, manteniendo la aislación eléctrica de la línea. El Espaciador Poligonal está fabricado en polietileno de alta densidad de color ceniza y fue desarrollado exclusivamente para obtener excelentes características mecánicas y satisfacer los requisitos de resistencia los rayos ultravioletas, al tracking eléctrico y a la intemperie, exigidos en este tipo de líneas

Capítulo 3

Tipos de redes de distribución

Existen dos tipos fundamentales de redes de distribución:

- Radial
- Anillado (Paralelo)

Radial: son los de uso principal. Consisten en poseer un conjunto de alimentadores de alta tensión, que suministran potencia en forma individual, a un grupo de transformadores. Cuando una red radial alimenta a transformadores, se obtienen las redes de distribución de baja tensión, normalmente trifásicas de cuatro hilos, y siempre del tipo sólidamente aterrizadas. Una desventaja de los sistemas radiales es que, al fallar un transformador, su alimentador en alta tensión, todos los clientes de baja tensión asociados a ese transformador quedan sin suministro. No son redes que aseguren una buena continuidad del servicio, pero son económicas, figura 3.1.

Anillado: se caracteriza por tener el lado primario del transformador conectado a una barra donde le llegan dos puntos de alimentación, proporcionando así una continuidad del servicio en caso de que ocurra una falla en algunos de los extremos de alimentación. Pudiendo se suministrar la energía por el punto de alimentación que está en operación sin falla. Como se había mencionado anteriormente una gran ventaja que presenta esta

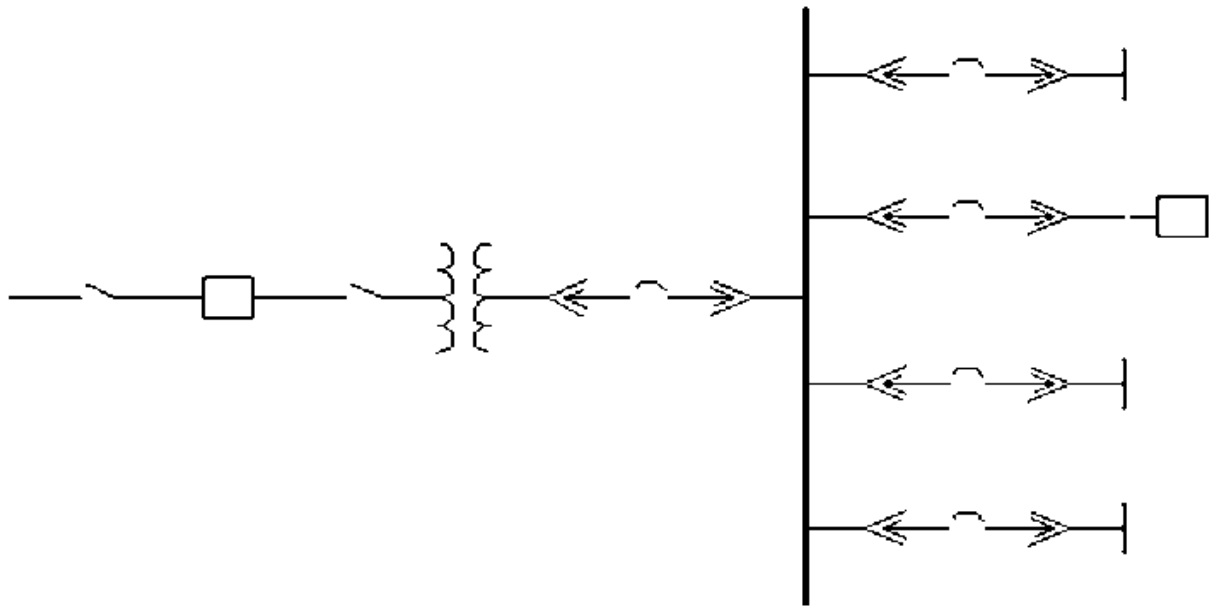


Figura 3.1: Red de distribución en arreglo radial

topología es la continuidad del servicio no así en un circuito radial, no obstante, cabe mencionar que el sistema se hace más complejo en las operaciones [2].

3.1. Sistemas de protección de distribución

Los sistemas de protección en distribución protegen las fallas de corto circuito y sobrecarga por medio de relevadores con interruptores de potencia, por medio de fusibles, por restauradores, así como por seccionadores automáticos de línea. Las consideraciones de selectividad, continuidad del servicio y confiabilidad que se aplican a la protección de los sistemas de potencia, son válidas también para los sistemas de distribución. Al igual que en la protección con relevadores, los elementos de protección de las redes de distribución deben coordinarse de tal manera que en todos los casos se tenga disparo selectivo. Se debe tomar en cuenta además la presencia del recierre automático que tienen los restauradores, lo que obliga a coordinar en tal forma que se tenga una mayor continuidad del servicio.

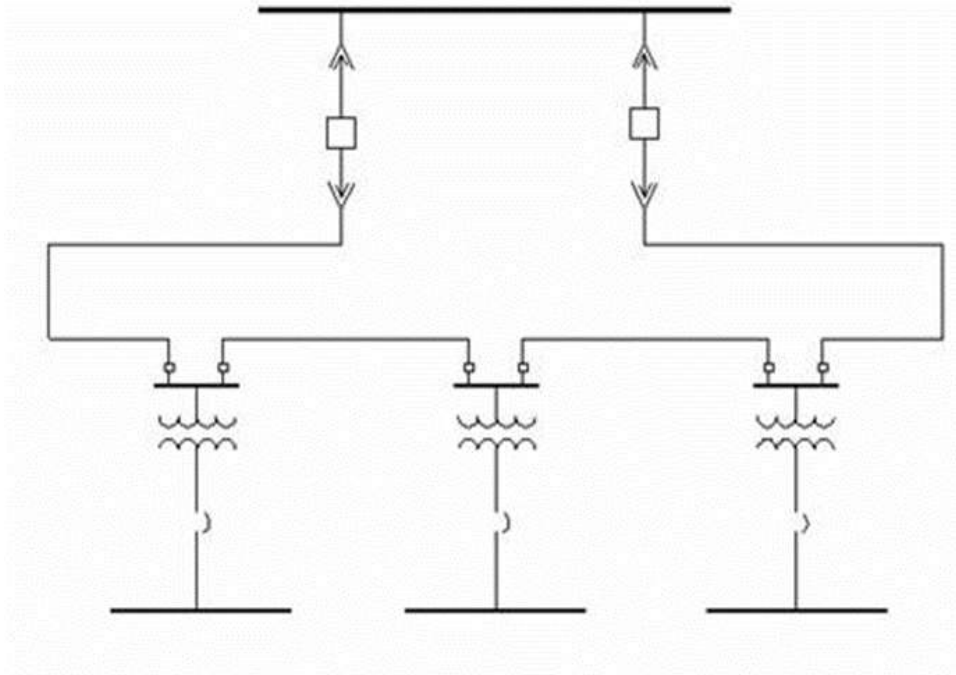


Figura 3.2: Red de distribución en arreglo anillado

3.1.1. Dispositivos de protección

Las redes de distribución se protegen contra las fallas de corto circuito y sobrecarga por medio de relevadores con interruptores de potencia, por medio de fusibles, por restauradores, así como por seccionadores automáticos de línea. Las consideraciones de selectividad, continuidad del servicio y confiabilidad que se aplican a la protección de los sistemas de potencia, son válidas también para los sistemas de distribución. Al igual que en la protección con relevadores, los elementos de protección de las redes de distribución deben coordinarse de tal manera que en todos los casos se tenga disparo selectivo. Se debe tomar en cuenta además la presencia del recierre automático que tienen los restauradores, lo que obliga a coordinar en tal forma que se tenga una mayor continuidad del servicio.

3.1.2. Reconectores

El Reconector es un interruptor con reconexión automática, instalado preferentemente en líneas de distribución. Es un dispositivo de protección capaz de detectar una sobre corriente, interrumpirla y reconectar automáticamente para re energizar la línea. De esta

manera, si la falla es de carácter permanente el reconectador abre en forma definitiva después de cierto número programado de operaciones, de modo que aísla la sección fallada de la parte principal del sistema. La tarea principal de un reconectador entonces es discriminar entre una falla temporal y una de carácter permanente, dándole al primer tiempo para que se aclare sola a través de sucesivas reconexiones; o bien, sea despejada por el elemento de protección correspondiente instalada aguas abajo de la posición del reconectador, si esta falla es de carácter permanente.

3.1.3. Fusible

El fusible es dispositivo utilizado para proteger dispositivos eléctricos y electrónicos. Este dispositivo permite el paso de la corriente mientras ésta no supere un valor establecido. Un fusible está compuesto por un filamento o lamina de metal que se quema para cortar el paso de la corriente eléctrica. Si por cualquier razón esta corriente comienza a aumentar, y llegara a entrar al circuito con un valor demasiado alto, arruinaría el dispositivo eléctrico. Para eso se coloca un fusible antes de que la corriente ingrese al circuito. Si la corriente es muy elevada, hará aumentar la temperatura del filamento, por lo que comenzará a derretirse. Esto hará que el circuito se abra, no dejando pasar más corriente, y haciendo que la corriente elevada no llegue al circuito [10].

3.1.4. Seccionalizador

Un Seccionalizador es un dispositivo de apertura de un circuito eléctrico que abre sus contactos automáticamente mientras el circuito está desenergizado por la operación de un interruptor o un restaurador. Debido a que este equipo no está diseñado para interrumpir corrientes de falla, se utiliza siempre en serie con un dispositivo de interrupción. Así mismo, como no interrumpe corrientes de falla no tiene características t-I, lo que constituye una de sus mayores ventajas y facilita su aplicación en los esquemas de protección. Un seccionalizador es un dispositivo de protección que aísla una sección de una línea de distribución donde ocurre una falla. Este es normalmente utilizado en conjunto con un

reconectador ya que no tiene la capacidad de aislar la falla por sí solo.

La incorporación de este tipo de dispositivos en alimentadores de distribución protegidos por interruptores o restauradores hace posible que las fallas puedan ser aisladas o seccionadas, confinando la zona del disturbio del alimentador a una mínima parte del circuito, y por tanto, afectar solamente a los usuarios conectados a esa derivación. El seccionador nunca debe ser instalado en las troncales o derivaciones importantes.

3.1.5. Relevadores

En las redes de distribución se utilizan básicamente protecciones de sobrecorriente con relevadores instantáneos y con retardo, ya sea de tiempo inverso o de tiempo definido (niveles ANSI 50/51 para las fallas entre fases y 51N para las fallas a tierra). Los relevadores de tiempo inverso son relevadores de tipo de inducción electromagnética, cuyo tiempo de disparo depende del valor de la corriente que hace operar al relevador (figura IX.3). Los relevadores instantáneos normalmente son de atracción magnética, al igual que los de tiempo definido; sin embargo, en estos últimos se tiene un relevador de tiempo que retarda el disparo según se requiera.

Actualmente se usan relevadores estáticos, que pueden tener características similares a los de tiempo definido, y de tiempo inverso, aunque sus curvas generalmente son en mayor número y sus tiempos de disparo de mayor precisión. Los relevadores estáticos generalmente incluyen también funciones de medición, con lo que se reducen los equipos en los tableros. Los relevadores estáticos están finalmente desplazando a los relevadores electromecánicos tanto en los sistemas de distribución como en los de potencia.

3.1.6. Protección contra sobretensiones

Las redes de distribución, al igual que el sistema de potencia, están sujetas a posibles sobretensiones, sean de origen externo o interno. Las sobretensiones de origen externo se deben a las descargas atmosféricas y al contacto directo con líneas que tengan mayor

tensión. Las sobretensiones de origen interno se producen a causa de las maniobras de apertura de interruptores, de las fallas de fase o dos fases a tierra, o bien, de energización de líneas de transmisión, resonancia armónica, conductores abiertos, pérdida súbita de carga, energización de líneas con capacitores serie y por fenómenos de ferorresonancia. En las líneas de muy alta tensión, como las de 500 KV o más, las sobretensiones que representan mayor peligro son las de origen interno, en tanto que en las redes de distribución las sobretensiones de origen externo son las mayores. Las sobretensiones externas son de corta duración, pero no por esto dejan de ser muy peligrosas para los diversos elementos de las redes de distribución. La duración de las sobretensiones originadas por maniobra de interruptores es de 2 a 3 ciclos y alcanzan de 2 a 3 veces la tensión nominal de la red. Las sobretensiones de origen interno se pueden reducir principalmente por medio del aterramiento de los neutros, ya sea directamente o a través de resistencias, reactores o bobinas de Petersen. Los apartarrayos de óxido de zinc pueden proteger contra resonancia y ferorresonancia. Las sobretensiones por fenómenos de ferorresonancia se presentan principalmente en los transformadores que se encuentran conectados en delta-estrella aterrizada, es decir, del lado de la delta el neutro es flotante.

Si el transformador se conecta en estrella aterrizada por el lado AT y de BT el fenómeno de ferorresonancia se elimina. Las sobretensiones por rayo se reducen empleando hilos de guarda, aterrizamiento de neutros, bayonetas, cuernos de arqueo y apartarrayos auto valvulares o de óxido de zinc. Los apartarrayos de óxido de zinc tienen características muy superiores a los autos valvulares, ya que operan con gran precisión y eliminan la corriente residual con rapidez. Todos los apartarrayos deben cumplir con dos funciones básicas: derivar las sobretensiones y corrientes de rayo a tierra y eliminar la corriente residual que se produce por la tensión normal del sistema después de que se eliminó la sobretensión. Para tal efecto los apartarrayos presentan menor resistencia cuanto mayor es la tensión [10].

3.1.7. Descargadores

Los descargadores de sobretensión son una ayuda esencial para la coordinación del aislamiento en sistemas eléctricos de potencia. Equipos altamente valiosos pueden ser protegidos contra rayos y sobretensiones de maniobras. Si las reglas básicas se mantienen, los pararrayos de óxido metálico ofrecen completa protección contra sobretensiones. Además, ofrecen un porcentaje de averías del 0 Los costos de los pararrayos en sistemas de abastecimiento en energía eléctrica son menores al 1 La alta disponibilidad y los bajos costos de los pararrayos facilitan nuevas aplicaciones como pararrayos para líneas de transmisión. Como resultado, los pararrayos convencen con una calidad de mejora de los sistemas de abastecimiento de energía eléctrica [7].

3.1.8. Hilos de Guarda

Cable que soportado directamente en lo más alto de los apoyos de una línea aérea (sobre los conductores de fase) y, a lo largo de ella, sirve de cobertura protectora contra los rayos que, en su caso, descargan a tierra por el cable que lo conecta a ésta en los apoyos. Las descargas sobre el cable de guarda inducen sobretensiones en los cables de fase de menor valor que si fueran directa.

Resulta perjudicial a nivel de seguridad eléctrica y del propio transporte de energía es cuando un rayo impacta en el cable, éste sufre una degradación de material, es decir, la energía generada del rayo en el punto de contacto del cable, crea la fusión del material y pérdida de éste, por un lado, y por otro, la modificación de su resistencia mecánica. Un cable afectado por rayo, es un peligro inminente para el suministro eléctrico, ya que se puede partir y cortocircuitar los cables de tensión que están por debajo de él, creando más chispazos y fusión de los cables de tensión. El problema no es la desconexión del servicio, el problema es que seguramente este deterioro no se percibe en el momento de la reparación y más adelante puede aparecer el accidente de verdad [7].

