



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

Estudio paramétrico y simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Iza Sampetro Franklin Rolando
Toapanta Morejón Klever Ivan

Tutor:

Ing. Víctor Hugo Hidalgo, DSc.

LATACUNGA – ECUADOR

2022

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación **“Estudio paramétrico y simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma”** presentado por **IZA SAMPEDRO FRANKLIN ROLANDO y TOAPANTA MOREJON KLEVER IVAN**, para optar por el título Magíster en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes, y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores, con la finalidad de que se designe fecha de exposición y defensa pública.

Latacunga, 8 abril del 2022

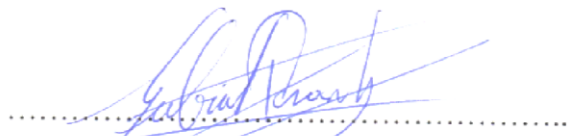
.....
Ing. Victor Hugo Hidalgo, Dsc.

CC.: 1715476758

AVAL DEL TRIBUNAL

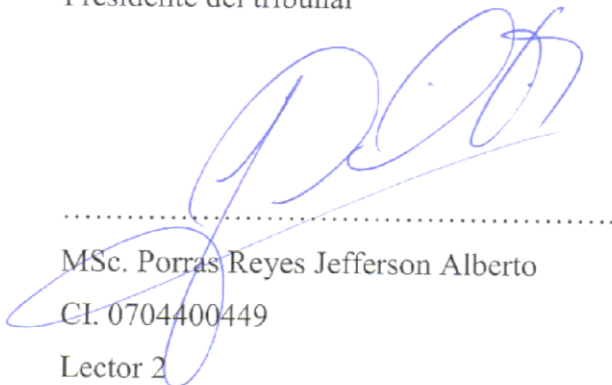
El trabajo de Titulación: **“Estudio paramétrico y simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma”** ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que los estudiantes puedan presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, 8 abril del 2022



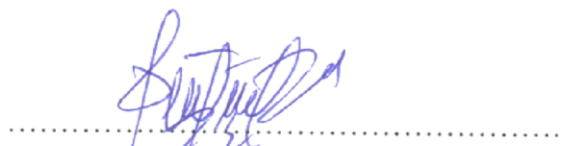
MSc. Pesantez Palacios Gabriel Napoleón
CI. 0301893889

Presidente del tribunal



MSc. Porrás Reyes Jefferson Alberto
CI. 0704400449

Lector 2



MSc. Cabrera Celi Gabriela Cristina
CI. 1104683873

Lector 3

DEDICATORIA

A mi esposa, padres y hermanos quienes compartieron conmigo momentos difíciles y felices en esta etapa estudiantil, a ellos que estuvieron conmigo en todo momento y que pese a los obstáculos de la pandemia alcanzamos el objetivo la mejor herencia el “Estudio”.

Klever

A Dios por permitirme estar junto a mi familia y alcanzar con éxito este trabajo de investigación que fue un objetivo tan complejo en esta época de pandemia, a mi hijo Eithan y mi esposa Betty que con su paciencia e inspiración me apoyaron todos los días hasta alcanzar la meta, a mis padres y hermanos que con sus palabras de aliento me impulsan a seguir, y para todos quienes fueron parte día a día de este gran reto cumplido lo que me permitirá aportar con un granito de arena a la sociedad.

Franklin

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a nuestro tutor de tesis Dr. Víctor H. Hidalgo, por su dedicación y atención brindada en este proyecto, por mostrar su respeto a nuestras ideas y sugerencias por sus directrices claras y precisas mismas que permitieron desarrollar este trabajo de investigación.

Agradecemos de manera ostensible:

A la Unidad de Negocio CNEL BOLIVAR por la apertura para el desarrollo de este proyecto de investigación, de manera especial al Ing. Cristian Flores y al Departamento de operación y mantenimiento por el constante apoyo y brindar las facilidades.

Franklin – Klever

A nuestros colegas de aula por el apoyo personal y humano con quienes hemos compartido proyectos y sueños durante esta etapa estudiantil.

Klever

Expreso mi profundo agradecimiento a los compañeros de aula por el apoyo brindado en el tiempo transcurrido en esta etapa estudiantil; a mi hijo y esposa por la paciencia mientras estudiaba y trabajaba. Finalmente, gracias por su generosa amistad Klever y Pamela que formaron parte de este sueño y proyecto anhelado.

Franklin

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quienes suscriben, declaran que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, 8 abril del 2022


.....
Franklin Rolando Iza Sampedro
C.C.: 0503349144


.....
Klever Ivan Toapanta Morejon
C.C.: 0502728173

RENUNCIA DE DERECHOS

Quienes suscriben, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 8 abril del 2022


.....
Franklin Rolando Iza Sampedro
C.C.: 0503349144


.....
Klever Ivan Toapanta Morejon
C.C.: 0502728173

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: **“Estudio paramétrico y simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma”**, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, 8 abril del 2022

MSc. Pesantez Palacios Gabriel Napoleón

CI. 0301893889

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Título: “Estudio paramétrico y simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma”.

Autores: Iza Sampetro Franklin Rolando y Toapanta morejon Klever Ivan

Tutor: Ing. Víctor Hugo Hidalgo, Dsc.

RESUMEN

El proyecto de investigación busca justificar la importancia del conductor neutro dentro del sistema de distribución eléctrico del alimentador Pita de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Unida de Negocio Bolívar - Subestación Caluma; mediante el estudio paramétrico, la simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación y que se ha validado a través del recorrido en campo para la aplicación del método experimental, una vez efectuado el relevamiento se realizó la parametrización de las variables de acuerdo a las condiciones operativas enfocadas a verificar el efecto del conductor de neutro corrido en el sistema eléctrico del alimentador, durante el análisis se identificó las variables de mayor impacto que refleja en el proceso de funcionamiento y la carga total conectada. Para que el proceso de solución matemática sea más exacto y confiable se utilizó el método de reducción planteado por Kron con lo cual se puede encontrar la matriz de impedancia Z_{abc} , con esta matriz y la facilidad de la parametrización se organiza e imprimen los resultados sin descartar la matriz de admitancias shunt y componentes de secuencia planteadas por Carson, por lo que, se desarrolló un código modelo para realizar la identificación, evaluación y validación de resultados referente a cómo incide el conductor neutro. El modelo paramétrico considero verificar los valores establecidos en el programa de análisis de redes eléctricas (CYME). Una vez identificado los valores con un número finito de parámetros se buscó la mejor opción o condición operativa para el mejoramiento del funcionamiento y protección del sistema eléctrico, con la aplicación

de esto se llegó a demostrar mediante el programa de simulación ATP que un sistema de conductor de neutro corrido conectado en todo el sistema en especial a los centros de transformación la corriente se incrementa durante una falla en cualquier punto del sistema y el voltaje disminuye permitiendo una mayor coordinación con las protecciones en las áreas establecidas, esto permitió buscar como resultado la aplicación de una propuesta y recomendaciones en base a los análisis con la instalación en los tramos faltantes del conductor neutro ya que el objetivo de estudio busca conocer la importancia del conductor neutro en un SED de configuración radial simple.

PALABRAS CLAVES: Alimentador, parámetros de red aérea, simulación, matriz de impedancia, matriz de impedancia de secuencia, matriz de admitancia y matriz de admitancia de secuencia.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Title: "Parametric study and simulation of the influence of the neutral conductor run in the transformation centers corresponding to the medium voltage feeder" PITA "of the Caluma Substation".

Authors: Iza Sampedro Franklin Rolando y Toapanta morejon Klever Ivan

Tutor: Ing. Víctor Hugo Hidalgo, Dsc.

ABSTRACT

The research project seeks to justify the importance of the neutral conductor within the electrical distribution system of the Pita feeder of the Strategic Public Electric Company Bolívar Business Unit - Caluma Substation; through the parametric study, the simulation of the influence of the neutral conductor running in the transformation centers and that has been validated through the field trip for the application of the experimental method, once the survey was demonstrated, the parameterization of the variables of According to the operating conditions focused on verifying the effect of the running neutral conductor in the electrical system of the feeder, during the analysis the variables with the greatest impact that reflected in the operating process and the total connected load were identified. In order for the mathematical solution process to be more accurate and reliable, the reduction method proposed by Kron was obtained, with which the impedance matrix Z_{abc} can be found, with this matrix and the ease of parameterization, the results are organized and printed without discarding the matrix of shunt admittances and sequence components proposed by Carson, therefore, a model code is derived to carry out the identification, evaluation and validation of results referring to how the neutral conductor affects. The parametric model considers verifying the values established in the electrical network analysis program (CYME). Once the values with a finite number of parameters were identified, the best option or operating condition was sought to improve the operation and protection of the electrical

system, with the application of this it was demonstrated through the ATP simulation program that a conductor system of running neutral connected throughout the system, especially to the transformation centers, the current increases during a fault at any point in the system and the voltage decreases, allowing greater coordination with the protections in the established areas, this allowed the application to be sought as a result of a proposal and recommendations based on the analyzes with the installation in the missing sections of the neutral conductor since the objective of the study seeks to know the importance of the neutral conductor in a SED of simple radial configuration.

KEY WORDS: Feeder, aerial network parameters, simulation, impedance matrix, sequence impedance matrix, admittance matrix and sequence admittance matrix.



CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

Pacheco Pruna Edison Marcelo con cedula de identidad número: 0502617350 Magister en Docencia Universitaria con número de registro de la SENESCYT: 1020-2016-1670369 y Licenciado en Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-12-1169234; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el Título: **“ESTUDIO PARAMÉTRICO Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO EN LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN CORRESPONDIENTE AL ALIMENTADOR DE MEDIO VOLTAJE “PITA” DE LA S/E CALUMA”**, de los: Ing. IZA SAMPEDRO FRANKLIN ROLANDO e Ing. TOAPANTA MOREJON KLEVER IVAN, aspirantes a **MAGISTER EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 29 de abril del 2022.

Atentamente,

Mgs. Pacheco Pruna Edison Marcelo
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.I: 0502617350



ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL DEL TUTOR.....	i
AVAL DEL TRIBUNAL.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	v
RENUNCIA DE DERECHOS.....	vi
AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	x
AVAL DE TRADUCCIÓN	xii
INTRODUCCION	1
Planteamiento del problema.....	1
Formulación del problema	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos.....	2
Justificación.....	4
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA- METODOLOGICA	6
1.1 Fundamentación del estado del arte	6
1.2 Fundamentación Teórica.....	7
1.2.1 Calidad de la energía eléctrica.....	8
1.2.2 Sistema eléctrico de distribución.....	8
1.2.3 Subestación de distribución.....	9

1.2.4 Alimentador primario	9
1.2.5 Transformadores de distribución	9
1.2.6 Red secundaria	9
1.2.7 Elementos que constituyen los sistemas de distribución	9
1.2.8 Tipo de alimentador.....	10
1.2.9 Densidad de carga	12
1.2.10 Distribución secundaria y circuitos	13
1.2.11 Parámetros de la línea de distribución.....	14
1.3 Ecuaciones de Carson.....	15
1.3.1 Impedancia serie	16
1.3.2 Admitancia Paralelo.....	16
1.3.3 Impedancias propias y mutuas	16
1.4 Fallas en el sistema eléctrico del Alimentador Pita.....	18
1.4.1.- Tasa de falla	18
1.4.2 Identificación de las interrupciones.....	19
1.4.3 Clasificación de las interrupciones	19
1.4.4 Desbalance entre fases.....	20
1.4.5 Neutro del sistema eléctrico	20
1.4.6 Tensiones en el transformador	21
1.5 Fundamentación metodológica.....	22
1.6 Conclusiones Capítulo I.....	24
CAPÍTULO II	25
2.1 Título del proyecto	25
2.2 Objetivos del proyecto	25

2.3	Descripción del proyecto.....	26
2.4	Definición de parámetros - Ecuaciones modificadas de Carson.....	28
2.5	Modelo de un tramo de red aérea trifásica.....	29
2.5.1	Ubicación de conductores - trifásico.....	29
2.5.2	Cálculo de distancias entre conductores de fase y neutro.....	30
2.5.3	Cálculo de la Matriz de impedancia primitiva.....	30
2.5.4	Cálculo de la Matriz de impedancia de fase.....	31
2.5.5	Matriz de impedancia de secuencia.....	31
2.5.6	Cálculo de la matriz de admitancia de fase.....	32
2.5.7	Cálculo de la matriz de admitancia primitiva.....	33
2.5.8	Cálculo de la Matriz de admitancia de fase.....	33
2.6.1	Ubicación de conductores - monofásico.....	34
2.6.2	Cálculo de distancias entre conductores de fase y neutro.....	34
2.6.3	Cálculo de la Matriz de impedancia primitiva.....	35
2.6.4	Cálculo de la Matriz de impedancia de fase.....	35
2.6.5	Matriz de impedancia de secuencia.....	35
2.6.6	Cálculo de la matriz de admitancia de fase.....	36
2.6.7	Cálculo de la matriz de admitancia primitiva.....	36
2.6.8	Cálculo de la Matriz de admitancia de fase.....	36
2.7	Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados.....	37
2.8	Conclusiones Capítulo II.....	37
	CAPÍTULO III.....	38
3.1	Análisis de los resultados.....	38

3.2	Parámetros conocidos de una red trifásica	39
3.3	Parámetros calculados de una red trifásica	41
3.3.1	Ingreso de variables en ATPDraw	42
3.3.2	Análisis de resultados en operación normal	44
3.3.3	Voltaje en el neutro en condiciones normales	45
3.3.4	Falla en el esquema de distribución sin conductor neutro.....	45
3.3.5	Datos de Falla con el conductor neutro	46
3.3.6	Comparación de Voltajes en X0 del transformador trifásico	48
3.4	Parámetros conocidos de una red monofásica	49
3.4.1	Análisis de resultados en operación normal tramo monofásico	53
3.4.2	Voltaje en el neutro en condiciones normales	53
3.4.3	Falla en el esquema de distribución sin conductor neutro.....	54
3.4.4	Datos de Falla con el conductor neutro	56
3.4.5	Comparación de Voltajes en X0 del transformador monofásico.....	57
1.5	Ingresos de datos al CYMDIST	58
3.5.1	Ingreso de datos conocidos y calculados en el programa CYMDIST	59
3.5.2	Ingreso de datos de conductor instalado.....	59
3.5.3	Verificación de Impedancias y Admitancia del conductor instalado	60
1.6	Análisis técnico económico.....	64
1.7	Conclusiones	66
1.8	Recomendaciones.....	67
	Referencias Bibliográficas	69
	ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Partes que conforman un alimentador primario [13].....	10
Fig. 2. Alimentador primario simple [13].....	11
Fig. 3. Alimentador primario simple con respaldo [13].....	11
Fig. 4. Alimentador primario en malla [13].....	12
Fig. 5. Conductores y sus imágenes.....	16
Fig. 6. Ilustración de los stray voltaje [4]	21
Fig. 7. Diagrama de bloques para la reconfiguración del Alimentador Pita.....	23
Fig. 8. Diagrama de Pareto causas de interrupción Alimentador Pita	27
Fig. 9. Conductores y sus imágenes.....	28
Fig. 10. Distancia de conductores en un sistema trifásico de cuatro hilos.....	29
Fig. 11. Configuración de un sistema trifásico de cuatro hilos.....	32
Fig. 12. Configuración de un sistema trifásico de cuatro hilos.....	33
Fig. 13. Distancia de conductores en un sistema monofásico de dos hilos.	34
Fig. 14. Configuración de un sistema monofásico de dos hilos.	36
Fig. 15. Esquema de una línea de distribución con falla trifásica a tierra en ATPDraw [17]	43
Fig. 16. Voltaje línea de distribución en condiciones normales - ATPDraw [17].....	44
Fig. 17. Corriente de línea de distribución en condiciones normales - ATPDraw [17]	44
Fig. 18. Voltaje en X0 del transformador trifásico de distribución - ATPDraw [17]	45
Fig. 19. Voltaje de falla sin neutro en la línea de distribución de MT - ATPDraw [17]	45
Fig. 20. Corriente de falla sin neutro en la línea de distribución en MT - ATPDraw [17]	46
Fig. 21. Voltaje en el X0 del transformador trifásico sin conductor neutro - ATPDraw [17].....	46
Fig. 22. Voltaje en el alimentador con neutro corrido durante la falla - ATPDraw ..	47
Fig. 23. Corriente de falla en el alimentador con neutro corrido - ATPDraw	47

Fig. 24. Voltaje en X0 del transformador trifásico durante la falla con neutro corrido - ATPDraw	47
Fig. 25. Comparación de Voltaje en X0 del transformador trifásico durante la falla con y sin neutro corrido - ATPDraw	48
Fig. 26. Comparación de Corriente de falla trifásica con y sin neutro corrido - ATPDraw	48
Fig. 27. Esquema de una línea de distribución con falla monofásica a tierra en ATPDraw [17].....	52
Fig. 28. Voltaje lado de alta línea de distribución - ATPDraw [17].....	53
Fig. 29. Corriente en condición normal de la línea de distribución monofásica - ATPDraw [17].....	53
Fig. 30. Voltaje en la línea del neutro de distribución en ATPDraw [17]	54
Fig. 31. Voltaje en falla sin neutro en la línea de distribución - ATPDraw [17].....	54
Fig. 32. Corriente de falla sin neutro en la línea de distribución – ATPDraw [17]...	55
Fig. 33. Voltaje en el X0 del transformador monofásico sin conductor neutro - ATPDraw [17].....	55
Fig. 34. Voltaje en el alimentador con neutro corrido durante la falla – ATPDraw..	56
Fig. 35. Corriente de falla en el alimentador con neutro corrido – ATPDraw	56
Fig. 36. Voltaje en X0 del transformador monofásico durante la falla con neutro corrido – ATPDraw.....	57
Fig. 37. Comparación de Voltaje en X0 del transformador monofásico durante la falla con y sin neutro corrido - ATPDraw.....	57
Fig. 38. Comparación de Corriente de falla monofásica con y sin neutro corrido - ATPDraw.	58
Fig. 39. Ventana principal programa CYMDIST.	59
Fig. 40. Ventana ingreso de datos de la línea trifásica.....	59
Fig. 41. Ventana ingreso de datos de la línea monofásica	60
Fig. 42. Ventana de resultados de Impedancias Trifásicas.	60
Fig. 43. Ventana de resultados de Impedancias monofásicas	61
Fig. 44. Ventana de resultados de Admitancia trifásicas	61

Fig. 45. Ventana de resultados de Admitancia monofásicas 62

Fig. 46. Simulación de fallas en el sistema monofásico y trifásico para verificación de la influencia del conductor neutro corrido alimentador Pita. 62

Fig. 47. Ventana de simulación de punto de falla trifásica en el alimentador Pita.... 63

Fig. 48. Ventana de simulación de punto de falla monofásica en el alimentador Pita. 64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
TABLA 2. DATOS TÉCNICOS DEL ALIMENTADOR PITA.....	7
TABLA 3. TIPOS DE ALIMENTADOR PARA ECUADOR.....	13
TABLA 4. TASA DE FALLA ALIMENTADOR PITA.....	19
TABLA 5. DATOS GENERALES DEL ALIMENTADOR PITA.....	26
TABLA 6. CAUSAS DE INTERRUPCIÓN EN EL ALIMENTADOR PITA.....	27
TABLA 7. ESPECIFICACIONES TECNICAS NECESARIAS DEL CONDUCTOR.....	29
TABLA 8. RESUMEN DIFERENCIA DE PARÁMETROS EN TRAMOS DE RED.	38
TABLA 9. PARAMETROS DEL ALIMENTADOR PITA – TRAMO TRIFÁSICO – 13,8 kV.....	40
TABLA 10. PARAMETROS DE LA FUENTE DE VOLTAJE.....	40
TABLA 11. DATOS TÉCNICOS DEVANADO PRIMARIO TRANSFORMADOR.....	41
TABLA 12. DATOS TÉCNICOS DEVANADO SECUNDARIO TRANSFORMADOR.....	41
TABLA 13. RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS IMPEDANCIAS.....	42
TABLA 14. IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO.....	42
TABLA 15. VARIACIONES VOLTAJE Y CORRIENTE PRESENTES EN EL PUNTO DE FALLA	49
TABLA 16. PARAMETROS DEL ALIMENTADOR PITA – TRAMO MONOFÁSICO – 7,96 kV.....	50
TABLA 17. DATOS TÉCNICOS DEVANADO PRIMARIO TRANSFORMADOR.....	50
TABLA 18. DATOS TÉCNICOS DEVANADO SECUNDARIO TRANSFORMADOR.....	51
TABLA 19. VARIACIONES VOLTAJE Y CORRIENTE PRESENTES EN EL PUNTO DE FALLA.....	58
TABLA 20. PRESUPUESTO MATERIALES	65
TABLA 21. PRESUPUESTO MANO DE OBRA.....	65
TABLA 22. RESUMEN GENERAL DE COSTOS	65

INTRODUCCION

Planteamiento del problema

Según el área de concesión, las empresas de distribución de energía eléctrica en el Ecuador son los encargados de la distribución, control y comercialización de electricidad hasta el consumidor final [1]. Es así que estas empresas deben garantizar la continuidad de servicio de cada uno de los alimentadores de medio voltaje, estas redes de distribución son la parte final de un sistema eléctrico de potencia usualmente de configuración radial, estos SED son las partes más dispersas y extendidas, que, debido a su complejidad y exposición, son también las más frágiles y que mayor incidencia presenta en la calidad del servicio eléctrico al usuario final [2].

CNEL EP BOLIVAR conscientes de sus obligaciones como Distribuidora tiene como finalidad cumplir con las exigencias establecidas por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recurso Naturales (ARCERNNR), garantizando la calidad de servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica, con esta consideración la unidad de negocio Bolívar ha incrementado un seguimiento continuo para la medición de la calidad de energía entregada al consumidor, para este caso de estudio se considera el alimentador de medio voltaje Pita de la Subestación Caluma, alimentador en el cual se ha evidenciado que existen variaciones en el nivel de voltaje y la calidad de servicio técnico del sistema eléctrico actual, este incumplimiento se ve reflejado en la frecuencia de interrupciones (FMIK) y duración de interrupciones (TTIK), de acuerdo a los históricos se conoce que en el año 2018 y 2019 el índice acumulado de frecuencia de interrupciones sobrepaso un 22%, mientras que la duración de interrupciones sobrepaso el 38% a los valores establecidos por el ARCERNNR.

Con referencia al incremento de estos indicadores, se establece que las principales causas son las perturbaciones en la red con un 47%, seguido de las condiciones climáticas con un 15%, ambientales 11%, variación de voltaje, corriente y frecuencia 8%, mantenimientos 7%, terceros 7% y otros 5%.

La acumulación de estos eventos en la red de distribución aérea ha ocasionado que los equipos eléctricos y el sistema sufran averías mecánicas y eléctricas.

Formulación del problema

El alimentador Pita, en los años 2018 y 2019 ha presentado eventos en la red de distribución aérea lo que se ha reflejado en reclamos constantes por parte de los usuarios finales e incluso llegando a la afectación de equipos eléctricos, debido a variaciones de voltajes que no cumplen con los límites permitidos por el ARCERNNR [1], [3].

¿Es posible que mediante la ejecución de una simulación referenciada al alimentador Pita permita conocer la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación?

Objetivo General: Identificar la influencia del conductor neutro corrido al estar o no conectados en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma.

Objetivos Específicos

1. Determinar un modelo paramétrico de un tramo de red aérea monofásica y trifásica de MT del alimentador Pita basados en el tipo, calibre de conductor y disposición geométrica para conocer sus matrices de impedancia y secuencia.
2. Simular mediante un programa computacional el comportamiento del alimentador Pita al no poseer neutro corrido en los vanos identificados con la finalidad de conocer cuál es la influencia con la instalación del conductor neutro corrido.
3. Analizar la influencia del conductor neutro corrido en un centro de transformación identificando el comportamiento de los niveles de voltajes y corrientes cuando se presente una falla.

TABLA I.
SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Determinar un modelo paramétrico de un tramo de red aérea monofásico y trifásico de MT del alimentador Pita basados en el tipo, calibre de conductor y disposición geométrica para conocer sus matrices de impedancia y secuencia	Parametrización de un tramo de red aérea identificado en el sistema eléctrico del alimentador de medio voltaje Pita.	Conocer los resultados de la matriz de impedancia primitiva, matriz de impedancia, matriz de secuencia y matrices de admitancia en los tramos de red aérea calculados.	De los resultados alcanzados en el cálculo del tramo de red aérea es necesario ingresar dichos resultados en un programa computacional para poder determinar las gráficas que permitan identificar el fenómeno presente en un centro de transformación del alimentador Pita.
Simular mediante un programa computacional el comportamiento del alimentador Pita al no poseer neutro corrido en los vanos identificados con la finalidad de conocer cuál es la influencia con la instalación del conductor neutro corrido.	Comparar y analizar los resultados obtenidos de la simulación en las dos condiciones.	Demostración la variación de voltaje que se produce durante el funcionamiento del sistema eléctrico de potencia (SEP) al no disponer del conductor neutro corrido.	Mediante un paquete computacional establecer las consecuencias en el SEP al no disponer de un neutro corrido.
Analizar la influencia del conductor neutro corrido en un centro de transformación identificando el comportamiento de los niveles de voltajes y corrientes cuando se presente una falla.	Evidenciar la importancia del conductor neutro dentro del circuito de un transformador.	Definir las zonas prioritarias a intervenir con la instalación del conductor neutro corrido faltante dentro del alimentador Pita.	Elaborar un presupuesto referencial correspondiente a material y mano de obra para recomendar la intervención por parte de la Unidad de Negocio Bolívar.

Fuente: Autores

Justificación: El presente estudio se enfoca en este alimentador debido a que en el año 2014 se llevó a cabo la ejecución de un proyecto por parte de CNEL EP BOLIVAR con el Proyecto denominado Plan 10 millones, con el objetivo de realizar la repotenciación de las redes a nivel de medio y bajo voltaje, dicho proyecto contaba con la implementación de una subestación de distribución ubicada en el sector del Barrio Nueva Esperanza cantón Caluma perteneciente a la provincia de Bolívar con sus coordenadas x: 695797 y: 9819773; esta subestación posee una conexión a nivel de subtransmisión con una línea de 69 KV desde la Subestación Cochabamba con un transformador de potencia de 5/6.25 MVA, esta subestación posee cuatro alimentadores en medio voltaje trifásica a 13,8 KV para atender a los usuarios de este cantón como son CALUMA CENTRO, CALUMA PASAGUA, CALUMA ECHEANDIA 2 y CALUMA PITA.

Los sistemas de distribución debido a su topología son muy susceptibles a las interrupciones del servicio de suministro de electricidad, un sistema eléctrico de potencia al estar compuesto por generación, transmisión, subtransmisión y distribución, el 90% del total de eventos de salida del sistema de potencia ocurren en el sistema de distribución, reduciendo de esta manera la confiabilidad de estos sistemas, razón por la cual, actualmente es un área de investigación [4].

La utilización del conductor neutro en un sistema de distribución eléctrico es de vital importancia para mantener en equilibrio los voltajes en las cargas. Aunque esta esté muy desequilibrada, el conductor neutro asegura muy aproximadamente el equilibrio de los voltajes [5], por esta razón, el desarrollo de la presente tesis se enfoca en el estudio paramétrico y simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA”, ubicado en el cantón Caluma perteneciente a la Provincia de Bolívar.

Este último alimentador de medio voltaje “CALUMA PITA” es de configuración radial, posee 168 transformadores entre trifásicos y monofásicos, la longitud del conductor instalado es de 77,71 km en red aérea, en la actualidad el ramal permite el suministro de energía a 1715 clientes, es así que se lo toma como referencia de estudio

ya que en la actualidad se ha evidenciado variaciones de voltajes constantes en ramales monofásicos y trifásicos [3] ocasionando malestar en los usuarios.

Por esta razón, es necesario obtener los datos de campo que permitan cuantificar y determinar el estado actual en el que se encuentra operando dicho alimentador en especial los transformadores, y mediante los resultados obtenidos determinar las áreas críticas del mismo, permitiendo identificar y proponer alternativas de solución que sean técnica y económicamente viables.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA- METODOLOGICA

1.1 Fundamentación del estado del arte. - En este capítulo se presenta la revisión bibliográfica del estado del arte sobre un sistema eléctrico de potencia en el cual se dará la importancia que requiere el sistema eléctrico de distribución (SED), dicho sistema está conformado por alimentadores de distribución, centros de transformación y elementos de maniobra requeridos para la distribución de electricidad desde la subestación hasta el cliente final. Cabe indicar que el SED debe asegurar que la demanda de cada uno de los clientes sea satisfecha en cantidad y ubicación, garantizando la continuidad del suministro de energía eléctrica hacia los usuarios [6].

Debido al gran interés de cada uno de los usuarios para disponer de un servicio eléctrico confiable, en la actualidad se ha visto importante tomar como estudio los factores que afectan a la continuidad del servicio de energía eléctrica. Por esta razón varios países en el mundo mediante las entidades reguladoras han establecido límites de cumplimiento obligatorio para operadores de red, en el caso de Ecuador el ente encargado de realizar el control es el ARCERNNR [1]. Colombia en el año 2012 presenta un artículo en el cual se da conocer sobre una estrategia de reducción de sistemas de distribución ramificados a alimentadores radiales equivalentes [7].

En Cuba la distribución de energía eléctrica primaria se la realiza mediante circuitos radiales trifásicos a cuatro hilos (tres fases y un neutro) a voltajes de 13,8kV que parten desde las subestaciones de distribución con su grupo de conexión Δ -Yg, y aguas abajo estas fases se pueden ir dividiendo en ramales bifásicos (dos fases y un neutro) y

monofásicos (una fase y un neutro) este sistema se ha implementado y reemplazando por los circuitos más antiguos de 4,16kV.

La operación más eficiente de un SEP se lo obtiene cuando la carga es totalmente balanceada entre las fases, dentro de la parte operativa es prácticamente imposible mantener en balance el sistema eléctrico durante las 24 horas del día en todos los nodos de distribución, esto debido a que el accionamiento de las cargas es dinámico [8]. Dentro un SEP el conductor neutro es un elemento muy importante puesto que permite mejorar un retorno adecuado de las corrientes productos del desbalance, protecciones contra fallas a tierra [9].

1.2 Fundamentación Teórica.

La subestación de distribución CALUMA tiene como alimentador de ingreso dos redes trifásicas de cuatro conductores a 69kV proveniente de la Subestación Cochabamba y otra de la Subestación Nueva Babahoyo – TRANSELECTRIC SNI, esta subestación se encarga de reducir el nivel de voltaje de 69kV a 13,8kV mediante la cual se puede dotar de servicio con la derivación de cuatro alimentadores CALUMA CENTRO, CALUMA PASAGUA, CALUMA ECHEANDIA 2 y CALUMA PITA.

La salida del alimentador Pita objeto de estudio de este proyecto posee un ramal de línea trifásica (tres fases y un neutro) hasta el sector de San Francisco ingreso principal al cantón Caluma desde la cual nace dos ramales monofásicos que se dirige a los sectores “El Valle la Fortuna Alsacia” y “Lomas de Pita”.

TABLA 2.
DATOS TÉCNICOS DEL ALIMENTADOR PITA

DESCRIPCIÓN	Nueva Esperanza	El Valle	Lomas de Pita
Número de usuarios	748	598	369
Red aérea trifásica [km]	7,84		
Red aérea monofásica [km]		48,41	21,45
Tipo de cable	ACSR	ACSR	ACSR
Material cable	Aluminio	Aluminio	Aluminio

Fuente: Autores.

1.2.1 Calidad de la energía eléctrica.- La energía eléctrica que es entregada hacia los usuarios por parte de las empresas distribuidoras presentan variaciones de sus características cuando se conectan las cargas eléctricas, puesto que al conectar una carga en el sistema de distribución en los conductores de la red aparecen corrientes que son directamente proporcionales a las demandas de los usuarios, la aparición de estas corrientes podrán ocasionar caídas de voltaje [10].

Por esta razón la IEEE 1159/1995 menciona que la “Calidad de Energía Eléctrica” es la gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan el voltaje y la corriente en un instante dado [10].

Por estas razones es importante que el suministro de energía eléctrica sea el adecuado, puesto que las variaciones de sus magnitudes tales como voltaje y frecuencia provocaran una disminución de la calidad de la energía eléctrica y esto a su vez puede ocasionar daños en los dispositivos eléctricos y electrónicos de los usuarios [10].

1.2.2 Sistema eléctrico de distribución. - son una parte esencial del SEP ya que permiten distribuir entre todos los usuarios toda la potencia generada en las centrales de generación, estos sistemas de distribución abarcan grandes territorios permitiendo cubrir topológicamente a todos los usuarios a nivel nacional. De esta manera las centrales de generación se realizan en grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad mientras que la distribución utiliza grandes territorios con cargas de diversas magnitudes. Razón por la cual el sistema eléctrico de distribución es la parte más compleja de un SEP [11].

La distribución clásica de un SED está compuesta por:

1. Subestación de Distribución
2. Alimentadores primarios
3. Transformadores de distribución
4. Red secundaria.

1.2.3 Subestación de distribución. - encargada de reducir los voltajes de subtransmisión a voltajes de distribución para los alimentadores primarios.

1.2.4 Alimentador primario. - son los circuitos que salen de la subestación hasta los centros de transformación, dispersos topográficamente en todo el territorio.

1.2.5 Transformadores de distribución. – son los encargados del reducir el nivel de medio voltaje hasta niveles de bajo voltaje, necesarios para brindar servicio al cliente final [12].

1.2.6 Red secundaria. - encargados de la distribución de energía hacia cada uno de los usuarios a nivel de bajo voltaje.

1.2.7 Elementos que constituyen los sistemas de distribución. - los sistemas de distribución son de configuración típicamente radial, presentan múltiples conexiones, cargas de distinta naturaleza, líneas de resistencia comparables a la reactancia y líneas sin transposiciones. Estos nodos son conocidos por su troncal principal que parte desde una subestación hacia el resto de la red a nivel de medio voltaje, encontrándose en su trayectoria bifurcaciones en diferentes tipos de conexiones: trifásicas, bifásicas o monofásicas estas dos últimas comúnmente se las encuentra en las zonas rurales.

