UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACIÓN DEL RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE 50/51”.

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia.

AUTORES:

Castillo Cisneros Cristian Jefferson

Rosales Cueva Geovanny Enrique

TUTOR:

Msc. Ing. Xavier Alfonso Proaño

Latacunga – Ecuador

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **CASTILLO CISNEROS CRISTIAN JEFFERSON** y **ROSALES CUEVA GEOVANNY ENRIQUE,** declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: "**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACION DEL RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE 50/51"**, siendo el Ing. MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

…… …….

Castillo Cisneros Cristian Jefferson — C.I. 050374260-3

Rosales Cueva Geovanny Enrique — C.I. 092286649-6

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

"**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACION DEL RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE 50/51"**, de los postulantes **Castillo Cisneros Cristian Jefferson** y **Rosales Cueva Geovanny Enrique**, de la carrera **INGENÍERIA ELÉCTRICA**, considero que dicha Propuesta Tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga septiembre 2020

Tutor:

……..

Ing. MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

C.I. 050265642-4

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente Propuesta Tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **Castillo Cisneros Cristian Jefferson** y **Rosales Cueva Geovanny Enrique**, con el título de Proyecto de titulación: "**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACION DEL RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE 50/51"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga septiembre 2020

Para constancia firman:

……	……..
Lector 1 (Presidente)	**Lector 2**
Nombre: Ing.MSc. Wilian Guamán	**Nombre:** Ing.MSc. Gabriel Pesantez
CC: 060357895-6	**CC:** 030189388-9

……

Lector 3

Nombre: PHD. Iliana González

CC: 175707065-9

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente propongo a consideración que los estudiantes le Decimos ciclo **CASTILLO CISNEROS CRISTIAN JEFFERSON c**on **C.I. 0503742603** y **ROSALES CUEVA GEOVANNY ENRIQUE** con **C.I. 0922866496,** realizaron la propuesta tecnológica en LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN LA DIRECCIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, con el tema "**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACION DEL RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE 50/51",** trabajo que se implementó y se dejó en completo funcionamiento.

Es todo lo que puedo certificar, pudiendo hacer uso del mismo dentro de las leyes de la República y normas internacionales

Latacunga septiembre 2020

Atentamente:

……..

PhD Secundino Marrero

C.I. 175710790-3

Director de la carrera de Ingeniería Eléctrica

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por la vida y la salud brindada para culminar mis estudios universitarios.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme a oportunidad de ser parte de ella para realizar mis estudios además de convertirse en mi segundo hogar.

A todos los docentes que en el transcurso de la carrera se convirtieron en amigos y supieron brindarme sus conocimientos para forjarme como un profesional en especial a mi tutor Ing. Msc. Xavier Proaño por brindarme el apoyo para culminar este proyecto.

Y a mis compañeros que en el transcurso de los años se convirtieron en grandes amigos brindándome su apoyo en cada semestre que lográbamos pasar juntos como un buen equipo.

Cristian Castillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios primero por darme un día más de vida, por guiarme a lo largo de esta gran travesía.

Gracias a mi mamá: Sonia Cueva por ser la principal promotora de este logro, por confiar, por sus consejos que me sirvieron de mucho la amo.

Agradezco a mis tíos y tías en especial a Juan que prácticamente fue un hermano para mí y me ayudo en todo y por sus buenos consejos siempre los tendré en cuenta.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a todos los docentes por impartir sus conocimientos en todas las asignaturas en especial al MSc Xavier Proaño Tutor de nuestro proyecto.

Enrique Rosales

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi familia principalmente a mis padres Jheni Cisneros, Gonzalo Castillo y Juan Cabrera que fueron el pilar fundamental para seguir adelante ya que al apoyarme tanto económica como emocionalmente en los momentos más difíciles lograron darme un empuje para no desmayar en mis sueños.

A mis hermanos que siempre estuvieron dándome el apoyo emocional para seguir con mis estudios.

A mis amigos el Grupo Buena Onda que en el transcurso de la carrera compartimos grandes momentos que se los llevara con estimación y aprecio toda la vida.

Y a mi novia la cual me ha sabido motivar ayudándome emocionalmente para no darme por vencido en los momentos difíciles.

Cristian Castillo

DEDICATORIA

La presente propuesta tecnológica la dedico especialmente a Dios, por darme fuerzas para continuar y terminar uno de los momentos más deseados de mi vida.