3.1.9. Hilo de guarda con fibra óptica

Un cable de guarda con fibra óptica (también conocido como OPGW o en el estándar IEEE, un cable de guarda aéreo compuesto con fibra óptica) es un tipo de cable que se utiliza en la construcción de líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica. Tal cable combina las funciones de conexión a tierra y de comunicaciones. Un cable OPGW contiene una estructura tubular con una o más fibras ópticas en el mismo, rodeadas por capas de hilos aluminio y acero. Ver figura en el anexo 2. El cable OPGW se instala entre la parte superior de las estructuras de alta tensión. La parte conductora del cable sirve para unir las puestas a tierra de las estructuras adyacentes, protegiendo a las estructuras de las descargas atmosféricas. Las fibras ópticas dentro del cable se utilizan para la transmisión de datos a alta velocidad, ya sea para uso propio del sistema eléctrico de protección y control de la línea de transmisión, para la comunicación de voz y datos, o pueden ser alquilados o vendidos a terceros para servir como una interconexión de fibra de alta velocidad entre diferentes ciudades.

La fibra óptica en sí está aislada del resto del conductor aéreo de la línea de transmisión eléctrica, por lo que protege las señales que transmite contra la inducción producida por una descarga atmosférica, el ruido externo y la diafonía. Típicamente los cables OPGW contienen fibras ópticas mono modo con baja pérdida de transmisión, lo que permite la transmisión a larga distancia y alta velocidad. La apariencia externa de OPGW es similar a un conductor ACSR o, generalmente utilizado como conductor de transmisión eléctrica.

Una utilidad puede instalar muchas más fibras de lo que necesita para sus comunicaciones internas, tanto para permitir a las necesidades futuras y también para arrendar o vender a las compañías de telecomunicaciones. Las tasas de alquiler para estos “fibras oscuras” (repuestos) pueden proporcionar una valiosa fuente de ingresos para la compañía eléctrica. Sin embargo, cuando se han expropiado los derechos de vía de una línea de transmisión de los terratenientes, de vez en cuando los servicios públicos se han restringido de tales contratos de arrendamiento sobre la base de que el derecho de paso original sólo se concedió para la transmisión de energía eléctrica.

Capítulo 4

Confiabilidad

4.1. Confiabilidad en los Sistemas Eléctricos

La confiabilidad de los sistemas eléctricos es una herramienta que se inició desde hace mucho tiempo, pero en los últimos años se le ha dado mucha importancia porque algunos clientes de energía eléctrica requieren para sus cargas, sistemas de suministro eléctrico con una continuidad casi perfecta. La confiabilidad es un aspecto que se trata con mucha discreción, porque es un modo de definir o evaluar el funcionamiento de un sistema eléctrico, de un proceso, de un subsistema y hasta de un grupo de personas. También es la forma de evaluar un producto y así poder definir si es rentable para el desarrollo de las actividades de una empresa. Por tanto, los índices de confiabilidad en muchas empresas son confidenciales.

La Confiabilidad es un tema que siempre se ha mezclado con la Calidad de la Energía. En los últimos años se está presentando una creciente necesidad de los clientes de suministro eléctrico por una onda de voltaje casi pura, y el uso creciente de cargas de equipos electrónicos delicados, en donde las impurezas en la forma de onda de voltaje y las interrupciones en el suministro eléctrico serán temas que reducen la confiabilidad de las redes eléctricas. La Confiabilidad también es una herramienta muy poderosa para justificar una inversión, basada en el comportamiento real de un sistema actual y futuro [5].

4.1.1. Calidad del Servicio Eléctrico

La energía eléctrica representa el principal insumo que mueve al mundo industrial; sin ella, nuestras empresas se detendrían y las economías enteras entrarían en crisis. Por eso es vital saber administrarla. Aproximadamente el 55 % de la energía eléctrica producida es consumida por los sectores comercial e industrial. Por lo tanto, el buen uso de la energía eléctrica le permite, a su empresa, ser cada vez más competitiva, en una economía que tiende a la globalización, así el ahorro de energía es una alternativa viable para reducir costos de operación y mejorar los niveles de competitividad dentro del mundo industrial.

La calidad de la energía eléctrica puede definirse como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Así mismo se ha determinado que uno de los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía eléctrica en las empresas es la calidad de esta, pues influye en la eficiencia de los equipos eléctricos que la usan. Actualmente, la calidad de la energía es el resultado de una atención continua; en años recientes esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales por sí solas, resultan ser una causa de la degradación en la calidad de la energía eléctrica. La calidad de servicio viene configurada por el siguiente contenido:

- Continuidad del suministro, relativa al número y duración de las interrupciones del suministro.
- Calidad del producto, relativa a las características de la onda de tensión.
- Calidad en la atención y relación con el cliente, relativa al conjunto de actuaciones de información asesoramiento, contratación, comunicación y reclamación.

4.1.2. Fuera de Servicio.

Los fueros de servicio son eventos que ocurren cuando ocurre una falla en el alimentador o en cualquier parte del sistema eléctrico, muchas veces es el resultado de la actuación de las protecciones que cumplen la función de proteger al sistema y otras veces un fuera de servicio significa que un componente del sistema eléctrico dejó de funcionar. En cualquiera de los casos los fueros de servicios son eventos desagradables y molestos tanto a los usuarios como a la empresa concesionaria que debe preocuparse por encontrar el problema, solucionarlo y restablecer el servicio eléctrico.

4.1.3. Caída de Tensión

Como se ha dicho, uno de los índices principales de la calidad de la energía eléctrica es el voltaje y, por lo tanto, éste se debe ofrecer al usuario dentro de los límites normalizados. En las líneas de distribución y en otros elementos se presentan caídas de tensión que deben evaluarse con todo cuidado, con el propósito de que en las variaciones normales de carga el voltaje se mantenga dentro del rango normal.

Una caída de tensión más allá de 10 % causa problemas a los usuarios de la energía eléctrica. Por ejemplo, los motores de inducción tienen un momento de giro proporcional al cuadrado del voltaje ($M = KV^2$), y si el voltaje llega a caerse, el motor puede continuar operando, pero con un mayor deslizamiento, una mayor corriente y, por lo tanto, tendrá una temperatura superior a la normal. Si la caída de tensión es profunda, el motor tira la carga, o sea que se frena al estar operando.

Un motor que, estando en operación, se frena por la caída de tensión, reduce su factor de potencia a valores de 15 a 35 %, por lo que consume gran cantidad de reactivos, y esto contribuye eficazmente a profundizar la caída de tensión. Si estos motores forman parte de los servicios propios de una central termoeléctrica de gran capacidad, pueden causar la salida del sistema al producir un colapso de voltaje.

En la misma forma, los aparatos domésticos también pueden funcionar mal por el bajo

o alto voltaje, por ejemplo, los televisores que se alimentan con menos de 100 V pierden la imagen, aunque conservan el sonido. En las mismas condiciones, los motores de los refrigeradores no arrancan. Las lámparas incandescentes con bajo voltaje alumbran poco y aumentan su vida útil, en tanto que con alto voltaje alumbran mucho y duran poco. Las luminarias de descargas en gases de plano no arrancan con bajo voltaje.

4.1.4. Pérdidas de Potencia y Energía

En los sistemas de potencia y de distribución, las pérdidas de potencia y energía resultan inevitables; no obstante, debe hacerse todo lo posible por reducirlas a su mínima expresión y además cuantificarlas, con el propósito de hacer el diseño de las redes e instalar la capacidad adicional que sea necesaria.

Aunque en todos los elementos de la red se tienen pérdidas, el lugar sobresaliente lo ocupan, sin lugar a dudas, los transformadores y las líneas. Aun cuando los transformadores son muy eficientes, en ellos se registran más pérdidas que en los generadores, puesto que tienen en conjunto cuatro o más veces la potencia instalada de los generadores. Esto se debe a que se requieren varias etapas de transformación entre la generación y el consumo, además de que las cargas se encuentran dispersas en territorios muy extensos. Las líneas se caracterizan por funcionar en condiciones buenas o malas, por lo que, cuando la línea ha sido mal diseñada, se tienen grandes pérdidas de potencia y de energía. Las máquinas rotatorias, en cambio, si están mal diseñadas no funcionan o no cumplen con las normas de acuerdo con las cuales se fabrican. También los reactores causan importantes pérdidas de potencia y energía ya que son reactancias de valores más o menos considerables. Los reactores se usan para limitar las corrientes de corto circuito en centrales generadoras y subestaciones de distribución de gran potencia. El valor de la reactancia de los reactores es del orden de 1 % cuando se instalan en líneas y de 10 % cuando son de sección.

4.1.5. Indicadores de la calidad del servicio técnico

Los indicadores de la calidad de Servicio Técnico evalúan la continuidad del servicio de energía eléctrica que la Distribuidora brinda a los usuarios, midiendo los parámetros de frecuencia media de Interrupciones, tiempo total de Interrupción y la energía no suministrada. Se considerará como interrupción toda falta de servicio de energía eléctrica en el punto de entrega.

4.1.6. FEP (Frecuencia Equivalente de Potencia)

Es el número de interrupciones equivalente de la potencia instalada en media tensión, en un periodo de tiempo considerado, la fórmula empleada es:

$$FEP = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i)}{\text{Pot. instalada total}} \quad (4.1)$$

En donde:

$\sum_{i=1}^n (P_i)$: Sumatoria de todas las potencias individuales, en kVA, afectadas por una interrupción.

Pot. instalada total: Potencia instalada total, en kVA, del sistema eléctrico en estudio.

4.1.7. DEP (Duración Equivalente de Potencia)

Es la duración de interrupciones equivalente de la potencia instalada en media tensión, en un periodo de tiempo considerado, la fórmula empleada es:

$$FEP = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times t_i)}{\text{Pot. instalada total}} \quad (4.2)$$

En donde:

$\sum_{i=1}^n (P_i \times t_i)$: Sumatoria de todos los productos de las potencias individuales, en kVA, por el tiempo de la interrupción, en horas.

Parte II

Resumen Ejecutivo

Capítulo 5

5.1. Descripción del trabajo

En este trabajo se evalúan alternativas para mejorar el servicio en media tensión en la ciudad de San José, primeramente se realiza un análisis de datos de demanda y de eventos de fuera de servicio de los alimentadores que sirven a la zona, posteriormente con estos datos se proponen las mejoras a realizar en la zona, y un protocolo de maniobras de equipos de protección.

5.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas

Este trabajo es de carácter descriptivo porque busca determinar las principales causas de fuera de servicio de alimentadores en media tensión, además se explora datos de demanda para las respectivas simulaciones.

De enfoque cualitativa y cuantitativa porque se exploran datos numéricos como también datos de la calidad de servicio.

Se utilizó la técnica de simulaciones para conocer el efecto de aplicar las alternativas propuestas.

5.2. Justificación

La importancia de tener energía eléctrica confiable y continuo es una de las metas en el campo eléctrico en la actualidad, ya que la energía eléctrica es estratégica para el desarrollo de toda economía. Es difícil imaginar una sociedad sin energía eléctrica o con deficiencias en el suministro y servicio de la misma.

Con la realización de este trabajo vamos a lograr que la Ciudad de San José de los Arroyos cuente con un servicio confiable y de mejor calidad en el suministro de energía eléctrica, permitiendo a la población desarrollar sus actividades diarias de manera normal, tanto en el área comercial, micro-industrias y residenciales evitando pérdidas económicas por falta de energía.

Los beneficiarios principales serán los usuarios de la Ciudad de San José de los Arroyos por la posibilidad de tener una mayor confiabilidad de suministro eléctrico y la entidad prestadora de servicios ANDE, que con este proyecto de fin de grado una vez encontrado una solución más factible podrá aplicar directamente esa solución y así brindar un servicio garantizado y confiable para su crecimiento y desarrollo.

5.3. Finalidad del proyecto

Con el desarrollo de este Proyecto se busca conocer los datos de demanda y fueros de servicio de los alimentadores que sirven a la zona de San José.

Finalmente mejorar los índices de confiabilidad sobre estos.

5.4. Metas

Analizar al menos dos alternativas de mejoras para la ciudad de San José.

5.5. Objetivos

5.5.1. Objetivos generales

Elaborar alternativas para el mejoramiento del suministro eléctrico en media tensión de la Ciudad de San José de los Arroyos.

5.5.2. Objetivos específicos

- Relevar datos del estado actual de los alimentadores COV 8 Y COV 14.
- Determinar las principales causas de fuera de servicios del alimentador COV 8.
- Definir criterios técnicos a ser considerados para la mejora del servicio pretendido.
- Elaborar las alternativas para el mejoramiento del suministro eléctrico en la ciudad.
- Realizar evaluación económica para seleccionar de la alternativa a ser propuesta.

5.6. Beneficiarios

El beneficiario principal de este trabajo es la empresa ANDE. Por otra parte, los usuarios, al tener un mejor servicio en la zona.

5.7. Producto

Conocimiento sobre demanda y eventos de alimentadores, además, proyectos para mejorar el servicio en media tensión.

5.8. Localización física y cobertura espacial

Este proyecto se lleva a cabo en la ciudad de San José, departamento de Caaguazú.

5.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas

En este Proyecto Final de Grado se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Relevamiento de datos, de demanda y eventos de alimentadores de media tensión.
- Revisión de bibliografía necesaria para la ejecución del proyecto.
- Análisis de los datos obtenidos.
- Propuesta de alternativas, a raíz de los datos analizados.
- Elaboración de las alternativas, proyectos y manuales de operación.
- Análisis en entorno de simulación las alternativas.
- Análisis financiero de las alternativas.

5.10. Recursos necesarios

5.10.1. Recursos humanos

Se utilizaron los siguientes recursos humanos:

- Proyectista.
- Tutor.
- Operadores de la empresa ANDE.

5.10.2. Recursos materiales

Para la ejecución del presente proyecto final de grado fueron necesarios los siguientes materiales:

- Biblioteca web.
- Computadora.
- Software de simulación.

5.11. Costos

En esta sección se evalúan los costos de implementar ambas alternativas, ya que al final del trabajo se realiza dicha recomendación, para esto se tiene en cuenta la tabla 7.7, además teniendo en cuenta la instalación de 12 equipos tele-comandados a un costo unitario de 13.000 dólares cada uno, se plantea la tabla 5.1.

Costos	
Línea Protegida	7.687.825.992
Equipos	1.123.200.000
Total	8.811.025.992

Tabla 5.1: Costos de implementación de ambas alternativas

El costo de compra de energía se presenta en la tabla A.6. Los costos de mantenimiento de la línea protegida se estiman en 20.000.000 Gs. al año, esto no implica mantenimiento de los equipos tele-comandados pues no requieren de ello según las especificaciones.

5.12. Beneficios

Para el cálculo de beneficios se tuvo en cuenta varios índices, primeramente se considera una venta incremental de energía en contrato de 400 kW. El crecimiento vegetativo se

considera en valor del 10 % según datos comerciales de la empresa. El factor de carga es obtenido en la sección 6.1.

En la tabla A.7, se consideran los ahorros en la mejora de las pérdidas del alimentador, este valor (15 kW en demanda máxima) surge de la simulación realizada en conjunto con el Departamento de Operación de Distribución, sobre la base de datos de la empresa.