Los alimentadores primarios dentro de su diseño, planificación y construcción pueden ser aéreos o subterráneos y estarán conformados de la siguiente manera [12]:

1.2.7.1 Troncal. - es la parte del alimentador más importante ya que es la sección que soportara toda la demanda de la carga ocasionada por los usuarios.

1.2.7.2 Derivación lateral. - son las bifurcaciones que salen del troncal principal y su capacidad de carga es reducida puesto que maneja menos carga que el troncal.

1.2.7.3 Derivación sublateral. - Es el circuito o ramificación que tendrá menos carga dentro del sistema de distribución puesto que nace desde la derivación lateral y alimenta una cantidad reducida de transformadores.

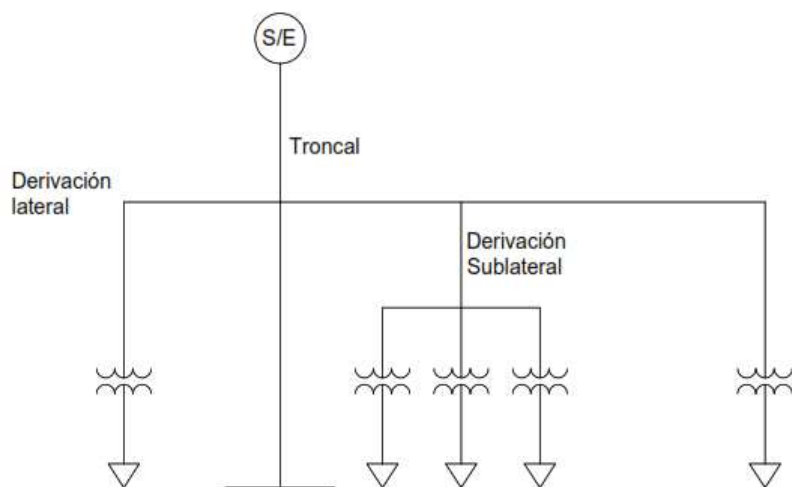


Fig. 1. Partes que conforman un alimentador primario [13]

En las redes de distribución al ser líneas cortas (menores a 50km), no existen transposiciones. Esto ocasiona que las caídas de voltaje por acoplamiento entre las fases sean desequilibradas [1].

1.2.8 Tipo de alimentador. – aunque la forma constructiva de los alimentadores puede ser muy variada a continuación se detalla un resumen general de los alimentadores de medio voltaje más utilizados en el Ecuador [14]:

1.2.8.1 Alimentador primario radial simple. - es aquel que nace en una subestación y durante todo su recorrido no tiene alguna conexión con otra subestación o ramal de medio voltaje, es decir que, es un alimentador que por su topología suministra potencia eléctrica a centros de transformación de forma individual.

Por su sencillez constructiva y bajo costo es un ramal muy utilizado en alimentadores de distribución en especial para zonas rurales con densidades de cargas bajas, permitiendo de esta manera abarcar una gran distancia.

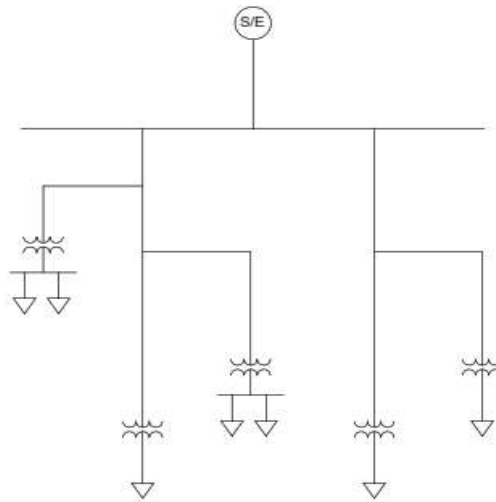


Fig. 2. Alimentador primario simple [13]

1.2.8.2 Alimentador primario tipo radial con respaldo.- este tipo de alimentador permite mejorar la confiabilidad del sistema pues permite reducir las zonas afectadas y por ende la falta de servicio eléctrico hacia los usuarios, esto es posible gracias a que en su topología constructiva este dispone de enlaces o conexiones con otros alimentadores, los cuales pueden ser utilizados en condiciones normales, para evitar sobrecargas, en mantenimientos, reducir perdidas y evitar variaciones de voltajes, este tipo de alimentador es utilizado para densidades de cargas altas.

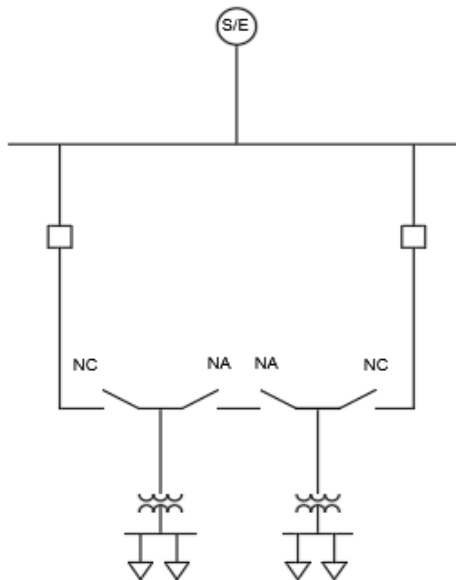


Fig. 3. Alimentador primario simple con respaldo [13]

1.2.8.3 Alimentador primario tipo mallado. - por su configuración es un alimentador que brinda mayor confiabilidad ya que presenta varias conexiones, en el caso de Ecuador es un alimentador no muy utilizado ya que exige un gasto económico más elevado en comparación con el alimentador tipo radial y alimentador tipo radial con respaldo, además realizar la coordinación de protecciones resulta complejo por la cantidad de enlaces que dispone.

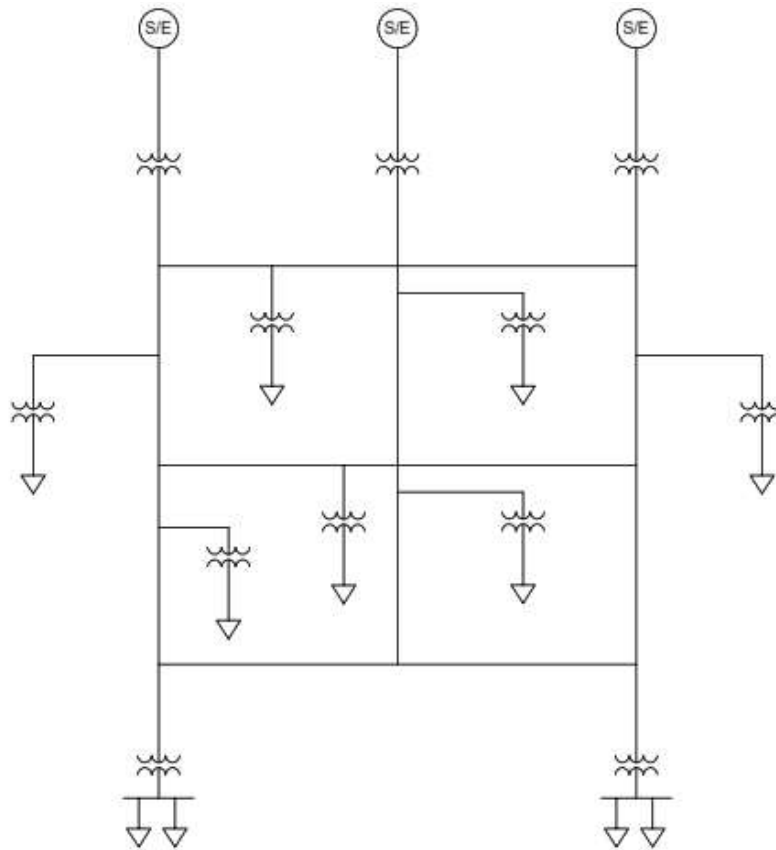


Fig. 4. Alimentador primario en malla [13]

1.2.9 Densidad de carga. - hace referencia al pico de demanda diversificada o su similar el pico de demanda coincidente. Para los alimentadores primarios en Ecuador que disponen de una carga nominal instalada y esta a su vez está distribuida por kilómetro de línea, si la línea es menor o igual a 50kVA/km se considera un alimentador de baja densidad y si la línea tiene una carga nominal instalada mayor a 50kVA/km se considerara como un alimentador de alta densidad [1]. Por tal razón para determinar el tipo del alimentador se realizará mediante la utilización de la siguiente ecuación:

$$TA = \frac{kVA_{inst}}{km_j} \quad (1)$$

Donde:

TA = Tipo de alimentador (kVA/km)

kVA_{inst} = Potencia nominal instalada total de los transformadores de distribución del alimentador “j”, expresado en kVA.

km_j = sumatoria de la longitud de la línea monofásica, bifásica y trifásica del alimentador “j”, expresado en km.

TABLA 3.
TIPOS DE ALIMENTADOR PARA ECUADOR

Tipo de alimentador	Valor [kVA/Km]
Baja densidad	$TA \leq 50$
Alta densidad	$TA > 50$

Fuente: Autores.

1.2.9.1 Las cargas eléctricas. – son la parte más fundamental de una red de distribución, este representa los consumidores de potencia y energía diaria; En Ecuador las cargas se encuentran categorizadas en dos grupos tales como:

- Categoría residencial; hace referencia a la existencia a una variedad de cargas conectadas al sistema.
- Categoría General; hace referencia a la variación en el tiempo de los consumos, esto ya que el accionamiento de las cargas es dinámica y constantemente se están conectando y desconectando cargas de una forma aleatoria.

1.2.10 Distribución secundaria y circuitos. – Son parte del sistema de distribución responsable de transportar la energía eléctrica desde el lado secundario del transformador hasta cada uno de los usuarios.

Las líneas eléctricas de distribución aéreas son muy importantes dentro del sistema eléctrico de potencia puesto que permiten transportar la energía eléctrica desde la subestación de distribución hasta los centros de transformación. Del relevamiento en campo realizado se determina que dentro de la topología de las líneas aéreas de

distribución en el alimentador Pita tiene dos configuraciones clasificados en tramos trifásicos y tramos monofásicos, comúnmente estos tramos se encuentran conformados por conductores en la fase y en el neutro.

Bajo este antecedente para poder analizar el modelo del sistema de distribución es necesario realizar la caracterización de las líneas de distribución considerando las características físicas y eléctricas de cada uno de los conductores instalados en los tramos del alimentador Pita, de acuerdo a lo indicado es importante determinar el estudio de la línea de distribución del alimentador Pita, puesto que ofrece varios tipos y configuraciones en los conductores donde se puede aprovechar para establecer los valores de impedancias propias y mutuas.

Para el cálculo de los parámetros se considera la metodología desarrollada por Carson, en el cual propuso un método en el que se considere los efectos de la conexión a tierra, esto permite analizar los resultados del flujo de potencia en sistemas desbalanceados.

1.2.11 Parámetros de la línea de distribución. - Los parámetros en una línea de distribución son las variables de entrada de mayor importancia, al momento de desarrollar el cálculo esto permitirá realizar un correcto análisis en estudios como por ejemplo flujos de potencia, cortocircuitos entre otros. Los parámetros que se deben considerar y son los más importantes dentro de un modelamiento en un sistema eléctrico de potencia son los siguientes: Resistencia, inductancia, conductancia y capacitancia.

1.2.11.1 Resistencia. - Es la oposición al paso de la corriente, esta resistencia eléctrica dependerá directamente del calibre y material del conductor, su unidad de medida es el ohmio por la longitud.

1.2.11.2 Inductancia. - Es un parámetro de las líneas de distribución el cual es representado en la matriz de impedancia por medio de la reactancia inductiva, su unidad de medida es en Henrios por la Longitud

$$L_i = 2 * 10^{-7} * \ln \frac{D_{eq}}{GMR_i} \quad (2)$$
$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{ab} * D_{bc} * D_{ca}}$$

Donde:

D_{eq} Distancia equivalente entre cada fase

GMR_i Radio medio geométrico del conductor

1.2.11.3 Conductancia. - es el resultado de las corrientes de fuga en los aisladores de las líneas aéreas.

1.2.11.4 Capacitancia. - fenómeno presente en las líneas de distribución debido a las diferencias de potencial y al efecto de las líneas con la tierra, este parámetro dependerá directamente de la geometría de los conductores.

$$C_i = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{D_{ni}}{D_{nj}}} \quad (3)$$

Donde:

C_i Capacitancia

ϵ_0 8.85×10^{-12} [uF/m]

D_{ni} Distancia entre el conductor n y el conductor i en metros o pies

D_{nj} Distancia entre el conductor n y el conductor j en metros o pies

Dentro del alimentador Pita tomado como objeto de estudio para este trabajo de investigación se caracteriza por ser un alimentador de configuración radial simple y cargas desbalanceadas, razón por la cual en este apartado se citará las ecuaciones de Carson de manera general, estas ecuaciones permiten realizar un análisis apropiado debido a que se toma como referencia aspectos importantes como el radio medio geométrico, la resistencia, y diámetro del conductor.

1.3 Ecuaciones de Carson.

Estas ecuaciones son la forma más empleada para poder determinar las impedancias que son dependientes de la conexión a tierra en las líneas de distribución.

En el planteo de las ecuaciones Carson asume que la tierra se comporta como un conductor solido infinito con una superficie plana y uniforme con una resistencia

constante de $100 \Omega \cdot \text{m}$ y utiliza el método de imágenes para determinar las ecuaciones de: impedancia serie, admitancia en paralelo, impedancia propia y mutua.

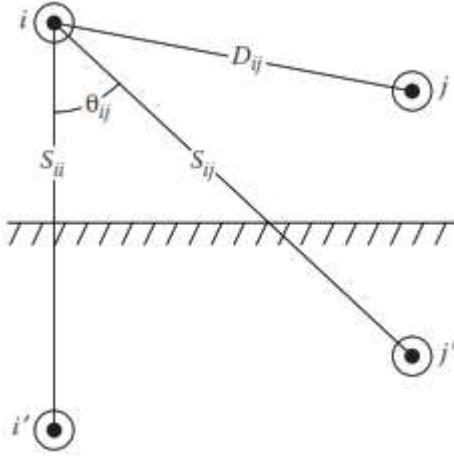


Fig. 5. Conductores y sus imágenes

1.3.1 Impedancia serie. - es el resultado de la componente de la reactancia inductiva propia y mutua de la impedancia de los conductores, la cual está en función de los campos magnéticos que rodean al conductor.

$$\lambda_i = N * \phi = 2 * 10^{-7} * (I_1 * \ln \frac{1}{D_{i1}} + \dots + I_i * \ln \frac{1}{GMR_i} + \dots + I_n * \ln \frac{1}{D_{in}}) \quad (4)$$

Donde:

N: número de veces que la línea de flujo rodea al conductor.

D_{in} Distancia entre el conductor i y el conductor n en metros o pies.

GMR_i Radio medio geométrico del conductor i en metros o pies.

1.3.2 Admitancia Paralelo. - para poder encontrar la admitancia en las líneas aéreas se utiliza el mismo método de imágenes de los conductores planteados por Carson.

$$[Y_{abc}] = 0 + j * w * [C_{abc}] \frac{\mu S}{\text{milla}} \quad (5)$$

1.3.3 Impedancias propias y mutuas. - a continuación, se presenta las ecuaciones que permiten el cálculo de las ecuaciones propia y mutua con retorno de tierra y retorno común respectivamente.

$$Z_{ii} = r_i + 4\omega P_{ii}G + j(X_i + 2\omega G * \ln \left(\frac{S_{ii}}{RD_i}\right) + 4\omega Q_{ii}G) [\Omega/\text{milla}] \quad (6)$$

$$Z_{ij} = 4\omega P_{ii}G + j(2\omega G * \ln\left(\frac{S_{ii}}{D_{ij}}\right) + 4\omega Q_{ii}G) [\Omega/\text{milla}]$$

Donde:

$$X_i = 2\omega G * \ln\left(\frac{RD_i}{GMR_{ij}}\right) [\Omega/\text{milla}] \quad (7)$$

$$\omega = 2\pi f$$

Cabe resaltar que para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizara las ecuaciones modificadas de Carson, estando estas en función de las siguientes aproximaciones:

$$P_{ij} = \frac{\pi}{8} \quad (8)$$

$$Q_{ij} = -0.03860 + \frac{1}{2} \ln \frac{2}{k_{ij}}$$

Con las aproximaciones detalladas finalmente se muestran las ecuaciones modificadas de Carson para la impedancia serie de frecuencia y resistividad.

$$\hat{Z}_{ii} = r_i + 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{GMR_i} + 7.6786 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (9)$$

$$\hat{Z}_{ij} = 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{D_{ij}} + 7.6786 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (10)$$

Donde:

f: frecuencia Hz

r_i: resistencia del conductor [Ω/milla]

GMR_i: radio medio geométrico del conductor i [ft]

D_{ij}: distancia entre el conductor i y el conductor j [ft]

ρ : resistividad de la tierra [$\Omega \cdot \text{m}$]

\hat{Z}_{ii} : impedancia propia del conductor [Ω/milla]

\hat{Z}_{ij} : impedancia mutua del conductor [Ω/milla]

ω : *velocidad angular del sistema* [rad/seg]

1.4 Fallas en el sistema eléctrico del Alimentador Pita

Las fallas son el corte de energía permanente o temporal al paso de la corriente y esto provoca que varios sectores se queden sin energía afectando a las actividades diarias de los usuarios; es por este motivo que al presentarse una falla en la línea de MT trifásica o monofásica existe un seccionamiento de apertura que al presentarse una corriente de cortocircuito elevado fuera del rango de referencia actúa el fusible aislando la parte afectada o fallada, esta desconexión del fusible afecta suspendiendo la energía a los centros de transformación aguas abajo lo que provoca malestares en los clientes finales.

De acuerdo a lo establecido en la metodología y analizando los datos históricos de fallas existentes en el alimentador se toma como referencia el periodo 2019 anexo 1 del alimentador Pita, en lo referente a eventos o las fallas indicadas se consideraran para su análisis respectivo donde se determinara si el conductor de neutro corrido influye de alguna manera al presentarse una falla en el sistema del alimentador, este análisis se lo efectuara considerando los fenómenos que se presentarían en el punto determinado de la falla y se consideraran lo siguiente:

1.4.1.- Tasa de falla

La tasa de falla es el número de fallas esperadas por unidad en un intervalo de tiempo. Definida por la siguiente ecuación[11]:

$$\lambda = b * l \left(\frac{1}{\text{año}} \right) \quad (11)$$

$$b = \frac{m}{L * T} \left(\frac{1}{\text{km año}} \right) \quad (12)$$

Donde:

- λ : Es la tasa de fallas
- m: cantidad de fallas
- L: longitud total de las líneas expuestas a falla, en km
- T: periodo de estudio en años

b: número de fallas, por km por año

l: longitud de la línea de interés.

En el alimentador Pita se ha presentado durante el periodo de estudio fallas que han provocado interrupciones de servicio repetitivos lo que conlleva que como empresa distribuidora de servicio sean objetos a llamados de atención por los entes reguladores del servicio eléctrico, en la tabla 4 se refleja la tasa de fallas en el alimentador Pita.

TABLA 4.
TASA DE FALLA ALIMENTADOR PITA

Items	Valor	Unidad
Cantidad de fallas (m)	71	[Falla]
Longitud total de la línea expuesta a fallas (L)	77,7	[Km]
Periodo de estudio 2019 (T)	1	[Año]
Longitud de la línea monofásica (l)	69,86	[Km]
Numero de fallas, por Km por año (b)	0,9137	[1/km año]
Tasa de fallas (λ)	63,83	[1/año]

Fuente: Autores.

1.4.2 Identificación de las interrupciones.- el ARCERNNR establece que las distribuidoras deberán disponer de la información relacionada de cada una de las interrupciones con al menos los siguientes aspectos [1]:

- Fecha, hora de inicio y hora de finalización de la interrupción,
- Duración, causa y origen de la interrupción,
- Potencia nominal (kVA) desconectada por la interrupción,
- Número e identificación de los consumidores afectados por la interrupción
- Equipos operados a consecuencia de la interrupción.

1.4.3 Clasificación de las interrupciones. - Para Ecuador las interrupciones están clasificadas en tres grupos las cuales se detallan a continuación:

1.4.3.1 Por su duración

Breves: de duración igual o menor a tres (3) minutos.

Largas: de duración mayor a tres (3) minutos.

1.4.3.2 Por su origen

Internas: originadas en el sistema de distribución de la distribuidora y de responsabilidad de la Empresa Eléctrica.

Externas: originadas por un generador, por el transmisor, por suspensiones generales del servicio, por otra distribuidora, o por un consumidor.

1.4.3.3 Por su causa

Programadas: mantenimiento, ampliaciones, mejoras, maniobras, otras.

No programadas: climáticas, ambientales, fallas en la red eléctrica, terceros y otras.

1.4.4 Desbalance entre fases. – usualmente las cargas eléctricas que se conectan o alimentan desde un ramal de distribución son monofásicas fase y el neutro o de un sistema trifásico de cuatro hilos tres fases y neutro [4]. Con la finalidad de obtener un ramal de distribución de medio voltaje balanceado las conexiones laterales monofásicas existentes deben ser rotadas durante todo su trayecto tratando de reducir el desbalance a su máxima expresión, como esto en la realidad es ideal surge la importancia de la utilización del conductor neutro ya que los desbalances originadas en el alimentador se muestra como una corriente residual la cual retorna por el neutro hacia la subestación [4].

1.4.5 Neutro del sistema eléctrico. – al disponer de un neutro dentro de un sistema eléctrico de configuración típica cuatro hilos (trifásico), esto permitirá que como el resultado de una falla línea-tierra o corrientes desbalanceadas en la línea se produzca una tensión. Mientras que si el sistema fuera idealmente balanceado no existirá flujo de corriente en el conductor neutro, esto en la práctica es relativamente muy complicado llegar alcanzar ya que debido al ingreso y salida de cargas no se puede tener un sistema de distribución balanceado, es por eso que un alimentador de distribución al tener derivaciones monofásicas se considera como 100% desbalanceada puesto que absolutamente todas las corrientes de retorno deben regresar vía tierra y por el conductor neutro hacia la subestación [4].

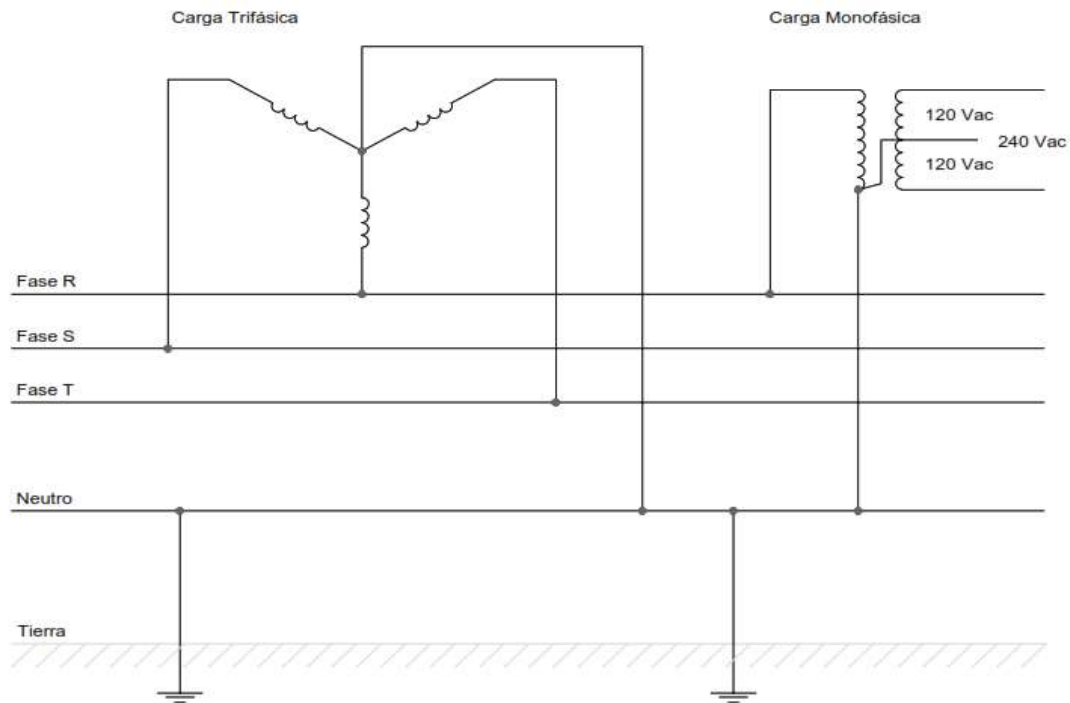


Fig. 6. Ilustración de los stray voltaje [4]

1.4.6 Tensiones en el transformador. – las tensiones de salida que se muestran en la salida del transformador de la subestación cuyo devanado secundario está conectado en estrella, el punto centro o tap de este grupo de conexión se lo conoce como el punto neutro del transformador o punto neutro de la fuente [5], por lo tanto, los fasores de voltaje simples en el transformador son [4]:

$$\bar{V}_R = V \angle 0^\circ \quad (13)$$

$$\bar{V}_S = V \angle 120^\circ \quad (14)$$

$$\bar{V}_T = V \angle 240^\circ \quad (15)$$

Idealmente un alimentador de distribución de medio voltaje es desbalanceado por su topología y tipos de cargas, es por eso por lo que el circuito más recomendado para cargas desequilibradas es el circuito de cuatro conductores, el cual está construido por tres conductores de fase y un conductor de neutro, esto permite garantizar que no exista un desplazamiento del neutro o conocido por su concepto como el fasor de voltaje entre el punto de carga y el neutro del transformador [4].

Muchas empresas de servicios públicos mejoran la eficiencia operativa de la distribución con la gestión de sistema de interrupciones. Estos programas de software contienen un mapa electrónico del sistema de distribución y se utilizan para coordinar la reconfiguración del sistema, llamadas para reportar fallas y despacho del grupo de trabajo. Un sistema típico de gestión de interrupciones automáticamente ubica las fallas basadas en llamadas de los usuarios, para lo cual el grupo es llamado a reparar el sistema a medida que se abren y cierran los interruptores.

Dado que los sistemas de gestión de interrupciones rastrean el número de clientes interrumpidos, En cada etapa de la restauración y reparación del sistema, se procede a efectuar el arreglo respectivo.

De acuerdo a los antecedentes mencionados en el alimentador Pita se han presentado daños por diferentes motivos, estos se los atribuye a que el sistema de MT monofásico no posee un sistema de distribución sólidamente estructurado de acuerdo a lo presentado por las diferentes bibliografías citadas y revisadas por lo cual se mantiene el criterio de justificar la instalación de un conductor de neutro corrido que mantenga los niveles de voltajes nominales y conectado al sistema en general lo que evitaría que en caso de presentarse una falla en los sectores esto permita interpretar al sistema el tipo de falla, esto por motivos que los diferentes tramos de red no posee un neutro conectado desde la subestación Caluma.

1.5 Fundamentación metodológica. – Para el desarrollo y ejecución de este proyecto se utilizarán herramientas y programas que estén basados en la discrecionalidad del investigador y de acuerdo con las políticas de operación de la empresa distribuidora. La figura 7 muestra un diagrama de bloques del proceso de planificación del sistema de distribución a emplear [12].

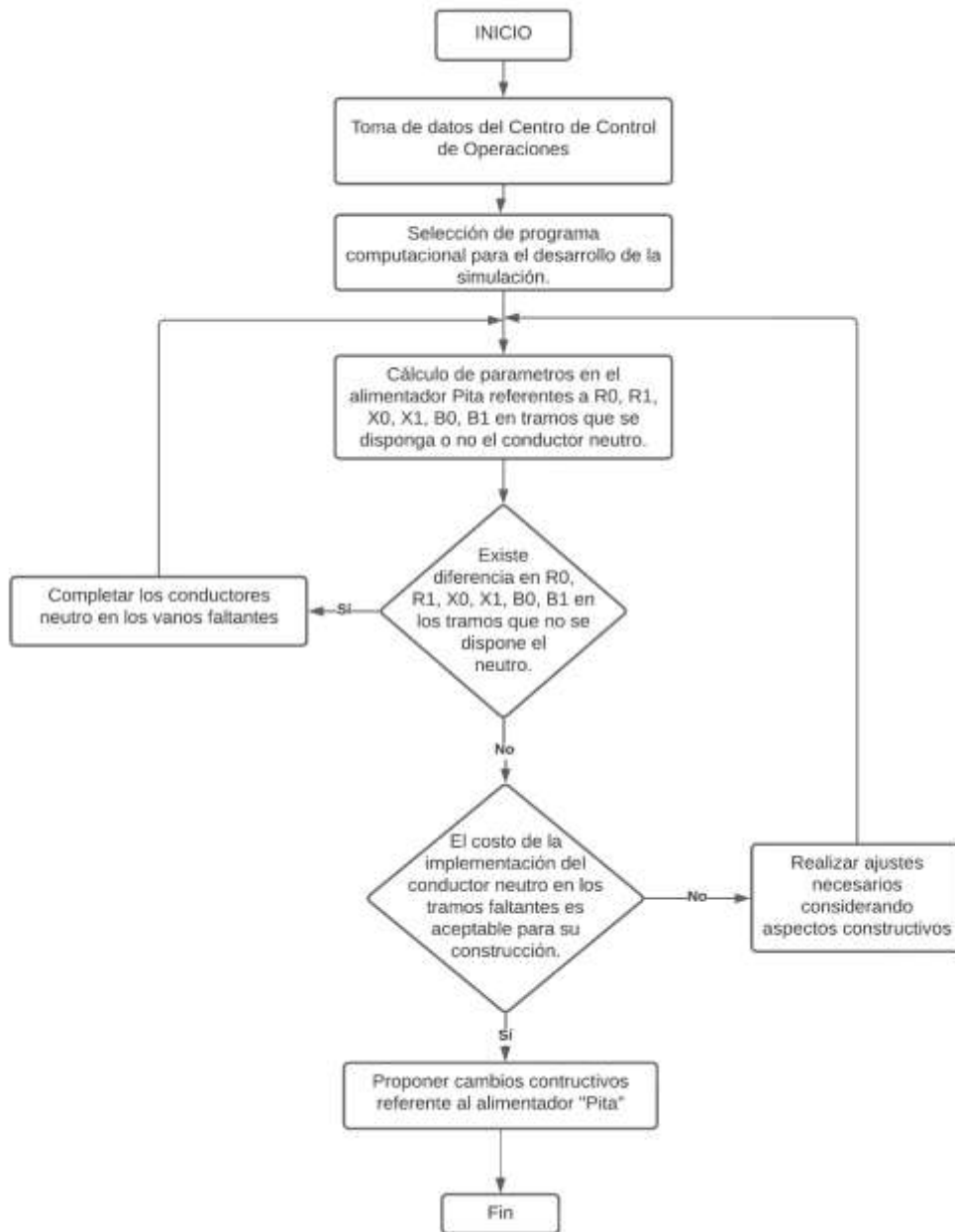


Fig. 7. Diagrama de bloques para la reconfiguración del Alimentador Pita.

Según el objetivo planteado dentro de esta investigación el proyecto abarca el **método investigativo**, para recopilación de información del sistema de medio voltaje correspondiente al Alimentador PITA y se utilizarán métodos de medición existentes que permitan conocer el comportamiento real del alimentador, utilizando de esta

manera fuentes de carácter documental, artículos, regulaciones, normas técnicas y libros.

Método Descriptivo: Con la información relevada en campo sobre el alimentador se explicará el fenómeno presente en los centros de transformación con la conexión de un neutro corrido en el sistema del Alimentador PITA.

Método Cuantitativo: Con los datos obtenidos en campo se realizará un cuadro donde se identifique; los puntos vulnerables, rutas y calibres de conductores eléctricos del alimentador que suministran energía a las cargas actuales.

Método Experimental: Se realizará el análisis de variables en condiciones normales de operación, mediante la simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma.

1.6 Conclusiones Capítulo I

- La técnica que se utilizará para el cálculo de la matriz de impedancia, matriz de impedancia de secuencia, matriz de admitancia de secuencia estará basadas en las ecuaciones modificadas de Carson.
- De acuerdo al estado del arte el tipo de red que se dispone en el alimentador Pita es radial simple, en este trabajo se presenta el conocimiento de los efectos que podría ocasionar el no tener el neutro corrido en algunos tramos del alimentador.
- De la recopilación de la información en el alimentador de medio voltaje Pita se determina que no se dispone del conductor neutro corrido en 168 vanos distribuidos en 17 sectores, para efectos de estudio de este proyecto de investigación se toma un vano trifásico y un vano monofásico para su análisis.

CAPÍTULO II

2.1 Título del proyecto

Realizar un estudio de los parámetros y simulación de la influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje “PITA” de la S/E Caluma.

2.2 Objetivos del proyecto

- Comparar un modelo paramétrico de un tramo de red aérea monofásico y trifásico de MT del alimentador Pita basados en el tipo, calibre de conductor y disposición geométrica con la finalidad de encontrar sus valores de matrices de impedancia y secuencia.
- Establecer una metodología paso a paso que permita obtener los resultados de las matrices de impedancia y secuencia correspondiente a un tramo de red aérea monofásico y trifásico, y que esto pueda ser aplicado en el alimentador Pita.
- Analizar el modelo de red aérea de dos y cuatro hilos basados en las ecuaciones modificadas de Carson con la finalidad de conocer los valores de las matrices de impedancia y secuencia en los tramos faltantes de la red aérea del alimentador Pita.

2.3 Descripción del proyecto

El alimentador de MV Pita es utilizado como alimentador de distribución de configuración radial, está conformado por 168 centros de transformación entre trifásicos y monofásicos los cuales se encargan de realizar el suministro de energía eléctrica a 1715 clientes, cuenta con 7,84 km de red trifásica en la cabecera y 69,81 km de red monofásica en sus ramales, este alimentador junto a los alimentadores CALUMA CENTRO, CALUMA PASAGUA, CALUMA ECHEANDIA 2 parten de la subestación de distribución Caluma por medio del centro de transformación TRA01 con capacidad de 6.25 MVA con un nivel de voltaje de 69/13.8 kV, a continuación, se detalla datos generales del alimentador.

TABLA 5.
DATOS GENERALES DEL ALIMENTADOR PITA

DESCRIPCIÓN	SECTOR
Ubicación	Parroquia: San Antonio, Nueva Esperanza Cantón: Caluma
Coordenadas	695797 E y: 9819773 N
Año de puesta en servicio	2014
Nivel de voltaje trifásico	13.8 kV
Nivel de voltaje monofásico	7.96 kV
Tramos del alimentador sin conexión del neutro a la S/E Caluma	60
Tipo de cable	ACSR
Material cable	Aluminio

Fuente: Autores.

