

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Trabajo de titulación
previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico
e Ingeniera Eléctrica*

PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE GENERAL:

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COORDINACIÓN DE
PROTECCIONES DE LOS ALIMENTADORES 121 DE LA S/E
1 Y 222 DE LA S/E 2 DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
AZOGUES C.A.”**

AUTORES:

JOSÉ EDUARDO ÁVILA ÁVILA

JESSICA FERNANDA ORTEGA PINTADO

TUTOR:

ING. PABLO DANIEL ROBLES LOVATO, MsC.

CUENCA – ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, José Eduardo Ávila Ávila con documento de identificación No. 0302178769 y Jessica Fernanda Ortega Pintado con documento de identificación 0105798375, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LOS ALIMENTADORES 121 DE LA S/E 1 Y 222 DE LA S/E 2 DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A.”**, mismo que se ha desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Eléctrico*, en la Universidad Politécnica salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2020

José Eduardo Ávila Ávila
C.I. 0302178769

Jessica Fernanda Ortega Pintado
C.I. 0105798375

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LOS ALIMENTADORES 121 DE LA S/E 1 Y 222 DE LA S/E 2 DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A.”**, realizado por José Eduardo Ávila Ávila y Jessica Fernanda Ortega Pintado, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque general*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2020



Firmado electrónicamente por:
**PABLO DANIEL
ROBLES LOVATO**

Ing. Pablo Daniel Robles Lovato, MSc.

C.I. 0101663342

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, José Eduardo Ávila Ávila con documento de identificación No. 0302178769 y Jessica Fernanda Ortega Pintado con documento de identificación 0105798375, autores del trabajo de titulación: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LOS ALIMENTADORES 121 DE LA S/E 1 Y 222 DE LA S/E 2 DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A.”**, certificamos que el total del contenido del *Proyecto Técnico con enfoque general* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero del 2020



José Eduardo Ávila Ávila
C.I. 0302178769



Jessica Fernanda Ortega Pintado
C.I. 0105798375

DEDICATORIA

Al sentir esta inmensa alegría al culminar este proyecto, se lo dedico a Dios y a mis padres por ser el impulso más grande a continuar con mis estudios quienes acompañados de mis hermanos, me han brindado su ayuda para culminar este proyecto y mis estudios universitarios.

Jessica F. Ortega P.

Dedicado a mi madre Blanca Ávila que me apoyo todo el tiempo siendo un pilar fundamental para cumplir mis objetivos planteados, a mis tíos, primos por apoyarme en este arduo camino, a mis amigos que me han extendido la mano cuando más lo he necesitado.

José E. Ávila Á

AGRADECIMIENTOS

En primera estancia a Dios por permitirme cumplir esta meta, gracias a mi madre por ser la persona que con su amor, trabajo y sacrificio me ha apoyado durante estos años e impulsando mis sueños, así también a mis familiares que conjuntamente con mis amigos me dieron su apoyo a continuar con el proyecto.

A su vez al director de tesis Ing. Pablo Robles Lovato MsC. Un sincero agradecimiento por los conocimientos brindados que hicieron posible la culminación del proyecto, además, al Ing. Marcelo Cardenas gerente de la Empresa Eléctrica Azogues C.A. así también al Ing. Diego Quezada y al Ing. Remigio Romero que acompañaron en la elaboración del proyecto de manera desinteresada.

José E. Ávila Á.

Antes de todo doy gracias a Dios y a la Virgen Santísima, a mis padres, hermanos y amigos por acompañarme durante este camino de aprendizaje brindándome la fuerza, valentía y comprensión para ir superando las dificultades presentadas y así poder finalizar este meta. De igual manera expreso mi gratitud hacia Ing. Pablo Daniel Robles Lovato Msc. quien acepto ponerse al frente de este proyecto y apoyarnos hasta finalizarlo y finalmente agradezco infinitamente al Ing. Diego Quezada, al Ing. Remigio Romero y al personal de la S/E 2 quienes fueron parte principal en el desarrollo de este trabajo por la disponibilidad y predisposición para solventar nuestras dudas, y convertirse en amigos.

Jessica F. Ortega P.

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se desarrolla la propuesta de coordinación de los elementos de protección ubicados en el recorrido de la red del alimentador 121 y el alimentador 222, para lo cual fue necesario, primeramente, el análisis de la coordinación de los elementos ubicados en la troncal, en base a las curvas TCC graficadas en el Software CYMTCC donde el margen de tiempo entre cada curva debería estar entre los 200 ms y 400 ms, sin omitir el valor de las corrientes de cortocircuito máximas en estado estacionario para cada elemento que fueron obtenidas del software ADMS del sistema SCADA de la Empresa Eléctrica Azogues C.A.

En la coordinación existieron elementos tales como el fusible y Reconector, que no coordinaron por lo que se aplicó el análisis mediante la corriente de Inrush para proteger dichos ramales.

Por último, se presenta el análisis de los índices de calidad FMIK Y TTIK en el transcurso de 1 año con la coordinación instalada en los alimentadores, resultando que dicho valores superan considerablemente los límites establecidos por el ARCONEL, planteando así la nueva coordinación en la que no solo se eliminan los elementos innecesario sino también se reemplaza aquellos que lo requieran por uno más óptimo, con la finalidad de ajustar los índices de calidad a valores adecuados que a su vez indicarán la mejora en la calidad de servicio.

Abstract

In this titling work, the proposal for the coordination of the protection elements located in the route of the feeder 121 and feeder 222 network is developed, for which, it was first necessary to analyze the coordination of the elements located in the trunk, based on the TCC curves plotted in the CYMTCC Software where the time margin between each curve should be between 200 ms and 400 ms, without omitting the value of the maximum short-circuit currents in steady state for each element that were obtained of the ADMS software of the SCADA system of the Electric Company Azogues CA

In the coordination there were elements that did not coordinate, so the analysis was applied through the Inrush current to protect these branches.

Finally, the analysis of the FMIK and TTIK quality indices is presented over the course of 1 year with the coordination installed in the feeders, resulting in said values considerably exceeding the limits established by the ARCONEL, thus raising the new coordination in which not only the unnecessary elements are eliminated but also those that require it are replaced by a more optimal one, in order to adjust the quality indices to appropriate values that in turn indicate the improvement in the quality of service.

PREFACIO

El desarrollo de este trabajo de titulación tuvo como punto de partida la condición de mejorar la calidad de servicio brindada por la Empresa Eléctrica Azogues C.A., debido a que la configuración actual de la red del alimentador 121 y del alimentador 222 han sufrido fallas considerables durante tiempos prolongados que han terminado afectando la calidad del servicio, ocasionando la suspensión innecesaria de algunos usuarios.

Por lo que, al plantear la reconfiguración de la red de dichos alimentadores mediante la coordinación de los equipos de protección en cada uno de los ramales considerando el ramal troncal como punto de partida, se prevé una mejora en la calidad de servicio eléctrico por parte de la EEA C.A.

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas	xvi
Lista de Figuras	xx
Glosario	xxiv
Capítulo 1	1
1.1 Problema de Estudio	1
1.2 Justificación	2
1.3 Grupo Objetivo:	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Sistemas de Distribución.....	4
1.5.1 Tipos de Sistemas de Distribución.....	4
1.5.1.1 Sistemas de Distribución Mallado	5
1.5.1.2 Sistemas de Distribución Radial	5
1.6 Flujos de Carga	6
1.7 Regulación de Voltaje.....	8
1.8 Factor de Potencia.....	9
1.9 Sobrecorriente	9
1.10 Equipos de Protección.....	10
1.10.1 Seccionadores	11

1.10.1.1	Seccionadores de Puesta a Tierra.....	12
1.10.2	Disyuntores	12
1.10.3	Relés.....	13
1.10.4	Reconectores	13
1.10.5	Fusibles	14
1.10.6	Fusesaver.....	16
1.10.6.1	Comportamiento en Fallas Temporales	17
1.10.6.2	Comportamiento en Fallas Permanentes.....	17
1.10.7	Interrupción	17
1.10.7.1	Características	18
1.10.7.2	Comunicación y Control	18
1.11	Reconfiguración de Sistemas de Distribución	19
1.11.1	Reconfiguración del Alimentador.....	20
1.12	Cálculo de Corrientes de Cortocircuito.....	20
1.12.1	Falla de Línea a Tierra	21
1.12.2	Falla de Línea a Línea.....	23
1.12.3	Falla de Línea a Línea y Tierra	24
1.13	Coordinación de Protecciones.....	29
1.13.1	Criterio de Coordinación.....	29
1.13.2	Coordinación Fusible-Fusible.....	30
1.13.2.1	Curva Tiempo-Corriente.....	31

1.13.2.2	Tablas de Coordinación	31
1.13.3	Coordinación Reconector-Fusible.....	32
1.13.3.1	Presencia de los DG	35
1.13.4	Coordinación Relé-Reconector	35
1.13.4.1	Relés Estáticos	36
1.13.4.2	Relés Electromagnéticos	37
1.13.4.3	Relés Electromagnéticos y Reconector Electrónico	37
1.13.5	Coordinación Reconector-Reconector:	37
1.13.5.1	Relés Electromagnéticos	38
1.13.5.2	Relés Electromagnéticos y Reconector Electrónico	38
1.13.6	Coordinación Reconector-Seccionalizador.....	39
1.13.7	Coordinación Reconector-Fusible-Seccionalizador.....	40
	Capítulo 2.....	41
2.1	EEA C.A.	41
2.2	S/E Azogues 1	42
2.2.1	Infraestructura	44
2.2.1.1	Infraestructura Eléctrica.....	44
2.2.1.1.1	Red de Subtransmisión.....	44
2.2.2	Alimentador 121	46
2.3	S/E Azogues 2.....	46
2.3.1	Infraestructura	47

2.3.1.1	Diagrama Unifilar de la Subestación Azogues 2	48
2.3.1.2	Infraestructura Eléctrica.....	49
2.3.1.2.1	Red de Subtransmisión.....	50
2.3.1.2.2	Cuarto de Control	56
2.3.1.2.3	Servicios Auxiliares	57
2.3.1.2.3.1	Sistema SCADA.....	59
2.4	ADMS	61
2.4.1	Ventajas.....	61
2.4.2	Arquitectura	61
2.4.2.1	Producción	61
2.4.2.2	Acceso a Servicios	62
2.4.2.3	QADS.....	63
2.4.2.4	OTS	63
2.4.2.5	Centro de Control.....	65
2.5	CYMTCC.....	65
2.5.1	Características	66
	Capítulo 3.....	67
3.1	ADMS	67
3.1.1	Diagrama Unifilar de los Alimentadores	67
3.1.2	Flujo de Carga.....	68
3.1.3	Caída de Voltaje.....	68

3.1.4	Desbalance de Red.....	68
3.2	Ubicación de los Equipos.....	71
	Capítulo 4.....	72
4.1	Coordinación de Protecciones.....	72
4.2	Protección del Alimentador 121	72
4.2.1	Estado Actual del Alimentador	72
4.2.2	Coordinación de Protecciones.....	73
4.3	Protección del Alimentador 222	88
4.3.1	Estado Actual del Alimentador	88
4.3.2	Coordinación de Protecciones.....	90
4.4	Recomendación de Equipos de Protección	103
4.4.1	Presupuesto	105
4.4.2	Recomendación de Nuevas Tecnologías.....	106
	Capítulo 5.....	108
5.1	Análisis de los Índices de Calidad del Servicio Técnico	108
5.1.1	Tipo de Alimentador	108
5.1.2	Interrupciones	110
5.1.3	Indicadores Globales.....	110
	5.1.3.1 FMIK y TTIK del Alimentador 121.	111
	5.1.3.2 FMIK y TTIK del Alimentador 222.	115
	Capítulo 6.....	119

6.1	Conclusiones y Recomendaciones	119
6.1.1	Conclusiones	119
6.1.2	Recomendaciones.....	122
	Lista de Referencias	124
	Apéndice	132
	ANEXO 1.....	132
	ANEXO 2.....	146
	ANEXO 3.....	151
	ANEXO 4.....	173
	ANEXO 5.....	182
	ANEXO 6.....	186
	ANEXO 7.....	190
	ANEXO 8.....	194
	ANEXO 9.....	196

Lista de Tablas

Tabla 1. Variaciones de Voltaje [8].	9
Tabla 2. Límites del Factor de Ponderación.	10
Tabla 3. Voltajes según su Frecuencia [29].	18
Tabla 4. Constantes y Exponentes para la Curva Característica [46]	35
Tabla 5. Características del Transformador 10/12,5 MVA [53].	44
Tabla 6. Características de los TC's tipo BUJE [53].	45
Tabla 7. Potencia Instalada en los Alimentadores de la S/E.	48
Tabla 8. Características del Transformador 16/20 MVA [53].	50
Tabla 9. Características del Disyuntor [53].	51
Tabla 10. Características del Seccionador [53].	52
Tabla 11. Características de TP [53].	54
Tabla 12. Características de la Barra y el Alimentador [53].	55
Tabla 13. Características del Pararrayo [53].	56
Tabla 14. Características del Generador de Emergencia [53].	59
Tabla 15. Valores de Desbalance del Flujo en el Alimentador 121.	69
Tabla 16. Valores de Desbalance en el Alimentador 222.	70
Tabla 17. Caída de Voltaje en Interconexión del Alimentador 121 y 222.	71
Tabla 18. Dispositivos del Alimentador 121.	72
Tabla 19. Margen de Tiempo.	73
Tabla 20. Márgenes de Tiempos de las Curvas del Troncal.	73

Tabla 21. Carga de 02_SFU_5001.....	76
Tabla 22. Inrush de 02_SFU_5001.....	76
Tabla 23. Carga de 02_SFU_3856.....	78
Tabla 24. Inrush de 02_SFU_3856.....	79
Tabla 25. Carga de 02_SFU_2993.....	81
Tabla 26. Inrush de 02_SFU_2993.....	81
Tabla 27. Carga de 02_SFU_4788.....	83
Tabla 28. Inrush de 02_SFU_4788.....	83
Tabla 29. Margen de Tiempo de Coordinación con Tierra.....	87
Tabla 30. Configuración de los Elementos de Protección.....	88
Tabla 31. Fusibles Intermedios.....	89
Tabla 32. Margen de Tiempo.....	89
Tabla 33. Márgenes de Tiempos de las Curvas.....	91
<i>Tabla 34.</i> Carga de 02_SFU_3645.....	93
Tabla 35. Inrush de 02_SFU_3645.....	94
Tabla 36. Carga de 02_SFU_2554.....	95
Tabla 37. Inrush de 02_SFU_2554.....	96
Tabla 38. Carga de 02_SFU_2403.....	97
Tabla 39. Inrush de 02_SFU_2403.....	98
Tabla 40. Carga de 02_SFU_2541.....	99
Tabla 41. Inrush de 02_SFU_2541.....	100

Tabla 42. Carga de 02_SFU_3453.....	102
Tabla 43. Inrush de 02_SFU_3453.	102
Tabla 44. Especificaciones de AutoLink.	104
Tabla 45. Especificaciones del Reconectador NOJA.....	104
Tabla 46. Seccionalizador AutoLink Monofásico.	105
Tabla 47. Presupuesto de los Dispositivos de Protección.	106
Tabla 48. Especificaciones del Intellirupter.....	106
Tabla 49. Especificaciones del Fusesaver.	107
Tabla 50. Parámetros de los Alimentadores 121 y 222.....	108
Tabla 51. Clasificación de los Alimentadores.	109
Tabla 52. Tipo de los Alimentadores 121 y 222.	109
Tabla 53. Clasificación de las Interrupciones.	110
Tabla 54. Límites para los Índices de Calidad Dados por el ARCONEL.....	111
Tabla 55. FMIK y TTIK del Alimentador 121 en enero de 2019.....	112
Tabla 56. FMIK Durante 12 Meses del Alimentador 121 y 222.	113
Tabla 57. Valores de FMIK y TTIK Totales del Alimentador 121	114
Tabla 58. FMIK y TTIK del Alimentador 222.	115
Tabla 59. FMIK y TTIK del Alimentador 222.	116
Tabla 60. Índices de Calidad para el Alimentador 222 de la EEA C.A.....	116
Tabla 61. Flujo de Corriente en el Alimentador 121.	151
Tabla 62. Flujo de Corriente del Alimentador 222.	159

Tabla 63. Caída de Voltaje Alimentador 121.	162
Tabla 64. Caída de Voltaje del Alimentador 222.....	170
Tabla 65. Fusibles Coordinados del Alimentador 121.....	173
Tabla 66. Cargas de los Fusibles del Alimentador 121.	182
Tabla 67. Inrush de los Fusibles Coordinados.	184
Tabla 68. Fusibles Coordinados de Alimentador 222.....	186
Tabla 69. Cargas de los Fusibles del Alimentador 222.	190
Tabla 70. Inrush de los Fusibles.	192
Tabla 71. Ejemplo de interrupciones en el alimentador 121.	196

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema Básico de un Sistema Industrial con DG [3].....	4
Figura 2. Seccionador de MV [13].....	11
Figura 3. Disyuntor [14].	12
Figura 4. Reconectador de MV [20].	14
Figura 5. Fusible [23].....	15
Figura 6. Fusesaver [25].	16
Figura 7. Interrupción [28].	17
Figura 8. Falla Línea-Tierra [28].	21
Figura 9. Diagrama de Secuencias, A) Secuencia Positiva, B) Secuencia Negativa, C) Secuencia Cero, D) Secuencia de Neutro [38].....	22
Figura 10. Secuencias en Serie.	23
Figura 11. Falla Línea-Línea [38].	23
Figura 12. Falla Línea-Línea y Tierra [38].	24
Figura 13. Corriente de Falla Asimétrica.....	28
Figura 14. Coordinación Fusible-Fusible [41].....	30
Figura 15. Coordinación Reconectador-Fusible [44].....	32
Figura 16. Curva del Reconectador y el Fusible [46].	33
Figura 17. Coordinación Relé-Reconectador [50].	36
Figura 18. Coordinación Reconectador-Reconectador [49].	38
Figura 19. Coordinación Reconectador-Seccionalizador [42].....	39

Figura 20. Área de Concesión de la EEA C.A. [51].	41
Figura 21. Ubicación de la S/E Azogues 1 [51].	42
Figura 22. Diagrama el Unifilar de los Alimentadores de la S/E Azogues 1 [52].	43
Figura 23. IED ABB de la S/E 1 [52].	45
Figura 24. Red del Alimentador 121.	46
Figura 25. Ubicación S/E Azogues 2 [51].	47
Figura 26. S/E Azogues 2.	48
Figura 27. Diagrama Unifilar S/E Azogues 2.	49
Figura 28. Transformador de Potencia de S/E Azogues 2 [52].	50
Figura 29. Disyuntor 52-012 [52].	51
Figura 30. Seccionador 89-013 [52].	52
Figura 31. TP's 1 [52].	53
Figura 32. TC's-016 [52].	54
Figura 33. Pararrayo 027 [52].	55
Figura 34. Tableros de Control [52].	56
Figura 35. Monitoreo del Alimentador 222 con elementos SIEMENS [52].	57
Figura 36. Banco de Baterías [52].	58
Figura 37. Generador de Emergencia Diesel [52].	58
Figura 38. Sistema de Producción [57].	62
Figura 39. Sistema DMZ [57].	63
Figura 40. Sistema QADS [57].	64

Figura 41. Sistema OTS [57].	64
Figura 42. Centro de Control.	65
Figura 43. Desbalance de Carga en las Fases del Alimentador 121.	69
Figura 44. Desbalance de Carga en el Alimentador 222.	70
Figura 45. Curva del Conductor 1/0 ACSR.	74
Figura 46. Curvas del Alimentador Coordinados.	75
Figura 47. Margen de Tiempo de 02_SFU_5001.	75
Figura 48. Coordinación por Inrush de 02_SFU_5001.	77
Figura 49. Margen de Tiempo 02_SFU_3856.	78
Figura 50. Coordinación por Inrush de 02_SFU_3856.	79
Figura 51. Margen de Tiempo 02_SFU_2993.	80
Figura 52. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2993.	82
Figura 53. Margen de Tiempo 02_SFU_4788.	83
Figura 54. Coordinación por Inrush de 02_SFU_4788.	84
Figura 55. Curvas de conteo del Seccionalizador 1 y 2.	85
Figura 56. Curva de conteo del Seccionador Trifásico.	86
Figura 57. Coordinación con Tierra.	87
Figura 58. Curvas de los Dispositivos.	90
Figura 59. Curva del Conductor 1/0.	91
Figura 60. Curvas del Alimentador 222.	92
Figura 61. Margen de Tiempo de 02_SFU_3645.	93

Figura 62. Coordinación por Inrush de 02_SFU_3645.....	94
Figura 63. Margen de Tiempo de 02_SFU_2554.	95
Figura 64. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2554.....	96
Figura 65. Fusibles 02_SFU_5433 y 02_SFU_2403.	97
Figura 66. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2403.....	98
Figura 67. Fusibles 02_SFU_5829 y 02_SFU_2541.	99
Figura 68. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2541.....	100
Figura 69. Fusibles 02_SFU_3941 y 02_SFU_3453.	101
Figura 70. Coordinación por Inrush de 02_SFU_3453.....	103
Figura 71. Curva FMIK del Alimentador 121.	114
Figura 72. Curva TTIK del Alimentador 222.	115
Figura 73. Curva FMIK del Alimentador 222.	117
Figura 74. Curva TTIK del Alimentador 222.	117
Figura 75. Curva de FMIK y TTIK del Alimentador 121 y 222.	118
Figura 52. Diagrama del Alimentador 121.	145
Figura 53. Diagrama del Alimentador 222.....	150
Figura 54. Curvas del Alimentador.....	181
Figura 79. Diagrama de la Coordinación del Alimentador 121.....	194
Figura 80. Diagrama de la Coordinación del Alimentador 222.....	195

Glosario

- **ADMS:** *Advanced Distribution Management System (Sistema Avanzado de Administración de la Distribución).*
- **ARCONEL:** *Agencia de Regulación y Control de Electricidad.*
- **AT:** *Alto Voltaje.*
- **BT:** *Bajo Voltaje.*
- **CC:** *Corriente Continua.*
- **CDN:** *Centro Nacional de Datos.*
- **CYM TCC:** *Software de Coordinación de dispositivos de protección.*
- **DG:** *Generación Distribuida.*
- **DMZ:** *Simulación de tiempo real.*
- **EEA C.A.:** *Empresa Eléctrica Azogues Compañía Anónima.*
- **FMIK:** *Frecuencia Media de Interrupciones por kVA nominal (kVA/h).*
- **GIS:** *Geographical Information System (Sistema de Información Geográfica).*
- **GPS:** *Sistema de Posicionamiento Global.*
- **Icc:** *Corriente de Cortocircuito.*
- **IT:** *Information technologies (Tecnologías de Información).*
- **MEER:** *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.*
- **MM:** *Fusión Mínima.*
- **MT:** *Medio Voltaje.*
- **OMS:** *Gestión Operacional y Soporte.*
- **OTS:** *Entorno de Entrenamiento.*
- **plug & play:** *Enchufar, conectar y usar.*
- **QADS:** *Entorno de aseguramiento de la Calidad y Test.*
- **RCS:** *Servicios de acceso remoto de los Centros Locales.*

- **SCADA:** *Supervisory Control And Data Acquisition.*
- **SEP:** *Sistema Eléctrico de Potencia.*
- **SF6:** *Hexafloruro de Azufre.*
- **SFU:** *Seccionador Fusible Unipolar.*
- **SFR:** *Seccionador Fusible Rompe Arco.*
- **SGL:** *Single-Line-to-Ground (Linea simple a tierra).*
- **SNI:** *Sistema Nacional Interconectado.*
- **S/E:** *Subestación.*
- **TA:** *Tipo de Alimentador.*
- **TC:** *Compensación total*
- **TC's:** *Transformador de Corriente.*
- **TTIK:** *Tiempo total de interrupción por kVA nominal instalado.*
- **TMS:** *Multiplicador de tiempo.*

Capítulo 1

1.1 Problema de Estudio

La región del Ecuador debido al crecimiento de su población y la implementación de sistemas tecnológicos en diferentes áreas de la industria, comercio y hogares; ha experimentado un incremento en la demanda eléctrica, siendo este un pilar fundamental para la construcción de centrales de generación eléctrica y a su vez el establecimiento de regulaciones que rijan el comportamiento de estos sistemas [1].

Por lo que en el Ecuador el ente regulador encargado de vigilar el comportamiento de las centrales de generación, transmisión y distribución, es el ARCONEL; el cual el 28 de diciembre de 2018 aprobó la resolución No. 053/18 correspondiente a la regulación 005/18 cuyo contenido es referente a la “Calidad de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica” [2].

Siendo el punto de partida para la subestación 1 y 2 de la EEACA, en la reconfiguración de los sistemas de protección ante el crecimiento de la demanda.

Los alimentadores 121 de la S/E 1 y 222 de la S/E 2 actualmente no cuentan con un estudio integral de la coordinación de protecciones; lo que conlleva a tener una seguridad, confiabilidad y obediencia deplorable frente a eventos comunes que se ocasionan en los sistemas de medio voltaje. [1], [2].

1.2 Justificación

En vista de que la demanda conectada a los alimentadores, ha incrementado la topología de diferentes ramales, lo que a conllevando a un sistema de protección ineficiente frente a eventos que se generan en los sistemas de medio voltaje, llegando incluso a la desconexión total del alimentador principal desde la subestación.

El abastecimiento de energía que realiza la S/E 1 de la EEACA, durante los últimos años ha ido creciendo considerablemente generando varios ramales de distribución en medio voltaje, por lo que fue necesario en el 2015 crear una nueva S/E conocida como “S/E 2”, cuyo fin es brindar mayor seguridad en el abastecimiento del suministro de energía eléctrica.

A pesar de contar con una nueva S/E, los alimentadores, en especial el 121 de la S/E 1, es propenso a fallos, no solo en un ramal sino en toda la red, debido a que no cuenta con estudios de coordinación de protecciones actualizados que permitan la apertura idónea y la selectividad adecuada del elemento a operar.

Siendo necesario realizar el análisis de estos elementos de protección para colocarlos en el sistema de medio voltaje correspondiente al alimentador 121 y que a su vez será interconectado con el alimentador 222 de la S/E 2 el cual también requiere la actualización de los estudios de coordinación de protecciones en sistemas de medio voltaje.

Una de estas tecnologías para el control y supervisión de valores es el software ADMS, donde se hará un monitoreo continuo del comportamiento de los sistemas de

protección y en caso de suscitarse fallas aplicar los correctivos correspondientes y evitar sanciones por el ARCONEL [2].

1.3 Grupo Objetivo:

Los resultados de esta tesis beneficiaran a los abonados de la S/E 1 y S/E2 de la EEA C.A., minimizando la afección del suministro de energía ante fallas. Garantizando un servicio de calidad, continuo y óptimo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el estudio de la coordinación de protecciones de los alimentadores 121 de la S/E 1 y 222 de la S/E 2 de la Empresa Eléctrica Azogues C.A.; maximizando la continuidad del suministro de energía y minimizando la afección frente a fallas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el flujo de potencia y el comportamiento de las corrientes de cortocircuito de los sistemas en condiciones normales y de transferencia.
- Mejorar los índices de calidad de servicio FMIK y TTIK para EEACA.
- Usar el software ADMS y CYMTCC para los análisis de coordinación de protecciones.
- Definir el tipo de protecciones a utilizar en función de su topología.
- Sugerir nuevos elementos de protección que mejoren la confiabilidad del sistema.

1.5 Sistemas de Distribución

Las unidades de generación convencionales debido al rápido crecimiento de la demanda en las diferentes ubicaciones han ocasionado dificultades para satisfacerla por lo que la generación de electricidad se ha encaminado a otras energías, como: eólica, solar, biomasa, entre otras, permitiendo tener una DG [1].

La energía eléctrica llega a los clientes mediante el sistema de la red nacional, la cual es pasiva al no tener unidades de DG. Al instalar fuentes de DG el flujo de potencia en los alimentadores puede cambiar de unidireccional a bidireccional convirtiéndose en una red activa [2].

Cuando la red se encuentra en estado activo ofrece grandes ventajas, pero al igual puede presentar fallas que deben ser corregidas por técnicos, las fallas más comunes de tipo SGL la cual es identificada mediante el relé [2].

Siendo factible aplicar métodos de protección: de distancia adaptativa, diferencial de corriente adaptativa y diferencial de potencia adaptativa [3].

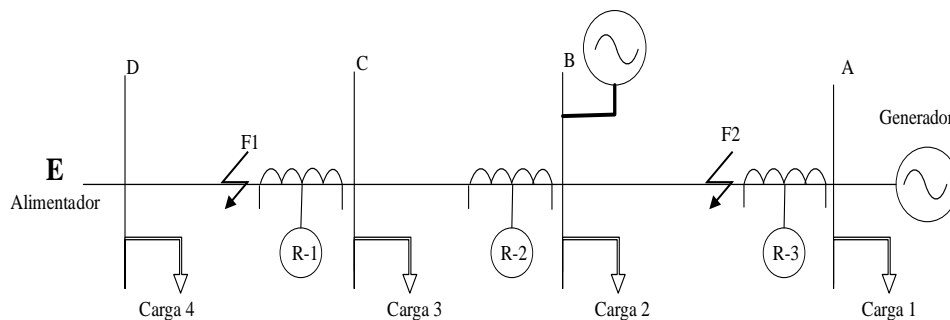


Figura 1. Esquema Básico de un Sistema Industrial con DG [3].

1.5.1 Tipos de Sistemas de Distribución

En los sistemas de distribución únicamente se considera dos tipos:

1.5.1.1 Sistemas de Distribución Mallado

Se caracteriza porque el flujo de potencia activa se realiza por más de un camino simultáneamente hasta llegar a la carga [4].

Presenta las siguientes ventajas:

- Ofrece un sistema confiable
- El flujo de potencia activa no presenta interrupciones [5]

Y desventajas:

- Requiere mayor costo.
- Requiere mayor número de dispositivos.
- Los cálculos de corriente, voltaje y protecciones tienen mayor complejidad [5].

1.5.1.2 Sistemas de Distribución Radial

Su característica principal nace de un flujo de potencia que se realiza por un único camino simultáneo hasta llegar a la carga [4].

Las ventajas de este sistema:

- Requiere menor factor económico.
- Se utiliza menor número de dispositivos.
- El cálculo de circuitos y de protecciones no son complejos.

Entre las principales desventajas:

- No brinda mayor confiabilidad en el sistema.
- Puede sufrir mayor cantidad de interrupciones [5].

1.6 Flujos de Carga

Los flujos de carga se utilizan para el diseño, planificación y expansión de un Sistema Eléctrico de Potencia, determinando su comportamiento bajo condiciones reales [6].

Los elementos que se encuentran en los sistemas de distribución son dimensionados de acuerdo con los parámetros de diseño de la red en MT, se caracterizan por ser radiales unidireccionales. [7].

Las subestaciones son los puntos centrales, de donde nacen los alimentadores radiales en MT, se caracterizan por tener nodos de envío que se derivan a los nodos receptores n_j conocidos como carga donde el tramo que los une se llama longitud n_{ij} , en este caso el método más usado para el flujo de carga es el de Ardrvinsson [7].

El método de Ardrvinsson no es el más preciso para sistemas con un número elevado de nodos, pero para el caso en particular donde existe un número limitado de nodos comparándolo con los métodos Céspedes, Shirmohammadi y Jovanovic, los resultados reflejan una alta precisión sin necesidad de una gran cantidad de iteraciones [7].

Mediante este método se puede obtener parámetros de caída de voltaje y pérdidas de potencia en diferentes nodos de un sistema, partiendo de los datos de cabecera (demanda en [kVA]) que va a abastecer un alimentador o transformador industrial o comercial, para su aplicación. Se asumen las siguientes suposiciones que se deben cumplir [7]:

- Factor de potencia uniforme en todo el sistema.
- Factor de capacidad uniforme para todos los transformadores.
- El desbalance de las cargas entre fases será igual o menor al 15%
- El crecimiento de la demanda es uniforme para todo el sistema.

Las expresiones utilizadas para la resolución de flujos de potencia son las siguientes:

$$P_{ri} = P_i + \sum_{j=i+1}^n a_{ij} \left[P_j + \left(\frac{S(t)_j}{U_n} \right)^2 r_{ij} L_j 10^{-3} \right] \quad (kW)$$

$$Q_{ri} = Q_i + \sum_{j=i+1}^n a_{ij} \left[Q_j + \left(\frac{S(t)_j}{U_n} \right)^2 x_j L_j 10^{-3} \right] \quad (kUAR)$$

$$U_{ri} = U_i - \sum_{j=i+1}^n a_{ij} \left[U_n - \left(\frac{P_i r_{ij} + Q_i x_{ij}}{U_n} + j \frac{P_i x_{ij} + Q_i r_{ij}}{U_n} \right) L_{ij} 10^{-3} \right] \quad (U)$$

Donde:

- a_{ij} = Es el coeficiente de la matriz topológica que relaciona ambos nodos i y j.
- U_n = Voltaje nominal. [kU]
- U_{ri} = Voltaje de recibo en el nodo i. [kU]
- P_i = Potencia real trifásica de envío en el nodo i. [kW]
- Q_i = Potencia reactiva trifásica de envío en nodo i. [kUAR]
- P_j = Potencia real trifásica de recibo en el nodo j. [kW]
- Q_j = Potencia reactiva trifásica de recibo en nodo j. [kUAR]
- $Z_{ij} = r_{ij} + x_{ij}$ = Impedancia de fase de secuencia positiva en [Ω /Milla o Ω /Km]
- L_{ij} = Longitud de tramo entre el nodo i al j en [Millas o Km]
- $S(t)_j$ = Potencia real trifásica (demanda) de recibo en el nodo j. [kUA]

El método consiste en calcular las caídas de voltaje desde la fuente hasta los últimos ramales del sistema y las pérdidas de potencia desde los últimos ramales hasta la fuente, este proceso se repite en varias iteraciones donde las caídas de potencia se suman a la potencia real en cada iteración y se restan menos la caída de potencia real de dos iteraciones atrás. En las caídas de voltaje se da el proceso inverso para cada iteración se restan las caídas de voltaje al voltaje de línea, más la caída de voltaje de dos iteraciones atrás, hasta que el método converja en un error cercano a cero [7].

Primera Iteración.

- Se conoce $P_{ni}^{(1)}$ de envío y se calcula el recibo $P_{nj}^{(1)}, \Delta U_{nij}^{(1)}, \Delta P_{nij}^{(1)}$ en función de $S_{nj}^{(1)}$ [7].

Segunda Iteración

- Se considera $P_{ni}^{(2)} = P_{ni}^{(1)} + \Delta P_{nij}^{(1)}$ y se calcula $P_{nj}^{(2)}, \Delta U_{nij}^{(2)}, \Delta P_{nij}^{(2)}$ en función de $S_{nj}^{(2)}$, con un error $\varepsilon U_{dif}^{(2)} = \Delta U_{nij}^{(2)} - \Delta U_{nij}^{(1)}$ para la caída de voltaje y para las pérdidas técnicas activas por transporte de energía $\varepsilon P_{dif}^{(2)} = \Delta P_{nij}^{(2)} - \Delta P_{nij}^{(1)}$ [7].

Tercera Iteración

- Se considera $P_{ni}^{(3)} = P_{ni}^{(2)} + \Delta P_{nij}^{(2)}$ y se calcula $P_{nj}^{(3)}, \Delta U_{nij}^{(3)}, \Delta P_{nij}^{(3)}$ en función de $S_{nj}^{(3)}$, con un error $\varepsilon U_{dif}^{(3)} = \Delta U_{nij}^{(3)} - \Delta U_{nij}^{(2)}$ para la caída de voltaje y para las pérdidas técnicas activas por transporte de energía $\varepsilon P_{dif}^{(3)} = \Delta P_{nij}^{(3)} - \Delta P_{nij}^{(2)}$ [7].

Para la obtención de un error muy cercano a cero se realiza k iteraciones [7].

1.7 Regulación de Voltaje

La Regulación No. ARCONEL 005/18, establece que en condiciones normales a lo largo de los alimentadores el voltaje existente no debe sobrepasar o estar por debajo de los valores mostrados en la Tabla 1 [8].

Incluso cuando se realiza una interconexión, el sistema debe de cumplir ciertos requerimientos en el punto de aplicabilidad y rendimientos de prueba, especificados desde la cláusula 4 hasta la cláusula 11 en el estándar IEEE 1547 [9].

Tabla 1. Variaciones de Voltaje [8].

<i>Grupo</i>	<i>Nivel de Voltaje</i>	<i>Rango de Variación</i>
BV	Menor o igual a 0,6 kV	± 8.0%
MV	Mayor a 0,6 kV o menor a 40 kV	± 6.0%
AV Grupo 1	Mayor a 40 kV o menor Igual a 138 kV	± 5.0%
AV Grupo 2	Mayor a 138 kV	± 5.0%

1.8 Factor de Potencia

En el Ecuador se considera un valor mínimo permisible de 0,95 para el factor de potencia en cuanto a sistemas de distribución se refiere [8],[10].

1.9 Sobrecorriente

Se conoce como sobre corriente cuando se sobrepasa el valor nominal del equipo de protección, ocasionado por fallas al presentarse sobrecargas, cortocircuito o fallas a tierra, siendo indispensable implementar sistemas de protección tanto para el usuario y los equipos que componen el sistema de distribución eléctrica [11].

Al colocar estos sistemas de protección se debe considera un índice de confiabilidad referente a las interrupciones que se podrían dar en el sistema establecidas por las normativas de la Agencia de regulación [11]:

- *FMIK*: Frecuencia media de interrupción: corresponde al promedio de veces que cada kVA nominal instalado sufrió una interrupción de servicio durante el tiempo de periodo de control.
- *TTIK* : Duración de interrupción promedio del cliente
- *FIC_o*: Frecuencias de interrupción promedio del cliente.

$$FIC_o = Nc \quad (1)$$

- DIC_o : Duración de interrupción promedio del cliente

$$DIC_o = \sum_i k_i \times tc_i \quad (2)$$

Donde:

i = interrupción.

Nc = Número de interrupciones del servicio que sufrió el cliente.

tc_i = Tiempo de duración de la interrupción.

k_i = Factor de ponderación de las interrupciones, cuyos límites se expresa en la Tabla 2.

Tabla 2. Límites del Factor de Ponderación.

<i>Factor de Ponderación</i>	<i>Valor</i>	<i>Caso</i>
ki	1.0	Cuando se da interrupciones no programadas.
	0,5	Cuando la interrupción es solicitada por el consumidor sin causar afección a otros consumidores.
	0	Cuando la interrupción es solicitada por el consumidor sin causar afección a otros consumidores.

1.10 Equipos de Protección

Para asegurar que el sistema de distribución eléctrica funcione correctamente ante cortocircuitos y sobrecorrientes es necesario determinar el equipo de protección, la ubicación y coordinación entre ellos con la finalidad de eliminar la falla en la zona afectada en el menor tiempo posible [7].

1.10.1 Seccionadores

Un seccionador es un elemento eléctrico que aísla las fallas en los conductores en el estado abierto, como se ve en la Figura 2, estos elementos deben de asegurar el traspaso de corrientes nominales y de cortocircuito cuando esté cerrado [12].

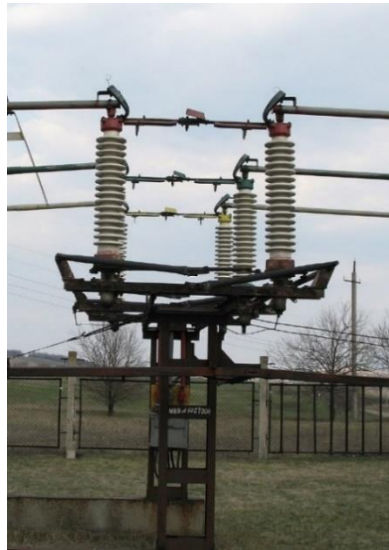


Figura 2. Seccionador de MV [13].

El principio de interrumpir la corriente cuando la falla cruza por cero. Un interruptor o un fusible crea un arco para aumentar la fuerza dieléctrica que lo atraviesa, logrando que este se borre en un cero actual [7].

El seccionador en una subestación se opera sin carga volviendo a conectar dispositivos, aparatos u otros circuitos, también hay seccionadores manuales en los terminales de la S/E que son utilizados como seguridad con aislamiento para las revisiones o reparaciones. Se puede combinar un seccionador con un interruptor de puesta a tierra que va conectado a la línea de tierra, el nivel de aislamiento del seccionador es más del 15%,

siendo mayor a otros aparatos debido a la seguridad para los trabajadores en los sistemas de medio voltaje.[12].

1.10.1.1 Seccionadores de Puesta a Tierra

Son dispositivos de muy baja velocidad de movimiento cuando se realiza operaciones de conmutación y esto puede ser posible con corrientes residuales, se suelen instalar en las estructuras de medio voltaje dando un aislamiento y puesta a tierra en las reparaciones [12].

1.10.2 Disyuntores

En los alimentadores de una S/E se utilizan disyuntores que se puede ver en la Figura 3, su poder de corte permite soportar corrientes nominales de falla rms, se disparan con relés externos que controlan la apertura del circuito [7].



Figura 3. Disyuntor [14].

Existen disyuntores de aceite, vacío, SF6 o aire, los más utilizados en las estaciones de distribución son de aceite y de vacío con disyuntores de SF6, que se disparan con relés externos donde estos controlan el disparo del disyuntor, así también realizan funciones de recierre. El disyuntor debe resistir K veces la corriente nominal de cortocircuito entre el

cierre y la interrupción, un retraso típico que tiene este elemento es de 2 segundos, las clasificaciones estándar van de 600, 1200, 2000 y 3000 A, los más utilizados en las S/Es son de 600 y 1200 A. El disyuntor también se clasifica por cortocircuito momentáneo o de cierre que se llama también capacidad de primer ciclo de corriente de falla [15].

1.10.3 Relés

Los dispositivos de protección han evolucionado con el tiempo siendo los relés electromecánicos los primeros y siguieron los estáticos, los relés que se establece con microprocesadores y en el 1986 se presenta el primer relé numérico. Existían 4 relés de sobrecorriente para la protección de distribución que eran monofásicos y permitían que un solo relé se pueda retirar para dar mantenimiento y el sistema no pierda la fiabilidad [16].

Se utilizan en alimentadores radiales por ser dispositivos de protección y funcionamiento simple ya que depende de la corriente de pick-up y las características del tiempo de operación [17].

Para obtener una coordinación de este elemento se debe de sumar todos los tiempos de trabajo del relé y debe de reducirse al mínimo el uso. Tiene configuración del TMS y ajuste de la corriente de activación que decide la corriente de falla más bajo, alto y ajustes disponibles del relé, el TMS a partir de las curvas Tiempo-Corriente [18].

1.10.4 Reconectores

Son dispositivos que soportan corrientes de cortocircuito, que abren o cierran el circuito aislando la falla, si la misma continua el reconector se bloquea hasta que el operador lo cierre manualmente, Figura 4 [17],[19].



Figura 4. Reconectador de MV [20].

El reconectador durante un fallo detecta un aumento de corriente y abre el circuito ya sea de inmediato o en un determinado tiempo, que por lo general es de $1/3$ segundos, en el primer intervalo vuelve a cerrar el reconectador de primer disparo. Si la falla continua, el reconectador abre de nuevo el circuito y se produce el segundo intervalo preestablecido que suele ser de 15 segundos, se vuelve a cerrar y si el fallo persiste se da un tercer intervalo que dura 45 segundos, pero si la falla continua el reconectador se abre y se bloquea. Es decir que, al detectar un incremento de corriente se abrirá por intervalos de tiempos hasta llegar al tercer intervalo, en el cual se abrirá y quedará bloqueado hasta que se reinicie manualmente [21].

El reconectador aumenta la fiabilidad en las redes de distribución, su capacidad de diferenciar entre las fallas permanentes y temporales dando interrupciones momentáneas dadas por las curvas tiempo-Corriente [22].

1.10.5 Fusibles

Son dispositivos simples y confiables que no requieren mantenimiento, su función es interrumpir sobre corrientes y soportar voltajes transitorios [17],[19].

Son utilizados en distribución aérea en la protección de secciones del alimentador y transformadores por su bajo costo con respecto a otros equipos, se lo denomina fusible cortocircuito como se ve en la Figura 5 [23].

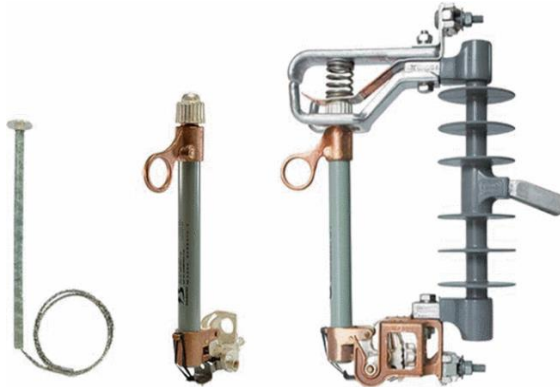


Figura 5. Fusible [23].

El fusible durante su funcionamiento, para extinguir el arco produce la expansión de aire dentro del tubo expulsando metal vaporizado. Este elemento se define por dos curvas Tiempo-Corriente: MM y TC, dichas curvas realizan los fabricantes mediante pruebas eléctricas normalizadas que se muestran a través de gráficos en escala log-log, en esta escala se representa la corriente y el tiempo en los ejes horizontal y vertical respectivamente. Tiene las características TC que da el tiempo máximo de fusión y el tiempo que se forma el arco en una corriente dada, también las características de MM en el que da el tiempo mínimo en el que se funde el fusible a una corriente determinada [23].

1.10.6 Fusesaver

Es un interruptor monofásico de potencia, que incorpora un microprocesador, su función de operación y protección permite un historial de perfil de carga. Los Fusesaver pueden ser controlados por un SCADA, almacena energía de la línea de MV, Figura 6 [24].



Figura 6. Fusesaver [25].

Es un equipo tipo “*plug & play*” que tiene control electrónico con el cual interrumpe fallas monofásicas evitando que se dañe el fusible en la falla transitoria ya que está conectado en serie, realizando un proceso de detección y eliminación de la falla en medio ciclo. El Fusesaver crea mejoras de confiabilidad de servicio en la red, reduciendo el mantenimiento [25].

La mayoría de las redes están protegidas por reconectores o interruptores, pero las líneas radiales están protegidas por fusibles los cuales no distinguen entre fallas temporales y fallas permanentes, es por eso que el Fusesaver es capaz de eliminar casi por completo las fallas temporales en las líneas radiales [26]:

1.10.6.1 Comportamiento en Fallas Temporales

En el tiempo muerto del Fusesaver la falla desaparece, en la operación de cierre la energía de suministro se restablece permitiendo que el fusible no dispare, experimentando una interrupción de corriente solamente los usuarios conectados a esa línea mientras que los otros usuarios que están conectados en las líneas de derivación no experimentan su operación [26].

1.10.6.2 Comportamiento en Fallas Permanentes

Cuando la falla continua se crea una corriente de efecto inmediato y se cierra evitando que el fusible se queme ya que el Fusesaver no se vuelve a activar, los clientes que estén en la línea que produjo la falla tendrán un corte de energía mientras que los otros usuarios no tendrán una interrupción del suministro eléctrico [26].

1.10.7 Intellirrupter

Es un elemento de protección para sistemas de distribución que puede ser integrado mediante un sistema SCADA que se muestra en la Figura 7, con estos dispositivos se puede verificar la falla de la línea protegiendo a los dispositivos aguas arriba [27].



Figura 7. Intellirrupter [28].

El Intellirupter reduce el refuerzo del sistema y mejora la calidad de energía ya que encuentra y aísla las fallas sin los efectos que produce la reconexión, este dispositivo da una protección excepcional en los sistemas de distribución mostrando rangos de voltaje de acuerdo a la frecuencia, mostrados en Tabla 3 [29].

Tabla 3. Voltajes según su Frecuencia [29].