Para los beneficios de la de energía, se tuvo en cuenta la demanda máxima de ambos alimentadores relacionado al factor de carga de los mismos. Se sumaron las corrientes de ambos para obtener valores en kWh, esto se aprecia en la tabla A.8.

5.13. TIR y VAN

Se calculo el VAN y el TIR a un horizonte de 10 años, en la tabla 5.2 se observa el flujo de caja obtenido. El VAN a los 10 años es de 5.028.136.941 Gs. y el TIR de 20.51 %.

	Beneficio	Costo	Año	Flujo neto	Van Acumulativo
0			0	-8.811.025.992	
1	2.199.627.065	1.636.997.888	1	562.629.177	-8.248.396.815
2	3.856.168.774	2.861.119.447	2	995.049.327	-7.253.347.489
3	5.645.260.149	4.183.170.731	3	1.462.089.418	-5.791.258.071
4	7.577.507.796	5.610.986.117	4	1.966.521.679	-3.824.736.392
5	9.664.367.114	7.153.026.735	5	2.511.340.379	-1.313.396.013
6	11.918.210.221	8.818.430.601	6	3.099.779.620	1.786.383.606
7	14.352.399.326	10.617.066.778	7	3.735.332.549	5.521.716.155
8	16.981.365.963	12.559.593.848	8	4.421.772.116	9.943.488.271
9	19.820.696.576	14.657.523.084	9	5.163.173.492	15.106.661.763
10	22.887.224.945	16.923.286.658	10	5.963.938.287	21.070.600.050

Tabla 5.2: Flujo de caja

Parte III

Ingeniería de Diseño

Capítulo 6

Análisis de datos

la ciudad de San José de Los Arroyos es servida en media tensión 23 kV, por los alimentadores COV-08 y COV-14, desde la Estación Coronel Oviedo.

Estos alimentadores también sirven a las localidades aledañas a dicha ciudad pertenecientes al distrito de San José, como así también al distrito de Nueva Londres y parte de la ciudad de Coronel Oviedo (Zona Oeste).

En la figura 6.1, se aprecia la zona de influencia de estos alimentadores, estos se extienden por la ruta PY02, a ambos márgenes, hasta la ciudad de San José, el alimentador COV-14 sirve parte de la ciudad y la localidad de Presidente Franco, límite con el departamento de Cordillera, mientras el COV-08 sirve parte de la ciudad y la localidad de Yhaka límite con el departamento de Guaira.

Según datos del departamento de operación de distribución en media tensión de la ANDE, la potencia instalada en últimos registros es:

- COV-08: 9.300 kVA
- COV-14: 11.300 kVA

Totalizando 20.600 kVA la potencia instalada en todo esta extensión, en este capítulo se desarrolla un análisis de la demanda de estos alimentadores y además un análisis de los

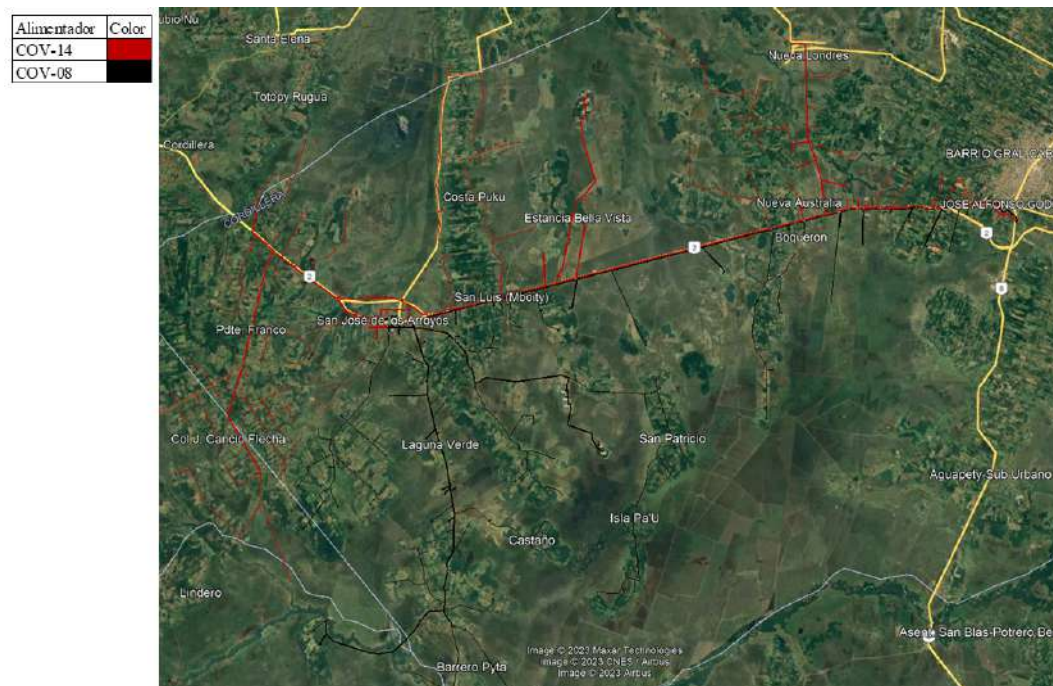


Figura 6.1: Zona de influencia de los alimentadores COV-08 y COV-14

eventos de fuera de servicio de los mismos.

El alimentador COV-08 cuenta con dos reguladores en su extensión de 200 A cada uno, mientras que el COV-14 también cuenta con un regulador de 200 A, esto para servir en los rangos deseados de tensión. Por otra parte sobre cada alimentador se tiene un banco de capacitores de 100 kVAr por fase respectivamente.

6.1. Demanda

Se recabaron datos de demanda de ambos alimentadores, en el periodo de verano del 2022 y 2023.

En la figura A.1 se observa el periodo estudiado, también se realizó un analisis de factor de potencia, el cual arrojó de media 0,94 para el COV8 y 0,96 para el COV14.

En la figura 6.2 se tienen los valores máximos de demanda de cada alimentador, los cuales se produjeron el 18 de enero del 2023 en el COV8 y el 31 de diciembre en el COV14. Estos datos se aprecian en las tablas A.1 y A.2, se utilizaron estas demandas máximas para los

cálculos siguientes.

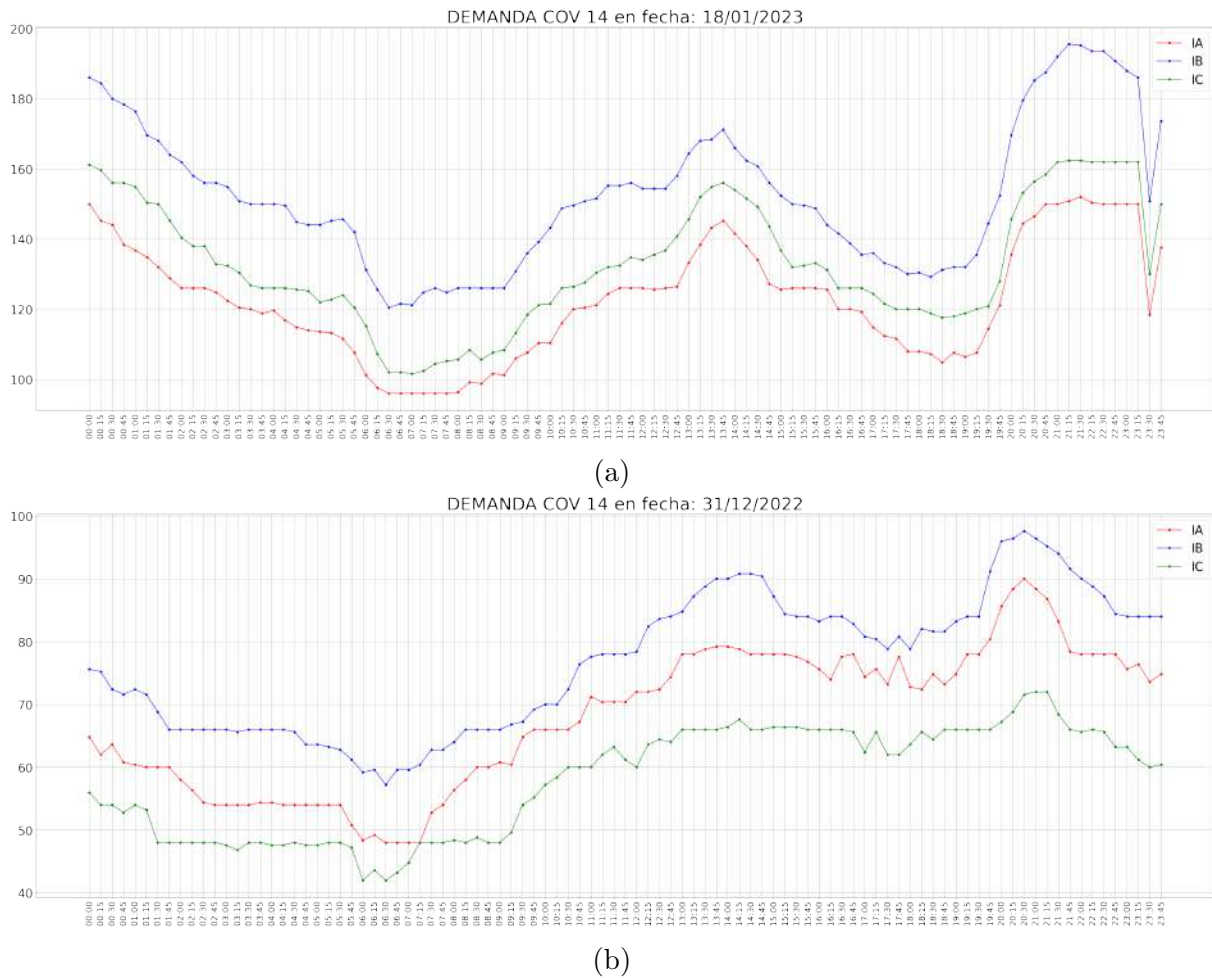


Figura 6.2: Demanda de (a) COV8 (b) COV14

Según [4], informe del departamento de operación de distribución de la ANDE zona centro, la configuración mostrada en la figura 6.1, es la mejor opción de operación en régimen permanente, y ambos alimentadores tienen la capacidad de tomar toda la carga de la ciudad y sus alrededores en régimen de contingencia con tensión dentro de los rangos admisibles (ver apéndice A.3 y A.2) los niveles de carga de conductores también se mantienen por debajo del 80%.

Por ende, se puede asumir la realización de maniobras de transferencia con ambos alimentadores de manera segura, sin sobrecargar los alimentadores y ofreciendo niveles de tensión adecuados en media tensión.

6.2. Análisis de eventos

En esta sección se evalúan los diferentes eventos del alimentador COV8, el cual asumía toda la carga representada en la figura 6.1.

Se recabaron datos de maniobras en media tensión del departamento de operación de distribución, filtrándose por el tipo de evento, en este caso se consideraron solamente los de tipo accidental, que representan una falta en la línea o en algún elemento del arreglo. Las de tipo programado como su nombre lo indica se refiere a maniobras para aislar cierta zona a fin de realizar trabajos de reparación o mantenimiento. Por otra parte, las de tipo producción representan fuera de servicio de líneas de transmisión o centros de distribución, tampoco fueron computadas estas faltas.

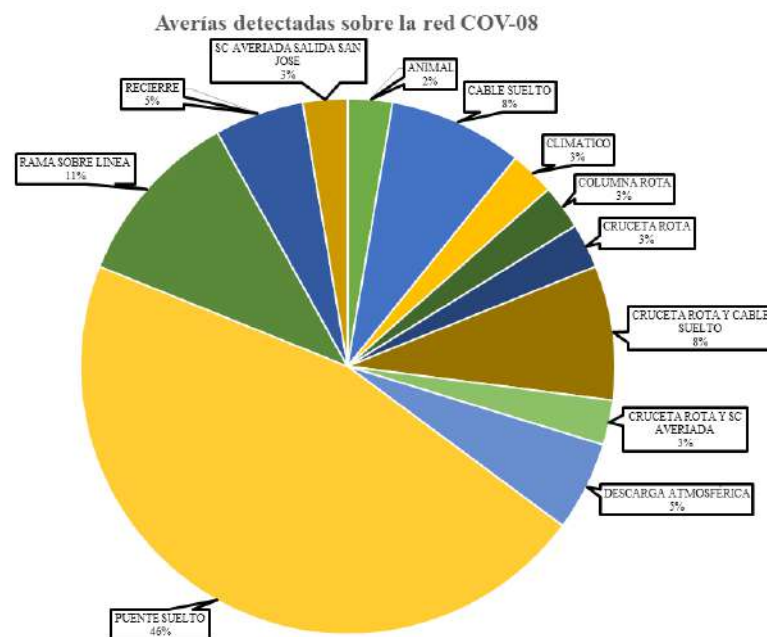


Figura 6.3: Causas conocidas de fuera de servicio del COV-08, 2021

Se agruparon los seccionadores o equipos, creándose un vector con de los mismos, este proceso se realizó utilizando Python 10.

Se utiliza el campo fecha de generación, el cual contiene la fecha y la hora de maniobra. Interceptando con el vector de elementos de operación se evaluó los datos de maniobra de cada elemento.

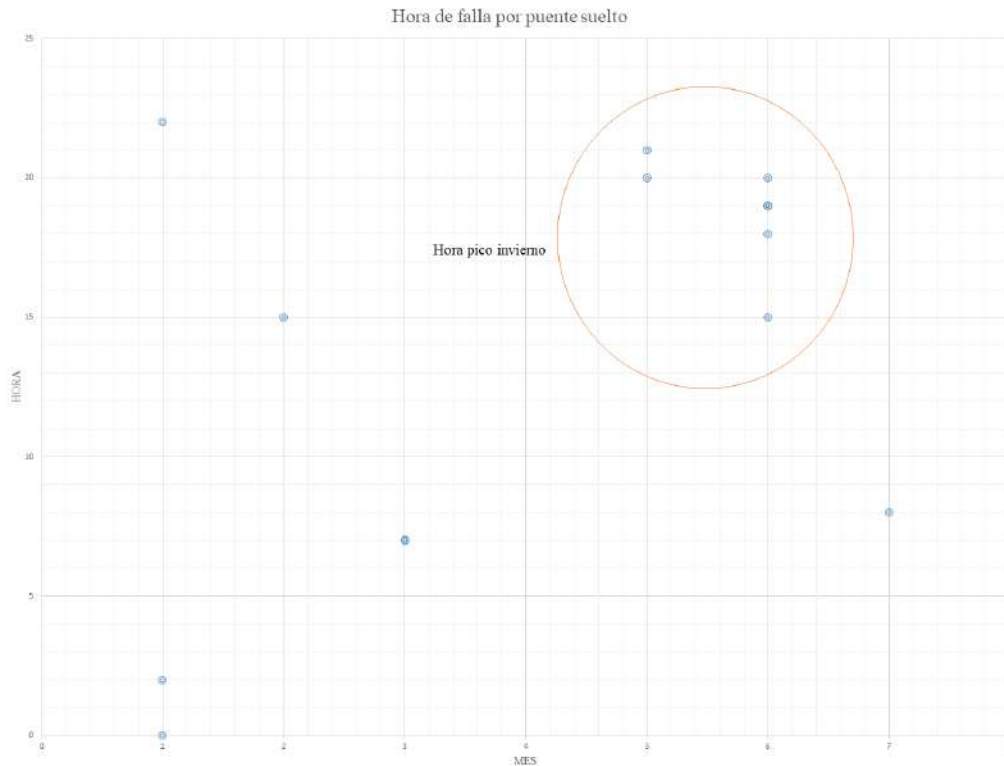


Figura 6.4: Hora y mes versus eventos de puente suelto

La evaluación realizada es la siguiente, si una maniobra es de acción apertura, y la siguiente cierre, entonces se computa el tiempo entre estas operaciones, el identificador del elemento y finalmente la cantidad de operaciones del equipo o elemento.