Con la información proporcionada en la tabla 6 se desarrolló un Diagrama de Pareto, donde se puede conocer las causas que provocan las interrupciones en el alimentador Pita.

TABLA 6.
CAUSAS DE INTERRUPCIÓN EN EL ALIMENTADOR PITA

Item	Causa de la Interrupción	Años				TOTAL
		2018	2019	2020	2021	
1	Perturbaciones en la red	-	50	10	9	69
2	Climaticas	5	4	4	9	22
3	Ambientales	8	3	2	3	16
4	Terceros	-	6	3	1	10
5	Mantenimientos Programados	1	4	2	3	10
6	Trasmisión / Generación	2	3	1	0	6
7	Maniobras / Operación	-	1	-	-	1

Fuente: Autores.

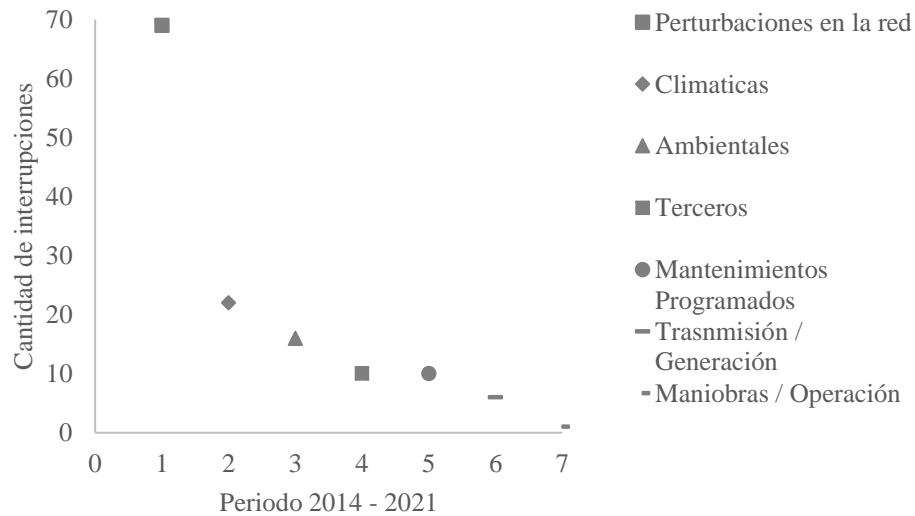


Fig. 8. Diagrama de Pareto causas de interrupción Alimentador Pita

Previo a comenzar con el análisis sobre un alimentador de distribución, es importante determinar los parámetros de una línea de distribución puesto que estos datos de entrada son de gran importancia para el cálculo y estudios de efectos eléctricos al no poseer el neutro corrido. La impedancia en serie para los sistemas de distribución trifásico y monofásico radica en la resistencia, inductancia, capacitancia, reactancias inductivas propias y mutuas que se originan de los campos magnéticos que rodean los conductores.

Es así que en este documento se ofrece un estudio para el cálculo de parámetros en las líneas de distribución aéreas trifásicas y monofásicas partiendo de las ecuaciones

modificadas de Carson donde se toma en cuenta el camino de retorno por tierra, de esta manera se muestra que mediante la reducción de Kron se puede encontrar la matriz de impedancia Z_{abc} y con ello la matriz de secuencia Z_{012} . Mientras que para el cálculo de las admitancias shunt se utiliza de la misma manera las ecuaciones modificadas de Carson y su método de imágenes para obtener la matriz de coeficientes primitiva, la admitancia shunt Y_{abc} y su matriz de componentes de secuencia Y_{012} .

2.4 Definición de parámetros - Ecuaciones modificadas de Carson

Como se revisó en el estado del arte el alimentador objeto de estudio es el alimentador Pita, el cual constructivamente dispone de vanos trifásicos y monofásicos en configuración radial simple. Partiendo de estos datos iniciales se evidencia que es un alimentador con sus cargas desbalanceadas, razón por la cual y de acuerdo a la investigación bibliográfica es necesario indicar que las ecuaciones que permitan calcular las impedancias de un circuito son las ecuaciones modificadas de Carson.

Estas ecuaciones se ajustan a la necesidad y topología del alimentador Pita razón por la cual para el desarrollo de cálculos se deberá considerar que la tierra es uniforme e infinita con superficie plana y una resistividad constante. Además, Carson realiza el uso de imágenes de conductores y menciona que cada conductor tiene su reflejo de imagen y que este reflejo se encuentra simétrico por debajo del suelo. Como se muestra en la figura 8 [16].

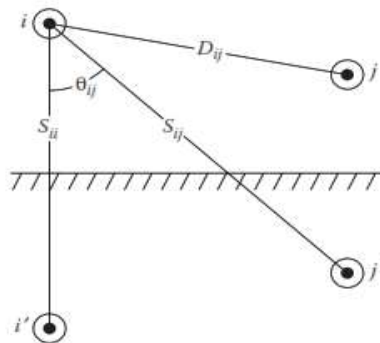


Fig. 9. Conductores y sus imágenes

Para resolver las ecuaciones modificadas de Carson es necesario conocer variables propias de los elementos conductores los cuales se indican a continuación:

TABLA 7.
ESPECIFICACIONES TECNICAS NECESARIAS DEL CONDUCTOR

Descripción	Abreviatura	Unidad
Radio medio Geométrico	GMR	[ft]
Resistencia	R	[Ω/milla]
Diámetro	D	[ft]
Frecuencia	60	[Hz]
Resistividad	100	[Ω-m]

Fuente: Autores.

2.5 Modelo de un tramo de red aérea trifásica

2.5.1 Ubicación de conductores - trifásico

Una de las mejores formas de ubicar y calcular la distancia de cada uno de los conductores es utilizar las coordenadas cartesianas mediante la notación de números complejos, tomando como referencia o punto inicial el suelo.

A continuación, se presenta el modelo para una línea de distribución aérea trifásica a cuatro hilos.

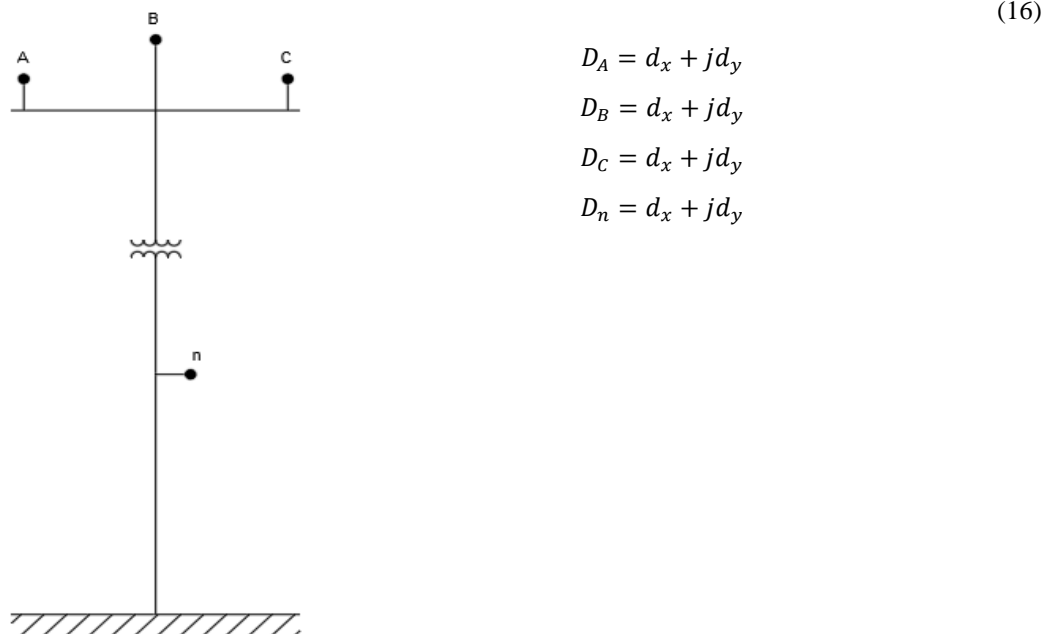


Fig. 10. Distancia de conductores en un sistema trifásico de cuatro hilos.

2.5.2 Cálculo de distancias entre conductores de fase y neutro

Para calcular las distancias entre todos los conductores se especifica cada posición en coordenadas rectangulares empleando valores complejos:

Las distancias entre conductores se calculan de la siguiente manera:

$$D_{ij} = \sqrt[3]{D_{ab} * D_{bc} * D_{ca}} \quad (17)$$

Aplicando las ecuaciones modificadas de Carson se tiene:

Ecuación para el cálculo de impedancia propia:

$$\hat{Z}_{ii} = r_i + 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{GMR_i} + 7.6786 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (18)$$

Ecuación para el cálculo de impedancia mutua:

$$\hat{Z}_{ij} = 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{D_{ij}} + 7.6786 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (19)$$

Donde:

f: frecuencia Hz

r_i: resistencia del conductor [Ω /milla]

GMR_i: radio medio geométrico del conductor i [ft]

D_{ij}: distancia entre el conductor i y el conductor j [ft]

ρ : resistividad de la tierra [Ω .m]

\hat{Z}_{ii} : impedancia propia del conductor [Ω /milla]

\hat{Z}_{ij} : impedancia mutua del conductor [Ω /milla]

2.5.3 Cálculo de la Matriz de impedancia primitiva

Dentro de los sistemas de distribución un segmento de línea en el cual su configuración sea de cuatro conductores con conexión a tierra dará como resultado una matriz de 4x4 a continuación en la ecuación 17 se muestra la forma reducida de una matriz primitiva de 4x4 o 6x6.

$$[\hat{Z}_{primitive}] = \begin{bmatrix} \hat{Z}_{aa} & \hat{Z}_{ab} & \hat{Z}_{ac} & \hat{Z}_{an} \\ \hat{Z}_{ba} & \hat{Z}_{bb} & \hat{Z}_{bc} & \hat{Z}_{bn} \\ \hat{Z}_{ca} & \hat{Z}_{cb} & \hat{Z}_{cc} & \hat{Z}_{cn} \\ \hat{Z}_{na} & \hat{Z}_{nb} & \hat{Z}_{nc} & \hat{Z}_{nn} \end{bmatrix} [\Omega/milla] \quad (20)$$

El resultado de una matriz primitiva muestra las impedancias equivalentes propias y mutuas para cada una de las fases.

2.5.4 Cálculo de la Matriz de impedancia de fase

Para calcular la matriz de impedancia Z_{abc} se procede a formar las matrices descompuestas a partir de la matriz primitiva.

Matriz de impedancia para sistema trifásico

$$[Z_{abc}] = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} [\Omega/milla] \quad (21)$$

La matriz primitiva se subdivide en submatrices de la forma:

$$[\hat{Z}_{primitive}] = \begin{bmatrix} [Z_{ij}] & [\widehat{Z}_{in}] \\ [Z_{nj}] & [\widehat{Z}_{nn}] \end{bmatrix} \quad (22)$$

El cálculo de la matriz de impedancias Z_{abc} reducida se lo realiza de la siguiente manera:

$$Z_{abc} = [\widehat{Z}_{ij}] - [\widehat{Z}_{in}] \cdot [\widehat{Z}_{nn}]^{-1} \cdot [\widehat{Z}_{nj}] [\Omega/milla] \quad (23)$$

2.5.5 Matriz de impedancia de secuencia

A continuación, se presenta la ecuación que permitirá convertir de impedancias de fase a impedancias de secuencia.

El cálculo de la matriz de secuencia Z_{012} se lo realiza aplicando la ecuación:

$$A_s = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a_s^2 & a_s \\ 1 & a_s & a_s^2 \end{bmatrix} \quad (24)$$

Donde $a_s = 1 \angle 120^\circ$; $a_s^2 = 1 \angle -120^\circ$

$$[Z_{012}] = [A_s]^{-1} \cdot [z_{abc}] \cdot [A_s] [\Omega/milla] \quad (25)$$

Donde:

Z_{00} : impedancia de secuencia cero

Z_{11} : impedancia de secuencia positiva

Z_{22} : impedancia de secuencia negativa

2.5.6 Cálculo de la matriz de admitancia de fase

Consiste en la susceptancia capacitiva y conductancia, esta última se ignora porque a comparación de la susceptancia capacitiva es muy pequeña. Para conocer este valor de la misma manera se utiliza el método de imágenes planteado por Carson.

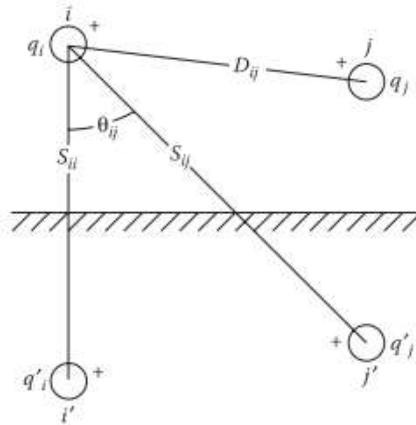


Fig. 11. Configuración de un sistema trifásico de cuatro hilos.

De manera análoga al caso de la matriz de impedancias, se procede a calcular la matriz de admitancias para las capacitancias con las ecuaciones:

$$S_{ij} = |d_i - d_j^*| \quad (26)$$

Usando el valor de permitividad en $\mu\text{F}/\text{milla}$ se obtiene los coeficientes de potencial mutuo y propio los cuales se muestran a continuación:

$$\hat{P}_{ii} = 11.17689 * \ln \frac{S_{ii}}{RD_i} \frac{\text{milla}}{\mu\text{F}} \quad (27)$$

$$\hat{P}_{ij} = 11.17689 * \ln \frac{S_{ij}}{D_{ij}} \frac{\text{milla}}{\mu\text{F}} \quad (28)$$

Donde:

S_{ii} : distancia del conductor i con respecto al reflejo de imagen i' [ft]

S_{ij} : distancia del conductor i con respecto al reflejo de imagen j' [ft]

RD_i : radio del conductor [ft]

D_{ij} : distancia entre el conductor i y el conductor j [ft]

2.5.7 Cálculo de la matriz de admitancia primitiva

$$[\hat{P}_{primitive}] = \begin{bmatrix} \hat{P}_{aa} & \hat{P}_{ab} & \hat{P}_{ac} & \hat{P}_{an} \\ \hat{P}_{ba} & \hat{P}_{bb} & \hat{P}_{bc} & \hat{P}_{bn} \\ \hat{P}_{ca} & \hat{P}_{cb} & \hat{P}_{cc} & \hat{P}_{cn} \\ \hat{P}_{na} & \hat{P}_{nb} & \hat{P}_{nc} & \hat{P}_{nn} \end{bmatrix} [milla/uF] \quad (29)$$

2.5.8 Cálculo de la Matriz de admitancia de fase

Para calcular la matriz de admitancia de fase se procede a formar las matrices descompuestas a partir de la matriz primitiva.

La matriz primitiva se subdivide en submatrices de la forma:

$$[\hat{P}_{primitive}] = \begin{bmatrix} [P_{ij}] & [\hat{P}_{in}] \\ [P_{nj}] & [\hat{P}_{nn}] \end{bmatrix} \quad (30)$$

Usando la reducción de Kron, la matriz de potencial por fase P_{abc} se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P_{abc} = [\hat{P}_{ij}] - [\hat{P}_{in}] \cdot [\hat{P}_{nn}]^{-1} \cdot [\hat{P}_{nj}] \quad (31)$$

La inversa de la matriz de coeficientes de potencial por fase está dada por:

$$[C_{abc}] = [P_{abc}]^{-1} \quad (32)$$

Una vez concluido el análisis matemático se establece que el modelo paramétrico para un tramo de red trifásico es el siguiente:

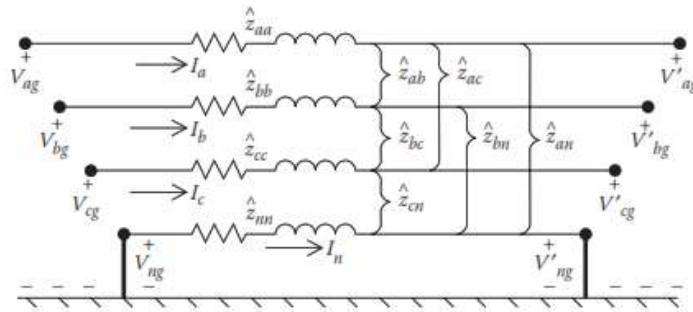


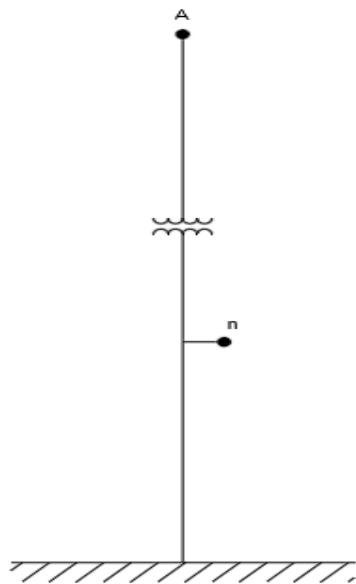
Fig. 12. Configuración de un sistema trifásico de cuatro hilos.

En la figura 12 se puede observar el segmento de una línea de distribución trifásica con conexión a tierra.

2.6 Modelo de un tramo de red aérea monofásica

2.6.1 Ubicación de conductores - monofásico

Modelo para una línea de distribución aérea monofásica a dos hilos.



$$D_A = d_x + jd_y \quad (33)$$

$$D_n = d_x + jd_y$$

Fig. 13. Distancia de conductores en un sistema monofásico de dos hilos.

2.6.2 Cálculo de distancias entre conductores de fase y neutro

Para calcular las distancias entre todos los conductores se especifica cada posición en coordenadas rectangulares empleando valores complejos.

Aplicando las ecuaciones modificadas de Carson se tiene:

Ecuación para el cálculo de impedancia propia:

$$\hat{Z}_{ii} = r_i + 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{GMR_i} + 7.6786 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (34)$$

Ecuación para el cálculo de impedancia mutua:

$$\hat{Z}_{ij} = 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{D_{ij}} + 7.6786 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (35)$$

2.6.3 Cálculo de la Matriz de impedancia primitiva

Dentro de los sistemas de distribución un segmento de línea en el cual su configuración sea de dos conductores con conexión a tierra dará como resultado una matriz de 2x2 como se muestra en la siguiente ecuación:

$$[\hat{Z}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} [\hat{Z}_{ij}] & [\hat{Z}_{ij}] \\ [\hat{Z}_{nj}] & [\hat{Z}_{nn}] \end{bmatrix} [\Omega/milla] \quad (36)$$

El resultado de una matriz primitiva muestra la impedancia equivalente propia y mutua para los conductores.

2.6.4 Cálculo de la Matriz de impedancia de fase

Para calcular la matriz de impedancia Z_{abc} se procede a formar las matrices descompuestas a partir de la matriz primitiva.

Matriz de impedancia para sistema monofásico

$$[Z_{abc}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{bb} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} [\Omega/milla] \quad (37)$$

La matriz primitiva se subdivide en submatrices de la forma:

$$[\hat{Z}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} [Z_{ij}] & [\widehat{Z}_{in}] \\ [Z_{nj}] & [\widehat{Z}_{nn}] \end{bmatrix} \quad (38)$$

El cálculo de la matriz de impedancias Z_{abc} reducida se lo realiza de la siguiente manera:

$$Z_{abc} = [\widehat{Z}_{ij}] - [\widehat{Z}_{in}] \cdot [\widehat{Z}_{nn}]^{-1} \cdot [\widehat{Z}_{nj}] [\Omega/milla] \quad (39)$$

2.6.5 Matriz de impedancia de secuencia

A continuación, se presenta la ecuación que permitirá convertir de impedancias de fase a impedancias de secuencia.

El cálculo de la matriz de secuencia Z_{012} se lo realiza aplicando la ecuación:

$$A_s = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a_s^2 & a_s \\ 1 & a_s & a_s^2 \end{bmatrix} \quad (40)$$

Donde $a_s = 1 \angle 120^\circ$; $a_s^2 = 1 \angle -120^\circ$

$$[Z_{012}] = [A_s]^{-1} \cdot [z_{abc}] \cdot [A_s] \quad [\Omega/\text{milla}] \quad (41)$$

2.6.6 Cálculo de la matriz de admitancia de fase

De manera análoga al caso de la matriz de impedancias, se procede a calcular la matriz de admitancias para las capacitancias con las ecuaciones:

$$S_{ij} = |d_i - d_j^*| \quad (42)$$

Usando el valor de permitividad en $\mu\text{F}/\text{milla}$ se obtiene los coeficientes de potencial mutuo y propio los cuales se muestran a continuación:

$$\hat{P}_{ii} = 11.17689 * \ln \frac{S_{ii}}{RD_i} \quad \frac{\text{milla}}{\mu\text{F}} \quad (43)$$

$$\hat{P}_{ij} = 11.17689 * \ln \frac{S_{ij}}{D_{ij}} \quad \frac{\text{milla}}{\mu\text{F}} \quad (44)$$

2.6.7 Cálculo de la matriz de admitancia primitiva

$$[\hat{P}_{primitive}] = \begin{bmatrix} [P_{ij}] & [\hat{P}_{in}] \\ [P_{nj}] & [\hat{P}_{nn}] \end{bmatrix} [\text{milla}/\mu\text{F}] \quad (45)$$

2.6.8 Cálculo de la Matriz de admitancia de fase

Para calcular la matriz de admitancia de fase se procede a formar las matrices descompuestas a partir de la matriz primitiva.

Usando la reducción de Kron, la matriz de potencial por fase P_{abc} se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P_{abc} = [\hat{P}_{ij}] - [\hat{P}_{in}] \cdot [\hat{P}_{nn}]^{-1} \cdot [\hat{P}_{nj}] \quad (46)$$

La inversa de la matriz de coeficientes de potencial por fase está dada por:

$$[C_{abc}] = [P_{abc}]^{-1} \quad (47)$$

Una vez concluido el análisis matemático se establece que el modelo paramétrico para un tramo de red monofásico es el siguiente:

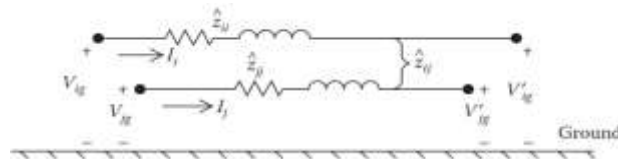


Fig. 14. Configuración de un sistema monofásico de dos hilos.

2.7 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados

Para el desarrollo de la parametrización se tomó como referencia las ecuaciones modificadas de Carson con las cuales se pudo llegar a conocer los valores de matriz de impedancia primitiva, matriz de impedancia, matriz de impedancia de secuencia, matriz de admitancia y matriz de admitancia de secuencia; cuyos resultados se reflejan en el anexo 01, estos resultados corresponden a los 168 vanos existentes sin conductor neutro.

Debido al crecimiento no planificado de los alimentadores de distribución, y a la presencia de cargas desbalanceadas es importante conocer el comportamiento la influencia del conductor neutro en los centros de transformación. Para efectos de estudio en el capítulo III se realizará la presentación grafica de los efectos presentes en un centro de transformación cuando exista una falla en el alimentador, esto se podrá alcanzar con la ayuda del procesador gráfico ATP Draw el cual es un programa de transitorios electromagnéticos.

2.8 Conclusiones Capítulo II

- Utilizando el modelo paramétrico de un tramo de red y mediante las ecuaciones de Carson se realiza la modelación de las líneas eléctricas aéreas en un tramo de red monofásico y trifásico del alimentador Pita.
- De los resultados alcanzados en la metodología paso a paso en un tramo de red aérea monofásico y trifásico y según la cantidad de conductores instalados se verifica que existe variación en las matrices de impedancia, secuencia y admitancias.
- Basados en los cálculos realizados referente a matrices de impedancia y secuencia de dos tramos de red aérea del alimentador Pita, se realiza la presentación del modelo de red para dos y cuatro hilos.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 Análisis de los resultados

Durante las inspecciones de campo se ha identificado que el alimentador Pita está conformado por 862 vanos entre trifásicos y monofásicos de los cuales 168 vanos se encuentran sin el conductor neutro ocasionando que los centros de transformación perteneciente a estos vanos se encuentren sin el conductor de neutro corrido. En estos vanos se ha utilizado las ecuaciones modificadas de Carson para poder conocer los valores de R0, R1, X0, X1, B0 y B1 en cada uno de los 168 vanos, cuyos resultados se encuentran respaldados en el anexo 01.

En la tabla 8 se puede observar como referencia tramos de red que se extrae del anexo 01, tramos en los cuales se puede apreciar las condiciones de los parámetros iniciales y los parámetros que se podría alcanzar con la disponibilidad del conductor neutro corrido en los tramos de red.

TABLA 8.
RESUMEN DIFERENCIA DE PARÁMETROS EN TRAMOS DE RED.

Item	Nombre del tramo	Fase	Calibre de Fase	Neutro	Longitud (m)	R0 (Ω)	R1 (Ω)	X0 (Ω)	X1 (Ω)	B0 (μS)	B1 (μS)	Estado de la red
1	59284_MTA	ABC	ACSR 2/0	ACSR 1/0	30,1	0,028	0,017	0,045	0,015	0,054	0,121	Red con neutro Corrido
						0,029	0,017	0,043	0,016	0,058	0,114	Red sin neutro Corrido
						0,093%	0,002%	-4,190%	4,704%	7,000%	-6,227%	Porcentaje de Variación de impedancias
2	52356_MTA	ABC	ACSR 1/0	ACSR 1/0	62,3	0,068	0,043	0,094	0,031	0,110	0,246	Red con neutro Corrido
						0,054	0,043	0,122	0,033	0,097	0,232	Red sin neutro Corrido
						-24,31%	0,00%	23,34%	4,62%	-14,12%	-6,13%	Porcentaje de Variación de impedancias
3	46916_MTA	A	ACSR 1/0	ACSR 2	283,8	0,238	0,238	0,249	0,249	0,788	0,788	Red con neutro Corrido
						0,214	0,214	0,286	0,286	0,714	0,714	Red sin neutro Corrido
						-11,27%	-11,27%	12,77%	12,77%	-10,25%	-10,25%	Porcentaje de Variación de impedancias
4	11066_MTA	A	ACSR 4	ACSR 2	35,2	0,061	0,061	0,031	0,031	0,092	0,092	Red con neutro Corrido
						0,058	0,058	0,035	0,035	0,084	0,084	Red sin neutro Corrido
						-5,14%	-5,14%	12,75%	12,75%	-9,69%	-9,69%	Porcentaje de Variación de impedancias
5	12046_MTA	A	ACSR 2	ACSR 2	169,5	0,202	0,202	0,150	0,150	0,456	0,456	Red con neutro Corrido
						0,188	0,188	0,171	0,171	0,415	0,415	Red sin neutro Corrido
						-7,67%	-7,67%	12,71%	12,71%	-9,95%	-9,95%	Porcentaje de Variación de impedancias

Fuente: Autores

De la tabla 8 se puede apreciar que cuando se complete la instalación del conductor neutro corrido en los vanos faltantes, los valores de las matrices de impedancias tendrán un porcentaje de variación que oscila del 7.67% al 11.27% para tramos monofásicos, mientras que para tramos trifásicos una variación del 0,693% al 24,31%. Estos porcentajes sufrirán cambios de acuerdo a las características técnicas del conductor y su configuración en cada estructura. De manera general se puede deducir que con la instalación del conductor neutro los valores resistivos crecerán mientras que la reactancia inductiva y susceptancia se verán afectadas de acuerdo a los acoplamientos mutuos que se presenten según la configuración de la red.

De acuerdo al relevamiento de campo del alimentador Pita y de la parametrización de los 168 vanos que no dispone del conductor neutro en esta sección se realizara el análisis de la influencia del conductor neutro en el alimentador con la ayuda del software comercial CYMDIST, mientras que para obtener graficas del fenómeno presente en los centros de transformación se utilizara el procesador gráfico ATPDraw, esta simulación se realizara con un tramo de red trifásico, monofásico, un centro de transformación trifásico y monofásico.

A continuación, se dará inicio el análisis considerando un escenario con una falla trifásica a tierra.

3.2 Parámetros conocidos de una red trifásica

Como se revisó en el capítulo II los parámetros requeridos del tramo de red del alimentador Pita son: configuración de los conductores, radio medio geométrico, resistencia y diámetro de conductores, esto permite determinar la impedancia de las líneas en condiciones normales de funcionamiento con y sin el neutro corrido, estos datos se encuentran tabulados en la tabla 9.

TABLA 9.
PARAMETROS DEL ALIMENTADOR PITA – TRAMO TRIFÁSICO – 13,8 kV

Parámetro	Unidad	Valor	Referencia
Distancias conductores fase y neutro alimentador - tramo trifásico			
Distancia de conductores sistema trifásico cuatro conductores.	[m]	$D_A = 0 + j10,20$	(48)
		$D_B = 0,80 + j10,55$	
		$D_C = 1,60 + j10,20$	
		$D_n = 1 + j8,95$	
Especificaciones de conductor correspondiente a la fase y neutro – tramo trifásico			
Conductor de fase	[AWG]	2/0	-
Resistencia de conductor Fase (R) – 50 °C	[ohm/Km]	0,5561	-
Diámetro de conductor fase	[cm]	1,14	-
RMG	[m]	0,001554	-
Conductor de neutro	[AWG]	1/0	-
Resistencia de conductor neutro (R) – 50 °C	[ohm/Km]	0,6959	-
Diámetro de conductor neutro	[cm]	1,01	-
RMG	[m]	0,001359	-
Material cable fase y neutro	-	ACSR	-

Fuente: Autores.

Fuente

TABLA 10.
PARAMETROS DE LA FUENTE DE VOLTAJE

DATOS FUENTE		
Descripción	Magnitud	Unidad
Voltaje	7967,43	[V]
Frecuencia	60	[Hz]
Ángulo de fase A	0	[Grados]
Ángulo de fase B	-120	[Grados]
Ángulo de fase C	120	[Grados]

Fuente: Autores

Centro de transformación

TABLA 11.
DATOS TÉCNICOS DEVANADO PRIMARIO TRANSFORMADOR

DATOS TRANSFORMADOR			
TIPO	TRIFASICO		DEVANADO PRIMARIO
Z		2,40	[%]
Sbase		16,66	[kVA]
Vbase		13800	[V]
Zbase		11430,97	[Ω]
Z real		274,34	[Ω]
L real		727,71	[mH]
L real_3		242,57	[mH]

Fuente: Autores

TABLA 12.
DATOS TÉCNICOS DEVANADO SECUNDARIO TRANSFORMADOR

DATOS TRANSFORMADOR			
TIPO	TRIFASICO		DEVANADO SECUNDARIO
Z		2,40	[%]
Sbase		16,66	[kVA]
Vbase		127	[V]
Zbase		0,968	[Ω]
Z real		0,023	[Ω]
L real		0,061	[mH]
L real_3		0,020	[mH]

Fuente: Autores

3.3 Parámetros calculados de una red trifásica

De acuerdo a la tabla 9 el conductor seleccionado para la simulación en ATPDraw es el conductor 2/0 AWG para las fases, utilizando las ecuaciones modificadas de Carson detalladas en el capítulo II se podrá determinar los resultados de la matriz de impedancia Z_{abc} , matriz de impedancia de secuencia Z_{012} , matriz de admitancia Y_{abc} y matriz de admitancia de secuencia Y_{012} , en la tabla 13 se muestran los datos requeridos por el ATPDraw mismos que provienen de dichas matrices.

TABLA 13.
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS IMPEDANCIAS

Ítem	Resistencia		Inductancia		Capacitancia	
	[Ω /km]	[Ω /m]	[H/km]	[mH/m]	[μ S/km]	[μ F/m]
1	0,6153	0,0006153	0,9962	0,002642503	3,1047	8,23547E-06
2	0,0592	5,92E-05	0,5189	0,001376425	-0,9888	-2,6229E-06
3	0,6153	0,0006153	0,9962	0,002642503	3,2885	8,72302E-06
4	0,0592	5,92E-05	0,4732	0,001255202	-0,6121	-1,6236E-06
5	0,0592	5,92E-05	0,5189	0,001376425	-0,9888	-2,6229E-06
6	0,6153	0,0006153	0,9962	0,002642503	3,1046	8,23521E-06

Fuente: Autores

Los datos de impedancia del conductor de neutro para la configuración trifásica se detallan en la tabla 14.

TABLA 14.
IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO

Ítem	Resistencia		Inductancia		Capacitancia	
	[Ω /km]	[Ω /m]	[H/km]	[mH/m]	[μ S/km]	[μ F/m]
1	0,7552	0,0007552	1,0063	0,002669	2,514	6,66859E-06

Fuente: Autores.

3.3.1 Ingreso de variables en ATPDraw

Para poder identificar el efecto de los transitorios cuando no se dispone el conductor neutro, en la herramienta ATPDraw se realiza el ingreso de los datos obtenidos por las ecuaciones modificadas de Carson y verificadas en el programa Cymdist.