<i>Frecuencia (Hz)</i>	<i>Rango de Voltaje (kV)</i>
60	11.43 - 38
50	9 - 38

Intellirupter tienen una capacidad de 800 A en CC y para corrientes simétricas de 16000 A en 15 kV mientras que para 25kV y 38kV tiene una interrupción de falla de 12000 A [29].

1.10.7.1 Características

- Tiene sensores de voltaje y corriente incorporados que eliminan la confusión de los sensores que se colocan por separado [29].
- No necesita de transformadores externos para alimentarse, utiliza la energía de la línea para su funcionamiento [29].
- Para que su instalación sea fácil, todos los componentes se encuentran debajo del equipo [29].

1.10.7.2 Comunicación y Control

Tiene módulos de comunicación, protección y control los cuales deben estar conectados a la base del sistema de la interrupción de la falla. El módulo de comunicación se enlaza mediante wifi hacia una laptop que este dentro del rango de señal, este debe tener

un reloj GPS que registra los eventos con una precisión de 1 milisegundo. El programa de control debe indicar la apertura o cierre del elemento, así también mostrará el voltaje de fase, la corriente y el motivo por el cual se abre, por medio de la selección de operación local [30].

1.11 Reconfiguración de Sistemas de Distribución

La reconfiguración de la red de distribución permite determinar nuevas topologías que reflejen mejoras en la confiabilidad, seguridad y rentabilidad para la empresa distribuidora beneficiando de esta manera al usuario final [31].

Esta reconfiguración se basa en la operación de un interruptor, el cual cambia de estado abierto o cerrado. En la actualidad existen varios métodos para resolver los problemas de reconfiguración del sistema: [32]

- El método heurístico de ramificación, en el cual no se incluyen restricciones operarias, descrito por Merlín y Back en 1975 [33].
- Un algoritmo de convertir la red radial en una red mallada mediante el cierre de todos los interruptores, descrito por Shirmohammadi y Wong, A través de interruptores de seccionamiento permite la reducción de pérdidas y la mejora el voltaje [34].

Para el cambio de interruptor se puede aplicar:

- Método Heurístico sugerido por Civanlar, el cual permite realizar una estimación de pérdidas al intercambiar los ramales, y para reducir el número de conmutaciones se propuso un mecanismo de filtrado [34].

- La reducción de carga, que permite reducir las pérdidas en el sistema manteniendo el valor de voltaje inferior a 1 p.u., para la aplicación se debe considerar: la capacidad de reserva actual a incrementar, al restar la carga máxima del bus ascendente y la capacidad de flujo de reserva de las cargas, donde se considera la distancia de impedancias existente entre buses [32].

1.11.1 Reconfiguración del Alimentador

La reconfiguración de los alimentadores consiste en modificar la topología del alimentador y por ende de la red, mediante la operación y control de equipos de seccionamiento en condiciones normales del sistema, para reducir las fallas como es las pérdidas y caídas de voltaje en los alimentadores. Siendo este un gran beneficio en la confiabilidad del sistema [35].

La reconfiguración de los alimentadores en condiciones de falla pretende restaurar el suministro de energía en un tiempo reducido [36],[19].

En este caso se considera el tipo de cargas conectadas al alimentador y las horas de funcionamiento, ya que al ser reconfigurado permite la transferencia de carga a sectores con baja demanda [34].

1.12 Cálculo de Corrientes de Cortocircuito

El cálculo de corrientes de cortocircuito será efectuado usando el software ADMS que es una herramienta computacional, modela el sistema de distribución en tiempo real, a más de tener toda la topología actualizada. Se incluyen datos de los equivalentes de Thevenin en los puntos de entrega dictaminados por la unidad de negocio de

TRANSELECTRIC, entidad encargada de la transmisión de energía eléctrica en todo el país [37].

1.12.1 Falla de Línea a Tierra

En un sistema trifásico balanceado en voltajes y cargas, se produce un cortocircuito en una línea a tierra como se observa en la *Figura 8* *Figura 8. Falla Línea-Tierra* [28]. [38].

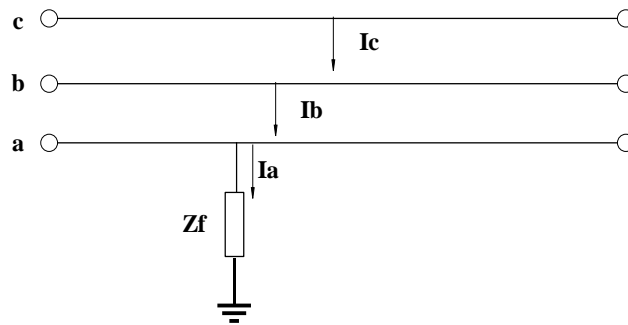


Figura 8. Falla Línea-Tierra [28].

En la Figura 9 se observa el diagrama de secuencias de fallas. Donde V_f es el voltaje de pre falla en cualquiera de sus tres fases considerando las impedancias Z en cada una de sus secuencias [38].

En una relación entre corriente y voltajes de secuencia de manera matricial [38].

$$\begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

La relación de corriente de fase con corriente de secuencia:

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (4)$$

Condiciones para la falla de línea a tierra:

$$V_a = V_f = Z_f I_a \quad I_b = I_c = 0 \quad (5)$$

Dando la matriz

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

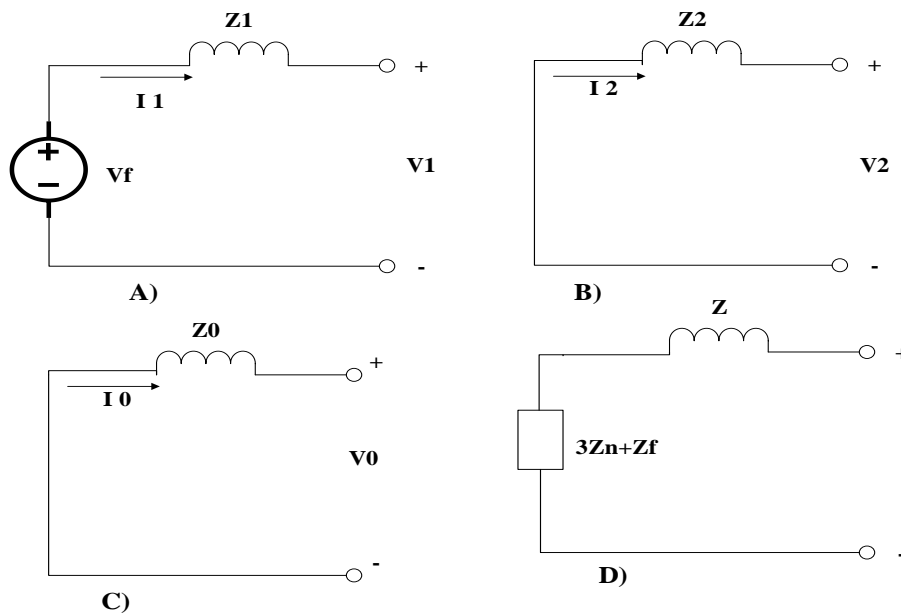


Figura 9. Diagrama de Secuencias, A) Secuencia Positiva, B) Secuencia Negativa, C) Secuencia Cero, D) Secuencia de Neutro [38].

Uniendo los diagramas de secuencia en serie se obtiene la Figura 10.

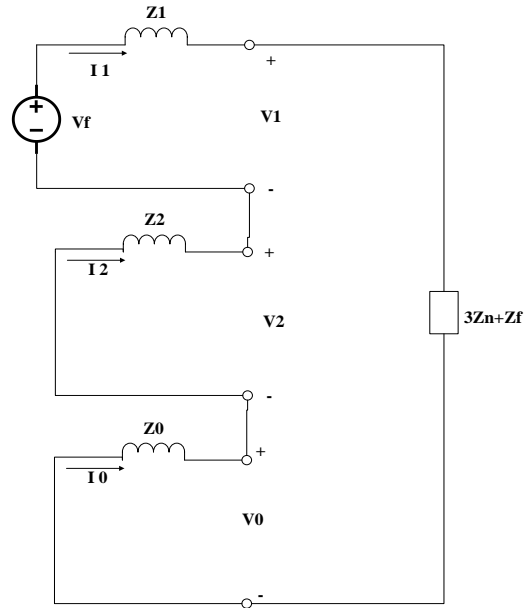


Figura 10. Secuencias en Serie.

1.12.2 Falla de Línea a Línea

En la Figura 11 se representa una falla de dos líneas, en este caso son de b y c de un sistema balanceado [38].

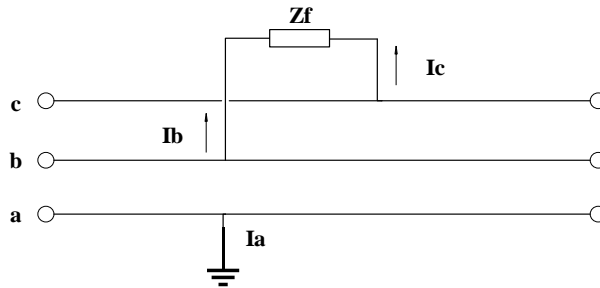


Figura 11. Falla Línea-Línea [38].

Sus condiciones [38].

$$I_a = 0 \quad I_b = -I_c \quad V_b = V_c \text{ o } V_b - V_c = Z_f I_b \quad (7)$$

Por lo que la relación de corriente voltaje y la relación de corriente de fase y corriente de secuencia [38]:

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ I_b \\ -I_b \end{bmatrix} \quad (8)$$

1.12.3 Falla de Línea a Línea y Tierra

Ocurre un cortocircuito entre las fases b, c y tierra de un sistema balanceado trifásico [38].

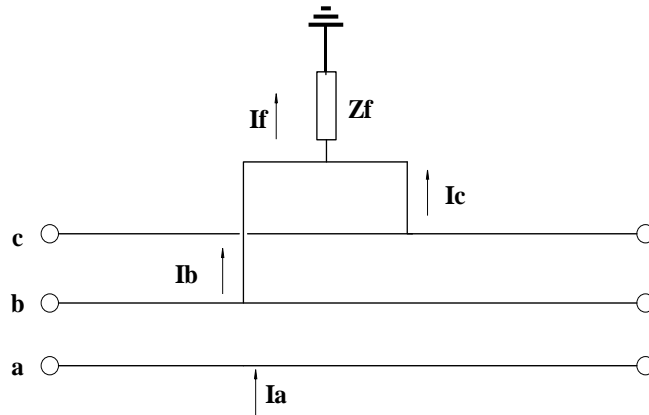


Figura 12. Falla Línea-Línea y Tierra [38].

Sus condiciones:

$$I_a = 0 \quad V_b = V_c = Z_f (I_b + I_c) \quad (9)$$

Donde las matrices de voltajes y corrientes [38].

$$\begin{bmatrix} V_f - Z_1 I_1 \\ -Z_1 I_1 \\ V_f - Z_1 I_1 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1/Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_f - Z_1 I_1 \\ -Z_1 I_1 \\ V_f - Z_1 I_1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

En los sistemas de distribución las fórmulas empleadas en el estudio de cortocircuitos:

1. Corriente de cortocircuito [39]

- Fallas trifásicas.

$$I = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \quad (12)$$

- Falla entre dos fases.

$$I = \pm J * \frac{\sqrt{3}V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (13)$$

- Falla de línea a tierra.

$$I = 3V_f / (Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f) \quad (14)$$

Donde:

I = Valor eficaz de la corriente simétrica de cortocircuito hacia la falla

V_f = Tensión eficaz de fase a tierra antes de la falla

Z_1, Z_2, Z_0 = Impedancias en ohm de secuencia positiva, negativa y cero

Z_f = Impedancia de falla

2. Trabajando en valores de por unidad se convierten en:

- Fallas trifásicas.

$$I_{p.u.} = \frac{V_{p.u.}}{(Z_1 + Z_f)_{p.u.}} \quad (15)$$

- Falla entre dos fases.

$$I_{p.u.} = \pm J * \frac{\sqrt{3}V_{p.u.}}{(Z_1 + Z_2 + Z_f)_{p.u.}} \quad (16)$$

- Falla entre dos fases a tierra.

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f} \quad (17)$$

- Falla de línea a tierra.

$$I_{p.u.} = \frac{3V_{p.u.}}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f)_{p.u.}} \quad (18)$$

3. Referente a las impedancias en por unidad:

$$X_{\%} = \frac{X(\text{ohms})(kVA_{Base})}{(KV)^2(10)} \quad (19)$$

O en por ciento:

$$X_{p.u.} = \frac{X(\text{ohms})(kVA_{Base})}{(kV)^2(1000)} \quad (20)$$

$$X_{p.u.} = \frac{X_{\%}}{100} \quad (21)$$

4. Cambiando la impedancia de una base a otra:

$$(X_{\%})_{Base2} = \frac{kVA_{Base2}}{kVA_{Base1}} * X_{\%Base1} \quad (22)$$

5. Transformación de la reactancia del sistema a por unidad

$$X_{p.u.} = \frac{kVA_{Base}}{kVA_{cc}} \quad (23)$$

Considerando que kVA_{cc} es la potencia de cortocircuito en el punto de acometida del sistema, se convierte en:

$$X_{p.u.} = \frac{kVA_{Base}}{kVI_{cc}} \quad (24)$$

Donde:

I_{cc} Corriente de cortocircuito

kV Tensión nominal en kilovolts

Para la potencia de cortocircuito se usa:

$$kVA_{cc} = \frac{kVA_{Base}}{X_{p.u.}} \quad (25)$$

O también:

$$kVA_{cc} = \frac{kVA_{Base} * 100}{X_{\%}} \quad (26)$$

6. Para las corrientes simétricas se emplea:

$$I_{cc} = \frac{kVA_{Base} * 100}{\sqrt{3}kVX_{\%}} \quad (27)$$

O en valores de por unidad:

$$I_{cc} = \frac{kVA_{Base}}{\sqrt{3}kVX_{p.u.}} \quad (28)$$

Aunque también se puede como:

$$I_{cc} = \frac{kV1000}{\sqrt{3}X_{\Omega}} \quad (29)$$

7. Definiendo así las corrientes de corto circuito asimétricas:

$$I_{cc}Asim = I_{cc}Sim \times Factor\ de\ asimetria \quad (30)$$

O también se lo puede expresar como:

$$kVA_{cc}Asim = P_{cc}Sim \times Factor\ de\ asimetria \quad (31)$$

Una falla asimétrica se produce cuando se da un cortocircuito a voltaje cero, por lo que la corriente comienza en cero, iniciando así una onda sinusoidal asimétrica respecto al eje, Figura 13.

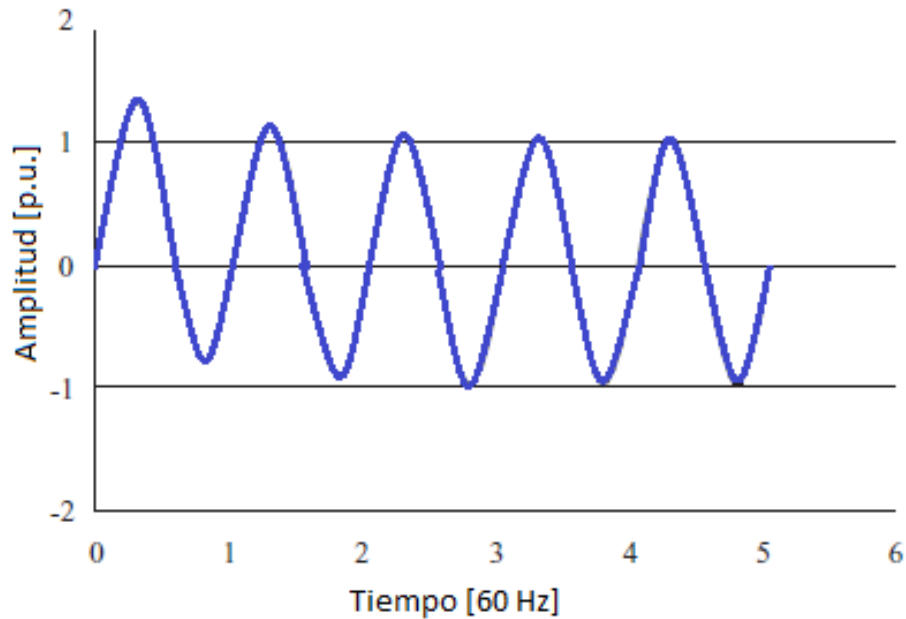


Figura 13. Corriente de Falla Asimétrica.

Al tener circuitos con resistencias y reactancias el grado de asimétrica varía de cero hasta los límites de compensación del circuito, dando un factor de asimetría como la

condición dependiente del valor de voltaje dado en el momento de cortocircuito, el cual cumple con la relación de X/R.

En la relación de X/R, las formas de onda de voltaje y corriente estarán desfasadas entre sí, donde el ángulo de desfase es igual a la reactancia en comparación con la resistencia del circuito:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{2\pi f L}{R} \right) \quad (32)$$

Para el valor de la impedancia y de la reactancia usada en estos cálculos se basa en la calificación del equipo, pero al requerir diferentes tipos el valor de impedancia a usar es la de la maquina más baja que brinda una corriente más alta en un tiempo de interrupción comprendido entre 1,5 y 8 ciclos.

1.13 Coordinación de Protecciones

1.13.1 Criterio de Coordinación

En la coordinación de dispositivos que trabajan con curvas de corriente-tiempo en sistemas de distribución se emplean los siguientes criterios: [40]

1. Los fallos temporales o permanentes deben ser eliminados por la protección principal antes que se accionen las protecciones de respaldo o hasta que se desconecte el circuito, pero en el caso de que el fusible sea la protección principal y el reconectador el respaldo que se acepta para la coordinación de la curva de operación rápida o curvas del reconectador para que se accione primero y después el fusible, si el fallo no desaparece [40].

2. Las fallas permanentes causan pérdidas de suministro por lo que se debe de limitar a una parte más pequeña del sistema en el menor tiempo posible [40].

1.13.2 Coordinación Fusible-Fusible

Son protecciones en serie utilizadas cuando existen fallas permanentes, dos o más fusibles pueden actuar para que se produzca un bloqueo en una pequeña parte de la línea [11].

Para el ajuste de fusibles se da la condición, que el tiempo máximo del enlace protegido para la limpieza no debe de superar el 75% del tiempo mínimo de fusión del enlace protegido [11].

Al cumplir con la condición se asegura que la protección eliminará la falla antes que los enlaces protegidos se vean afectados [11].

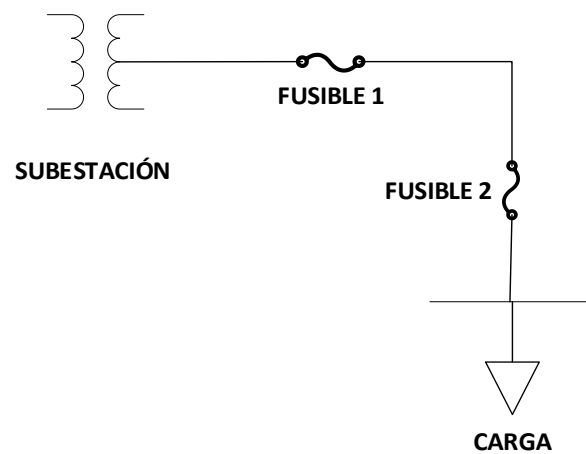


Figura 14. Coordinación Fusible-Fusible [41].

Al realizar este tipo de coordinación se asegura que el fusible 1 de la fuente mostrado en la Figura 14 no se dañe cuando produce un fallo en el fusible 2 [11].

1.13.2.1 Curva Tiempo-Corriente

La curva tiempo-corriente o también llamada TCC es la representación gráfica del tiempo mínimo de fusión y tiempo máximo de fusión, hallados a partir de los datos de corriente en el eje horizontal y de tiempo en el eje vertical.

Siendo este un método práctico y preciso implementado en el área de la coordinación eléctrica, donde se utilizan equipos de protección que, en su mayoría son fusibles, los cuales se deben accionar ordenadamente al momento de detectarse una falla [11], [41].

1.13.2.2 Tablas de Coordinación

El uso de las tablas se deriva de la coordinación de las curvas ya que se pueden usar en condiciones repetitivas es por eso que son parcialmente precisas ya que se debe de elegir un factor adecuado de reproducción múltiple que represente el sistema [11], [41].

El uso de las tablas se lo realiza conforme se determine la corriente de falla en función de la coordinación de los fusibles de cabecera y los fusibles de tramo [11].

En la selección del relé de protección y el equipo de interrupción se plantea:

- Corrientes de cortocircuito: no contienen desviación de CC, se obtienen en un rango de 6 a 30 ciclos debido a que pueden estar en estado estable o retardado, de donde los valores más altos al igual que las reacciones transitorias son considerados para el cálculo de las corrientes [42].
- Corrientes de interrupción: son las corrientes a eliminarse mediante la interrupción del equipo debido a que se calculan en un rango de 3 a 5 ciclos, presentando disminución en la corriente de CA y desviación de CC [42].

- Valores asimétricos: se obtiene al aplicar la raíz cuadrada a la suma de los cuadrados del componente CC y del valor rms de CA [42].

$$I_{rms} = \sqrt{I_{DC}^2 + I_{AC}^2} \quad (33)$$

1.13.3 Coordinación Reconectador-Fusible

Esta coordinación es muy importante ya que es capaz de eliminar fallas permanentes, esto se da mediante el análisis de corrientes en el final de los tramos y determinando los tiempos en las curvas de tiempo-corriente, Figura 15 [43].

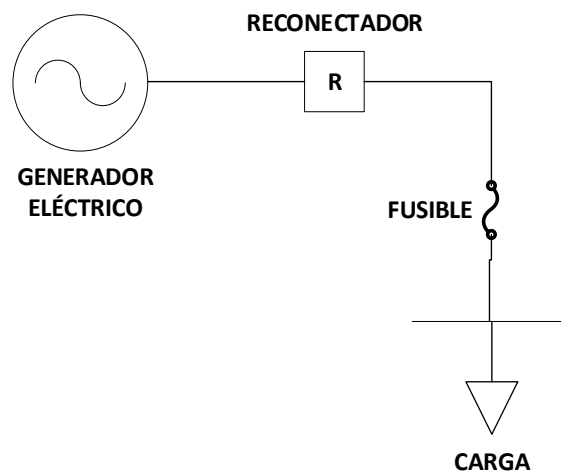


Figura 15. Coordinación Reanclador-Fusible [44].

La función del reanclador es proteger al fusible con opción operación rápida o retardada, haciendo que el reanclador despeje la falla antes que actúe el fusible [45].

El fusible funciona cuando se dan fallas permanentes en el lateral del alimentador, mientras que en fallas temporales el reanclador se desconecta para anular la falla [44].

Se considera una falla permanente cuando la falla continua después del segundo cierre del reconector y es ahí cuando el fusible opera para eliminar dicha falla, éste debe operar antes de que el reconector entre a funcionar en modo lento [22], [44].

Para conseguir la adecuada coordinación de fusibles y el reconector, se utiliza las características de tiempo-corriente inversas, siendo esta la curva formada por un tiempo definido agregado a la línea de grafico log-log [46].

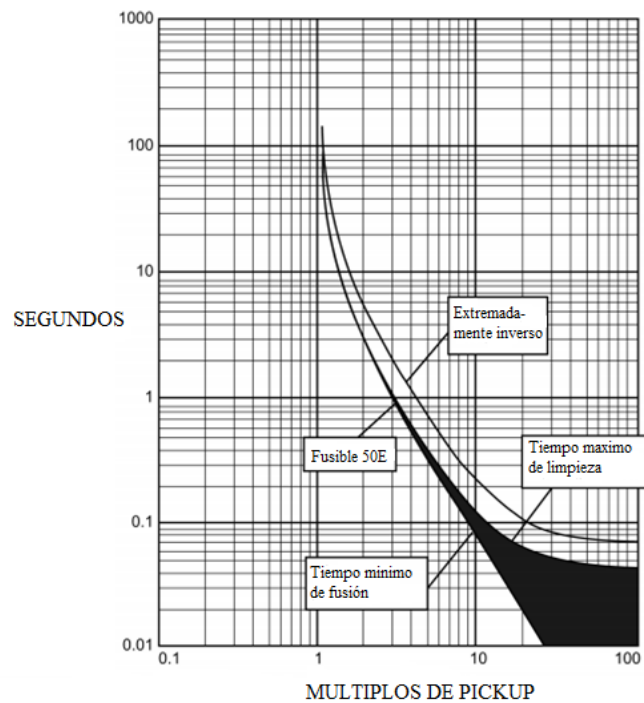


Figura 16. Curva del Reconector y el Fusible [46].

La curva característica de coordinación es definida mediante la ecuación 44 y la ecuación 45, las cuales representan el tiempo de restablecimiento y el tiempo de activación de la curva de sobre corriente, respectivamente [46].

Para $0 < M < 1$

$$t(I) = \left(\frac{t_r}{M^2 - 1} \right) \quad (34)$$

Para $M > 1$

$$t(I) = \left(\frac{A}{M^p - 1} + B \right) \quad (35)$$

Donde se define:

$t(I)$ = tiempo de restablecimiento en la ecuación (34) y tiempo de operación en la ecuación (35), expresado en segundos.

M = Corriente expresada en múltiplo de la corriente de activación.

t_r = tiempo de reinicio cuando $M = 0$.

A, B, p = constantes de las características asignadas a las curvas.

Cuando la corriente es variable conviene aplicar la ecuación (35) que permite emular la dinámica del relé de sobrecorriente en tiempo inverso [46].

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{t(I)} dt = 1 \quad (36)$$

Donde:

T_0 = Tiempo de operación

Para cumplir con la norma la ecuación (36) es aplicada conforme a los valores de rango entre 1.5 a 20 múltiplos de la corriente de arranque, siendo posible mostrar los límites superior e inferior de las bandas de conformidad, y estas a su vez permiten clasificar la forma de la curva de tiempo-corriente inversa [46].

Tabla 4. Constantes y Exponentes para la Curva Característica [46] .

<i>Características</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>p</i>	<i>t_r</i>
Inversamente moderadas	0,0515	0,1140	0,0200	4,85
Muy moderadas	19,61	0,4910	2,0000	21,6
Extremadamente inversas	28,2	0,1217	2,0000	29,1

1.13.3.1 Presencia de los DG

Cuando existe el aumento de DG, la coordinación Reconectador-Fusible es inadecuada ya que aguas abajo de la coordinación presenta mayor número de fallas que aguas arriba [47].

Esta configuración esta creada a partir del análisis de cortocircuitos en los sistemas que no incluían DG [48].

1.13.4 Coordinación Relé-Reconectador

Este tipo de coordinación se presenta en S/E pero lo principal es que actué el reconectador en fallas permanentes del lado de la carga, sin que opere el relé [49].

En la S/E generalmente radiales se usan relés de sobrecorriente (estáticos o electromecánicos) tradicionales por lo que se debe de coordinar con un reconectador como se muestra en la Figura 17 [50].

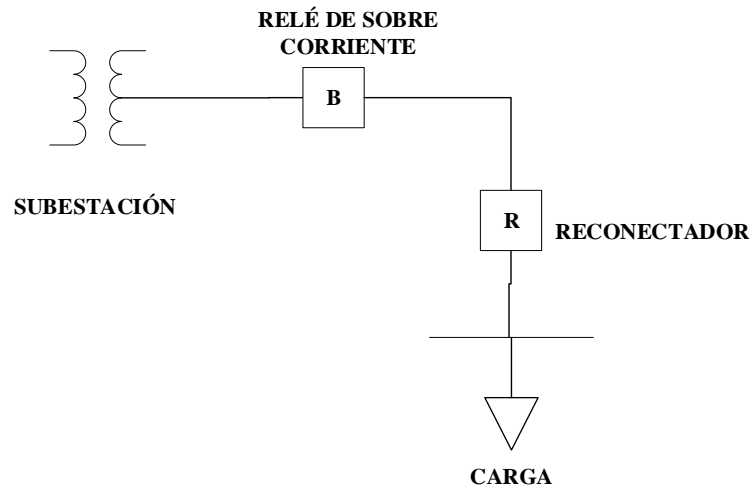


Figura 17. Coordinación Relé-Reconector [50].

Se usa con el reconector cerca de la carga para posibles fallas el cual operará de acuerdo con la curva de tiempo-corriente o llamadas TCC, en este proceso el relé si es electromecánico se moverá en dirección del disparo. Al ser electromecánico no se podrá reiniciar por completo, por lo que puede dar un disparo falso antes de que ocurra de la siguiente secuencia de disparo del reconector para el bloqueo, puesto que el relé acumula mucho movimiento angular [50].

Para esta coordinación hay tres casos como coordinación con relés electromagnéticos, con relés estáticos y con relés electromagnéticos y reconector electrónico [49].

1.13.4.1 Relés Estáticos

Estos no presentan sobrepaso y tienen tiempos de reposición rápidos, en su operación para la coordinación, la curva del reconector lenta debe ser más rápida a la curva del relé en la zona de protección para todos los valores de la falla [49].

1.13.4.2 Relés Electromagnéticos

Al utilizar estos relés de tipo disco se presentan dos inconvenientes como son el movimiento adicional del disco y del contacto móvil ocasionado por la inercia del movimiento de las partes mecánicas. Se le llama sobrepaso al efecto de interrumpir la falla, se debe de considerar su tiempo de duración en la coordinación. El relé electromagnético integra los tiempos de despeje del reconectador ya que su tiempo de reposición es largo y no se puede reponer en su totalidad durante el recierre del reconectador [49].

1.13.4.3 Relés Electromagnéticos y Reconectador Electrónico

Al coordinar relés electromagnéticos con reconectador electrónico se ajustan los intervalos de recierre del reconectador haciendo que el relé se reponga en su totalidad después de las operaciones del reconectador (rápidas, lentas) [49].

1.13.5 Coordinación Reconectador-Reconectador:

La selección de esta coordinación depende de la corriente nominal de disparo y de las características de Tiempo-Corriente en los reconectores [49].

Esta coordinación se logra mediante la selección de reconectores hidráulicos de bobinas de disparo en serie o reconectores electrónicos de corriente de punta mínima que se realiza mediante las curvas de Tiempo-Corriente. Las curvas de los reconectores hidráulicos tiene una forma inversa similar, los mismos al tener mecanismos de tiempo similar sus curvas son paralelas. Los reconectores electrónicos tienen una selección de números de curvas tiempo-corriente y los valores mínimos de disparo, que con las

características de los reconectadores se pueden adaptar a los requisitos de la coordinación [11].

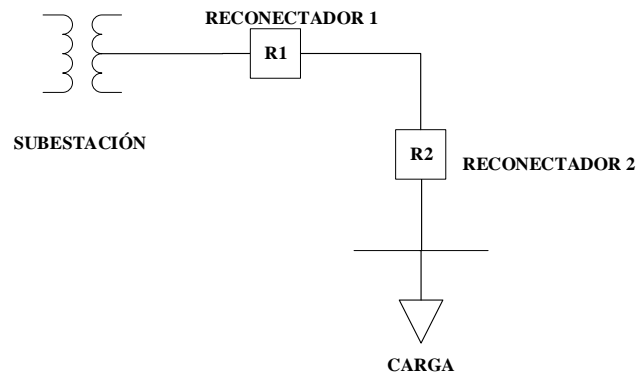


Figura 18. Coordinación Reconector-Reconector [49].

1.13.5.1 Relés Electromagnéticos

Tienen un amplio rango de características que le sirve para ajustarse al requerimiento del sistema, los reconectadores próximos uno de otro, el reconector que está del lado de la carga elimina más rápido la falla que el reconector que está en el generador o subestación. En los reconectadores electrónicos se programa la corriente de disparo y es independiente de la corriente nominal, a diferencia que los reconectadores hidráulicos las corrientes de disparo y la corriente nominal son relacionadas [49].

1.13.5.2 Relés Electromagnéticos y Reconector Electrónico

Para coordinar este tipo de reconectadores se debe de considerar su tipo, así como los reconectadores pequeños que pueden ser monofásicos o trifásicos hasta de 140 A en los que las curvas de coordinación deben estar separadas una distancia menor a 2 ciclos ya que su operación es simultánea también de 2 a 12 ciclos resulta en operación simultánea y

mayor a los 12 ciclos ya no será simultánea. También hay los reconectores superiores a 200 A tanto monofásicos como trifásicos, en los que las curvas deben tener una separación mayor de 8 ciclos (0.133 segundos) para evitar operaciones simultaneas, mientras que entre menor a los 2 y entre 2 y 8 ciclos son operaciones simultaneas [49].

1.13.6 Coordinación Reconector-Seccionalizador

Esta coordinación se basa en cuantas veces se abra o cierre el reconector de respaldo ya que el seccionalizador no tiene curvas de corriente-tiempo. Se debe configurar el seccionalizador para un disparo menos del reconector por ejemplo si el reconector tiene tres desconexiones y ocurre una falla permanente después de las tres desconexiones del reconector el seccionalizador actúa aislando la falla [42].

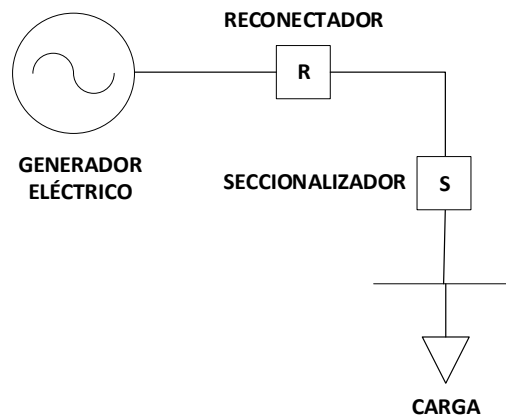


Figura 19. Coordinación Reconector-Seccionalizador [42].

Si se conectan seccionalizadores en serie, el reconector que este más lejos se ajustará para que realice menos disparos [42].

1.13.7 Coordinación Reconectador-Fusible-Seccionalizador

El fusible y el reconectador deben de ajustarse para una buena coordinación cuando hay una falla aguas abajo del fusible. Por ejemplo, se si toma un reconectador con intervalos de 90 ciclos con dos curvas rápidas y dos curvas lentas. Si ocurre un fallo en un transformador de distribución su fusible debe de actuar primero, después lo respaldará el reconectador con las curvas rápidas, si la falla continua debe actuar el fusible del ramal seguido de los disparos de las curvas lentas. El seccionalizador aísla la falla después que se hayan ocurrido los disparos del reconectador [42].

Capítulo 2

2.1 EEA C.A.

En la ciudad de Azogues, provincia del Cañar, se encuentra la EEA C.A., constituida en los años de 1972 a 1974, hoy en día es la encargada de distribuir y comercializar la energía eléctrica a los sectores del cantón Azogues, Déleg la parroquia Sageo del cantón Biblián, y la industria Unión Cementera Nacional, cubriendo aproximadamente un área de 1187 km^2 , con la ayuda de las S/E Azogues 1, S/E Azogues 2 y S/E Guapán, las cuales reciben el suministro desde la Empresa Eléctrica Centro Sur, Hidro Azogues y la central hidroeléctrica Coca Sinclair.

El área de las localidades beneficiadoras del servicio eléctrico brindado por la EEA C.A. se muestra en la Figura 20.

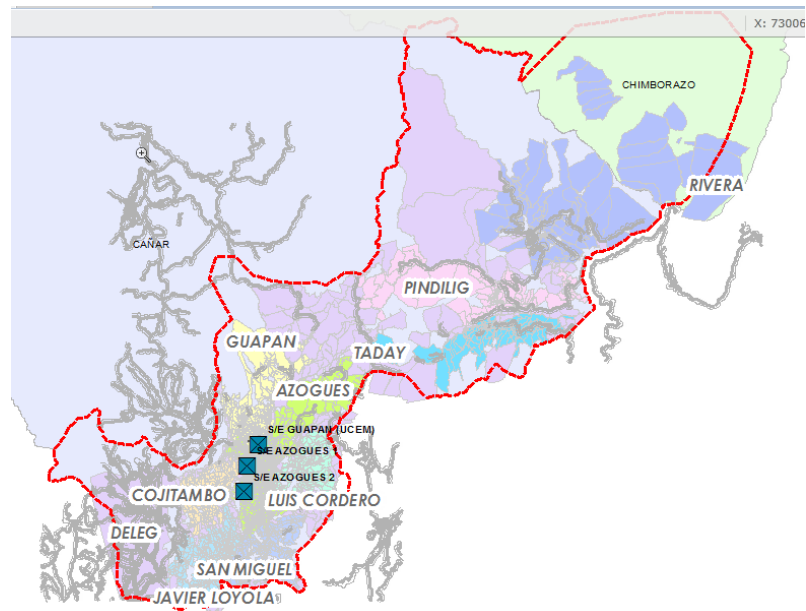


Figura 20. Área de Concesión de la EEA C.A. [51].

2.2 S/E Azogues 1

La S/E Azogues 1 definida como S/E 01 se encuentra ubicada en el sector de Zhishiquín como se ve en la Figura 21, inició su funcionamiento en el año 2005 caracterizándose principalmente por ser de tipo ENCAPSULADA.

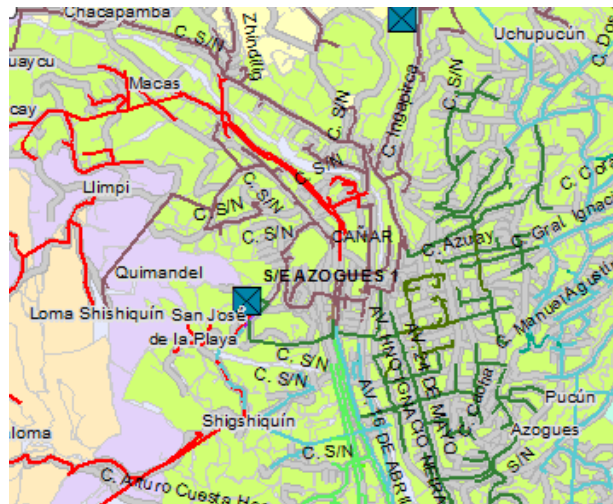


Figura 21. Ubicación de la S/E Azogues 1 [51].

Consta con un transformador de 69/22 kV que le permite el funcionamiento de 4 alimentadores definidos como: 121, 122, 123 y 124, y uno de reserva; Figura 22.

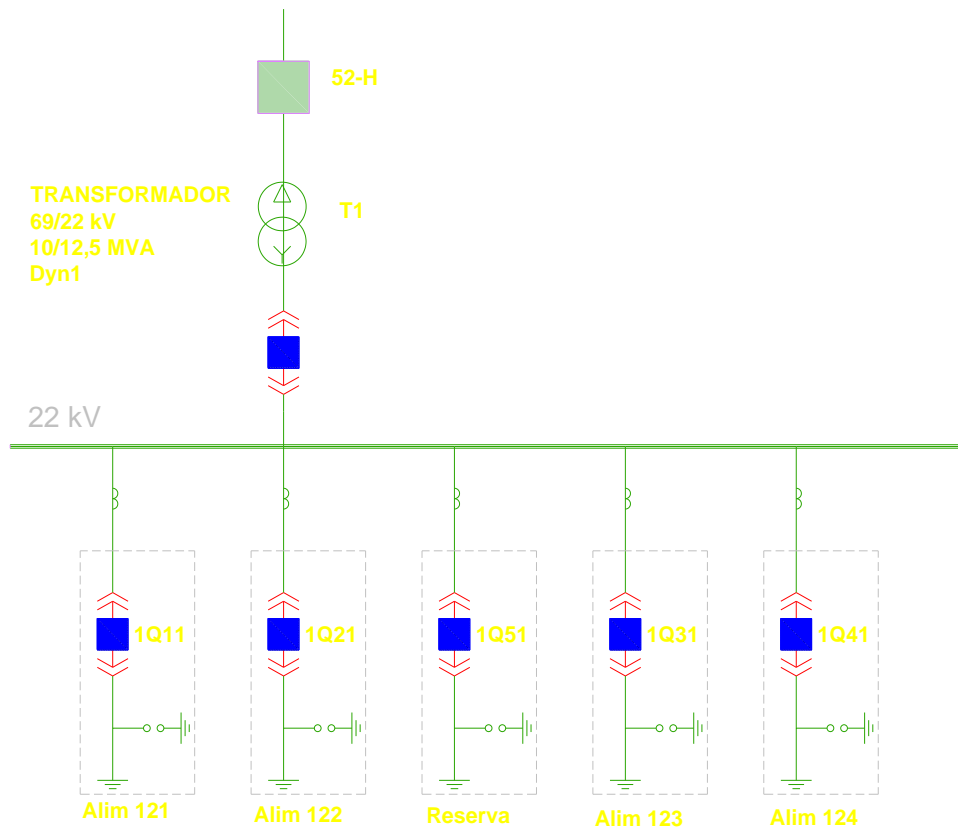


Figura 22. Diagrama el Unifilar de los Alimentadores de la S/E Azogues 1 [52].

La distribución de los alimentadores es de tipo radial considerando que estos son debidamente mallados para brindar un servicio confiable, y en el caso de presentar alguna dificultad recibir ayuda de la S/E Azogues 2.

A pesar de que la capacidad de la subestación es de 12,5 MVA, durante varios periodos ha presentado fallas, como la inestabilidad del servicio debido al crecimiento de la demanda que ha ocasionado la suspensión del servicio en casi todo el cantón Azogues.

2.2.1 Infraestructura

2.2.1.1 Infraestructura Eléctrica

Cuenta con un transformador de 69/22 kV mostrado en la Tabla 5, dicho transformador tiene una potencia de 10/12,5 MVA y es de tipo exterior. El transformador se encuentra unido al disyuntor e interruptor, los cuales están protegidos por aislamiento en SF6.

Tabla 5. Características del Transformador 10/12,5 MVA [53].

<i>Especificación</i>	<i>Características</i>
Potencia	10/12,5 MVA
Marca	Mitsubishi
Devanados	2
Voltaje Primario	69 kV
Voltaje Secundario	22kV
Corriente Primario	83,7/105 A
Corriente Secundario	262/328 A
Impedancia	7,44%
Frecuencia	60 Hz
Conexión	Δ -Y
Perdidas de vacío	12 kW
Perdidas con carga	38,50 kW

2.2.1.1.1 Red de Subtransmisión

La S/E al ser encapsulada dispone de relés de protección del tipo 50N y 51N (instantáneo y temporizado), también el sistema cuenta con una protección de relé de frecuencia denominada protección 81.

Tabla 6. Características de los TC's tipo BUJE [53].

<i>TC's</i>	<i>TERMINALES</i>	<i>RELACIÓN</i>	<i>CLASE</i>
TC01	S1-S2	200:1,5 A	0,5B0,5 12,5 VA
TC02	S1-S2	600:1,5 A	0,5B0,5 12,5 VA
TC10-12	S1-S2	150:5 A	5P20 60 VA
	S1-S3	300:5 A	
TC13-15	S1-S2	400:5 A	10P20 60 VA
	S1-S3	800:5 A	

Los TC de la barra tienen una relación de 800:5 A siendo de clase 5P20 en el que 5p es el límite de error de 5% y “20” es el límite de saturación es decir 20 veces la I_n , el TC del alimentador con una relación 300:5 A que es de clase 10P20 con un error del 10% y el límite de saturación de 20 veces la corriente nominal I_n .

En el centro de control se encuentran los tableros electrónicos para la barra de 22kV y cada uno de los alimentadores, además se encuentra una pantalla perteneciente al módulo IED de la marca ABB la cual permite visualizar los valores dados por los medidores de corriente, voltaje y potencia, Figura 23.



Figura 23. IED ABB de la S/E 1 [52].

2.2.2 Alimentador 121

Perteneciente a la S/E Azogues 1, inició su funcionamiento el 2 de mayo de 2005, con una demanda de 13,0215 MVA a un nivel de voltaje de 22 kV, cubriendo parte de la zona rural de azogues y una parte del oriente en la que incluyen consumidores residenciales, industriales y comerciales, Figura 24 donde el recorrido de la red del alimentador se muestra de color morado.

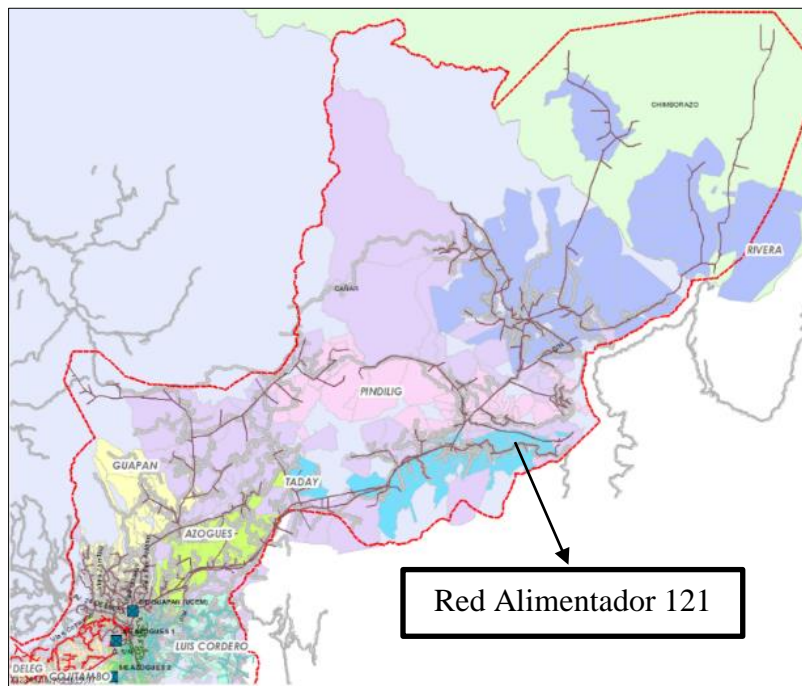


Figura 24. Red del Alimentador 121.

2.3 S/E Azogues 2

La S/E se encuentra en el sector de Virgen Pamba perteneciente a la ciudad de Azogues, su funcionamiento inicio en mayo del 2015, cuya actividad extra es la de brindar

apoyo a la S/E Azogues 1 en caso de que esta sufra alguna avería, su característica principal es ser de subtipo exterior.

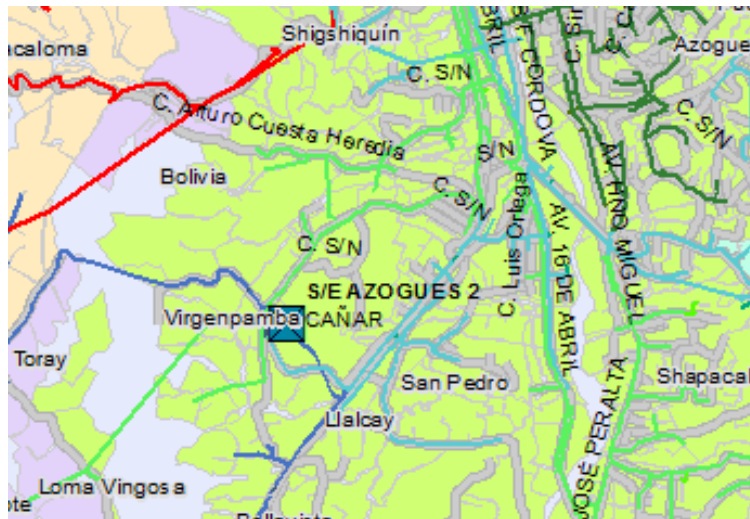


Figura 25. Ubicación S/E Azogues 2 [51].

La subestación abastecerá cerca 60 mil usuarios de Azogues y Déleg, ya que contribuye con la demanda actual y futura por tener altos parámetros de calidad y formando parte del plan de reforzamiento que lleva a cabo el MEER.

2.3.1 Infraestructura

Está constituido por el centro de control, patio de maniobras y sistemas auxiliares. Cabe mencionar que su fuente de alimentación es desde la S/E el Descaso y de la S/E Azogues (09), además para tener flujo de energía hacia el sistema de transmisión tiene un enlace desde la barra de la Hidroeléctrica CELEC E.P. Hidroazogues.



Figura 26. S/E Azogues 2.

2.3.1.1 Diagrama Unifilar de la Subestación Azogues 2

La potencia total instalada en la subestación es de 23,357 kV; los cuales se distribuyen a los tres alimentadores, Tabla 7.

Tabla 7. Potencia Instalada en los Alimentadores de la S/E.