Se obtienen dos transformaciones de datos muy importantes, la duración de cada evento, apertura y cierre por elemento, con su respectiva causa, si se pudo constatar, y otro conjunto de datos con la cantidad de fueros de servicios y los tiempos totales de estos.

Teniendo en cuenta el mímico general del alimentador COV-08, figura A.4, se crea una lista de los equipos conectados a esta línea. Filtrándose los conjuntos de datos obtenidos a partir de los elementos de la red. (ver apéndices A.2.1 y A.2.2).

Sobre la red se encontró un total de 99 eventos, de los cuales se pudo detectar la causa solo en 37 ocasiones, el resto se consideran desconocidos, en el 46 % de las ocasiones la falla se trata de puente suelto, seguido de rama sobre línea en un 11 %, figura 6.3.

Ahora bien, teniendo en cuenta las horas fuera de servicio del alimentador este se calculo en 27,76 horas en el periodo de estudio, un año.

Según el informe de confiabilidad del DRC [3], la cantidad de fueros de servicio del alimentador es de 68 veces, coincidente con los datos explorados en este trabajo, la disponibilidad en el año 2021 es de 99,68 %, para el 2022 la disponibilidad es de 99,87 % concurrente con la puesta en servicio del alimentador COV-14, el cual descargó el COV-08 (ver apéndice A.2.3).

En la figura 6.4 se aprecia la hora y el mes en que se producen los eventos de puentes sueltos, se aprecia una densidad considerable en los meses de mayo y junio, en donde coincide con la hora pico de este periodo. Por lo que se puede relacionar la disminución de este evento con la descarga del alimentador COV-08.

En cuanto a los eventos de rama sobre línea, estos son directamente relacionados con el mantenimiento de la red, poda de arboles cercanos, por lo que la aplicación correcta del mantenimiento preventivo disminuirá este tipo de fallas.

En la actualidad, se están utilizando de manera significativa los conductores protegidos en el tendido de líneas de distribución, estos no requieren de mucho mantenimiento de poda, además mejoran los niveles de servicio en media tensión.

Según informe de la presidencia de la ANDE, solo en 2022, se construyó 107 nuevas líneas, la mayoría de tipo protegido, marcando una tendencia en la institución.

Capítulo 7

Alternativas de mejoras en el servicio en media tensión

En este capítulo se proponen las mejoras a realizar sobre estos alimentadores a fin de aumentar la confiabilidad, mejorar las pérdidas de energía y los niveles de tensión.

En este trabajo, a raíz de las principales causas de fuera de servicio, se aborda dos alternativas a aplicar para mejorar la calidad del servicio en media tensión en los alimentadores COV-08 y COV-14 que sirven a la ciudad de San José.

Primeramente teniendo en cuenta el tiempo sin servicio del alimentador COV-08 en el período 2021, datos analizado en el apartado anterior, y teniendo en cuenta que en el año 2022 se pone en servicio el alimentador COV-14, además estos regulan la tensión con la capacidad de tomar toda la carga uno del otro, se propone un protocolo de maniobras con equipos telecomandados y seccionadores cuchillas, para mejorar los tiempos de reposición del servicio en caso de faltas en una de estas redes.

En base al análisis de eventos realizados en el apartado anterior, se propone como una alternativa la mejora de la instalación eléctrica en media tensión específicamente sobre conductor troncal. Debido a que el segundo motivo mayormente encontrado de fueros de servicio son los arboles sobre línea, se evaluó el cambio de conductor desnudo en la zona de la ciudad a conductor protegido, para mitigar este tipo de faltas.

Estas dos alternativas planteadas se realizaron de manera a mejorar los tiempos de fueras de servicio de los alimentadores y disminuir la cantidad de fallas que ocasionan las ramas sobre línea, además esto mejora la robustez del sistema de media tensión, mejorando tensión en línea y niveles de pérdidas.

7.1. Protocolo de maniobras

En el contexto de la electricidad y la energía, el protocolo de maniobras en media tensión se refiere a un conjunto de procedimientos y medidas de seguridad que se deben seguir al realizar operaciones de mantenimiento o reparación en líneas eléctricas de media tensión. Estas maniobras implican la manipulación de dispositivos eléctricos y la desconexión o reconexión de partes de la red eléctrica, y pueden ser peligrosas para los trabajadores y la población cercana si no se realizan correctamente.

El protocolo de maniobras en media tensión establece los procedimientos específicos que se deben seguir para asegurar la seguridad de las personas y los equipos durante estas operaciones [9], incluyendo la capacitación de los trabajadores, la revisión de los equipos y las instalaciones eléctricas, y el uso de herramientas y equipos de protección adecuados. La implementación adecuada de un protocolo de maniobras en media tensión es crucial para prevenir accidentes y garantizar un suministro eléctrico seguro y confiable [9].

En la figura 7.1, se aprecia la vista simplificada de las redes de COV8 (negro) y COV14 (rojo). Con sus posibles puntos de fallas en los trayectos considerados. Además se aprecia la carga agua abajo de cada equipo. En total se tienen instalados sobre el alimentador 12 equipos tele-comandados.

7.1.1. Fallas críticas de los alimentadores COV8 y COV14

Para poder realizar un análisis de fallas completos se han considerado dos apartados, este primero para determinar fallas críticas en el cual uno de los alimentadores asume toda la carga del otro excepto donde se ubique la zona de avería. A continuación, se presentan

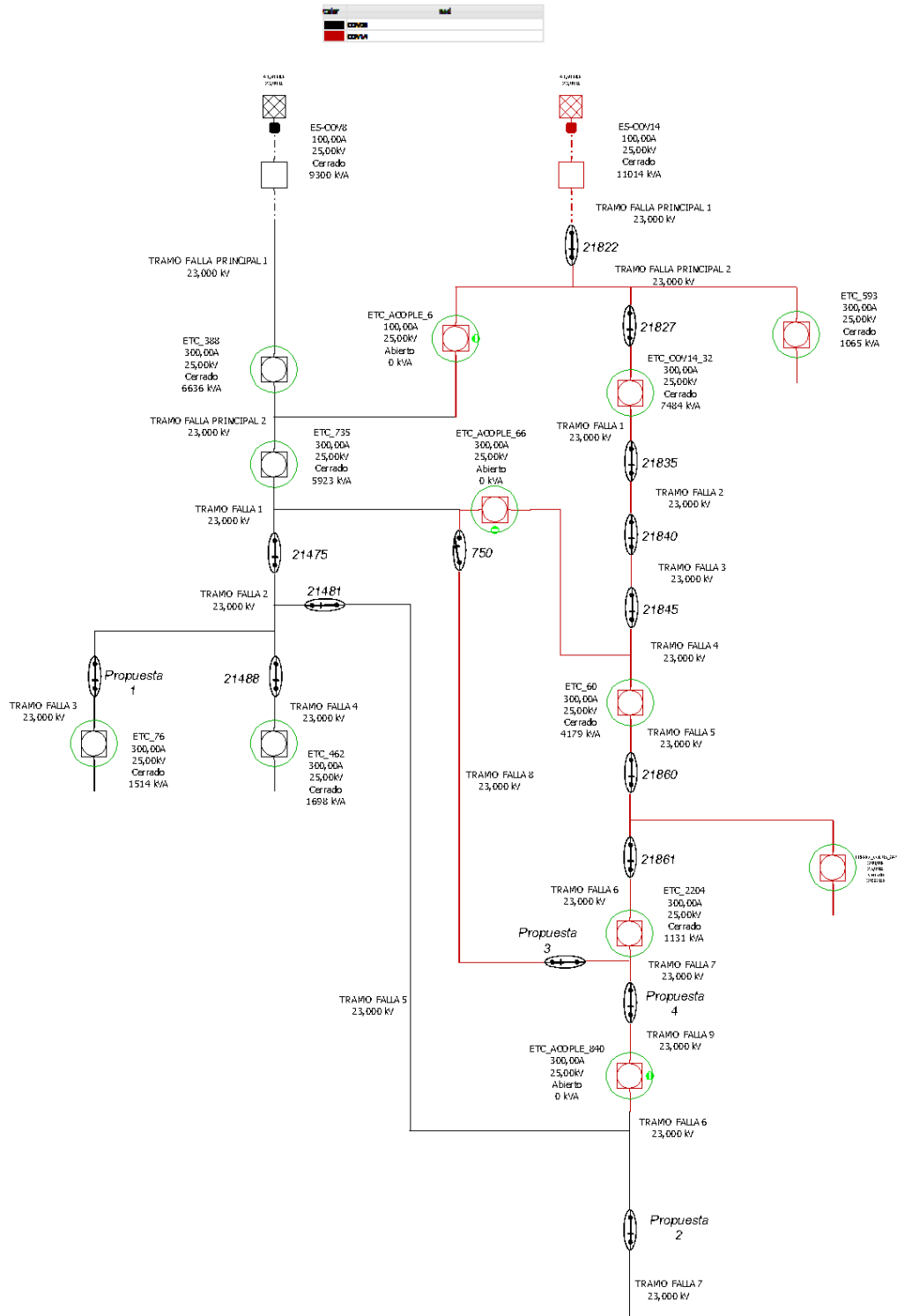


Figura 7.1: Esquema simplificado de ETC y consideraciones de fallas

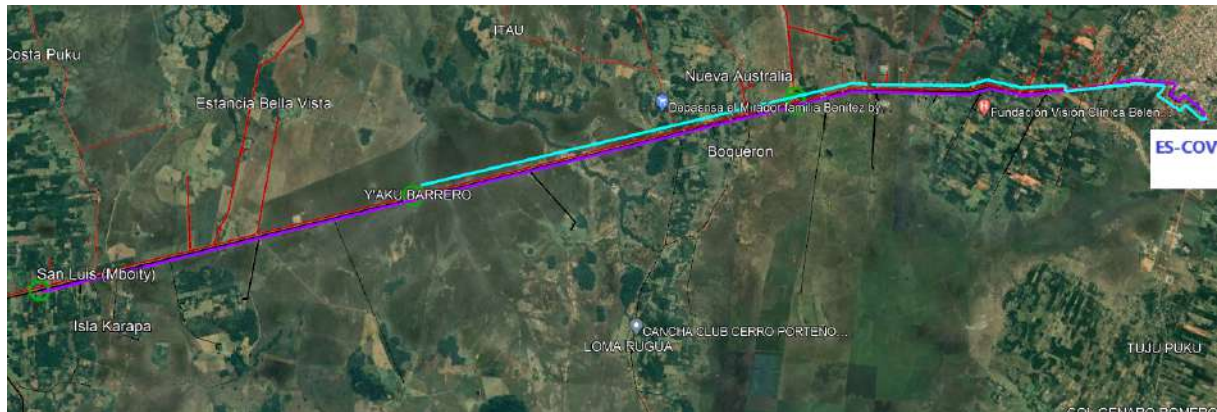


Figura 7.2: Tramo de falla cercana a la cabecera del COV8 y COV14

los detalles del análisis.

Las fallas en la distribución en media tensión cercanas a la estación pueden afectar significativamente el suministro de energía eléctrica a los clientes conectados a la red eléctrica. Cuando se produce una falla en la red eléctrica, se puede interrumpir el suministro de energía eléctrica en el área afectada, lo que puede causar interrupciones en la producción, pérdidas económicas y afectar la calidad de vida de las personas.

Además, las fallas cercanas a la estación de media tensión pueden tener un efecto en cadena y propagarse a otras áreas de la red eléctrica, lo que puede aumentar el alcance y la duración de la interrupción del suministro de energía eléctrica. Por esta razón, es importante contar con un sistema de monitoreo y mantenimiento adecuado para la red eléctrica y realizar reparaciones oportunas en caso de que se presenten fallas para minimizar el impacto en los clientes y en la sociedad en general. Los niveles de cortocircuito son altos en esta zona considerada, por lo que afectan al desgaste de los equipos instalados sobre los alimentadores.

En la tabla A.3 se puede observar los tramos de fallas para cada alimentador, la carga que se abastece, la carga pérdida y la energía no facturada.

7.1.2. Tramos de fallas considerados para el alimentador COV8 y COV14

En este apartado se enumera los tramos en los cuales se considera una avería, el cual se desea aislar el tramo de falla por medio de un protocolo de maniobras para cada caso en particular.

Item	Punto de falla	C. abastecida (KVA)	C. perdida (KVA)	C. salvada (KVA)	FC	C. efectiva (KVA)	ENF (kwh)
1	FALLA 1	5.923	600	5.323	0,30	1.597	476
2	FALLA 2	5.923	4.012	1.911	0,30	573	1.500
3	FALLA 3	5.923	1.698	4.225	0,30	1.268	806
4	FALLA 4	5.923	2.314	3.609	0,30	1.083	990
5	FALLA 5	5.923	1.925	3.998	0,30	1.199	874
6	FALLA 6	5.923	1.925	3.998	0,30	1.199	874
7	FALLA 7	5.923	425	5.498	0,30	1.649	424

Tabla 7.1: Datos de tramos considerada para análisis de fallas del alimentador COV8

En la tabla 7.1 se puede apreciar el tramo de falla, la carga aguas abajo del equipo telecomandado encargado de aislar la falla, la carga que se pierde que trata de reducirse al mínimo si se realiza el protocolo de maniobras que se expone en los apartados siguientes, la carga efectiva o demanda promedio y la energía no facturada para el caso expuesto. El factor de carga (FC) es un índice que relaciona la demanda media con la potencia instalada, este se obtuvo con los datos analizados en la sección 6.1.