A mis padres, por su sacrificio que no me falte nada cada día, por su apoyo en mis momentos más difíciles de la Universidad, gracias a ellos he llegado a este punto y convertirme en lo que soy.

Mis abuelos, que no me dejaron de apoyar siempre confiaron en mí, ellos son las personas a quienes amo demasiado con todo mi corazón.

A mis compañeros y amigos que supieron estar ahí para cualquier asunto FUCUCHU.

Enrique Rosales

INDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN BÁSICA……1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA ……...1
2.1. Título de la propuesta tecnológica:.....1
2.2. Tipo de propuesta alcance 1
2.3. Área del conocimiento.....1
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica.....2
2.5. Objeto de estudio y campo de acción 2
2.5.1. Objeto de estudio.....2
2.5.2. Campo de acción 2
2.6. Situación problemática y problema 2
2.6.1. Situación Problemática.....2
2.6.2. Problema.....3
2.7. Hipótesis.....3
2.8. Objetivo(s).....3
2.8.1. Objetivo general 3
2.8.2. Objetivos específicos.....3
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....3
3. MARCO TEÓRICO……4
3.1. Estructura de las protecciones eléctricas de Medio Voltaje 4
3.2. Relé de Sobre corriente.....5
3.2.1. Parámetros de calibración del Relé 50/51 6
3.3. Tipos de Relé de Sobre corriente.....6
3.3.1. Relé de sobre corriente instantáneo 6
3.3.2. Relé de Retardo de tiempo de parar o abrir 7
3.4. Métodos para el escalonamiento de relevadores de sobre corriente.....10
3.4.1. Método de escalonamiento de tiempo 10
3.4.2. Método de Escalonamiento de corriente 11
3.4.3. Discriminación por tiempo y corriente.....11
3.5. Ajuste de las unidades de sobre corriente instantáneas 12
3.5.1. Para líneas de transmisión entre subestaciones 12
3.5.2. Para líneas de distribución.....12
3.5.3. Ajuste de parámetro.....14
3.5.4. Criterio de Coordinación 18
3.6. Corriente de falla en los transformadores de Potencia 19

3.6.1. Curva de coordinación de transformadores. 20
3.6.2. Determinación de puntos coordenados tiempo-corriente. 23
3.7. Métodos existentes para crear una aplicación con funciones gráficas. 25
3.7.1. Interfaces Graficas en Matlab 25
3.8. Programa LSPS 27
4. METODOLOGIA 28
4.1. Metodología de la investigación 28
4.1.1. Investigación Descriptiva 28
4.1.2. Investigación Experimental 28
4.1.3. Investigación Teórica Conceptual. 28
4.1.4 Investigación Explicativa 28
4.1.5. Investigación aplicada 28
4.2. Métodos de investigación 29
4.2.1. Método Sintético 29
4.2.2. Método Analítico 29
4.3. Identificación y operacionalización de variables 29
4.2. Procedimientos para cumplir los objetivos específicos 30
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 31
5.1. Diagrama de flujo 31
5.2. Análisis de Resultados entre LSPS y CPSElectric. 34
5.2.1. Programa LSPS. 35
5.2.2. Programa CPSElectric. 38
5.2.3. Análisis de Resultados de los errores del LSPS y CPSElectric. 41
5.3. Análisis de Resultados de las guías de prácticas. 43
5.3.1. Guía de practica 2. 43
5.3.2. Guía de practica 3. 45
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS 48
6.1. Presupuesto 48
6.2. Análisis de Impactos 49
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
7.1. Conclusiones 49
7.2. Recomendaciones 50
8. BIBLIOGRAFÍA 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Actividades propuestas para el desarrollo de los objetivos. 3
Tabla 3. 1. Constantes de forma para ecuación exponencial según normas IEEE C37.112-2018 y IEC 60255-3. 9
Tabla 3. 2 Relaciones típicas de los TC´s. según la Norma IEEE C57.13-2016..... 17
Tabla 3. 3 Capacidad de carga térmica de tiempo corto del transformador. 20
Tabla 3. 4 Categoría de capacidad de los transformadores. 20
Tabla 4. 1. Procedimientos para el cumplimiento de los objetivos. 30