Esquema de una línea de distribución en ATPDraw

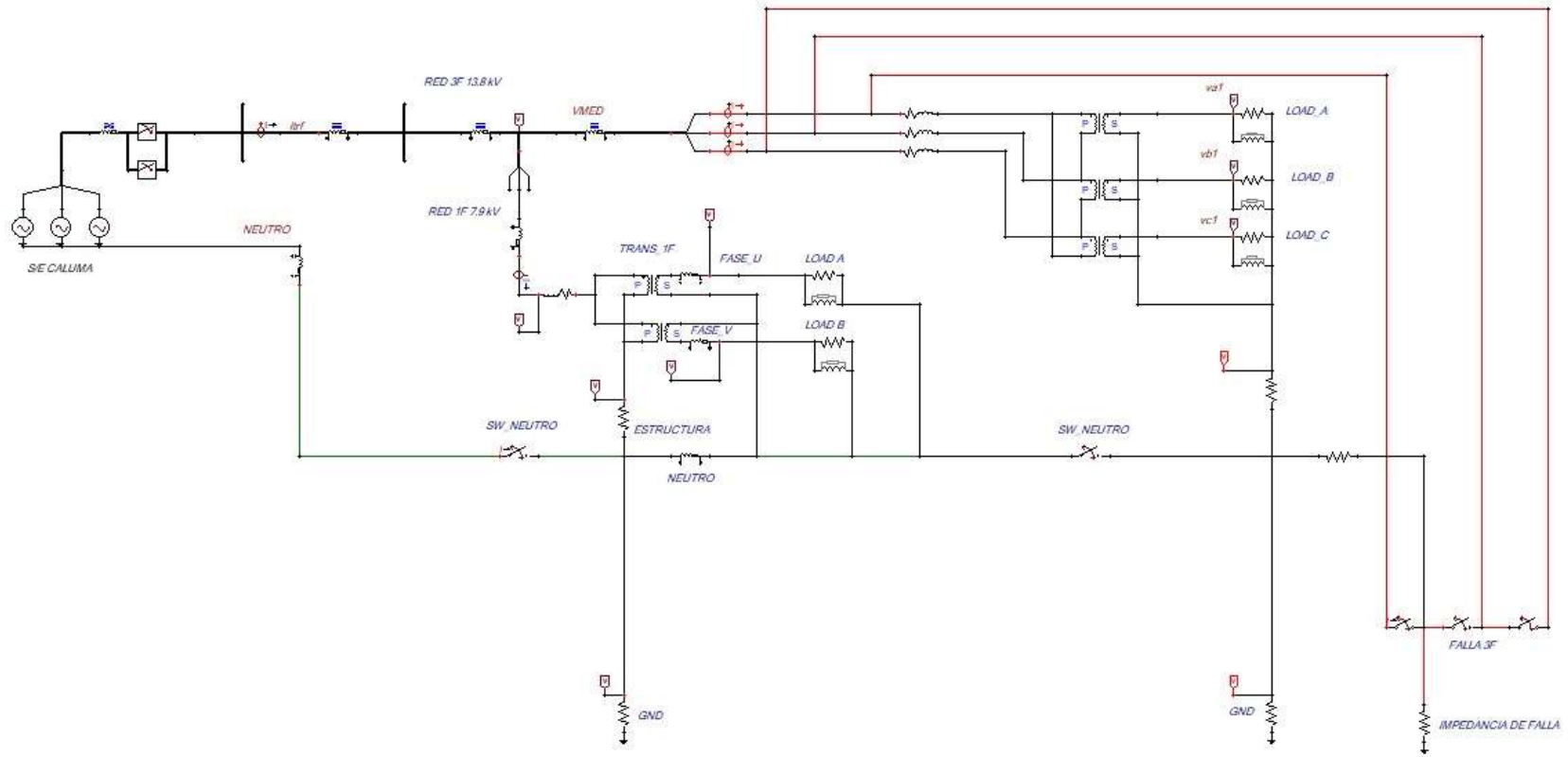


Fig. 15. Esquema de una línea de distribución con falla trifásica a tierra en ATPDraw [17]

En la fig. 15 se observa el esquema de un circuito con un tramo de red trifásica, monofásica, un centro de transformación trifásico y monofásico, esto nos permitirá realizar la simulación e identificar gráficamente la influencia del conductor neutro en un centro de transformación.

A continuación, se presenta los análisis obtenidos de la simulación con el programa ATPDraw.

3.3.2 Análisis de resultados en operación normal

En la figura 16 y 17 se puede observar que las magnitudes de voltaje en operación normal se mantienen dentro $V_A= 7,96 \angle 0^\circ$; $V_B= 7,96 \angle 120^\circ$ y $V_C= 7,96 \angle 240^\circ$; al igual que las magnitudes de corriente.

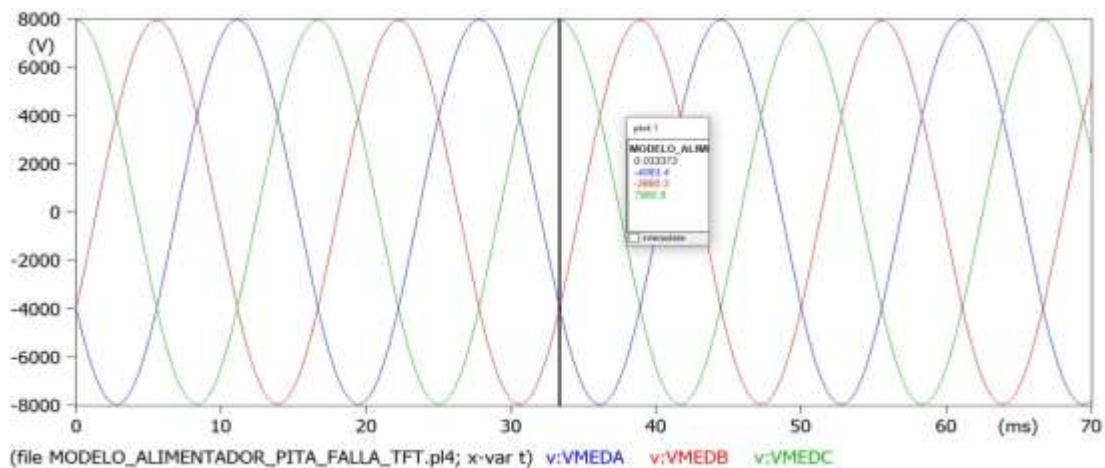


Fig. 16. Voltaje línea de distribución en condiciones normales - ATPDraw [17]

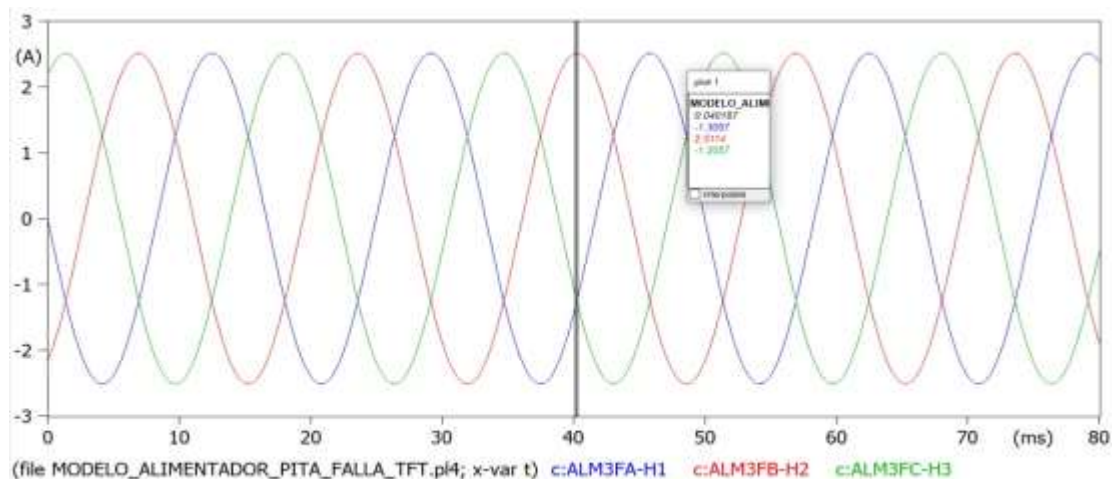


Fig. 17. Corriente de línea de distribución en condiciones normales - ATPDraw [17]

3.3.3 Voltaje en el neutro en condiciones normales

En la fig. 18 se puede observar la diferencia de potencial existente en el lado secundario del transformador (neutro), puesto que esta diferencia del potencial aparece debido a los desbalances de carga, fallas y pérdidas técnicas en conductores, así como en los mismos transformadores.

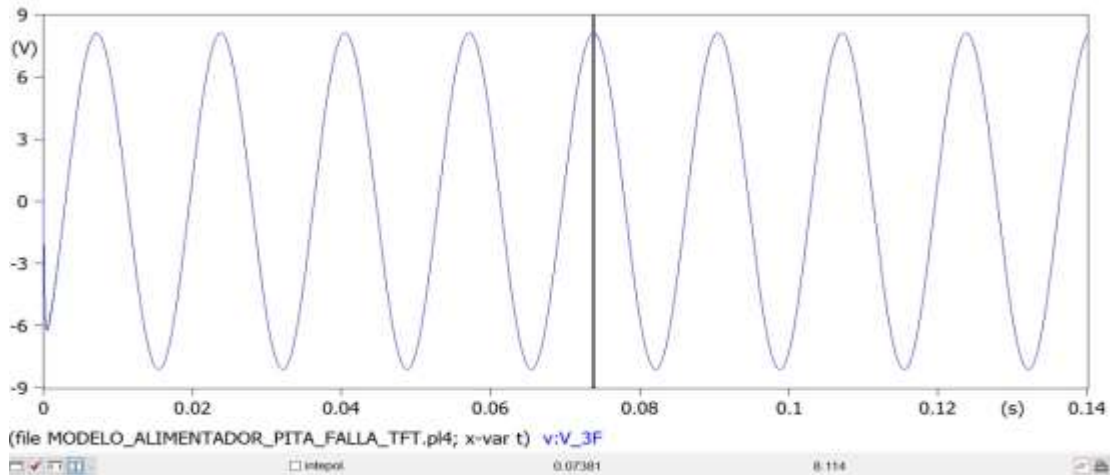


Fig. 18. Voltaje en X0 del transformador trifásico de distribución - ATPDraw [17]

3.3.4 Falla en el esquema de distribución sin conductor neutro

Para determinar la influencia del conductor neutro en el centro de transformación trifásico se simula una falla trifásica a tierra sin el conductor neutro, evidenciando que cuando se presenta la falla las magnitudes de voltajes de las 3 fases tienden a cero, como se puede ver en la Fig. 19.

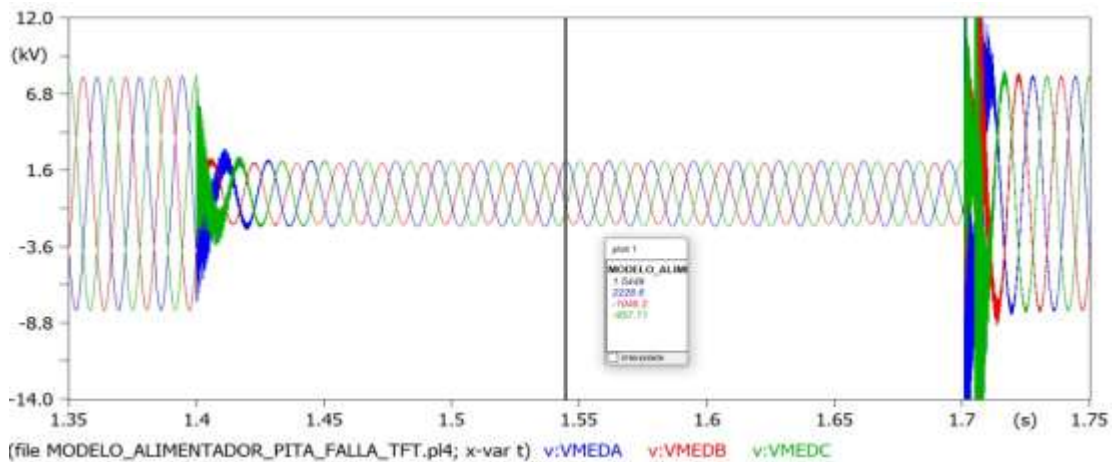


Fig. 19. Voltaje de falla sin neutro en la línea de distribución de MT - ATPDraw [17]

Mientras que en la fig. 20 se puede apreciar que la corriente se comporta inversamente proporcional al voltaje durante la simulación de la falla.

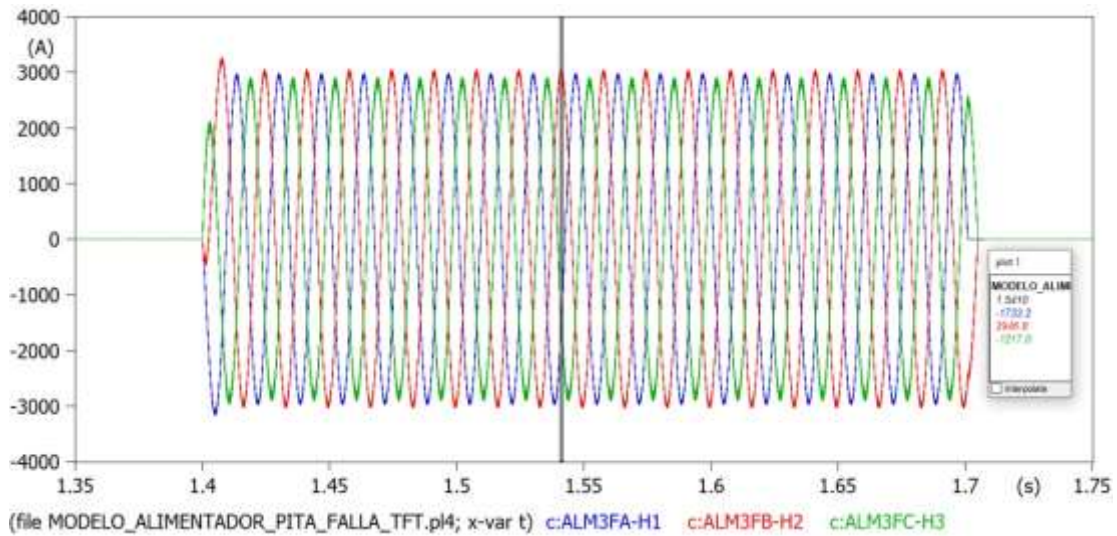


Fig. 20. Corriente de falla sin neutro en la línea de distribución en MT - ATPDraw [17]

Cuando se presente una falla trifásica en el alimentador y no se disponga del conductor neutro corrido, en la fig. 21 se identifica que se presenta un incremento en la diferencia de potencial de 8,11V en condiciones normales a 61,72 V durante la falla.

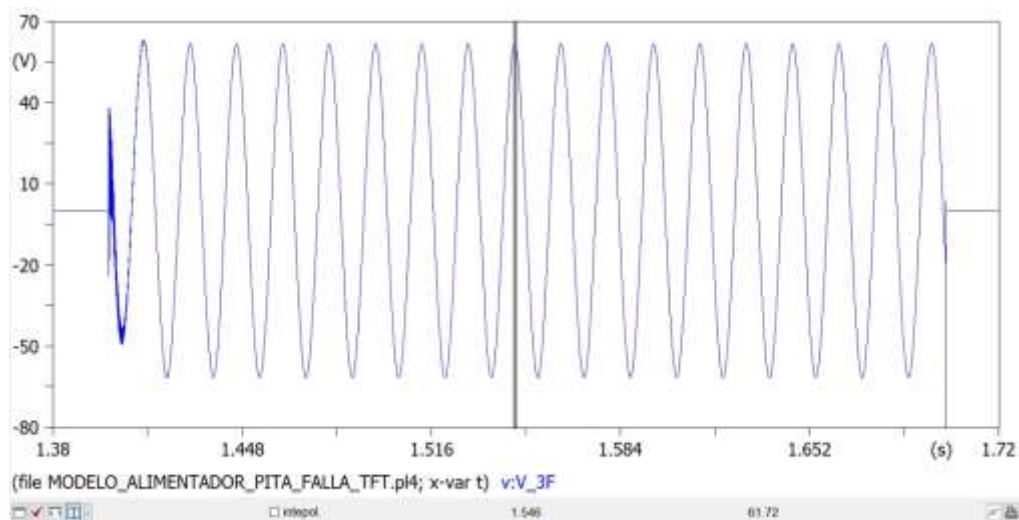


Fig. 21. Voltaje en el X0 del transformador trifásico sin conductor neutro - ATPDraw [17]

3.3.5 Datos de Falla con el conductor neutro

Cuando se dispone del conductor neutro se identifica que cuando se presenta la misma falla trifásica a tierra las magnitudes de voltajes de las 3 fases tienden a cero, como se

puede ver en la Fig 22. Esto se debe a que la falla presentada es de tipo simétrica y esto se identifica en la Fig 23.

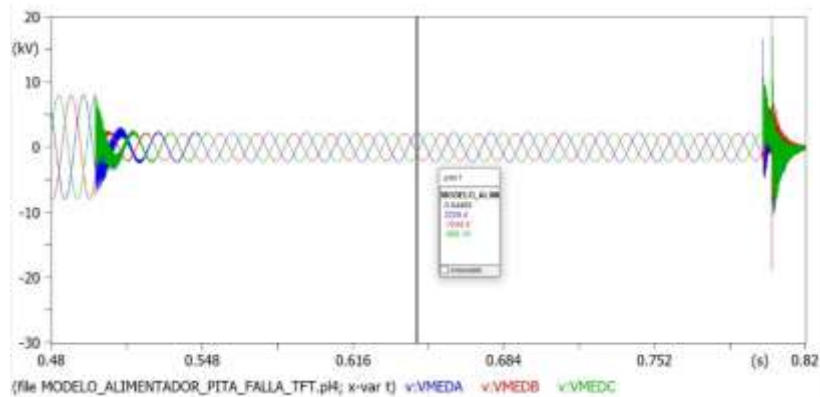


Fig. 22. Voltaje en el alimentador con neutro corrido durante la falla - ATPDraw

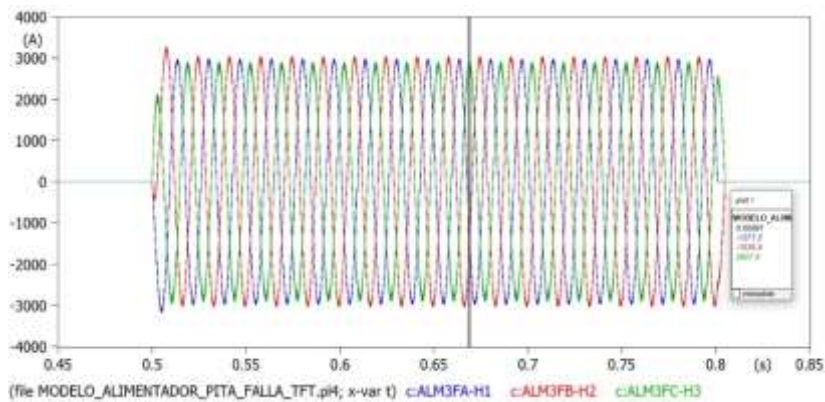


Fig. 23. Corriente de falla en el alimentador con neutro corrido - ATPDraw

Cuando se presente una falla trifásica en el alimentador y se disponga del conductor neutro corrido, en la fig. 24 se identifica que se presenta un incremento en la diferencia de potencial de 8,11V en condiciones normales a 39,31 V durante la falla.

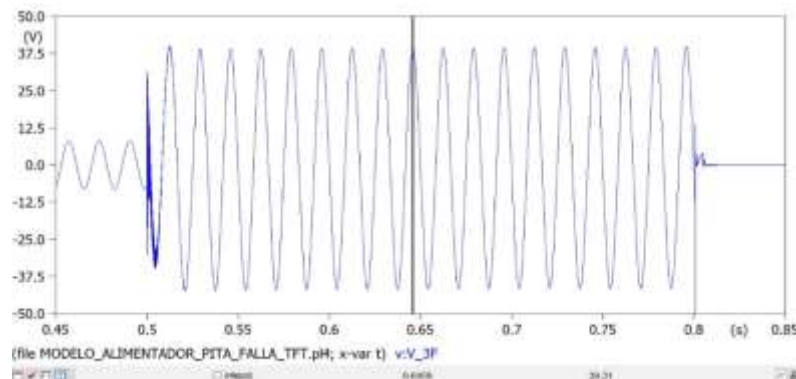


Fig. 24. Voltaje en X0 del transformador trifásico durante la falla con neutro corrido -ATPDraw

3.3.6 Comparación de Voltajes en X0 del transformador trifásico

De los antecedentes presentados se analiza que la influencia del conductor neutro corrido al estar instalado ante una falla trifásica simétrica será de 22,41 V menos, en referencia al voltaje que se presenta al no poseer el neutro corrido en el vano, como se puede observar en la siguiente Fig. 25.

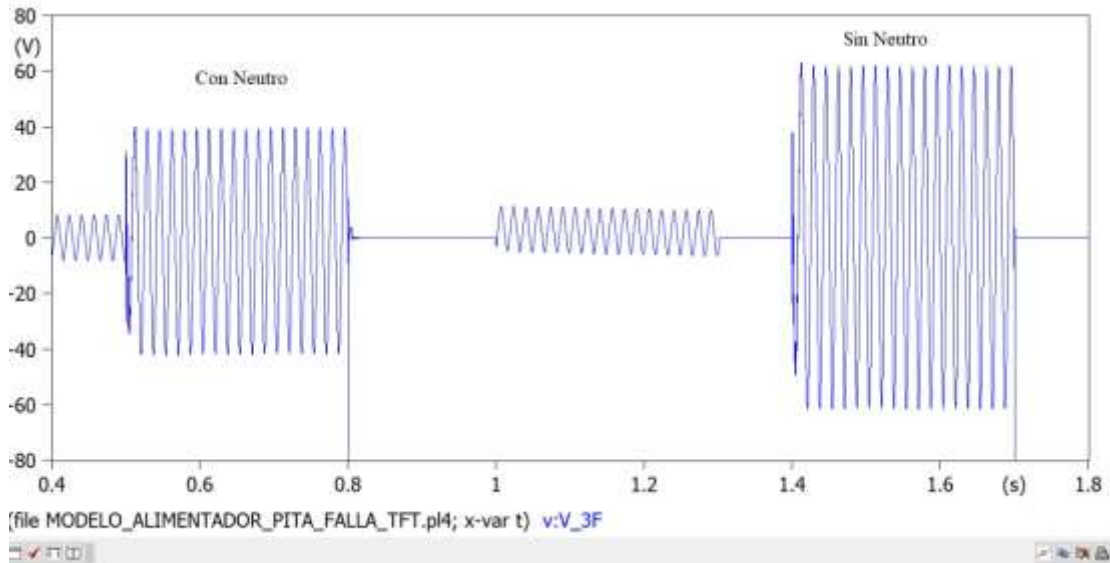


Fig. 25. Comparación de Voltaje en X0 del transformador trifásico durante la falla con y sin neutro corrido - ATPDraw

Para el caso de las corrientes de fallas presentadas y al ser una falla trifásica simétrica se verifica que la variación de la magnitud de corriente es mínima cuando disponga o no el neutro corrido, esta comparación se puede observar en la Fig. 26

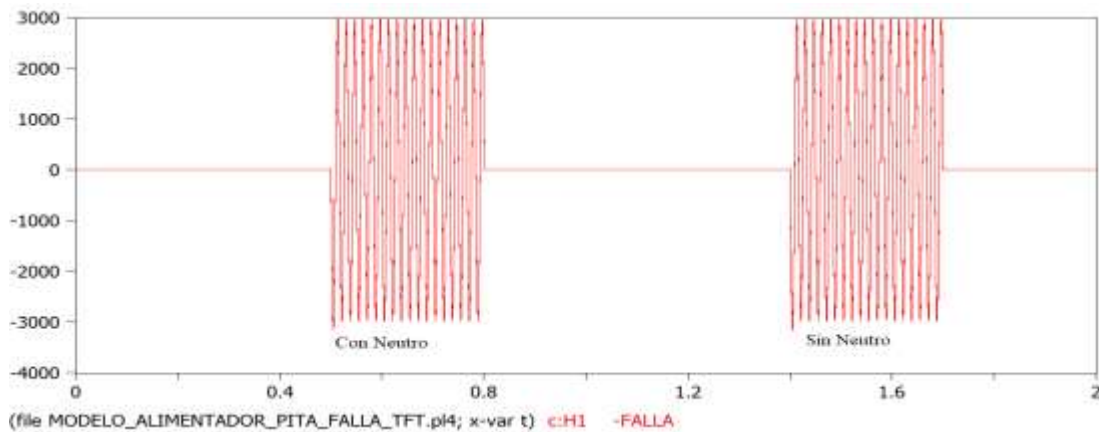


Fig. 26. Comparación de Corriente de falla trifásica con y sin neutro corrido - ATPDraw

De lo manifestado se efectuó una simulación en un punto específico de todo el alimentador mediante el programa CYMDIST, en la tabla 15 se observa las variaciones de voltaje y corriente presentes en el punto de falla, considerando todos los aportes presentes durante la falla en el alimentador.

En la tabla 15 se puede apreciar que la diferencia de corriente en los dos escenarios es aproximadamente el 2% mientras que el voltaje tiene una variación del 17 %.

TABLA 15.
VARIACIONES VOLTAJE Y CORRIENTE PRESENTES EN EL PUNTO DE FALLA.

Nombre de la barra	ANÁLISIS DE CORRIENTE DE FALLA TRIFASICA			
	SIN NEUTRO	CON NEUTRO	DIFERENCIA	PORCENTAJE
52356_MTA	IA (A) Base	IA (A)	DeltaIA (A)	
	2171,6180515396	2209,4702865753	37,8522	1,74%
	IB (A) Base	IB (A)	DeltaIB (A)	
	2291,6672130218	2334,7327053290	43,0655	1,88%
	IC (A) Base	IC (A)	DeltaIC (A)	
	2257,4922730081	2301,2413101151	43,7490	1,94%
52356_MTA	In (A) Base	In (A)	DeltaIN (A)	
	0,0034081315	0,0044559994	0,001048	
Nombre de la barra	ANÁLISIS DE VOLTAJE DURANTE LA FALLA TRIFASICA			
	SIN NEUTRO	CON NEUTRO	DIFERENCIA	PORCENTAJE
MTA_S_52356	VA (p.u.) Caso Base	VA (p.u.)	DeltaVA (kV)	
	0,0167	0,0196	0,0391	16,91%
	VB (p.u.) Caso Base	VB (p.u.)	DeltaVB (kV)	
	0,0167	0,0196	0,0391	16,91%
	VC (p.u.) Caso Base	VC (p.u.)	DeltaVC (kV)	
	0,0167	0,0196	0,0391	16,91%

Fuente: Autores

3.4 Parámetros conocidos de una red monofásica

Para el análisis de la influencia del conductor neutro corrido en un tramo de red monofásico se considera los datos descritos en la tabla 16.

TABLA 16.
PARAMETROS DEL ALIMENTADOR PITA – TRAMO MONOFÁSICO – 7,96 kV

Parámetro	Unidad	Valor	Referencia
Distancias conductores fase y neutro alimentador - tramo monofásico			
Distancia de conductores sistema trifásico cuatro conductores.	[m]	$D_A = 0 + j10,55$ $D_n = 0,20 + j9,05$	(49)
Especificaciones de conductor correspondiente a la fase y neutro – tramo trifásico			
Conductor de fase	[AWG]	1/0	-
Resistencia de conductor Fase (R) – 50 °C	[ohm/Km]	0,6959	-
Diámetro de conductor fase	[cm]	1,01	-
RMG	[m]	0,001359	-
Conductor de neutro	[AWG]	1/0	-
Resistencia de conductor neutro (R) – 50 °C	[ohm/Km]	0,6959	-
Diámetro de conductor neutro	[cm]	1,01	-
RMG	[m]	0,001359	-
Material cable fase y neutro	-	ACSR	-

Fuente: Autores.

Centros de transformación

TABLA 17.
DATOS TÉCNICOS DEVANADO PRIMARIO TRANSFORMADOR

TIPO	MONOFASICO	DEVANADO PRIMARIO
Z	2	[%]
Sbase	7	[kVA]
Vbase	7967	[V]
Zbase	9067,6	[Ω]
Z real	181,4	[Ω]
L real	481,1	[mH]
L real/2	240,5	[mH]

Fuente: Autores

TABLA 18.
DATOS TÉCNICOS DEVANADO SECUNDARIO TRANSFORMADOR
DATOS TRANSFORMADOR

TIPO	MONOFASICO	DEVANADO SECUNDARIO
Z	2	[%]
Sbase	7	[kVA]
Vbase	120	[V]
Zbase	2,06	[Ω]
Z real	0,04	[Ω]
L real	0,11	[mH]
L real/2	0,05	[mH]

Fuente: Autores

Esquema de una línea de distribución en ATPDraw

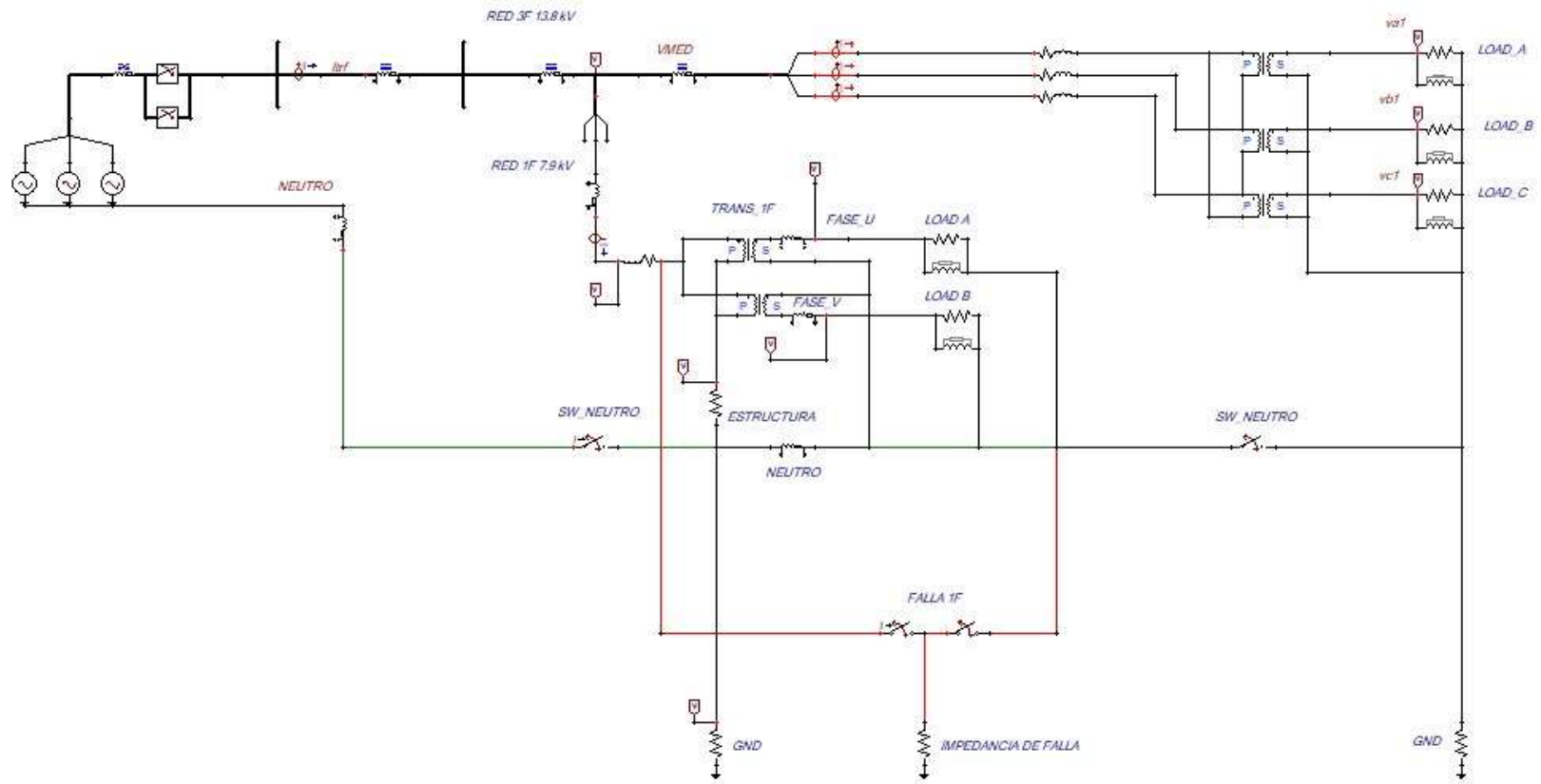


Fig. 27. Esquema de una línea de distribución con falla monofásica a tierra en ATPDraw [17]

3.4.1 Análisis de resultados en operación normal tramo monofásico

En el siguiente apartado se procede a considerar el análisis de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación.

3.4.2 Voltaje en el neutro en condiciones normales

En la Fig. 28 se puede observar la magnitud de voltaje monofásico en condiciones normales de funcionamiento, siendo el $V = 7,96$ KV. Mientras que en la Fig. 29 se puede observar el comportamiento de la corriente.

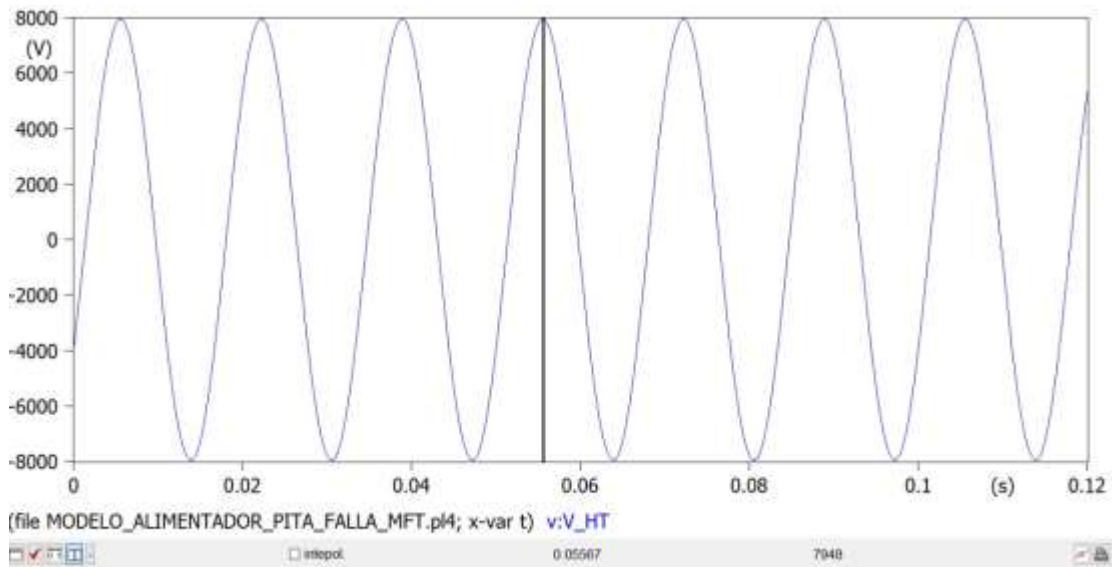


Fig. 28. Voltaje lado de alta línea de distribución - ATPDraw [17]

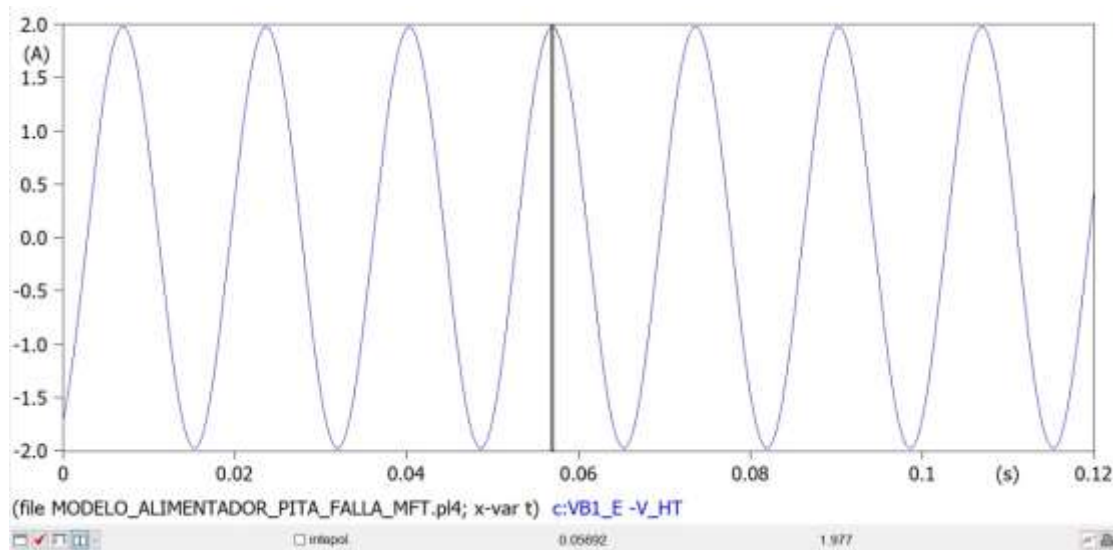


Fig. 29. Corriente en condición normal de la línea de distribución monofásica - ATPDraw [17]

En la Fig. 30 se puede observar la diferencia de potencial existente en el lado secundario del transformador monofásico (neutro) de 20,13 V.