Figura 7.4: Tramos de fallas considerados para el alimentador COV14

En la figura 7.3 se observa el trazado negro que corresponde a la zona de influencia del alimentador COV8, los puntos encerrados en un círculo verde representan a los equipos

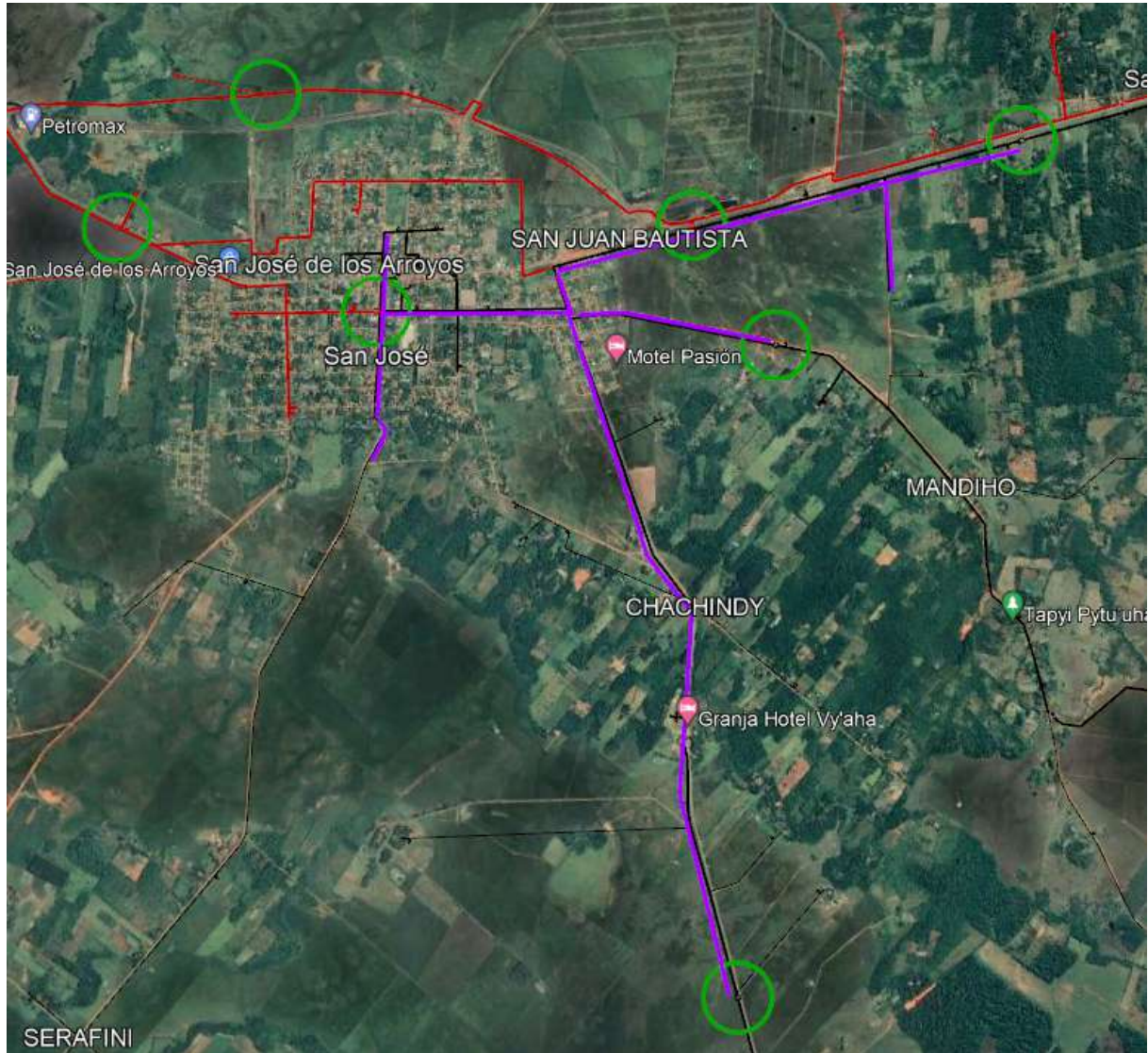


Figura 7.3: Tramos de fallas considerados para el alimentador COV8

tele-comandados que en este caso algunos cumplen la función de reconector y otros la función de llave para acople con el COV14, el cuadro blanco simboliza seccionadores cuchillas y el trazado lila indica los tramos de fallas considerados, siempre buscando salvar la carga de la ciudad de San José.

Item	Punto de falla	C. abastecida (KVA)	C. perdida (KVA)	C. salvada (KVA)	FC	C. efectiva (KVA)	ENF (kwh)
1	FALLA 1	7.484	100	7.384	0,30	2.215	404,2
2	FALLA 2	7.484	1.950	5.534	0,30	1660	959,2
3	FALLA 3	7.484	225	7.259	0,30	2.178	441,7
4	FALLA 4	7.484	0	7.484	0,30	2.245	374,2
5	FALLA 5	4.179	100	4.079	0,30	1.224	238,95
6	FALLA 6	4.179	0	4.179	0,30	1.254	208,95
7	FALLA 7	1.131	125	1.006	0,30	302	94,05
8	FALLA 8	1131	600	531	0,30	159	236,55
9	FALLA 9	1.131	700	431	0,30	129	266,55

Tabla 7.2: Datos de tramos considerada para análisis de fallas del alimentador COV14

En la tabla 7.2, como en la tabla 7.1 se demuestran los datos obtenidos y calculados, esta numeración de fallas se puede encontrar en la figura 7.1, el campo de carga salvada corresponde a la carga en kVA que se puede aislar en la zona de fallas. En la figura 7.4 se aprecia geo-referencias de estas fallas, y la extensión considerada.

7.1.3. Protocolo de maniobras para tramos principales

Debido a la importancia del tramo se ha considerado dos tramos principales de cada alimentador se presenta el protocolo de maniobras propuesto para recuperación de la carga en mas de 70 % para cada caso.

En este protocolo explyado en la tabla 7.3 se considera la protección de cabecera de cada alimentador y el primer equipo tele-comandado instalado en el alimentador correspondiente, en estas maniobras se propone la reposición de la carga alejada de la cabecera, cargando gran parte de la carga de un alimentador sobre el otro.

7.1.4. Protocolo de maniobras propuesto

Para poder reducir los costos de lucro cesante y aumentar los índices de confiabilidad – continuidad del servicio se propone el siguiente protocolo de maniobras analizando cada

Item	Punto de falla	Alimentador	Equipos para aislar la falla	para	Consideraciones de falla	Maniobra de contingencia	de	Maniobra para config. Normal
1	FALLA PRINCIPAL 1	COV8	ES-COV8	ETC-388	Abierto ES-COV8	1-abrir ETC-388, 2-cerrar ETC-66(acople)	ETC-388,	1-Cerrar ES-COV8, 2-cerrar ETC-388, 3-abrir ETC-6
2	FALLA PRINCIPAL 2	COV8	ETC-388	ETC-735	Abierto ETC-388	1- abrir ETC-735, 2- cerrar ETC-66(acople)	ETC-735,	1- Cerrar ETC-388, 2 cerrar ETC-735, 3-abrir ETC-66
1	FALLA PRINCIPAL 1	COV14	ES-COV14	SC-21822	ES-COV14	1-abrir SC-21822, 2-cerrar ECT-6 (Acople)	SC-21822,	1- Cerrar ES-COV14, 2-cerrar SC-21822, 3-abrir ETC-6
2	FALLA PRINCIPAL 2	COV14	SC-21822	ETC-32	ES-COV14	1-abrir SC-21822, 2-abrir ETC-32, 3- Cerrar ETC-66	SC-21822,	1- Cerrar ETC-32, 2-cerrar SC-21822, 3 abrir ETC-66

Tabla 7.3: Protocolo de maniobras para tramos principales del COV8 y COV14, Fuente: Elaboración propia.

tramo de falla, buscando que el tramo afectado pueda ser aislado y abasteciendo la mayor carga posible.

Item	Punto de falla	Alimentador	Equipos para aislar la falla	para	Consideraciones de falla	Maniobra de contingencia	Maniobra para config. Normal
1	FALLA 1	COV8	ETC-735	SC-21475	Abierto ETC-735	1- abrir SC-21475, 3- Cerrar ETC-840	1- cerrar ETC-735, 2-cerrar SC-21475, 3-abrir ETC-840
2	FALLA 2	COV8	SC-21475	SC-21481	Abierto ETC-735	1- abrir SC-21475, 2- abrir SC-21481, 3- Cerrar ETC-735, 4- Cerrar ETC-840, 5- Abrir ETC-76, 6- Abrir ETC-462	1-Cerrar SC-21475, 2- Cerrar SC-21481, 3-Cerrar ETC-76, 4- Cerrar ETC-462, 5-abrir ETC-840
3	FALLA 3	COV8	SC-P1	ETC-462	Abierto ETC-735	1- abrir SC-P1, 2- cerrar ECT-735	1- Cerrar SC-P1
4	FALLA 4	COV8	SC-21488	ETC-76	Abierto ETC-735	1- abrir SC-21488, 2- cerrar ETC-735	1- Cerrar SC-21488
5	FALLA 5	COV8	SC-21481	-	Abierto ETC-735	1- abrir SC-21481, 2- cerrar ETC-735	1- Cerrar SC-21481
6	FALLA 6	COV8	SC-21481	-	Abierto ETC-735	1- abrir SC-21481, 2- cerrar ETC-735	1- Cerrar SC-21481
7	FALLA 7	COV8	SC-P2	-	Abierto ETC-735	1- abrir SC-P2, 2- cerrar ETC-735	1- Cerrar SC-P2

Tabla 7.4: Protocolo de maniobra confeccionado para el COV8

Aquellos equipos en ambos casos que no cuentan con numeración se le ha asignado la nomenclatura «P» son dispositivos que se propone instalar para conseguir el propósito de aislar la falla.

Con estas medidas mostradas en la tabla 7.5 y 7.4 se puede calcular los valores promedios de carga abastecida, perdida, efectiva y energía no facturada correspondiente a cada alimentador, (ver tabla A.4).

Item	Punto de falla	Alimentador	Equipos para aislar la falla	Consideraciones de falla	Maniobra de contingencia	Maniobra para config. Normal	
1	FALLA 1	COV14	ETC-32	SC-21835	Abierto ETC-32	1- abrir SC-21835, 2- Cerrar ETC-66	1- Cerrar ETC-32, 2- Cerrar SC-21835, 3- abrir ETC-66
2	FALLA 2	COV14	SC-21835	SC-21840	Abierto ETC-32	1-abrir SC-21835, 2- abrir SC-21840, 3-cerrar ETC-66, 4- cerrar ETC-32	1-Cerrar SC-21835, 2- cerrar SC-21840, 3-abrir ETC-66
3	FALLA 3	COV14	SC-21840	SC-21845	Abierto ETC-32	1- abrir SC-21840, 2-abrir SC-21845, 3-cerrar ETC-66, 4- cerrar ETC-32	1- Cerrar SC-21840, 2- cerrar SC-21845, 3- abrir ETC-66
4	FALLA 4	COV14	SC-21845	ETC-60	Abierto ETC-32	1- abrir SC-21845, 2-abrir ETC-60, 3-cerrar ETC-840, 4- cerrar ETC-32	1 - Cerrar ETC-60, 2- cerrar SC-21845, 3- abrir ETC-840
5	FALLA 5	COV14	ETC-60	SC-21860	Abierto ETC-60	1- abrir SC-21860, 2- cerrar ETC-840	1- Cerrar ETC-60, 2- Cerrar SC-21860, 3- abrir ETC-840
6	FALLA 6	COV14	SC-21861	ETC-2204	Abierto ETC-60	1- abrir SC-21861, 2- abrir ETC-2204, 3- cerrar ETC-840, 4- cerrar ETC-60	1- Cerrar ETC-2204, 2-cerrar SC-21861, 3- abrir ETC-840
7	FALLA 7	COV14	ETC-2204	ETC-840	Abierto ETC-2204	1- abrir SC-P4, 2-abrir SC-P3, 3- cerrar ETC-840, 4-SC-750	1- Cerrar ETC-2204, 2- cerrar SC-P4, 3- cerrar SC-P3, 4- abrir SC-750, 5- abrir ETC-840
8	FALLA 8	COV14	SC-P3	SC-750	Abierto ETC-2204	1- abrir SC-P3, 2- cerrar ETC-2204	1- Cerrar SC-P3
9	FALLA 9	COV14	SC-P4	ETC-840	Abierto ETC-2204	1- abrir SC-P4, 2-cerrar ETC-2204	1- Cerrar SC-P4

Tabla 7.5: Protocolo de maniobra confeccionado para el COV14

7.1.5. Calculo de lucro cesante

El lucro cesante en la comercialización de energía eléctrica se refiere a la pérdida económica que sufre una empresa de energía cuando no puede vender la energía que ha generado debido a una interrupción o falla en la distribución eléctrica.

Por ejemplo, si una planta de energía generó 100 megavatios de energía eléctrica y solo pudo vender 80 megavatios debido a una interrupción en la red de distribución eléctrica, la empresa de energía perderá el ingreso que habría obtenido al vender los 20 megavatios no entregados.

Este tipo de pérdida económica es particularmente relevante en la industria eléctrica, donde la oferta y la demanda de energía deben coincidir en todo momento para garantizar un suministro de energía estable y confiable. El lucro cesante puede ser un desafío importante para las empresas de energía, ya que pueden sufrir pérdidas financieras significativas si la interrupción es prolongada o si se producen con frecuencia.

Para minimizar el impacto del lucro cesante en la comercialización de energía eléctrica, las empresas de energía pueden invertir en infraestructuras de distribución eléctrica más robustas y confiables, y desarrollar estrategias de gestión de riesgos que les permitan

anticipar y manejar de manera efectiva las interrupciones en la distribución eléctrica.

En este apartado se presenta los valores de lucro cesante considerando que los clientes abastecidos por el COV8 y COV14 pagan una tarifa promedio de 406 gs/kwh, ya que son en su mayoría usuarios de la franja residencial.

La tabla A.5 incluye los costos de lucro cesante calculados por tramos y el promedio de cada alimentador. Con este valor obtenido se calcula un ahorro estimado de la pérdida de lucro cesante presentada en la tabla 7.6 considerando que la horas de fuera de servicio es de 27,76 hs/año, dato obtenido en el análisis de eventos.

Posición		Condición actual		
Item	Alimentador	ENF promedio (kwh)	HFS	Lucrocesante/año
1	COV8	2.790	27,76	31.444.862
2	COV14	3.304	27,76	37.240.184
Posición		Propuesta		
Item	Alimentador	ENF promedio (kwh)	HFS	Lucrocesante/año
1	COV8	877	27,76	9.883.798
2	COV14	859	27,76	9.682.601
Posición		Ahorro		
Item	Alimentador	ENF promedio (kwh)	HFS	Lucrocesante/año
1	COV8	1.913	27,76	21.561.064
2	COV14	2.445	28,76	28.550.292

Tabla 7.6: Ahorro o reducción de pérdidas por lucro cesante en Gs. Fuente: Propia

En la tabla 7.6 se expone los costos que se pueden reducir si se aplica la propuesta de instalar los seccionadores de líneas y equipos tele-comandados propuestos en la figura 7.1.

7.2. Línea protegida

Las líneas de media tensión protegidas tienen varios beneficios [11], algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- Mayor seguridad: al tener una capa de protección, las líneas de media tensión son

menos propensas a causar cortocircuitos o fallas eléctricas. Esto se traduce en mayor seguridad para las personas y los equipos eléctricos.

- Reducción de las interrupciones del suministro eléctrico: Las líneas de media tensión protegidas son menos propensas a sufrir daños, ya sea por causas climáticas o por interferencias de otros elementos de la red eléctrica. De esta forma, se reduce la frecuencia de interrupciones del suministro eléctrico en las áreas de servicio.
- Mayor flexibilidad en la planificación y ubicación de las líneas eléctricas: Las líneas de media tensión protegidas permiten a los planificadores colocarlas en ubicaciones y configuraciones que no estaban disponibles anteriormente, debido a restricciones de seguridad o de otros tipos. Esto aumenta la flexibilidad en la planeación de la red eléctrica y, en última instancia, puede ayudar a mejorar el servicio.
- Reducción del impacto ambiental: Las líneas de media tensión protegidas reducen el impacto ambiental al evitar la tala de árboles cercanos a la línea eléctrica. Esto también reduce el riesgo de ignición debido a la caída de ramas o árboles en la línea eléctrica.