Tabla 5. 1 Resultados del cálculo manual del ejercicio del Anexo I. 34
Tabla 5. 2 Resultados obtenidos del Programa LSPS. 35
Tabla 5. 3 Resultados obtenidos del Programa CPSElectric. 35
Tabla 5. 4 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 1 con respecto a los tiempos calculados. 35
Tabla 5. 5 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 2 con respecto a los tiempos calculados. 36
Tabla 5. 6 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 3 con respecto a los tiempos calculados. 36
Tabla 5. 7 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 4 con respecto a los tiempos calculados. 37
Tabla 5. 8 Tabla final de resultados de los porcentajes de error LSPS- Calculo Manual. 37
Tabla 5. 9 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 1 con respecto a los tiempos calculados..... 38
Tabla 5. 10 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 2 con respecto a los tiempos calculados..... 38
Tabla 5. 11 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 3 con respecto a los tiempos calculados..... 39
Tabla 5. 12 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 4 con respecto a los tiempos calculados..... 40
Tabla 5. 13 Tabla final de resultados de los porcentajes de error CPSElectric- Calculo Manual. 40
Tabla 5. 14 Tabla final de Tiempos del cálculo manual y los programas LSPS y CPSElectric 41
Tabla 5. 15 Tabla final de porcentajes de error entre los programas LSPS y CPSElectric. 41
Tabla 5. 16 Resultados obtenidos por medio de cálculos manual. 43
Tabla 5. 17 Resultados obtenidos del Programa CPSElectric 44
Tabla 5. 18 Porcentaje de variaciones final entre el programa CPS y el cálculo manual. 44
Tabla 5. 19 Resultados obtenidos por medio de cálculos manual. 46
Tabla 5. 20 Resultados obtenidos del Programa CPSElectric 47
Tabla 5. 21 Porcentaje de variaciones final entre el programa CPS y el cálculo manual. 47

Tabla 6. 1 Presupuesto para el desarrollo del proyecto 48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Conexión del sistema de Protección de una línea Eléctrica. 5
Figura 3. 2. Conexión de Sobrecorriente No Direccional. 6
Figura 3. 3. Conexión de Sobrecorriente Direccional 6
Figura 3. 4. Curva del Relé de Sobrecorriente Instantáneo 7
Figura 3. 5. Curva del Relé de Sobrecorriente de Tiempo Definido 8
Figura 3. 6. Curva del Relé de Tiempo Inverso 8
Figura 3. 7. Curvas características tiempo –corriente de relés inversos a) Inverso; b) muy Inverso; c) extremadamente inverso. 10
Figura 3. 8. Principio de escalonamiento de tiempo para un sistema radial. 10
Figura 3. 9. Curvas características tiempo-corriente del relevador tipo CO-8. 12
Figura 3. 10. Alcance de las unidades instantáneas 13
Figura 3. 11 Bobina y disco del relé. 14
Figura 3. 12 Protección de líneas en cascada. 15
Figura 3. 13. Ajuste de parámetros de relés. 16
Figura 3. 14 Curvas típicas de la norma IEE 16
Figura 3. 15 Curvas típicas de las normas IEC y BS. 17
Figura 3. 16 Transformadores categoría I: 5 kVA a 500 kVA monofásicos y 15 kVA a 500 kVA trifásicos. 21
Figura 3. 17 Transformadores categoría II: 501 kVA a 1667 kVA monofásicos y 501 kVA a 5000 kVA trifásicos. 21
Figura 3. 18 Transformadores categoría III: 501 kVA a 1667 kVA monofásicos y 501 kVA a 5000 kVA trifásicos 22
Figura 3. 19 Transformadores categoría IV: Mayores a 10000 kVA monofásicos y mayores a 30000 kVA trifásicos. 23
Figura 3. 20 Logotipo de Matlab 26
Figura 3. 21 Acceso a APP Designer 27
Figura 3. 22 Logotipo de la empresa LSElectic 27
Figura 3. 23 Logotipo del programa LSPS 28