Alimentador	Km	KVA Instalados
221	77,8	7177,5
222	79,1	8312,5
223	87,9	7867,5

En cuanto al diagrama unifilar de la subestación, se detalla los alimentadores en funcionamiento y los de reserva.

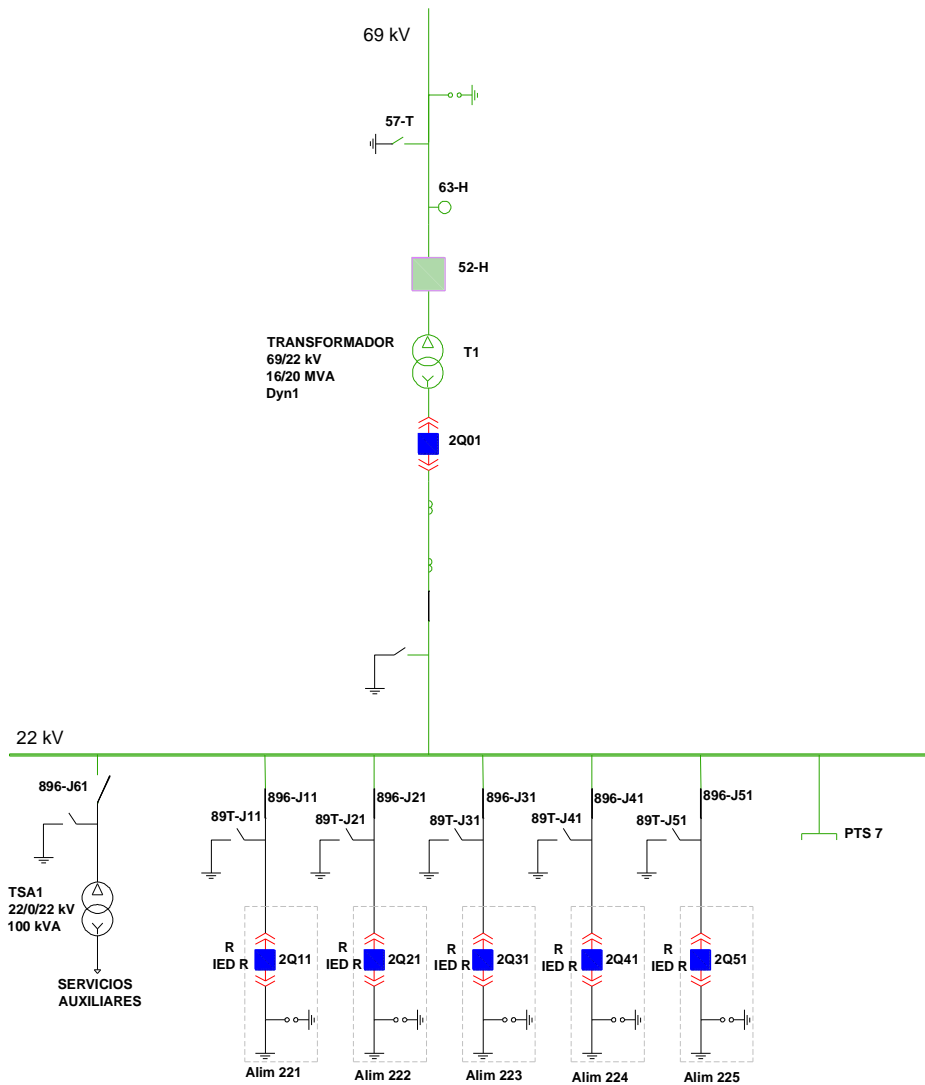


Figura 27. Diagrama Unifilar S/E Azogues 2.

2.3.1.2 Infraestructura Eléctrica

Tiene un transformador reductor de 69/22 kV con una potencia de 16/20 MVA que le permite tener una capacidad de 20 MW.



Figura 28. Transformador de Potencia de S/E Azogues 2 [52].

Tabla 8. Características del Transformador 16/20 MVA [53].

<i>Especificación</i>	<i>Características</i>
Potencia	16/20 MVA
Marca	ABB
Devanados	2
Voltaje Primario	69 kV
Voltaje Secundario	22kV
Corriente Primario	133,9/167,3 A
Corriente Secundario	419,9/524,9 A
Impedancia	7,4%
Frecuencia	60 Hz
Conexión	Δ -Y
Perdidas de vacío	12,10 kW
Perdidas con carga	76 kW

2.3.1.2.1 Red de Subtransmisión

Conformados por:

- **Disyuntor 52-012**

En la S/E se encuentran 6 Disyuntores que tienen extinción de arco con aislamiento en SF₆ a presión nominal, ya que es un disyuntor trifásico Figura 29.



Figura 29. Disyuntor 52-012 [52].

En la Tabla 9 se muestra las características del Disyuntor, otorgadas por el fabricante en la placa del elemento.

Tabla 9. Características del Disyuntor [53].

<i>Especificación</i>	<i>Características</i>
Tipo	Tanque vivo
Marca	Heag
Volteje Nominal	72,5 kV
Frecuencia	60 Hz
Corriente Nominal	800 A
Nivel de Aislamiento BIL	550 kV
Medio de Corte	SF6
Capacidad de Corte	34,5 kA
Voltaje de Bobina cierre	110
Voltaje de Bobina apertura	110
Voltaje Motor	125
Norma	IEC 60076

- **Seccionador 89-013.**

Es un seccionador de cierre-apertura trifásico, el cual al mantenerse abierto no permite el cierre del disyuntor 52-012.



Figura 30. Seccionador 89-013 [52].

Las características del seccionalizador contiene un BIL de 450kV, un motor manual,

Tabla 10.

Tabla 10. Características del Seccionador [53]

<i>Especificación</i>	<i>Características</i>
Marca	COELME
Volteje Nominal	72,5 kV
Frecuencia	60 Hz
Corriente Nominal	800 A
Nivel de Aislamiento BIL	450 kV
Medio de Corte	Motor-Manual
Capacidad de Corte	31,5 kA
Voltaje Motor	125

- **TP'S 2.**

El TP o transformador de Potencias es un transformador que convierte el voltaje de mayor a menor para que los voltajes puedan ser medidos, esto es posible ya que la conversión que realiza es lineal y constante, en la Figura 31 se muestra uno de los TP que tiene la S/E.



Figura 31. TP's 1 [52].

Las características de los TP's, Burden de 60 y 61 VA, identificación en el secundario, su relación y así también la clase como son 0,2 y 3P que tiene en cada núcleo.

Tabla 11. Características de TP [53].

<i>Especificación</i>	<i>Núcleo 1</i>	<i>Núcleo 2</i>	<i>Núcleo 3</i>
Clase	0,2	0,2	3P
Burden	60,0 VA	61,0 VA	60,0 VA
Relación	$69/\sqrt{3}$ Kv:115V	$69/\sqrt{3}$ Kv:66,4V	$69/\sqrt{3}$ Kv:115V
Identi. Secundario	1a1-1n	1a2-1n	2a1-2n
<i>Especificación</i>	<i>Núcleo 4</i>	<i>Núcleo 5</i>	<i>Núcleo 6</i>
Clase	3P	3P	3P
Burden	61,0 VA	60,0 VA	61,0 VA
Relación	$69/\sqrt{3}$ Kv:66,4V	$69/\sqrt{3}$ Kv:115V	$69/\sqrt{3}$ Kv:66,4V
Identi. Secundario	2a2-2n	3a1-3n	3a2-3n

- TC-016

Los transformadores de corriente o TC's a igual que el TP reducen la corriente de la línea para que pueda ser captada por el sistema de medición o protección.



Figura 32. TC's-016 [52].

Los TC's de la barra con una relación de 800:5 A, los del alimentador que tiene una relación de 300:5.

Tabla 12. Características de la Barra y el Alimentador [53].

<i>Especificación</i>	<i>Protección</i>	
Clase	5P20	5P20
Relación	800:5 A	300:5 A
Burden	10 VA	5 VA

Estos TC's son de clase 5P20, tienen un error del 5% y el límite de saturación es de 20 veces la corriente nominal I_n .

- Pararrayo

Es un elemento aéreo que protege las estructuras de los impactos de las descargas atmosféricas dirigiendo la descarga hacia tierra, en la Figura 33 se muestra el pararrayo que utiliza la S/E.



Figura 33. Pararrayo 027 [52].

Tabla 13. Características del Pararrayo [53].

<i>Especificación</i>	<i>Características</i>
Marca	OHIO BRASS
Clase	3
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Residual	60 kV
MCOV	48 kV
Tipo	POLIMERICICO
Año	2012

2.3.1.2.2 Cuarto de Control

En la S/E se encuentran 6 tableros de control de medida para los 5 alimentadores y las protecciones tanto para 69kV como para 22kV.



Figura 34. Tableros de Control [52].

A partir de los tableros de 22kV se distribuye la energía hacia los postes, los equipos que se utilizan para monitorizar las corrientes y voltajes en 22kV y 69kV.



Figura 35. Monitoreo del Alimentador 222 con elementos SIEMENS [52].

Alimentador 222

Con referencia al alimentador 222, este brinda servicio eléctrico al sector Rural del cantón Azogues con una potencia total instalada de 8312,5 kVA cubriendo una longitud de 79,13 km con la red monofásica y trifásica.

2.3.1.2.3 Servicios Auxiliares

Los servicios auxiliares son utilizados por las fuentes de alimentación hacia los equipos de protección, control y monitoreo.

- **Banco de Baterías**

El banco de baterías suministra energía a los sistemas de control, comunicación, alarmas y sistema de protección.



Figura 36. Banco de Baterías [52].

- **Generador de Emergencia**

La S/E dispone de un generador a Diesel que se suministra con 100 galones de dicho combustible.



Figura 37. Generador de Emergencia Diesel [52].

Tabla 14. Características del Generador de Emergencia [53].

Especificación	L1	L2	L3
Voltaje alternador	128 V	126 V	127 V
Corriente alternador	27 A	33 A	12 A
Factor de Potencia	1 Adelan	0,98 Adelan	0,95 Adelan
Carga	3,2 kW	3,9 kW	1,5 Kw
Energía [kWh]		943,4	
Energía [kVAh]		934,3	
Energía [kVArh]		92	

2.3.1.2.3.1 Sistema SCADA

El sistema SCADA que utiliza la EEA C.A. es Telvent Oasys DNA, que es una red de estrategia global y de aplicaciones dinámicas puesto que se basa en una interfaz uniforme que ofrece información en tiempo real. El software Telvent debe trabajar en industrias para fortalecer el sistema, dando soluciones, confiabilidad y seguridad [54].

Telvent contiene:

- **Confiabilidad**

Cuando se presenta un problema este automáticamente toma medidas de recuperación ya que utiliza una tarea menos complicada que afecte al sistema para recuperarse [55].

- **Innovación**

El sistema SCADA da soluciones con mayor seguridad y confiabilidad que maximiza su rendimiento [55].

- **Capacidad de respuesta**

Este software se conecta y comunica con varios módulos mejorando la capacidad de respuesta ya que usa tecnología “Push”, la cual se caracteriza por requerir de la arquitectura P2P y Cliente-Servidor, ya que entrega datos en tiempo real [55].

- **Estándares**

Los estándares son las claves de Telvent y las industrias, ya que producen resultados predecibles sin omitir que el sistema debe ser flexible y de fácil adaptación a la infraestructura [55].

- **Seguridad**

Este software debe ser multipunto y multilenguaje fortaleciendo el sistema para cualquier necesidad [55].

- **Gestión de Alarmas**

La configuración de las alarmas permite ajustar los umbrales para que el sistema presente los eventos importantes [55].

- **Interfaz Hombre-Máquina**

SCADA va más allá del HMI, ya que es una herramienta de visualización configurable, en la que se reemplazan las pantallas estáticas con combinaciones efectivas de colores, animaciones y gráficos, que además incluyen formatos de datos obtenidos en tiempo real mejorando la situación del controlador y reduciendo la fatiga del mismo [55].

2.4 ADMS

Es un sistema de gestión de distribución eléctrica, control, monitoreo, optimización y simulación que se aplica en todos los niveles de voltajes, el cual al ser un sistema de control inteligente diseñado para servicios públicos puede ser controlado y monitorizado a través de un sistema SCADA [56].

2.4.1 Ventajas

- Tiene una interfaz de usuario de fácil manejo en todas las características [56].
- Cuenta con una plataforma IT que contiene sistemas operativos, seguridad informática, administración [56].
- Posee una base de datos con el historial de operaciones [56].
- Tiene un modelo de red, un lugar para el sistema y la administración donde se realizan procedimientos de mantenimiento [56].

2.4.2 Arquitectura

La arquitectura de la red del ADMS tiene cinco ambientes: la Producción que consta CDN1 Y CDN2, Servicios de Acceso en los que se complementa la producción con el sistema de simulación de tiempo real DMZ, los entornos QADS y OTS de CDN1, también hay los Centros de Control.

2.4.2.1 Producción

La producción tiene los componentes principales como servicios de SCADA con sus servidores para adquirir datos y obtener control, servicios DMS/OMS-MWM cuyos servidores ejecutan las funciones de estas, Servidores Históricos, servicios de simulación

para alojar la simulación DMS, Servicios RCS que usa los servidores para soportar las conexiones remotas.

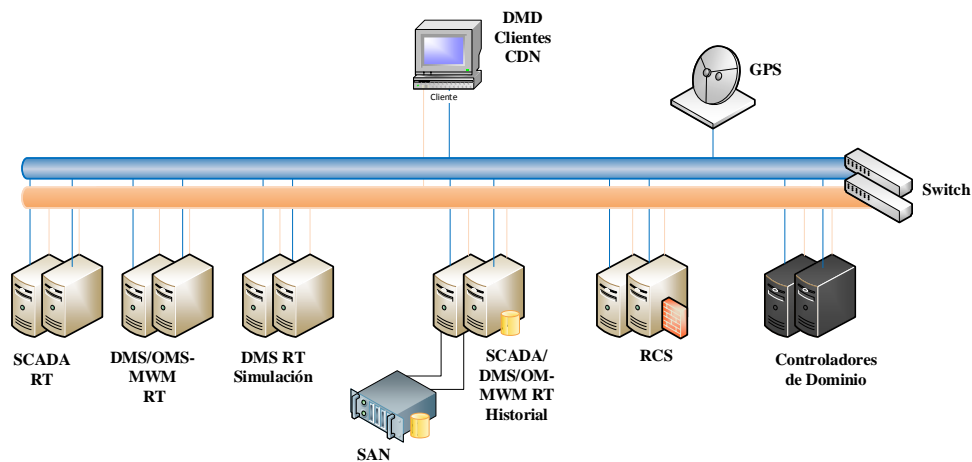


Figura 38. Sistema de Producción [57].

2.4.2.2 Acceso a Servicios

Este entorno trabaja en tiempo casi real y no tiene acceso directo con la producción, en el consta el SCADA RT Replica, DMS/OMS-MWM Replica, que son réplicas de lectura del entorno de producción, servidor web que proporciona acceso a los datos de lectura de DMS, servidor de simulación que proporciona un soporte de “what-if” del sistema, servidor histórico que es una réplica de los datos de producción, servidor PI que contiene módulos AF y cálculos de PI que reciben información del servidor histórico y la integración y RCS que da el acceso de aplicaciones GUI en el ADMS, el sistema ADMZ.

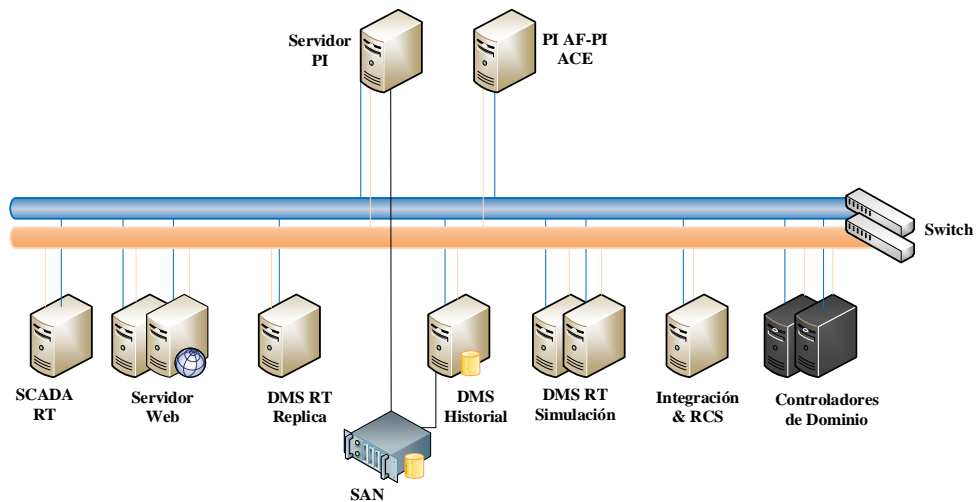


Figura 39. Sistema DMZ [57].

2.4.2.3 QADS

Tiene dos subsistemas independientes, uno para pruebas y otro para entrada de datos, por lo que el QADS se actualiza en el modelo de red con datos en tiempo real que llega del entorno de producción. Para validar las funciones del ADMS el sistema QADS valida los parches y las nuevas versiones antes de enviarlas al sistema de producción, en la que el sistema cumple con la funcionalidad de aseguramiento de la calidad como test de nuevas revisiones y versiones, en la Figura 40 se muestra el sistema QADS.

2.4.2.4 OTS

Se utiliza para la formación de los operadores de la red en las que el entrenador simula las fallas de la red para el alumno en donde los servidores del entorno OTS son SCADA/DMS/OMS-MWM Entrenador, prepara los entrenamientos en el que se ejecuta el servicio Network, SCADA/DMS/OMS-MWM Alumno y además utiliza los alumnos

porque ofrecen las funciones de entorno de producción, SCADA/DMS/OMS-MWM Histórico, el cual permite el almacenamiento de los escenarios de formación.

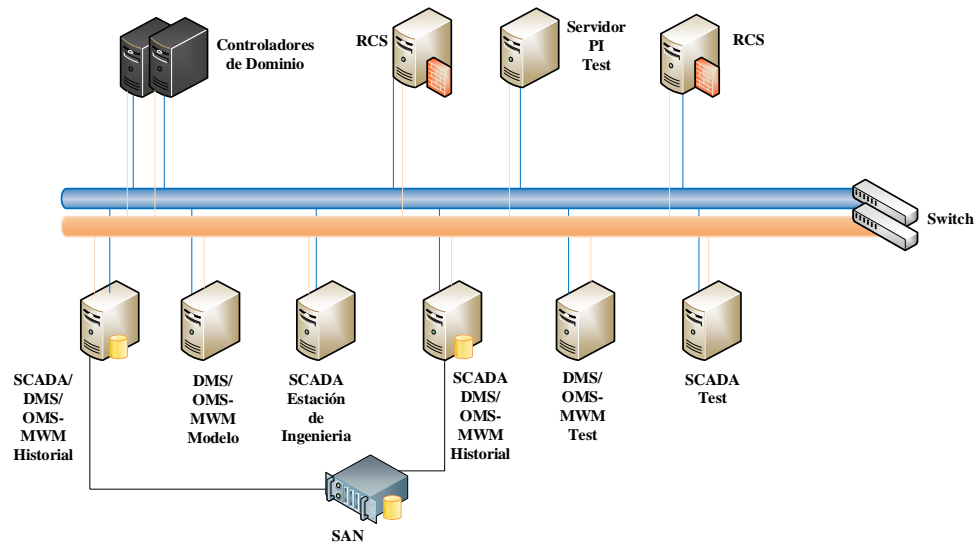


Figura 40. Sistema QADS [57].

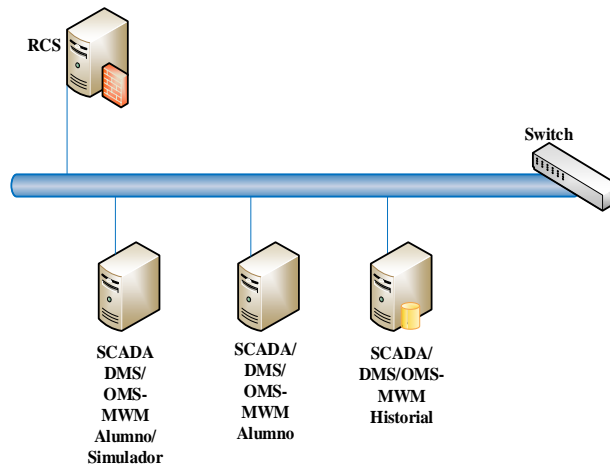


Figura 41. Sistema OTS [57].

2.4.2.5 Centro de Control

En función a sus áreas de responsabilidad existen tres tipos: Centro de control local que permite a las empresas operar el sistema eléctrico, Centro de control regional el cual abarca todas las funciones de los centros de control local que están en su respectiva zona y, el Centro de control nacional que permita operar el sistema eléctrico regional o individualmente a las empresas.

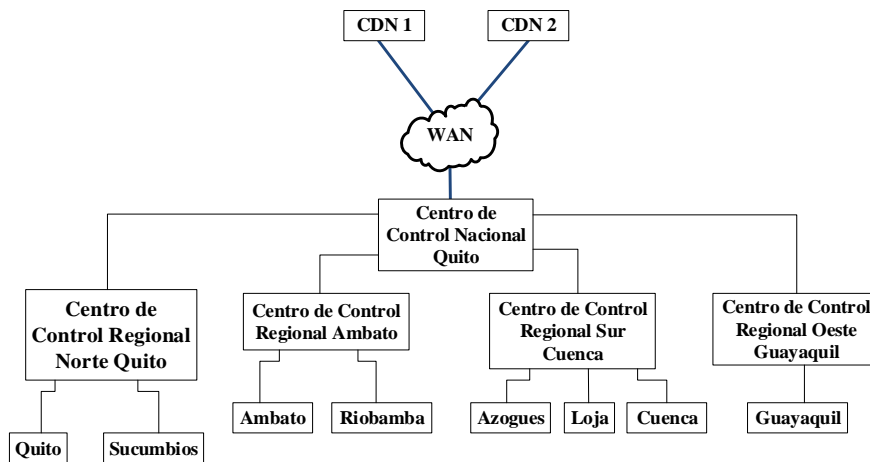


Figura 42. Centro de Control.

2.5 CYMTCC

Es un programa para coordinar dispositivos de protección en función del tiempo para sistema de distribución eléctrica, industriales, comerciales, ya que tiene una librería con una base de datos en la que viene más de 5000 dispositivos [58].

Con este programa se puede crear graficas de tiempo-corriente, reportes de ajustes de cualquiera de sus dispositivos que cuenta en su librería e incluso se pueden agregar nuevos dispositivos o modificar las curvas para los ajustes [59].

2.5.1 Características

Tiene un editor CAD para dibujar los diagramas unifilares, las curvas tiempo-corrientes se pueden exportar para agregarse a reportes al igual que los diagramas unifilares. También genera referencias de estudio de curvas de arranque de motores, daño térmico de conductores, resistencia de transformadores, así también de tabulaciones para verificar las curvas de corriente de falla o de voltaje [58].

Capítulo 3

3.1 ADMS

La información existente y que se presenta en las subestaciones, respecto al SNI está ligada directamente con el software ARCGis, debido a que en este sistema los datos de cada empresa son actualizados constantemente o periódicamente según sea los cambios realizados en el transcurso de las redes eléctricas de todo el país.

Para iniciar el análisis de la coordinación de protecciones en los alimentadores antes mencionados, es necesario comprobar ciertos parámetros de la red que permitirán la ubicación de los equipos asegurando la protección de esta, estos parámetros se conocen como: flujo de carga, desbalance de red y caída de voltaje.

3.1.1 Diagrama Unifilar de los Alimentadores

Con las herramientas proporcionadas por el ADMS se identificó los fusibles de línea de cada alimentador, considerando a cada uno como punto de referencia para encontrar a los fusibles conectados aguas debajo de los mismos.

Una vez identificados y graficado los fusibles se colocaron las nomenclaturas asignadas respetivamente, el nivel de voltaje indicando si es monofásico o trifásico, junto a los valores de corriente de cortocircuito máxima en estado estacionario dados por el software antes mencionado.

Al realizar esta búsqueda en el alimentador 121, se estableció el diagrama mostrado en la Figura 76 del ANEXO 1, mientras que el diagrama del alimentador 222 se muestra en la Figura 77 del ANEXO 2.

3.1.2 Flujo de Carga

El flujo de carga o de corriente que se tiene a través de la red trifásica y monofásica se lo ha obtenido mediante el software AMDS, tomando como punto de referencia a cada seccionador fusible y reconectador en el que se concentra la carga conectada aguas abajo de él, hasta el próximo fusible y/o reconectador.

Los valores del flujo correspondientes al alimentador 121 y alimentador 222 se detallan en la Tabla 61 y Tabla 62 y, respectivamente del ANEXO 3, especificando la nomenclatura asignada por el ADMS para cada uno de los fusibles y reconectores.

3.1.3 Caída de Voltaje

En cuanto a la caída de voltaje se refiere, estos valores se obtienen de la diferencia entre el voltaje aplicado a la red eléctrica y el voltaje que se presenta en las líneas a mayor demanda, siendo estos valores detallados para el alimentador 121 y alimentador 222 en la Tabla 63 y Tabla 64, ANEXO 3.

Como se puede observar la caída de voltaje en cada uno de los alimentadores, representa un valor mínimo inferior al 5% considerando que a mayor distancia mayor es la caída de voltaje, siendo un parámetro aceptable para su correcto funcionamiento.

3.1.4 Desbalance de Red

El desbalance de la red en cada una de las fases parte del valor del flujo de corriente durante 24 horas existiendo un periodo de tiempo igual a 60 min, considerando los valores de la potencia activa en cada uno de los perfiles de carga en la cabecera del alimentador.

El criterio para que un desbalance de carga sea aceptable en condiciones normales de la red debe ser menor al 15 %:

$$\%Desbalance_{carga} = \frac{P_{max} - (P_{min})}{P_{max}} * 100 \geq 15\% \quad (37)$$

Tabla 15. Valores de Desbalance del Flujo en el Alimentador 121.

<i>Descripción</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
MAX	827,448912	733,7400002	885,4196953
MIN	379,4756987	362,7342787	397,642177
DESBALANCE	54,13907818	50,56364944	55,08997833

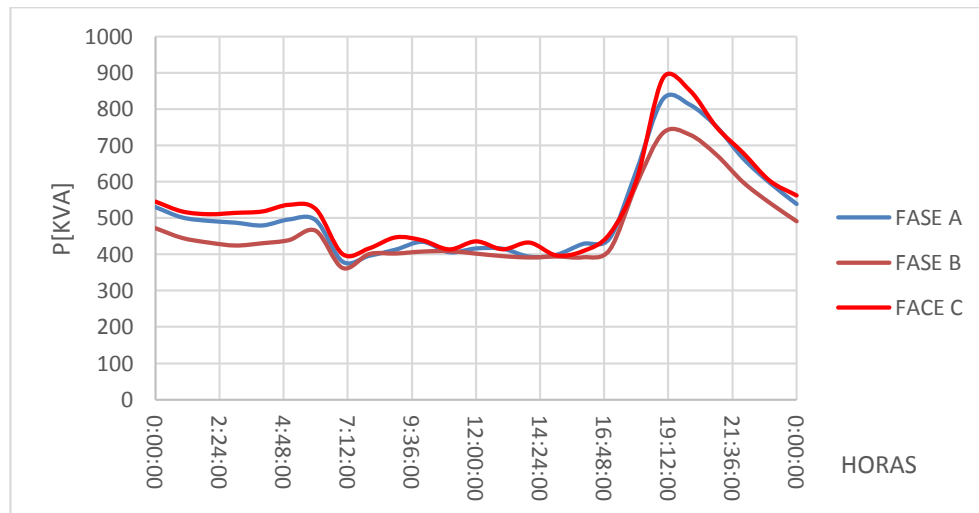


Figura 43. Desbalance de Carga en las Fases del Alimentador 121.

Tabla 16. Valores de Desbalance en el Alimentador 222.

<i>Descripción</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
MAX	1111,88857	709,513699	971,073635
MIN	466,942847	269,707593	426,630837
DESBALANCE	58,0045286	61,9869787	56,0660673

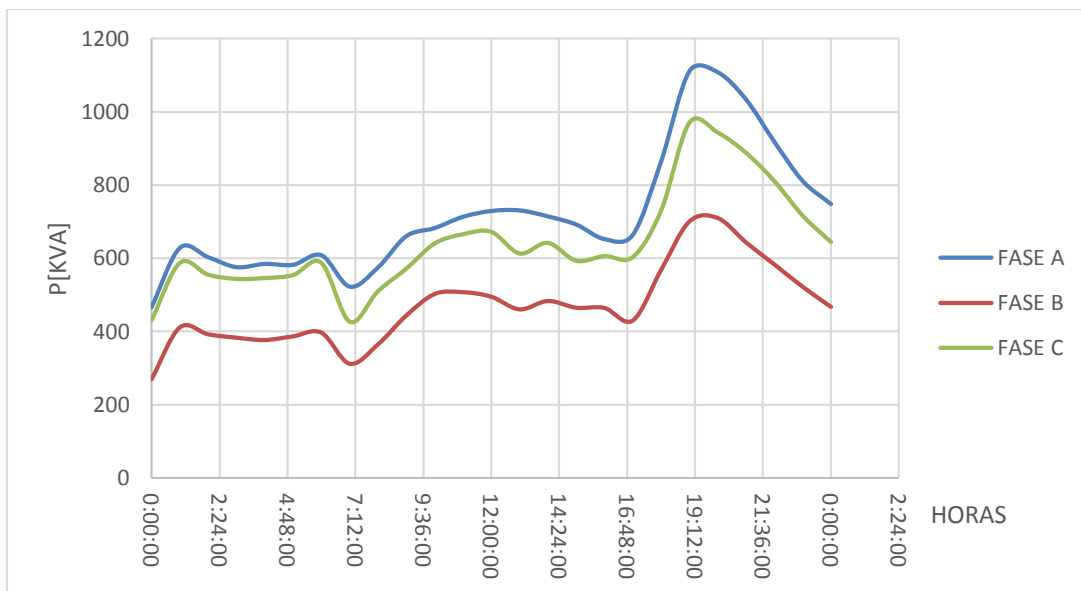


Figura 44. Desbalance de Carga en el Alimentador 222.

Al realizar el análisis de desbalance se identifica que los dos alimentadores tienen un desbalance de carga superior al 15%, por lo que se sugiere realizar un estudio con proyección de tiempo en el cual se identifique la línea con mayor sobrecarga, para que al momento de conectar nuevas cargas estas sean instaladas en la línea de menor sobrecarga permitiendo así tener un sistema balanceado de cargas.

3.2 Ubicación de los Equipos

El análisis de la ubicación de los equipos se realiza al simular la interconexión entre el alimentador 121 y el alimentador 222, mediante el cierre del reconectador de Zhapacal perteneciente al alimentador 121.

Cuando se ha cerrado los reconectores se tiene una red mallada entre los dos alimentadores, la cual permite obtener nuevos valores de caída de voltaje en cada fusible indicado que al sobrepasar un valor del 5% el equipo se encuentra mal ubicado ya sea por estar muy lejos del otro equipo de protección o porque esta con una carga demasiado grande, por lo que debe ser reubicado.

Tabla 17. Caída de Voltaje en Interconexión del Alimentador 121 y 222.

Objeto	Tipo de Interruptor	Fp Máximo	Voltaje Nominal [kV]	Caída [kV]	Diferencia Voltaje [kV]
02_REC_T_R-ORIE	Interruptor	1	22	21,725	0,275
02_REC_T_R-GUAP	Interruptor	0,95572	22	21,725	0,275
02_REC_T_R-ZHAP	Interruptor	0,9864	22	21,82	0,18
02_REC_T_R-A006	Interruptor	0,96	22	21,793	0,207

Al ser reubicado en la coordinación basándose en este análisis se asegura la correcta coordinación del fusible al presentarse fallas en este sistema.

Capítulo 4

4.1 Coordinación de Protecciones

En la realización del trabajo se utilizó el software CYMTCC y ADMS instalados en las computadoras de TELEGESTION y SIMULACION, propiedad de la EEA C.A. y que están a cargo del Ing Diego Quezada como ingeniero del Centro de Control de la S/E 2.

4.2 Protección del Alimentador 121

De acuerdo con el diagrama del ANEXO 1 se realizará el análisis y la coordinación de los relés, reconectores y fusibles de cada uno de los ramales del alimentador.

4.2.1 Estado Actual del Alimentador

Los dispositivos del alimentador esta configurados con sus curvas y time dial respectivo a cada dispositivo.

Tabla 18. Dispositivos del Alimentador 121.

Dispositivos	V [KV]	I _{cc} [A]	Curva	Dial	Pick-Up
BARRA 22KV	22	2969	ABB 630 IEC NI	0,15	392
ALIM_121	22	2969	ABB 630 IEC VI	0,1	210
REC_T_R-GUAPAN	22	2165	IEC VI	0,05	130
REC_T_R-ORIE	22	2165	IEC VI	0,05	150

En la Tabla 19 se muestra los márgenes de tiempo de los dispositivos principales en el tramo troncal del alimentador, donde el criterio de coordinación entre relés debe de ser de 200 – 400 ms, en el alimentador los relés de la BARRA 22KV y ALIM_121 tienen un margen de tiempo de 408,2 ms siendo este excesivo y no brinda una buena coordinación.

Tabla 19. Margen de Tiempo.

Principal	Respaldo	V [kV]	I _{cc} [A]	T _p	Tr	Ms	Coord.
BARRA 22KV	ALIM_121	22	2969	0,5082	0,1	408,2	No Coordina
ALIM_121	REC_T_R- GUAPAN	22	2165	0,145	0,0431	101,9	No Coordina
ALIM_121	REC_T_R- ORIE	22	2165	0,145	0,0503	94,7	No Coordina

Las curvas de los dispositivos en la BARRA_22KV de color rojo, la de color morado la curva del ALIM_121, de color negro las curvas de los reconectores de REC_T_R-GUAPAN y REC_T_R-ORIE.

4.2.2 Coordinación de Protecciones

Para la coordinación se utilizó el software CYMTCC , se ingresó las librerías de las curvas de los dispositivos a través de la curva del conductor 1/0 ACSR que pertenece al neutro, compuestas por curvas de cortocircuito, sobrecarga y ampacity que es la corriente máxima que circula por un conductor sin sobrepasar los límites de temperatura, Figura 45.

Tabla 20. Márgenes de Tiempos de las Curvas del Troncal.

Principal	Respaldo	V [kV]	I _{cc} [A]	Curva	Dial	Pick- Up	ms	Coord.
BARRA 22KV	ALIM_121	22	2969	ABB 615 IEC STI	0,55	210	262,2	Coordina
ALIM_121	REC_T_R- GUAPAN	22	2165	IEC VI	0,1	100	215,8	Coordina
ALIM_121	REC_T_R- ORIE	22	2165	IEC VI	0,1	100	215,8	Coordina

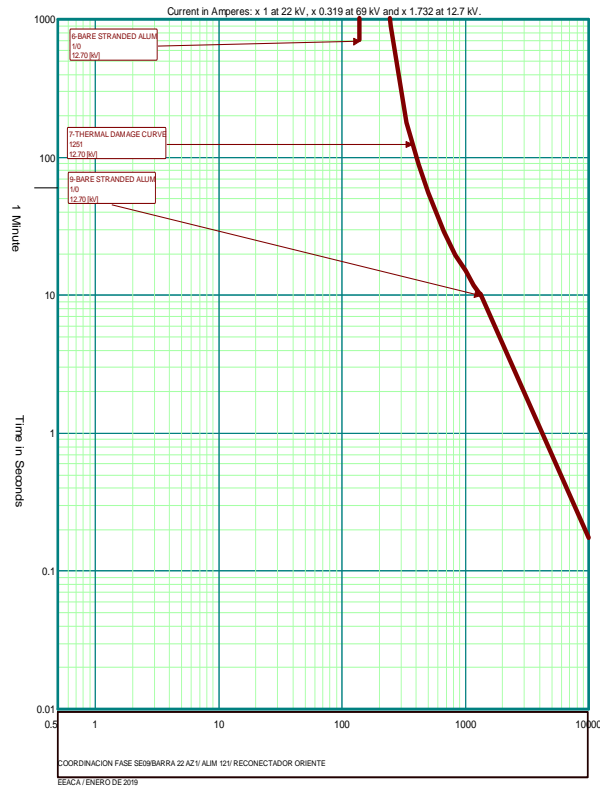


Figura 45. Curva del Conductor 1/0 ACSR.

En la Figura 46 muestra las curvas del alimentador las cuales tienen un margen de tiempo superior a 200 ms e inferior a 400 ms.

Con el ajuste adecuado de los dispositivos del troncal de alimentador se coordinará los fusibles aguas debajo de cada dispositivo comenzando entre el fusible 02_SFU_5001 y el reconnector REC_T_R-GUAP que debe de estar en el rango de 200-400 ms, el fusible tiene una corriente de cortocircuito de 1737 A en el que se colocó un tirafusible de tipo K de 25A dando un margen de tiempo de 133 ms, siendo inferior al criterio de 200 ms por lo cual no coordina.

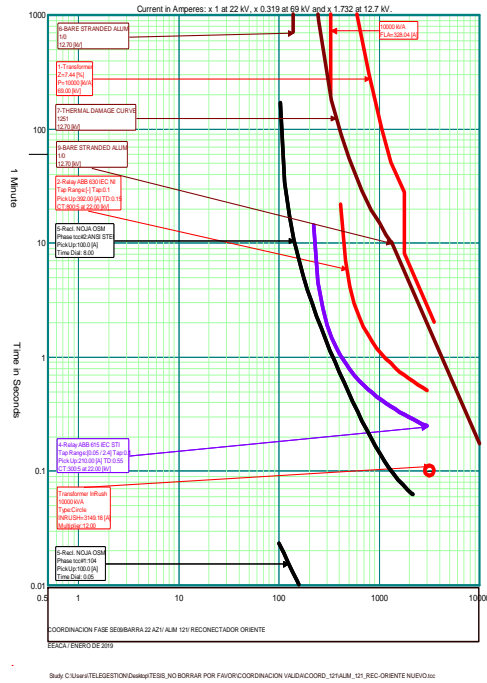


Figura 46. Curvas del Alimentador Coordinados.

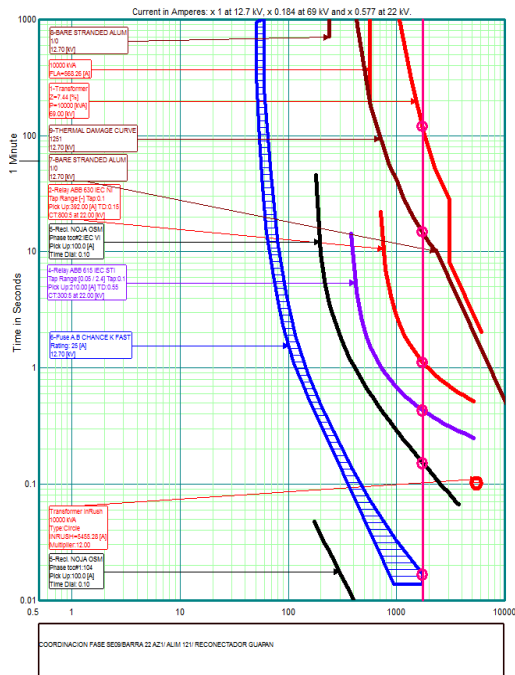


Figura 47. Margen de Tiempo de 02_SFU_5001.

Para su ajuste se utilizará la norma IEEE 242, establece que cuando se energiza un transformador la corriente de inrush pasa por los fusibles y en reglas generales el inrush es 12 veces la corriente en plena carga a 0,1s; mientras que para transformadores sin carga es 25 veces a 0,01s [60].

En algunos casos es necesario aplicar la compactación de las demandas conectadas (transformadores) en un fusible, por ello es indispensable obtener las impedancias de los transformadores, especificada en la norma ANSI C57.12.24-2000, la cual permite identificar un equivalente de 3% para el valor de la impedancia en los transformadores conectados [61].

La I_{nj} nace de las cargas que están aguas abajo del fusible,

Tabla 21.

Tabla 21. Carga de 02_SFU_5001.

<i>02_SFU_5001</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
2	40	15	25
V=	12,7	I=	3,149606299

Tabla 22. Inrush de 02_SFU_5001.

<i>02_SFU_5001</i>		
Selectividad		
In	3,1496063 A	
Inrush max	78,7401575 A	0.01 s
Inrush	37,7952756 A	0.1 s
Carga fría	9,4488189	10 s

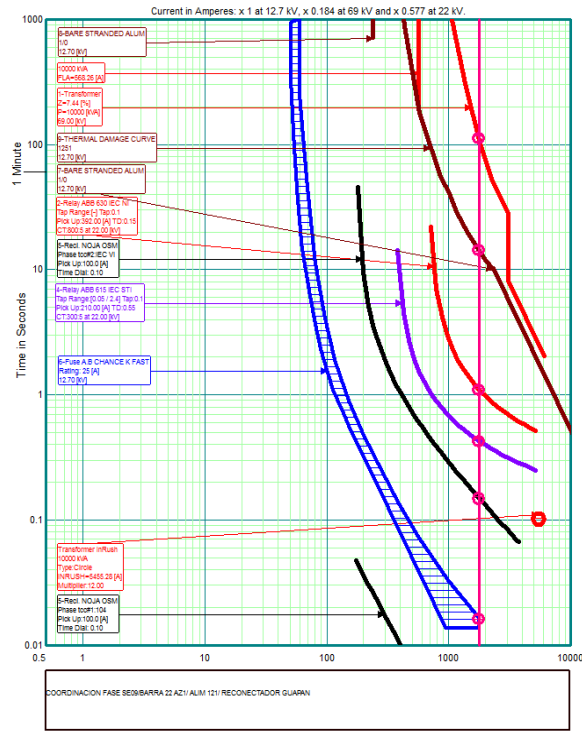


Figura 49. Margen de Tiempo 02_SFU_3856.

Al tener esta situación se procede a aplicar la coordinación mediante la corriente Inrush, para lo cual se procedió a obtener la demanda máxima conectada en el fusible. Representada por dos transformadores de igual impedancia que sumados da una potencia total de 110 kVA.

Tabla 23. Carga de 02_SFU_3856.

02_SFU_3856			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
7	110	10	25
V=	12,7	I=	8,661417323

Tabla 24. Inrush de 02_SFU_3856.

02_SFU_3856		
Selectividad		
In	8,66141732 A	
Inrush max	216,535433 A	0.01 s
Inrush	103,937008 A	0.1 s
Carga fría	25,984252 A	10 s

El Inrush medido con el software CYMTCC desde la curva mínima de fusión da una corriente rms de 160,29 A con un tirafusible tipo K de 12 A y el calculado es de 103,93 A, Figura 50.

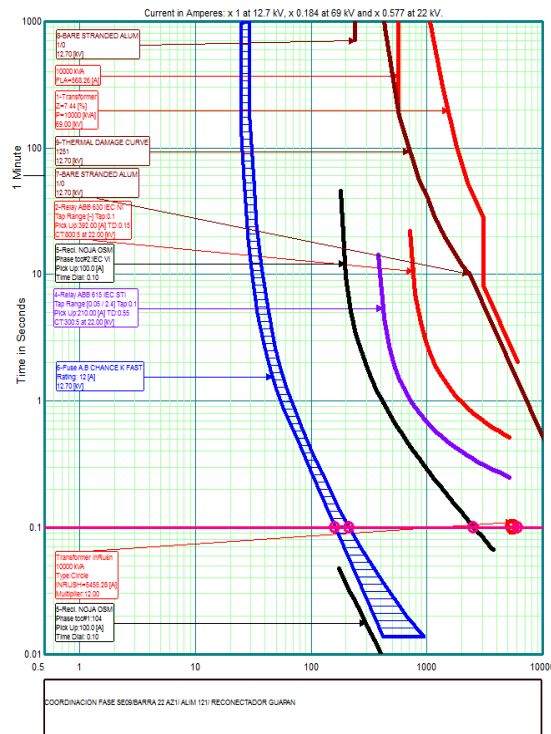


Figura 50. Coordinación por Inrush de 02_SFU_3856.

El fusible 02_SFU_2993 con una corriente I_{cc} de 1800 A no coordina con REC_T_R-ORIE, debido que al intentar coordinarlo con otros fusibles el tiempo máximo de coordinación da 128 ms, siendo este valor inferior al criterio de coordinación equivalente a 200 ms, Figura 51.

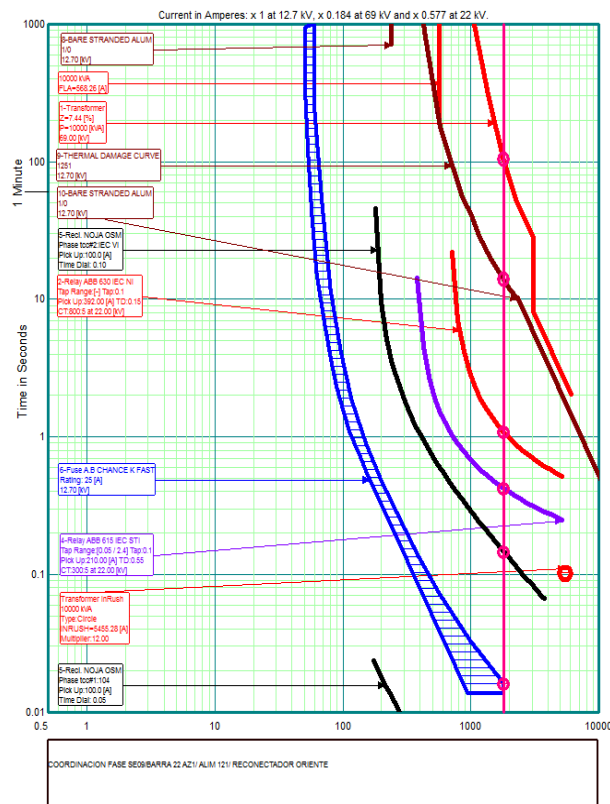


Figura 51. Margen de Tiempo 02_SFU_2993.

Es por ello por lo que se procede a coordinar mediante la corriente de Inrush, calculando la demanda total conectada en el fusible.

Tabla 25. Carga de 02_SFU_2993.

<i>02_SFU_2993</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
4	55	10	25
V [kV]	12,7	I [A]	4,33070866

Con la demanda del fusible se calculó la corriente In, siendo esta empleada para calcular la corriente de Inrush.

Tabla 26. Inrush de 02_SFU_2993.

<i>02_SFU_2993</i>			
Selectividad			
In	4,33070866	A	
Inrush max	108,267717	A	0.01 s
Inrush	51,9685039	A	0.1 s
Carga fría	12,992126	A	10 s

En la Figura 52 se coordinó el fusible con la corriente Inrush rms calculada de 51,969 A, con un tirafusible tipo K de 10A el software entregó una corriente rms de 124,36 A, haciendo un salvado de fusible con el reconectador.