La construcción de líneas de distribución protegidas de media tensión se puede realizar en diferentes lugares, dependiendo de las normativas y regulaciones locales. En general, la construcción de estas líneas debe ser realizada por empresas o contratistas especializados en el diseño y construcción de redes eléctricas. Estos profesionales pueden proporcionar asesoramiento y servicios en todas las etapas del proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la construcción, instalación y mantenimiento de la línea eléctrica protegida. También es importante tener en cuenta que la construcción de líneas eléctricas debe cumplir con las regulaciones y requisitos de seguridad locales, por lo que en este proyecto se tiene en cuenta la especificación técnica de líneas protegidas de la ANDE [1].

Con la propuesta del protocolo de maniobra se consigue una flexibilidad operativa trascendental, no obstante, para mejorar la continuidad del servicio reduciendo las horas de fuera de servicio se propone cambio de conductor de aluminio desnudo a conductor protegido de 185mm² para ello se presentan los tramos propuestos para la sustitución.

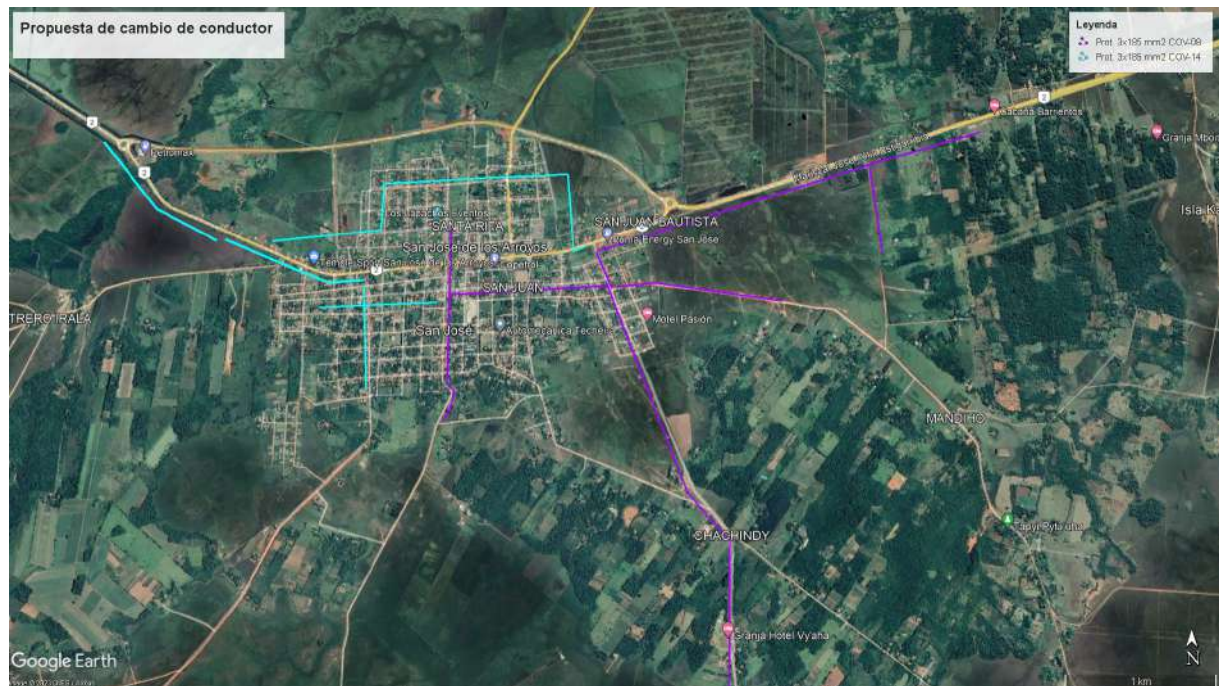


Figura 7.5: Propuesta de cambio de conductor a línea protegida $3 \times 185 \text{ mm}^2$

En la figura 7.5, el trazado color cian representa el tramo a sustituir conductores desnudos por protegidos del COV14 y el trazado lila la sustitución del COV8.

En esta propuesta se considera la reutilización de postes de acero existentes en la línea, y la plantación de postes intermedios.

Se tiene en cuenta los ítems de mano de obra, en los contratos HHPO, analizando con lo expuesto anteriormente, en la tabla 7.7 se aprecia esta estimación con el cual se calculan los costos finales de la obra propuesta.

Item	Descripción	Cant	UN	Costo	Subtotal s/F	Subtotal c/F 35%	IVA	Subtotal c/IVA
3	Construcción de LMT trifásico c/ cond tipo protegido de 185mm ²	17710	m	292.32	5,176,987,200	6,988,932,720	698,893,272	7,687,825,992
TOTAL					5,176,987,200	6,988,932,720	698,893,272	7,687,825,992

Tabla 7.7: Costos aproximados para la sustitución de conductor desnudo por conductor protegido COV8 - COV14

Parte IV

Capítulo 8

Resultados y Discusión

Se evaluó la demanda de ambos alimentadores, se encontró demanda promedio de 6,25 MW sumando ambas cabeceras, calculando un factor de carga de 0,303. En cuanto a la demanda máxima se tiene un factor de utilización de 0,61 coincidentes. La demanda máxima, en ambos alimentadores no superan en promedio el 44,59 % del límite de corriente del conductor subterráneo de salida.

En la evaluación de eventos, se encontraron fueros de servicios sin causas detectadas, representado el 62 % de los casos, esto debido a la dificultad de recorrer la extensión de la línea, según el centro de operaciones se realiza una prueba posterior al fuera de servicio, en donde el 50 % de las veces el alimentador queda en servicio. De los 99 fueros de servicio del alimentador en el 2021, no se pudo realizar maniobras para energizar parte de este, recuperando carga, pues no se tenía respaldo de otro alimentador, si bien el alimentador ELA-03 se acopla con COV-08 este no posee la capacidad de tomar toda la carga de la ciudad de San José, entonces se calculo una pérdida estimada en ese año de 69.371.897 Gs. por energía no facturada, siendo el promedio de horas para la recuperación del servicio por falla igual a 0,40833.

Para el análisis de protocolo de maniobras se tuvieron en cuenta la instalación de 12 puntos, estos puntos ya se encontraron en los planes y ejecuciones de la empresa, por lo que este trabajo se abordó teniendo en cuenta las operaciones a realizar en caso de fallas

en los tramos protegidos por estos equipos, se estima que con este proceso se repondrá entre 68,7% y 90,8% de la carga de la ciudad de San José de Los Arroyos, y en caso de fuera de servicio de alimentadores principales entre 67,9% y 71,3% de reposición de carga. Esto representa un ahorro mínimo de aproximadamente 51 millones de guaraníes por año.

Se propone además el cambio de conductor de tipo desnudo a protegido 3x185 mm², esto conlleva a mejorar la confiabilidad en la zona propuesta, ya que se disminuirán las fallas por rama sobre línea, puentes sueltos, cable suelto, etc. Se calculo en simulación de flujo de carga la disminución de pérdidas con esta propuesta siendo de 15 kW en demanda máxima, lo cual conlleva al ahorro en distribución.

Capítulo 9

Conclusiones

Se relevaron exitosamente los datos de los alimentadores COV 8 y COV 14, demanda y fueros de servicio en el periodo del 2021 y 2022.

Se determinaron y analizaron las principales causas de fueros de servicio del alimentador COV 8, unico alimentador de la zona hasta finales del 2022.

Se definieron a partir de los datos relevados criterios para mejorar los niveles de pérdidas en el alimentador y la calidad del servicio.

Se elaboraron dos alternativas para mejorar los indices de calidad de los alimentadores COV 8 y COV 14, el cual consistió en un protocolo de maniobras con equipos telecomandados y la propuesta de cambio de conductor a protegido en zonas de mayor afectación de fallas.

Se evaluó financieramente ambas alternativas en conjunto siendo viables, recuperándose la inversión en el año 6.

Capítulo 10

Recomendaciones

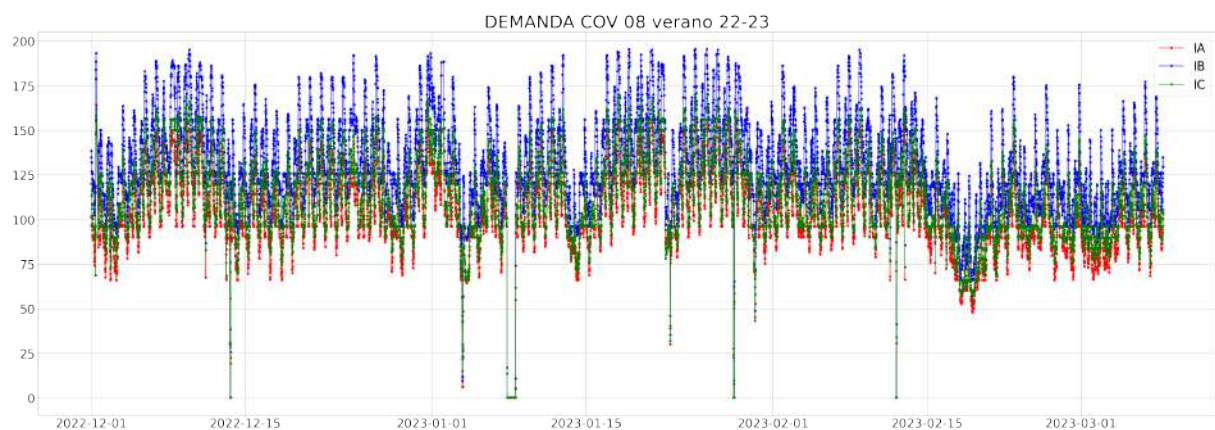
Se proponen las siguientes recomendaciones al finalizar este trabajo:

- Cambiar en la zona de red desnuda de los alimentadores COV-08 y COV-14, las crucetas de madera por crucetas poliméricas.
- Aplicar ambas alternativas planteadas en este proyecto.
- Capacitar a los despachantes de carga en media tensión, para la aplicación del protocolo de maniobras.
- Continuar la investigación, realizando un proyecto de régimen de operación con la entrada de la Sub Estación San José, planeado para el 2024.
- Realizar relevamiento de carga en la zona, para actualizar la red estudiada.

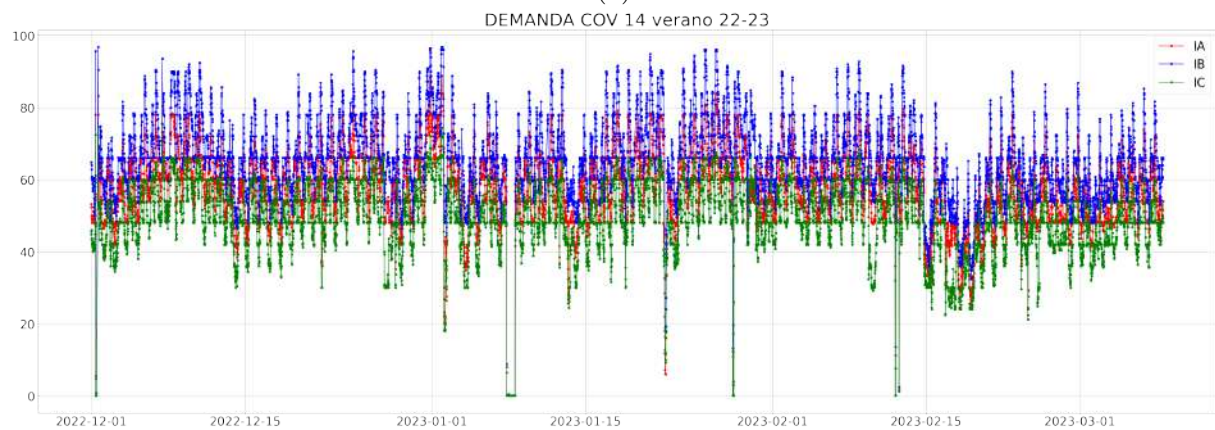
Apéndice A

Apéndices

A.1. Demanda



(a)



(b)

Figura A.1: Demanda de (a) COV8 (b) COV14

	CORRIENTE_R	CORRIENTE_S	CORRIENTE_T	P__ACTIVA	P__REACTIVA	FP
count	9477	9477	9477	9477	9477	9477
mean	104.5555999	132.2318592	112.1351841	-4.255940699	-1.492444867	0.943199323
std	20.3344672	25.11580366	21.8775325	0.85602854	0.316470659	0.010761563
min	4.8	9.6	5.6	-6.54	-2.41	0.892886873
25 %	90.4	116.41	96.01	-4.86	-1.74	0.934924617
50 %	101.59	126.81	110.01	-4.13	-1.51	0.944903237
75 %	120	150	126.01	-3.67	-1.26	0.951301656
max	164.14	195.6	170.41	-0.21	0.04	0.999567754

Tabla A.1: Análisis de datos COV8

	CORRIENTE_R	CORRIENTE_S	CORRIENTE_T	P__ACTIVA	P__REACTIVA	FP
count	9515	9515	9515	9515	9515	9515
mean	57.74271992	66.12244456	49.14708986	-2.010060956	-0.418518129	0.978379243
std	10.03181346	10.80578499	8.989373653	0.356888953	0.152623372	0.012258127
min	1.6	2.4	1.2	-3.12	-1.08	0.316227766
25 %	49.2	60	42.79	-2.23	-0.53	0.971191213
50 %	58.8	66.01	48.01	-1.99	-0.44	0.978285092
75 %	66.01	71.99	55.19	-1.79	-0.34	0.984834886
max	90	97.61	75.2	-0.01	0.08	1

Tabla A.2: Análisis de datos COV14

	INFORME TÉCNICO SOBRE REGULACION DE TENSION DE LOS ALIMENTADORES COV 08 Y COV 14	INFORME N° DR/DRC2/004/2022
---	--	--------------------------------

A.2. Perfil de tensión de los alimentadores en escenario de contingencia

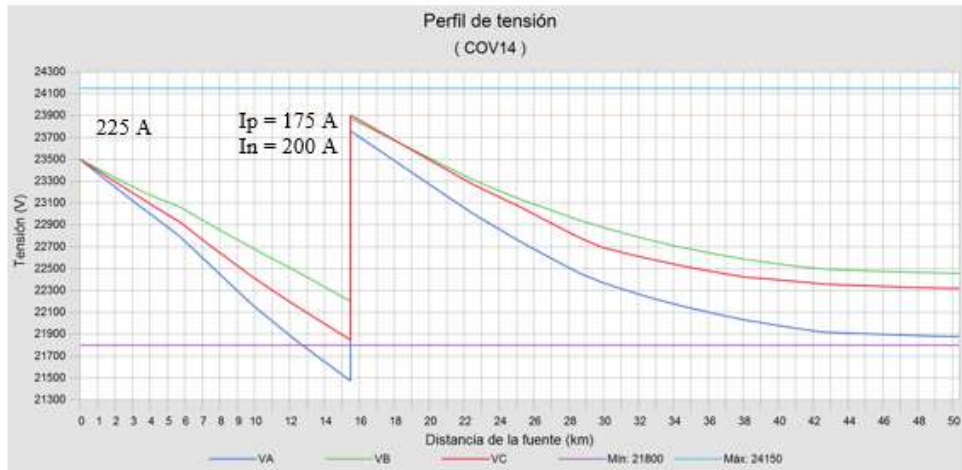


Figura 6 – Perfil de tensión COV 14

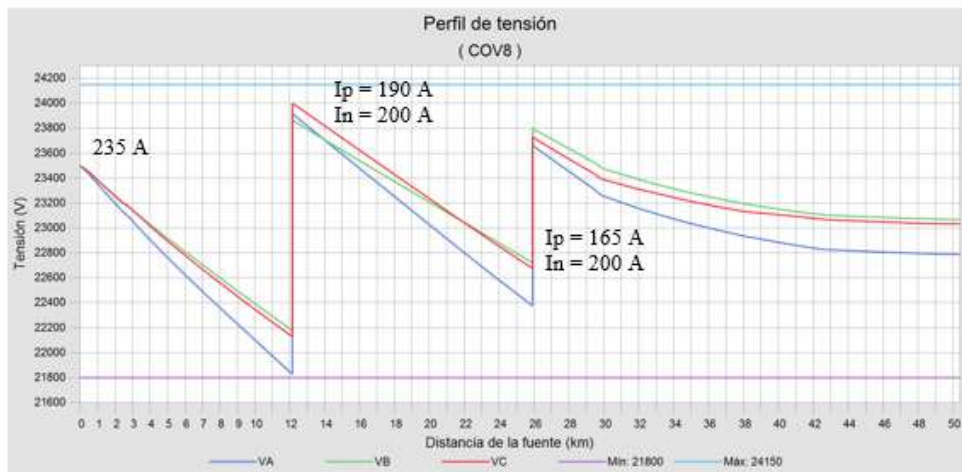


Figura 7 – Perfil de tensión COV 08

Figura A.2: Informe DRC, perfil de tensión de alimentadores COV8 COV14

ANDE	INFORME TÉCNICO SOBRE REGULACION DE TENSION DE LOS ALIMENTADORES COV 08 Y COV 14	INFORME N° DR/DRC2/004/2022
-------------	--	--------------------------------