Figura 5. 1 Flujograma de la aplicación informática. 32
Figura 5. 2 Flujo de procesos de la aplicación informática. 33
Figura 5. 3. Diagrama Unifilar Practica 1. 34
Figura 5. 4. Grafica de coordinación mediante la aplicación CPSElectric. 42
Figura 5. 5. Grafica de coordinación mediante la aplicación LSPS. 43
Figura 5. 6 Diagrama Unifilar Practica 2. 43
Figura 5. 7 Grafica de coordinación obtenida mediante la aplicación CPSElectric. 45
Figura 5. 8 Diagrama Unifilar Practica 3. 46
Figura 5. 9 Grafica de coordinación obtenida mediante la aplicación CPSElectric. 48

ÍNDICE DE ECUACIONES

3. 1 9
3. 2 9
3. 3 11
3. 4 13
3. 5 13
3. 6 13
3. 7 13
3. 8 13
3. 9 14
3. 10 15
3. 11 19
3. 12 23
3. 13 24
3. 14 24
3. 15 24
3. 16 24
3. 17 25
3. 18 25

INDICE DE ANEXO

ANEXO I: Ejercicio para el análisis de resultados entre el LSPS y CPSELECTRIC.....55
ANEXO II: Guía de practica 1......63
ANEXO III: Guía de practica 2. 69
ANEXO IV: Guía de practica 3. 75
ANEXO V: Guía de practica 4......82
ANEXO VI: Manual de usuario para el manejo del programa.....87
ANEXO VII: Línea de programación de la aplicación CPSElectric. 109

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: "DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACION DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE 50/51."

Autores:

Castillo Cisneros Cristian Jefferson

Rosales Cueva Geovanny Enrique

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el desarrollo de una aplicación informática para la coordinación y calibración de los relevadores de sobrecorriente 50/51 para sistemas radiales, mediante esta aplicación se llegó a observar las gráficas de las curvas de los relevadores modificando las variables de entrada como son Corriente del Tap (51) y Corriente del Instantáneo (50), TCs, Tipos de Curvas y su Dial para cada una de ellas, con el fin de calibrar y coordinar las protecciones entre curvas mediante el tiempo de actuación entre los Relevadores que es el tiempo de margen para una calibración correcta, en el programa Coordinación de Protección de sobrecorriente eléctrica (CPSElectric) desarrollado mediante la herramienta de programación Matlab r2019a, que se usó una de las aplicaciones incorporadas de esta plataforma como es la App Designer siendo está una de las nuevas opciones de programación en Matlab r2019a que permite reducir el tiempo de desarrollo de interfaces y la facilidad del diseño de las Aplicaciones para lo cual nos permite que el programa sea más interactivo a la hora de su uso ya que está enfocado para formar parte de laboratorio de protecciones eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi mejorando el aprendizaje de los estudiantes a la hora de debatir sobre las protección de sobrecorriente 50/51 por medio de laboratorios prácticos con ejercicios propuestos guiados a las protecciones antes mencionadas permitiendo obtener la visualización de resultados como son los tiempos de operación de las corrientes del Instantáneo (50) y su tiempo de margen de operación entre curvas de forma gráfica para garantizar los resultados se basó a diferentes normas estandarizadas como son la IEEE Std C37.112-2018 "Estándar para ecuaciones de características de tiempo inverso para relés de sobrecorriente" y la IEC 60255-3 "Relés de medidas y equipos de protección."

Palabras Claves: Relevador de sobrecorriente, Protecciones Eléctricas, Calibración, Coordinación.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "DEVELOPMENT OF A SOFTWARE APPLICATION FOR THE CALIBRATION AND COORDINATION OF THE 50/51 OVERCURRENT RELAY"

Authors:

Castillo Cisneros Cristian Jefferson

Rosales Cueva Geovanny Enrique

ABSTRACT

In the present work, it was developed a computer application for the coordination and calibration of the 50/51 over-current relays for radial systems. Through this application the graphs of the relays curves were observed modifying the input variables such as Tap Current (51) and Instantaneous Current (50), TCs, Types of Curves and their Dial for each one of them, in order to calibrate and coordinate the protections between curves by means of the time of action between the Relays that is the margin time for a correct calibration, in the program Coordination of Protection of electrical overcurrent (CPSElectric) developed by means of the programming tool Matlab r2019a, one of the applications incorporated in this platform, the App Designer, is being used this is one of the new programming options in Matlab r2019a that allows us to reduce the time of interface development and the ease of application design, for which we can make the program more interactive at the time of its use since it is focused to be part of the electrical protection laboratory of the Technical University of Cotopaxi improving the students' learning when discussing the 50/51 over current protection by means of practical laboratories with proposed exercises guided to the above mentioned protections allowing to obtain the visualization of results such as the operation times of the instantaneous currents (50) and their operation margin time between curves in a graphic way to guarantee the results was based on different standardized norms such as IEEE Std C37. 112-2018 "Standard for inverse time characteristic equations for overcurrent relays" and IEC 60255-3 "Measurement and protection equipment relays.