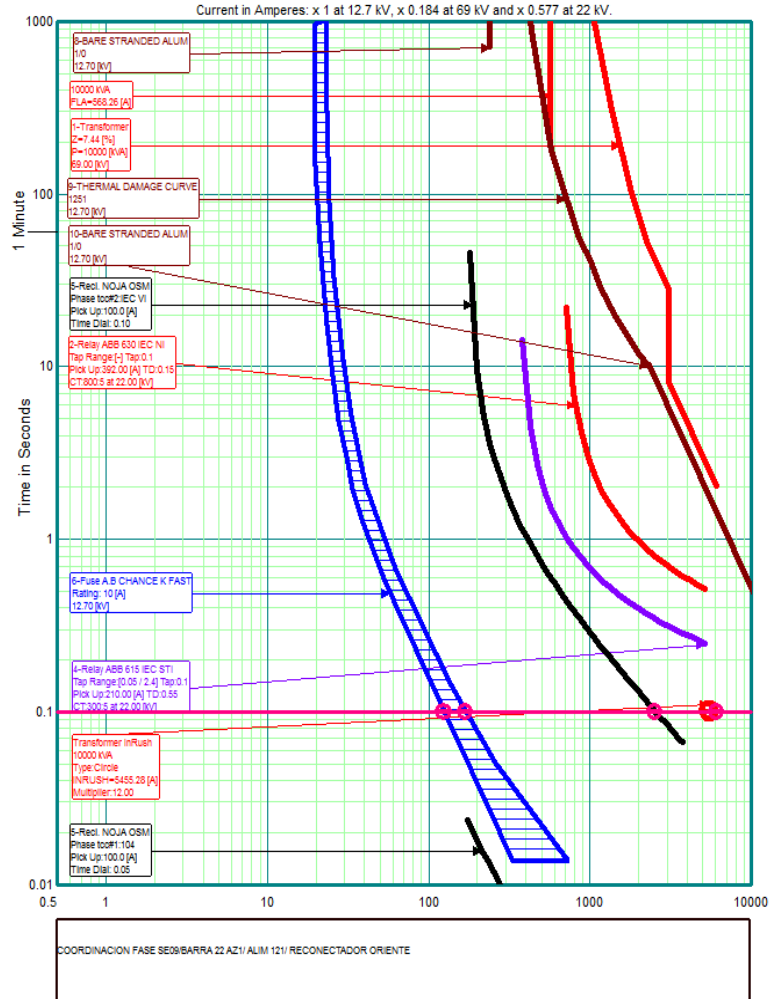


Figura 52. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2993.

Con una corriente I_{cc} de 1465 A el fusible 02_SFU_4778 no coordino con REC_T_R-ORIE ya que su margen de separación es inferior a los 200 ms siendo este de 160 ms, Figura 53.

La coordinación por la corriente de Inrush puede ser observada en la Figura 54, donde se identifica el valor calculado de la corriente de Inrush equivalente a 14,17 A y el valor modelado de la misma igual a 124,36 A, cumpliendo así el criterio de la coordinación con un tirafusible de 10 A tipo K.

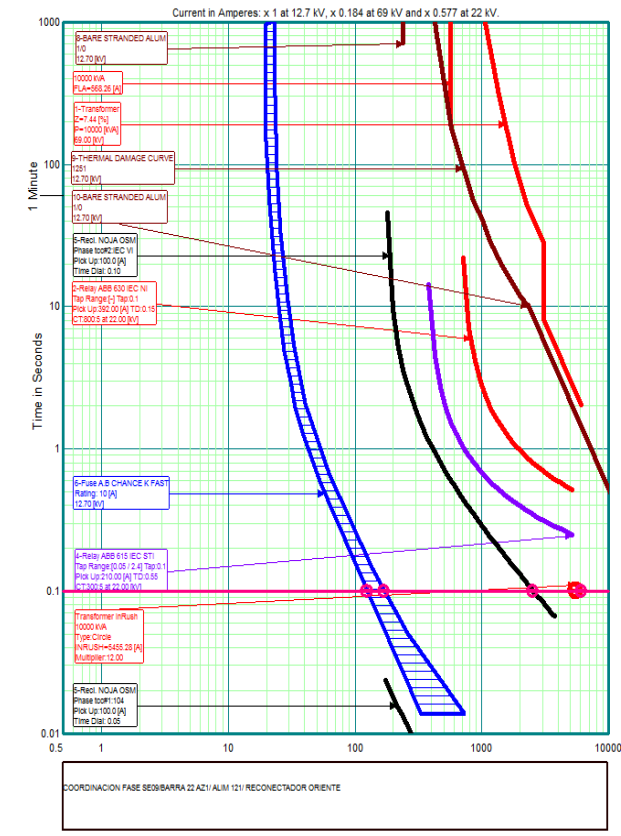


Figura 54. Coordinación por Inrush de 02_SFU_4788.

La coordinación con el reconector REC_T_R-GUAP y REC_T_R-ORIE con una corriente de pick-up de 100 A cada uno, a los cuales se aplica la condición de la corriente de actuación mínima del seccionalizador no debe ser mayor al 80 % del disparo mínimo

del reconectador para corrientes de fase y tierra, por lo tanto, se obtiene una corriente de actuación igual a 20 A para cada reconectador.

En el REC_T_R-GUAP se colocará dos seccionalizadores monofásicos para proteger dos ramales extensos, el primer seccionizador ubicado antes del fusible 02_SFU_2630 y el segundo seccionizador reemplazará al fusible 02_SFU_4163. Cuando supere los 20 A en cada ramal y se cierre el reconectador realizara dos conteos y se bloqueara como se muestra en su curva, Figura 55, los conteos del seccionizador debe ser uno menos del reconectador, los reconectores tienen un disparo rápido y dos disparos lentos.

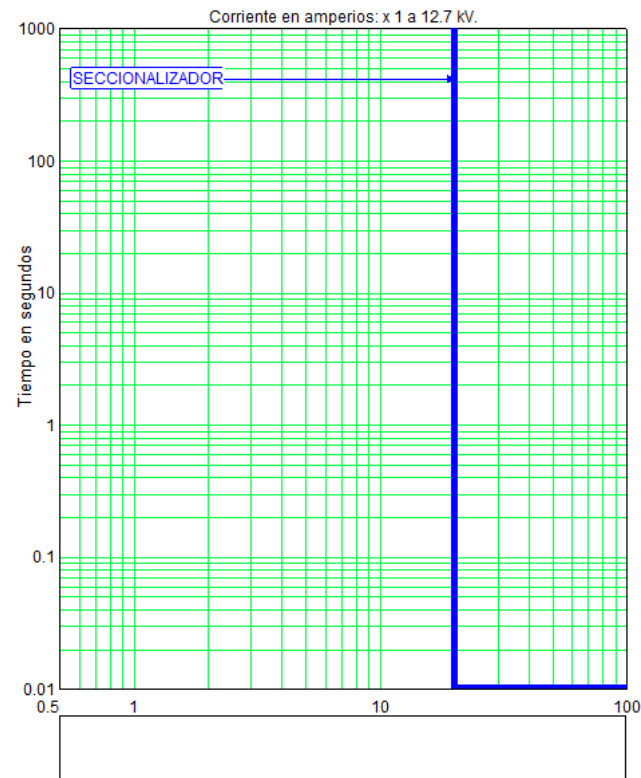


Figura 55. Curvas de conteo del Seccionizador 1 y 2.

Para REC_T_R-ORIE se colocará un seccionizador trifásico en el lugar del fusible 02_SFU_4148 perteneciente al sector de Pindilig ya que tiene una carga de 2680 kVA y así se podrá dar más tiempo para la coordinación de los fusibles que están aguas abajo del mismo, Figura 56.

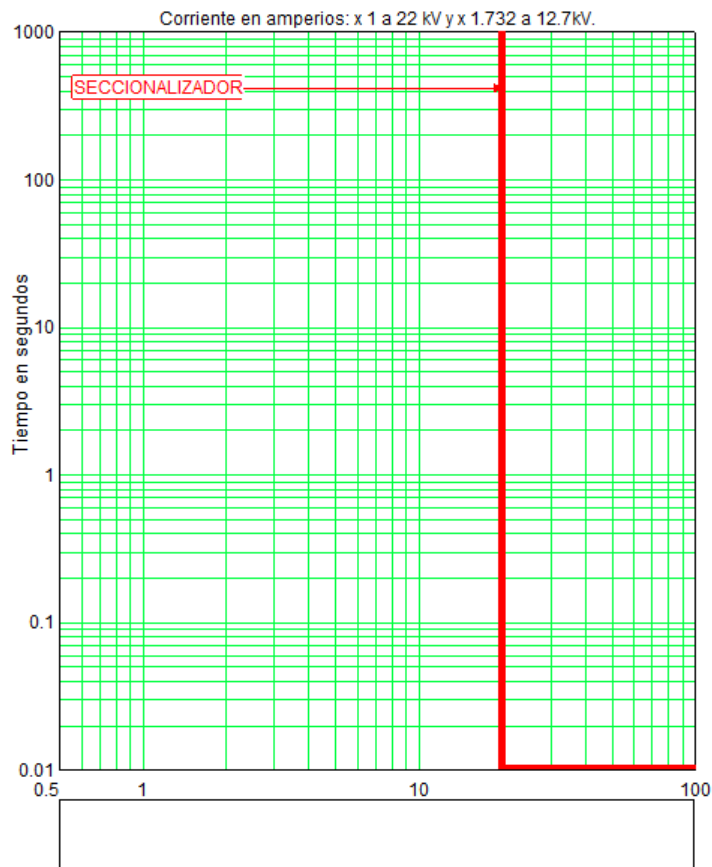


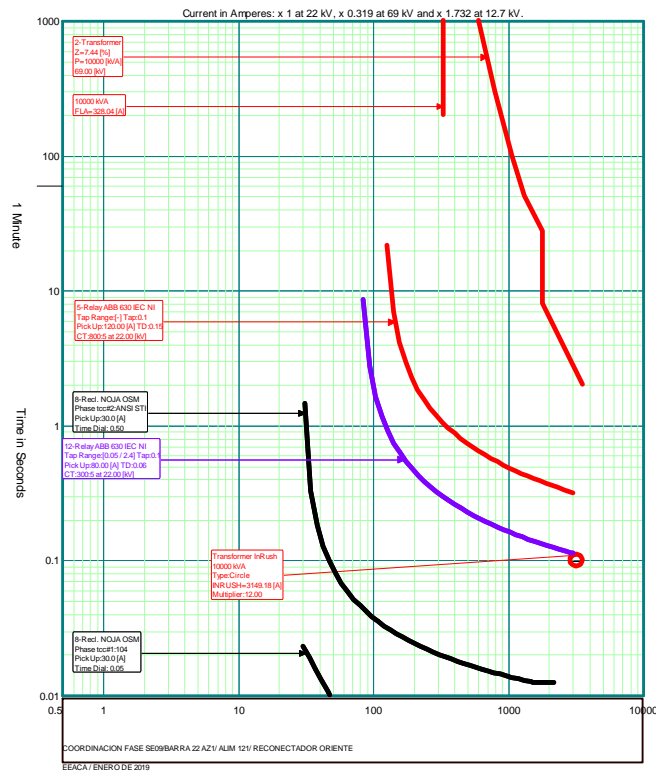
Figura 56. Curva de conteo del Seccionador Trifásico.

Se realizó la coordinación con el relé 51G del alimentador 121 en base a la curva normalmente inversa (NI) de la barra BARRA 22KV, se colocó la curva de ALIM_121 y la de 02_REC_T_R-ORIE con un margen de 200-400 ms.

Tabla 29. Margen de Tiempo de Coordinación con Tierra.

<i>Principal</i>	<i>Respaldo</i>	<i>Curva</i>	<i>Dial</i>	<i>Pick-Up</i>	<i>Tp</i>	<i>Tr</i>	<i>ms</i>
BARRA 22KV	ALIM_121	ABB 630 IEC NI	0,06	80	0,3169	0,1121	204,8
ALIM_121	REC_T_R-ORIE	ANSI STI	0,5	30	0,1232	0,0124	110,8

En la Figura 57 se muestra la coordinación con el relé 51G con respecto a los dispositivos de protección conectados aguas abajo.



Study: C:\Users\TELEGESTION\Desktop\COORDINACIONES\COORDINACION SE09_BARRA_ALIM_121_ORIENTE_Final_1tema.docx

Figura 57. Coordinación con Tierra.

La coordinación entre las curvas de la BARRA 2KV y la curva de ALIM_121 donde la curva de 02_REC_T_R-ORIE no procede ya que su margen de tiempo es inferior a 200 ms, para lo cual se recomienda no activar la protección del reconectador.

4.3 Protección del Alimentador 222

De acuerdo con los diagramas expuestos en el capítulo anterior, la coordinación de protecciones iniciará en la salida de cada alimentador en cabecera de subestación hasta terminar con el último fusible conectado en la red.

4.3.1 Estado Actual del Alimentador

El análisis del estado actual del alimentador esta dado por dispositivos de protección de la troncal que son relés y reconectadores.

Tabla 30. Configuración de los Elementos de Protección.

<i>Dispositivos</i>	<i>V</i> <i>[kV]</i>	<i>Icc</i> <i>[A]</i>	<i>Curva</i>	<i>Dial</i>	<i>Pick-Up</i>
BARRA 22KV	22	4287	GF60/T60 IEEE MI	0,6	480
ALIM_222	22	4287	GE W650 IEEE MI	0,25	240
REC_T_R-ZHAP	22	2674	ANSI I	0,6	140
REC_T_R-A006	22	2400	ANSI VI	0,45	60

Los fusibles que están entre los distintos dispositivos de protección en el troncal dificultando la coordinación entre relés o reconectadores, se procedió a eliminarlos.

Tabla 31. Fusibles Intermedios.

<i>Dispositivo</i>	<i>V [kV]</i>	<i>Entre</i>	
02_SFU_5068	22	ALIM_222	02_REC_T_R-ZHAP
02_SFU_5594	22	02_REC_T_R-ZHAP	02_REC_T_R-A006

De acuerdo con la configuración de los dispositivos de protección se procedió a retirar los márgenes de tiempo como consecuencia de la descoordinación existente.

Tabla 32. Margen de Tiempo.

<i>Principal</i>	<i>Respaldo</i>	<i>V [kV]</i>	<i>I_{cc} [A]</i>	<i>T_p</i>	<i>T_r</i>	<i>ms</i>	<i>Coord.</i>
BARRA 22KV	ALIM_222	22	4287	0,7588	0,2455	513,3	No Coordina
ALIM_222	REC_T_R- ZHAP	22	2674	0,2892	0,1460	143,2	No Coordina
REC_T_R- ZHAP	REC_T_R- A006	22	2400	0,1493	0,0621	87,2	No Coordina

En la Figura 58, las curvas de los dispositivos en su estado actual siendo la curva de color rojo la de la barra, la curva de color naranja del alimentador, seguido de la curva de color café que es del reconectador 02_REC_T_R-ZHAP y por último la curva del reconectador 02_REC_T_R-A006 de color verde.

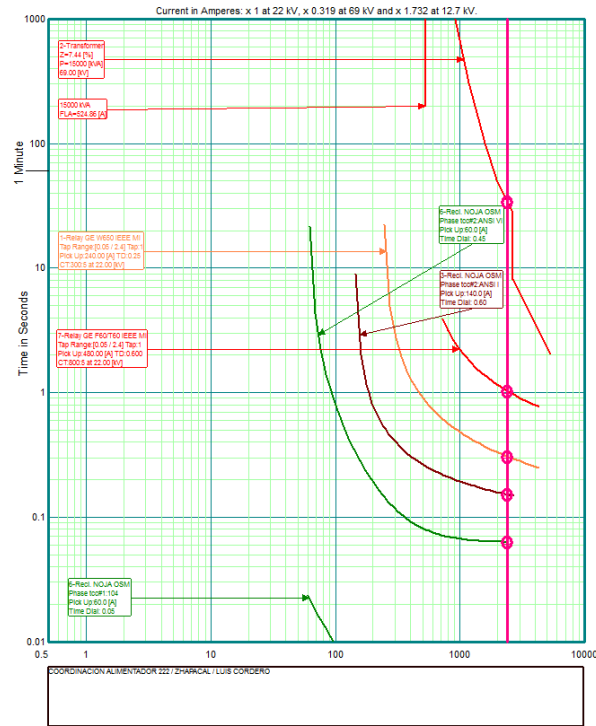
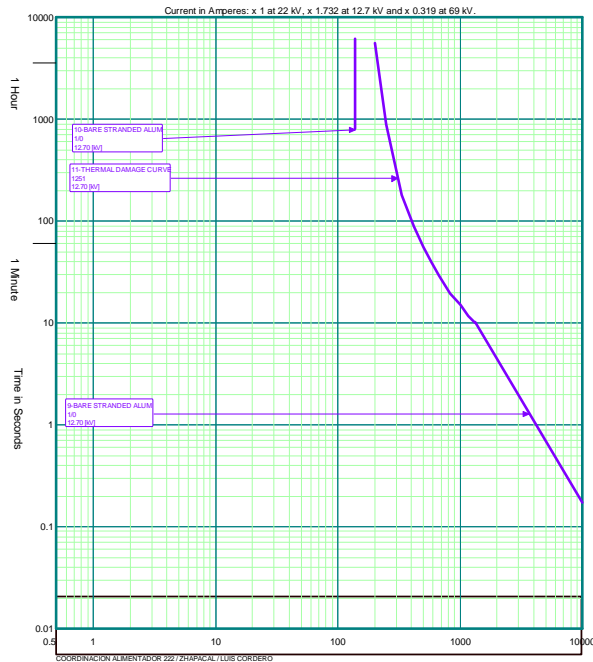


Figura 58. Curvas de los Dispositivos.

4.3.2 Coordinación de Protecciones

La coordinación desde la cabecera o subestación en CYMTCC debe incluir la gráfica de la curva del relé ALIM_222 y a su vez las curvas de los reconectadores considerando que el neutro tiene un conductor 1/0 ACSR. De dicho conductor se graficó sus curvas de cortocircuito, sobrecarga y ampacity, dichas curvas indicarán hasta donde se puede realizar el ajuste de los dispositivos de coordinación como se observa en la Figura 59.



Study: C:\Users\TELEGESTION\Desktop\TESIS_NO BORRAR POR FAVOR\COORDINACION VALIDA\COORD_222\ALUM_222-REC_ZH-REC_LC_corrientes anfguas.tsc

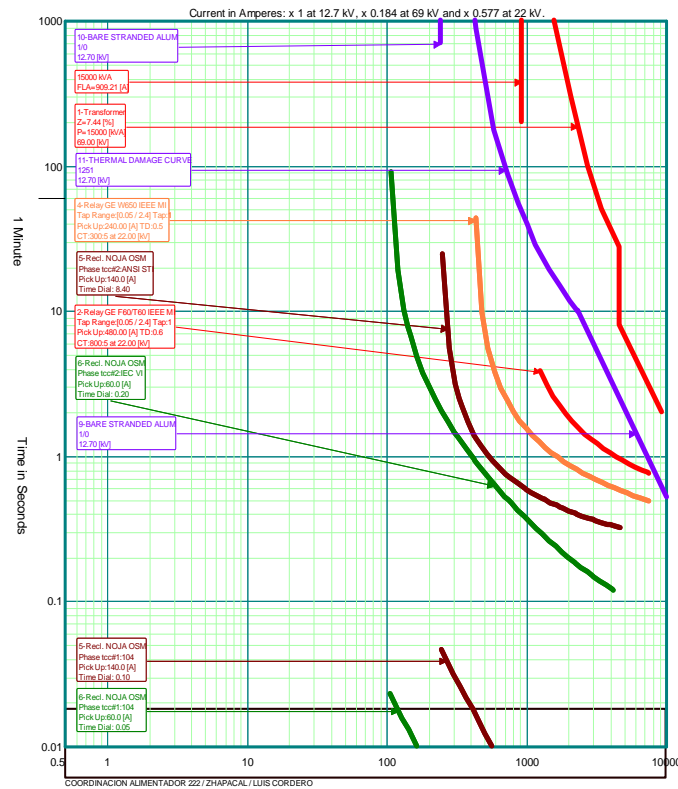
Figura 59. Curva del Conductor 1/0.

De acuerdo con la curva del conductor se modificó los diales dentro de los márgenes de tiempo de 200-400 ms en el troncal del alimentador.

Tabla 33. Márgenes de Tiempos de las Curvas.

<i>Principal</i>	<i>Respaldo</i>	<i>V</i> [kV]	<i>Icc</i> [A]	<i>Curva</i>	<i>Dial</i>	<i>Pick-Up</i>	<i>ms</i>	<i>Coord.</i>
BARRA 22 KV	ALIM_222	22	4287	GE W650 IEEE MI	0,5	240	267,8	Coordina
ALIM_222	REC_T_R-ZHAP	22	2674	ANSI STI	8,4	140	259,6	Coordina
REC_T_R-ZHAP	REC_T_R-A006	22	2400	IEC VI	0,2	60	209	Coordina

En la Figura 60 se muestra las curvas del alimentador 222.



Study: C:\User\TELEGESTION\Desktop\TESIS_NO BORRAR POR FAVOR\COORDINACION VALIDA\COORD_222\ALIM_222-REC_ZH-REC_LC-F3738.lcc

Figura 60. Curvas del Alimentador 222.

Coordinado el troncal del alimentador al subir la curva del alimentador ALIM_222 los fusibles no pudieron ser coordinados debido a que sus márgenes de tiempos eran superiores a 400 ms.

El fusible monofásico 02_SFU_3645 posee una corriente de cortocircuito de 3820 A, se colocó un tirafusible de tipo K de 80 A dando un margen de tiempo de 598ms con respecto a ALIM_222 excediendo los 400ms que se debe tener para obtener una buena coordinación, Figura 61.

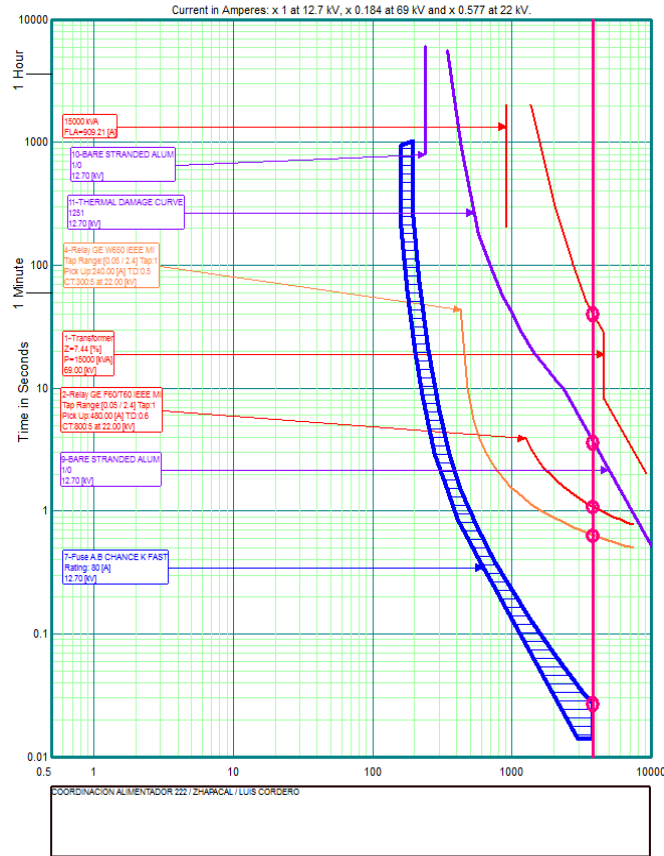


Figura 61. Margen de Tiempo de 02_SFU_3645.

El ajuste del fusible implica deslastre las cargas que están conectadas, Tabla 34.

Tabla 34. Carga de 02_SFU_3645.

02_SFU_3645			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
5	92,5	10	37,5
V[kV]	12,7	I=	7,28346457

Con la corriente de las cargas se establece la corriente de Inrush y con ello la coordinación en 0.1s.

Tabla 35. Inrush de 02_SFU_3645

02_SFU_3645		
Selectividad		
In	7,28346457 A	
Inrush max	182,086614 A	0.01 s
Inrush	87,4015748 A	0.1 s
Carga fría	21,8503937	10 s

Al tener en el fusible una corriente calculada Inrush rms igual 87,40 A en 100 ms fue necesario recurrir al tirafusible tipo K de 8 A, debido a que este permitió modelar una corriente Inrush rms de 94,78A mediante el software CYMTCC, dando como resultado la obtención de una corriente superior que eficazmente soportará la energización de los transformadores Figura 62.

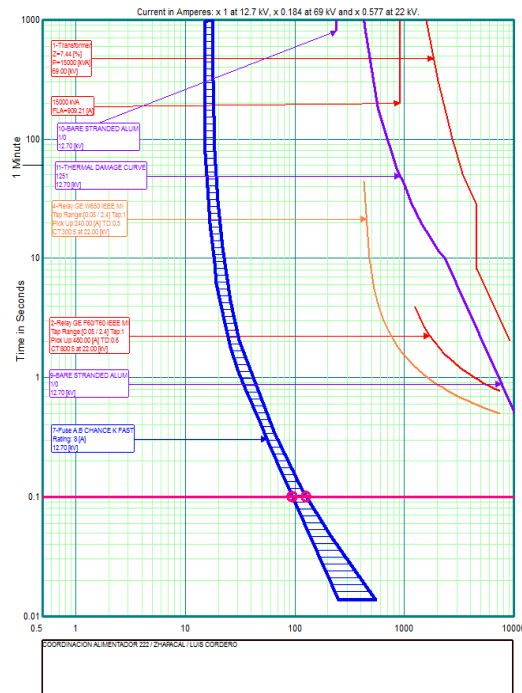


Figura 62. Coordinación por Inrush de 02_SFU_3645.

En la Figura 63, el caso de los fusibles conectados aguas abajo del reconectador REC_T_R-ZHAP como el fusible 02_SFU_2554, con un tirafusible tipo K de 40 A el margen de tiempo de 305 ms impide la coordinación con la curva de ajuste del reconectador lo que ocasionaría la actuación del fusible y se abra el reconectador.

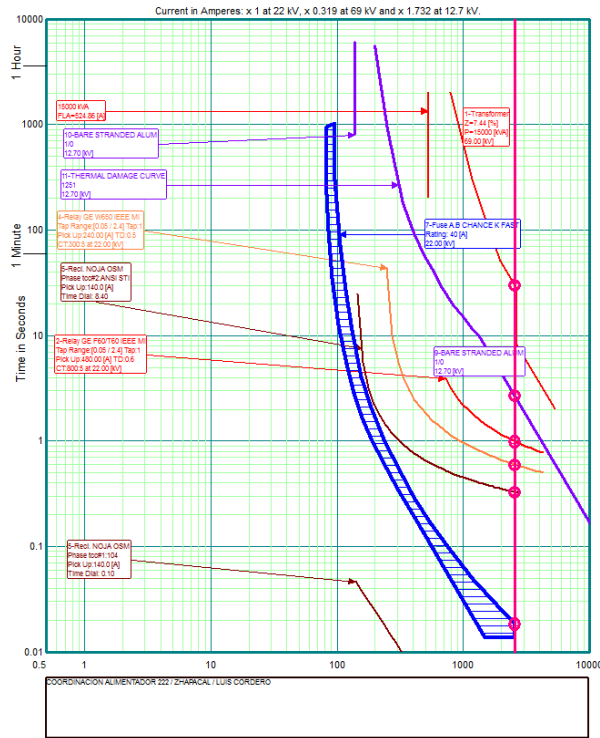


Figura 63. Margen de Tiempo de 02_SFU_2554.

Tabla 36. Carga de 02_SFU_2554.

02_SFU_2554			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	37,5	0	37,5
V[kV]	22	I=	0,98411978

Tabla 37. Inrush de 02_SFU_2554.

02_SFU_2554		
Selectividad		
In	0,98411978 A	
Inrush max	24,6029944 A	0.01 s
Inrush	11,8094373 A	0.1 s
Carga fría	2,95235933 A	10 s

Al tener una corriente calculada de Inrush igual 11,80 A, se opta por un tirafusible de 1 A tipo K el cual soporta una corriente de 13,74 A a 0,1s; siendo posible modelar para este tramo una corriente de Inrush máxima de 24,6029 A como se muestra en la Figura 64.

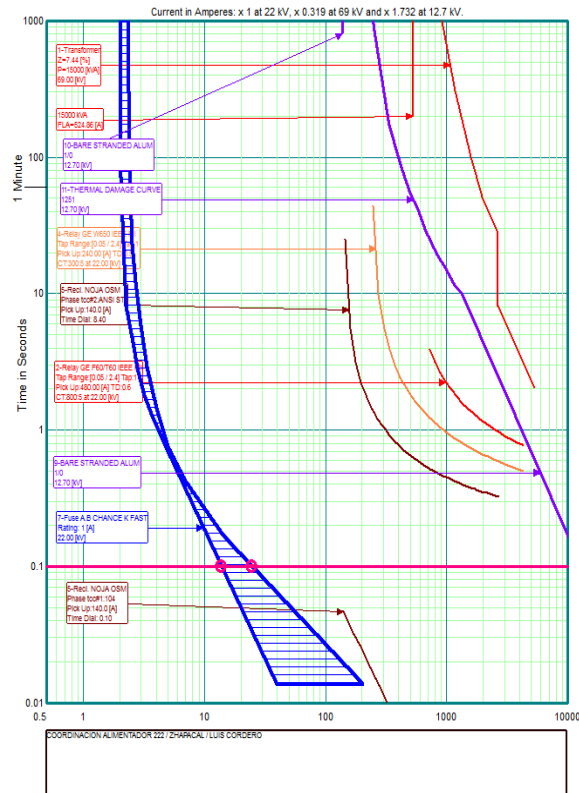


Figura 64. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2554.

La no coordinación del fusible 02_SFU_5433 con el fusible 02_SFU_2403 imposibilita los criterios adecuados como se expone en la Figura 65.

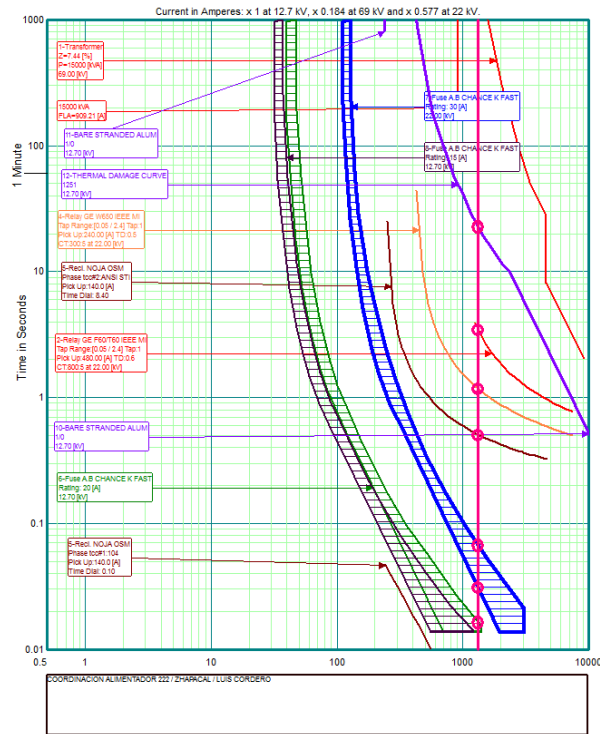


Figura 65. Fusibles 02_SFU_5433 y 02_SFU_2403.

En el fusible 02_SFU_2403 se encontraron dos transformadores que al sumar sus potencias dan 35kVA siempre y cuando su reactancia transitoria sea igual, la cual a su vez servirá para calcular la corriente nominal que circula por el mismo, Tabla 38.

Tabla 38. Carga de 02_SFU_2403.

02_SFU_2403			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
2	35	10	25
V[Vk]	12,7	I=	2,75590551

Tabla 39. Inrush de 02_SFU_2403.

02_SFU_2403		
Selectividad		
In	2,75590551 A	
Inrush max	68,8976378 A	0.01 s
Inrush	33,0708661 A	0.1 s
Carga fría	8,26771654 A	10 s

La Inrush rms bordea los 33,070 A en 0,1 s y utilizando un tirafusible tipo K de 10 A, se obtuvo un Inrush de 124,4 A en 0,1 s medido desde la curva mínima de fusión del fusible, Figura 66.

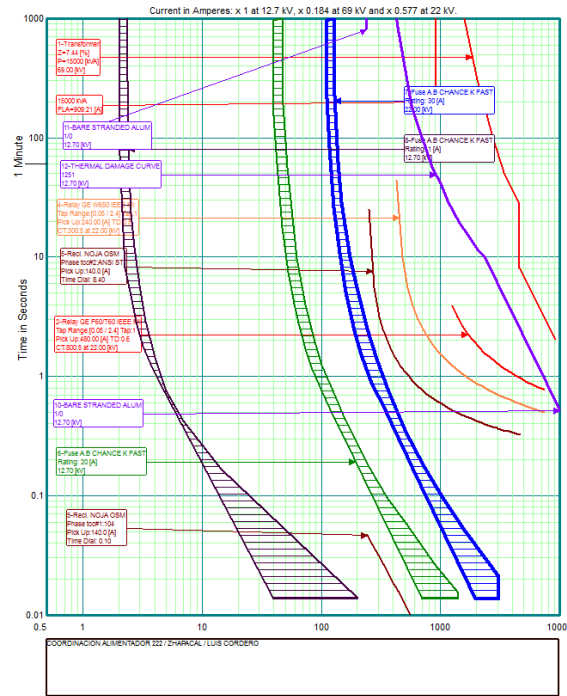


Figura 66. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2403.

De igual manera sucede con la no coordinación del fusibles 02_SFU_5829, ubicado entre las calles Gral. Ignacio de Veintimilla y Padre Armando Fajardo, con el fusible

02_SFU_2540, ubicado en la calle Padre Armando Fajardo pertenecientes al sector de Bayas, ya que conjuntamente excedieron el ajuste del 75%, Figura 67.

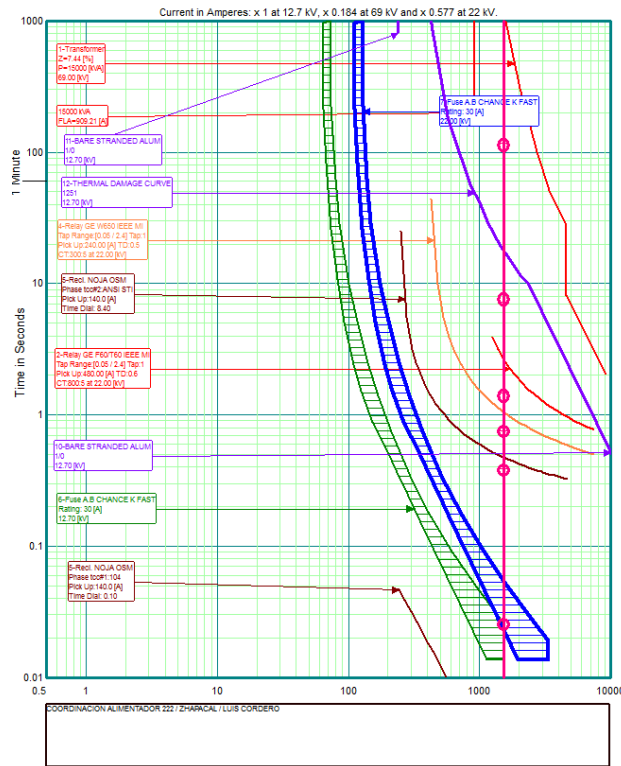


Figura 67. Fusibles 02_SFU_5829 y 02_SFU_2541.

En el fusible 02_SFU_2541 se encontraron dos transformadores, que sumados sus potencias dan como resultado 275 kVA bajo la misma regla de reactancias transitorias iguales.

Tabla 40. Carga de 02_SFU_2541.

02_SFU_2541			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
2	275	75	200
V[kV]	22	I=	7,21687836

Tabla 41. Inrush de 02_SFU_2541.

02_SFU_2541			
Selectividad			
In	7,2168784	A	
Inrush max	180,42196	A	0.01 s
Inrush	86,60254	A	0.1 s
Carga fría	21,6506254		10 s

En la Figura 68 se muestra el fusible coordinado por la corriente de Inrush por medio de un tirafusible tipo K de 10 A, con el fusible anterior se realizó una actuación exitosa, dando una corriente Inrush de 124,4 A.

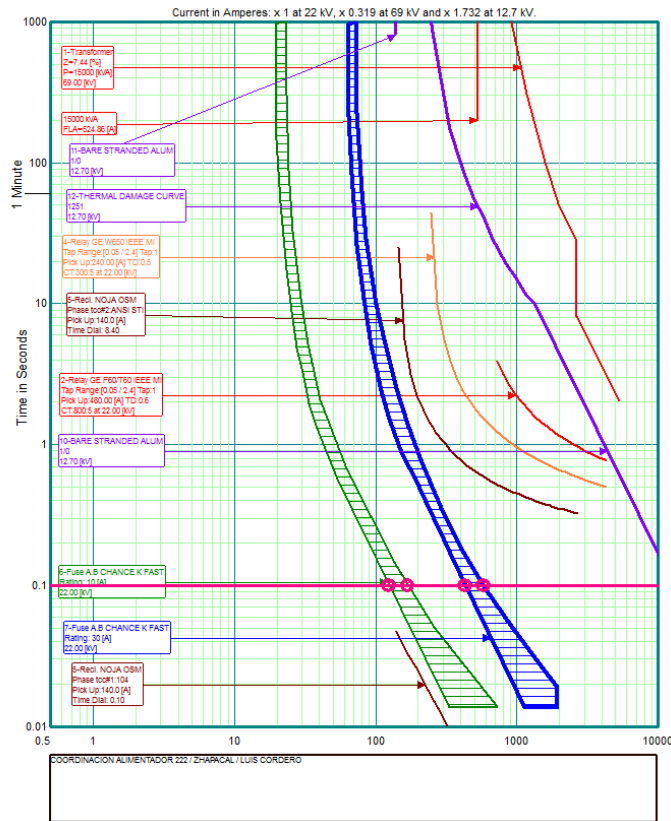


Figura 68. Coordinación por Inrush de 02_SFU_2541.

En el REC_T_R-A006 perteneciente al sector de Luis Cordero, los fusibles que están colocados aguas abajo no coordinaron entre ellos como son 02_SFU_3941 y 02_SFU_3453 que excedieron el 75% del tiempo de respuesta entre las curvas tiempo corriente vista en la Figura 69.

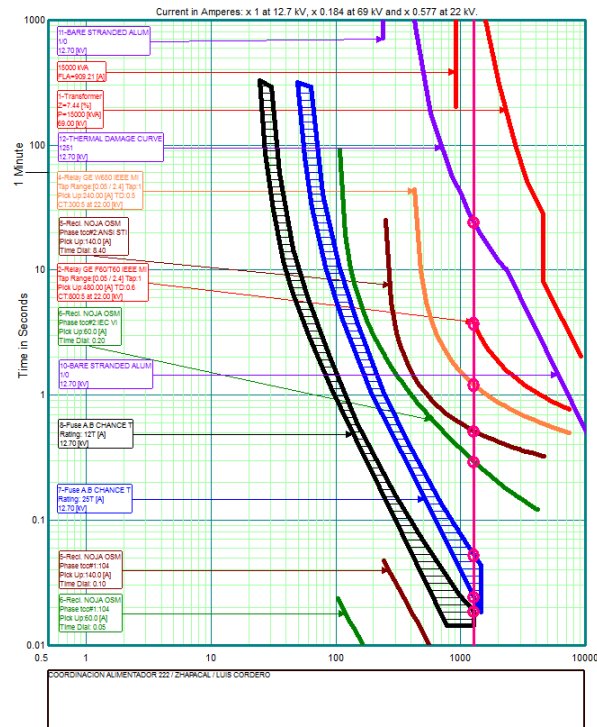


Figura 69. Fusibles 02_SFU_3941 y 02_SFU_3453.

Como el fusible 02_SFU_3453 no coordina se procede a obtener la carga que está conectado aguas abajo.

Tabla 42. Carga de 02_SFU_3453.

<i>02_SFU_3453</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
1	37,5	0	37,5
V[kV]	12,7	I=	2,95275591

Tabla 43. Inrush de 02_SFU_3453.

<i>02_SFU_3453</i>			
Selectividad			
In	2,95275591	A	
Inrush max	73,8188976	A	0.01 s
Inrush	35,4330709	A	0.1 s
Carga fría	8,85826772		10 s

Con un tirafusible tipo T de 10 A se obtuvo una corriente de 216,2 A superando los 35,43 A que dio el Inrush, Figura 70.

En el ANEXO 6 y ANEXO 7 se encuentran las tablas de la coordinación de los fusibles del alimentador y las cargas con las tablas del cálculo del Inrush de los fusibles que se necesitó esa coordinación.

Basados en las tablas de la coordinación de los fusibles del alimentador se planteó una nueva topología para el recorrido de la red del alimentador 121 y el alimentador 222 mostrados en la Figura 79 y Figura 80 del ANEXO 8, respectivamente, estas topologías incluyen los equipos recomendados y los equipos que se deben de cambiar con respecto a la topología actualmente conectada en los alimentadores, la cual es mencionada ANEXO 1 y ANEXO 2.

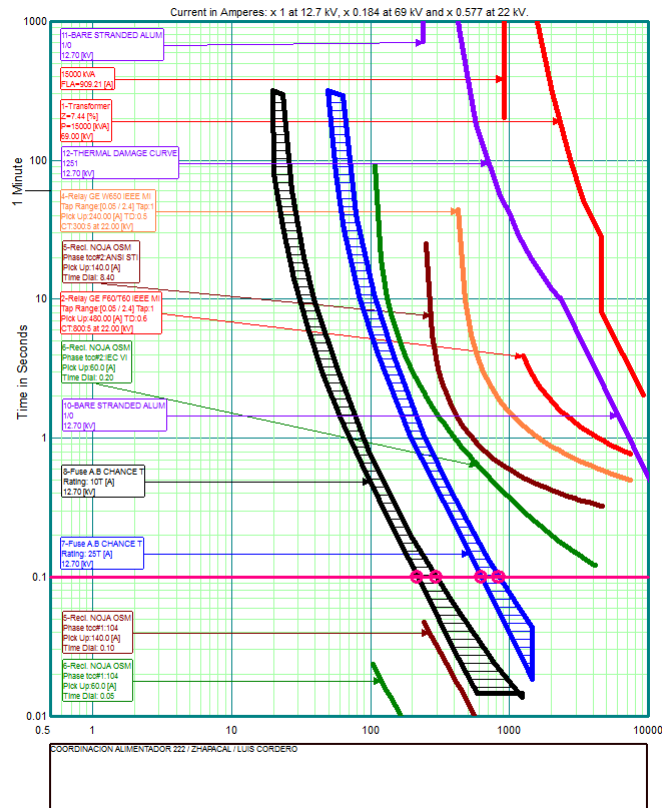


Figura 70. Coordinación por Inrush de 02_SFU_3453.

4.4 Recomendación de Equipos de Protección

Fusibles Tipo T: Los fusibles de acuerdo con sus curvas de tiempo retardado, se los utilizo para algunos de sus ramales siendo estos de 6T hasta 40T.

Seccionalizador: Se puede utilizar un seccionalizador AUTOLINK ABB trifásico ya que va aguas abajo del reconectador, se puede colocar un dispositivo de un mismo nivel del BIL de 150kV, con una corriente de apertura configurable de 6 y 125 A, con un modelo de AL34.

Tabla 44. Especificaciones de AutoLink.

<i>Especificaciones Técnicas</i>		
Modelo		AL34
Tensión Nominal	kV	27
Nivel de Aislación	kV BIL	150
Frecuencia	Hz	50 / 60
Corriente Nominal	A	200
Corriente de Actuación	A	6 -125
Numero de Conteos previo a la operación	No.	1-4
Corriente de Cortocircuito, 1s (eficaz)	kA	4
Corriente de Cortocircuito asimétrica (valor pico)	kA	10
Detección de Línea Muerta	mA	<200
Reseteo de Memoria en Condiciones Nominales	seg	30
Tiempo máximo de mantenimiento de memoria	min	3,5

La sustitución por un reconectador NOJA en el que se deshabilitaría todas sus curvas y trabajaría con la corriente de pick-up para realizar la función del seccionizador.

Tabla 45. Especificaciones del Reconectador NOJA.

<i>Especificaciones Técnicas</i>	
Tipo de OSM	OSM27-12-800
Modelo	310/312
Voltaje Máximo Nominal	27kV
Corriente Continua Nominal	800A
Capacidad de Falla RMS	12,5kA
Capacidad Máxima de Falla	32,5kA
Corriente Asimétrica de Ruptura	13kA
Operaciones a Plena Carga	30000
Corriente de Carga del Cable	25A
Corriente de la Carga de la Línea	5A
BIL	150kV

Para los ramales monofásicos se utilizará dos seccionadores de la marca ABB, los conteos serán uno menos que el reconectador.

Tabla 46. Seccionizador AutoLink Monofásico.

<i>Especificaciones Técnicas</i>		
Modelo		AutoLink-15
Tensión Nominal	kV	15
Nivel de Aislación	kV BIL	110
Corriente Nominal	A	200
Corriente de Actuación	A	6 -125
Numero de Conteos previo a la operación	No.	1-4
Corriente de Cortocircuito, 1s (eficaz)	kA	4
Corriente de Cortocircuito asimétrica (valor pico)	kA	10
Detección de Línea Muerta	mA	<200
Reseteo de Memoria	seg	30

4.4.1 Presupuesto

Los precios de los fusibles se los tomo de la página web de la SERCOP (Servicio Nacional de Contratación Pública) de los cuales las empresas distribuidoras realizaron sus compras, para los otros dispositivos se tomó de SILVATECH S.A.

Tabla 47. Presupuesto de los Dispositivos de Protección.

Dispositivos	Cant.	P. Unitario	P. Total
Fusible Tipo 40T	1	2,4	2,4
Fusible Tipo 30T	13	2,24	29,12
Fusible Tipo 25T	4	1,33	5,32
Fusible Tipo 20T	5	2,24	11,2
Fusible Tipo 15T	10	1,6	16
Fusible Tipo 10T	6	1,68	10,08
Fusible Tipo 8T	6	1,6	9,6
Fusible Tipo 6T	2	1,68	3,36
Reconector NOJA OSM27	1	19264	19264
AutoLink AL34	1	2000	2000
AutoLink-15	2	2000	4000
USD Total			\$ 25.351,08

4.4.2 Recomendación de Nuevas Tecnologías.

Intellirupter: Es un dispositivo capaz de reducir el esfuerzo mecánico en las bobinas del transformador de la subestación, se conecta lo más cerca de la cabecera o siendo un dispositivo principal en el troncal del alimentador.

Tabla 48. Especificaciones del Intellirupter.

Especificaciones Técnicas	
Modelo	Intellirupter PulseCloser
Tensión Nominal	27kV
Nivel de Aislación	150k BIL
Corriente Nominal	800A
Capacidad de Interrupción de Fallas	16kA

Fusesaver: Tiene dos tipos de configuraciones, O-CO (Open-Close Open) y OC (Open Close) ya que puede funcionar individualmente o con un fusible conectado en serie en una línea monofásica, para hacerlos funcionar para una red trifásica se debe coordinar tres Fusesaver cercanos y formar una “tribu” ya que tiene radios cifrados de corto alcance, así permiten un bloqueo trifásico.

Tabla 49. Especificaciones del Fusesaver.

<i>Especificaciones Técnicas</i>	
Modelo	Fusesaver
Módulos de Comunicación	Si(O-CO)/No(OC)
Corriente Nominal	100/200 A
Corriente de cortocircuito	4kA
Número de Operaciones Mecánicas	2000
Rango de Fusibles	5-100 A
Corriente de Cortocircuito (valor pico)	10 kA
Nivel de Aislación	125 kV BIL
Tensión Nominal	27 kV

Capítulo 5

5.1 Análisis de los Índices de Calidad del Servicio Técnico

Según el ARCONEL, el índice de calidad del servicio técnico de energía eléctrica se basa en analizar la continuidad de la entrega del servicio hacia los usuarios, durante un periodo continuo de 12 meses.

En base a la regulación No. ARCONEL 005/18 denominada “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”, cada empresa eléctrica encargada de distribuir el suministro eléctrico a todo el país evalúa su calidad mediante indicadores globales FMIK Y TTIK, los cuales no deben sobrepasar los límites establecidos en la regulación para evitar sanciones.

5.1.1 Tipo de Alimentador

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica anualmente tienen la responsabilidad de actualizar los valores del TA y de la clasificación de los alimentadores, por lo que la EEA C.A. facilito la información detallada a continuación.

Tabla 50. Parámetros de los Alimentadores 121 y 222.

<i>Alim</i>	<i>kVA Inst.</i>	<i>Longitud de la línea</i>				<i>Total [Km]</i>
		<i>Trifásico</i>		<i>Monofásico</i>		
		<i>Aéreo</i>	<i>Subterráneo</i>	<i>Aéreo</i>	<i>Subterráneo</i>	
121	13021,5	93,808771	0,643677	288,685886	0,061089	383,199
222	8312,5	24,905703	0,887725	53,088205	0,256333	79,138

Tabla 51. Clasificación de los Alimentadores.