A.3. Nivel de tensión y nivel de carga de los alimentadores en contingencia

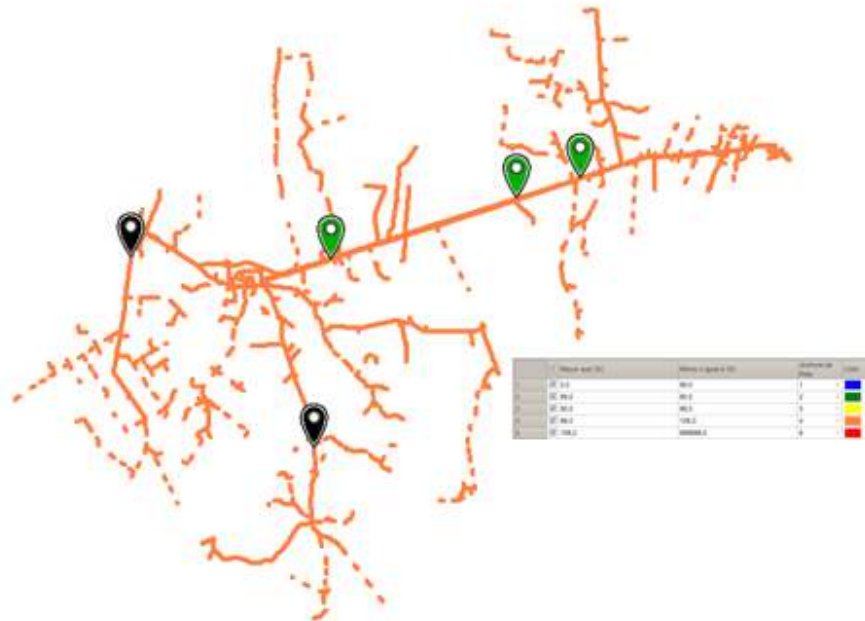


Figura 8 – Nivel de tensión del alimentador COV 08

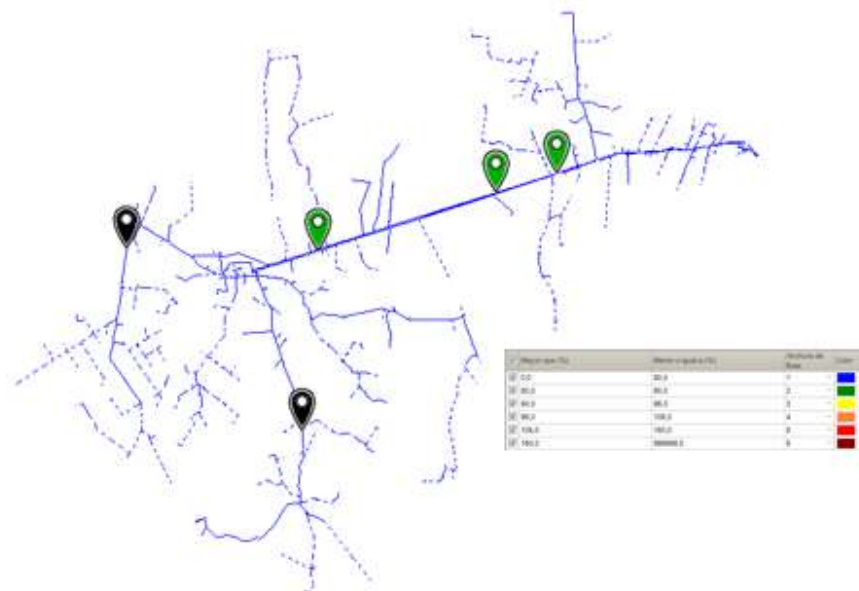


Figura 9 – Nivel de carga de conductores del alimentador COV 08

Figura A.3: Informe DRC, niveles de carga y tensión de alimentadores COV8 COV14

A.2. Análisis de eventos

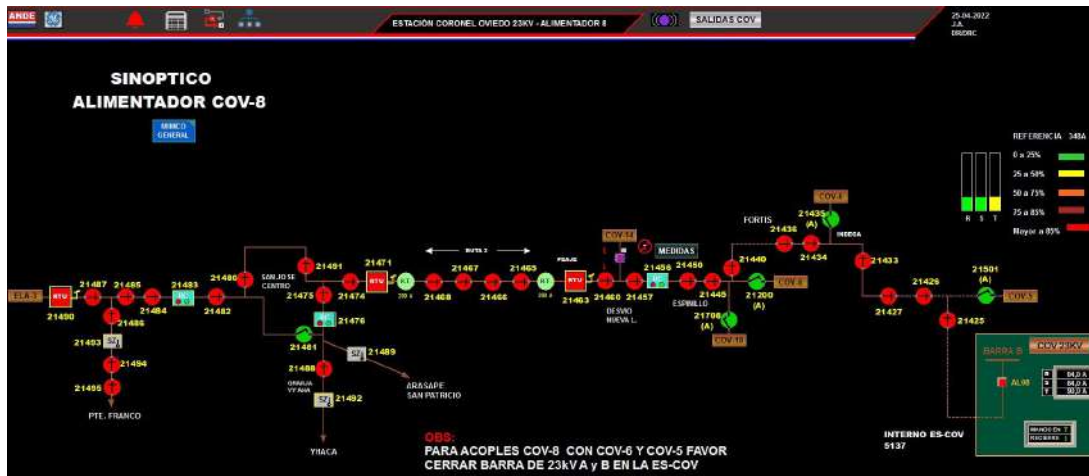


Figura A.4: Mímico del alimentador COV-08, 2021

A.2.1. Eventos recabados, base de datos de la red COV-08

Equipo Tiempo_Maniobra Causa Alimentador

21425 1,15 PUENTE SUELTO COV8
 21425 0,833333333 DESCONOCIDO COV8
 21440 0,233333333 DESCONOCIDO COV8
 21440 8,366666667 DESCONOCIDO COV8
 21445 0,25 DESCONOCIDO COV8
 21445 0 DESCONOCIDO COV8
 21450 1,233333333 PUENTE SUELTO COV8
 21450 0,316666667 DESCONOCIDO COV8
 21450 0 DESCONOCIDO COV8
 21450 1,383333333 DESCONOCIDO COV8
 21450 0,983333333 DESCONOCIDO COV8
 21450 0,933333333 DESCONOCIDO COV8
 21450 0,533333333 DESCONOCIDO COV8
 21450 0,766666667 CRUCETA ROTA Y CABLE SUELTO COV8
 21460 1,266666667 DESCONOCIDO COV8
 21460 0,416666667 DESCONOCIDO COV8

21460 2,933333333 CRUCETA ROTA Y CABLE SUELTO COV8
21465 0,316666667 DESCONOCIDO COV8
21467 0,55 DESCONOCIDO COV8
21468 0,183333333 PUENTE SUELTO COV8
21471 3,7 DESCONOCIDO COV8
21471 0,45 DESCONOCIDO COV8
21471 0,283333333 DESCONOCIDO COV8
21471 3,866666667 CRUCETA ROTA Y CABLE SUELTO COV8
21474 0,4 DESCONOCIDO COV8
21476 2,266666667 DESCONOCIDO COV8
21483 0,183333333 DESCONOCIDO COV8
21484 7,083333333 DESCONOCIDO COV8
21485 0,716666667 DESCONOCIDO COV8
21492 0,45 DESCONOCIDO COV8
21492 1,116666667 DESCONOCIDO COV8
21492 1,05 CRUCETA ROTA COV8
COV8 0,25 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,416666667 PUENTE SUELTO COV8
COV8 1,6 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,166666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 1,083333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,15 SC AVERIADA SALIDA SAN JOSE COV8
COV8 0,1 DESCONOCIDO COV8
COV8 1,716666667 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,483333333 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,05 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,166666667 DESCARGA ATMOSFÉRICA COV8
COV8 0,15 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,216666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,266666667 PUENTE SUELTO COV8
COV8 1,733333333 DESCONOCIDO COV8

COV8 0,15 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,683333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,233333333 CABLE SUELTO COV8
COV8 0,816666667 CABLE SUELTO COV8
COV8 0,083333333 CABLE SUELTO COV8
COV8 0 RECIERRE COV8
COV8 0,15 ANIMAL COV8
COV8 0,133333333 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0 RECIERRE COV8
COV8 0,116666667 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,6 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,216666667 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,133333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,166666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,033333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,116666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,116666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,183333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,816666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 1,066666667 CRUCETA ROTA Y SC AVERIADA COV8
COV8 0,083333333 DESCARGA ATMOSFÉRICA COV8
COV8 0,133333333 PUENTE SUELTO COV8
COV8 1,2 PUENTE SUELTO COV8
COV8 0,15 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,55 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,116666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,266666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,383333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,866666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 3,533333333 DESCONOCIDO COV8

COV8 0,16666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,15 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,15 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,183333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,283333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,5 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,033333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,2 DESCONOCIDO COV8
COV8 1 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,1 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,433333333 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,16666667 RAMA SOBRE LINEA COV8
COV8 0,233333333 RAMA SOBRE LINEA COV8
COV8 0,283333333 RAMA SOBRE LINEA COV8
COV8 0,25 RAMA SOBRE LINEA COV8
COV8 0,15 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,16666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,65 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,11666667 DESCONOCIDO COV8
COV8 0,41666667 CLIMATICO COV8
COV8 0,05 COLUMNA ROTA COV8

A.2.2. Tiempo y cantidad de maniobras

SEC T_delta Cant_FS
14005 0,5 1
14012 0,16666667 1
14017 1 1
14020 0,283333333 1
14030 0 1
14040 5,8 6

14044 0,55 1
14051 0,916666667 1
14055 0,083333333 2
14065 0 0
14071 0,65 1
14105 0 0
14138 1,516666667 2
14153 0,85 2
14245 0,633333333 1
14255 0,516666667 1
14340 0,716666667 1
14512 0,55 1
14522 0,166666667 1
14525 2,166666667 1
14527 3,533333333 5
14711 0,75 1
16000 0,333333333 1
16010 1,15 1
16030 0 0
16050 1,55 1
16060 1,95 1
16070 0,266666667 1
16090 0 0
16115 11,43333333 2
16120 0 0
16130 0 0
16140 0 0
16150 0,166666667 1
16160 5,433333333 2
16175 5,533333333 7
16230 1,333333333 1

16332 0,583333333 1
16410 2,55 4
16411 0 1
16412 1,683333333 1
16521 1,383333333 1
16580 2,25 1
16610 2,566666667 1
16635 1,516666667 2
16695 0,033333333 2
16800 0 0
16810 1 1
16815 0,483333333 2
16902 0 0
16920 0,983333333 1
17000 0,766666667 1
17005 0,5 1
17008 1,483333333 2
17009 20,73333333 2
17010 2,083333333 3
17028 1,016666667 1
17030 0 0
17090 24,46666667 3
17094 0 0
17100 1,1 1
17103 0,966666667 1
17105 13,81666667 4
17118 11,11666667 7
17120 0,583333333 1
17123 0 0
17125 0,266666667 1
17127 0 0

17131 1,033333333 2
17148 0 0
17158 3,566666667 2
17168 0,333333333 1
17172 1,983333333 1
17174 3,883333333 3
17178 1 1
17201 5,333333333 7
17218 1,183333333 1
17223 1 1
17236 11,66666667 2
17237 0,95 1
17239 0,633333333 1
17240 2,8 2
17243 0 0
17405 0 0
17416 5,233333333 5
17420 3,7 1
17425 0,95 1
17430 4,733333333 2
17435 0,983333333 2
17440 8,083333333 6
17441 0 0
17445 6,816666667 3
17446 4,783333333 1
17470 1,666666667 1
17472 0 1
17600 12,91666667 2
17700 7,7 1
17810 1,966666667 2
21002 6,133333333 2

21005 0 0
21006 0 0
21007 1,766666667 2
21010 0,2 1
21015 20,95 1
21020 0,75 1
21030 0,55 1
21035 30,93333333 4
21040 1,4 1
21042 0,616666667 1
21045 0,566666667 2
21049 2,266666667 3
21052 1,016666667 1
21053 0 1
21055 2,216666667 2
21060 1,65 2
21061 1,633333333 1
21062 0,483333333 1
21064 0,216666667 1
21067 0,516666667 1
21068 9 3
21075 0,716666667 1
21079 0,766666667 2
21084 1,266666667 2
21085 6,366666667 1
21090 0 0
21140 2,2 4
21141 0 1
21155 0 1
21160 3,466666667 5
21162 1 3

21165 14,03333333 3
21170 2,25 4
21172 0,433333333 1
21177 6,6 2
21180 1,016666667 1
21183 0 0
21185 0,683333333 4
21190 0 1
21192 6,233333333 5
21194 1,85 4
21195 0 1
21197 0,566666667 1
21199 0 1
21200 0 0
21280 0 0
21285 9,3 1
21295 0 0
21297 4,8 6
21298 5,15 1
21299 2,416666667 2
21300 9,233333333 2
21302 10,91666667 2
21304 0,816666667 2
21305 1,866666667 1
21306 0,333333333 1
21310 0,866666667 1
21320 15,23333333 7
21325 4,033333333 5
21330 11,93333333 1
21331 20,8 26
21335 4,55 2

21340 13,53333333 2
21344 11,48333333 15
21345 5,716666667 4
21347 15,66666667 3
21348 1,866666667 3
21350 7,516666667 4
21353 24,3 25
21355 16,66666667 1
21362 0,333333333 1
21363 0,466666667 1
21365 0 1
21370 0 0
21380 3,583333333 2
21410 3,7 1
21415 3,183333333 1
21425 1,983333333 2
21430 14,1 1
21440 8,6 2
21445 0,25 2
21450 6,15 8
21459 3,516666667 2
21460 4,616666667 3
21465 0,316666667 1
21467 0,55 1
21468 0,183333333 1
21471 8,3 4
21474 0,4 1
21476 2,266666667 1
21483 0,183333333 1
21484 7,083333333 1
21485 0,716666667 1