Keywords: Overcurrent Relay, Electrical Protections, Calibration, Coordination.

Universidad Técnica de Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: CASTILLO CISNEROS CRISTIAN JEFFERSON y ROSALES CUEVA GEOVANNY ENRIQUE**, cuyo título versa **"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACIÓN DEL RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE 50/51"**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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, SEPTIEMBRE del 2020

Atentamente,

Lic. María Fernanda Aguaiza Iza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050345849-9

CENTRO DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR: Cristian Jefferson Castillo Cisneros, Geovanny Enrique Rosales Cueva

TEMA APROBADO: Desarrollo de una aplicación informática para la calibración y coordinación del relevador de sobrecorriente 50/51.

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN: Msc. ING. XAVIER PROAÑO

EQUIPO DE TRABAJO: Msc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado Tutor de la propuesta tecnológica

LUGAR DE EJECUCIÓN: COTOPAXI, LATACUNGA, ELOY ALFARO

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROYECTO: 14 SEMANAS

FECHA DE ENTREGA: SEPTIEMBRE 2020

LINEAS Y SUBLINEAS DE INVESTIGACION: ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y RENOVABLES, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.; EXPLOTACION Y DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA: Desarrollo de una Aplicación innovadora para el uso de profesionales y estudiantes.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica:

Desarrollo de una aplicación informática para la calibración y coordinación del relevador de sobrecorriente 50/51.

2.2. Tipo de propuesta alcance

a) Multipropósito

b) Interdisciplinar

c) Emprendimiento

d) Productivo

e) Desarrollo

h) Integrador

2.3. Área del conocimiento

Ingeniería, industrial y construcción

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

En la presente propuesta tecnológica se basa en el desarrollo de una aplicación para la coordinación y calibración del relevador de protección de sobrecorriente 50/51, de tal manera nos permitan observar las curvas de operación, que normalmente las realizan mediante softwares para el análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia y Coordinación de Protecciones Eléctricas, donde que en el mercado eléctrico no se encuentran con facilidad Softwares libres y por lo cual no generar gastos adicionales.

Aportando con esto una herramienta que facilite a ayudar a la comunidad Universitaria de la Carrera de Ingeniería eléctrica dado que busca una visualización gráfica de las curvas para la coordinación de los Relevadores 50/51.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Analizar el comportamiento de los relevadores 50/51 que se basan a las Normas IEEE C37.112-2018 y IEC 60255-3.

2.5.2. Campo de acción

Análisis para la calibración de los relevadores 50/51 por medio de la aplicación CPSElectric.

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación Problemática

La realidad es que hoy en día la seguridad en los sistemas eléctricos de potencia ha cambiado, dando grandes saltos tecnológicos para proteger las redes eléctricas desde la generación hasta la distribución siendo cada vez estás más precisas a la hora de despejar una falla.

En este caso nos estamos refiriendo a la protección de sobrecorriente relevador 50/51 que es una de las más usadas en los sistemas radiales de Medio Voltaje, colocándolos desde la salida de las subestaciones hasta los transformadores de baja potencia por ejemplo 4 MVA a niveles de distribución.

Por lo cual uno de los problemas principales es la correcta coordinación del relevador 50/51 para su funcionamiento dado que al estar presentes las sobrecargas en el Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) es difícil observar los cambios de operación del relé de sobrecorriente al ir variando sus parámetros.

2.6.2. Problema

¿Será posible visualizar las gráficas de las curvas de la coordinación del relé de sobrecorriente 50/51 frente a los cambios en su Tipo de Curva, Dial y Corrientes de Operación?

2.7. Hipótesis

Mediante el programa CPSElectric será posible visualizar las curvas de los relevadores en un sistema radial que facilite la coordinación entre ellos, dándonos como resultados una tabla de resumen final.

2.8. Objetivo(s)

2.8.1. Objetivo general

Desarrollar de una aplicación informática para la calibración y coordinación del relevador de sobrecorriente 50/51 en los sistemas radiales.