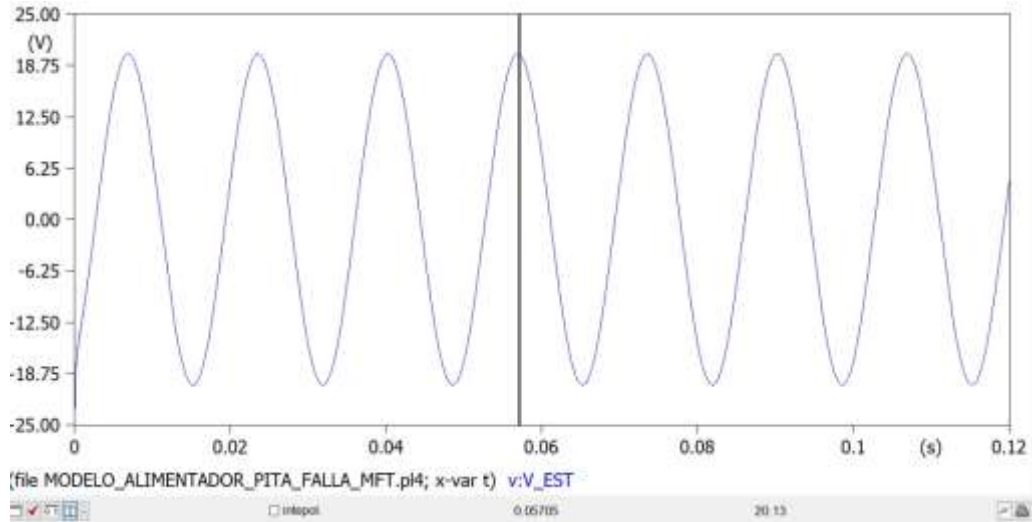


Fig. 30. Voltaje en la línea del neutro de distribución en ATPDraw [17]

3.4.3 Falla en el esquema de distribución sin conductor neutro

Para determinar la influencia del conductor neutro en el centro de transformación monofásico se simula una falla monofásica a tierra sin el conductor neutro, evidenciando que cuando se presenta la falla la magnitud de voltaje de la fase tienden a cero, como se puede ver en la Fig. 31.

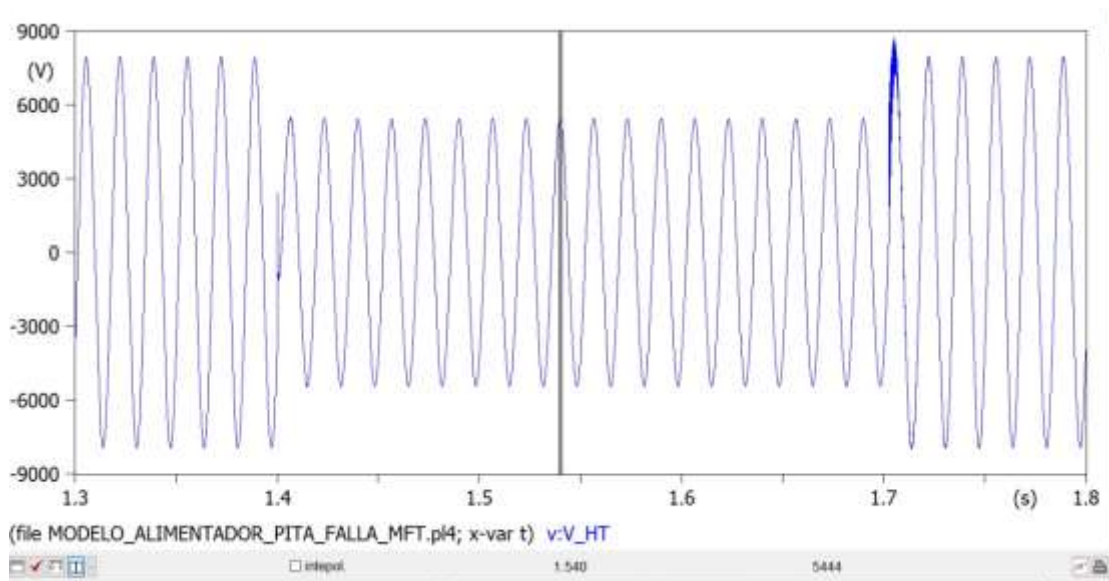


Fig. 31. Voltaje en falla sin neutro en la línea de distribución - ATPDraw [17]

De acuerdo a lo indicado en la Fig. 32 se puede observar claramente el incremento de la magnitud de corriente en el lado primario del transformador.

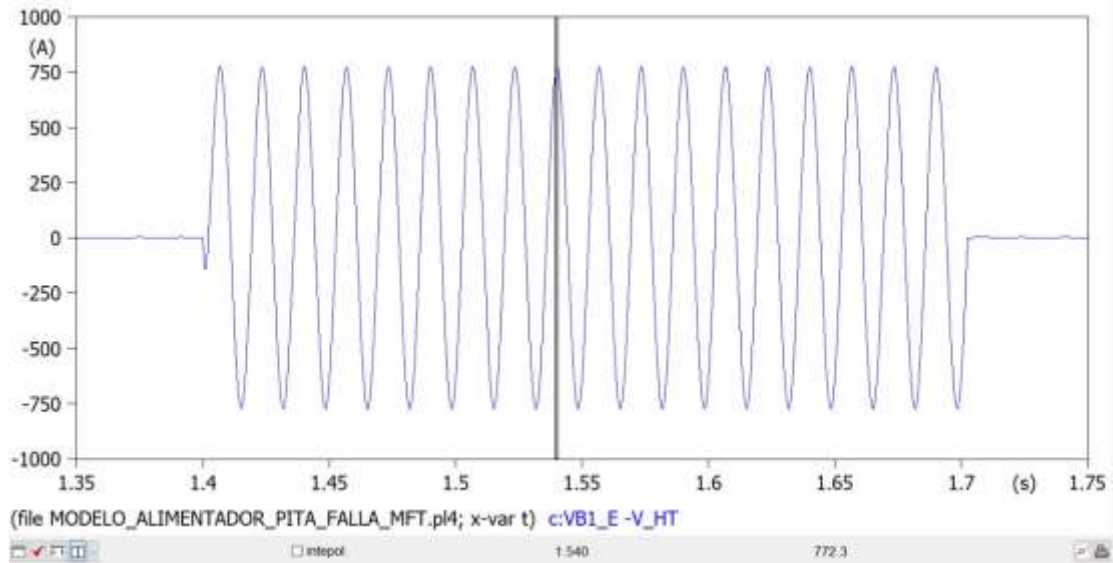


Fig. 32. Corriente de falla sin neutro en la línea de distribución – ATPDraw [17]

Cuando se presente una falla monofásica y no se disponga el conductor neutro corrido en la fig. 33 se observa que se presenta un incremento en la diferencia de potencial de 20,13 V en condiciones normales a 5014 V durante la falla.

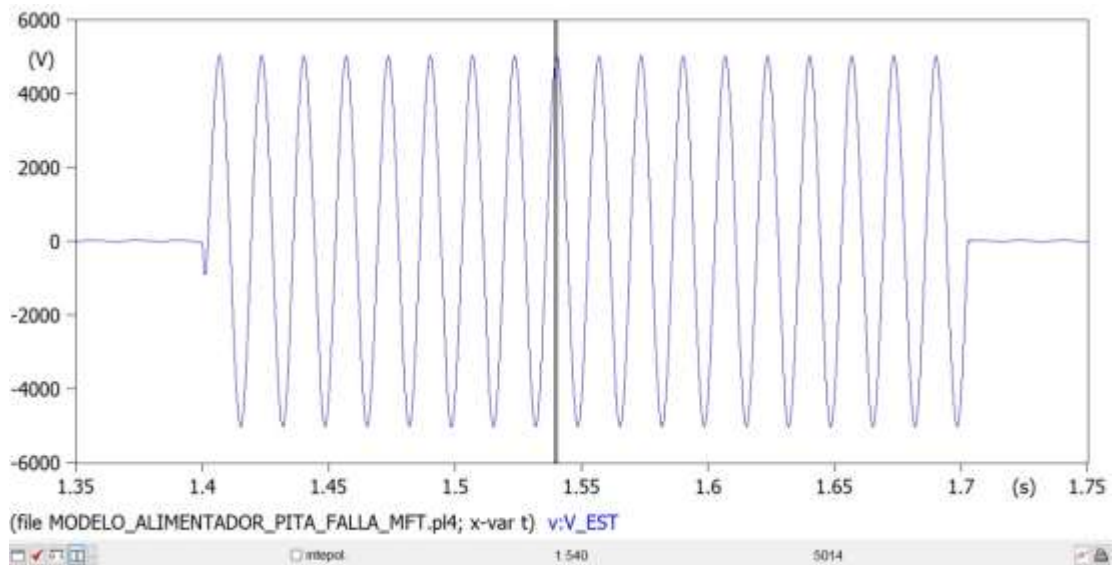


Fig. 33. Voltaje en el X0 del transformador monofásico sin conductor neutro - ATPDraw [17]

3.4.4 Datos de Falla con el conductor neutro

Según lo evidenciado cuando se presenta la falla monofásica la magnitud de voltaje de la fase tiende a cero, como se puede ver en la Fig. 34.

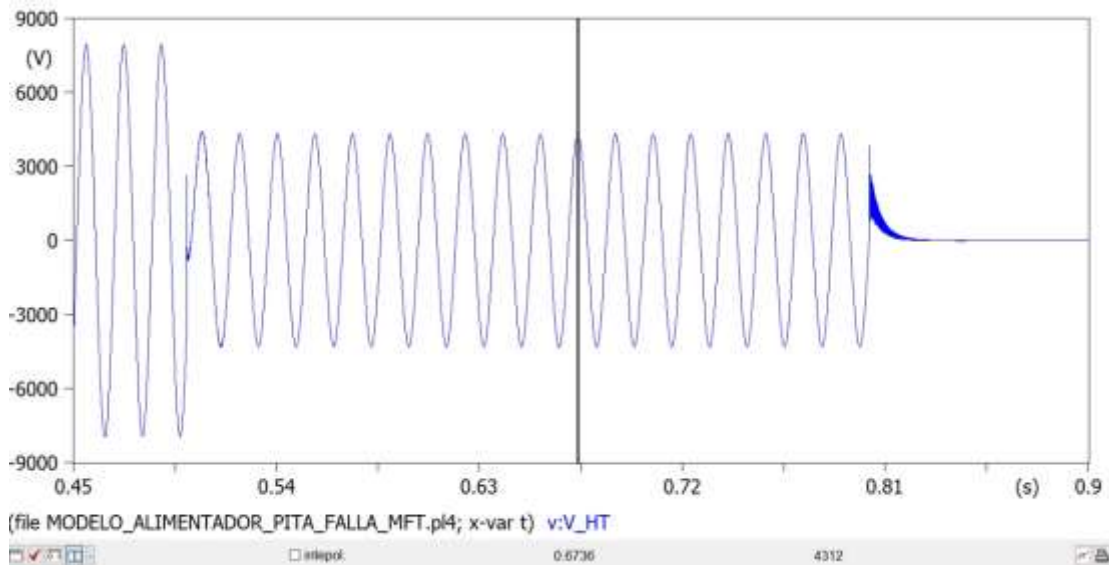


Fig. 34. Voltaje en el alimentador con neutro corrido durante la falla – ATPDraw.

De acuerdo a la simulación del esquema se analiza que la corriente de falla de un transformador monofásico que posee neutro corrido la corriente se eleva como se observa en la Fig. 35; en relación al no poseer el neutro corrido un 265,7 Amp.

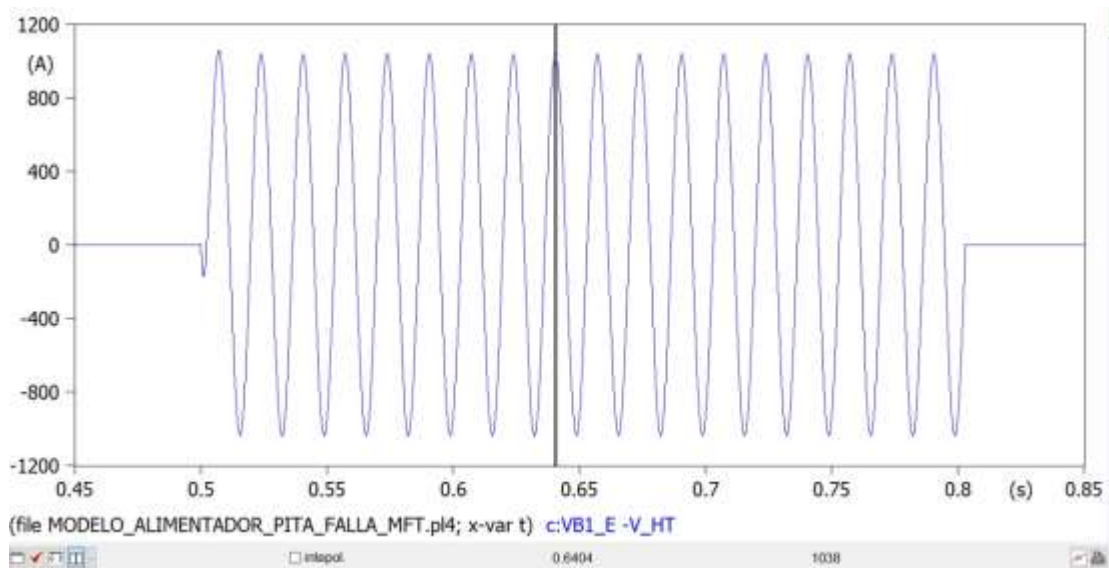


Fig. 35. Corriente de falla en el alimentador con neutro corrido – ATPDraw

Cuando se presente una falla monofásica y se disponga el conductor neutro corrido en la fig. 36 se observa que se presenta un incremento en la diferencia de potencial de 20,13 V en condiciones normales a 3962 V durante la falla.

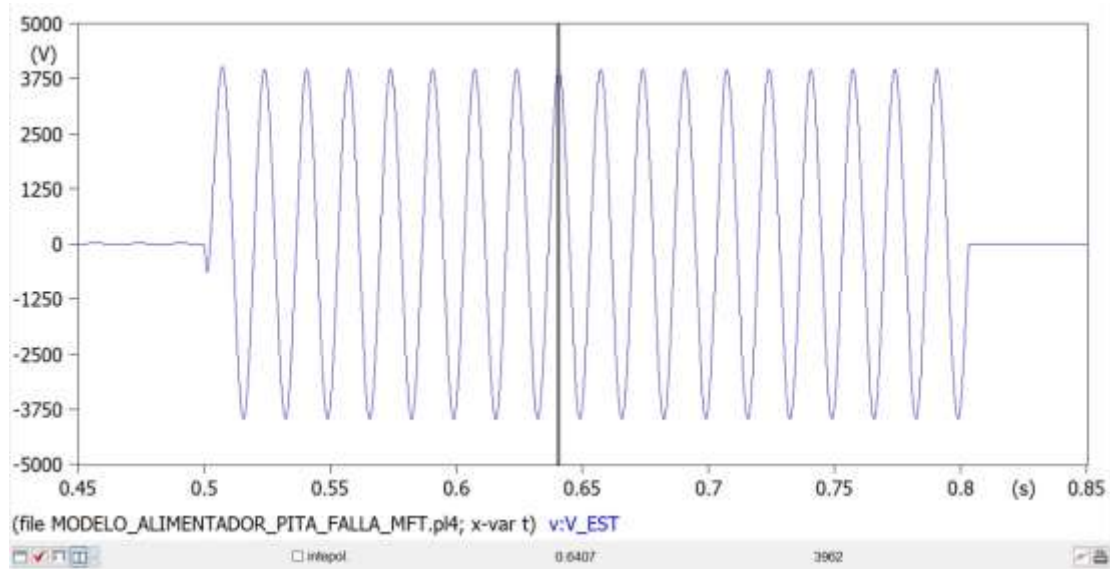


Fig. 36. Voltaje en X0 del transformador monofásico durante la falla con neutro corrido – ATPDraw.

3.4.5 Comparación de Voltajes en X0 del transformador monofásico

Cuando el sistema eléctrico disponga el conductor neutro la magnitud de voltaje durante una falla monofásica a tierra descenderá aproximadamente 1052 V en el neutro del transformador. Esto se refleja en la Fig. 37.

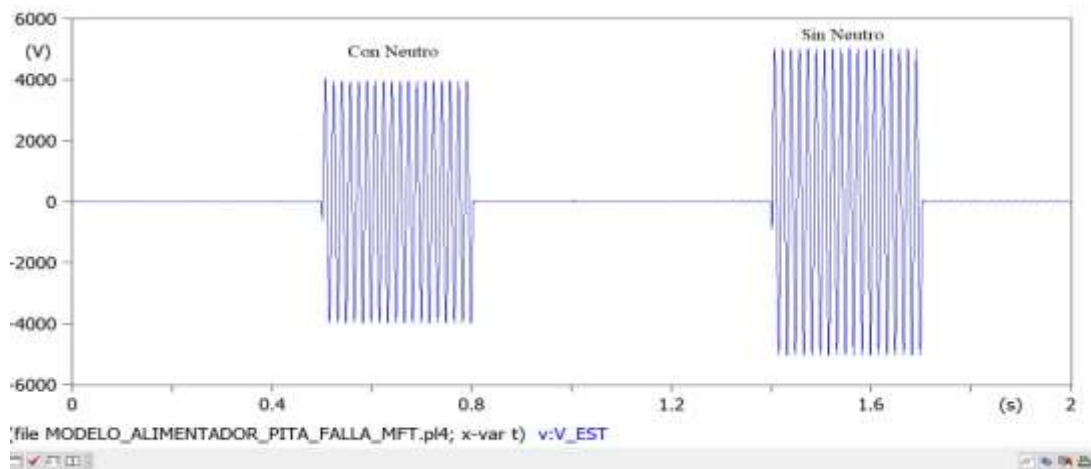


Fig. 37. Comparación de Voltaje en X0 del transformador monofásico durante la falla con y sin neutro corrido - ATPDraw

Mientras que cuando se disponga el conductor neutro la corriente se incrementará 265,7 Amp, en referencia al sistema cuando no disponga neutro. Esto se refleja en la Fig. 38.

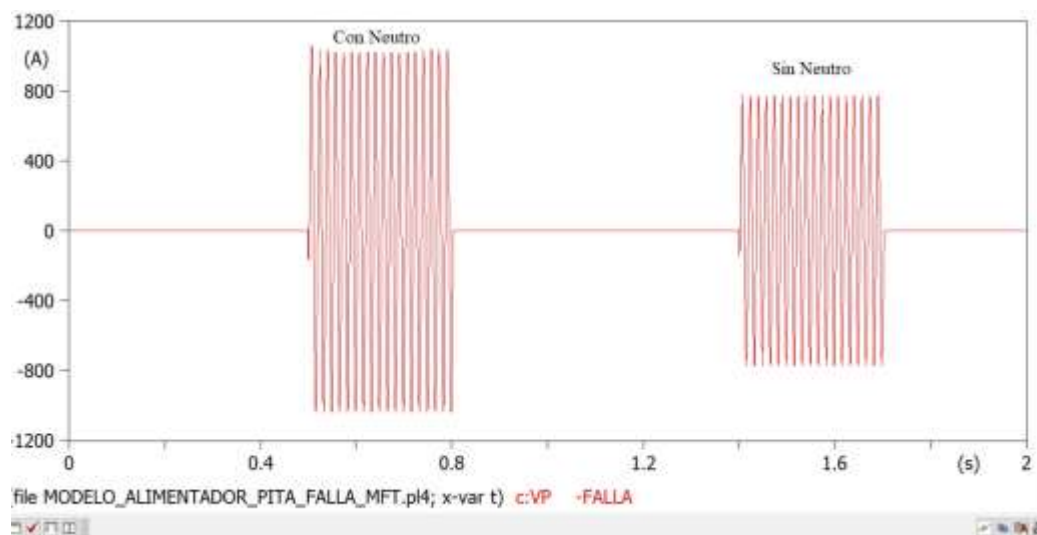


Fig. 38. Comparación de Corriente de falla monofásica con y sin neutro corrido - ATPDraw.

Para un mejor análisis de la influencia del conductor neutro se simula con la ayuda del programa CYMDIST una falla monofásica en un punto determinado obteniendo los resultados mostrados en la tabla 19, donde se puede apreciar que la diferencia de corriente en los dos escenarios es de 3.39 %.

TABLA 19.
VARIACIONES VOLTAJE Y CORRIENTE PRESENTES EN EL PUNTO DE FALLA.

Nombre de la barra	ANÁLISIS DE CORRIENTE DE FALLA MONOFASICA			
	SIN NEUTRO	CON NEUTRO	DIFERENCIA	PORCENTAJE
12046_MTA	IA (A) Base	IA (A)	IA (A) Base	IA (A)
	658,4749	681,583	23,108	3,390

Fuente: Autores

1.5 Ingresos de datos al CYMDIST

En el presente proyecto se realizará un análisis y simulación de la red de MT del alimentador Pita mediante el programa de análisis de redes eléctricos CYMDIST en el área específica se utilizará el análisis de los parámetros de los conductores de todo el alimentador Pita y se verificara las corrientes durante las fallas en las líneas como es el comportamiento de los mismos al poseer o no el conductor de neutro corrido. En la figura 39 se muestra la página principal del CYMDIST.

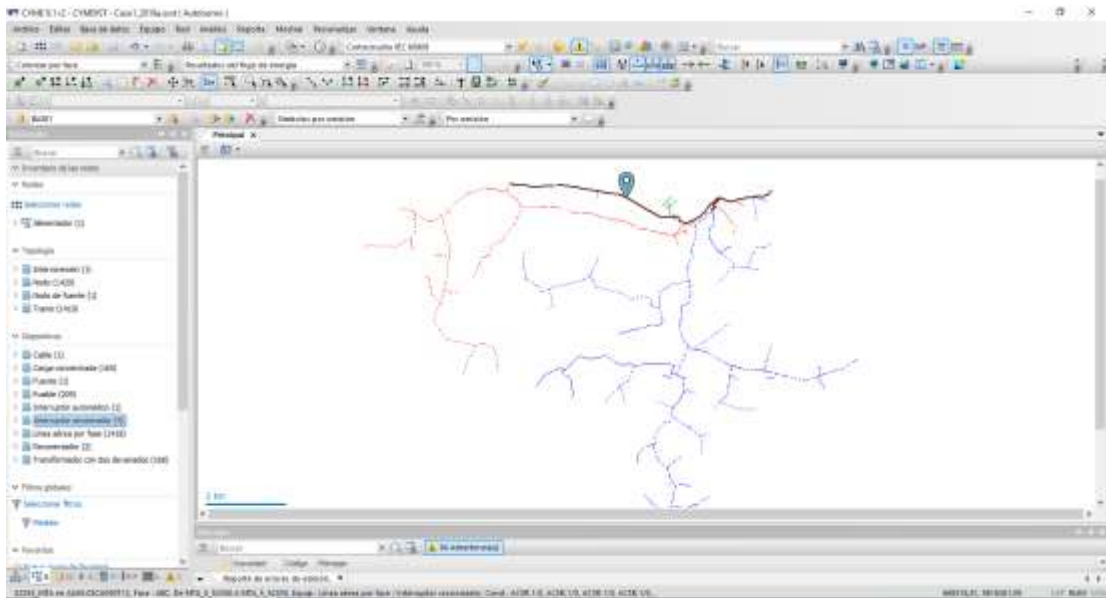


Fig. 39. Ventana principal programa CYMDIST.

3.5.1 Ingreso de datos conocidos y calculados en el programa CYMDIST

3.5.2 Ingreso de datos de conductor instalado

En las fig. 40 y 41 se muestra la ventana en la cual se ingresa los datos del conductor disposición geométrica, calibre y estructuras es para líneas Trifásicas y monofásicas del alimentador Pita.

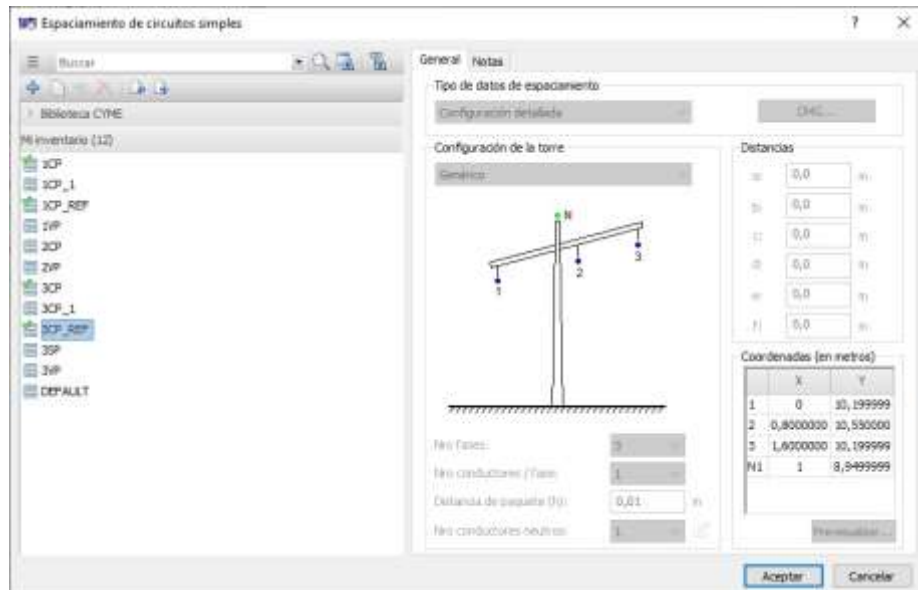


Fig. 40. Ventana ingreso de datos de la línea trifásica

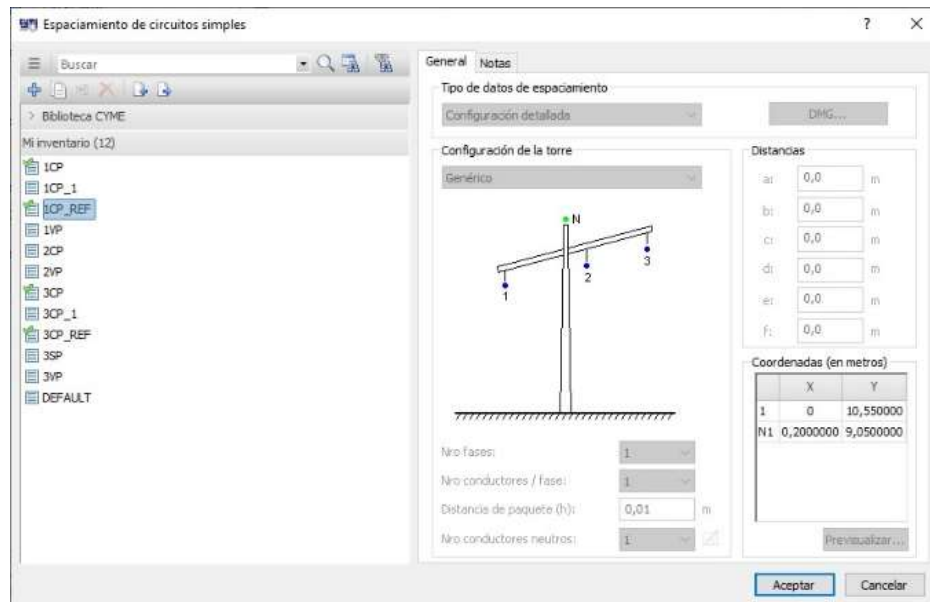


Fig. 41. Ventana ingreso de datos de la línea monofásica

3.5.3 Verificación de Impedancias y Admitancia del conductor instalado

En la fig. 41 y 42 se puede observar los resultados de las Impedancias de los conductores tanto en líneas trifásicas y monofásicas respectivamente.

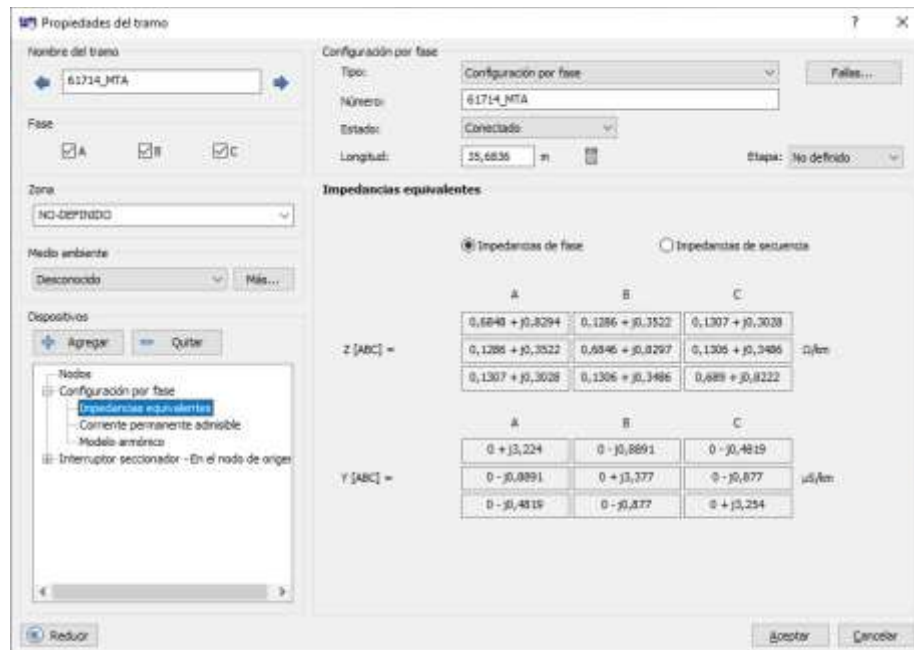


Fig. 42. Ventana de resultados de Impedancias Trifásicas.

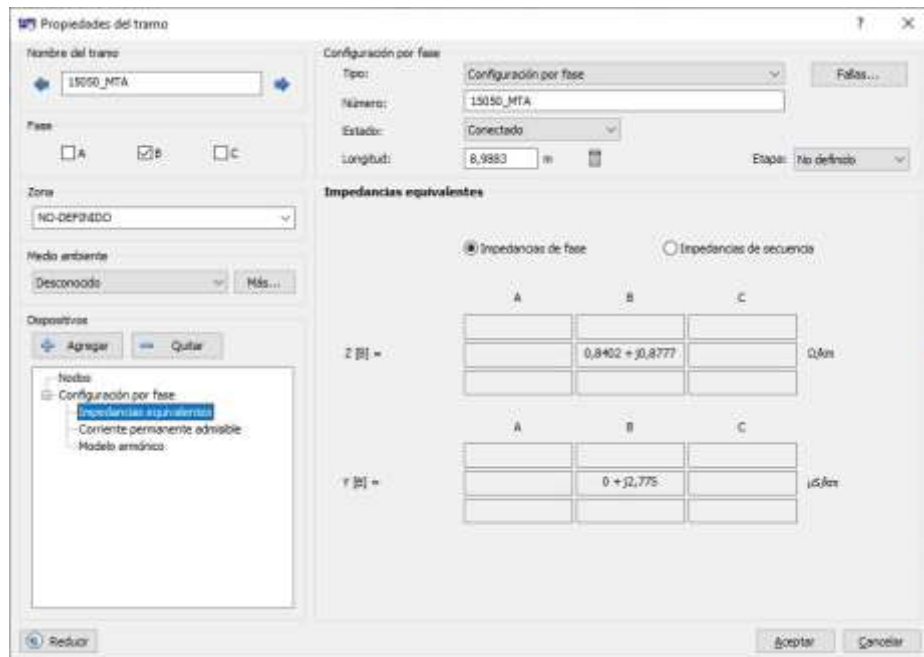


Fig. 43. Ventana de resultados de Impedancias monofásicas

En la fig. 43 y 44 se puede observar los resultados de las admitancias de los conductores instalados en el alimentador Pita.