21492 2,616666667 3
21618 0,6 1
21902 6,216666667 2
21910 3,333333333 1
21912 0,716666667 1
45030 0 0
45035 5,1 2
45045 17,08333333 1
45080 0 0
45106 0 0
45125 2,8 1
45130 0,25 1
45142 0,25 2
45143 0,683333333 1
45145 0,266666667 1
45147 0,3 1
45152 5,833333333 4
45205 1,833333333 1
45280 0 0
45290 0 1
45300 0 0
45305 13,65 5
45331 1,783333333 3
45460 1,166666667 1
45469 0,166666667 1
45472 0 0
45592 0,4 1
45593 0,3 1
45660 0 0
45684 0 0
45686 0 0

45690 0 1
45710 0,616666667 1
45715 0,866666667 1
45720 0,433333333 1
45738 0,992222222 2
45750 0 0
45759 0,333333333 1
45763 11 1
45785 1,533333333 2
45789 2,566666667 5
45795 4,116666667 4
45797 0,466666667 1
45800 1,216666667 1
45805 0,916666667 1
45811 8,65 4
45818 0,733333333 1
45823 1,233333333 2
45832 12,883333333 9
45834 3,266666667 1
45845 0,616666667 1
45847 1,216666667 1
45851 0,166666667 1
45855 4,55 2
45864 1,016666667 1
45868 6,433333333 4
45910 0 1
45925 2,016666667 1
45953 1,916666667 1
45955 0 1
45967 5,816666667 3
45971 0,55 1

45972 0,266666667 3
45974 0,35 2
45980 1,15 1
45986 1,333333333 1
48001 2,616666667 3
48002 2,616666667 1
48005 18,65 3
48007 0 0
48009 3,533333333 2
48010 2,833333333 1
48011 34,05 28
48015 2,55 1
48017 25,13333333 2
48020 1 1
48030 2,216666667 1
48040 6,45 5
48053 3,533333333 3
48056 42,23333333 23
48060 3,166666667 1
48065 20,66666667 6
48070 1 1
48073 1 1
48074 3,5 4
48075 0,866666667 1
48079 8,316666667 1
48080 0 0
48081 0,416666667 1
48082 7,733333333 4
48090 0 0
48095 0,45 1
48100 1,416666667 3

48105 0 0
48110 2,766666667 2
48115 1 1
48120 14,4 1
48124 4,966666667 2
48125 1,416666667 2
48145 0,95 2
48155 0,25 1
48156 0 2
48157 1,9 2
48159 1,85 2
48160 2,016666667 4
48165 0,266666667 2
48170 16,53333333 4
48175 0 0
48183 2,133333333 3
48185 0 1
48190 1,066666667 1
48200 1,25 1
48212 0,516666667 1
48215 3,533333333 2
48246 1,116666667 1
48250 0,566666667 2
48255 4,6 5
48260 0 0
48273 0,716666667 1
48278 0 0
48300 0,416666667 1
48302 2,166666667 8
48310 0,666666667 1
48325 14,83333333 1

48333 0,616666667 1
48350 1,05 1
48355 6,966666667 4
48365 7,1 6
48370 3,083333333 1
48375 62,6 5
48385 1,6 1
48401 0 0
48407 0 0
48414 20,1 2
48420 0,083333333 1
48426 9,45 4
48432 1,816666667 1
48433 0,466666667 1
48435 0 0
48501 0 0
48503 1 1
48505 3,166666667 6
48510 1,05 1
48520 7,033333333 5
48535 2,916666667 1
48540 3,116666667 3
48560 1,783333333 1
ABA1 33,416666667 50
ABA2 7,55 10
ABA3 8,633333333 13
ABA4 21,416666667 37
CD010 64,65 109
CD011 8,85 15
CD03 43,416666667 49
CD04 48,666666667 56

CD05 52,31666667 72
CD06 14,65 5
CD07 27,83333333 32
CD08 35,45 42
CD09 37,56666667 33
COV1 15,46666667 49
COV10 0,766666667 2
COV12 0,866666667 5
COV2 9,4 19
COV3 4,316666667 13
COV4 16,45 6
COV5 2,166666667 14
COV6 3,933333333 18
COV7 19,2 45
COV8 27,76666667 68
COV9 10,98333333 32
CY01 25,38333333 31
CY02 40,91666667 102
CY03 38,13333333 56
CY04 12,38333333 36
CZA1 7,25 15
CZA2 18,33333333 39
CZA3 9,05 16
CZA4 7,166666667 18
CZU1 15,23333333 39
CZU2 3,416666667 10
CZU3 5,833333333 18
CZU4 9,5 22
CZU5 12,43333333 31
CZU6 12,95 34
CZU7 8,05 26

PD 2,45 2
 PPE1 18,35 37
 PPE2 7,483333333 18
 PPE3 3,7 8
 PPE4 17,4 41
 PPE5 23,08333333 71
 VAQ1 13,43333333 37
 VAQ2 33,61666667 84
 VAQ3 7,933333333 8
 VIL1 49,18333333 47
 VIL2 8,816666667 14
 VIL3 21,78333333 7
 VIL4 13,1 13

A.2.3. Informe de eventos



Figura A.5: Indisponibilidad de alimentadores 2021, fuente: DRC

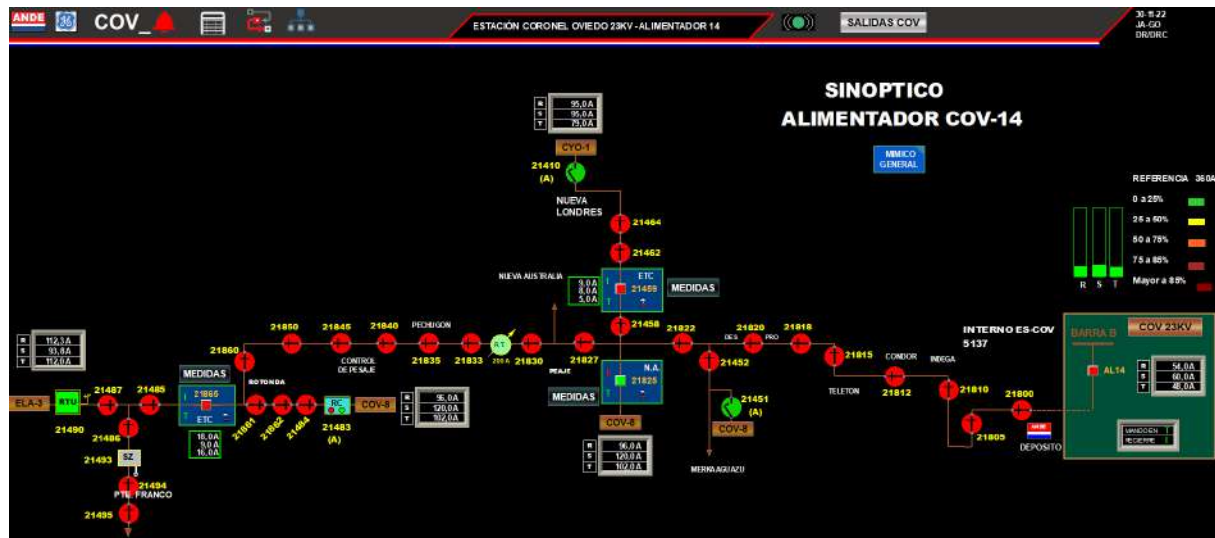


Figura A.8: Mímico del COV-14, actual

A.3.1. Cargas maniobradas

Item	Punto de falla	C. abastecida (KVA)	C. perdida (KVA)	C. salvada (KVA)	FC	C. efectiva (KVA)	ENF (kwh)	Alimentador
1	FALLA PRINCIPAL 1	9.300	2.664	6.636	0.3	1990.8	1264,2	COV8
2	FALLA PRINCIPAL 2	6.636	713	5.923	0.3	1776.9	545,7	COV8
Promedios		7.968	1.689	6.280	0.3	1.884	905	COV8
1	FALLA PRINCIPAL 1	11.014	1.865	9.149	0.3	2744,7	1110,2	COV14
2	FALLA PRINCIPAL 2	11.014	3.530	7.484	0.3	2245,2	1609,7	COV14
Promedios		11.014	2.698	8.317	0.3	2.495	1.360	COV14

Tabla A.3: Tramos de fallas considerados con sus promedios calculados

Item	C. abastecida (KVA)	C. perdida (KVA)	C. salvada (KVA)	FC	C. efectiva (KVA)	ENF (kwh)	Alimentador
Promedios	5.923	1.843	4.080	0,30	1.224	849	COV8
Promedios	4.632	422	4.210	0,30	1.263	358	COV14

Tabla A.4: Promedios por alimentador

Item	C. abastecida (KVA)	C. perdida (KVA)	C. salvada (KVA)	FC	C. efectiva (KVA)	ENF (kwh)	Lucrocesante (Gs)	Alimentador
1	5.923	600	5.323	0,30	1.597	476	193.317	COV8
2	5.923	4.012	1.911	0,30	573	1.500	608.899	COV8
3	5.923	1.698	4.225	0,30	1.268	806	327.053	COV8
4	5.923	2.314	3.609	0,30	1.083	990	402.082	COV8
5	5.923	1.925	3.998	0,30	1.199	874	354.702	COV8
6	5.923	1.925	3.998	0,30	1.199	874	354.702	COV8
7	5.923	425	5.498	0,30	1.649	424	172.002	COV8
Promedios	5.923	1.843	4.080	0,30	1.224	849	344.680	COV8
1	7.484	100	7.384	0,30	2.215	404,2	164.105	COV14
2	7.484	1.950	5.534	0,30	1.660	959,2	389.435	COV14
3	7.484	225	7.259	0,30	2.178	441,7	179.330	COV14
4	7.484	0	7.484	0,30	2.245	374,2	151.925	COV14
5	4.179	100	4.079	0,30	1.224	238,95	97.014	COV14
6	4.179	0	4.179	0,30	1.254	208,95	84.834	COV14
7	1.131	125	1.006	0,30	302	94,05	38.184	COV14
8	1.131	600	531	0,30	159	236,55	96.039	COV14
9	1.131	700	431	0	129	266,55	108.219	COV14
Promedios	4.632	422	4.210	0,30	1.263	358	145.454	COV14

Tabla A.5: Lucro cesante de los alimentadores de COV8 - COV14 gs/hora

A.4. Análisis económico

COMPRA DE ENERGÍA			
AÑO	KW	KWH	E1
1.00	802.56	7.030.425.60	1.616.997.888.00
2.00	1.410.12	12.352.693.25	2.841.119.447.04
3.00	2.066.29	18.100.742.31	4.163.170.730.80
4.00	2.774.96	24.308.635.29	5.590.986.117.27
5.00	3.540.32	31.013.159.72	7.133.026.734.65
6.00	4.366.90	38.254.046.09	8.798.430.601.42
7.00	5.259.61	46.074.203.38	10.597.066.777.53
8.00	6.223.74	54.519.973.25	12.539.593.847.74
9.00	7.265.00	63.641.404.71	14.637.523.083.56
10.00	8.389.56	73.492.550.69	16.903.286.658.24
11.00	9.604.09	84.131.788.34	19.350.311.318.90
12.00	10.915.77	95.622.165.01	21.993.097.952.41
13.00	12.332.39	108.031.771.81	24.847.307.516.60
14.00	13.862.35	121.434.147.16	27.929.853.845.93

Tabla A.6: Compra de energía por año

AHORRO PERDIDAS			
AÑO	kW	kWh	B2
0	15		
1.00	16.50	57.237.84	13.164.703.20
2.00	18.15	62.961.62	14.481.173.52
3.00	19.97	69.257.79	15.929.290.87
4.00	21.96	76.183.57	17.522.219.96
5.00	24.16	83.801.92	19.274.441.96
6.00	26.57	92.182.11	21.201.886.15
7.00	29.23	101.400.33	23.322.074.77
8.00	32.15	111.540.36	25.654.282.24
9.00	35.37	122.694.39	28.219.710.47
10.00	38.91	134.963.83	31.041.681.51
11.00	42.80	148.460.22	34.145.849.66
12.00	47.08	163.306.24	37.560.434.63
13.00	51.78	179.636.86	41.316.478.09
14.00	56.96	197.600.55	45.448.125.90

Tabla A.7: Ahorro de energía por mejora en niveles de pérdidas

Crecimiento esperado		Venta incremental.	B1	
AÑO	I	Kw	kWh	
0	293	400		0
1.00	316.44	802.56	7.030.425.60	2.186.462.361.60
2.00	341.76	1.410.12	12.352.693.25	3.841.687.600.13
3.00	369.10	2.066.29	18.100.742.31	5.629.330.857.74
4.00	398.62	2.774.96	24.308.635.29	7.559.985.575.96
5.00	430.51	3.540.32	31.013.159.72	9.645.092.671.63
6.00	464.95	4.366.90	38.254.046.09	11.897.008.334.96
7.00	502.15	5.259.61	46.074.203.38	14.329.077.251.36
8.00	542.32	6.223.74	54.519.973.25	16.955.711.681.07
9.00	585.71	7.265.00	63.641.404.71	19.792.476.865.16
10.00	632.57	8.389.56	73.492.550.69	22.856.183.263.97
11.00	683.17	9.604.09	84.131.788.34	26.164.986.174.69
12.00	737.82	10.915.77	95.622.165.01	29.738.493.318.26
13.00	796.85	12.332.39	108.031.771.81	33.597.881.033.32
14.00	860.60	13.862.35	121.434.147.16	37.766.019.765.59

Tabla A.8: Crecimiento esperado y venta incremental

Bibliografía

- [1] ANDE, “Especificación técnica de proyecto y construcción de línea protegida,” 2010.
- [2] L. P. A. Bazúa, “Apuntes de la asignatura: Subestaciones eléctricas,” *Tecnológico Nacional de México, México*, 2015.
- [3] M. Britez, “Análisis de eventos del 2022,” 2022.
- [4] —, “Informe técnico sobre regulación de tensión de los alimentadores cov 08 y cov 14,” 2022.
- [5] G. A. Gómez-Ramírez, “Evolución y tendencias de índices de confiabilidad en sistemas eléctricos de potencia,” *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 29, no. 2, pp. 3–13, 2016.
- [6] J. D. Juárez Cervantes, *Sistemas de distribución de energía eléctrica*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de . . . , 1995.
- [7] D. R. Madriz, “Determinación de las variables eléctricas de los descargadores de sobretensión más adecuados a ser utilizados en la red de media tensión de la compañía nacional de fuerza y luz, sa.”
- [8] W. D. Montachana Montachana, “Estudio de factibilidad para la implementación de redes aéreas compactas en media tensión en el área de concesión de la eea. s. a,” B.S. thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; UTC, 2021.
- [9] Schneider, “Sistemas de protección y maniobras en media tensión,” 2015.

- [10] S. I. Terán Cáceres, “Estudio de protecciones en sistemas de distribución,” B.S. thesis, 1998.
- [11] F. V. E. VILLACRÉS y C. A. S. ARCOS, “Utilización de cable protegido para redes aéreas de media tensión,” *Escuela Politécnica Nacional*, 2009.