2.8.2. Objetivos específicos

- Recopilar información bibliográfica sobre el relevador de sobrecorriente 50/51.
- Establecer un algoritmo computacional para el desarrollo de la aplicación que tendrá la función de calibrar y coordinar el relevador 50/51.
- Desarrollar casos prácticos que permitan validar el funcionamiento adecuado de la herramienta.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tabla 2. 1. Actividades propuestas para el desarrollo de los objetivos.

Objetivo específico 1	**Actividad (tareas)**	**Resultado de la Actividad**	**Descripción de la Actividad**
• Recopilar información bibliográfica sobre el relevador de sobrecorriente 50/51.	-Búsqueda de información sobre el uso, características, funciones, calibración, y curvas características en la operación de los relevadores de sobrecorriente 50/51.	-Fundamentación bibliográfica de contenido con relación al desarrollo de la propuesta tecnológica. - Selección de temas y herramientas adecuadas para el proyecto.	-Análisis de la información obtenida de una manera técnica. -Selección de la información obtenida con trabajos realizados referente al tema en cuestión.

Objetivo específico 2	Actividad (tareas)	Resultado de la Actividad	Descripción de la Actividad
• Establecer un algoritmo computacional para el desarrollo de la aplicación que tendrá la función de calibrar y coordinar el relevador 50/51.	-Desarrollo del lenguaje de programación en Matlab para el correcto funcionamiento de la Aplicación.	- La aplicación en correcto funcionamiento para su uso practico - Manual de uso del Programa CPSElectric para su correcto manejo.	-Selección de la herramienta informática para el desarrollo de la aplicación. -Programación del código y la interfaz de la aplicación.
Objetivo específico 3	**Actividad (tareas)**	**Resultado de la Actividad**	**Descripción de la Actividad**
• Desarrollar casos prácticos que permitan validar el funcionamiento adecuado de la herramienta.	- Calculo de los ejercicios mediante ecuaciones para la correcta calibración de los casos de estudio y validar los resultados arrojados por la herramienta.	- Ejecución de los 4 talleres prácticos para la coordinación y calibración de los Relevadores de sobrecorriente 50/51.	-Ejecución de un periodo de prueba de la aplicación para validar el correcto funcionamiento.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Estructura de las protecciones eléctricas de Medio Voltaje

Los sistemas de Alto y Medio Voltaje utilizan un sistema de protección que consiste en:

- Interruptores de potencia.
- Transformadores de corriente.
- Relés de protección.

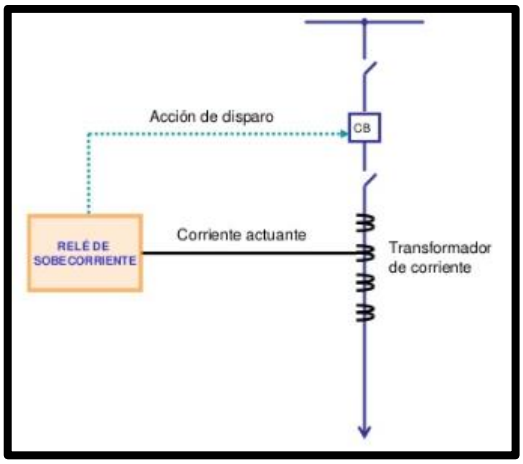


Figura 3. 1. Conexión del sistema de Protección de una línea Eléctrica.

Fuente: [1]

3.2. Relé de Sobrecorriente

Un relevador eléctrico es un dispositivo que, colocado en un circuito eléctrico produce cambios en otro o en su propio circuito. [2]

En la mayoría de los tableros de protección, control y medición construidos hasta 1980, se encuentran operando relevadores de sobrecorriente del tipo electromagnético (monofásico). Con el avance de la tecnología se ha incrementado la producción de relevadores de estado sólido o micro procesado. Lográndose una reducción considerable en el espacio empleado en los tableros, así como incrementar sus funciones [3].

Los relevadores en los sistemas eléctricos de potencia son herramientas importantes para la seguridad y protección de los equipos y el transporte de la energía eléctrica en los alimentadores en redes de distribución o sub-transmisión cuyo trabajo es impedir que el flujo de corriente aumente excesivamente durante un fenómeno inesperado.