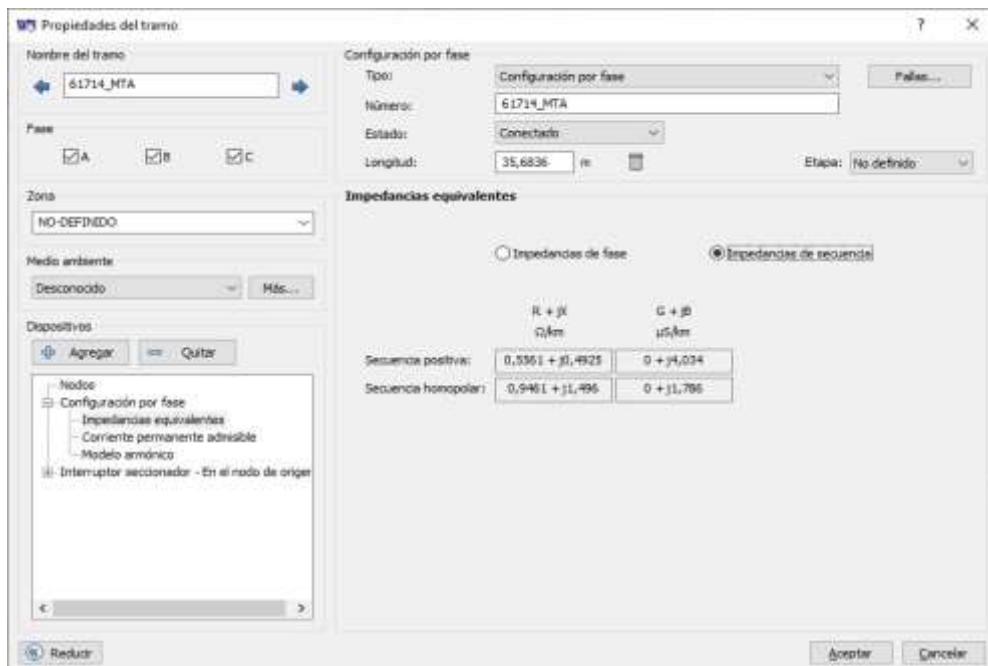


Fig. 44. Ventana de resultados de Admitancia trifásicas

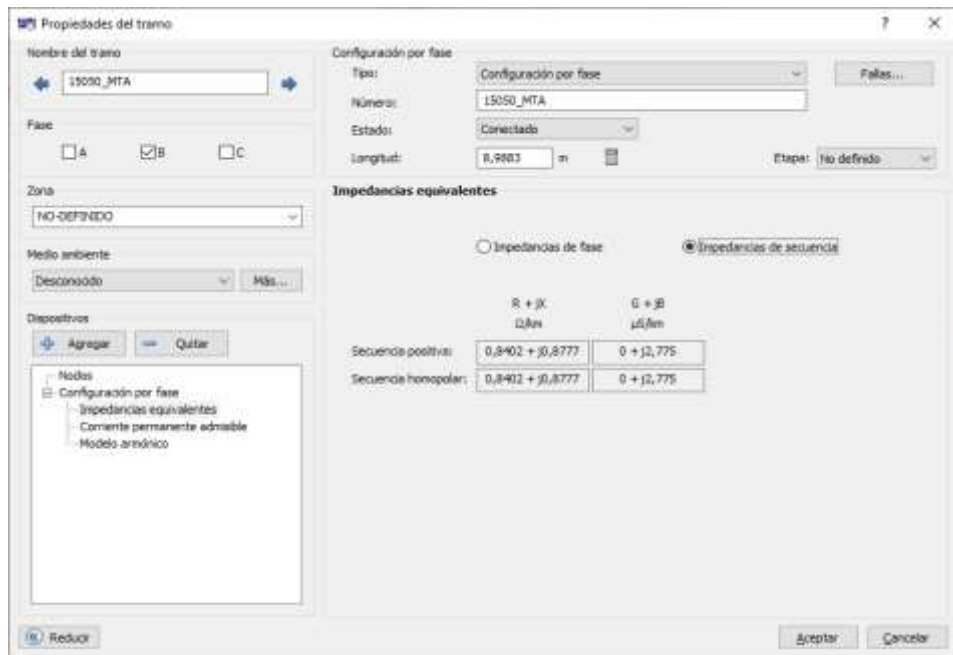


Fig. 45. Ventana de resultados de Admitancia monofásicas

En la fig. 46 se puede observar la ventana del programa CYMDIST los resultados de impedancias de fase y secuencia, así como las admitancias de los conductores del alimentador Pita tanto en sistemas con neutro y sin neutro corrido. En el anexo 1 se puede constatar lo indicado en las figuras indicadas.

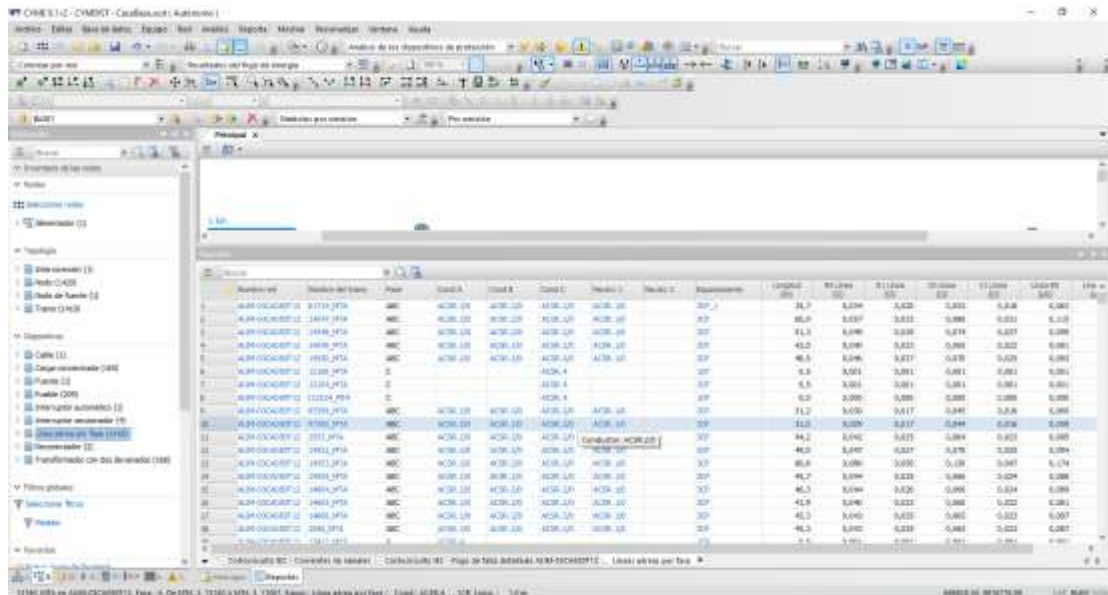


Fig. 46. Simulación de fallas en el sistema monofásico y trifásico para verificación de la influencia del conductor neutro corrido alimentador Pita.

En la fig. 46 se refleja la ventana de simulación del punto de falla trifásica para conocer los valores de corrientes de cortocircuito en el alimentador Pita, en el anexo 2 se puede visualizar los valores obtenidos en la simulación obtenida dentro del programa CYMDIST.

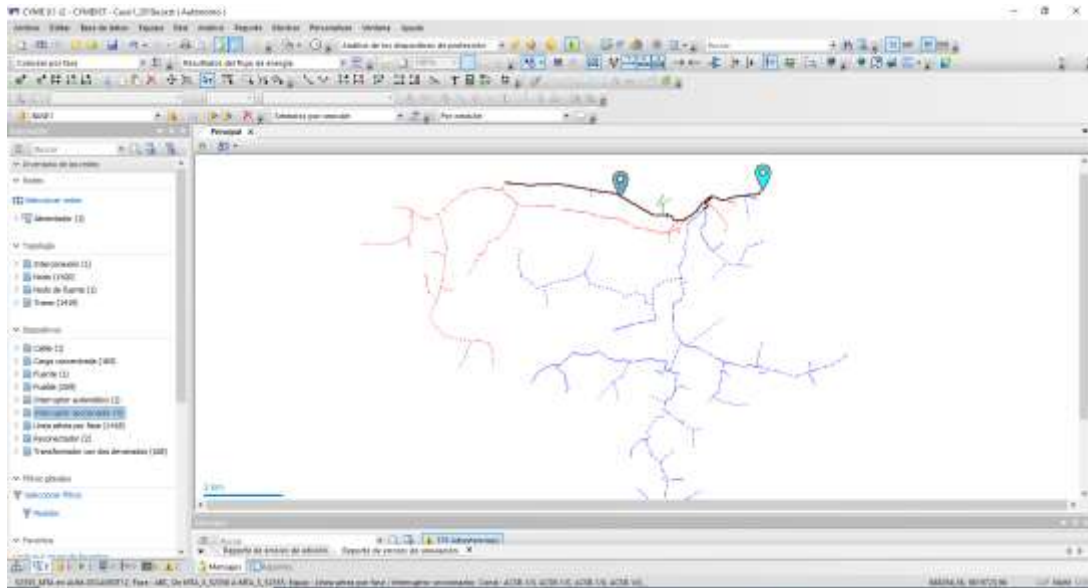


Fig. 47. Ventana de simulación de punto de falla trifásica en el alimentador Pita.

En la fig. 47 se puede verificar el punto de falla monofásica del alimentador Pita para conocer los valores de variación de corriente al poseer el neutro corrido dentro del sistema respecto al no tener instalado en todos los vanos del alimentador Pita.

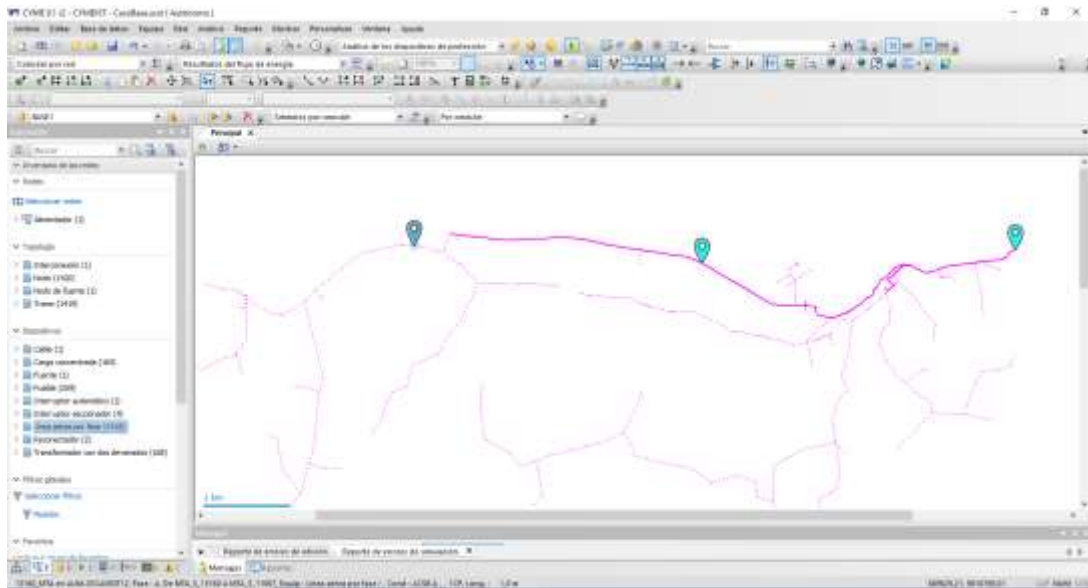


Fig. 48. Ventana de simulación de punto de falla monofásica en el alimentador Pita.

1.6 Análisis técnico económico

Para poder realizar el análisis técnico económico, fue fundamental conocer los resultados obtenidos dentro del modelo paramétrico y de las simulaciones debido a que se pueda justificar la implementación de trabajos técnicos que permitan mejorar la operatividad del alimentador Pita. En las tablas 20 y 21 se indica el presupuesto mínimo requerido para poder completar el conductor neutro en los vanos faltantes dentro del alimentador Pita.

TABLA 20.
PRESUPUESTO MATERIALES

Ítem	Descripción de materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
1	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 160 - 190 mm (1 1/2 x 11/4 x 6 1/2 - 7 1/2")	c/u	172	7,32	1259,04
2	Aislador tipo rollo, de porcelana, clase ANSI 53-2	c/u	172	1,39	239,08
3	Bastidor (rack) de acero galvanizado, 1 vía, 38 x 4 mm (1 1/2 x 11/64")	c/u	172	2,83	486,76
4	Conductor desnudo cableado de Al, Tipo ACSR, No. 2 AWG, 7 hilos	m	20163	0,69	13912,47
5	Conductor desnudo cableado de Al, Tipo ACSR, No. 1/0 AWG, 7 hilos	m	2802	0,99	2773,98
6	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm (5/16") de ancho	m	200	0,76	152
	Retención preformada para conductor de Al.	c/u	144	6,56	944,64
TOTAL MATERIALES					19767,97

Fuente: Autores

TABLA 21.
PRESUPUESTO MANO DE OBRA

Ítem	Descripción de materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
1	Ensamblaje de Estructura 1 vía central pasante, angular o retenida	c/u	172	9,14	1572,08
2	Conductor de Al, Tipo ACSR, No. 2 AWG, 7 hilos (Tendido, regulado y amarre)	M	20163	0,41	8266,83
3	Conductor de Al, Tipo ACSR, No. 1/0 AWG, 7 hilos (Tendido, regulado y amarre)	M	2802	0,41	1148,82
TOTAL MANO DE OBRA					10987,73

Fuente: Autores

TABLA 22.
RESUMEN GENERAL DE COSTOS

Descripción de rubro	Costo total [\$]
Costo de materiales redes	19767,97
Mano de obra	10987,73
Sub total materiales y mano de obra sin iva	30755,70
IVA 12%	3690,68
Transporte	1.245,28
IVA Transporte	149,43
Costo total del proyecto	35.841,09

Fuente: Autores

1.7 Conclusiones

- De acuerdo a las Ecuaciones de Carson se determina que para conocer el modelo paramétrico de un tramo de red aérea sea esta monofásica o trifásica es necesario disponer de especificaciones técnicas del conductor instalado en el alimentador Pita tales como resistencia, radio medio geométrico, diámetro y distribución física de los conductores.
- Para el caso de estudio realizado en el alimentador Pita se establece que el modelo de red aérea a utilizar para el caso trifásico es el modelo de 4 hilos (tres fases un neutro), mientras que para el caso monofásico el modelo es de dos hilos (fase y neutro).
- Los modelos de línea propuestos fueron ingresados en el software comercial CYMDIST, lo cual permite evidenciar que existe una diferencia cuando se dispone y no del conductor neutro corrido, esto se ve reflejado en los resultados alcanzados en la matriz de impedancia, matriz de impedancia de secuencia, matriz de admitancia, matriz de admitancia de secuencia, adicional esto se puede visualizar en las gráficas realizadas en el programa ATPDraw.
- Con la variación de los parámetros de línea se puede comprobar que durante el análisis de una falla monofásica y trifásica las corrientes de falla presentan incrementos del 1,94% y 3,39% respectivamente cuando se disponga del conductor neutro corrido en todos los vanos faltantes.
- Ante una falla monofásica con la ayuda del software ATPDraw y CYMDIST se puede justificar que el problema que se genera cuando no se dispone del conductor neutro corrido en los centros de transformación del alimentador Pita en el lado secundario del transformador aparece un desbalance de voltajes y un voltaje transitorio producto de la falla, este voltaje transitorio tiene un incremento del 11,73 %.

- Con las simulaciones realizadas en ATPDraw se determina que los centros de transformación del alimentador Pita ante una falla monofásica el conductor neutro debe estar debidamente conexionado hacia el neutro del SED proveniente desde la subestación Caluma, mejorando de esta manera el retorno de la corriente por tierra.

1.8 Recomendaciones

En relación a los resultados de la parametrización realizados y la simulación desarrollada en ATPDraw y CYMDIST referente al comportamiento del alimentador de medio voltaje Pita en los escenarios cuando dispone o no del conductor neutro, corresponde al grupo de investigación plantear soluciones operativas para evitar pérdidas económicas por no operar dentro de los parámetros establecidos por el ARCERNNR. Para esto a continuación se presentan las siguientes recomendaciones:

- Para el ingreso de datos en el CYMDIST es necesario verificar de forma correcta que los ingresos de las especificaciones del conductor tanto de la fase como del conductor neutro sean adecuados, puesto que de estos datos de entrada dependerá los resultados.
- No es recomendable operar alimentadores de distribución de medio voltaje con tramos del conductor neutro faltantes, debido a que esto ocasionará un desgaste acelerado en el nivel del aislamiento en los equipos eléctricos tales como; centros de transformación, fusibles, descargadores valvulares o pararrayos, puesto que las variaciones de voltaje y corrientes que ingresen en los equipos reducirá su vida útil pudiendo incluso tener afectación en los usuarios finales.
- Se recomienda realizar la instalación del conductor neutro corrido en los 168 vanos faltantes puesto que esto permitirá mantener estable los voltajes en el alimentador Pita.
- Con el análisis técnico económico se evidencia que realizar la instalación del conductor neutro corrido en los vanos faltantes es viable, mismo que puede ser acompañado por un plan de modernización y actualización de la red del alimentador Pita.

- Los resultados alcanzados en este trabajo de investigación pueden ser tomados como punto de inicio para utilizar los resultados de las ecuaciones de Carson como una entrada de datos para realizar estudios relacionados con líneas eléctricas soterradas, flujos de potencia, corrientes de cortocircuito, estabilidad y coordinación de protecciones.

Referencias Bibliográficas

- [1] ARCERNNR, “Regulacion-002-20.pdf.” p. 36, 2020.
- [2] C. Solis, “Planificación De Redes Eléctricas De Distribución En Zonas Urbanas Consolidadas Considerando Criterios De Confiabilidad Tesis,” 2018.
- [3] Unidad de Negocio Bolivar, “INDICADORES MENSUALES AÑO 2016 AL 2021 ALIMENTADOR PITA,” 2021.
- [4] S. R. Castaño, *Calidad del servicio de energía eléctrica*. 2006.
- [5] F. Redondo Quintela, N. Redondo Melchor, J. M. García Arevalo, and R. C. Redondo Melchor, “Sobretensiones por corte del neutro.,” *M.I. Montajes e Instal.*, vol. 32, no. 361, pp. 61–66, 2002.
- [6] A. Blanco, “Universidad Técnica de Oruro Facultad Nacional de Ingeniería Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN,” 2008.
- [7] A. Bedoya Cadena, J. Mora Flórez, and S. Pérez Londoño, “Estrategia de reducción para la aplicación generalizada de localizadores de fallas en sistemas de distribución de energía eléctrica,” *Estrateg. Reducción Para La Apl. Gen. Localizadores Fallas En Sist. Distrib. Energía Eléctrica (Reduction Strateg. Gen. Appl. Fault Locators Electr. Power Distrib. Syst.*, vol. 9, no. 17, pp. 21–37, 2012, doi: 10.24050/reia.v9i17.447.
- [8] I. Pérez, “Balance de carga en circuitos de distribución primaria por algoritmo genético,” *Ing. Energética*, vol. XXIX, no. 1, pp. 26–32, 2008.
- [9] N. Muñoz, F. Villada, and J. M. López, “Reducción selectiva de las corrientes de neutro en instalaciones eléctricas mediante el uso de compensadores activos paralelo,” *Inf. Tecnol.*, vol. 24, no. 2, pp. 67–78, 2013, doi: 10.4067/S0718-07642013000200009.
- [10] IEEE Power and Energy Society, *IEEE Recommended Practice for Monitoring*

Electric Power Quality, vol. 1995. 2009.

- [11] J. D. Juárez Cervantes, *Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica*, vol. 52, no. 1. 2002.
- [12] S. Ramírez, *Redes de distribución de energía*. 2009.
- [13] F. J. Itaz Alcuacer and H. N. Arcos Martínez, “Determinación De Ruta Óptima De Alimentadores Primarios Aéreos De Medio Voltaje Utilizando Algoritmos De Optimización,” p. 69, 2019.
- [14] S. R. Castaño, “Redes de Distribución de Energía.”
- [15] IEEE, *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*, vol. 1997, no. May. 2012.
- [16] William H. Kersting, *Distribution System Modeling and Analysis*. 2018.
- [17] “ATPDraw.” [Online]. Available: <https://www.atpdraw.net/>.

ANEXOS

ANEXO I: DATOS DE RESISTENCIA Y REACTANCIAS EN LOS VANOS DONDE SE ENCUENTRA EL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO Y AL NO POSEER EL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO.

Items	Nombre del Tramo	Fase	ALIMENTADOR PITA					VANOS CON NEUTRO CORRIDO										VANOS SIN NEUTRO CORRIDO			
			Cond A	Cond B	Cond C	Neutro	Espaciamiento	Longitud (m)	R0 Linea (Ω)	R1 Linea (Ω)	X0 Linea (Ω)	X1 Linea (Ω)	Linea B0 (μS)	Linea B1 (μS)	R0 Linea (Ω)	R1 Linea (Ω)	X0 Linea (Ω)	X1 Linea (Ω)	Linea B0 (μS)	Linea B1 (μS)	
1	14672_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	38,5	0,042	0,027	0,058	0,019	0,068	0,152	0,034	0,027	0,076	0,020	0,060	0,143	
2	14671_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	43,9	0,048	0,031	0,066	0,022	0,078	0,173	0,038	0,031	0,086	0,023	0,068	0,163	
3	12224_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	38,8	0,042	0,027	0,059	0,020	0,069	0,153	0,034	0,027	0,076	0,020	0,060	0,144	
4	12613_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	44,4	0,048	0,031	0,067	0,022	0,079	0,175	0,039	0,031	0,087	0,023	0,069	0,165	
5	100316_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	24,4	0,026	0,017	0,037	0,012	0,043	0,096	0,021	0,017	0,048	0,013	0,038	0,091	
6	100315_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	52,4	0,057	0,036	0,079	0,026	0,093	0,207	0,046	0,036	0,103	0,028	0,081	0,195	
7	93713_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	37,8	0,045	0,045	0,033	0,033	0,102	0,102	0,042	0,042	0,038	0,038	0,093	0,093	
8	93703_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	55,0	0,066	0,066	0,049	0,049	0,148	0,148	0,061	0,061	0,056	0,056	0,135	0,135	
9	93704_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	91,0	0,109	0,109	0,080	0,080	0,245	0,245	0,101	0,101	0,092	0,092	0,223	0,223	
10	100287_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	80,2	0,096	0,096	0,071	0,071	0,216	0,216	0,089	0,089	0,081	0,081	0,196	0,196	
11	14413_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	132,8	0,159	0,159	0,117	0,117	0,358	0,358	0,147	0,147	0,134	0,134	0,325	0,325	
12	14414_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	91,3	0,109	0,109	0,081	0,081	0,246	0,246	0,101	0,101	0,092	0,092	0,224	0,224	
13	14415_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	77,1	0,092	0,092	0,068	0,068	0,208	0,208	0,086	0,086	0,078	0,078	0,189	0,189	
14	2500_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	111,0	0,133	0,133	0,098	0,098	0,299	0,299	0,123	0,123	0,112	0,112	0,272	0,272	
15	14731_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	46,2	0,055	0,055	0,041	0,041	0,124	0,124	0,051	0,051	0,047	0,047	0,113	0,113	
16	14416_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	54,5	0,065	0,065	0,048	0,048	0,147	0,147	0,061	0,061	0,055	0,055	0,134	0,134	
17	14417_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	51,9	0,062	0,062	0,046	0,046	0,140	0,140	0,058	0,058	0,052	0,052	0,127	0,127	
18	14418_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	81,3	0,097	0,097	0,072	0,072	0,219	0,219	0,090	0,090	0,082	0,082	0,199	0,199	
19	14419_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	87,9	0,105	0,105	0,078	0,078	0,237	0,237	0,098	0,098	0,089	0,089	0,215	0,215	
20	92593_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	45,8	0,055	0,055	0,040	0,040	0,123	0,123	0,051	0,051	0,046	0,046	0,112	0,112	
21	92594_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	49,2	0,059	0,059	0,043	0,043	0,132	0,132	0,055	0,055	0,050	0,050	0,120	0,120	
22	14859_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	54,5	0,065	0,065	0,048	0,048	0,147	0,147	0,060	0,060	0,055	0,055	0,133	0,133	
23	14421_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	60,1	0,072	0,072	0,053	0,053	0,162	0,162	0,067	0,067	0,061	0,061	0,147	0,147	
24	14422_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	58,2	0,070	0,070	0,051	0,051	0,157	0,157	0,065	0,065	0,059	0,059	0,143	0,143	
25	14423_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	85,7	0,102	0,102	0,076	0,076	0,231	0,231	0,095	0,095	0,087	0,087	0,210	0,210	
26	14424_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	86,5	0,103	0,103	0,076	0,076	0,233	0,233	0,096	0,096	0,087	0,087	0,212	0,212	
27	14425_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	79,6	0,095	0,095	0,070	0,070	0,214	0,214	0,088	0,088	0,080	0,080	0,195	0,195	
28	14426_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	76,6	0,091	0,091	0,068	0,068	0,206	0,206	0,085	0,085	0,077	0,077	0,188	0,188	
29	14427_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	143,7	0,172	0,172	0,127	0,127	0,387	0,387	0,159	0,159	0,145	0,145	0,352	0,352	
30	13658_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	125,9	0,150	0,150	0,111	0,111	0,339	0,339	0,140	0,140	0,127	0,127	0,308	0,308	
31	13702_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	105,9	0,126	0,126	0,093	0,093	0,285	0,285	0,117	0,117	0,107	0,107	0,259	0,259	
32	13703_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	113,1	0,135	0,135	0,100	0,100	0,305	0,305	0,125	0,125	0,114	0,114	0,277	0,277	
33	13706_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	599,3	0,716	0,716	0,529	0,529	1,614	1,614	0,665	0,665	0,606	0,606	1,468	1,468	
34	13708_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	381,4	0,456	0,456	0,337	0,337	1,027	1,027	0,423	0,423	0,386	0,386	0,934	0,934	
35	13710_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	120,2	0,144	0,144	0,106	0,106	0,324	0,324	0,133	0,133	0,122	0,122	0,295	0,295	
36	13711_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	100,6	0,120	0,120	0,089	0,089	0,271	0,271	0,112	0,112	0,102	0,102	0,246	0,246	
37	13712_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	194,6	0,232	0,232	0,172	0,172	0,524	0,524	0,216	0,216	0,197	0,197	0,477	0,477	
38	13713_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	140,8	0,168	0,168	0,124	0,124	0,379	0,379	0,156	0,156	0,142	0,142	0,345	0,345	
39	14264_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	119,4	0,143	0,143	0,105	0,105	0,322	0,322	0,133	0,133	0,121	0,121	0,293	0,293	
40	13714_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	67,5	0,081	0,081	0,060	0,060	0,182	0,182	0,075	0,075	0,068	0,068	0,165	0,165	
41	13715_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	144,5	0,173	0,173	0,128	0,128	0,389	0,389	0,160	0,160	0,146	0,146	0,354	0,354	
42	2272_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	120,5	0,144	0,144	0,106	0,106	0,325	0,325	0,134	0,134	0,122	0,122	0,295	0,295	
43	118263_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	45,2	0,054	0,054	0,040	0,040	0,122	0,122	0,050	0,050	0,046	0,046	0,111	0,111	
44	118264_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	36,3	0,043	0,043	0,032	0,032	0,098	0,098	0,040	0,040	0,037	0,037	0,089	0,089	
45	93718_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	47,7	0,057	0,057	0,042	0,042	0,128	0,128	0,053	0,053	0,048	0,048	0,117	0,117	
46	93720_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	47,1	0,056	0,056	0,042	0,042	0,127	0,127	0,052	0,052	0,048	0,048	0,115	0,115	
47	93719_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	47,5	0,057	0,057	0,042	0,042	0,128	0,128	0,053	0,053	0,048	0,048	0,116	0,116	
48	100335_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	46,7	0,056	0,056	0,041	0,041	0,126	0,126	0,052	0,052	0,047	0,047	0,114	0,114	
49	13417_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	43,3	0,052	0,052	0,038	0,038	0,117	0,117	0,048	0,048	0,044	0,044	0,106	0,106	
50	93709_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	44,7	0,053	0,053	0,039	0,039	0,120	0,120	0,050	0,050	0,045	0,045	0,110	0,110	
51	93711_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	46,9	0,056	0,056	0,041	0,041	0,126	0,126	0,052	0,052	0,047	0,047	0,115	0,115	
52	13467_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	46,6	0,056	0,056	0,041	0,041	0,125	0,125	0,052	0,052	0,047	0,047	0,114	0,114	
53	13468_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	26,5	0,032	0,032	0,023	0,023	0,071	0,071	0,029	0,029	0,027	0,027	0,065	0,065	
54	14438_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	49,2	0,059	0,059	0,043	0,043	0,133	0,133	0,055	0,055	0,050	0,050	0,121	0,121	
55	56563_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	53,6	0,064	0,064	0,047	0,047	0,144	0,144	0,059	0,059	0,054	0,054	0,131	0,131	
56	14270_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	96,5	0,115	0,115	0,085	0,085	0,260	0,260	0,107	0,107	0,098	0,098	0,236	0,236	
57	14271_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	99,5	0,119	0,119	0,088	0,088	0,268	0,268	0,110	0,110	0,101	0,101	0,244	0,244	
58	14272_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	105,2	0,126	0,126	0,093	0,093	0,283	0,283	0,117	0,117	0,106	0,106	0,258	0,258	
59	12750_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	155,7	0,186	0,186	0,137	0,137	0,419	0,419	0,173	0,173	0,157	0,157	0,381	0,381	
60	12751_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	126,1	0,151	0,151	0,111	0,111	0,339	0,339	0,140	0,140	0,127	0,127	0,309	0,309	
61	93683_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	90,3	0,108	0,108	0,080	0,080	0,243	0,243	0,100	0,100	0,091	0,091	0,221	0,221	
62	93684_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	107,3	0,128	0,128	0,095	0,095	0,289								

ANEXO I: DATOS DE RESISTENCIA Y REACTANCIAS EN LOS VANOS DONDE SE ENCUENTRA EL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO Y AL NO POSEER EL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO.