<i>Criterio</i>	<i>Clasificación</i>
$TA < 50$	Baja densidad
$TA > 50$	Alta densidad

El valor de TA se obtiene a partir de la Ecuación (38) junto con los parámetros de los alimentadores detallados en la Tabla 50:

$$TA = \frac{kVA_{instj}}{km_f} \quad (38)$$

Para ello:

TA = Tipo de alimentador expresado en kVA/km

kVA_{instj} =Potencia nominal instalada total de los transformadores de distribución del alimentador “f” [kVA]

km_j =Sumatoria de la longitud de la línea monofásica, bifásica y trifásica del alimentador “f” [km].

Tabla 52. Tipo de los Alimentadores 121 y 222.

<i>Alimentador</i>	<i>TA</i>	<i>Tipo</i>
121	33,981001	Baja Densidad
222	105,03808	Alta Densidad

5.1.2 Interrupciones

Se considera como interrupciones al corte de servicio cuya duración sea superior a tres minutos, excluyendo:

- Fueron ocasionados por suspensiones generales del servicio
- Fueron ocasionados por eventos de fuerza mayor
- Fueron ocasionadas por el usuario sin afectar a otros usuarios.
- Las externas que calculadas individualmente den un TTIK mayor a 25.

Para las interrupciones que se presentan en los bornes de los transformadores de distribución y a lo largo de los alimentadores, se debe detallar lo siguiente:

1. Fecha, hora de inicio y finalización.
2. Duración, causa y origen.
3. Potencia nominal instalada y desconectada.
4. Número de usuarios afectados.
5. Equipos que la ocasionaron.

Tabla 53. Clasificación de las Interrupciones.

<i>Clasificación de Interrupciones</i>		
<i>Origen</i>	<i>Duración</i>	<i>Causa</i>
Internas (Responsabilidad de la empresa)	Breves ≤ 3 min	Programadas (Mantenimiento)
Externas (Responsabilidad de otros)	Largas >3 min	No programadas (Climáticas)

5.1.3 Indicadores Globales

Los índices definidos para el análisis de la calidad de servicio son el FMIK y el TTIK, se aplican a los alimentadores de MV y a la red total de distribución:

$$FMIK_i = \frac{kVA_i}{kVA_{Ti}} \quad (39)$$

$$FMIK = \sum FMIK_i \quad (40)$$

Donde:

kVA_i = Potencia nominal instalada fuera de servicio a causa de la interrupción.

kVA_{Ti} = Potencia nominal instalada en la red o alimentador al momento de la interrupción.

$$TTIK_i = \frac{kVA_j * t_i}{kVA_{Ti}} \quad (41)$$

$$TTIK = \sum TTIK_i \quad (42)$$

Donde:

t_i = Tiempo total que duro la interrupción expresado en horas.

Tabla 54. Límites para los Índices de Calidad Dados por el ARCONEL.

<i>Índice</i>	<i>Red</i>	<i>Alimentador</i>	
		<i>Baja Densidad</i>	<i>Alta Densidad</i>
FMIK	6,0	9,5	7,0
TTIK	8,0	16,0	10,0

5.1.3.1 FMIK y TTIK del Alimentador 121.

Al conocer la potencia total instalada, la potencia fuera de servicio al momento de una interrupción y los detalles de las mismas ocurridas desde el mes de agosto de 2018

hasta Julio del presente año en el alimentador 121 de la S/E 1 propiedad a la EEA C.A., y aplicando las ecuaciones (39) y (41) se ha obtenido los valores correspondientes al FMIK y TTIK para las interrupciones presentadas en dichos meses.

Tabla 55. FMIK y TTIK del Alimentador 121 en enero de 2019.

MES	Pot. Nom. Inst. del Alimentador (kVA)	Pot. Nom. Fuera de Servicio (kVA)	Tiempo Interrupción (Horas)	FMIK	TTIK
ENERO	12834	235	5,38333333	0,018311	0,098573
	12834	5	53	0,000390	0,020648
	12834	10	2,65	0,000779	0,002065
	12834	45	1,88333333	0,003506	0,006604
	12834	80	0,75	0,006233	0,004675
	12834	80	3,39888889	0,006233	0,021187
	12834	15	0,50388889	0,001169	0,000589
	12834	10	18,6538889	0,000779	0,014535
	12834	25	0,96777778	0,001948	0,001885
	12834	160	4,25	0,012467	0,052984
	12834	25	1,44888889	0,001948	0,002822
	12834	792,5	0,98666667	0,061750	0,060927
	12834	5	5,83333333	0,000390	0,002273
	12834	5	0,95583333	0,000390	0,000372
	12834	15	0,27222222	0,001169	0,000318
	12834	12834	0,16833333	1,000000	0,168333
	12834	570	1,8625	0,044413	0,082720
	12834	15	1,92277778	0,001169	0,002247
	12834	15	4,18833333	0,001169	0,004895

La ecuación (43) y (44), permite encontrar los valores de los índices de calidad total correspondiente a cada mes.

$$FMIK_{mes} = \frac{\sum FMIK_i * kVA_{Ti}}{kVA_{Ti}} \quad (43)$$

$$TTIK_{mes} = \frac{\sum TTIK_i * kVA_{Ti}}{kVA_{Ti}} \quad (44)$$

Tabla 56. FMIK Durante 12 Meses del Alimentador 121 y 222.

<i>Año</i>	<i>No.</i>	<i>Mes</i>	<i>121</i>	
			<i>FMIK</i>	<i>TTIK</i>
2018	1	Agosto	1,664900	1,677100
	2	Septiembre	0,208500	1,193400
	3	Octubre	1,742900	2,342600
	4	Noviembre	8,822220	5,326100
	5	Diciembre	1,049300	0,982700
	6	ENERO	1,164212	0,548652
	7	FEBRERO	0,122498	0,338987
	8	MARZO	0,100418	0,332736
2019	9	ABRIL	0,322862	1,532548
	10	MAYO	1,424529	1,819904
	11	JUNIO	0,642783	2,153593
	12	JULIO	0,551588	1,697914

Permitiendo así obtener el valor anual de los índices FMIK y TTIK, los cuales al compararlos con los límites establecidos por el ARCONEL representan un incremento considerable, viniendo a ser perjudicial para la empresa no solo por la sanción a implantarse por el ente regulador sino también debido a que es necesario asignar más recursos al momento de corregirlas.

Tabla 57. Valores de FMIK y TTIK Totales del Alimentador 121

<i>Índice</i>	<i>Alimentador 121 Baja Densidad</i>
FMIK	17,816710
TTIK	19,946234

La curva FMIK y TTIK de alimentador 121 muestra el comportamiento de este alimentador en un periodo de 12 meses, periodo que se ha visto caracterizado por la transferencia de carga hacia la subestación 2 en los meses de septiembre hasta de diciembre de 2018, describiendo un incremento considerable en los índices de calidad que marcan la amonestación para la empresa al sobrepasar los límites establecidos por el ARCONEL.

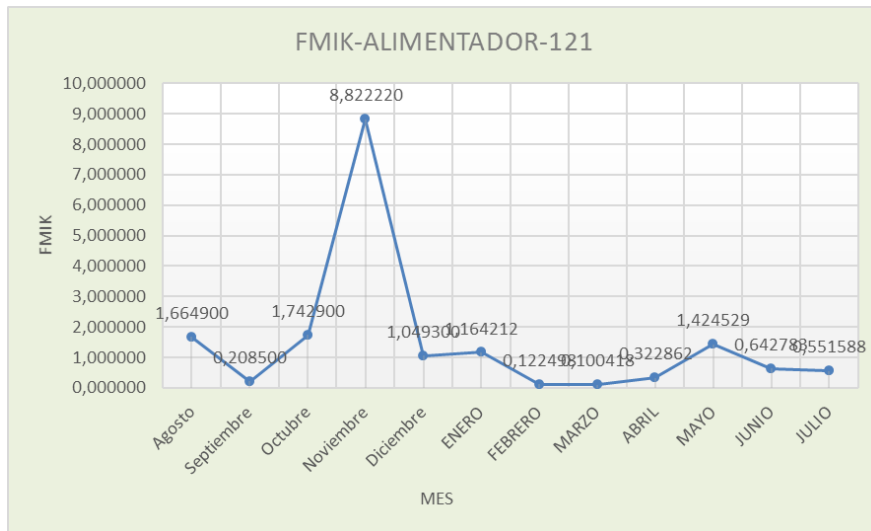


Figura 71. Curva FMIK del Alimentador 121.

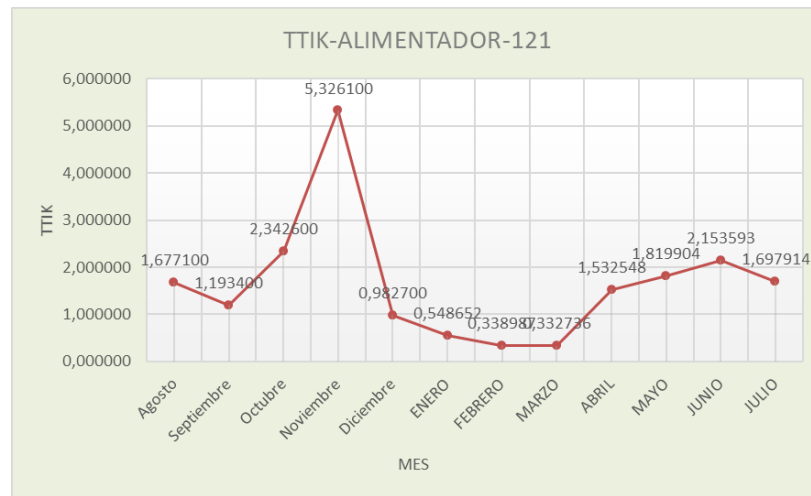


Figura 72. Curva TTIK del Alimentador 222.

5.1.3.2 FMIK y TTIK del Alimentador 222.

Los valores de los índices de calidad definidos como FMIK y TTIK en el alimentador 222 de la S/E 2 de la EEA C.A. mostrados en la Tabla 58, se obtuvieron de igual manera que en el alimentador 121 descrito, considerando que en este caso se tomó como ejemplo el mes de mayo de 2019.

Tabla 58. FMIK y TTIK del Alimentador 222.

<i>Mes</i>	<i>Pot. Nom. Inst. del Alimentador (kVA)</i>	<i>Pot. Nom. Fuera de Servicio (kVA)</i>	<i>Tiempo Interrupción (Horas)</i>	<i>FMIK</i>	<i>TTIK</i>
Mayo	8312,5	15	1,2647222	0,0018045	0,0022822
	8312,5	37,5	8,2063889	0,0045113	0,0370213
	8312,5	25	1,3755556	0,0030075	0,004137
	8312,5	37,5	1,5355556	0,0045113	0,0069273
	8312,5	90	1,4519444	0,0108271	0,0157203
	8312,5	25	2,1480556	0,0030075	0,0064603
	8312,5	37,5	0,3958333	0,0045113	0,0017857
	8312,5	25	0,9741667	0,0030075	0,0029298
	8312,5	10	2,0919444	0,001203	0,0025166

Tabla 59. FMIK y TTIK del Alimentador 222.

Año	No.	Mes	222	
			FMIK	TTIK
2018	1	Agosto	1,263627	0,488840
	2	Septiembre	0,051836	0,125730
	3	Octubre	2,313133	1,114928
	4	Noviembre	2,647268	5,240390
	5	Diciembre	0,057792	0,134681
	6	ENERO	0,167178	0,275531
	7	FEBRERO	0,163497	1,140942
	8	MARZO	1,579939	1,031439
2019	9	ABRIL	0,157143	0,963988
	10	MAYO	0,036391	0,079781
	11	JUNIO	0,181353	0,353120
	12	JULIO	0,264962	1,307038

En el alimentador 222 se constata que debido a la transferencia de carga realizada en el mes de enero hasta el mes de marzo se sobrepasan los límites de la regulación.

Tabla 60. Índices de Calidad para el Alimentador 222 de la EEA C.A.

<i>Índice de calidad</i>	<i>Alimentador 222</i>
	<i>Alta Densidad</i>
FMIK	8,884118
TTIK	12,156407

El alimentador 222 de la S/E 2 sufrió cambios en la calidad de su servicio a causa de la transferencia, en la curva FMIK y TTIK se observa cómo ha sido la variación de la calidad técnica del alimentador antes, durante y después de la transferencia.

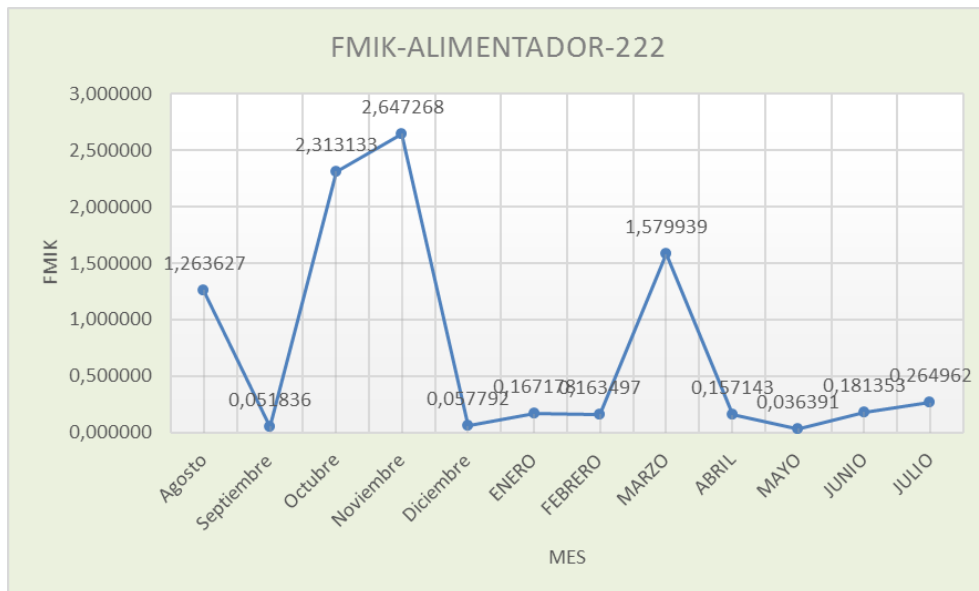


Figura 73. Curva FMIK del Alimentador 222.

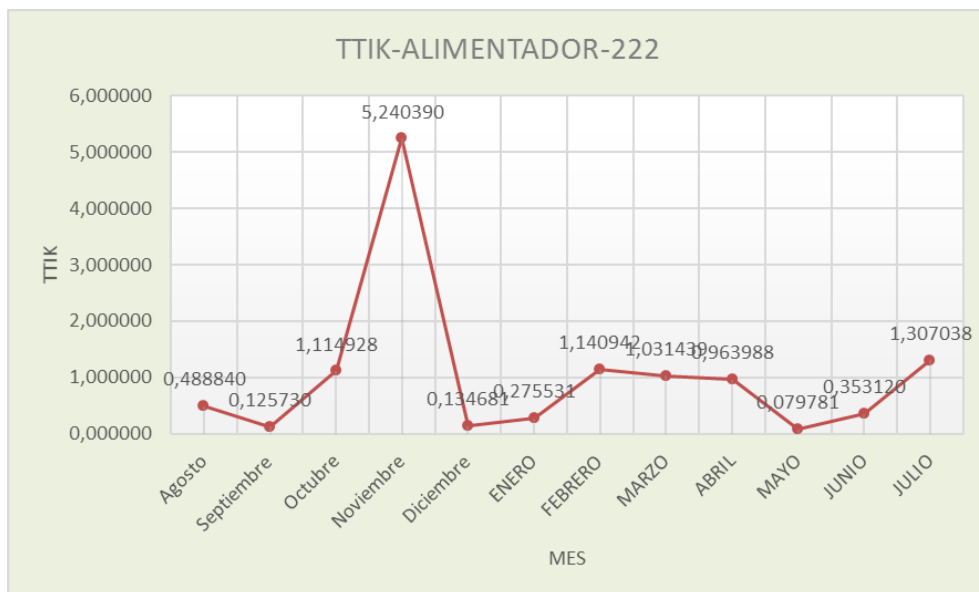


Figura 74. Curva TTIK del Alimentador 222.

La grafica de resumen de indicadores de calidad técnicos muestran los valores finales del FMIK y TTIK de los alimentadores anualmente que, al compararlos con el límite

definido por el ARCONEL, se considera que han sobrepasado dichos límites definiendo que algunos equipos de protección no han funcionado correctamente ocasionando grandes periodos de desconexión no solo en los tramos de la red sino también en la cabecera y en la troncal de los alimentadores.

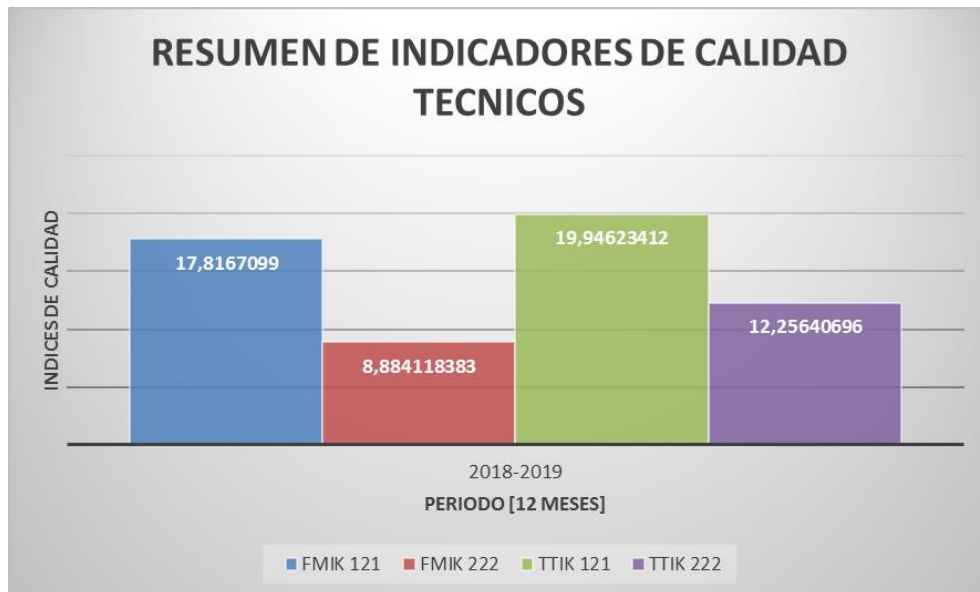


Figura 75. Curva de FMIK y TTIK del Alimentador 121 y 222.

Capítulo 6

6.1 Conclusiones y Recomendaciones

6.1.1 Conclusiones

Al haber realizado un análisis por parte de la EEA C.A. en las redes de los alimentadores 121 y 222 de la S/E 1 y S/E 2, respectivamente, se pudo constatar que en el transcurso del tiempo que lleva en funcionamiento han sufrido varias interrupciones en el servicio eléctrico ocasionando la desconexión de usuarios innecesarios, por lo que era indispensable realizar un estudio que permita proteger a los usuarios no involucrados en la falla, para ello es indispensable analizar la protecciones que actualmente están en la red con la finalidad de quitar aquellas que no cumplen con su funciones y colocar nuevas en lugares que sea necesario asegurando que únicamente se desconecten los usuarios comprometidos en la red en la cual se ha producido la falla.

Para la realización de este proyecto se tomó como herramienta principal el software ADMS, ya que en este sistema se encuentran la data real del comportamiento de las redes de los alimentadores de la EEA C.A., pudiendo así considerar únicamente los valores presentados en las horas picos o de mayor demanda para simular la falla estacionaria máxima en la red y tomar los valores de corriente de cortocircuito aguas abajo del equipo de protección, el uso de ARCGis permite identificar las cargas conectadas aguas abajo de los elementos de protección que se quedaban sin servicio al momento de ocurrir la falla.

Partiendo de la normativas establecidas por el ente regulador de energía eléctrica ARCONEL, y las políticas internas manejadas en la EEA C.A., se realizó el análisis de

balance de carga constatando que tanto en el alimentador 121 y 222, existe un desbalance superior al 15%, centrándose en la línea C, seguido de la línea A y finalmente de la línea B, mientras que para el alimentador 222 el mayor desbalance se concentra en la línea B, seguida de la línea A y finalmente con la línea C.

Además del desbalance de carga intervienen otros parámetros en los que se realiza una simulación de transferencia de carga entre los dos alimentadores en estudio, en los cuales se consiguió que la caída de voltaje en los elementos de protección cumpla con los límites establecidos, que es máximo del 5%.

Al momento de realizar la coordinación de los equipos de protección se realizó el análisis mediante el software CYMTCC, el cual permitió establecer los equipos de protección que se retirarían de la red, aquellos que serían reubicados por otro de mayor o menor soporte ante las corrientes de cortocircuito considerando los puntos más críticos de la red al momento de la falla, puesto que el principal método de protección para los ramales es la del SALVADO DE FUSIBLE, sin omitir las características propias que se conservan en la cabecera y las características propias de los equipos establecidos en las normas y por los fabricantes permitidos en la EEA C.A.

Al momento de coordinar los fusibles entre ellos o con otros equipos, se consideró los criterios establecidos entre las curvas donde se estima un margen de tiempo de 200 ms hasta 400 ms, según sea el caso de configuración de coordinación, pero al no cumplirse estos tiempos se optó por aplicar el método de la corriente de Inrush, el cual se basa en compactar las cargas conectadas al fusible analizado y reemplazarlo por otro que soporte

dicha corriente también llamada corriente de magnetización de los transformadores al momento de energizarlos.

De acuerdo a este análisis se reconfiguro la topología identificando los ramales en los que es necesario mayor protección, y en los que no era necesario colocar equipo de protección debido a no estar ubicados correctamente referente a la longitud del alimentador o al no tener cargas representativas, y que por ende dificultaban la coordinación con fusibles aguas arriba o aguas abajo a los cuales se encontraban conectadas cargas mayores o existía una distancia extensa entre ellos.

Al obtener las características de los fusibles a conectar en la red, se obtuvo un valor estimado de USD 25351,08 que representa la inversión que requeriría hacer la EEA C.A. para colocar los equipos de protección mencionados en este proyecto, para ello fue necesario ingresar a la página de la SERCOP, cuya entidad se basa en el contenido de los costos de los fusibles de las compras realizadas por las empresas eléctricas del país.

En base a la regulación establecida por el ARCONEL, referente a la calidad de servicio se identificó que es medida con los indicadores globales FMIK y TTIK, los cuales permiten evaluar el tiempo y la frecuencia de las interrupciones presentadas en el servicio eléctrico durante un año, al hacer referencia a la EEA C.A. se observa que los índices de calidad no cumplen con los límites establecidos, por lo que, se deduce que la calidad de servicio en los alimentadores 121 y 222 afecta considerablemente a los usuarios.

6.1.2 Recomendaciones

Para futuros análisis con los datos tomados desde el ADMS, es preferible tomar más de una muestra que permitan identificar cual es el margen de error entre ellos, y así realizar el análisis con los datos más precisos posibles y que se relacionen directamente con los valores en tiempo real en horas pico y a mayor demanda.

Para conseguir un sistema balanceado se requiere hacer un análisis con todas las cargas conectadas en los diferentes alimentadores de la EEA C.A., con la finalidad de identificar cuáles son los alimentadores y las líneas a las cuales se puede transferir las cargas excedentes de las otras líneas.

También se recomienda la reubicación y eliminación de algunos equipos de protección, como son los fusibles puesto que no se pudieron coordinar porque tiene corrientes muy cercanas, y además se recomienda la colocación de seccionalizadores y fusible seccionador cuchilla en los ramales trifásicos y monofásico dirigidos hacia sectores del Oriente debido a que estos son muy largos.

Debido a las características de las redes como la longitud del alimentador, es recomendable colocar nuevas tecnologías como el FUSEAVER e INTELLIRUPTER.

Se recomienda colocar un intellirupter en el alimentador 124 de la S/E Azogues 1, debido a que este equipo también es implementado en redes subterráneas, y en nuestro caso adicionalmente es porque el alimentador 121 mantiene un sistema de interconexión con dicho alimentador a pesar de que en mayor proporción cuenta con red aérea.

De igual manera se recomienda colocar un fusesaver monofásico en el sector de Llavircay, específicamente en conjunto con el fusible 02_SFU_4207, aguas debajo de este se producen constantes fallas de más de 6 horas, considerando que es un lugar lejano respecto a la S/E Azogues 1, siendo el Fusesaver un punto de referencia para identificar futuras fallas en ese sector. En el sector Loma Turupamba debido a las fallas producidas en el fusible trifásico 02_SFU_5401 cuyo tiempo de duración sobrepasaba las 5 horas, en este caso se debe de colocar tres Fusesaver en forma de “tribu” para que realice el bloqueo trifásico.

Realizar inversiones para identificar el impacto de la calidad de servicio y así aplicar metodologías que permitan mejorarla ya sea mediante la correcta ejecución de los sistemas de mantenimiento u otros.

Se recomienda usar el reconectador NOJA como reemplazo del seccionalizador en caso de existir una falla en el reconectador 02_REC_T_R-ORIE, pues en el reconectador sustituto se habilitarán sus curvas dando un respaldo al 02_REC_T_R-ORIE.

Para mejorar la calidad del servicio se debe activar una curva rápida IEC VI (Muy Inversa), donde el salvado de fusible que haga el reconectador sustituto permitirá que solo sean afectados los consumidores o usuarios aguas abajo, además al tener un reconectador en lugar de un seccionalizador se tiene la facilidad de la entrega de datos de voltaje y corriente que ayudarán a los flujos de carga corrigiendo los datos medidos del ADMS.

Lista de Referencias

- [1] N. K. Choudhary, S. R. Mohanty, and R. K. Singh, "Protection coordination of over current relays in distribution system with DG and superconducting fault current limiter," 2014 18th Natl. Power Syst. Conf. NPSC 2014, pp. 1–5, 2015.
- [2] Q. Jia, X. Dong, and S. Mirsaeidi, "A traveling-wave-based line protection strategy against single-line-to-ground faults in active distribution networks," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 107, no. July 2018, pp. 403–411, 2019.
- [3] J. Ma, X. Wang, Y. Zhang, Q. Yang, and A. G. Phadke, "A novel adaptive current protection scheme for distribution systems with distributed generation," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 43, no. 1, pp. 1460–1466, 2012.
- [4] J. Dolores and J. Cervantes, *Sistemas de distribución de energía eléctrica / José Dolores Juárez Cervantes*. 1995.
- [5] I. Byron Orlando Palate Moyolema and I. Fabian Ernesto Perez Yauli, "AJUSTE DE RELES DIFERENCIALES DE LINEA Y COORDINACION DE RELES DIRECCIONALES DE SOBRECORRIENTE EN EL SISTEMA DE SUBTRANSMISION DE LA EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.," *Escuela Politecnica Nacional*.
- [6] M. Q. J. Luis, "ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR 'VICHE' DE LA SUBESTACIÓN PROPICIA DE LA CNEL EP ESMERALDAS UTILIZANDO EL PROGRAMA CYMDIST MEDIANTE ESTUDIOS DE FLUJOS DE CARGAS A NIVEL DE 13,8 kV," 2016.

- [7] C. Xavier and P. Carpio, “Estudio eléctrico para transferencias automáticas en alimentadores primarios de medio voltaje de CNEL EP Unidad de Negocio El Oro, estudio de caso al alimentador más crítico ante falla,” 2018.
- [8] ARCONEL, “Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf.” 19 de diciembre de 2018, p. 38, 2018.
- [9] E. Storage, IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces Sponsored by the IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associate. 2018.
- [10] P. Parra, D. Cárdenas, N. Vega, E. Valencia, E. Solano, and B. Park, “Feeder Configuration and Coordination of Protections for an Electric Substation,” pp. 1–6, 2018.
- [11] S. R. Walker and D. A. Frank, “Screening approaches to generating STAT inhibitors,” *Jak-Stat*, vol. 1, no. 4. pp. 292–299, 2012.
- [12] D. Simek, “The Thermal Model and Temperature Rise Test of Disconnectors,” 2016 17th Int. Conf. Mechatronics - Mechatronika, no. 15, pp. 1–5, 2016.
- [13] J. Trashorras Montecelos and J. Trashorras Montecelos, *Subestaciones eléctricas, Primera*. Madrid: Paraninfo, 2015.
- [14] ELECTRICAPLICADA, “Tipos principales de interruptores, disyuntores o breakers en media tension.” [Online]. Available: <https://www.electricaplicada.com/principales-interruptores-disyuntores-breakers->

en-media-

tension/?fbclid=IwAR10R0ygaygld2cGY660z1t9NQVnvX5ATFrv0JQokAwuDet
y0LIBRjBJ5IM. [Accessed: 22-Mar-2019].

- [15] Leonard L. Grigsby, *Electric Power Generation, Transmission, and Distribution, Third Edition, THIRD EDIT.* 2012.
- [16] E. Colmenares, “Simplicity in relay protection system design; Is it still a valid element?,” 71st Annu. Conf. Prot. Relay Eng. CPRE 2018, vol. 2018-Janua, pp. 1–5, 2018.
- [17] E. S. Arce Lazo, “Estudio de Coordinación de Protecciones en Alta y Media Tensión en la Subestación ‘Machala’ Propiedad de la Corporación Nacional de Electricidad S.A. - Regional El Oro,” 2010.
- [18] P. A. Bangar and A. A. Kalage, “Optimum coordination of overcurrent and distance relays using JAYA optimization algorithm,” 2017 Int. Conf. Nascent Technol. Eng. ICNTE 2017 - Proc., pp. 1–5, 2017.
- [19] M. J. L. BUSTOS, C. D. P. LLERENA, and V. H. S. SALAZAR, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE, PARA ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN,” 2015.
- [20] S. L. Mastrafo, “Equipos de Corte, Protección y Seccionamiento.” [Online]. Available: <http://www.mastrafo.es/portfolio/equipos-de-corte-proteccion-y-seccionamiento-mejora-calidad-de-suministro-red-media-tension/>. [Accessed: 22-Mar-2019].

- [21] H. Bentarzi and A. Ouadi, "A New Framework of Smart Auto-Recloser," 2018 IEEE 12th Int. Conf. Compat. Power Electron. Power Eng. (CPE-POWERENG 2018), pp. 1–5, 2018.
- [22] H. M. Hammad and M. M. Aly, "Use of Resistive Superconducting Fault Current Limiter for Fuse – recloser Coordination in Radial Distribution Networks Connected with Distributed Generation," 2018 Twent. Int. Middle East Power Syst. Conf., pp. 729–734, 2018.
- [23] G. B. Costa, A. C. Marchesan, A. P. Morais, G. Cardoso, and M. Gallas, "Curve fitting analysis of time-current characteristic of expulsion fuse links," Conf. Proc. - 2017 17th IEEE Int. Conf. Environ. Electr. Eng. 2017 1st IEEE Ind. Commer. Power Syst. Eur. IEEEIC / I CPS Eur. 2017, pp. 1–6, 2017.
- [24] Siemens, "Fusesaver y unidad de control remoto 3AD8 de Siemens," p. 42, 2015.
- [25] S. Lcb, "Presentación Fusesaver GRUPO SUMMAA ENERGIA - Marzo del 2017 FUSESASVER – Máxima disponibilidad y ahorro de gastos en su red de distribución de media tensión," 2017.
- [26] Siemens, "Fusesaver™ de Siemens," 2017.
- [27] S. E. COMPANY, "Interruptor de Fallas IntelliRupter® PulseCloser de S&C," p. 28, 2015.
- [28] S. E. Company, "IntelliRupter® PulseCloser." [Online]. Available: <https://www.electricnet.com/doc/intellirupter-pulsecloser-0001>. [Accessed: 25-Mar-2019].

- [29] S&C Electric Company, “Folleto Descriptivo 766-800S Interruptor de fallas Intellirupter PulseCloser TM Distribución Aérea,” 2015.
- [30] S. E. Company, “Boletín de Información 766-452S Interruptor de Fallas IntelliRupter ® PulseCloser ® de S & C,” pp. 1–7, 2016.
- [31] C. S. J. Luis and E. B. J. Gerardo, “ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA EN EL ALIMENTADOR 1 DE LA SUBESTACIÓN SAN CRISTÓBAL EN EL ÁREA DE CONCESIÓN ELECGALAPAGOS S.A PARA DETERMINAR PÉRDIDAS TÉCNICAS EN LAS CONEXIONES ACTUALES,” 2017.
- [32] M. D. Faraby and O. Penangsang, “A Study of Harmonic Spreading Against Distribution Network Reconfiguration in Passive Radial Distribution Systems,” Proc. - 2018 4th Int. Conf. Sci. Technol. ICST 2018, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [33] C. A. L. Sandra X. Carvajal, Jesús M. Lopez, “Reconfiguración de sistemas de distribución de energía eléctrica usando un algoritmo de optimización basado en colonia de hormigas,” Tecnura- Tecnol. y Cult. Afirmando el Conoc., vol. 12, pp. 14–22, 2009.
- [34] S. P. Singh, G. S. Raju, G. K. Rao, and M. Afsari, “A heuristic method for feeder reconfiguration and service restoration in distribution networks,” Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 31, no. 7–8, pp. 309–314, 2009.
- [35] I. V. V. M. T. Ing. Carlos Emilio Landázuri Paredes, “Diseño e implementación de un sistema piloto para la automatización de alimentadores de la red de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.,” Universidad de Cuenca, 2015.

- [36] C. A. E. ENRÍQUEZ and H. A. R. AUCANCELA, “PROPUESTA DE UN MODELO DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN A 22 KV PARA LA ÓPTIMA COLOCACIÓN DE PROTECCIONES INTELIGENTES EN EL ALIMENTADOR PRINCIPAL,” Politécnica Salesiana- Sede Cuenca, 2018.
- [37] J. G. Santillán, “Capítulo V Coordinación De Protecciones,” 2010.
- [38] M. Rodríguez, “Análisis de Sistemas de Potencia.” DR. EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE ZULIA, p. 340, 1992.
- [39] J. A. Yebra Morón, “Sistemas Eléctricos de Distribución,” in *Sistemas Eléctricos de Distribución*, Primera Ed., Barcelona: EDITORIAL REVERTÉ, S.A., 2009, pp. 120–122.
- [40] G. and E. J. H. Juan M, *Protection of Electricity Distribution Networks*, 2nd ed. The Institution of Engineering and Technology, 2004.
- [41] P. S. D. McGraw-Edison Company, *Distribution System Protection Manual*. Canonsburg, Pa. : The Division, 1971.
- [42] J. M. Gers, *Distribution System Analysis and Automation*, Series 68. 2013.
- [43] F. G. K. Guarda, S. Member, G. C. Junior, C. D. L. Silva, and A. P. De Moraes, “Fault Current Limiter Placement to Reduce Recloser – Fuse Miscoordination in Electric Distribution Systems with Distributed Generation using Multiobjective Particle Swarm Optimization,” vol. 16, no. 7, pp. 1914–1920, 2018.
- [44] A. Supannon and P. Jirapong, “Recloser-Fuse Coordination Tool for Distributed Generation Installed Capacity Enhancement,” 2015 IEEE Innov. Smart Grid

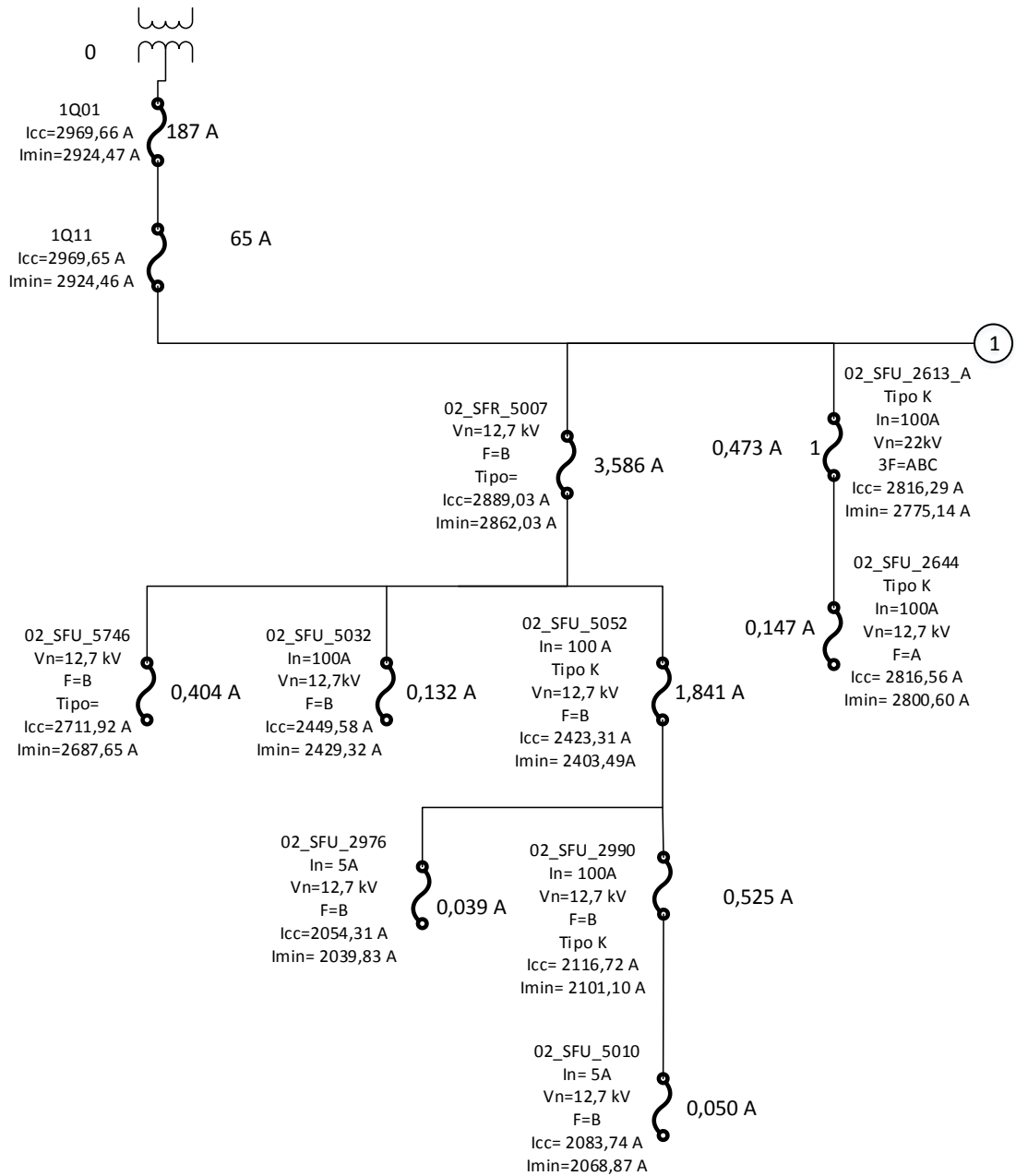
- Technol. - Asia (ISGT ASIA), pp. 1–6, 2015.
- [45] P. Anderson, N/a, and P. Anderson, “Fault Protection of Radial Lines,” in *Power System Protection*, vol. 13, 1999, pp. 447–453.
- [46] IEEE Power and Energy Society, “IEEE Standard for Inverse- Time Characteristics Equations for Overcurrent Relays IEEE Standard for Inverse- Time Characteristics Equations for Overcurrent Relays,” 2018.
- [47] K. Wheeler, M. Elsamahy, and S. Faried, “Use of superconducting fault current limiters for mitigation of distributed generation influences in radial distribution network fuse – recloser protection systems,” pp. 1605–1612, 2017.
- [48] K. A. Wheeler and S. O. Faried, “Assessment of Distributed Generation Influences on Fuse-Recloser Protection Systems in Radial Distribution Networks,” 2016 IEEE/PES Transm. Distrib. Conf. Expo., pp. 1–5.
- [49] G. Valderrama, “Protección y coordinación de sistemas eléctricos de distribución,” vol. 3527, p. 92, 2011.
- [50] I. Press et al., *POWER SYSTEM PROTECTION*, II Series. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 1999.
- [51] “GEOPORTAL EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES.” [Online]. Available: <http://geoportal.eea.gob.ec/GeoportalEEA/Default.aspx>. [Accessed: 23-May-2019].
- [52] E. Á. Jessica Ortega, “Autores.” .
- [53] E. E. A. C.A., “Empresa Electrica Azogues C.A.” .
- [54] Telvent, “Telvent Infrastructure —OASyS Product Family Overview. Exceeding

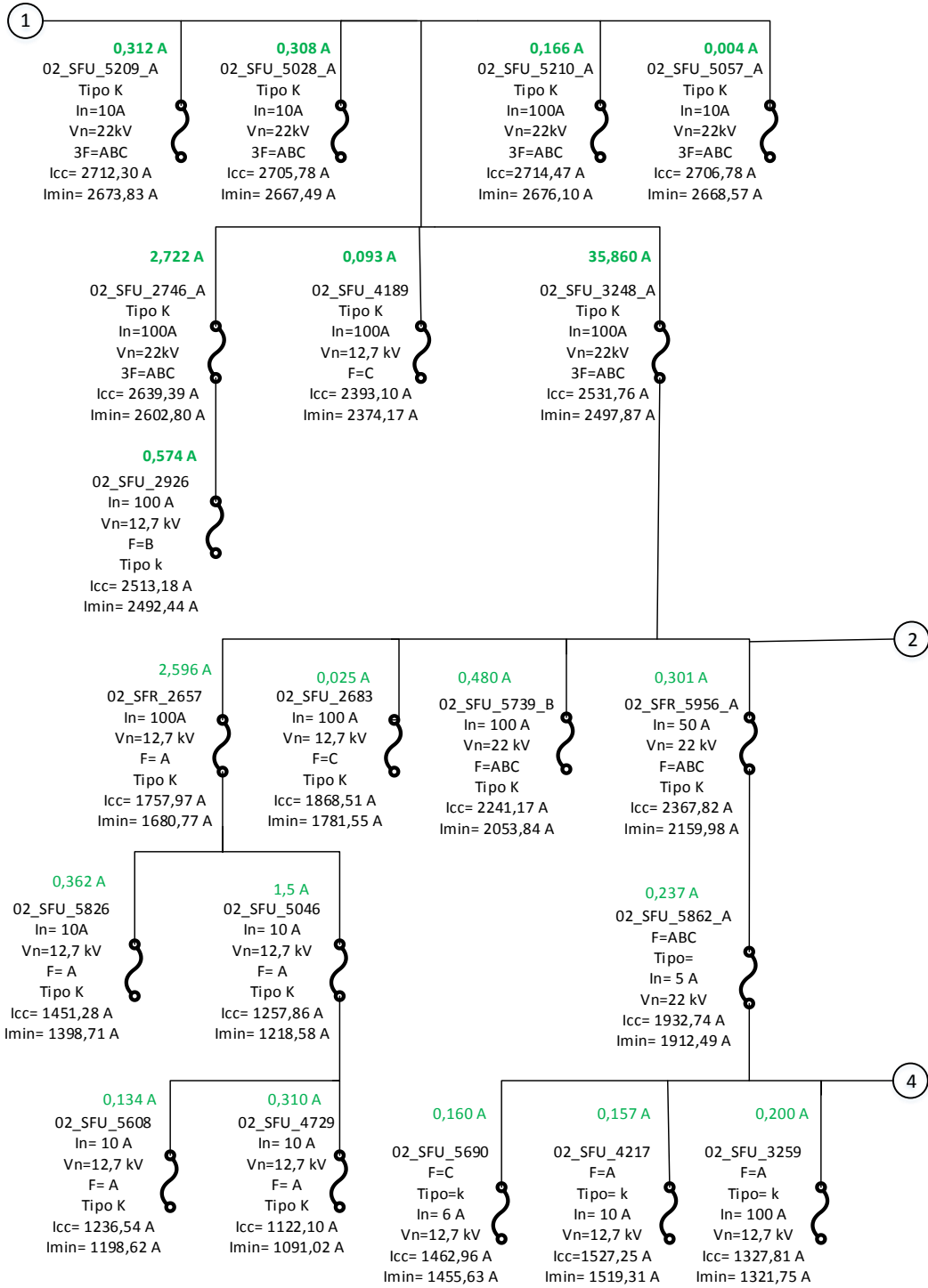
All of Your SCADA Needs.” pp. 1–3.

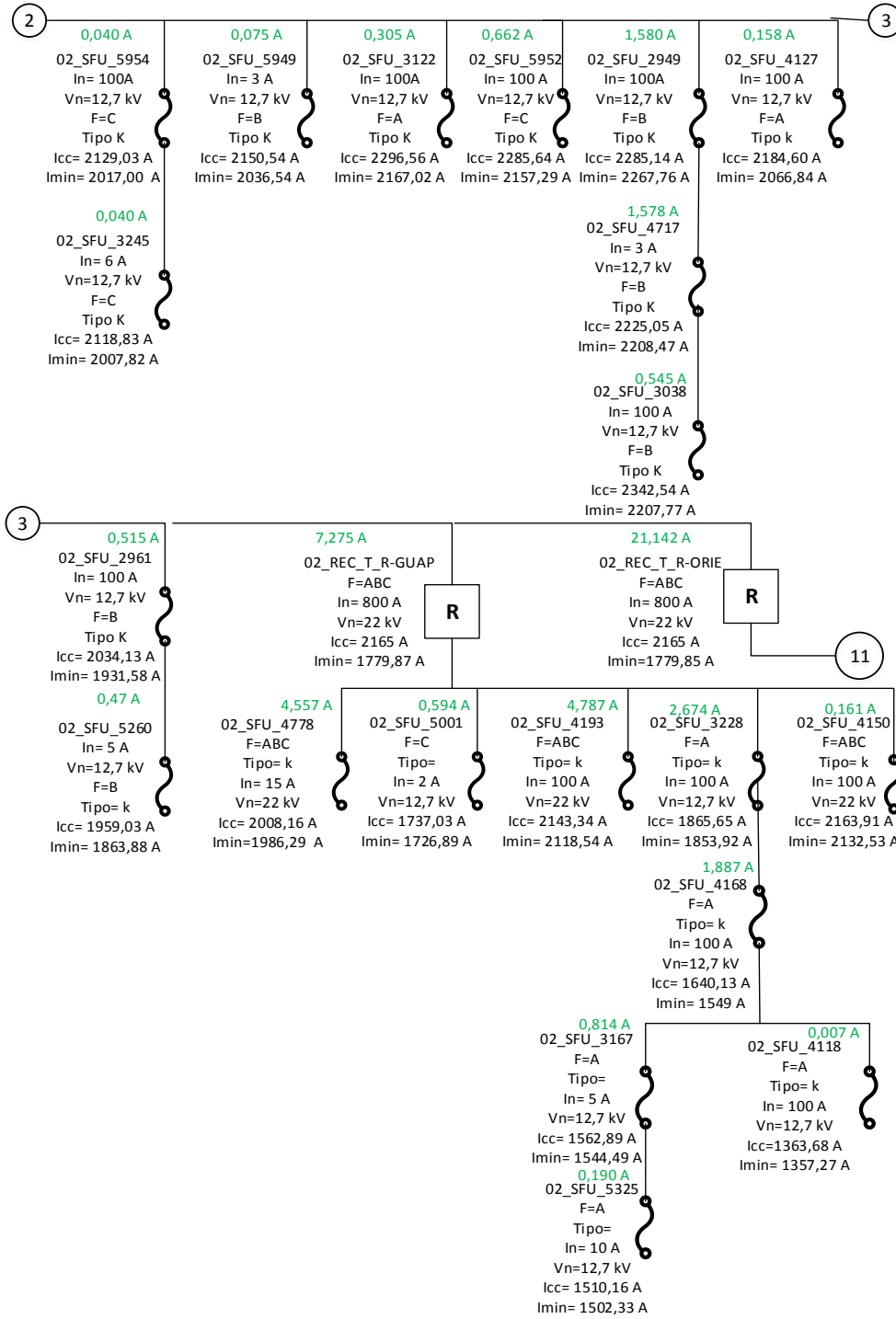
- [55] S. Electric, “SCADA (Pipeline Edition) Powered by OASyS SCADA (Pipeline Edition),” pp. 1–3.
- [56] “Advanced Distribution Management System is the Schneider Electric response to these growing trends. | SA MANUFACTURING ONLINE - SOUTH AFRICAN MANUFACTURING.” [Online]. Available: <https://www.samanufacturing.co.za/advanced-distribution-management-system-is-the-schneider-electric-response-to-these-growing-trends/>. [Accessed: 20-Apr-2019].
- [57] A. C. F. Aviles, “EL PROTOCOLO IEC 61850 EN LA AUTOMATIZACION DE SUBESTACIONES,” Universidad de Cuenca, 2015.
- [58] C. I. T&D, “Análisis de sistemas de distribución e industriales,” p. 2, 2005.
- [59] C. international T. I. Manual de referencia, “CYMTCC para Windows,” vol. 4.5, p. 283, 2006.
- [60] I. Std, I. Industry, A. Society, and I. S. Board, IEEE 242 Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power, vol. 2001. 2001.
- [61] E. Engineers and E. Engineers, “American National Standard for Transformers — Underground-Type Three-Phase Distribution Transformers , 2500 kVA and Smaller ; High Voltage , 34 500 GrdY / 19 920 Volts and Below ; Low Voltage , 480 Volts and Below — Requirements American National Standard,” pp. 1–18, 2003.