Items	Nombre del Tramo	Fase	ALIMENTADOR PITA				VANOS CON NEUTRO CORRIDO										VANOS SIN NEUTRO CORRIDO			
			Cond A	Cond B	Cond C	Neutro	Espaciamiento	Longitud (m)	R0 Línea (Ω)	R1 Línea (Ω)	X0 Línea (Ω)	X1 Línea (Ω)	Línea B0 (μS)	Línea B1 (μS)	R0 Línea (Ω)	R1 Línea (Ω)	X0 Línea (Ω)	X1 Línea (Ω)	Línea B0 (μS)	Línea B1 (μS)
91	13033_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	82,7	0,099	0,099	0,073	0,073	0,223	0,223	0,092	0,092	0,084	0,084	0,203	0,203
92	11799_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	90,3	0,108	0,108	0,080	0,080	0,243	0,243	0,100	0,100	0,091	0,091	0,221	0,221
93	11800_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	88,7	0,106	0,106	0,078	0,078	0,239	0,239	0,098	0,098	0,090	0,090	0,217	0,217
94	11801_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	109,2	0,130	0,130	0,096	0,096	0,294	0,294	0,121	0,121	0,110	0,110	0,268	0,268
95	11802_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	258,8	0,309	0,309	0,228	0,228	0,697	0,697	0,287	0,287	0,262	0,262	0,634	0,634
96	93695_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	48,2	0,058	0,058	0,043	0,043	0,130	0,130	0,053	0,053	0,049	0,049	0,118	0,118
97	105000_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	134,2	0,160	0,160	0,118	0,118	0,361	0,361	0,149	0,149	0,136	0,136	0,329	0,329
98	11863_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	47,4	0,057	0,057	0,042	0,042	0,128	0,128	0,053	0,053	0,048	0,048	0,116	0,116
99	12889_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	57,8	0,069	0,069	0,051	0,051	0,156	0,156	0,064	0,064	0,058	0,058	0,142	0,142
100	12937_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	46,6	0,056	0,056	0,041	0,041	0,125	0,125	0,052	0,052	0,047	0,047	0,114	0,114
101	12938_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	32,3	0,039	0,039	0,028	0,028	0,087	0,087	0,036	0,036	0,033	0,033	0,079	0,079
102	2051_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	45,0	0,054	0,054	0,040	0,040	0,121	0,121	0,050	0,050	0,045	0,045	0,110	0,110
103	2325_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	79,7	0,139	0,139	0,070	0,070	0,209	0,209	0,132	0,132	0,080	0,080	0,191	0,191
104	13383_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	141,1	0,246	0,246	0,124	0,124	0,370	0,370	0,234	0,234	0,142	0,142	0,337	0,337
105	14464_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	87,4	0,152	0,152	0,077	0,077	0,229	0,229	0,145	0,145	0,088	0,088	0,209	0,209
106	2609_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	146,2	0,255	0,255	0,129	0,129	0,384	0,384	0,242	0,242	0,147	0,147	0,350	0,350
107	14779_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	54,3	0,095	0,095	0,048	0,048	0,142	0,142	0,090	0,090	0,055	0,055	0,130	0,130
108	14780_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	49,3	0,086	0,086	0,043	0,043	0,129	0,129	0,082	0,082	0,050	0,050	0,118	0,118
109	14781_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	170,7	0,297	0,297	0,150	0,150	0,448	0,448	0,283	0,283	0,172	0,172	0,408	0,408
110	93571_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	46,3	0,081	0,081	0,041	0,041	0,121	0,121	0,077	0,077	0,047	0,047	0,111	0,111
111	93572_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	94,1	0,164	0,164	0,083	0,083	0,247	0,247	0,156	0,156	0,095	0,095	0,225	0,225
112	93573_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	29,7	0,052	0,052	0,026	0,026	0,078	0,078	0,049	0,049	0,030	0,030	0,071	0,071
113	93574_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	92,5	0,161	0,161	0,081	0,081	0,243	0,243	0,153	0,153	0,093	0,093	0,221	0,221
114	14784_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	212,5	0,370	0,370	0,187	0,187	0,557	0,557	0,352	0,352	0,214	0,214	0,508	0,508
115	15019_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	21,5	0,037	0,037	0,019	0,019	0,056	0,056	0,036	0,036	0,022	0,022	0,052	0,052
116	15020_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	61,6	0,107	0,107	0,054	0,054	0,161	0,161	0,102	0,102	0,062	0,062	0,147	0,147
117	13384_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	36,9	0,064	0,064	0,032	0,032	0,097	0,097	0,061	0,061	0,037	0,037	0,088	0,088
118	2210_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	100,5	0,175	0,175	0,088	0,088	0,264	0,264	0,166	0,166	0,101	0,101	0,240	0,240
119	3759_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	46,2	0,080	0,080	0,041	0,041	0,121	0,121	0,076	0,076	0,047	0,047	0,110	0,110
120	2587_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	100,2	0,120	0,120	0,088	0,088	0,270	0,270	0,111	0,111	0,101	0,101	0,245	0,245
121	93680_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	36,7	0,044	0,044	0,032	0,032	0,099	0,099	0,041	0,041	0,037	0,037	0,090	0,090
122	93681_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	89,0	0,106	0,106	0,079	0,079	0,240	0,240	0,099	0,099	0,090	0,090	0,218	0,218
123	11866_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	187,5	0,224	0,224	0,166	0,166	0,505	0,505	0,208	0,208	0,190	0,190	0,459	0,459
124	11867_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	179,9	0,215	0,215	0,159	0,159	0,485	0,485	0,200	0,200	0,182	0,182	0,441	0,441
125	11869_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	60,9	0,073	0,073	0,054	0,054	0,164	0,164	0,068	0,068	0,062	0,062	0,149	0,149
126	11870_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	71,9	0,086	0,086	0,063	0,063	0,194	0,194	0,080	0,080	0,073	0,073	0,176	0,176
127	11871_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	73,6	0,088	0,088	0,065	0,065	0,198	0,198	0,082	0,082	0,074	0,074	0,180	0,180
128	92385_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	133,0	0,159	0,159	0,117	0,117	0,358	0,358	0,148	0,148	0,135	0,135	0,326	0,326
129	92386_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	108,6	0,130	0,130	0,096	0,096	0,293	0,293	0,120	0,120	0,110	0,110	0,266	0,266
130	92387_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	70,9	0,085	0,085	0,063	0,063	0,191	0,191	0,079	0,079	0,072	0,072	0,174	0,174
131	15373_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	54,1	0,094	0,094	0,048	0,048	0,142	0,142	0,090	0,090	0,055	0,055	0,129	0,129
132	1944_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	43,2	0,075	0,075	0,038	0,038	0,113	0,113	0,072	0,072	0,044	0,044	0,103	0,103
133	15371_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	126,1	0,220	0,220	0,111	0,111	0,331	0,331	0,209	0,209	0,127	0,127	0,302	0,302
134	93017_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	84,2	0,147	0,147	0,074	0,074	0,221	0,221	0,139	0,139	0,085	0,085	0,201	0,201
135	93018_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	105,3	0,183	0,183	0,093	0,093	0,276	0,276	0,174	0,174	0,106	0,106	0,252	0,252
136	15375_MTA	B		ACSR.4		ACSR.2	1CP_REF	324,7	0,565	0,565	0,286	0,286	0,852	0,852	0,538	0,538	0,327	0,327	0,777	0,777
137	14692_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	104,5	0,125	0,125	0,092	0,092	0,282	0,282	0,116	0,116	0,106	0,106	0,256	0,256
138	12989_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	147,0	0,176	0,176	0,130	0,130	0,396	0,396	0,163	0,163	0,149	0,149	0,360	0,360
139	12990_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	141,1	0,169	0,169	0,125	0,125	0,380	0,380	0,157	0,157	0,143	0,143	0,346	0,346
140	12991_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	191,9	0,229	0,229	0,169	0,169	0,517	0,517	0,213	0,213	0,194	0,194	0,470	0,470
141	12992_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	109,0	0,130	0,130	0,096	0,096	0,294	0,294	0,121	0,121	0,110	0,110	0,267	0,267
142	12993_MTA	B		ACSR.2		ACSR.2	1CP_REF	79,2	0,095	0,095	0,070	0,070	0,213	0,213	0,088	0,088	0,080	0,080	0,194	0,194
143	14694_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	29,1	0,024	0,024	0,026	0,026	0,081	0,081	0,022	0,022	0,029	0,029	0,073	0,073	
144	15270_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	101,3	0,085	0,085	0,089	0,089	0,281	0,281	0,077	0,077	0,102	0,102	0,255	0,255	
145	15271_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	118,5	0,100	0,100	0,104	0,104	0,329	0,329	0,090	0,090	0,119	0,119	0,298	0,298	
146	15272_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	108,4	0,091	0,091	0,095	0,095	0,301	0,301	0,082	0,082	0,109	0,109	0,273	0,273	
147	15273_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	79,1	0,066	0,066	0,069	0,069	0,220	0,220	0,060	0,060	0,080	0,080	0,199	0,199	
148	14745_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	48,3	0,041	0,041	0,042	0,042	0,134	0,134	0,036	0,036	0,049	0,049	0,121	0,121	
149	15274_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	83,7	0,070	0,070	0,074	0,074	0,232	0,232	0,063	0,063	0,084	0,084	0,211	0,211	
150	15275_MTA	B	ACSR.1/0		ACSR.2	1CP_REF	56,4	0,047	0,047	0,050	0,050	0,157	0,157	0,043	0,043	0,057	0,057	0,142	0,142	
151	11184_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	93,0	0,101	0,101	0,065	0,065	0,140	0,140	0,065	0,065	0,183	0,183	0,346	0,346
152	11183_MTA	ABC	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	ACSR.1/0	3CP_REF	58,8	0,064	0,064	0,041	0,041	0,104	0,104	0,051	0,051	0,0			

ANEXO 2: DATOS DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN EL ALIMENTADOR PITA AL POSEER CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO Y AL NO POSEER EL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO.

PUNTO DE REF IA(A) BASE	IA(Grad)	CORRIENTES CON NEUTRO CORRIDO				CORRIENTES SIN NEUTRO CORRIDO					
		IB(A) BASE	IB(Grad)	IC(A) BASE	IC(Grad)	IB(A)	IB(Grad)	IC(A)	IC(Grad)		
MTA_S_100268	0,0000264	131,2645432161				0,0002669561	130,8706180509	0,0002641300	129,8353971197	0,0002661267	129,2019850185
12046_MTA	658,4748867	-48,9095090562				658,4748866933	131,0904893320	681,5831829622	-43,8143751097	681,5831829613	136,1856232786
92614_MTA	0,000000000	0,0000000000				0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_92614	0,000000000	0,0000000000				0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
93028_MTA			0,0000001251	-167,5302451528		0,0000001251	12,4697532356			0,0000001261	-167,3298407511
MTA_L_93028			0,0000001251	-167,5302451528		0,0000001251	12,4697532356			0,0000001261	-167,3298407511
100250_MTA			0,0000001251	-167,5302451528		0,0000001251	12,4701251770			0,0000001261	-167,3298407511
MTA_L_100250			0,0000001251	-167,5302451528		0,0000001251	12,4701251770			0,0000001261	-167,3298407511
100253_MTA			0,0000001251	-167,531727509K		0,0000001251	12,4682708791			0,0000001261	-167,3315640272
MTA_L_100253			0,0000001251	-167,531727509K		0,0000001251	12,4682708791			0,0000001261	-167,3315640272
93801_MTA	0,0000000968	-48,2327341008				0,0000000968	131,7672642873	0,0000000968	-49,5103342075	0,0000000968	130,4896641806
MTA_L_93801	0,0000004314	131,7672642873				0,0000004314	131,7672642873	0,0000004302	130,4896641806	0,0000004302	130,4896641806
100256_MTA					0,0000001206	81,6829698773				0,0000001203	81,6299980994
MTA_L_100256					0,0000001206	81,6829698773				0,0000001203	81,6299980994
99741_MTA			0,0000001251	-167,5219176361		0,0000001251	12,4780807520			0,0000001261	-167,3204463582
MTA_L_99741			0,0000001251	-167,5219176361		0,0000001251	12,4780807520			0,0000001261	-167,3204463582
92389_MTA			0,0000001251	-167,5302021677		0,0000001251	12,4697962208			0,0000001261	-167,3297938688
MTA_L_92389			0,0000001251	-167,5302021677		0,0000001251	12,4697962208			0,0000001261	-167,3297938688
100259_MTA			0,0000001251	-167,5221447033		0,0000001251	12,4778538849			0,0000001261	-167,320698984C
MTA_L_100259			0,0000001251	-167,5221447033		0,0000001251	12,4778538849			0,0000001261	-167,320698984C
100262_MTA			0,0000001251	-167,5221440865		0,0000001251	12,4778543014			0,0000001261	-167,3206984986
MTA_L_100262			0,0000001251	-167,5221440865		0,0000001251	12,4778543014			0,0000001261	-167,3206984986
100265_MTA	0,0000000870	-48,8876904381				0,0000000870	131,1123079500	0,0000000869	-50,5884071988	0,0000000870	129,4135911883
MTA_L_100265	0,0000004877	131,1123079500				0,0000004877	131,1123079500	0,0000004874	129,4135911883	0,0000004874	129,4135911883
92397_MTA			0,0000001251	-167,521868375F		0,0000001251	12,4781300125			0,0000001261	-167,3203916291
MTA_L_92397			0,0000001251	-167,521868375F		0,0000001251	12,4781300125			0,0000001261	-167,3203916291
92354_MTA	0,0000000000	0,0000000000				0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_92354	0,0000000000	0,0000000000				0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
92379_MTA			0,0000001251	-167,521940842E		0,0000001251	12,4780575453			0,0000001261	-167,3204724081
MTA_L_92379			0,0000001251	-167,521940842E		0,0000001251	12,4780575453			0,0000001261	-167,3204724081
92463_MTA			0,0000001251	-167,530534438E		0,0000001251	12,4694839518			0,0000001261	-167,330193818E
MTA_L_92463			0,0000001251	-167,530534438E		0,0000001251	12,4694839518			0,0000001261	-167,330193818E
93580_MTA			0,0000001251	-167,529375848E		0,0000001251	12,4706225419			0,0000001261	-167,328867407E
MTA_L_93580			0,0000001251	-167,529375848E		0,0000001251	12,4706225419			0,0000001261	-167,328867407E
100268_MTA	0,0000000845	-49,1260059365				0,0000000845	130,8739924517	0,0000000845	-50,7941411367	0,0000000845	129,2058572514
MTA_L_100268	0,00000047394	130,8739924517				0,00000047394	130,8739924517	0,0000004722	129,2058572514	0,0000004722	129,2058572514
93667_MTA			0,0000001251	-167,5270657691		0,0000001251	12,4729326190			0,0000001261	-167,326193726E
MTA_L_93667			0,0000001251	-167,5270657691		0,0000001251	12,4729326190			0,0000001261	-167,326193726E
100271_MTA			0,0000001251	-167,531423890E		0,0000001251	12,4698543078			0,0000001261	-167,331198387E
MTA_L_100271			0,0000001251	-167,531423890E		0,0000001251	12,4698543078			0,0000001261	-167,331198387E
93661_MTA			0,0000001251	-167,526781747E		0,0000001251	12,4732186408			0,0000001261	-167,325884065E
MTA_L_93661			0,0000001251	-167,526781747E		0,0000001251	12,4732186408			0,0000001261	-167,325884065E
93645_MTA			0,0000001251	-167,527295173E		0,0000001251	12,4727032143			0,0000001261	-167,326511919E
MTA_L_93645			0,0000001251	-167,527295173E		0,0000001251	12,4727032143			0,0000001261	-167,326511919E
93733_MTA			0,0000001251	-167,521848457E		0,0000001251	12,4781498304			0,0000001261	-167,320366722E
MTA_L_93733			0,0000001251	-167,521848457E		0,0000001251	12,4781498304			0,0000001261	-167,320366722E
92923_MTA			0,0000001206	81,6829757809		0,0000001206	81,6829757809			0,0000001203	81,630061282E
MTA_L_92923			0,0000001206	81,6829757809		0,0000001206	81,6829757809			0,0000001203	81,630061282E
11608_MTA			0,0000001206	81,6829697731		0,0000001206	81,6829697731			0,0000001203	81,6299982562
MTA_L_11608			0,0000001206	81,6829697731		0,0000001206	81,6829697731			0,0000001203	81,6299982562
93639_MTA			0,0000001206	81,6829761018		0,0000001206	81,6829761018			0,0000001203	81,6299985757
MTA_L_93639			0,0000001206	81,6829761018		0,0000001206	81,6829761018			0,0000001203	81,6299985757
93036_MTA			0,0000001251	-167,527283748E		0,0000001251	12,4727146395			0,0000001261	-167,326445579E
MTA_L_93036			0,0000001251	-167,527283748E		0,0000001251	12,4727146395			0,0000001261	-167,326445579E
93671_MTA			0,0000001251	-167,527276276E		0,0000001251	12,4727221121			0,0000001261	-167,326439830E
MTA_L_93671			0,0000001251	-167,527276276E		0,0000001251	12,4727221121			0,0000001261	-167,326439830E
93040_MTA			0,0000001251	-167,527367831E		0,0000001251	12,4727032143			0,0000001261	-167,326543227E
MTA_L_93040			0,0000001251	-167,527367831E		0,0000001251	12,4727032143			0,0000001261	-167,326543227E
93000_MTA			0,0000001251	-167,527423862E		0,0000001251	12,4725745255			0,0000001261	-167,326608284E
MTA_L_93000			0,0000001251	-167,527423862E		0,0000001251	12,4725745255			0,0000001261	-167,326608284E
92616_MTA			0,0000001206	81,6829766739		0,0000001206	81,6829766739			0,0000001203	81,6299988561
MTA_L_92616			0,0000001206	81,6829766739		0,0000001206	81,6829766739			0,0000001203	81,6299988561
12104_MTA			0,0000001191	77,8156089109		0,0000001191	-102,384389477E			0,0000001186	-102,234161998E
MTA_L_12104			0,0000006893	-102,384389477E		0,0000006893	-102,384389477E			0,0000006856	-102,234161998E
94114_MTA			0,0000001232	-166,834582390E		0,0000001232	13,1654159881			0,0000001238	-166,834582390E
MTA_L_94114			0,0000001232	-166,834582390E		0,0000001232	13,1654159881			0,0000001238	-166,834582390E
93795_MTA			0,0000001232	-166,834584727E		0,0000001232	13,1654136606			0,0000001238	-166,834584727E
MTA_L_93795			0,0000001232	-166,834584727E		0,0000001232	13,1654136606			0,0000001238	-166,834584727E
12106_MTA	0,0000001020	-47,9928675286				0,0000001020	132,0071308595	0,0000001020	-48,9303153987	0,0000001020	131,0696829894
MTA_L_12106	0,00000057198	132,0071308595				0,00000057198	132,0071308595	0,00000057244	131,0696829894	0,00000057244	131,0696829894
93659_MTA			0,0000001251	-167,527466256E		0,0000001251	12,4725231315			0,0000001261	-167,326687783E
MTA_L_93659			0,0000001251	-167,527466256E		0,0000001251	12,4725231315			0,0000001261	-167,326687783E
93657_MTA			0,0000001251	-167,527454340E		0,0000001251	12,4725449475			0,0000001261	-167,326687783E
MTA_L_93657			0,0000001251	-167,527454340E		0,0000001251	12,4725449475			0,0000001261	-167,326687783E
93002_MTA											

ANEXO 2: DATOS DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN EL ALIMENTADOR PITA AL POSEER CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO Y AL NO POSEER EL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO.

PUNTO DE REF IA(A) BASE	IA(Grad)	CORRIENTES CON NEUTRO CORRIDO				CORRIENTES SIN NEUTRO CORRIDO				ln(A)	ln(Grad)
		IB(A) BASE	IB(Grad)	IC(A) BASE	IC(Grad)	IB(A)	IB(Grad)	IC(A)	IC(Grad)		
92405_MTA		0,0000001251-167,5317864391		0,0000001251	12,4682119490	0,0000001261-167,331627731E		0,0000001261	12,6683706566	0,0000001261	12,6683706566
MTA_L_92405		0,0000007016212,4682119490		0,00000070162	12,4682119490	0,000000702612,6683706566		0,0000007026	12,6683706566	0,0000007026	12,6683706566
93769_MTA		0,0000001305-168,800001430Z		0,0000001305	11,1999969579	0,0000001308-168,568441568E		0,0000001308	11,4135568198	0,0000001308	11,4135568198
MTA_L_93769		0,0000007233311,1999969579		0,00000072333	11,1999969579	0,0000007337911,4135568198		0,00000073379	11,4135568198	0,00000073379	11,4135568198
12100_MTA		0,00000013111-168,895269379Z		0,0000001311	11,1047290089	0,0000001312-168,868598372E		0,0000001312	11,3134001596	0,0000001312	11,3134001596
MTA_L_12100		0,000000735711,1047290089		0,0000007357	11,1047290089	0,000000735911,3134001596		0,0000007359	11,3134001596	0,0000007359	11,3134001596
93767_MTA	0,0000000749	-50,2060187935		0,0000000749	129,793979547	0,0000000752-51,730567262Z		0,0000000752	128,2694311254	0,0000000752	128,2694311254
MTA_L_93767	0,0000001193	129,793979547		0,0000001193	129,793979547	0,0000001218128,2694311254		0,0000001218	128,2694311254	0,0000001218	128,2694311254
92973_MTA	0,0000000681	-51,4685045908		0,0000000681	128,5314937972	0,0000000687-52,8163124735		0,0000000687	127,1836959146	0,0000000687	127,1836959146
MTA_L_92973	0,00000037073	128,5314937972		0,00000037073	128,5314937972	0,00000037403127,1836959146		0,00000037403	127,1836959146	0,00000037403	127,1836959146
15262_MTA		0,0000001443-90,143068487		0,0000001443	9,0143068487	0,0000001408-170,94301054661		0,0000001408	9,0568929220	0,0000001408	9,0568929220
MTA_L_15262		0,00000089569,0143068487		0,0000008956	9,0143068487	0,00000090079,0568929220		0,0000009007	9,0568929220	0,0000009007	9,0568929220
92422_MTA		0,0000001251-167,5305432331		0,0000001251	12,4694551550	0,0000001261-167,330205126E		0,0000001261	12,6697932619	0,0000001261	12,6697932619
MTA_L_92422		0,0000007016012,4694551550		0,00000070160	12,4694551550	0,000000702512,6697932619		0,0000007025	12,6697932619	0,0000007025	12,6697932619
14810_MTA		0,0000001251-167,530538119E		0,0000001251	12,4694602682	0,0000001261-167,330199324E		0,0000001261	12,6697990638	0,0000001261	12,6697990638
MTA_L_14810		0,0000007016012,4694602682		0,00000070160	12,4694602682	0,000000702512,6697990638		0,0000007025	12,6697990638	0,0000007025	12,6697990638
100283_MTA		0,0000001251-167,531741421E		0,0000001251	12,4682569663	0,0000001261-167,331577105E		0,0000001261	12,6684212830	0,0000001261	12,6684212830
MTA_L_100283		0,0000007016112,4682569663		0,00000070161	12,4682569663	0,000000702612,6684212830		0,0000007026	12,6684212830	0,0000007026	12,6684212830
92440_MTA		0,0000001251-167,531734962Z		0,0000001251	12,4682634261	0,0000001261-167,331569829Z		0,0000001261	12,6684285584	0,0000001261	12,6684285584
MTA_L_92440		0,0000007016112,4682634261		0,00000070161	12,4682634261	0,000000702612,6684285584		0,0000007026	12,6684285584	0,0000007026	12,6684285584
92416_MTA		0,0000001251-167,530956944E		0,0000001251	12,4691414441	0,0000001261-167,330565336E		0,0000001261	12,6694339494	0,0000001261	12,6694339494
MTA_L_92416		0,0000007016112,4691414441		0,00000070161	12,4691414441	0,000000702512,6694339494		0,0000007025	12,6694339494	0,0000007025	12,6694339494
14626_MTA		0,0000001251-167,530851554E		0,0000001251	12,4691488336	0,0000001261-167,330561384Z		0,0000001261	12,6694370234	0,0000001261	12,6694370234
MTA_L_14626		0,0000007016112,4691488336		0,00000070161	12,4691488336	0,000000702512,6694370234		0,0000007025	12,6694370234	0,0000007025	12,6694370234
92418_MTA		0,0000001251-167,530833030Z		0,0000001251	12,4691652906	0,0000001261-167,3305393314		0,0000001261	12,6694505067	0,0000001261	12,6694505067
MTA_L_92418		0,0000007016112,4691652906		0,00000070161	12,4691652906	0,000000702512,6694505067		0,0000007025	12,6694505067	0,0000007025	12,6694505067
14266_MTA		0,0000001251-167,521989377Z		0,0000001251	12,4780090108	0,0000001261-167,320527432Z		0,0000001261	12,6794709560	0,0000001261	12,6794709560
MTA_L_14266		0,0000007015512,4780090108		0,00000070155	12,4780090108	0,000000702612,6794709560		0,0000007026	12,6794709560	0,0000007026	12,6794709560
92395_MTA		0,0000001251-167,521983107Z		0,0000001251	12,4780152805	0,0000001261-167,320522367E		0,0000001261	12,6794760203	0,0000001261	12,6794760203
MTA_L_92395		0,0000007015512,4780152805		0,00000070155	12,4780152805	0,000000702612,6794760203		0,0000007026	12,6794760203	0,0000007026	12,6794760203
92389_MTA		0,0000001251-167,521961584Z		0,0000001251	12,4780368040	0,0000001261-167,320495916Z		0,0000001261	12,6795024697	0,0000001261	12,6795024697
MTA_L_92389		0,0000007015512,4780368040		0,00000070155	12,4780368040	0,000000702612,6795024697		0,0000007026	12,6795024697	0,0000007026	12,6795024697
100286_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100286	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
92622_MTA	0,0000000230	-62,5882756088		0,0000000230	117,4137227793	0,0000000240-62,020136569Z		0,0000000240	117,979618189	0,0000000240	117,979618189
MTA_L_92622	0,00000012916	117,4137227793		0,00000012916	117,4137227793	0,00000013452117,979618189		0,00000013452	117,979618189	0,00000013452	117,979618189
100291_MTA		0,0000001251-167,521680240Z		0,0000001251	12,4783181479	0,0000001261-167,320175990Z		0,0000001261	12,6798223976	0,0000001261	12,6798223976
MTA_L_100291		0,0000007015512,4783181479		0,00000070155	12,4783181479	0,000000701612,6798223976		0,00000070161	12,6798223976	0,00000070161	12,6798223976
93571_MTA		0,0000001251-167,529891235E		0,0000001251	12,4700171522	0,0000001261-167,320596960Z		0,0000001261	12,6704917814	0,0000001261	12,6704917814
MTA_L_93571		0,0000007016012,4700171522		0,00000070160	12,4700171522	0,000000702412,6704917814		0,0000007024	12,6704917814	0,0000007024	12,6704917814
93564_MTA		0,0000001251-167,529884573E		0,0000001251	12,4701138142	0,0000001261-167,329434342E		0,0000001261	12,6705640453	0,0000001261	12,6705640453
MTA_L_93564		0,0000007016012,4701138142		0,00000070160	12,4701138142	0,000000702412,6705640453		0,0000007024	12,6705640453	0,0000007024	12,6705640453
100294_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100294	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
100297_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100297	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
92624_MTA	0,0000000119	-62,5861885896		0,0000000119	117,4138097985	0,0000000124-62,0200635956Z		0,0000000124	117,979347925	0,0000000124	117,979347925
MTA_L_92624	0,0000000675	117,4138097985		0,0000000675	117,4138097985	0,00000006952117,979347925		0,00000006952	117,979347925	0,00000006952	117,979347925
100300_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100300	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
100303_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100303	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
104685_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_104685	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
100306_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100306	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
100309_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100309	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
92657_MTA	0,0000000000	0,0000000									

ANEXO 2: DATOS DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN EL ALIMENTADOR PITA AL POSEER CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO Y AL NO POSEER EL CONDUCTOR NEUTRO CORRIDO.

PUNTO DE REF I(A) BASE	I(A) (Grad)	CORRIENTES CON NEUTRO CORRIDO				CORRIENTES SIN NEUTRO CORRIDO			
		IB(A) BASE IB(Grad)	IC(A) BASE IC(Grad)	In(A) BASE In(Grad)	IA(A) IA(Grad)	IB(A) IB(Grad)	IC(A) IC(Grad)	In(A) In(Grad)	
92983_MTA	0,0000000845	-49,1259968088		0,0000000845	130,8739997793	0,0000000845	-50,7941323668	0,0000000845	129,2058660213
MTA_L_92983	0,0000047394	130,8739997793		0,0000047394	130,8739997793	0,0000047422	129,2058660213	0,0000047422	129,2058660213
92925_MTA	0,0000000845	-49,1259625510		0,0000000845	130,8740358371	0,0000000845	-50,7940669922	0,0000000845	129,2059113959
MTA_L_92925	0,0000047394	130,8740358371		0,0000047394	130,8740358371	0,0000047422	129,2059113959	0,0000047422	129,2059113959
100320_MTA	0,0000000845	-49,1259990722		0,0000000845	130,8740983159	0,0000000845	-50,7940185504	0,0000000845	129,2059798377
MTA_L_100320	0,0000047393	130,8740983159		0,0000047393	130,8740983159	0,0000047422	129,2059798377	0,0000047422	129,2059798377
100323_MTA	0,0000000845	-49,1258457452		0,0000000845	130,8741528429	0,0000000845	-50,7939564212	0,0000000845	129,2060419869
MTA_L_100323	0,0000047393	130,8741528429		0,0000047393	130,8741528429	0,0000047422	129,2060419869	0,0000047422	129,2060419869
100328_MTA	0,0000000845	-49,125720252		0,0000000845	130,8742063629	0,0000000845	-50,7939894048	0,0000000845	129,2060894473
MTA_L_100328	0,0000047393	130,8742063629		0,0000047393	130,8742063629	0,0000047422	129,2060894473	0,0000047422	129,2060894473
93825_MTA	0,0000000845	-49,1257400242		0,0000000845	130,8742583639	0,0000000845	-50,7938403572	0,0000000845	129,2061580309
MTA_L_93825	0,0000047393	130,8742583639		0,0000047393	130,8742583639	0,0000047422	129,2061580309	0,0000047422	129,2061580309
93786_MTA	0,0000000845	-49,1257377306		0,0000000845	130,8742606575	0,0000000845	-50,7938354241	0,0000000845	129,2061629640
MTA_L_93786	0,0000047393	130,8742606575		0,0000047393	130,8742606575	0,0000047422	129,2061629640	0,0000047422	129,2061629640
100331_MTA	0,0000000845	-49,1257227839		0,0000000845	130,8742756042	0,0000000845	-50,7938403107	0,0000000845	129,2061580774
MTA_L_100331	0,0000047393	130,8742756042		0,0000047393	130,8742756042	0,0000047422	129,2061580774	0,0000047422	129,2061580774
92655_MTA	0,0000000293	-62,5865297438		0,0000000293	117,4134686443	0,0000000305	-62,0204221604	0,0000000305	117,9795762277
MTA_L_92655	0,0000016451	117,4134686443		0,0000016451	117,4134686443	0,0000017134	117,9795762277	0,0000017134	117,9795762277
92913_MTA	0,0000000293	-62,5865288326		0,0000000293	117,4134695555	0,0000000305	-62,0204217547	0,0000000305	117,9795766334
MTA_L_92913	0,0000016451	117,4134695555		0,0000016451	117,4134695555	0,0000017134	117,9795766334	0,0000017134	117,9795766334
92919_MTA	0,0000000293	-62,5865107209		0,0000000293	117,4134876672	0,0000000305	-62,0204026998	0,0000000305	117,9795809309
MTA_L_92919	0,0000016451	117,4134876672		0,0000016451	117,4134876672	0,0000017134	117,9795809309	0,0000017134	117,9795809309
93251_MTA	0,0000000293	-62,5864951089		0,0000000293	117,4135032792	0,0000000305	-62,0203841405	0,0000000305	117,9796142478
MTA_L_93251	0,0000016451	117,4135032792		0,0000016451	117,4135032792	0,0000017134	117,9796142478	0,0000017134	117,9796142478
92610_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_92610	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
92969_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000481	8,4867941631			0,0000001436	8,4891761300
MTA_L_92969	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	8,4867941631			0,0000000000	8,4891761300
10875_MTA	0,0000000293	-62,5863254871		0,0000000293	117,4136729010	0,0000000305	-62,0201894997	0,0000000305	117,9798088884
MTA_L_10875	0,0000016451	117,4136729010		0,0000016451	117,4136729010	0,0000017134	117,9798088884	0,0000017134	117,9798088884
92963_MTA	0,0000000293	-62,5863913798		0,0000000293	117,413670083	0,0000000305	-62,0202609863	0,0000000305	117,9797374018
MTA_L_92963	0,0000016451	117,413670083		0,0000016451	117,413670083	0,0000017134	117,9797374018	0,0000017134	117,9797374018
92618_MTA	0,0000000293	-62,5862831096		0,0000000293	117,4137152785	0,0000000279	-62,0201309203	0,0000000279	117,9798674678
MTA_L_92618	0,0000015030	117,4137152785		0,0000015030	117,4137152785	0,0000015654	117,9798674678	0,0000015654	117,9798674678
92992_MTA	0,0000000293	-62,5864491247		0,0000000293	117,4135492634	0,0000000305	-62,0203277204	0,0000000305	117,9796706677
MTA_L_92992	0,0000016451	117,4135492634		0,0000016451	117,4135492634	0,0000017134	117,9796706677	0,0000017134	117,9796706677
100518_MTA	0,0000000293	-62,5864601663		0,0000000293	117,4135822118	0,0000000305	-62,0203939472	0,0000000305	117,9796590409
MTA_L_100518	0,0000016451	117,4135822118		0,0000016451	117,4135822118	0,0000017134	117,9796590409	0,0000017134	117,9796590409
14887_MTA	0,0000000293	-46,2327105439		0,0000000293	131,7872878451	0,0000000305	-46,5103215987	0,0000000305	130,4896789014
MTA_L_14887	0,0000054314	131,7872878451		0,0000054314	131,7872878451	0,0000054302	130,4896789014	0,0000054302	130,4896789014
100334_MTA	0,0000000191	-45,8820182799	0,0000001155	-163,310093088	0,0000001168	72,7477231053	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100334	0,0000041455	166,3854661146	0,0000004267	44,889895411	0,0000004195	-77,7152504357	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
12995_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4765913641			0,0000001261	12,6778786348
MTA_L_12995	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000158	12,4765913641			0,0000000721	12,6778786348
12107_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000199	-101,128320000E			0,0000001192	-100,7825253646
MTA_L_12107	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	-101,128320000E			0,0000006854	-100,7825253646
97346_MTA	0,0000001091	-45,8819490192	0,0000001155	-163,309642753	0,0000001168	72,7477231053	0,0000001092	-46,2660366353	0,0000001152
MTA_L_97346	0,0000041454	166,385779165	0,0000004267	44,8898968728	0,0000004195	-77,7152514848	0,0000001335	166,1135563687	0,0000004281
104688_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4750266933			0,0000001261	12,6761120010
MTA_L_104688	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000157	12,4750266933			0,0000000722	12,6761120010
100343_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4736422360			0,0000001261	12,6745635966
MTA_L_100343	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000158	12,4736422360			0,0000000722	12,6745635966
93679_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4732648904			0,0000001261	12,6741080175
MTA_L_93679	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000158	12,4732648904			0,0000000722	12,6741080175
15383_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4732672340			0,0000001261	12,6741080175
MTA_L_15383	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000158	12,4732672340			0,0000000722	12,6741080175
93675_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4732682652			0,0000001261	12,6741080175
MTA_L_93675	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000158	12,4732682652			0,0000000722	12,6741080175
93692_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4738140932			0,0000001261	12,6745438118
MTA_L_93692	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000158	12,4738140932			0,0000000722	12,6745438118
93584_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4718369246			0,0000001261	12,6725063895
MTA_L_93584	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000159	12,4718369246			0,0000000722	12,6725063895
93771_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000251	12,4704315105			0,0000001261	12,6709186650
MTA_L_93771	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000160	12,4704315105			0,0000000722	12,6709186650
92659_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_92659	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
92676_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_92676	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
92680_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_92680	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
100346_MTA	0,0000000000	0,0000000000		0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
MTA_L_100346	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000			0,0000000000	0,0000000000
100349_MTA	0,0000000000								

ANEXO 3: LONGITUD DE CADA UNO DE LOS VANOS QUE NO DISPONEN DEL CONDUCTO NEUTRO EN EL ALIMENTADOR PITA CORRESPONDIENTE A LA S/E CALUMA

RAMAL	Sector	Tipo	Vano 1				Vano 2				Vano 3				Longitud Total [m]	
			# Poste de Partida	# Poste	Longitud [m]	Tipo de cable	Calibre conductor - fase [AWG]	# Poste	Longitud [m]	Tipo de cable	Calibre conductor - fase [AWG]	# Poste	Longitud [m]	Tipo de cable		Calibre conductor - fase [AWG]
1	Nueva Esperanza	Monofásico	03047625	03047644	9,35	ACSR	1/0	03047643	114	ACSR	4	03048654	404	ACSR	1/0	527,35
2	San Francisco	Monofásico	03047741	03047742	32	ACSR	2	03048655	218	ACSR	1/0					250
3	Santa Teresita Alto	Monofásico	03047796	03047797	133	ACSR	2	03039318	88	ACSR	2					221
4	La Fortuna Alta	Monofásico	03052080	03052079	113	ACSR	2	03051370	381	ACSR	2	03051947	195	ACSR	2	689
5	La Fortuna Alta	Monofásico		03052074	599	ACSR	2									599
6	Santa Teresita Alto	Monofásico	03046695	03046696	54	ACSR	2	03046697	96	ACSR	2	03046698	99	ACSR	2	249
7	Santa Teresita Alto	Monofásico		03046699	105	ACSR	2	03046700	155	ACSR	2	03047851	126	ACSR	2	386
8	Santa Teresita Alto	Monofásico		03047852	90	ACSR	2	03047853	107	ACSR	2	03047856	112	ACSR	2	309
9	Santa Teresita Alto	Monofásico	03047856	03047862	174	ACSR	2	03047863	94	ACSR	2	03047864	280	ACSR	2	548
10	Santa Teresita Alto	Monofásico		03048616	545	ACSR	2	03048619	137	ACSR	2					682
11	Tablas de la Florida	Monofásico	03048622	03048644	91	ACSR	2	03048639	341	ACSR	2	03048640	134	ACSR	2	566
12	Tablas de la Florida	Monofásico	03048622	03048625	178	ACSR	2	03048645	120	ACSR	2	03048646	166	ACSR	2	464
13	Tablas de la Florida	Monofásico		03048647	186	ACSR	2	03048649	227	ACSR	2	03048650	193	ACSR	2	606
14	Tablas de la Florida	Monofásico		03049001	415	ACSR	2	03049002	169	ACSR	2					584
15	Tablas de la Florida	Monofásico	03048650	03047667	206	ACSR	2	03047669	205	ACSR	2	03047666	130	ACSR	2	541
16	Tablas de la Florida	Monofásico		03047659	34	ACSR	2	03047658	60	ACSR	2	03047657	240	ACSR	2	334
17	Tablas de la Florida	Monofásico		03047656	106	ACSR	2	03047655	115	ACSR	2	03047654	167	ACSR	2	388
18	Tablas de la Florida	Monofásico	03047963	03047964	86	ACSR	2	03047965	134	ACSR	2	03047966	80	ACSR	2	300
19	Tablas de la Florida	Monofásico	03047864	03047868	154	ACSR	2	03047869	184	ACSR	2	03047870	94	ACSR	2	432
20	Tablas de la Florida	Monofásico		03047871	127	ACSR	2	03047872	53	ACSR	2	03048727	146	ACSR	2	326
21	Tablas de la Florida	Monofásico	03048735	03048736	148	ACSR	2	03048737	105	ACSR	2	03048739	90	ACSR	2	343
22	Tablas de la Florida	Monofásico	03048750	03048007	90	ACSR	2	03048008	88	ACSR	2	03048009	109	ACSR	2	287
23	Tablas de la Florida	Monofásico		03047877	259	ACSR	2	03047878	48	ACSR	2	03047879	134	ACSR	2	441
24	La Alsacia	Monofásico	03047884	03047887	80	ACSR	4	03047890	141	ACSR	4	03047891	83	ACSR	4	304
25	La Alsacia	Monofásico		03047892	37	ACSR	4	03047894	100	ACSR	4	03047893	46	ACSR	4	183
26	La Alsacia	Monofásico		03047896	87	ACSR	4	03047897	146	ACSR	4	03048728	92	ACSR	2	325
27	La Alsacia	Monofásico	03000359	03049152	92	ACSR	4	03051377	213	ACSR	4					305
28	La Alsacia - El Valle	Monofásico	03047982	03047981	188	ACSR	2	03047986	180	ACSR	2	03048107	85	ACSR	4	453
29	La Alsacia - El Valle	Monofásico		03048108	106	ACSR	4	03048109	324	ACSR	4					430
30	La Alsacia	Monofásico	03070602	03048120	150	ACSR	2	03048121	109	ACSR	2	03051379	451	ACSR	2	710
31	La Alsacia	Monofásico	03051380	03047693	257	ACSR	2	03047692	86	ACSR	2	03047691	89	ACSR	2	432
32	La Alsacia	Monofásico		03047690	89	ACSR	2	03047685	178	ACSR	2					267
33	La Alsacia	Monofásico	03047682	03047681	156	ACSR	2	03047679	108	ACSR	2					264
34	Tablas de la Florida	Monofásico	03048745	03048013	107	ACSR	2	03048014	147	ACSR	2	03048015	141	ACSR	2	395
35	Tablas de la Florida	Monofásico		03048018	193	ACSR	2	03048020	78	ACSR	2	03048021	30	ACSR	1/0	301
36	El Embarcadero	Monofásico	03051881	03051309	92	ACSR	2	03051310	20	ACSR	2	03051311	103	ACSR	2	215
37	El Embarcadero	Monofásico		03051312	117	ACSR	2	03051313	73	ACSR	2	03051314	80	ACSR	2	270
38	El Embarcadero	Monofásico	03051316	03051317	46	ACSR	2	03051318	87	ACSR	2	03051323	179	ACSR	2	312
39	El Embarcadero	Monofásico	03051325	03051331	124	ACSR	2	03051332	93	ACSR	2	03051335	140	ACSR	2	357
40	El Embarcadero	Monofásico		03051336	111	ACSR	2	03051337	102	ACSR	2	03051338	107	ACSR	2	320
41	El Embarcadero	Monofásico		03051339	100	ACSR	2	03052062	118	ACSR	2	03052053	507	ACSR	2	725
42	Embarcadero Chico	Monofásico	03051342	03051343	88	ACSR	2	03051344	130	ACSR	2	03052063	144	ACSR	2	362
43	Embarcadero Chico	Monofásico	03053747	03051348	110	ACSR	2	03051349	77	ACSR	2	03051350	92	ACSR	2	279
44	Embarcadero Chico	Monofásico	03051350	03052055	110	ACSR	2	03052056	146	ACSR	2	03052057	51	ACSR	2	307
45	Embarcadero Chico	Monofásico	03051344	03051345	115	ACSR	2	03051346	129	ACSR	2	03052285	90	ACSR	2	334
46	Embarcadero Chico	Monofásico	03052284	03052064	160	ACSR	2	03052067	174	ACSR	2					334
47	Embarcadero Chico	Monofásico	03051362	03051361	248	ACSR	2	03051353	209	ACSR	2					457
48	Embarcadero Chico	Monofásico	03051301	03051938	139	ACSR	2	03051937	101	ACSR	2	03051934	93	ACSR	2	333
49	Embarcadero Chico	Monofásico		03051933	56	ACSR	2	03051932	134	ACSR	2	03051931	115	ACSR	2	305
50	Embarcadero Chico	Monofásico		03051930	58	ACSR	2	03051924	213	ACSR	2	03051923	248	ACSR	2	519
51	Santa Teresita Bajo	Trifásico	03047828	03047337	113	ACSR	1/0	03047348	36	ACSR	1/0					149
52	Bermejil	Monofásico	03047372	03047833	32	ACSR	4									32
53	Guayabal	Monofásico	03048638	03049022	46	ACSR	4	03049032	99	ACSR	4					145
54	El Silencio	Monofásico	03049175	03049173	108	ACSR	4	03049167	62	ACSR	4					170
55	Santa Teresita Bajo	Trifásico	03047367	03047705	180	ACSR	1/0									180
56	Juan Pie de Mora	Trifásico	03047708	03048695	62	ACSR	1/0	03048681	39	ACSR	2					101
57	Barrio Girasoles	Trifásico	03048128	03048129	30	ACSR	1/0	03048130	131	ACSR	1/0	03048131	76	ACSR	1/0	237
58	Barrio Girasoles	Trifásico		03048132	93	ACSR	1/0	03048134	63	ACSR	1/0	03048135	80	ACSR	1/0	236
59	Barrio Girasoles	Trifásico		03048136	40	ACSR	1/0	03048137	80	ACSR	1/0					120
60	Barrio Hermoso	Monofásico	03049070	03049072	210	ACSR	1/0	03049073	99	ACSR	1/0	03048905	215	ACSR	4	524
61	Barrio Hermoso	Monofásico		03049206	63	ACSR	4	03049200	132	ACSR	1/0					195
62	San Pablo de Pita	Monofásico	03049193	03049192	130	ACSR	4	03049191	160	ACSR	4					290
63	San Pablo de Pita	Monofásico	03049196	03049197	124	ACSR	1/0	03049198	72	ACSR	1/0	03049199	175	ACSR	1/0	371
64	San Pablo de Pita	Monofásico	03048921	03048920	57	ACSR	1/0	03048910	287	ACSR	1/0					344

ANEXO 4

Autorización de software CYME (Análisis de redes eléctricas).



Corporación Nacional de Electricidad

Guaranda, 01 de septiembre 2021

Ingenieros
FRANKLIN ROLANDO IZA SAMPEDRO y KLEVER IVAN TOAPANTA MOREJON.
Estudiantes Maestría en Electricidad Mención SEP, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Presente;

En atención al requerimiento de información solicitado mediante Memorándum CNEL-BOL-ADM-2021-0500-E donde se autorizó por parte del Sr. Ing. Adrián Augusto Riofrio Riofrio, Administrador UN CNEL EP, Encargado - BOL, Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP, de fecha 2021-06-09 mediante correo quipux donde indica *"Ingeniero Iza, Autorizado por favor proceder guardando la confidencialidad de la CNEL, coordinar las acciones con las áreas involucradas."* De lo manifestado verbalmente respecto al simulador de análisis de datos actualmente el área de Operaciones está aplicando el software CYME - CYMDIST 8.1 del cual se facilitaría un usuario para la elaboración de su tema de tesis para la obtención del título de cuarto nivel cuyo tema de investigación es **"Estudio Paramétrico y Simulación de la Influencia del conductor neutro corrido en los centros de transformación correspondiente al alimentador de medio voltaje Pita de la S/E Caluma"**.

La información requerida y software es únicamente con fines académicos para la elaboración del proyecto de investigación previo la obtención del título de cuarto nivel Master en Electricidad con Mención en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Por lo expuesto se autoriza el uso del software CYMDIST 8.1 durante el periodo de desarrollo del proyecto de titulación.

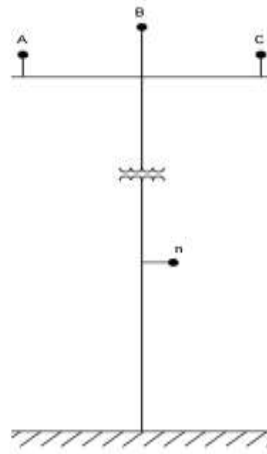
Atentamente,

Cristian Gustavo Flores Quistial
Cl.:1002459640
Correo electrónico: cristian.flores@cnel.gob.ec
Teléfono (03) 2981419 ext. 161
Líder de Operación - CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar

Anexo 5

Paso a paso para el cálculo de parámetros de una línea de distribución trifásica con neutro.

Una línea trifásica de distribución es construida bajo la siguiente disposición de conductores.



Ubicación de conductores

Ítem	X [ft]	Y [ft]
1	-2,6246	39,0419
2	0,0000	40,192
3	2,6246	39,0419
N	0,6562	34,9409

El conductor seleccionado para cada una de las fases es ACSR 2/0 y el conductor para el neutro es ACSR 1/0.

Especificaciones técnicas correspondiente a cada conductor:

Conductor	Parámetro	Cantidad	Unidad
ACSR 2/0	GMR	0.0051	[ft]
	Resistencia	0.895	[Ω/milla]
	Diámetro	0.03725	[ft]
ACSR 1/0	GMR	0.00446	[ft]
	Resistencia	1.12	[Ω/milla]
	Diámetro	0.0331	[ft]

Para calcular las distancias entre todos los conductores se especifica cada posición en coordenadas rectangulares empleando valores complejos:

$$d_1 = -2.6246 + 39.0419j$$

$$d_2 = 40.192j$$

$$d_3 = 2.6246 + 39.0419j$$

$$d_4 = 0.6562 + 34.9409j$$

Las distancias entre conductores se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 D_{12} &= |d_1 - d_2| = 2.8646 = D_{21} \\
 D_{13} &= |d_1 - d_3| = 5.2486 = D_{31} \\
 D_{14} &= |d_1 - d_4| = 5.2507 = D_{41} \\
 D_{23} &= |d_2 - d_3| = 2.8648 = D_{32} \\
 D_{24} &= |d_2 - d_4| = 5.2901 = D_{42} \\
 D_{34} &= |d_3 - d_4| = 4.5490 = D_{43}
 \end{aligned}$$

Para la red en análisis se tiene:

$$\begin{aligned}
 f &= 60 \text{ Hz} \\
 \rho &= 100 [\Omega - m]
 \end{aligned}$$

Aplicando las ecuaciones modificadas de Carson se tiene:

$$\begin{aligned}
 r_i &= 0.895 [\Omega/\text{milla}] \\
 r_i &= 1.12 [\Omega/\text{milla}] \\
 z_{ii} &= r_i + 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{GMR_i} + 7.678 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \\
 z_{ij} &= 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{D_{ij}} + 7.678 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right)
 \end{aligned}$$

La matriz primitiva calculada en Ω / milla es:

$$[\hat{Z}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} \hat{Z}_{aa} & \hat{Z}_{ab} & \hat{Z}_{ac} & \hat{Z}_{an} \\ \hat{Z}_{ba} & \hat{Z}_{bb} & \hat{Z}_{bc} & \hat{Z}_{bn} \\ \hat{Z}_{ca} & \hat{Z}_{cb} & \hat{Z}_{cc} & \hat{Z}_{cn} \\ \hat{Z}_{na} & \hat{Z}_{nb} & \hat{Z}_{nc} & \hat{Z}_{nn} \end{bmatrix}$$

$$Z_{primitiva} = \begin{pmatrix} 0.9903 + 1.6032i & 0.0953 + 0.8350i & 0.0953 + 0.7615i & 0.0953 + 0.7615i \\ 0.0953 + 0.8350i & 0.9903 + 1.6032i & 0.0953 + 0.8350i & 0.0953 + 0.7606i \\ 0.0953 + 0.7615i & 0.0953 + 0.8350i & 0.9903 + 1.6032i & 0.0953 + 0.7789i \\ 0.0953 + 0.7615i & 0.0953 + 0.7606i & 0.0953 + 0.7789i & 1.2153 + 1.6195i \end{pmatrix}$$

Para calcular la matriz de impedancia Z_{abc} se procede a formar las matrices descompuestas a partir de la matriz primitiva.

La matriz primitiva se divide en submatrices de la siguiente forma:

$$[\hat{Z}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} [Z_{ij}] & [\hat{Z}_{in}] \\ [Z_{nj}] & [\hat{Z}_{nn}] \end{bmatrix}$$

El cálculo de la matriz de impedancias Z_{abc} reducida se lo realiza de la siguiente manera:

$$Z_{abc} = [\widehat{Z}_{ij}] - [\widehat{Z}_{in}] \cdot [\widehat{Z}_{nn}]^{-1} \cdot [\widehat{Z}_{nj}]$$

$$[\widehat{Z}_{ij}] = \begin{pmatrix} 0.9903 + 1.6032i & 0.0953 + 0.8350i & 0.0953 + 0.7615i \\ 0.0953 + 0.8350i & 0.9903 + 1.6032i & 0.0953 + 0.8350i \\ 0.0953 + 0.7615i & 0.0953 + 0.8350i & 0.9903 + 1.6032i \end{pmatrix}$$

$$[\widehat{Z}_{in}] = \begin{pmatrix} 0.0953 + 0.7615i \\ 0.0953 + 0.7606i \\ 0.0953 + 0.7789i \end{pmatrix}$$

$$[\widehat{Z}_{nn}] = 1.2153 + 1.6195i$$

$$[\widehat{Z}_{nj}] = (0.0953 + 0.7615i \quad 0.0953 + 0.7606i \quad 0.0953 + 0.7789i)$$

$$Z_{abc} = \begin{pmatrix} 1.1022 + 1.3347i & 0.2070 + 0.5668i & 0.2104 + 0.4873i \\ 0.2070 + 0.5668i & 1.1018 + 1.3353i & 0.2103 + 0.5611i \\ 0.2104 + 0.4873i & 0.2103 + 0.5611i & 1.1088 + 1.3232i \end{pmatrix} [\Omega/\text{milla}]$$

El cálculo de la matriz de secuencia Z_{012} se lo realiza aplicando la ecuación:

$$A_s = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a_s^2 & a_s \\ 1 & a_s & a_s^2 \end{bmatrix}$$

$$\text{Donde } a_s = 1 \angle 120^\circ \quad ; \quad a_s^2 = 1 \angle -120^\circ$$

$$[Z_{012}] = [A_s]^{-1} \cdot [Z_{abc}] \cdot [A_s]$$

$$Z_{012} = \begin{pmatrix} 1.5227 + 2.4079i & 0.0249 - 0.0065i & -0.0280 - 0.0125i \\ -0.0280 - 0.0125i & 0.8950 + 0.7927i & -0.0424 + 0.0245i \\ 0.0249 - 0.0065i & 0.0424 + 0.0245i & 0.8950 + 0.7927i \end{pmatrix} [\Omega/\text{milla}]$$

Para transformar los parámetros en Ω/km se divide para 1.60934.

$$Z_{abc} = \begin{pmatrix} 0.6849 + 0.8294i & 0.1286 + 0.3522i & 0.1308 + 0.3028i \\ 0.1286 + 0.3522i & 0.6846 + 0.8297i & 0.1307 + 0.3486i \\ 0.1308 + 0.3028i & 0.1307 + 0.3486i & 0.6890 + 0.8222i \end{pmatrix} [\Omega/\text{km}]$$

$$Z_{012} = \begin{pmatrix} 0.9462 + 1.4962i & 0.0155 - 0.0040i & -0.0174 - 0.0078i \\ -0.0174 - 0.0078i & 0.5561 + 0.4925i & -0.0263 + 0.0152i \\ 0.0155 - 0.0040i & 0.0263 + 0.0152i & 0.5561 + 0.4925i \end{pmatrix} [\Omega/\text{km}]$$

De manera análoga al caso de la matriz de impedancias, se procede a calcular la matriz de admitancias para las capacitancias con las ecuaciones:

$$S_{ij} = |d_i - d_j^*|$$

$$S = \begin{bmatrix} 78.0820 & 79.2746 & 78.2591 & 74.0546 \\ 79.2746 & 80.3804 & 79.2756 & 75.1340 \\ 78.2591 & 79.2756 & 78.0838 & 74.0090 \\ 74.0546 & 75.1340 & 74.0090 & 69.8818 \end{bmatrix} [ft]$$

El calculo de los elementos de la primitiva de potencial en $\mu\text{f}/\text{milla}$ se emplean las ecuaciones:

$$RD_i = 0.03725 / 2 [ft]$$

$$RD_i = 0.0331 / 2 [ft]$$

$$\hat{P}_{ii} = 11.17689 \cdot \ln \frac{S_{ii}}{RD_i}$$

$$\hat{P}_{ij} = 11.17689 \cdot \ln \frac{S_{ij}}{D_{ij}}$$

$$[\hat{P}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} \hat{P}_{aa} & \hat{P}_{ab} & \hat{P}_{ac} & \hat{P}_{an} \\ \hat{P}_{ba} & \hat{P}_{bb} & \hat{P}_{bc} & \hat{P}_{bn} \\ \hat{P}_{ca} & \hat{P}_{cb} & \hat{P}_{cc} & \hat{P}_{cn} \\ \hat{P}_{na} & \hat{P}_{nb} & \hat{P}_{nc} & \hat{P}_{nn} \end{bmatrix}$$

$$P_{primitiva} = \begin{pmatrix} 93.2266 & 37.1127 & 30.2007 & 29.579 \\ 37.1127 & 93.5508 & 37.1121 & 29.6571 \\ 30.2007 & 37.1121 & 93.2268 & 31.1755 \\ 29.5790 & 29.6571 & 31.1755 & 93.2841 \end{pmatrix} [\text{milla}/\mu\text{F}]$$

La matriz primitiva se divide en submatrices de la siguiente forma:

$$[\hat{P}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} [P_{ij}] & [\hat{P}_{in}] \\ [P_{nj}] & [\hat{P}_{nn}] \end{bmatrix}$$

Usando la reducción de Kron, la matriz de potencial por fase P_{abc} se obtiene de la siguiente manera:

$$P_{abc} = [\hat{P}_{ij}] - [\hat{P}_{in}] \cdot [\hat{P}_{nn}]^{-1} \cdot [\hat{P}_{nj}]$$

$$[\hat{P}_{ij}] = \begin{pmatrix} 93.2266 & 37.1127 & 30.2007 \\ 37.1127 & 93.5508 & 37.1121 \\ 30.2007 & 37.1121 & 93.2268 \end{pmatrix}$$

$$[\widehat{P}_{in}] = \begin{pmatrix} 29.579 \\ 29.6571 \\ 31.1755 \end{pmatrix}$$

$$[\widehat{P}_{nn}] = 93.2841$$

$$[\widehat{P}_{nj}] = (29.5790 \quad 29.6571 \quad 31.1755)$$

$$P_{abc} = \begin{pmatrix} 83.8475 & 27.7089 & 20.3154 \\ 27.7089 & 84.1222 & 27.2007 \\ 20.3154 & 27.2007 & 82.8080 \end{pmatrix} [\text{milla}/ \mu\text{F}]$$

La inversa de la matriz de coeficientes de potencial por fase está dada por:

$$[C_{abc}] = [P_{abc}]^{-1}$$

$$[C_{abc}] = \begin{pmatrix} 0.0137 & -0.0038 & -0.0021 \\ -0.0038 & 0.0144 & -0.0038 \\ -0.0021 & -0.0038 & 0.0138 \end{pmatrix} [\mu\text{F}]$$

$$[Y_{abc}] = 1j * 2\pi * (60) * \begin{pmatrix} 0.0137 & -0.0038 & -0.0021 \\ -0.0038 & 0.0144 & -0.0038 \\ -0.0021 & -0.0038 & 0.0138 \end{pmatrix}$$

$$[Y_{abc}] = \begin{pmatrix} 0.0000 + 5.1658i & 0.0000 - 1.4453i & 0.0000 - 0.7926i \\ 0.0000 - 1.4453i & 0.0000 + 5.4184i & 0.0000 - 1.4253i \\ 0.0000 - 0.7926i & 0.0000 - 1.4253i & 0.0000 + 5.2152i \end{pmatrix} [\mu\text{S}/\text{milla}]$$

Para transformar los parámetros en Ω/km se divide para 1.60934.

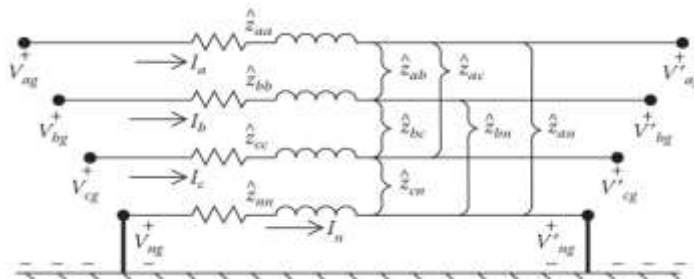
$$[Y_{abc}] = \begin{pmatrix} 0.0000 + 3.2099i & 0.0000 - 0.8981i & 0.0000 - 0.4925i \\ 0.0000 - 0.8981i & 0.0000 + 3.3668i & 0.0000 - 0.8856i \\ 0.0000 - 0.4925i & 0.0000 - 0.8856i & 0.0000 + 3.2406i \end{pmatrix} [\mu\text{S}/\text{km}]$$

Cálculo de la matriz de admitancias de secuencia Y012:

$$[Y_{012}] = [A_s]^{-1} \cdot [y_{abc}] \cdot [A_s]$$

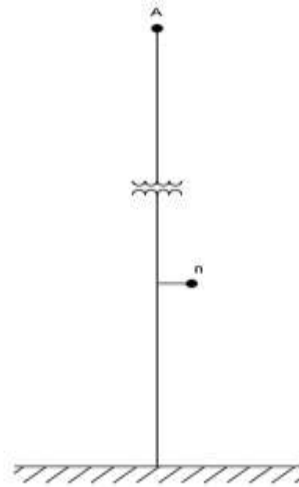
$$Y_{012} = \begin{pmatrix} 0.0000 + 1.7550i & -0.0806 + 0.0322i & 0.0806 + 0.0322i \\ 0.0806 + 0.0322i & -0.0000 + 4.0312i & 0.2706 - 0.1582i \\ -0.0806 + 0.0322i & -0.2706 - 0.1582i & 0.0000 + 4.0312i \end{pmatrix} [\Omega/\text{km}]$$

A continuación, se presenta el modelo para un tramo de red aérea trifásica a cuatro hilos.



Paso a paso para el cálculo de parámetros de una línea de distribución monofásica con neutro.

Una línea monofásica con la siguiente disposición de conductores



Ubicación de conductores

Ítem	X [ft]	Y [ft]
1	0.0000	34.6129
N	0.6561	29.6916

El conductor seleccionado para la fase es ACSR 1/0 y el conductor para el neutro es ACSR 2.

Especificaciones técnicas correspondiente a cada conductor:

Conductor	Parámetro	Cantidad	Unidad
ACSR 2	GMR	0.00504	[ft]
	Resistencia	1.65	[Ω /milla]
	Diámetro	0.325/12	[ft]
ACSR 1/0	GMR	0.00446	[ft]
	Resistencia	1.12	[Ω /milla]
	Diámetro	0.398/12	[ft]

Para calcular las distancias entre todos los conductores se especifica cada posición en coordenadas rectangulares empleando valores complejos:

$$d_1 = 0 + 34.613j$$

$$d_2 = 0.6561 + 29.691j$$

Las distancias entre conductores se calculan de la siguiente manera:

$$D_{12} = |d_1 - d_2| = 4.9655 = D_{21}$$

Para la red en análisis se tiene:

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$\rho = 100 [\Omega - m]$$

Aplicando las ecuaciones modificadas de Carson se tiene:

$$z_{ii} = r_i + 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{GMR_i} + 7.678 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right)$$

$$z_{ij} = 0.00158836 * f + j0.00202237 * f \left(\ln \frac{1}{D_{ij}} + 7.678 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right)$$

La matriz primitiva calculada en $\Omega / milla$ es:

$$Z_{primitiva} = \begin{pmatrix} 1.2153 + 1.6195i & 0.0953 + 0.7683i \\ 0.0953 + 0.7683i & 1.7453 + 1.6047i \end{pmatrix}$$

Para calcular la matriz de impedancia Z_{abc} se procede a formar las matrices descompuestas a partir de la matriz primitiva.

La matriz primitiva se subdivide en submatrices de la forma:

$$[\hat{Z}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} [Z_{ij}] & [\hat{Z}_{in}] \\ [Z_{nj}] & [\hat{Z}_{nn}] \end{bmatrix}$$

El cálculo de la matriz de impedancias Z_{abc} reducida se lo realiza de la siguiente manera:

$$Z_{abc} = [\hat{Z}_{ij}] - [\hat{Z}_{in}] \cdot [\hat{Z}_{nn}]^{-1} \cdot [\hat{Z}_{nj}]$$

$$[\hat{Z}_{ij}] = (1.2153 + 1.6195i)$$

$$[\hat{Z}_{in}] = (0.0953 + 0.7683i)$$

$$[\hat{Z}_{nn}] = (1.7453 + 1.6047i)$$

$$[\hat{Z}_{nj}] = (0.0953 + 0.7683i)$$

$$Z_{abc} = 1.3539 + 1.4081i$$

El calculo de la matriz de secuencia Z_{012} se lo realiza aplicando la ecuación:

$$A_s = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a_s^2 & a_s \\ 1 & a_s & a_s^2 \end{bmatrix}$$

$$\text{Donde } a_s = 1 \angle 120^\circ ; a_s^2 = 1 \angle -120^\circ$$

$$[Z_{012}] = [A_s]^{-1} \cdot [Z_{abc}] \cdot [A_s]$$

$$Z_{012} = \begin{pmatrix} 1.3539 + 1.4081i & 0.0000 + 0.0000i & 0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 + 0.0000i & 1.3539 + 1.4081i & -0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 + 0.0000i & 0.0000 - 0.0000i & 1.3539 + 1.4081i \end{pmatrix} [\Omega/milla]$$

Para transformar los parámetros en Ω/km se divide para 1.60934.

$$Z_{abc} = 0.8413 + 0.8750i \text{ } [\Omega/\text{km}]$$

$$Z_{012} = \begin{pmatrix} 0.8413 + 0.8750i & 0.0000 + 0.0000i & 0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 + 0.0000i & 0.8413 + 0.8750i & -0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 + 0.0000i & 0.0000 - 0.0000i & 0.8413 + 0.8750i \end{pmatrix} [\Omega/\text{km}]$$

De manera análoga al caso de la matriz de impedancias, se procede a calcular la matriz de admitancias para las capacitancias con las ecuaciones:

$$S_{ij} = |d_i - d_j^*|$$

$$S = \begin{bmatrix} 69.2260 & 64.3073 \\ 64.3073 & 59.3820 \end{bmatrix} [\text{ft}]$$

El calculo de los elementos de la primitiva en Uf/milla se emplean las ecuaciones:

$$RD_i = 0.0166 \text{ } [\text{ft}]$$

$$RD_i = 0.0135 \text{ } [\text{ft}]$$

$$\hat{P}_{ii} = 11.17689 \cdot \ln \frac{S_{ii}}{RD_i}$$

$$\hat{P}_{ij} = 11.17689 \cdot \ln \frac{S_{ij}}{D_{ij}}$$

$$P_{primitiva} = \begin{pmatrix} 93.1788 & 28.6257 \\ 28.6257 & 93.7291 \end{pmatrix}$$

La matriz primitiva se divide en submatrices de la siguiente forma:

$$[\hat{P}_{primitiva}] = \begin{bmatrix} [P_{ij}] & [\hat{P}_{in}] \\ [P_{nj}] & [\hat{P}_{nn}] \end{bmatrix}$$

Usando la reducción de Kron, la matriz de potencial por fase P_{abc} se obtiene de la siguiente manera:

$$P_{abc} = [\hat{P}_{ij}] - [\hat{P}_{in}] \cdot [\hat{P}_{nn}]^{-1} \cdot [\hat{P}_{nj}]$$

$$[\hat{P}_{ij}] = 93.1788$$

$$[\hat{P}_{in}] = 28.6257$$

$$[\hat{P}_{nn}] = 93.7291$$

$$[\hat{P}_{nj}] = 28.6257$$

$$P_{abc} = 84.4362 \text{ } [\text{milla}/\mu\text{F}]$$

La inversa de la matriz de coeficientes de potencial por fase está dada por:

$$[C_{abc}] = [P_{abc}]^{-1}$$

$$[C_{abc}] = 0.0118 \text{ } [\mu\text{F}]$$

$$[Y_{abc}] = 1j * 2\pi * (60) * 0.0118$$

$$[Y_{abc}] = 0.0000 + 4.4648i \text{ } [\mu\text{S/milla}]$$

Para transformar los parámetros en Ω/km se divide para 1.60934.

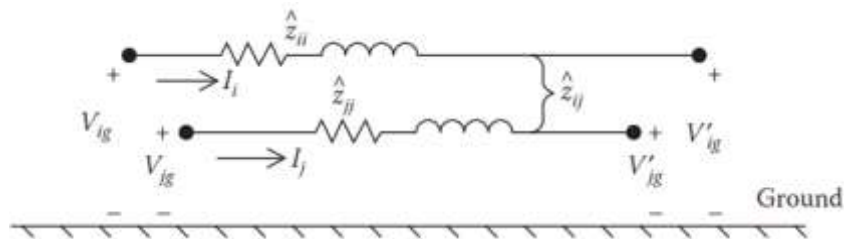
$$[Y_{abc}] = 0.0000 + 2.7743i \text{ } [\mu\text{S/km}]$$

Cálculo de la matriz de admitancias de secuencia Y012:

$$[Y_{012}] = [A_s]^{-1} \cdot [y_{abc}] \cdot [A_s]$$

$$Y_{012} = \begin{pmatrix} 0.0000 + 2.7743i & 0.0000 + 0.0000i & 0.0000 + 0.000i \\ 0.0000 + 0.0000i & -0.0000 + 2.7743i & -0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 + 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i & -0.0000 + 2.7743i \end{pmatrix} [\Omega/\text{km}]$$

A continuación, se presenta el modelo para un tramo de red aérea monofásica a dos hilos.



ANEXO 6
Reporte fotográfico



Ilustración 1. Subestación Caluma 69/13,8 kV



Ilustración 2. Patio Subestación Caluma 69/13,8 kV

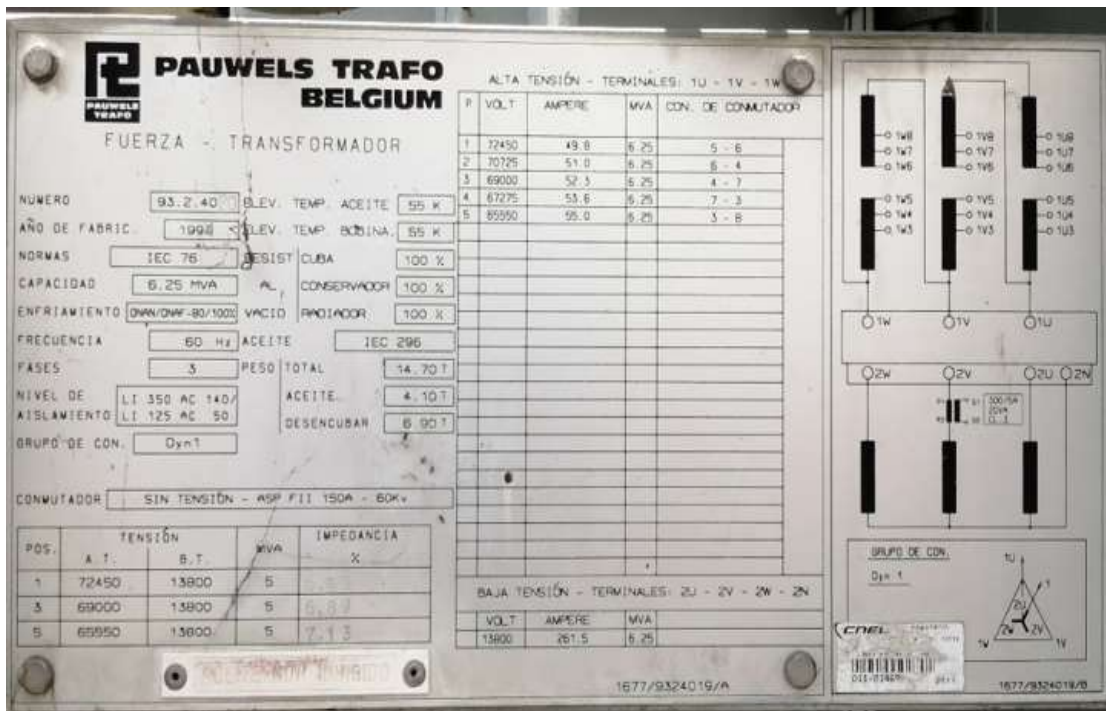


Ilustración 3. Placa característica del transformador de potencia 6,25 MVA de la Subestación Caluma 69/13,8 kV



Ilustración 4. Tablero de distribución de medio voltaje 13,8 kV de la Subestación Caluma



Ilustración 4. Salida del alimentador Pita - 13,8 kV



Ilustración 5. Levantamiento en campo información alimentador Pita



Ilustración 6. Levantamiento de vanos que no disponen neutro en la red monofásica del alimentador Pita



Ilustración 7. Levantamiento de vanos red trifásica del alimentador Pita