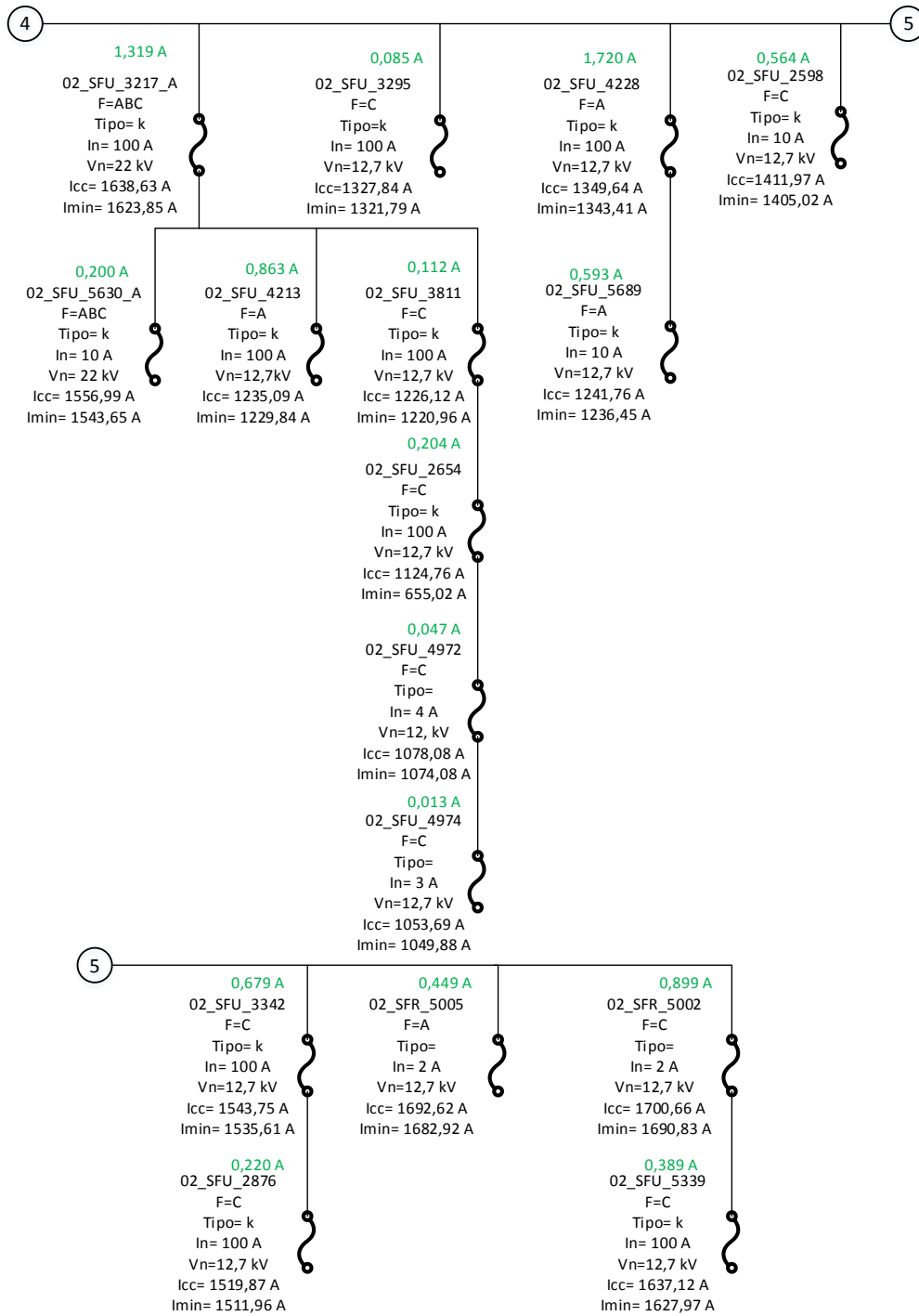
Apéndice

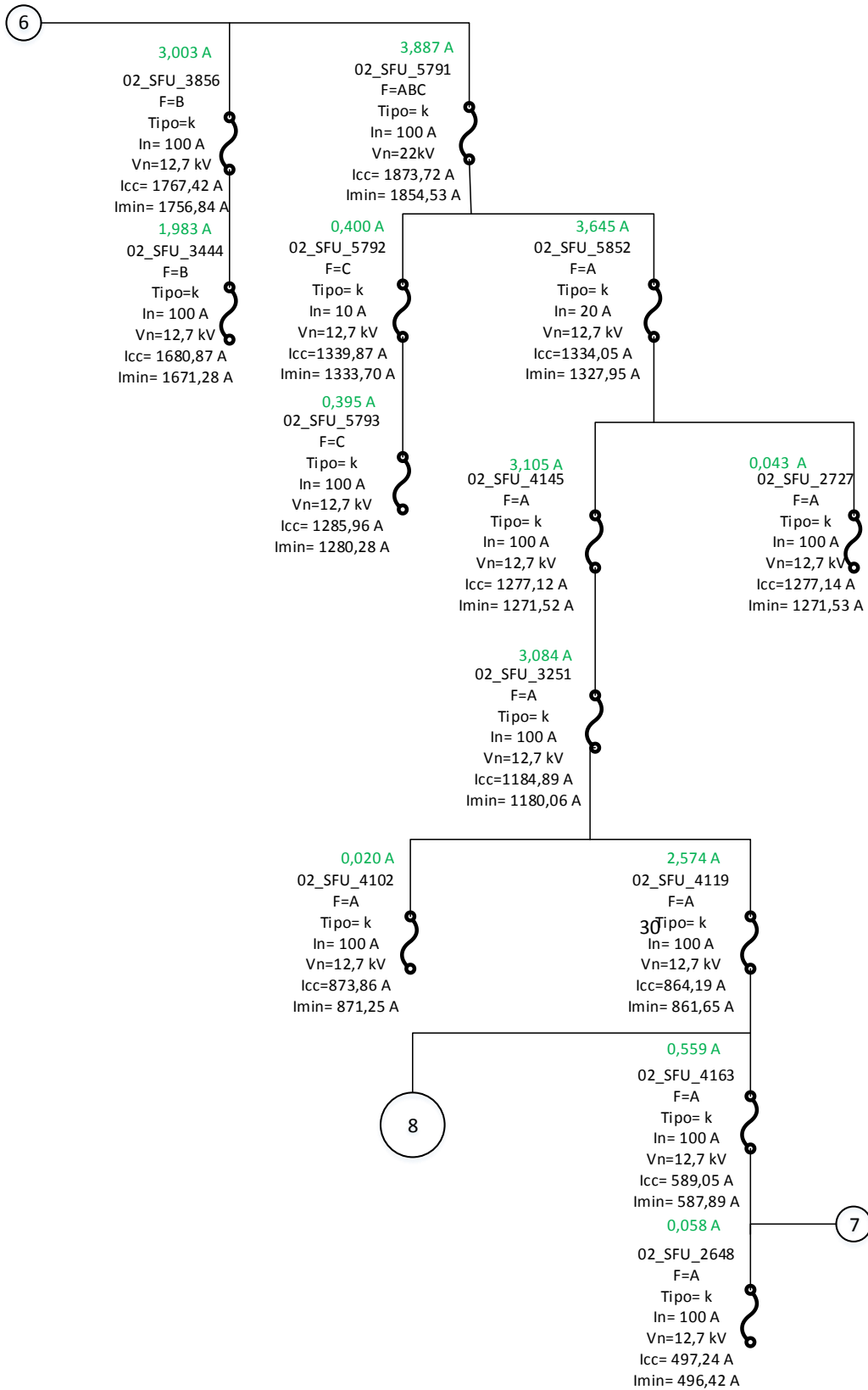
ANEXO 1

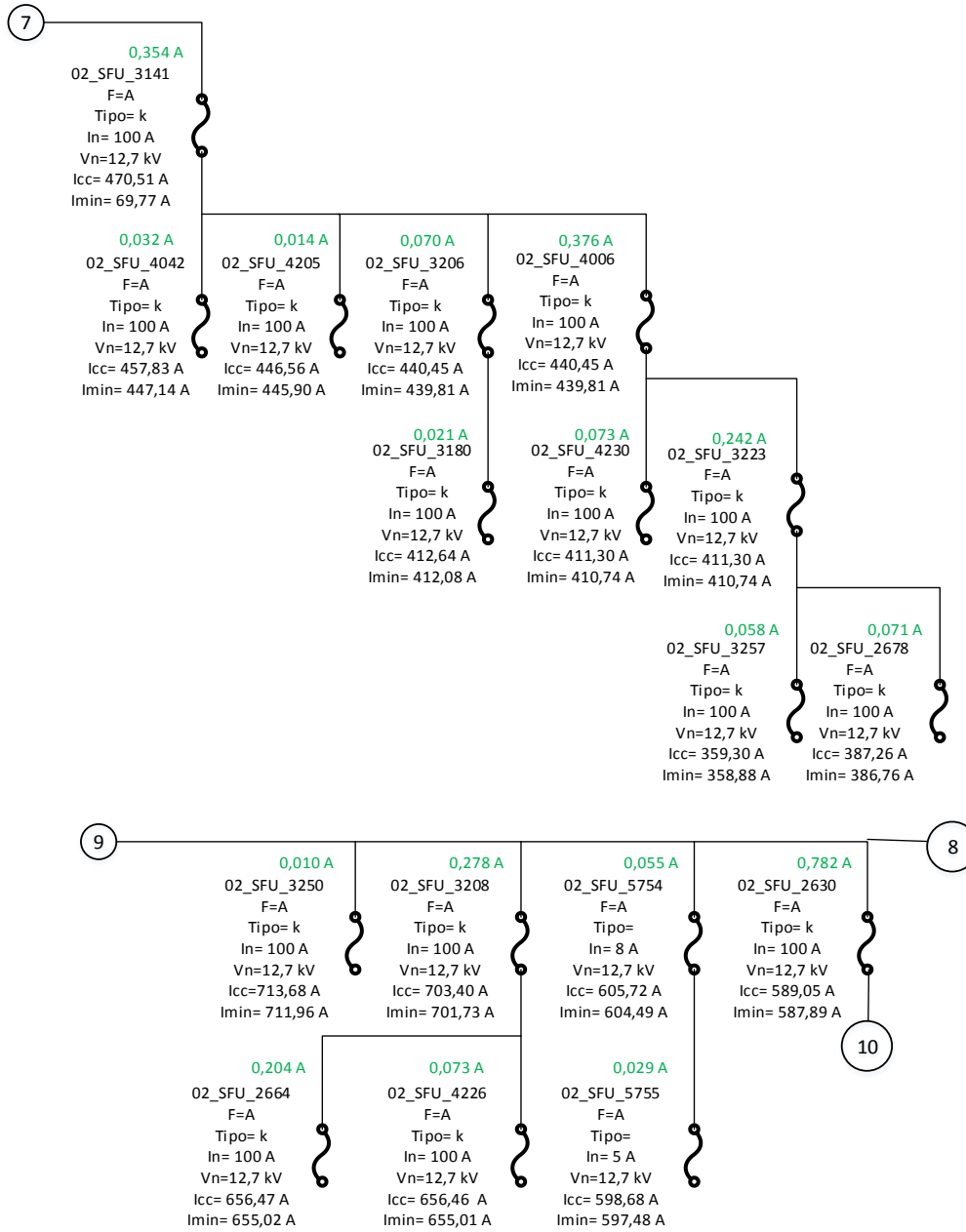


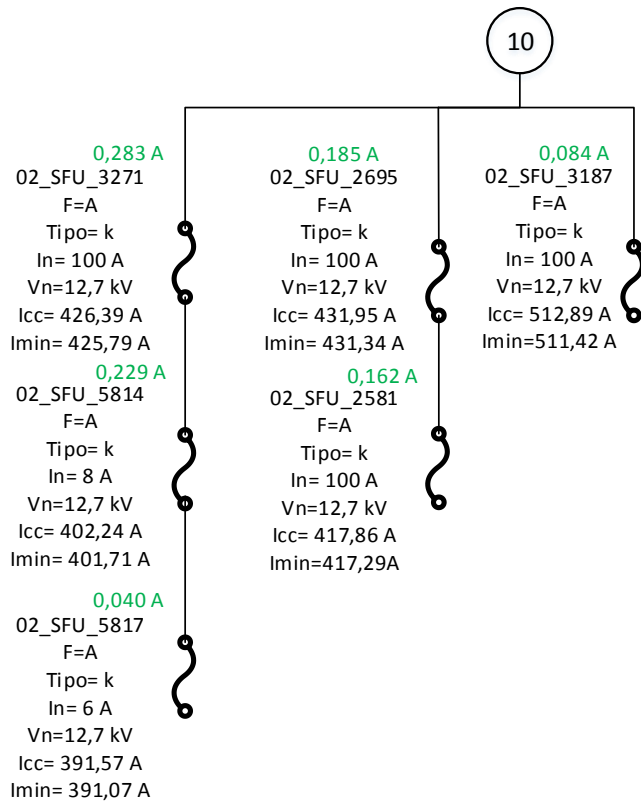
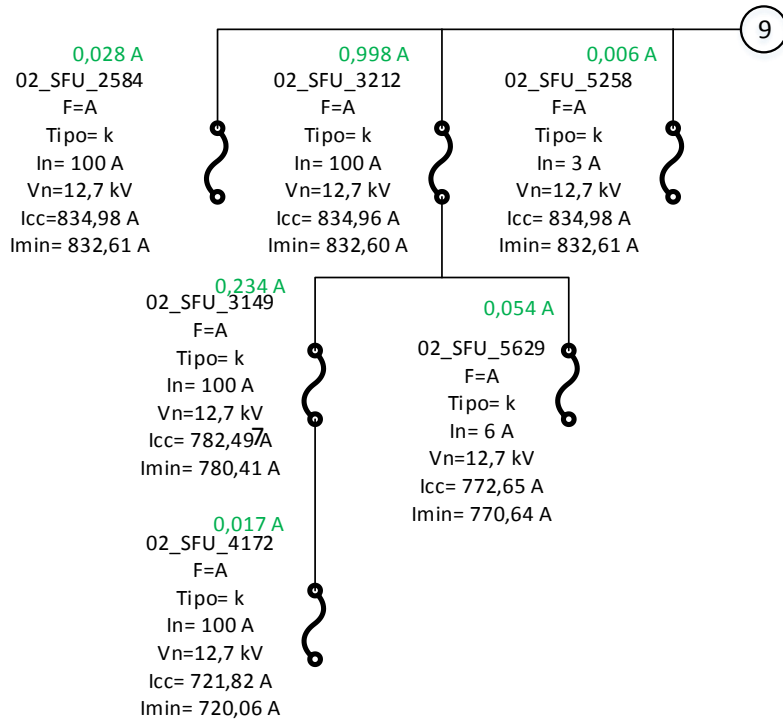


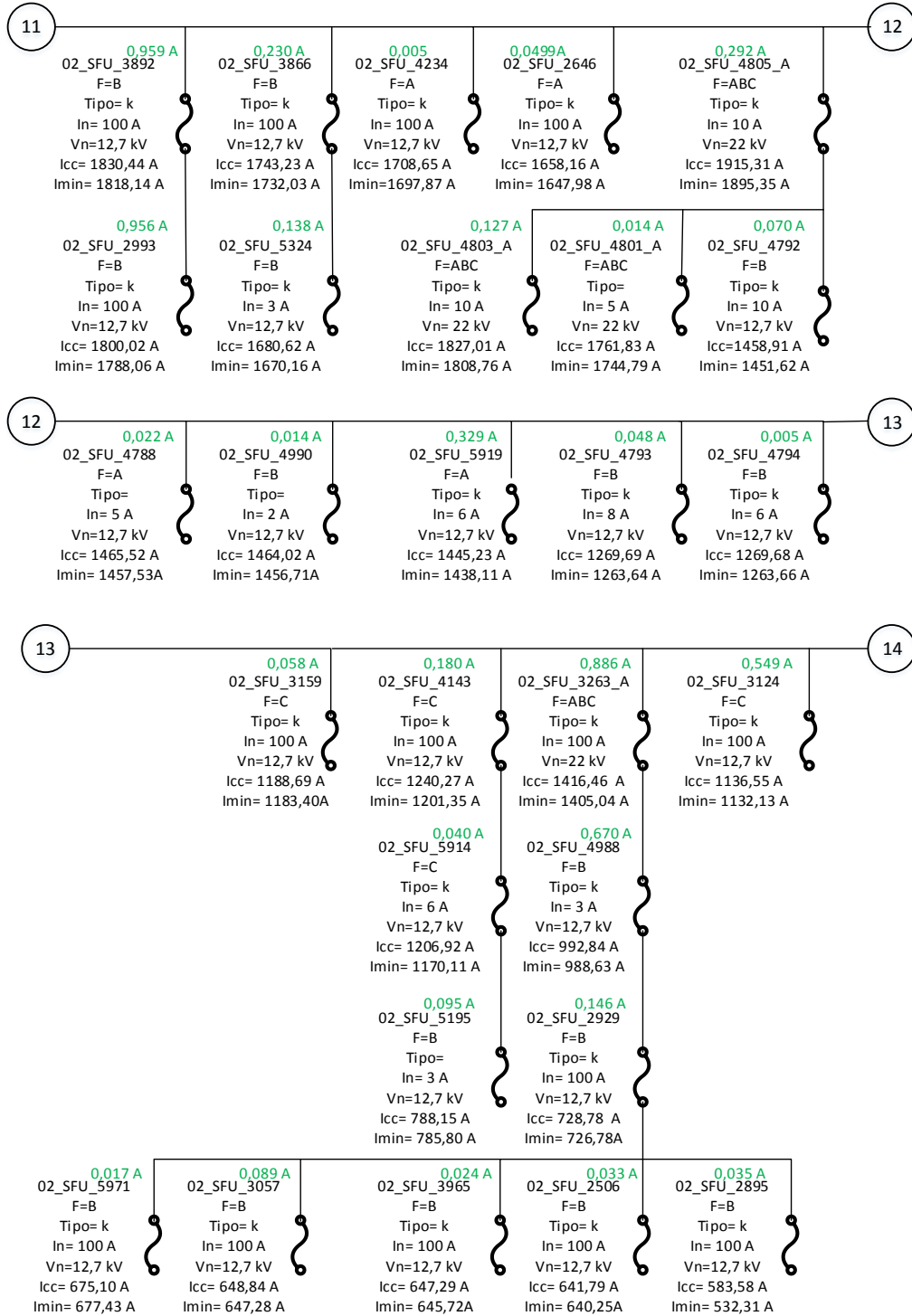


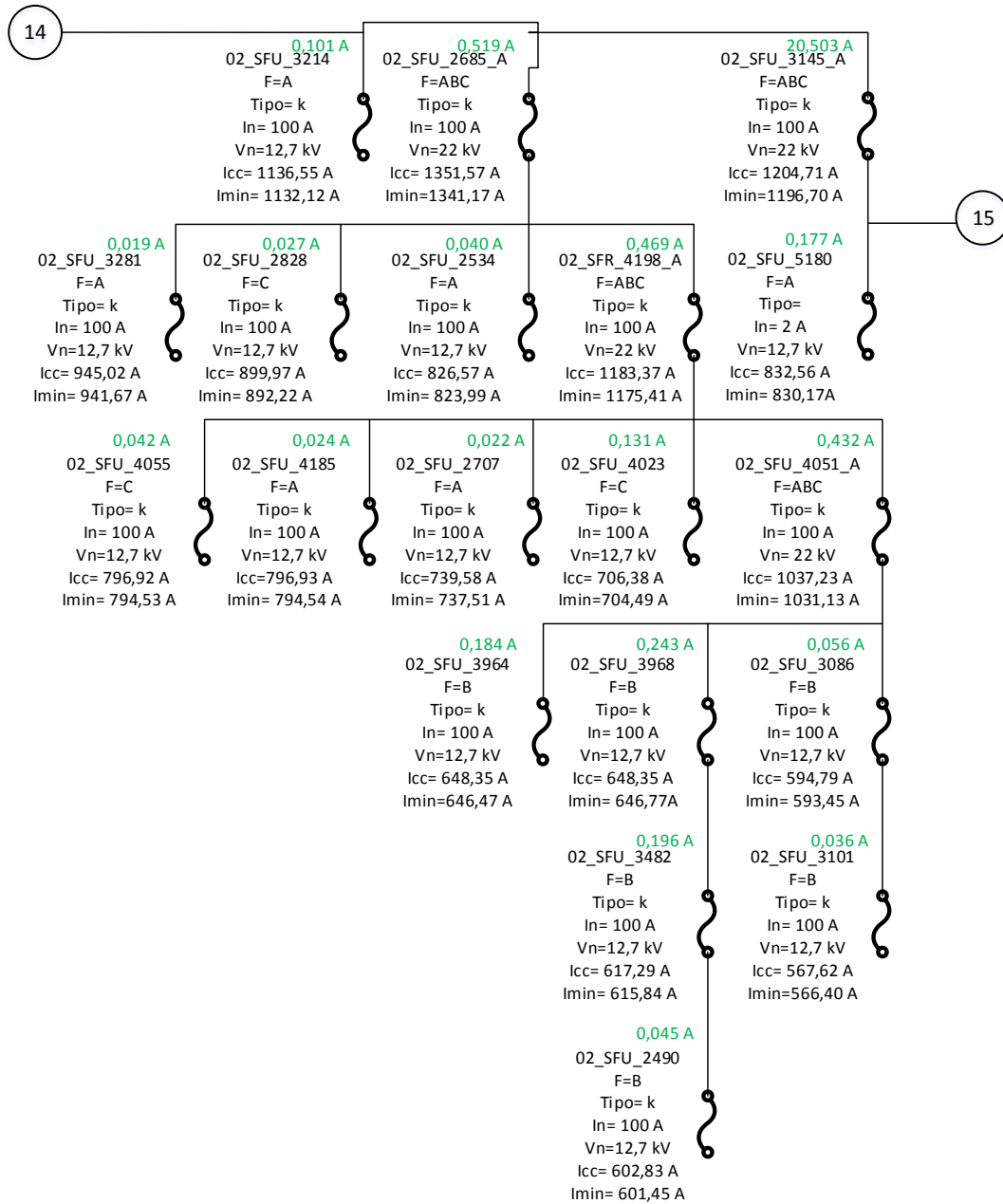


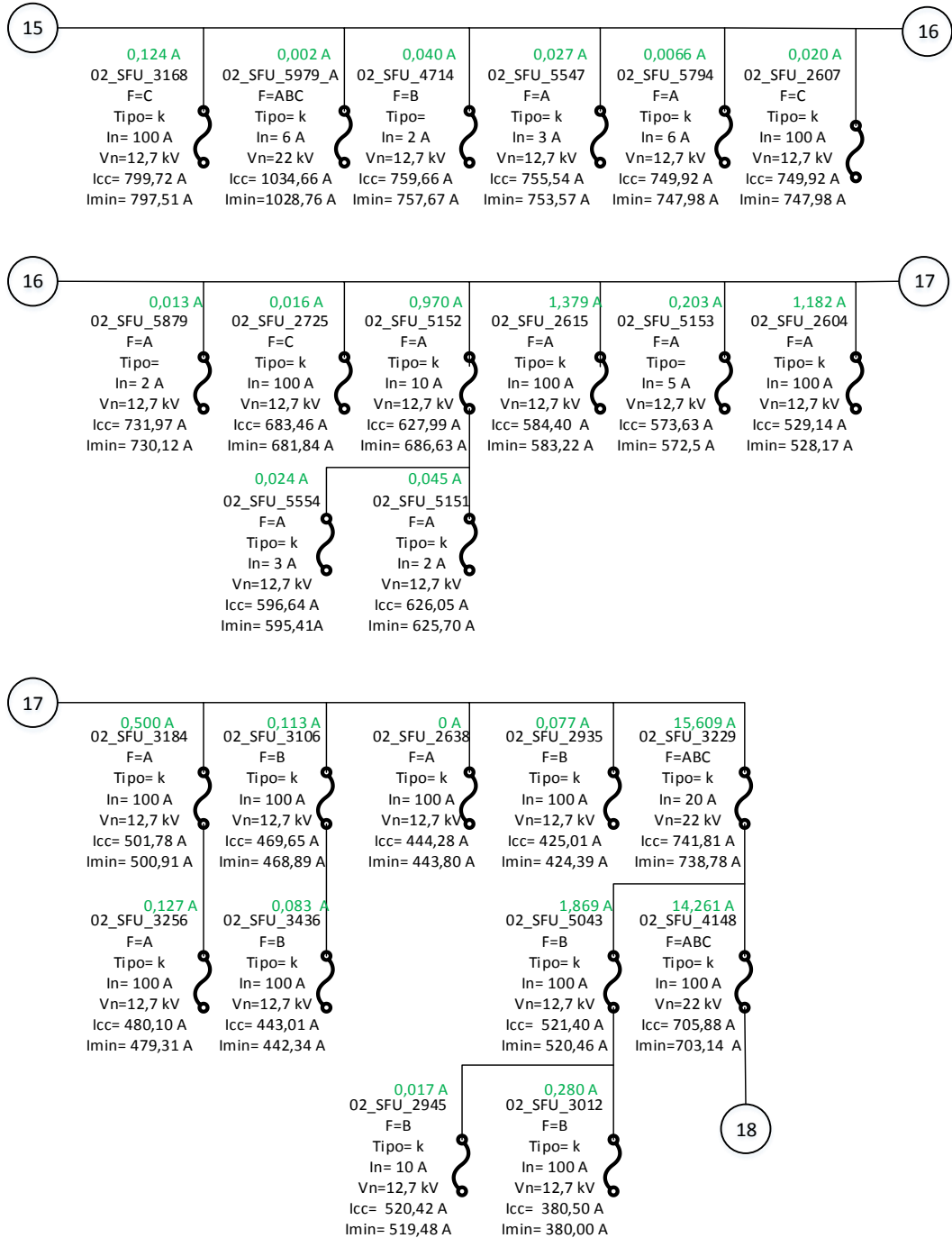


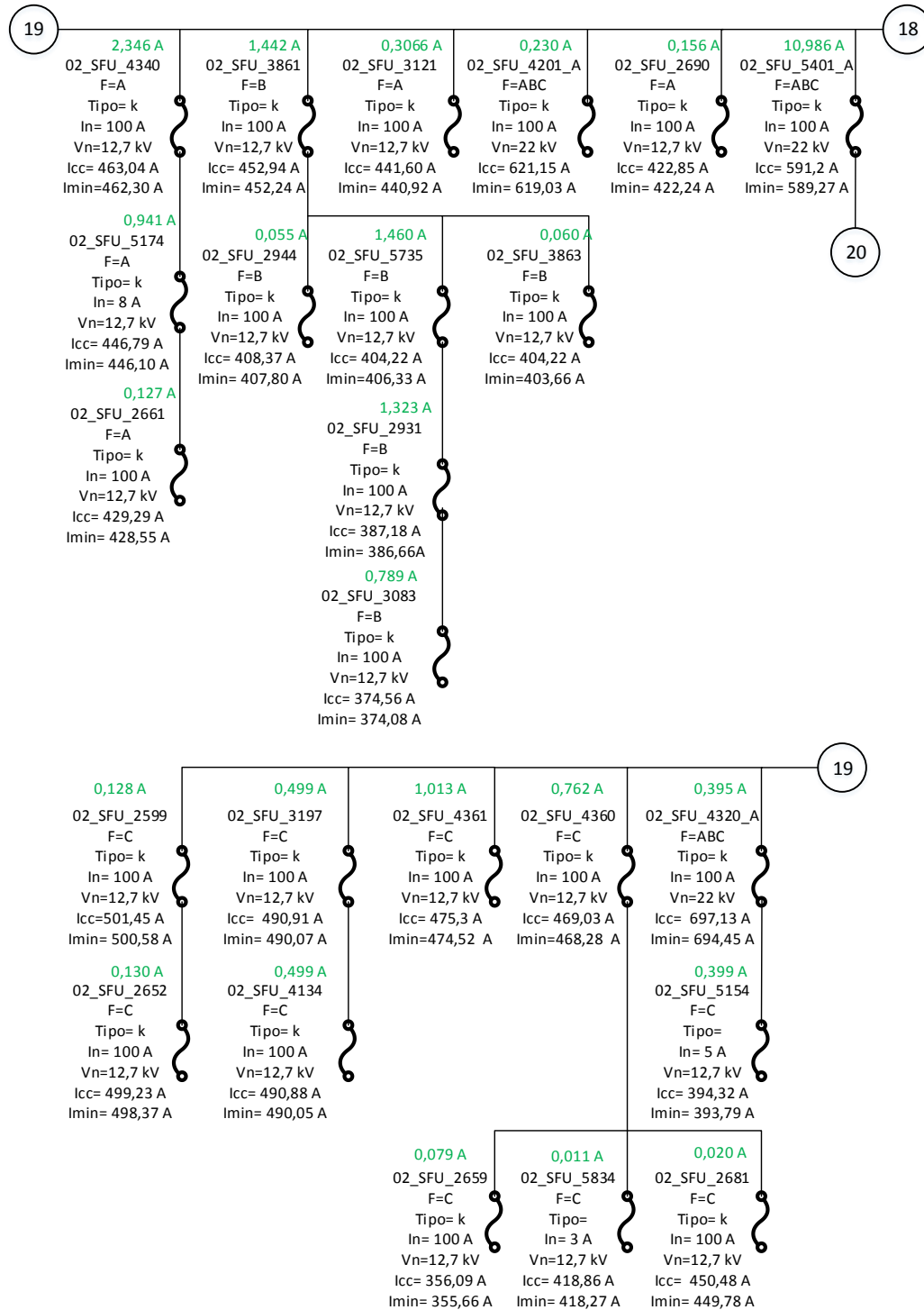


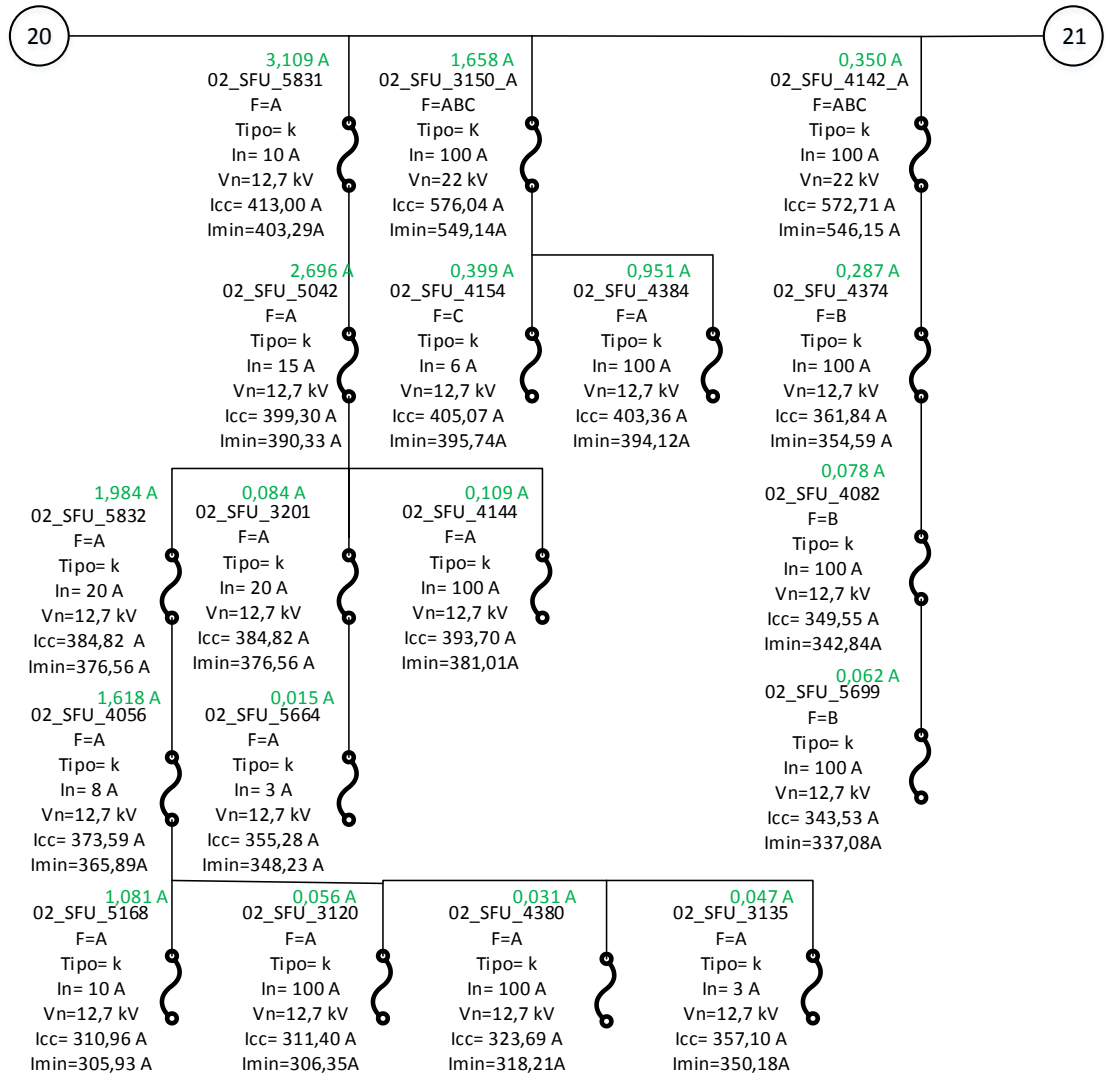


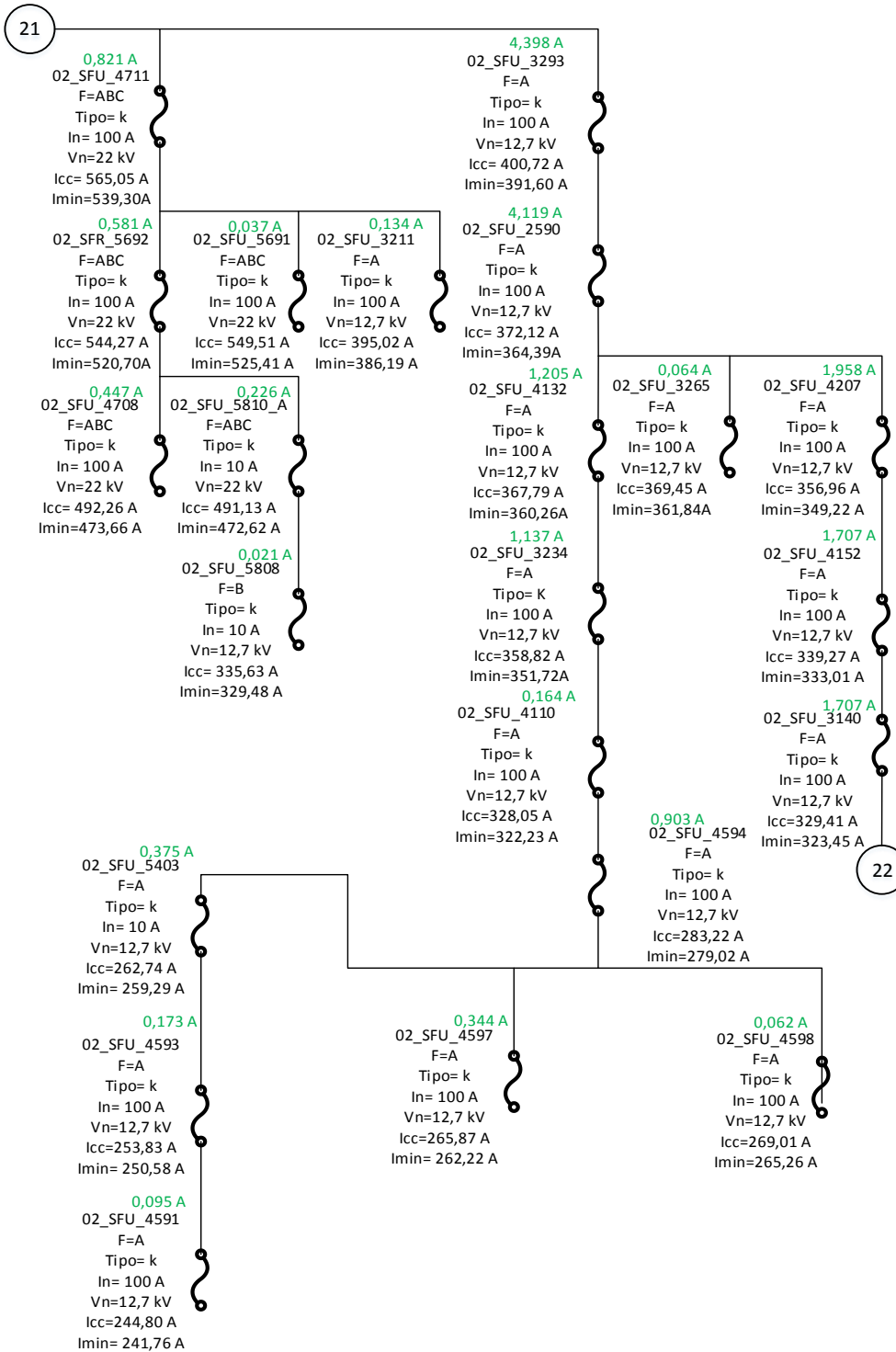












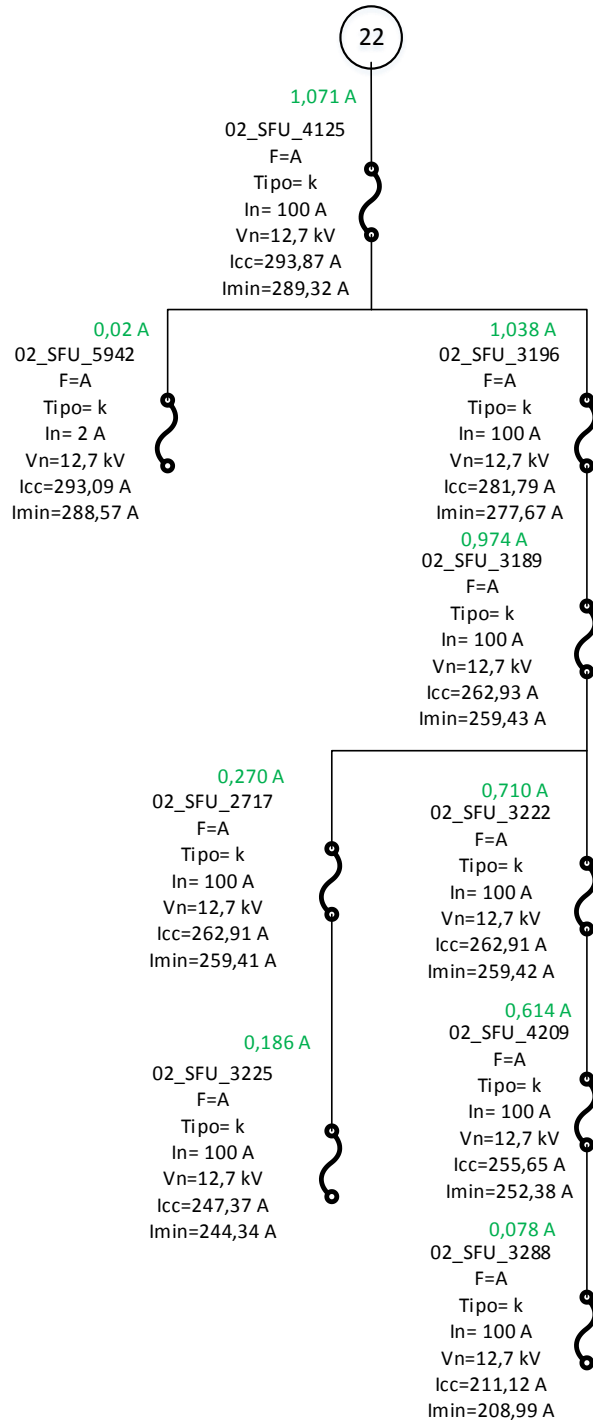
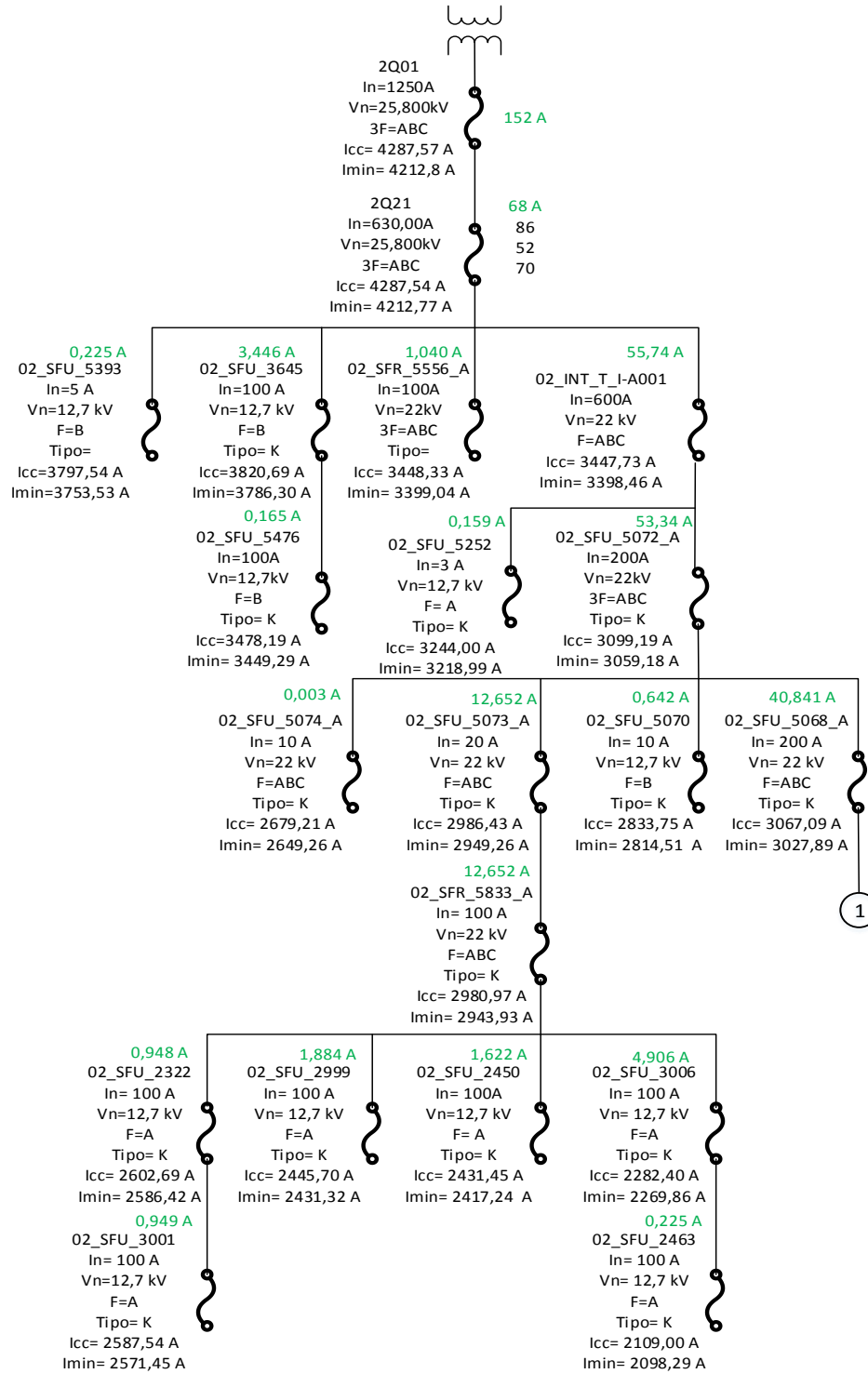
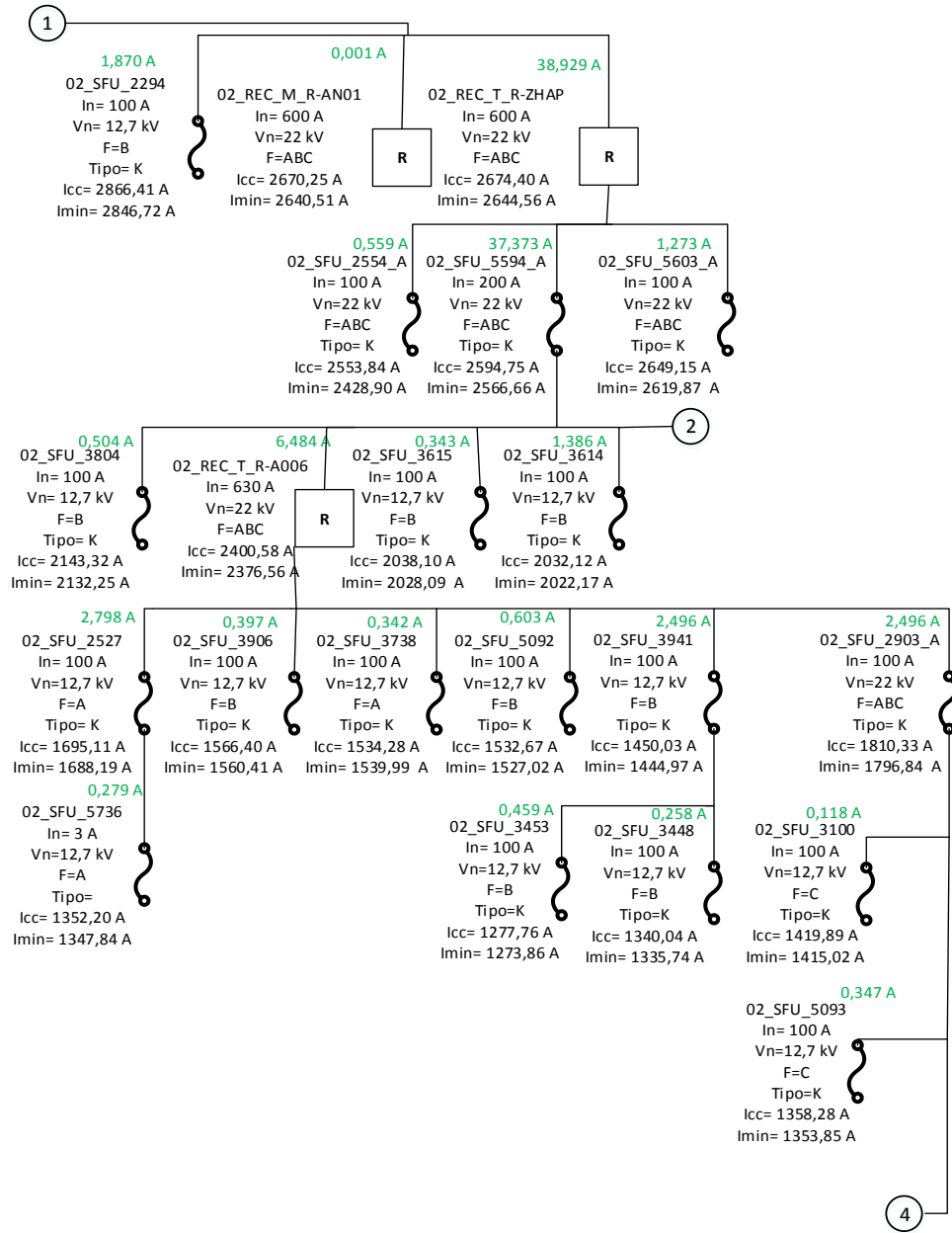
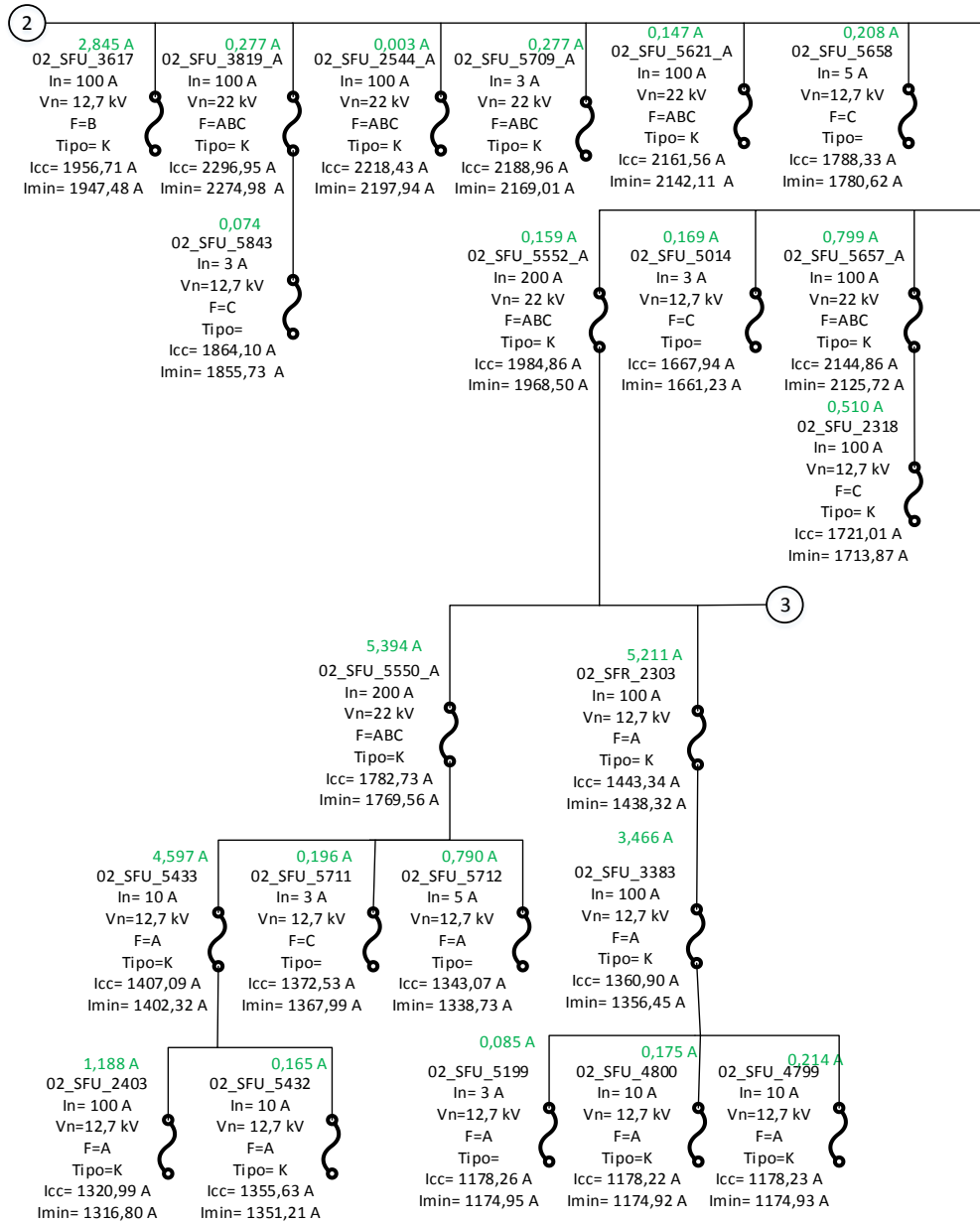


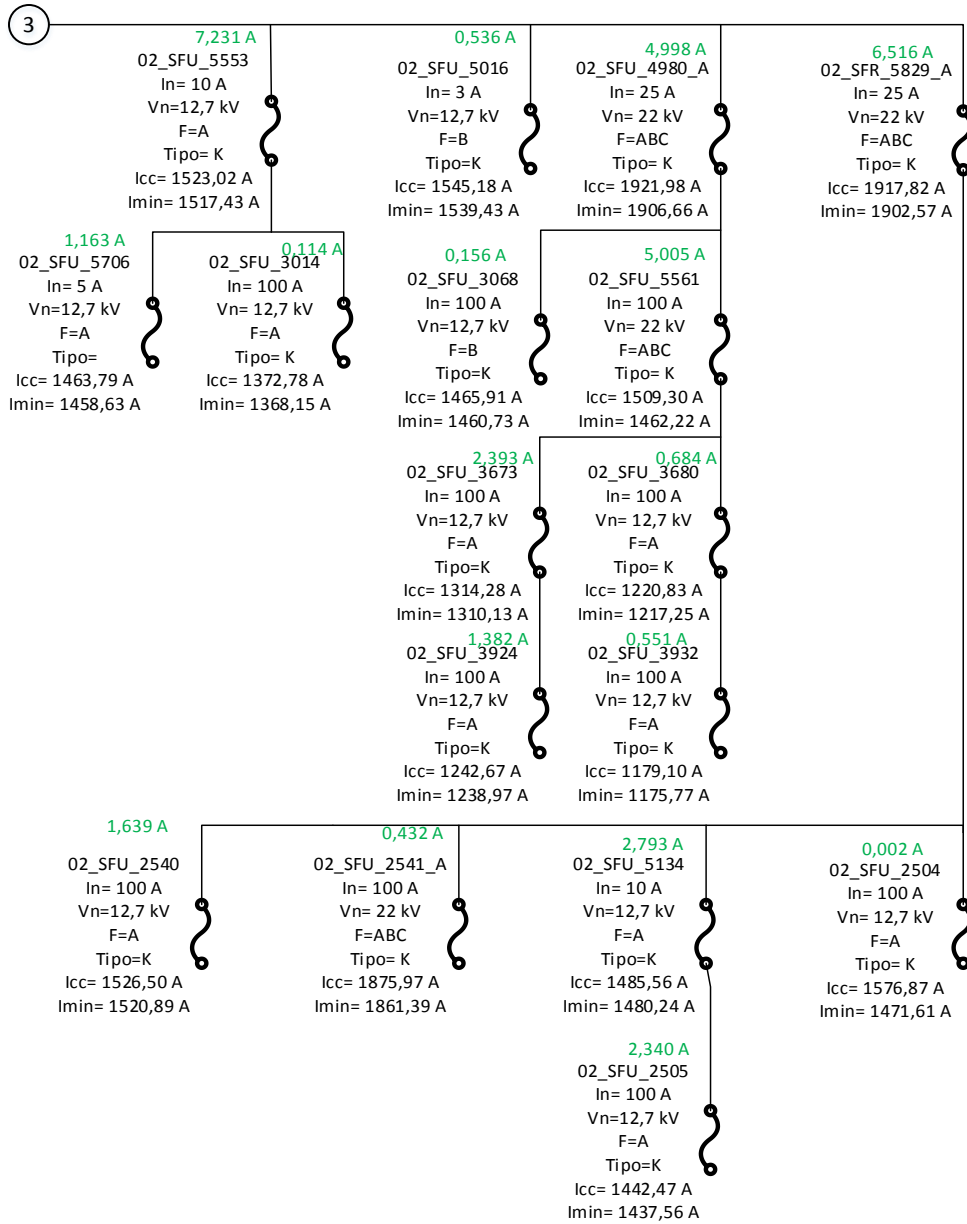
Figura 76. Diagrama del Alimentador 121.

ANEXO 2









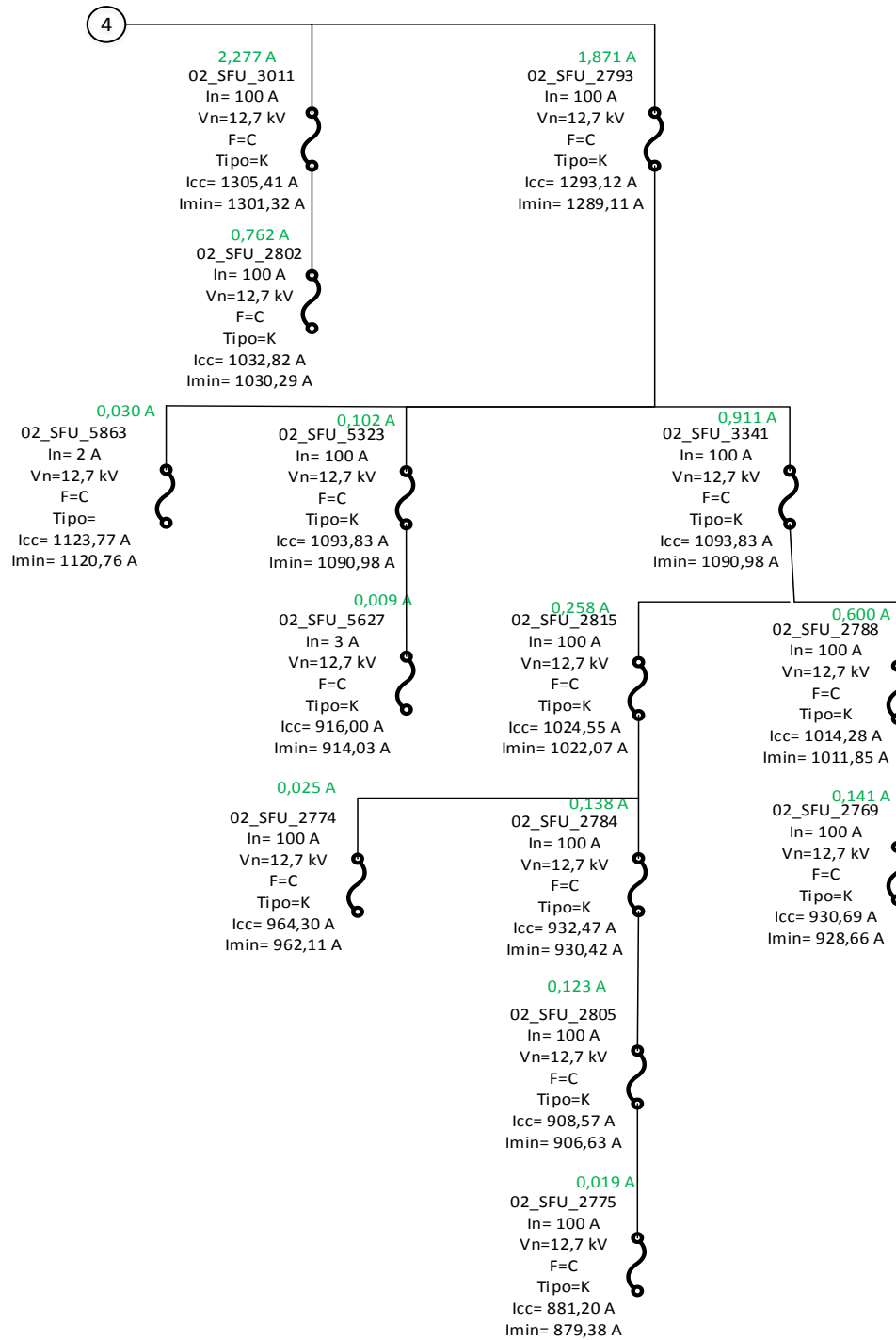


Figura 77. Diagrama del Alimentador 222

ANEXO 3

Tabla 61. Flujo de Corriente en el Alimentador 121.

<i>Objeto</i>	<i>Tipo de Interruptor</i>	<i>Carga [%]</i>	<i>I [A]</i>			
			<i>Máximo</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
1Q11	Interruptor	26,12	70,611	69,555	63,066	70,611
02_REC_T_R-ORIE	Interruptor	2	15,99	15,99	8,437	9,781
02_REC_T_R-GUAP	Interruptor	2,16	17,271	17,271	7,524	4,396
02_SFR_5007	Fusible	293,83	20,568	-	20,568	-
02_SFU_5052	Fusible	10,44	10,438	-	10,438	-
02_SFU_2990	Fusible	2,98	2,983	-	2,983	-
02_SFU_5010	Fusible	2,41	0,121	-	0,121	-
02_SFU_2976	Fusible	0,13	0,148	-	0,148	-
02_SFU_5032	Fusible	0,51	0,511	-	0,511	-
02_SFU_5746	Fusible	61,46	2,458	-	2,458	-
02_SFU_2613	Fusible	2,53	2,533	2,533	2,206	1,716
02_SFU_2644	Fusible	0,89	0,891	0,891	-	-
02_SFU_5209	Fusible	26,79	2,679	2,679	2,672	2,677
02_SFU_5028	Fusible	12,57	1,257	0,966	1,257	1,034
02_SFU_5210	Fusible	0,45	0,454	0,292	0,454	0,317
02_SFU_5057	Fusible	0,04	0,004	0,004	0,004	0,004
02_SFU_2746	Fusible	18,15	18,153	11,848	18,153	6,012
02_SFU_2926	Fusible	3,59	3,594	-	3,594	-
02_SFU_4189	Fusible	0,55	0,554	-	-	0,554
02_SFR_2657	Fusible	16,63	16,634	16,634	-	-
02_SFU_5826	Fusible	25,18	2,518	2,518	-	-
02_SFU_5046	Fusible	77,38	7,738	7,738	-	-
02_SFU_5608	Fusible	8,6	0,86	0,86	-	-
02_SFU_4729	Fusible	24,17	2,417	2,417	-	-
02_SFU_2683	Fusible	0,02	0,022	-	-	0,022
02_SFU_5739	Fusible	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
02_SFR_5956	Fusible	54,62	27,312	27,312	18,108	24,302
02_SFU_5862	Fusible	546,28	27,314	27,314	16,742	24,305

02_SFU_5690	Fusible	17,16	1,03	-	-	1,03
02_SFU_4217	Fusible	7,05	0,705	0,705	-	-
02_SFU_3259	Fusible	1,47	1,466	1,466	-	-
02_SFU_3217	Fusible	6,99	6,992	6,504	6,992	4,233
02_SFU_5630	Fusible	10,24	1,024	0,034	1,024	0,751
02_SFU_4213	Fusible	5,15	5,151	5,151	-	-
02_SFU_3811	Fusible	0,98	0,981	-	-	0,981
02_SFU_2654	Fusible	0,81	0,806	-	-	0,806
02_SFU_4972	Fusible	9,02	0,361	-	-	0,361
02_SFU_4974	Fusible	0,97	0,029	-	-	0,029
02_SFU_3295	Fusible	0,61	0,608	-	-	0,608
02_SFU_4228	Fusible	10,32	10,324	10,324	-	-
02_SFU_5689	Fusible	44,34	4,434	4,434	-	-
02_SFU_2598	Fusible	37,39	3,739	-	-	3,739
02_SFU_3342	Fusible	4,49	4,494	-	-	4,494
02_SFU_2876	Fusible	1,38	1,382	-	-	1,382
02_SFR_5005	Fusible	128,64	2,573	2,573	-	-
02_SFR_5002	Fusible	253,61	5,072	-	-	5,072
02_SFU_5339	Fusible	1,56	1,561	-	-	1,561
02_SFU_5954	Fusible	0,21	0,213	-	-	0,213
02_SFU_3245	Fusible	3,55	0,213	-	-	0,213
02_SFU_5949	Fusible	9,1	0,273	-	0,273	-
02_SFU_3122	Fusible	2	1,998	1,998	-	-
02_SFU_5952	Fusible	4,31	4,309	-	-	4,309
02_SFU_2949	Fusible	7,85	7,845	-	7,845	-
02_SFU_4717	Fusible	261,52	7,846	-	7,846	-
02_SFU_3038	Fusible	1,84	1,837	-	1,837	-
02_SFU_4127	Fusible	1,1	1,102	1,102	-	-
02_SFU_2961	Fusible	3,08	3,083	-	3,083	-
02_SFU_5260	Fusible	3,98	0,199	-	0,199	-
02_SFU_4778	Fusible	0	0	0	0	0
02_SFU_5001	Fusible	73,81	1,476	-	-	1,476
02_SFU_4193	Fusible	11,6	11,603	11,603	7,167	2,927
02_SFU_3856	Fusible	4,38	4,378	-	4,378	-
02_SFU_3444	Fusible	2,93	2,932	-	2,932	-

02_SFU_5791	Fusible	99,4	9,94	9,94	1,612	1,943
02_SFU_5792	Fusible	10,78	1,078	-	-	1,078
02_SFU_5793	Fusible	1,08	1,08	-	-	1,08
02_SFU_5852	Fusible	46,84	9,369	9,369	-	-
02_SFU_2727	Fusible	0,1	0,103	0,103	-	-
02_SFU_4145	Fusible	7,93	7,928	7,928	-	-
02_SFU_3251	Fusible	7,88	7,879	7,879	-	-
02_SFU_4102	Fusible	0,03	0,035	0,035	-	-
02_SFU_4119	Fusible	6,49	6,49	6,49	-	-
02_SFU_2584	Fusible	0,15	0,153	0,153	-	-
02_SFU_3212	Fusible	0,74	0,744	0,744	-	-
02_SFU_3149	Fusible	0,62	0,618	0,618	-	-
02_SFU_4172	Fusible	0,02	0,018	0,018	-	-
02_SFU_5629	Fusible	1,21	0,073	0,073	-	-
02_SFU_5258	Fusible	0,22	0,007	0,007	-	-
02_SFU_3250	Fusible	0,01	0,015	0,015	-	-
02_SFU_3208	Fusible	0,65	0,651	0,651	-	-
02_SFU_2664	Fusible	0,53	0,534	0,534	-	-
02_SFU_4226	Fusible	0,12	0,118	0,118	-	-
02_SFU_5754	Fusible	8,66	0,692	0,692	-	-
02_SFU_5755	Fusible	12,15	0,608	0,608	-	-
02_SFU_2630	Fusible	1,75	1,753	1,753	-	-
02_SFU_3271	Fusible	0,6	0,597	0,597	-	-
02_SFU_5814	Fusible	6,35	0,508	0,508	-	-
02_SFU_5817	Fusible	1,09	0,065	0,065	-	-
02_SFU_2695	Fusible	0,42	0,422	0,422	-	-
02_SFU_2581	Fusible	0,38	0,376	0,376	-	-
02_SFU_3187	Fusible	0,16	0,164	0,164	-	-
02_SFU_4163	Fusible	1,73	1,734	1,734	-	-
02_SFU_2648	Fusible	0,14	0,135	0,135	-	-
02_SFU_3141	Fusible	1,1	1,097	1,097	-	-
02_SFU_4042	Fusible	0,04	0,044	0,044	-	-
02_SFU_4205	Fusible	0,03	0,033	0,033	-	-
02_SFU_3206	Fusible	0,18	0,177	0,177	-	-
02_SFU_3180	Fusible	0,09	0,087	0,087	-	-

02_SFU_4006	Fusible	0,74	0,74	0,74	-	-
02_SFU_4230	Fusible	0,1	0,101	0,101	-	-
02_SFU_3223	Fusible	0,46	0,458	0,458	-	-
02_SFU_3257	Fusible	0,08	0,083	0,083	-	-
02_SFU_2678	Fusible	0,09	0,094	0,094	-	-
02_SFU_3228	Fusible	5,66	5,658	5,658	-	-
02_SFU_4168	Fusible	4,05	4,047	4,047	-	-
02_SFU_3167	Fusible	34,29	1,715	1,715	-	-
02_SFU_5325	Fusible	3,83	0,383	0,383	-	-
02_SFU_4118	Fusible	0,01	0,007	0,007	-	-
02_SFU_4150	Fusible	0,25	0,246	0,002	0,246	0,002
02_SFU_3892	Fusible	0,82	0,82	-	0,82	-
02_SFU_2993	Fusible	0,82	0,821	-	0,821	-
02_SFU_3866	Fusible	0,17	0,174	-	0,174	-
02_SFU_5324	Fusible	3,7	0,111	-	0,111	-
02_SFU_4234	Fusible	0,01	0,005	0,005	-	-
02_SFU_2646	Fusible	0,37	0,371	0,371	-	-
02_SFU_4805	Fusible	2,14	0,214	0,214	0,163	0,099
02_SFU_4803	Fusible	1,08	0,108	0,107	0,108	0,107
02_SFU_4801	Fusible	0,15	0,007	0,007	0,007	0,007
02_SFU_4792	Fusible	0,63	0,063	-	0,063	-
02_SFU_4788	Fusible	0,53	0,026	0,026	-	-
02_SFU_4990	Fusible	0,65	0,013	-	0,013	-
02_SFU_5919	Fusible	3,43	0,206	0,206	-	-
02_SFU_4793	Fusible	0,52	0,042	-	0,042	-
02_SFU_4794	Fusible	0,09	0,005	-	0,005	-
02_SFU_3159	Fusible	0,07	0,073	-	-	0,073
02_SFU_4143	Fusible	0,17	0,174	-	-	0,174
02_SFU_5914	Fusible	1,21	0,072	-	-	0,072
02_SFU_3263	Fusible	0,91	0,907	0,227	0,907	0,227
02_SFU_4988	Fusible	23,91	0,717	-	0,717	-
02_SFU_5195	Fusible	3,71	0,111	-	0,111	-
02_SFU_2929	Fusible	0,55	0,546	-	0,546	-
02_SFU_5971	Fusible	0,58	0,017	-	0,017	-
02_SFU_3057	Fusible	0,08	0,085	-	0,085	-

02_SFU_3965	Fusible	0,02	0,024	-	0,024	-
02_SFU_2506	Fusible	0,03	0,033	-	0,033	-
02_SFU_2895	Fusible	0,04	0,043	-	0,043	-
02_SFU_3124	Fusible	0,49	0,492	-	-	0,492
02_SFU_3214	Fusible	0,07	0,065	0,065	-	-
02_SFU_2685	Fusible	0,57	0,568	0,326	0,568	0,427
02_SFU_3281	Fusible	0,01	0,015	0,015	-	-
02_SFU_2828	Fusible	0,03	0,034	-	-	0,034
02_SFU_2534	Fusible	0,04	0,036	-	0,036	-
02_SFR_4198	Fusible	0,51	0,509	0,238	0,509	0,357
02_SFU_4055	Fusible	0,08	0,076	-	-	0,076
02_SFU_4185	Fusible	0,08	0,079	0,079	-	-
02_SFU_2707	Fusible	0,05	0,049	0,049	-	-
02_SFU_4023	Fusible	0,21	0,207	-	-	0,207
02_SFU_4051	Fusible	0,46	0,463	0,123	0,463	0,124
02_SFU_3964	Fusible	0,2	0,203	-	0,203	-
02_SFU_3968	Fusible	0,23	0,227	-	0,227	-
02_SFU_3482	Fusible	0,17	0,172	-	0,172	-
02_SFU_2490	Fusible	0,05	0,046	-	0,046	-
02_SFU_3086	Fusible	0,06	0,06	-	0,06	-
02_SFU_3101	Fusible	0,04	0,035	-	0,035	-
02_SFU_3145	Fusible	14,86	14,858	14,858	5,96	8,181
02_SFU_5180	Fusible	8,72	0,174	0,174	-	-
02_SFU_3168	Fusible	0,1	0,097	-	-	0,097
02_SFU_5979	Fusible	0,19	0,019	0,019	0,019	0,018
02_SFU_4714	Fusible	2,03	0,041	-	0,041	-
02_SFU_5547	Fusible	0,8	0,024	0,024	-	-
02_SFU_5794	Fusible	0,65	0,039	0,039	-	-
02_SFU_2607	Fusible	0,03	0,025	-	-	0,025
02_SFU_5879	Fusible	0,63	0,013	0,013	-	-
02_SFU_2725	Fusible	0,02	0,017	-	-	0,017
02_SFU_5152	Fusible	7,91	0,791	0,791	-	-
02_SFU_5554	Fusible	2,89	0,087	0,087	-	-
02_SFU_5151	Fusible	1,11	0,022	0,022	-	-
02_SFU_2615	Fusible	0,76	0,76	0,76	-	-

02_SFU_5153	Fusible	4,21	0,21	0,21	-	-
02_SFU_2604	Fusible	0,5	0,498	0,498	-	-
02_SFU_3184	Fusible	0,37	0,372	0,372	-	-
02_SFU_3256	Fusible	0,14	0,136	0,136	-	-
02_SFU_3106	Fusible	0,14	0,137	-	0,137	-
02_SFU_3436	Fusible	0,11	0,108	-	0,108	-
02_SFU_2638	Fusible	0	0	0	-	-
02_SFU_2935	Fusible	0,07	0,066	-	0,066	-
02_SFU_3229	Fusible	59,02	11,804	11,804	5,615	8,055
02_SFU_5043	Fusible	1,45	1,453	-	1,453	-
02_SFU_2945	Fusible	1,17	0,117	-	0,117	-
02_SFU_3012	Fusible	0,16	0,158	-	0,158	-
02_SFU_4148	Fusible	10,31	10,313	10,313	2,861	6,716
02_SFU_2599	Fusible	0,13	0,125	-	-	0,125
02_SFU_2652	Fusible	0,13	0,126	-	-	0,126
02_SFU_3197	Fusible	0,4	0,4	-	-	0,4
02_SFU_4134	Fusible	0,4	0,4	-	-	0,4
02_SFU_4361	Fusible	0,67	0,668	-	-	0,668
02_SFU_4360	Fusible	1,26	1,258	-	-	1,258
02_SFU_2659	Fusible	0,07	0,074	-	-	0,074
02_SFU_5834	Fusible	0,39	0,012	-	-	0,012
02_SFU_2681	Fusible	0,03	0,027	-	-	0,027
02_SFU_4320	Fusible	0,29	0,294	0,242	0,22	0,294
02_SFU_5154	Fusible	5,98	0,299	-	-	0,299
02_SFU_4340	Fusible	1,17	1,173	1,173	-	-
02_SFU_5174	Fusible	8,76	0,701	0,701	-	-
02_SFU_2661	Fusible	0,1	0,097	0,097	-	-
02_SFU_3861	Fusible	1,13	1,129	-	1,129	-
02_SFU_2944	Fusible	0,06	0,056	-	0,056	-
02_SFU_5735	Fusible	1,14	1,135	-	1,135	-
02_SFU_2931	Fusible	1,03	1,025	-	1,025	-
02_SFU_3083	Fusible	0,61	0,614	-	0,614	-
02_SFU_3863	Fusible	0,05	0,046	-	0,046	-
02_SFU_3121	Fusible	0,01	0,006	0,006	-	-
02_SFU_4201	Fusible	0,28	0,276	0,276	0,273	0,274

02_SFU_2690	Fusible	0,06	0,059	0,059	-	-
02_SFU_5401	Fusible	8,3	8,302	8,302	1,459	1,503
02_SFU_5831	Fusible	20,88	2,088	2,088	-	-
02_SFU_5042	Fusible	12,79	1,918	1,918	-	-
02_SFU_5832	Fusible	7,58	1,515	1,515	-	-
02_SFU_4056	Fusible	16,18	1,295	1,295	-	-
02_SFU_5168	Fusible	8,94	0,894	0,894	-	-
02_SFU_3120	Fusible	0,06	0,063	0,063	-	-
02_SFU_4380	Fusible	0,03	0,031	0,031	-	-
02_SFU_3135	Fusible	0,05	0,048	0,048	-	-
02_SFU_3201	Fusible	0,42	0,083	0,083	-	-
02_SFU_5664	Fusible	0,5	0,015	0,015	-	-
02_SFU_4144	Fusible	0,06	0,064	0,064	-	-
02_SFU_3150	Fusible	0,95	0,947	0,819	0,001	0,947
02_SFU_4154	Fusible	15,78	0,947	-	-	0,947
02_SFU_4384	Fusible	0,57	0,575	0,575	-	-
02_SFU_4142	Fusible	0,33	0,326	0,107	0,326	0,106
02_SFU_4374	Fusible	0,24	0,238	-	0,238	-
02_SFU_4082	Fusible	0,08	0,08	-	0,08	-
02_SFU_5699	Fusible	0,06	0,063	-	0,063	-
02_SFU_4711	Fusible	0,72	0,716	0,615	0,716	0,449
02_SFR_5692	Fusible	0,56	0,559	0,431	0,559	0,412
02_SFU_4708	Fusible	0,5	0,496	0,495	0,494	0,496
02_SFU_5810	Fusible	1,85	0,185	0,146	0,185	0,147
02_SFU_5808	Fusible	0,27	0,027	-	0,027	-
02_SFU_5691	Fusible	0,05	0,053	0,053	0,052	0,052
02_SFU_3211	Fusible	0,15	0,148	0,148	-	-
02_SFU_3293	Fusible	3,87	3,871	3,871	-	-
02_SFU_2590	Fusible	3,66	3,661	3,661	-	-
02_SFU_4132	Fusible	1,58	1,58	1,58	-	-
02_SFU_3234	Fusible	1,53	1,528	1,528	-	-
02_SFU_4110	Fusible	1,4	1,397	1,397	-	-
02_SFU_4594	Fusible	1,38	1,379	1,379	-	-
02_SFU_5403	Fusible	4,93	0,493	0,493	-	-
02_SFU_4593	Fusible	0,18	0,176	0,176	-	-

02_SFU_4591	Fusible	0,1	0,095	0,095	-	-
02_SFU_4597	Fusible	0,22	0,222	0,222	-	-
02_SFU_4598	Fusible	0,1	0,098	0,098	-	-
02_SFU_3265	Fusible	0,04	0,044	0,044	-	-
02_SFU_4207	Fusible	1,64	1,642	1,642	-	-
02_SFU_4152	Fusible	1,46	1,456	1,456	-	-
02_SFU_3140	Fusible	1,46	1,456	1,456	-	-
02_SFU_4125	Fusible	1,12	1,118	1,118	-	-
02_SFU_5942	Fusible	1	0,02	0,02	-	-
02_SFU_3196	Fusible	1,08	1,081	1,081	-	-
02_SFU_3189	Fusible	1,02	1,021	1,021	-	-
02_SFU_2717	Fusible	0,29	0,293	0,293	-	-
02_SFU_3225	Fusible	0,22	0,216	0,216	-	-
02_SFU_3222	Fusible	0,73	0,73	0,73	-	-
02_SFU_4209	Fusible	0,67	0,665	0,665	-	-
02_SFU_3288	Fusible	0,03	0,035	0,035	-	-

Tabla 62. Flujo de Corriente del Alimentador 222.

<i>Objeto</i>	<i>Tipo de Interruptor</i>	<i>CARGA [%]</i>	<i>Máximo</i>	<i>I [A]</i>		
				<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
2Q21	Interruptor	11,55	72,749	72,749	53,87	29,197
02_REC_T_R-ZHAP	Interruptor	4,12	32,952	32,952	23,059	14,905
02_REC_T_R-A006	Interruptor	1,34	8,422	3,248	8,422	6,181
02_SFU_5393	Fusible	8,18	0,409	-	0,409	-
02_SFU_3645	Fusible	5,19	5,187	-	5,187	-
02_SFU_5476	Fusible	0,22	0,224	-	0,224	-
02_SFR_5556	Fusible	0,45	0,446	0,446	0,007	0,007
02_SFU_5252	Fusible	5,63	0,169	0,169	-	-
02_SFU_5072	Fusible	35,1	70,206	70,206	44,053	27,641
02_SFU_5074	Fusible	0,03	0,003	0,003	0,003	0,003
02_SFU_5073	Fusible	69,54	13,908	13,908	1,019	2,29
02_SFR_5833	Fusible	13,91	13,909	13,909	1,019	2,291
02_SFU_2322	Fusible	1,08	1,082	1,082	-	-
02_SFU_3001	Fusible	1,08	1,083	1,083	-	-
02_SFU_2999	Fusible	2	2,002	2,002	-	-
02_SFU_2450	Fusible	2,3	2,304	2,304	-	-
02_SFU_3006	Fusible	5,48	5,482	5,482	-	-
02_SFU_2463	Fusible	0,23	0,23	0,23	-	-
02_SFU_5070	Fusible	6,58	0,658	-	0,658	-
02_SFU_5068	Fusible	27,98	55,968	55,968	41,527	25,134
02_SFU_2294	Fusible	1,93	1,928	-	1,928	-
02_SFU_2554	Fusible	0,55	0,555	0,005	0,005	0,555
02_SFU_5594	Fusible	26,3	52,597	52,597	34,384	23,416
02_SFU_3804	Fusible	0,67	0,67	-	0,67	-
02_SFU_3615	Fusible	0,44	0,441	-	0,441	-
02_SFU_3614	Fusible	1,73	1,726	-	1,726	-
02_SFU_3617	Fusible	3,28	3,281	-	3,281	-
02_SFU_3819	Fusible	0,3	0,299	0,008	0,008	0,299
02_SFU_5843	Fusible	2,47	0,074	-	-	0,074
02_SFU_2544	Fusible	0,77	0,771	0,308	0,771	0,458

02_SFU_5709	Fusible	17,35	0,521	0,521	0,41	0,429
02_SFU_5621	Fusible	2,13	0,149	0,011	0,011	0,149
02_SFU_5658	Fusible	4,11	0,205	-	-	0,205
02_SFU_5552	Fusible	23,19	46,378	46,378	15,944	13,579
02_SFU_5550	Fusible	2,56	5,129	5,129	0,501	1,026
02_SFU_5433	Fusible	39,91	3,991	3,991	-	-
02_SFU_2403	Fusible	1,06	1,062	1,062	-	-
02_SFU_5432	Fusible	1	0,1	0,1	-	-
02_SFU_5711	Fusible	6,44	0,193	-	-	0,193
02_SFU_5712	Fusible	13,58	0,679	0,679	-	-
02_SFR_2303	Fusible	4,99	4,988	4,988	-	-
02_SFU_3383	Fusible	3,24	3,24	3,24	-	-
02_SFU_5199	Fusible	2,27	0,068	0,068	-	-
02_SFU_4800	Fusible	1,7	0,17	0,17	-	-
02_SFU_4799	Fusible	1,89	0,189	0,189	-	-
02_SFU_5553	Fusible	62,92	6,292	6,292	-	-
02_SFU_5706	Fusible	18,87	0,943	0,943	-	-
02_SFU_3014	Fusible	0,09	0,093	0,093	-	-
02_SFU_5016	Fusible	24,48	0,734	-	0,734	-
02_SFU_4980	Fusible	26,78	6,694	6,694	1,585	1,428
02_SFU_3068	Fusible	0,16	0,158	-	0,158	-
02_SFU_5561	Fusible	6,71	6,707	6,707	0,074	0,454
02_SFU_3673	Fusible	2,15	2,153	2,153	-	-
02_SFU_3924	Fusible	1,15	1,154	1,154	-	-
02_SFU_3680	Fusible	2,89	2,894	2,894	-	-
02_SFU_3932	Fusible	2,26	2,259	2,259	-	-
02_SFR_5829	Fusible	23,67	5,918	5,918	0,477	0,859
02_SFU_2540	Fusible	1,58	1,578	1,578	-	-
02_SFU_2541	Fusible	0,36	0,358	0,357	0,357	0,358
02_SFU_5134	Fusible	24,16	2,416	2,416	-	-
02_SFU_2505	Fusible	2,01	2,014	2,014	-	-
02_SFU_2504	Fusible	0	0,002	0,002	-	-
02_SFU_5014	Fusible	6,13	0,184	-	-	0,184
02_SFU_5657	Fusible	1,03	1,029	0,013	1,029	0,493
02_SFU_2318	Fusible	0,5	0,499	-	-	0,499

02_SFU_5603	Fusible	1,17	1,166	1,166	0,221	0,194
02_SFU_2527	Fusible	2,08	2,079	2,079	-	-
02_SFU_5736	Fusible	9,98	0,299	0,299	-	-
02_SFU_3906	Fusible	0,49	0,486	-	0,486	-
02_SFU_3738	Fusible	0,23	0,234	0,234	-	-
02_SFU_5092	Fusible	0,78	0,778	-	0,778	-
02_SFU_3941	Fusible	3,36	3,355	-	3,355	-
02_SFU_3453	Fusible	0,63	0,628	-	0,628	-
02_SFU_3448	Fusible	0,44	0,442	-	0,442	-
02_SFU_2903	Fusible	5,58	5,579	0,954	0,903	5,579
02_SFU_3100	Fusible	0,12	0,118	-	-	0,118
02_SFU_5093	Fusible	0,36	0,358	-	-	0,358
02_SFU_3011	Fusible	2,45	2,445	-	-	2,445
02_SFU_2802	Fusible	0,9	0,903	-	-	0,903
02_SFU_2793	Fusible	2,37	2,372	-	-	2,372
02_SFU_5863	Fusible	7,32	0,146	-	-	0,146
02_SFU_5323	Fusible	0,13	0,13	-	-	0,13
02_SFU_5627	Fusible	0,28	0,008	-	-	0,008
02_SFU_3341	Fusible	1,21	1,208	-	-	1,208
02_SFU_2815	Fusible	0,37	0,369	-	-	0,369
02_SFU_2774	Fusible	0,03	0,033	-	-	0,033
02_SFU_2784	Fusible	0,18	0,182	-	-	0,182
02_SFU_2805	Fusible	0,17	0,166	-	-	0,166
02_SFU_2775	Fusible	0,02	0,019	-	-	0,019
02_SFU_2788	Fusible	0,75	0,753	-	-	0,753
02_SFU_2769	Fusible	0,15	0,148	-	-	0,148

Tabla 63. Caída de Voltaje Alimentador 121.

<i>Objeto</i>	<i>Voltaje Nominal [kV]</i>	<i>Caída Voltaje [kV]</i>	<i>Diferencia Voltaje [kV]</i>
1Q11	22	21,783	0,217
02_REC_T_R-ORIE	22	21,725	0,275
02_REC_T_R-GUAP	22	21,725	0,275
02_SFR_5007	12,7	12,579	0,121
02_SFU_5052	12,7	12,575	0,125
02_SFU_2990	12,7	12,574	0,126
02_SFU_5010	12,7	12,574	0,126
02_SFU_2976	12,7	12,574	0,126
02_SFU_5032	12,7	12,576	0,124
02_SFU_5746	12,7	12,578	0,122
02_SFU_2613	22	21,769	0,231
02_SFU_2644	12,7	12,571	0,129
02_SFU_5209	22	21,761	0,239
02_SFU_5028	22	21,759	0,241
02_SFU_5210	22	21,76	0,24
02_SFU_5057	22	21,759	0,241
02_SFU_2746	22	21,752	0,248
02_SFU_2926	12,7	12,574	0,126
02_SFU_4189	12,7	12,578	0,122
02_SFR_2657	12,7	12,531	0,169
02_SFU_5826	12,7	12,525	0,175
02_SFU_5046	12,7	12,524	0,176
02_SFU_5608	12,7	12,524	0,176
02_SFU_4729	12,7	12,524	0,176
02_SFU_2683	12,7	12,571	0,129
02_SFU_5739	22	21,724	0,276
02_SFR_5956	22	21,726	0,274
02_SFU_5862	22	21,723	0,277
02_SFU_5690	12,7	12,567	0,133
02_SFU_4217	12,7	12,532	0,168

02_SFU_3259	12,7	12,528	0,172
02_SFU_3217	22	21,716	0,284
02_SFU_5630	22	21,716	0,284
02_SFU_4213	12,7	12,527	0,173
02_SFU_3811	12,7	12,566	0,134
02_SFU_2654	12,7	12,566	0,134
02_SFU_4972	12,7	12,566	0,134
02_SFU_4974	12,7	12,566	0,134
02_SFU_3295	12,7	12,567	0,133
02_SFU_4228	12,7	12,528	0,172
02_SFU_5689	12,7	12,527	0,173
02_SFU_2598	12,7	12,567	0,133
02_SFU_3342	12,7	12,568	0,132
02_SFU_2876	12,7	12,568	0,132
02_SFR_5005	12,7	12,534	0,166
02_SFR_5002	12,7	12,569	0,131
02_SFU_5339	12,7	12,569	0,131
02_SFU_5954	12,7	12,573	0,127
02_SFU_3245	12,7	12,573	0,127
02_SFU_5949	12,7	12,57	0,13
02_SFU_3122	12,7	12,542	0,158
02_SFU_5952	12,7	12,575	0,125
02_SFU_2949	12,7	12,571	0,129
02_SFU_4717	12,7	12,571	0,129
02_SFU_3038	12,7	12,571	0,129
02_SFU_4127	12,7	12,539	0,161
02_SFU_2961	12,7	12,571	0,129
02_SFU_5260	12,7	12,57	0,13
02_SFU_4778	22	21,725	0,275
02_SFU_5001	12,7	12,554	0,146
02_SFU_4193	22	21,724	0,276
02_SFU_3856	12,7	12,57	0,13
02_SFU_3444	12,7	12,568	0,132
02_SFU_5791	22	21,717	0,283
02_SFU_5792	12,7	12,57	0,13

02_SFU_5793	12,7	12,57	0,13
02_SFU_5852	12,7	12,521	0,179
02_SFU_2727	12,7	12,519	0,181
02_SFU_4145	12,7	12,519	0,181
02_SFU_3251	12,7	12,511	0,189
02_SFU_4102	12,7	12,5	0,2
02_SFU_4119	12,7	12,5	0,2
02_SFU_2584	12,7	12,498	0,202
02_SFU_3212	12,7	12,498	0,202
02_SFU_3149	12,7	12,497	0,203
02_SFU_4172	12,7	12,497	0,203
02_SFU_5629	12,7	12,497	0,203
02_SFU_5258	12,7	12,598	0,102
02_SFU_3250	12,7	12,492	0,208
02_SFU_3208	12,7	12,492	0,208
02_SFU_2664	12,7	12,492	0,208
02_SFU_4226	12,7	12,492	0,208
02_SFU_5754	12,7	12,488	0,212
02_SFU_5755	12,7	12,488	0,212
02_SFU_2630	12,7	12,485	0,215
02_SFU_3271	12,7	12,478	0,222
02_SFU_5814	12,7	12,478	0,222
02_SFU_5817	12,7	12,478	0,222
02_SFU_2695	12,7	12,479	0,221
02_SFU_2581	12,7	12,479	0,221
02_SFU_3187	12,7	12,482	0,218
02_SFU_4163	12,7	12,485	0,215
02_SFU_2648	12,7	12,484	0,216
02_SFU_3141	12,7	12,483	0,217
02_SFU_4042	12,7	12,483	0,217
02_SFU_4205	12,7	12,483	0,217
02_SFU_3206	12,7	12,483	0,217
02_SFU_3180	12,7	12,469	0,231
02_SFU_4006	12,7	12,483	0,217
02_SFU_4230	12,7	12,482	0,218

02_SFU_3223	12,7	12,482	0,218
02_SFU_3257	12,7	12,482	0,218
02_SFU_2678	12,7	12,482	0,218
02_SFU_3228	12,7	12,533	0,167
02_SFU_4168	12,7	12,53	0,17
02_SFU_3167	12,7	12,529	0,171
02_SFU_5325	12,7	12,529	0,171
02_SFU_4118	12,7	12,528	0,172
02_SFU_4150	22	21,725	0,275
02_SFU_3892	12,7	12,57	0,13
02_SFU_2993	12,7	12,569	0,131
02_SFU_3866	12,7	12,569	0,131
02_SFU_5324	12,7	12,569	0,131
02_SFU_4234	12,7	12,533	0,167
02_SFU_2646	12,7	12,533	0,167
02_SFU_4805	22	21,716	0,284
02_SFU_4803	22	21,716	0,284
02_SFU_4801	22	21,716	0,284
02_SFU_4792	12,7	12,567	0,133
02_SFU_4788	12,7	12,532	0,168
02_SFU_4990	12,7	12,567	0,133
02_SFU_5919	12,7	12,525	0,175
02_SFU_4793	12,7	12,564	0,136
02_SFU_4794	12,7	12,454	0,246
02_SFU_3159	12,7	12,574	0,126
02_SFU_4143	12,7	12,563	0,137
02_SFU_5914	12,7	12,563	0,137
02_SFU_3263	22	21,716	0,284
02_SFU_4988	12,7	12,559	0,141
02_SFU_5195	12,7	12,555	0,145
02_SFU_2929	12,7	12,554	0,146
02_SFU_5971	12,7	12,553	0,147
02_SFU_3057	12,7	12,553	0,147
02_SFU_3965	12,7	12,553	0,147
02_SFU_2506	12,7	12,553	0,147

02_SFU_2895	12,7	12,552	0,148
02_SFU_3124	12,7	12,461	0,239
02_SFU_3214	12,7	12,516	0,184
02_SFU_2685	22	21,716	0,284
02_SFU_3281	12,7	12,528	0,172
02_SFU_2828	12,7	12,575	0,125
02_SFU_2534	12,7	12,56	0,14
02_SFR_4198	22	21,716	0,284
02_SFU_4055	12,7	12,575	0,125
02_SFU_4185	12,7	12,528	0,172
02_SFU_2707	12,7	12,528	0,172
02_SFU_4023	12,7	12,576	0,124
02_SFU_4051	22	21,716	0,284
02_SFU_3964	12,7	12,559	0,141
02_SFU_3968	12,7	12,579	0,121
02_SFU_3482	12,7	12,558	0,142
02_SFU_2490	12,7	12,558	0,142
02_SFU_3086	12,7	12,579	0,121
02_SFU_3101	12,7	12,558	0,142
02_SFU_3145	22	21,674	0,326
02_SFU_5180	12,7	12,5	0,2
02_SFU_3168	12,7	12,549	0,151
02_SFU_5979	22	21,655	0,345
02_SFU_4714	12,7	12,545	0,155
02_SFU_5547	12,7	12,494	0,206
02_SFU_5794	12,7	12,493	0,207
02_SFU_2607	12,7	12,546	0,154
02_SFU_5879	12,7	12,492	0,208
02_SFU_2725	12,7	12,542	0,158
02_SFU_5152	12,7	12,58	0,12
02_SFU_5554	12,7	12,48	0,22
02_SFU_5151	12,7	12,48	0,22
02_SFU_2615	12,7	12,474	0,226
02_SFU_5153	12,7	12,473	0,227
02_SFU_2604	12,7	12,469	0,231

02_SFU_3184	12,7	12,469	0,231
02_SFU_3256	12,7	12,469	0,231
02_SFU_3106	12,7	12,526	0,174
02_SFU_3436	12,7	12,525	0,175
02_SFU_2638	12,7	12,469	0,231
02_SFU_2935	12,7	12,525	0,175
02_SFU_3229	22	21,613	0,387
02_SFU_5043	12,7	12,525	0,175
02_SFU_2945	12,7	12,525	0,175
02_SFU_3012	12,7	12,52	0,18
02_SFU_4148	22	21,597	0,403
02_SFU_2599	12,7	12,612	0,088
02_SFU_2652	12,7	12,524	0,176
02_SFU_3197	12,7	12,522	0,178
02_SFU_4134	12,7	12,522	0,178
02_SFU_4361	12,7	12,521	0,179
02_SFU_4360	12,7	12,521	0,179
02_SFU_2659	12,7	12,518	0,182
02_SFU_5834	12,7	12,519	0,181
02_SFU_2681	12,7	12,52	0,18
02_SFU_4320	22	21,595	0,405
02_SFU_5154	12,7	12,524	0,176
02_SFU_4340	12,7	12,463	0,237
02_SFU_5174	12,7	12,462	0,238
02_SFU_2661	12,7	12,462	0,238
02_SFU_3861	12,7	12,521	0,179
02_SFU_2944	12,7	12,516	0,184
02_SFU_5735	12,7	12,516	0,184
02_SFU_2931	12,7	12,514	0,186
02_SFU_3083	12,7	12,512	0,188
02_SFU_3863	12,7	12,516	0,184
02_SFU_3121	12,7	12,458	0,242
02_SFU_4201	22	21,588	0,412
02_SFU_2690	12,7	12,455	0,245
02_SFU_5401	22	21,575	0,425

02_SFU_5831	12,7	12,454	0,246
02_SFU_5042	12,7	12,453	0,247
02_SFU_5832	12,7	12,452	0,248
02_SFU_4056	12,7	12,45	0,25
02_SFU_5168	12,7	12,446	0,254
02_SFU_3120	12,7	12,447	0,253
02_SFU_4380	12,7	12,447	0,253
02_SFU_3135	12,7	12,45	0,25
02_SFU_3201	12,7	12,452	0,248
02_SFU_5664	12,7	12,452	0,248
02_SFU_4144	12,7	12,452	0,248
02_SFU_3150	22	21,573	0,427
02_SFU_4154	12,7	12,516	0,184
02_SFU_4384	12,7	12,453	0,247
02_SFU_4142	22	21,573	0,427
02_SFU_4374	12,7	12,519	0,181
02_SFU_4082	12,7	12,518	0,182
02_SFU_5699	12,7	12,519	0,181
02_SFU_4711	22	21,572	0,428
02_SFR_5692	22	21,571	0,429
02_SFU_4708	22	21,567	0,433
02_SFU_5810	22	21,567	0,433
02_SFU_5808	12,7	12,517	0,183
02_SFU_5691	22	21,571	0,429
02_SFU_3211	12,7	12,453	0,247
02_SFU_3293	12,7	12,453	0,247
02_SFU_2590	12,7	12,45	0,25
02_SFU_4132	12,7	12,449	0,251
02_SFU_3234	12,7	12,449	0,251
02_SFU_4110	12,7	12,447	0,253
02_SFU_4594	12,7	12,443	0,257
02_SFU_5403	12,7	12,441	0,259
02_SFU_4593	12,7	12,44	0,26
02_SFU_4591	12,7	12,441	0,259
02_SFU_4597	12,7	12,441	0,259

02_SFU_4598	12,7	12,441	0,259
02_SFU_3265	12,7	12,449	0,251
02_SFU_4207	12,7	12,449	0,251
02_SFU_4152	12,7	12,448	0,252
02_SFU_3140	12,7	12,458	0,242
02_SFU_4125	12,7	12,448	0,252
02_SFU_5942	12,7	12,448	0,252
02_SFU_3196	12,7	12,448	0,252
02_SFU_3189	12,7	12,448	0,252
02_SFU_2717	12,7	12,448	0,252
02_SFU_3225	12,7	12,448	0,252
02_SFU_3222	12,7	12,488	0,212
02_SFU_4209	12,7	12,488	0,212
02_SFU_3288	12,7	12,488	0,212

Tabla 64. Caída de Voltaje del Alimentador 222.

<i>Objeto</i>	<i>Voltaje Nominal [kV]</i>	<i>Caída Voltaje [kV]</i>	<i>Diferencia Voltaje [kV]</i>
2Q21	22	21,758	0,242
02_REC_T_R-ZHAP	22	21,538	0,462
02_REC_T_R-A006	22	21,472	0,528
02_SFU_5393	12,7	12,5603	0,1397
02_SFU_3645	12,7	12,5603	0,1397
02_SFU_5476	12,7	12,5603	0,1397
02_SFR_5556	22	21,648	0,352
02_SFU_5252	12,7	12,4968	0,2032
02_SFU_5072	22	21,604	0,396
02_SFU_5074	22	21,582	0,418
02_SFU_5073	22	21,582	0,418
02_SFR_5833	22	21,582	0,418
02_SFU_2322	12,7	12,4587	0,2413
02_SFU_3001	12,7	12,4587	0,2413
02_SFU_2999	12,7	12,4587	0,2413
02_SFU_2450	12,7	12,4587	0,2413
02_SFU_3006	12,7	12,4587	0,2413
02_SFU_2463	12,7	12,4587	0,2413
02_SFU_5070	12,7	12,5476	0,1524
02_SFU_5068	22	21,582	0,418
02_SFU_2294	12,7	12,5476	0,1524
02_SFU_2554	22	21,516	0,484
02_SFU_5594	22	21,516	0,484
02_SFU_3804	12,7	12,5349	0,1651
02_SFU_3615	12,7	12,5349	0,1651
02_SFU_3614	12,7	12,5349	0,1651
02_SFU_3617	12,7	12,5349	0,1651
02_SFU_3819	22	21,45	0,55
02_SFU_5843	12,7	12,4968	0,2032
02_SFU_2544	22	21,45	0,55

02_SFU_5709	22	21,428	0,572
02_SFU_5621	22	21,428	0,572
02_SFU_5658	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_5552	22	21,384	0,616
02_SFU_5550	22	21,362	0,638
02_SFU_5433	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_2403	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_5432	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_5711	12,7	12,4714	0,2286
02_SFU_5712	12,7	12,3317	0,3683
02_SFR_2303	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_3383	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_5199	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_4800	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_4799	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_5553	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_5706	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_3014	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_5016	12,7	12,5349	0,1651
02_SFU_4980	22	21,362	0,638
02_SFU_3068	12,7	12,5349	0,1651
02_SFU_5561	22	21,362	0,638
02_SFU_3673	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_3924	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_3680	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_3932	12,7	12,3317	0,3683
02_SFR_5829	22	21,362	0,638
02_SFU_2540	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_2541	22	21,362	0,638
02_SFU_5134	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_2505	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_2504	12,7	12,3317	0,3683
02_SFU_5014	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_5657	22	21,428	0,572
02_SFU_2318	12,7	12,4841	0,2159

02_SFU_5603	22	21,516	0,484
02_SFU_2527	12,7	12,3952	0,3048
02_SFU_5736	12,7	12,3952	0,3048
02_SFU_3906	12,7	12,5222	0,1778
02_SFU_3738	12,7	12,3952	0,3048
02_SFU_5092	12,7	12,5222	0,1778
02_SFU_3941	12,7	12,5222	0,1778
02_SFU_3453	12,7	12,5095	0,1905
02_SFU_3448	12,7	12,5222	0,1778
02_SFU_2903	22	21,472	0,528
02_SFU_3100	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_5093	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_3011	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2802	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2793	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_5863	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_5323	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_5627	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_3341	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2815	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2774	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2784	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2805	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2775	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2788	12,7	12,4841	0,2159
02_SFU_2769	12,7	12,4841	0,2159

ANEXO 4

Tabla 65. Fusibles Coordinados del Alimentador 121.

<i>Principal</i>	<i>Respaldo</i>	<i>V</i> <i>[kV]</i>	<i>Icc</i> <i>[A]</i>	<i>Inrush</i> <i>Calc [A]</i>	<i>Rati.</i>	<i>Tp</i>	<i>Tr</i>	<i>ms</i>	<i>< 0,75</i>	<i>Coord.</i>	<i>Inrush</i> <i>Med.[A]</i>
ALIM_121	02_SFU_5007	12,7	2889		80K	0,3183	0,0391	279,2		Coordina	
02_SFU_5007	02_SFU_5052	12,7	2423		30K	0,0207	0,0142	6,5	0,686	Coordina	
02_SFU_5007	02_SFU_5032	12,7	2449		30K	0,0202	0,0141	6,1	0,698	Coordina	
ALIM_121	02_SFU_2613	22	2816		50K	0,2514	0,0211	230,3		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5209	22	2712		50K	0,2552	0,0221	233,1		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5028	22	2705		50K	0,2555	0,0222	233,3		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5210	22	2714		50K	0,2552	0,0221	233,1		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_2746	22	2639		50K	0,2581	0,0229	235,2		Coordina	
02_SFU_2746	02_SFU_2926	12,7	2513		30K	0,0221	0,0138	8,3	0,624	Coordina	
ALIM_121	02_SFU_4189	12,7	2393		80K	0,3515	0,0515	300		Coordina	
ALIM_121	02_SFR_2657	12,7	1757		80K	0,4232	0,0827	340,5		Coordina	
02_SFR_2657	02_SFU_5826	12,7	1451		30K	0,0597	0,0269	32,8	0,451	Coordina	
02_SFR_2657	02_SFU_5046	12,7	1257		40K	0,0804	0,045	35,4	0,560	Coordina	
02_SFU_5046	02_SFU_4729	12,7	1122		15K	0,0235	0,015	8,5	0,638	Coordina	
ALIM_121	02_SFU_2683	12,7	1868		80K	0,4068	0,075	331,8		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5739	22	2241		50K	0,2769	0,0281	248,8		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5862	22	1932		50K	0,2963	0,0342	262,1		Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_5690	12,7	1462		40K	0,0669	0,0371	29,8	0,555	Coordina	

02_SFU_5862	02_SFU_4217	12,7	1527		40K	0,0612	0,035	26,2	0,572	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_3259	12,7	1327		40K	0,0818	0,042	39,8	0,513	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_5630	22	1556	23,205	2K					Coordina	29,24
02_SFU_5862	02_SFU_4213	12,7	1235		40K	0,0946	0,046	48,6	0,486	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_3811	12,7	1226		40K	0,096	0,0464	49,6	0,483	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_3295	12,7	1327		40K	0,0826	0,042	40,6	0,508	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_4228	12,7	1349		40K	0,0789	0,0411	37,8	0,521	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_2598	12,7	1411		40K	0,072	0,0388	33,2	0,539	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFU_3342	12,7	1543		40K	0,0599	0,0346	25,3	0,578	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFR_5005	12,7	1692		40K	0,0496	0,0307	18,9	0,619	Coordina	
02_SFU_5862	02_SFR_5002	12,7	1700		40K	0,0491	0,0305	18,6	0,621	Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5954	12,7	2129		80K	0,3757	0,0611	314,6		Coordina	
02_SFU_5954	02_SFU_3245	12,7	2118		30K	0,0273	0,0165	10,8	0,604	Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5949	12,7	2150		80K	0,3735	0,0602	313,3		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_3122	12,7	2296		80K	0,3597	0,0547	305		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_5952	12,7	2285		80K	0,3506	0,0551	295,5		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_2949	12,7	2285		80K	0,3506	0,0551	295,5		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_4127	12,7	2184		80K	0,3701	0,0588	311,3		Coordina	
ALIM_121	02_SFU_2961	12,7	2034		80K	0,3859	0,0654	320,5		Coordina	
02_SFU_2961	02_SFU_5260	12,7	1959		30K	0,0321	0,0182	13,9	0,567	Coordina	
02_REC_T_R- GUAP	02_SFU_5001	12,7	1737	37,795	3K					Coordina	42,28
02_REC_T_R- GUAP	02_SFU_3856	12,7	1767	103,94	12K					Coordina	160,29
02_REC_T_R- GUAP	02_SFU_5793	12,7	1285	42,52	12K					Coordina	160,29

02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_2584	12,7	834	20K	0,354	0,0288	325,2		Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_3212	12,7	834	40K	0,354	0,0825	271,5		Coordina
02_SFU_3212	02_SFU_4172	12,7	721	15K	0,0582	0,0248	33,4	0,426	Coordina
02_SFU_3212	02_SFU_5629	12,7	772	15K	0,0505	0,0226	27,9	0,448	Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_5258	12,7	834	20K	0,354	0,0288	325,2		Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_3250	12,7	713	40K	0,4335	0,1058	327,7		Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_3208	12,7	703	40K	0,4416	0,1083	333,3		Coordina
02_SFU_3208	02_SFU_2664	12,7	656	15K	0,0706	0,0281	42,5	0,398	Coordina
02_SFU_3208	02_SFU_4226	12,7	656	15K	0,0706	0,0281	42,5	0,398	Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_5754	12,7	605	50K	0,542	0,2072	334,8		Coordina
02_SFU_5754	02_SFU_5755	12,7	598	25K	0,1356	0,0661	69,5	0,487	Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_2630	12,7	589	50K	0,5629	0,2186	344,3		Coordina
02_SFU_2630	02_SFU_3271	12,7	426	25K	0,2787	0,1155	163,2	0,414	Coordina
02_SFU_3271	02_SFU_5814	12,7	402	12K	0,0766	0,0382	38,4	0,499	Coordina
02_SFU_2630	02_SFU_2695	12,7	431	25K	0,267	0,1133	153,7	0,424	Coordina
02_SFU_2695	02_SFU_2581	12,7	417	12K	0,0711	0,0363	34,8	0,511	Coordina
02_SFU_2630	02_SFU_3187	12,7	512	25K	0,1863	0,0845	101,8	0,454	Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_2648	12,7	497	30T	0,7227	0,3915	331,2		Coordina
02_REC_T_R-GUAP	02_SFU_3141	12,7	470	30T	0,7888	0,4405	348,3		Coordina

02_SFU_3141	02_SFU_4042	12,7	457		20T	0,3221	0,1868	135,3	0,580	Coordina	
02_SFU_3141	02_SFU_4205	12,7	446		20T	0,3386	0,1948	143,8	0,575	Coordina	
02_SFU_3141	02_SFU_3206	12,7	440		15T	0,3477	0,129	218,7	0,371	Coordina	
02_SFU_3206	02_SFU_3180	12,7	412		8T	0,0865	0,0387	47,8	0,447	Coordina	
02_SFU_3141	02_SFU_4006	12,7	440		15T	0,3477	0,129	218,7	0,371	Coordina	
02_SFU_4006	02_SFU_4230	12,7	411		8T	0,0869	0,0389	48	0,448	Coordina	
02_SFU_4006	02_SFU_3223	12,7	411		8T	0,0869	0,0389	48	0,448	Coordina	
02_REC_T_R- GUAP	02_SFU_3228	12,7	1865							Coordina	
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_2993	12,7	1800	51,969	10K					Coordina	124,36
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_5324	12,7	1680	23,622	10K					Coordina	124,36
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_2646	12,7	1658	23,622	10K					Coordina	124,36
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_4805	22	1915	8,2873	6K					Coordina	71,43
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_4788	12,7	1465	14,173	10K					Coordina	124,36
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_4990	12,7	1464	9,4488	1K					Coordina	13,73
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_5919	12,7	1445	47,244	10K					Coordina	124,36
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_4793	12,7	1269	23,622	10K					Coordina	124,36
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_4794	12,7	1269	4,7244	1K					Coordina	13,73
02_REC_T_R- ORIE	02_SFU_3159	12,7	1188		20K	0,2305	0,0185	212		Coordina	

02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4143	12,7	1240		20K	0,2193	0,0175	201,8	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3263	22	1416	82,873	8K				Coordina	94,78
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3124	12,7	1136		20K	0,2429	0,0195	223,4	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3214	12,7	1136		20K	0,2429	0,0195	223,4	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3281	12,7	945		20K	0,303	0,0245	278,5	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2828	12,7	899		25K	0,3223	0,0372	285,1	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2534	12,7	826		30K	0,3584	0,0591	299,3	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4055	12,7	796		40K	0,3757	0,0885	287,2	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4185	12,7	796		40K	0,3757	0,0885	287,2	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2707	12,7	739		40K	0,4135	0,0997	313,8	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4023	12,7	706		40K	0,4391	0,1075	331,6	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3964	12,7	648		40K	0,4929	0,1237	369,2	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3968	12,7	648		40K	0,4929	0,1237	369,2	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3101	12,7	567		50K	0,5941	0,2359	358,2	Coordina	
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5180	12,7	832		20K	0,3551	0,0289	326,2	Coordina	

02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3168	12,7	799	20K	0,3739	0,0306	343,3		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4714	12,7	759	25K	0,3993	0,0472	352,1		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5547	12,7	755	25K	0,4021	0,0475	354,6		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5794	12,7	749	30K	0,4063	0,068	338,3		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2607	12,7	749	30K	0,4063	0,068	338,3		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5879	12,7	731	30K	0,4195	0,0704	349,1		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2725	12,7	683	30K	0,4589	0,0777	381,2		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5152	12,7	627	50K	0,5155	0,1934	322,1		Coordina
02_SFU_5152	02_SFU_5554	12,7	596	25K	0,1365	0,0669	69,6	0,490	Coordina
02_SFU_5152	02_SFU_5151	12,7	626	25K	0,1234	0,062	61,4	0,502	Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2615	12,7	584	50K	0,5698	0,2224	347,4		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5153	12,7	573	50K	0,5853	0,231	354,3		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2604	12,7	529	50K	0,658	0,2711	386,9		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3184	12,7	501	30T	0,7137	0,385	328,7		Coordina
02_SFU_3184	02_SFU_3256	12,7	480	15T	0,2917	0,1113	180,4	0,382	Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3106	12,7	469	30T	0,7915	0,4425	349		Coordina
02_SFU_3106	02_SFU_3436	12,7	443	15T	0,343	0,1275	215,5	0,372	Coordina

02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2935	12,7	425	30T	0,9301	0,5446	385,5		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5043	12,7	521	50K	0,673	0,2795	393,5		Coordina
02_SFU_5043	02_SFU_2945	12,7	520	20K	0,1805	0,0557	124,8	0,309	Coordina
02_SFU_5043	02_SFU_3012	12,7	380	20K	0,3485	0,0875	261	0,251	Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2652	12,7	499	30T	0,7182	0,3882	330		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4134	12,7	490	30T	0,739	0,4034	335,6		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4361	12,7	475	30T	0,7759	0,4308	345,1		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4360	12,7	469	30T	0,7915	0,4425	349		Coordina
02_SFU_4360	02_SFU_2659	12,7	356	15T	0,5331	0,1848	348,3	0,347	Coordina
02_SFU_4360	02_SFU_5834	12,7	418	15T	0,3856	0,1407	244,9	0,365	Coordina
02_SFU_4360	02_SFU_2681	12,7	450	15T	0,3323	0,1242	208,1	0,374	Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4320	22	697	15K	0,2262	0,0259	200,3		Coordina
02_SFU_4320	02_SFU_5154	12,7	394	12K	0,0823	0,0393	43	0,478	Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4340	12,7	463	30T	0,8076	0,4546	353		Coordina
02_SFU_4340	02_SFU_5174	12,7	446	15T	0,3383	0,1261	212,2	0,373	Coordina
02_SFU_5174	02_SFU_2661	12,7	429	8T	0,0798	0,0365	43,3	0,457	Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3861	12,7	452	30T	0,8392	0,4783	360,9		Coordina
02_SFU_3861	02_SFU_5735	12,7	404	15T	0,413	0,1491	263,9	0,361	Coordina
02_SFU_5735	02_SFU_3083	12,7	374	8T	0,1049	0,0446	60,3	0,425	Coordina

02_SFU_3861	02_SFU_3863	12,7	404	15T	0,413	0,1491	263,9	0,361	Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_3121	12,7	441	30T	0,8744	0,5038	370,6		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_4201	22	621	20K	0,2592	0,0434	215,8		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_2690	12,7	422	30T	0,9412	0,5528	388,4		Coordina
02_REC_T_R-ORIE	02_SFU_5401	22	591	20K	0,275	0,0465	228,5		Coordina
02_SFU_5401	02_SFU_5831	12,7	413	20K	0,1221	0,0776	44,5	0,636	Coordina
02_SFU_5831	02_SFU_4056	12,7	373	10K	0,049	0,0314	17,6	0,641	Coordina
02_SFU_5831	02_SFU_3201	12,7	384	10K	0,0462	0,0303	15,9	0,656	Coordina
02_SFU_5831	02_SFU_4144	12,7	393	10K	0,044	0,0292	14,8	0,664	Coordina
02_SFU_5401	02_SFU_4154	12,7	405	20K	0,1271	0,0798	47,3	0,628	Coordina
02_SFU_5401	02_SFU_4384	12,7	403	20K	0,1283	0,0804	47,9	0,627	Coordina
02_SFU_5401	02_SFU_4142	22	572	6T	0,0205	0,0148	5,7	0,722	Coordina
02_SFU_5401	02_SFU_4711	22	565	6T	0,021	0,0151	5,9	0,719	Coordina
02_SFU_5401	02_SFU_2590	12,7	372	20K	0,1519	0,0903	61,6	0,594	Coordina
02_SFU_2590	02_SFU_4132	12,7	367	10K	0,0506	0,0321	18,5	0,634	Coordina
02_SFU_2590	02_SFU_3265	12,7	369	10K	0,0501	0,0319	18,2	0,637	Coordina
02_SFU_2590	02_SFU_4207	12,7	356	10K	0,0539	0,0333	20,6	0,618	Coordina

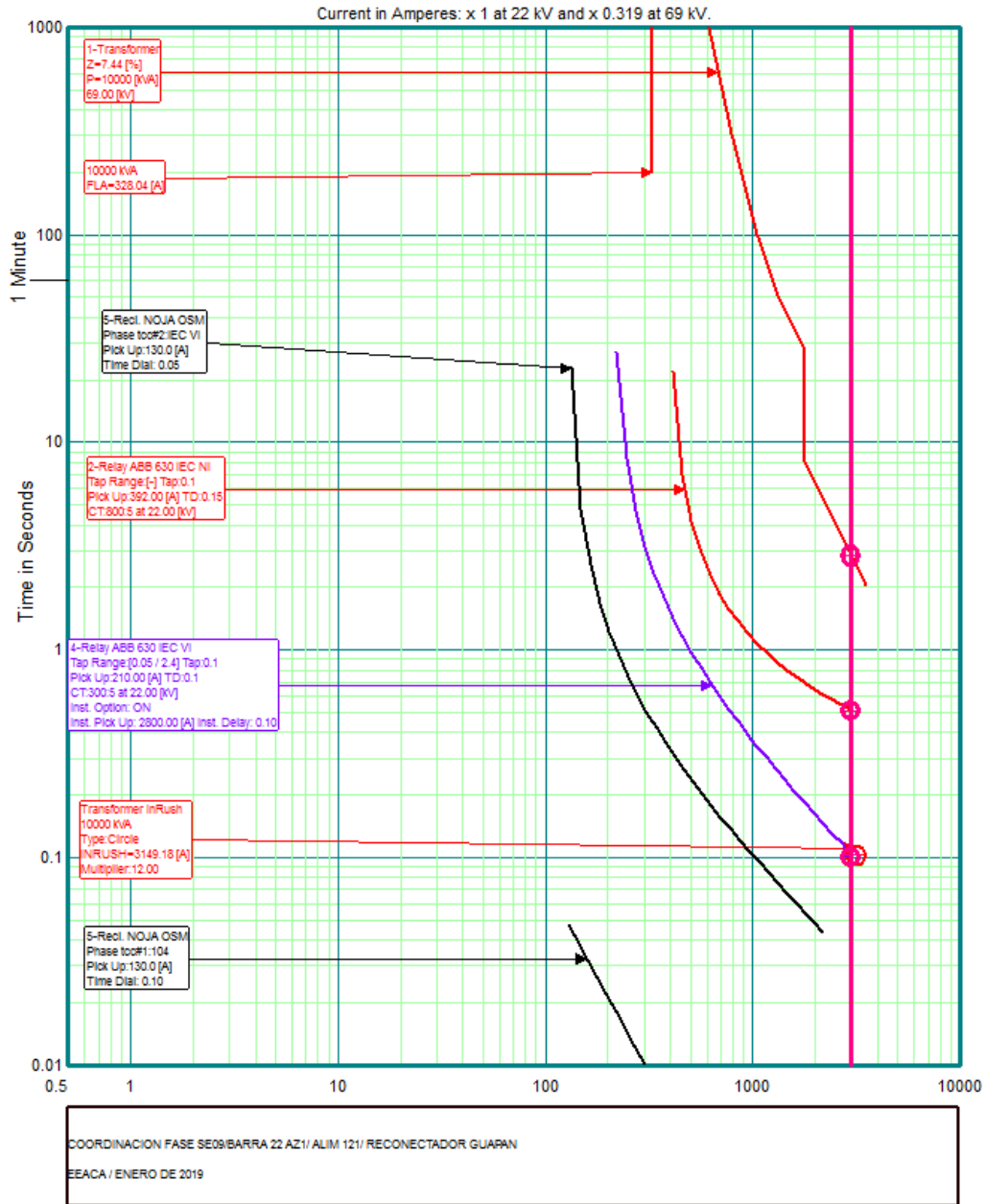


Figura 78. Curvas del Alimentador.

ANEXO 5

Tabla 66. Cargas de los Fusibles del Alimentador 121.

<i>02_SFU_5630</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
3	70	15	30
V[kV]	22	I=	1,933709036
<i>02_SFU_5001</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
2	40	15	25
V[kV]	12,7	I=	3,149606299
<i>02_SFU_3856</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
7	110	10	25
V[kV]	12,7	I=	8,661417323
<i>02_SFU_5793</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
3	45	5	25
V[kV]	12,7	I=	3,543307087
<i>02_SFU_3228</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
4	102,5	15	37,5
V[kV]	12,7	I=	8,070866142
<i>02_SFU_2993</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
4	55	10	25
V[kV]	12,7	I=	4,330708661
<i>02_SFU_5324</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
1	25	0	25
V[kV]	12,7	I=	1,968503937
<i>02_SFU_2646</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
1	25	0	25

V[kV]	12,7	I=	1,968503937
02_SFU_4805			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	25	0	25
V[kV]	22	I=	0,69061037
02_SFU_4788			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	15	0	15
V[kV]	12,7	I=	1,181102362
02_SFU_4990			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	10	0	10
V[kV]	12,7	I=	0,787401575
02_SFU_5919			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
4	50	10	15
V[kV]	12,7	I=	3,937007874
02_SFU_4793			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
2	25	10	15
V[kV]	12,7	I=	1,968503937
02_SFU_4794			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	5	0	5
V[kV]	12,7	I=	0,393700787
02_SFU_3263			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
2	250	50	200
V[kV]	22	I=	6,906103698

Tabla 67. Inrush de los Fusibles Coordinados.

02_SFU_3263				02_SFU_5630			
Selectividad				Selectividad			
In	6,9061037	A		In	1,93370904	A	
Inrush max	172,652592	A	0.01 s	Inrush max	48,3427259	A	0.01 s
Inrush	82,8732444	A	0.1 s	Inrush	23,2045084	A	0.1 s
Carga fría	20,7183111		10 s	Carga fría	5,80112711		10 s
02_SFU_5001				02_SFU_3856			
selectividad				selectividad			
In	3,1496063	A		In	8,66141732	A	
Inrush max	78,7401575	A	0.01 s	Inrush max	216,535433	A	0.01 s
Inrush	37,7952756	A	0.1 s	Inrush	103,937008	A	0.1 s
Carga fría	9,4488189		10 s	Carga fría	25,984252		10 s
02_SFU_5793				02_SFU_3228			
Selectividad				Selectividad			
In	3,54330709	A		In	8,07086614	A	
Inrush max	88,5826772	A	0.01 s	Inrush max	201,771654	A	0.01 s
Inrush	42,519685	A	0.1 s	Inrush	96,8503937	A	0.1 s
Carga fría	10,6299213		10 s	Carga fría	24,2125984		10 s
02_SFU_2993				02_SFU_5324			
Selectividad				Selectividad			
In	4,33070866	A		In	1,96850394	A	
Inrush max	108,267717	A	0.01 s	Inrush max	49,2125984	A	0.01 s
Inrush	51,9685039	A	0.1 s	Inrush	23,6220472	A	0.1 s
Carga fría	12,992126		10 s	Carga fría	5,90551181		10 s
02_SFU_2646				02_SFU_4805			
Selectividad				Selectividad			
In	1,96850394	A		In	0,69061037	A	
Inrush max	49,2125984	A	0.01 s	Inrush max	17,2652592	A	0.01 s
Inrush	23,6220472	A	0.1 s	Inrush	8,28732444	A	0.1 s
Carga fría	5,90551181		10 s	Carga fría	2,07183111		10 s
02_SFU_4788				02_SFU_4990			
Selectividad				Selectividad			
In	1,18110236	A		In	0,78740157	A	

Inrush max	29,5275591	A	0.01 s	Inrush max	19,6850394	A	0.01 s
Inrush	14,1732283	A	0.1 s	Inrush	9,4488189	A	0.1 s
Carga fría	3,54330709		10 s	Carga fría	2,36220472		10 s
<i>02_SFU_5919</i>				<i>02_SFU_4793</i>			
Selectividad				Selectividad			
In	3,93700787	A		In	1,96850394	A	
Inrush max	98,4251969	A	0.01 s	Inrush max	49,2125984	A	0.01 s
Inrush	47,2440945	A	0.1 s	Inrush	23,6220472	A	0.1 s
Carga fría	11,8110236		10 s	Carga fría	5,90551181		10 s
<i>02_SFU_4794</i>							
Selectividad							
In	0,39370079	A					
Inrush max	9,84251969	A	0.01 s				
Inrush	4,72440945	A	0.1 s				
Carga fría	1,18110236		10 s				

ANEXO 6

Tabla 68. Fusibles Coordinados de Alimentador 222.

<i>Principal</i>	<i>Respaldo</i>	<i>V</i> <i>[kV]</i>	<i>Icc</i> <i>[A]</i>	<i>Inrush</i> <i>Cal.[A]</i>	<i>Rati.</i>	<i>Tp</i>	<i>Tr</i>	<i>ms</i>	<i>< 0,75</i>	<i>Coord.</i>	<i>Inrush</i> <i>Med.[A]</i>
ALIM_222	02_SFU_5393	12,7	3797	9,449	1K					Coordina	13,73
ALIM_222	02_SFU_3645	12,7	3820	87,4	8K					Coordina	94,78
ALIM_222	02_SFR_5556	22	3448	4,724	1K					Coordina	13,73
ALIM_222	02_SFU_5252	12,7	3244	14,17	2K					Coordina	29,24
ALIM_222	02_SFU_3001	12,7	2587	23,62	2K					Coordina	29,24
ALIM_222	02_SFU_2999	12,7	2445	70,87	6K					Coordina	71,43
ALIM_222	02_SFU_2450	12,7	2431	68,5	6K					Coordina	71,43
ALIM_222	02_SFU_3006	12,7	2282	73,23	8K					Coordina	94,78
ALIM_222	02_SFU_5070	12,7	2833	35,43	3K					Coordina	42,28
ALIM_222	02_SFU_2294	12,7	2866	56,69	6K					Coordina	71,43
REC_T_R- ZHAP	02_SFU_2554	22	2553	11,81	1K					Coordina	13,74
REC_T_R- ZHAP	02_SFU_3804	12,7	2143		50K	0,4056	0,0298	376		Coordina	
REC_T_R- ZHAP	02_SFU_3615	12,7	2038		50K	0,4133	0,0319	381		Coordina	
REC_T_R- ZHAP	02_SFU_3614	12,7	2032		50K	0,4138	0,032	382		Coordina	
REC_T_R- ZHAP	02_SFU_3617	12,7	1956		50K	0,42	0,0337	386		Coordina	

REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5843	12,7	1864		50K	0,4282	0,0359	392		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_2544	22	2218		30K	0,3354	0,0155	320		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5709	22	2188		30K	0,3367	0,0158	321		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5621	22	2161		30K	0,3379	0,016	322		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5658	12,7	1788		50K	0,4355	0,0379	398		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5550	22	1782		30K	0,3579	0,0206	337		Coordina	
02_SFU_5550	02_SFU_5433	12,7	1407		25K	0,0268	0,015	11,8	0,560	Coordina	
02_SFU_5433	02_SFU_2403	12,7	1320	33,1	10K					Coordina	124,4
02_SFU_5550	02_SFU_5711	12,7	1372		20K	0,0282	0,0155	12,7	0,550	Coordina	
02_SFU_5550	02_SFU_5712	12,7	1343		20K	0,0295	0,0159	13,6	0,539	Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_3383	12,7	1360		40T	0,4931	0,1002	393		Coordina	
02_SFU_3383	02_SFU_5199	12,7	1178		20T	0,0764	0,0405	35,9	0,530	Coordina	
02_SFU_3383	02_SFU_4800	12,7	1178		20T	0,0764	0,0405	35,9	0,530	Coordina	
02_SFU_3383	02_SFU_4799	12,7	1178		20T	0,0764	0,0405	35,9	0,530	Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5553	12,7	1523		65K	0,4672	0,0717	396		Coordina	
02_SFU_5553	02_SFU_5706	12,7	1463		30K	0,041	0,0266	14,4	0,649	Coordina	
02_SFU_5553	02_SFU_3014	12,7	1372		30K	0,0468	0,029	17,8	0,620	Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5016	12,7	1545		65K	0,4642	0,0702	394		Coordina	

REC_T_R-ZHAP	02_SFU_3068	12,7	1465		65K	0,4756	0,0758	400		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5561	22	1509		65K	0,4692	0,0726	397		Coordina	
02_SFU_5561	02_SFU_3673	12,7	1314		30K	0,0511	0,0308	20,3	0,603	Coordina	
02_SFU_5561	02_SFU_3680	12,7	1220		30K	0,0595	0,0342	25,3	0,575	Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFR_5829	22	1917		30K	0,35	0,0187	331		Coordina	
02_SFR_5829	02_SFU_2540	12,7	1526		25K	0,0277	0,0192	8,5	0,693	Coordina	
02_SFR_5829	02_SFU_2541	22	1875	86,6	10K					Coordina	124,36
02_SFR_5829	02_SFU_5134	12,7	1485	94,49	15K					Coordina	206,59
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5014	12,7	2097		65K	0,4089	0,0451	364		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_2318	12,7	1721		65K	0,4427	0,06	383		Coordina	
REC_T_R-ZHAP	02_SFU_5603	22	2649	18,9	40K					Coordina	29,24
REC_T_R-A006	02_SFU_2527	12,7	1695		25K	0,2264	0,0169	210		Coordina	
REC_T_R-A006	02_SFU_3906	12,7	1566		30K	0,242	0,0244	218		Coordina	
REC_T_R-A006	02_SFU_3738	12,7	1534		30K	0,2463	0,025	221		Coordina	
REC_T_R-A006	02_SFU_5092	12,7	1532		30K	0,2466	0,0251	222		Coordina	
REC_T_R-A006	02_SFU_3941	12,7	1450		25T	0,2585	0,0427	216		Coordina	
02_SFU_3941	02_SFU_3453	12,7	1277	35,43	10T					Coordina	216,16
02_SFU_3941	02_SFU_3448	12,7	1340	44,88	10T					Coordina	216,16

REC_T_R-A006	02_SFU_3100	12,7	1419	30K	0,2634	0,0277	236		Coordina
REC_T_R-A006	02_SFU_5093	12,7	1358	30K	0,2739	0,0294	245		Coordina
REC_T_R-A006	02_SFU_3011	12,7	1305	25T	0,2837	0,05	234		Coordina
02_SFU_3011	02_SFU_2802	12,7	1032	10T	0,0369	0,0167	20,2	0,453	Coordina
REC_T_R-A006	02_SFU_5863	12,7	1123	30K	0,3255	0,0383	287		Coordina
REC_T_R-A006	02_SFU_5323	12,7	1093	25T	0,3338	0,0652	269		Coordina
02_SFU_5323	02_SFU_5627	12,7	916	10T	0,0469	0,0193	27,6	0,412	Coordina
REC_T_R-A006	02_SFU_3341	12,7	1093	25T	0,3338	0,0652	269		Coordina
02_SFU_3341	02_SFU_2815	12,7	1024	10T	0,0375	0,0169	20,6	0,451	Coordina
02_SFU_3341	02_SFU_2788	12,7	1014	10T	0,0382	0,0171	21,1	0,448	Coordina

ANEXO 7

Tabla 69. Cargas de los Fusibles del Alimentador 222.

<i>02_SFU_5393</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
1	10	0	10
V[kV]	12,7	I=	0,78740157
<i>02_SFU_3645</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
5	92,5	10	37,5
V[kV]	12,7	I=	7,28346457
<i>02_SFR_5556</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
1	15	0	15
V[kV]	22	I=	0,39364791
<i>02_SFU_5252</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
1	15	0	15
V[kV]	12,7	I=	1,18110236
<i>02_SFU_3001</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
1	25	0	25
V[kV]	12,7	I=	1,96850394
<i>02_SFU_2999</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
2	75	37,5	37,5
V[kV]	12,7	I=	5,90551181
<i>02_SFU_2450</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
2	25	10	15
V[kV]	12,7	I=	5,70866142
<i>02_SFU_3006</i>			
<i>N° TRAFOS</i>	<i>POTENCIA KVA</i>	<i>MIN KVA</i>	<i>MAX KVA</i>
3	77,5	15	37,5

V[kV]	12,7	I=	6,1023622
02_SFU_2554			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	37,5	0	37,5
V[kV]	22	I=	0,98411978
02_SFU_2403			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
2	35	10	25
V[kV]	12,7	I=	2,75590551
02_SFU_2541			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
2	275	75	200
V[kV]	22	I=	7,21687836
02_SFU_5134			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	37,5	0	37,5
V[kV]	12,7	I=	2,95275591
02_SFU_5603			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
4	60	10	30
V[kV]	22	I=	1,57459164
02_SFU_3453			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
1	37,5	0	37,5
V[kV]	12,7	I=	2,95275591
02_SFU_3448			
N° TRAFOS	POTENCIA KVA	MIN KVA	MAX KVA
2	47,5	10	37,5
V[kV]	12,7	I=	3,74015748

Tabla 70. Inrush de los Fusibles.

02_SFU_5393				02_SFU_3645			
Selectividad				Selectividad			
In	0,78740157	A		In	7,28346457	A	
Inrush max	19,6850394	A	0.01 s	Inrush max	182,086614	A	0.01 s
Inrush	9,4488189	A	0.1 s	Inrush	87,4015748	A	0.1 s
Carga fría	2,36220472		10 s	Carga fría	21,8503937		10 s
02_SFR_5556				02_SFU_5252			
Selectividad				Selectividad			
In	0,39364791	A		In	1,18110236	A	
Inrush max	9,84119777	A	0.01 s	Inrush max	29,5275591	A	0.01 s
Inrush	4,72377493	A	0.1 s	Inrush	14,1732283	A	0.1 s
Carga fría	1,18094373		10 s	Carga fría	3,54330709		10 s
02_SFU_3001				02_SFU_2999			
Selectividad				Selectividad			
In	1,96850394	A		In	5,90551181	A	
Inrush max	49,2125984	A	0.01 s	Inrush max	147,637795	A	0.01 s
Inrush	23,6220472	A	0.1 s	Inrush	70,8661417	A	0.1 s
Carga fría	5,90551181		10 s	Carga fría	17,7165354		10 s
02_SFU_2450				02_SFU_3006			
Selectividad				Selectividad			
In	5,70866142	A		In	6,1023622	A	
Inrush max	142,716535	A	0.01 s	Inrush max	152,559055	A	0.01 s
Inrush	68,503937	A	0.1 s	Inrush	73,2283465	A	0.1 s
Carga fría	17,1259843		10 s	Carga fría	18,3070866		10 s
02_SFU_5070				02_SFU_2294			
Selectividad				Selectividad			
In	2,95275591	A		In	4,72440945	A	
Inrush max	73,8188976	A	0.01 s	Inrush max	118,110236	A	0.01 s
Inrush	35,4330709	A	0.1 s	Inrush	56,6929134	A	0.1 s
Carga fría	8,85826772		10 s	Carga fría	14,1732283		10 s
02_SFU_2554				02_SFU_2403			
Selectividad				Selectividad			
In	0,98411978	A		In	2,75590551	A	

Inrush max	24,6029944	A	0.01 s	Inrush max	68,8976378	A	0.01 s
Inrush	11,8094373	A	0.1 s	Inrush	33,0708661	A	0.1 s
Carga fría	2,95235933		10 s	Carga fría	8,26771654		10 s
<i>02_SFU_2541</i>				<i>02_SFU_5134</i>			
Selectividad				Selectividad			
In	7,21687836	A		In	7,87401575	A	
Inrush max	180,421959	A	0.01 s	Inrush max	196,850394	A	0.01 s
Inrush	86,6025404	A	0.1 s	Inrush	94,488189	A	0.1 s
Carga fría	21,6506351		10 s	Carga fría	23,6220472		10 s
<i>02_SFU_5603</i>				<i>02_SFU_3453</i>			
Selectividad				Selectividad			
In	1,57459164	A		In	2,95275591	A	
Inrush max	39,3647911	A	0.01 s	Inrush max	73,8188976	A	0.01 s
Inrush	18,8950997	A	0.1 s	Inrush	35,4330709	A	0.1 s
Carga fría	4,72377493		10 s	Carga fría	8,85826772		10 s
<i>02_SFU_3448</i>							
Selectividad							
In	3,74015748	A					
Inrush max	93,503937	A	0.01 s				
Inrush	44,8818898	A	0.1 s				
Carga fría	11,2204724		10 s				

ANEXO 8

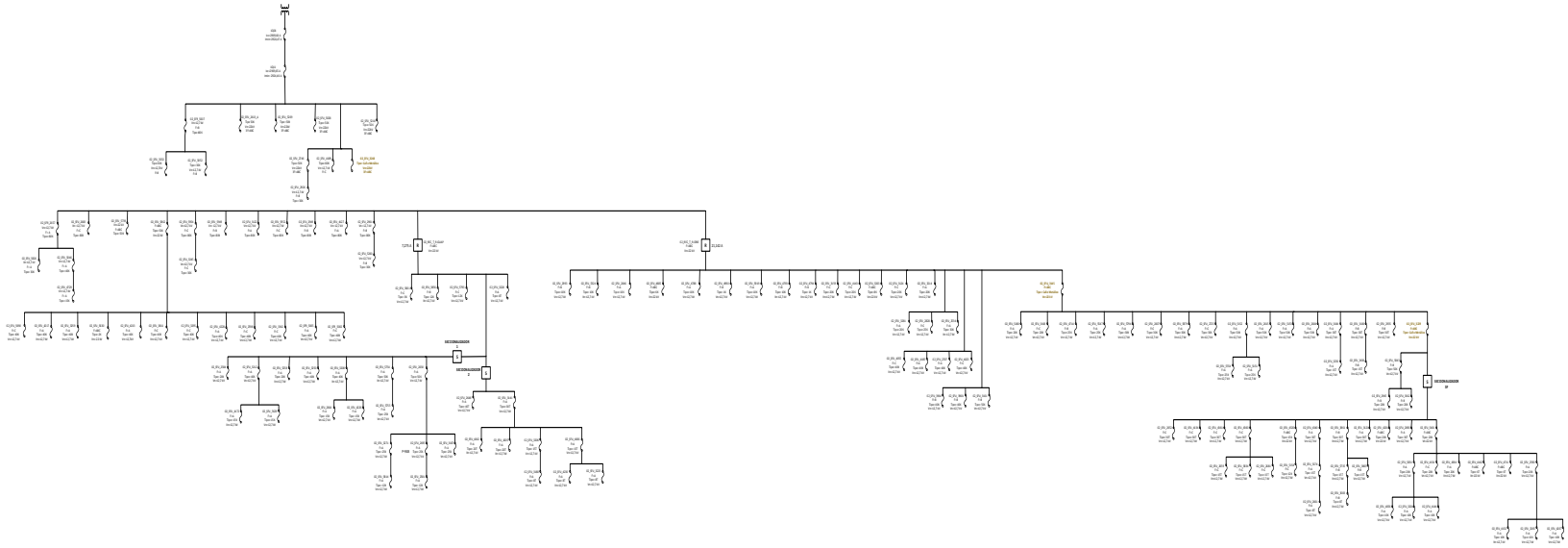


Figura 79. Diagrama de la Coordinación del Alimentador 121.

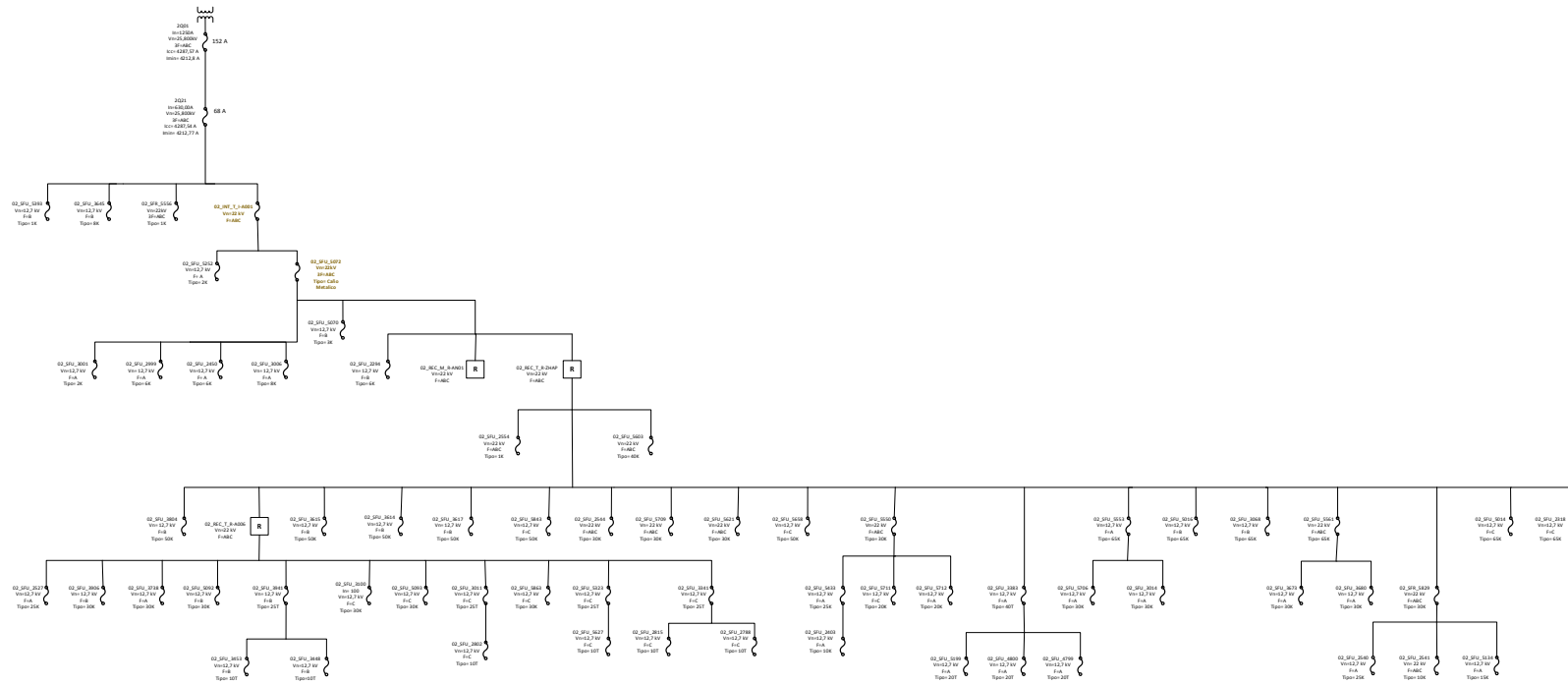


Figura 80. Diagrama de la Coordinación del Alimentador 222

ANEXO 9

Tabla 71. Ejemplo de interrupciones en el alimentador 121.

<i>Nivel de afectación de la interrupción a la Red</i>	<i>Origen de Interrupción</i>	<i>Causa de Interrupción</i>	<i>Catálogo de Interrupciones</i>	<i>Descripción de Interrupción</i>	<i>Carga Fuera de Servicio (kVA)</i>	<i>Duración de Interrupción (H:min:ss)</i>
Ramal Monofásico	INTERNA NO PROGRAMADA	CLIMATICAS	Descargas Atmosféricas (Rayos)	Descargas Atmosféricas	0,24	5:23:00
Ramal Monofásico	INTERNA NO PROGRAMADA	AMBIENTALES	Vegetación (sin incluir desbroce)	Arbles cerca de la red de BT	3,75	53:00:00
Ramal Monofásico	INTERNA NO PROGRAMADA	AMBIENTALES	Vegetación (sin incluir desbroce)	Arboles cerca de la red de BT	0,01	2:39:00
Ramal trifásico	INTERNA NO PROGRAMADA	PERTURBACIONES EN LA RED	Falla de equipamiento, materiales y accesorios	Bajantes sulfatadas	33,75	1:53:00
Ramal Monofásico	INTERNA NO PROGRAMADA	CLIMATICAS	Descargas Atmosféricas (Rayos)	Descargas Atmosféricas	80,00	0:45:00
Ramal Monofásico	INTERNA NO PROGRAMADA	AMBIENTALES	Vegetación (sin incluir desbroce)	Arboles cerca de la red de BT	0,08	3:23:56

Vita

Acá se incluye una breve biografía del autor de la tesis.