Los relevadores tienen conocimiento de una o varias características y están arregladas para mantenerse inactivos mientras estas no varían Al ocurrir una falla el relevador detecta y selecciona la característica del sistema que le conviene y actúa sobre otro sistema aparte cerrando o abriendo algún contacto que pertenezca al sistema de apertura o cierre del interruptor que corresponda para el aislamiento de la falla de la parte del sistema donde se creó. [2]

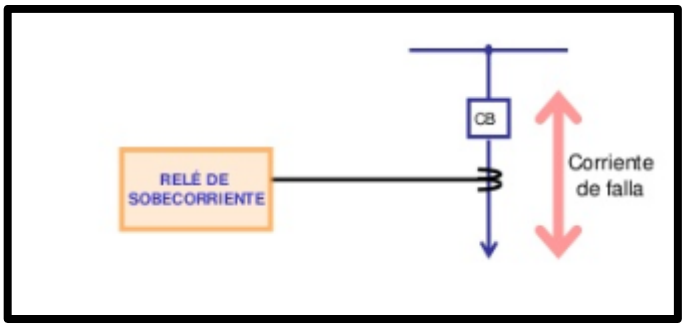


Figura 3. 2. Conexión de Sobrecorriente No Direccional.

Fuente: [4]

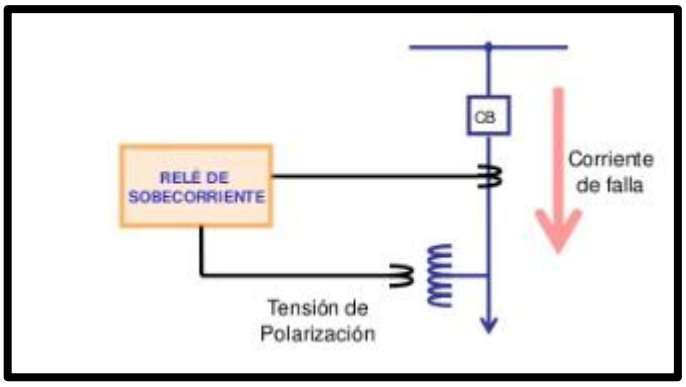


Figura 3. 3. Conexión de Sobrecorriente Direccional

Fuente: [4]

3.2.1. Parámetros de calibración del Relé 50/51

La protección 50/51 tiene dos funciones de sobre corriente

- Sobrecorriente Instantánea 50
- Sobrecorriente Temporizada 51

Los parámetros de calibración, para la función de sobrecorriente temporizada son: Dial, Tap y de curva, mientras que para la función de sobrecorriente instantánea solo se ajusta con la corriente de Tap [5].

3.3. Tipos de Relé de Sobrecorriente

Los relés se pueden clasificarse, en general según su característica de tiempo de operación como son.

3.3.1. Relé de sobrecorriente instantáneo

Funciona instantáneamente a un excesivo valor de corriente ó a una excesiva relación de aumento de corriente, de este modo indicando una falla en el aparato o circuito que protege. [6]

El funcionamiento de un relé de sobrecorriente es simple ya que su operación depende de dos variables básicas:

- El nivel de corriente mínima de operación (o corriente de pickup), que es aquel valor que produce el cambio de estado del relé.
- La característica de tiempo de operación, es decir la forma en que el relé responde en cuanto al tiempo. [7]

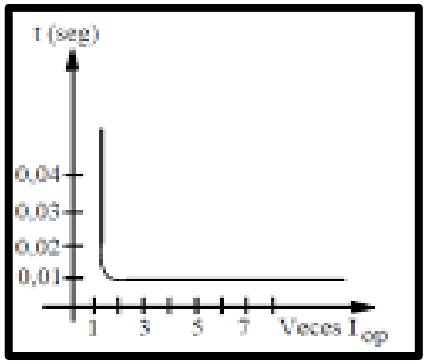


Figura 3. 4. Curva del Relé de Sobrecorriente Instantáneo

Fuente: [8]

3.3.2. Relé de Retardo de tiempo de parar o abrir

Es un dispositivo retardador de tiempo que sirve en conjunción con el aparato que inicia la operación del cierre, paro o apertura en una secuencia automática. [6]

Basado en las características de operación de los relés, los relés de sobrecorriente pueden ser clasificados en dos grupos: tiempo definido y tiempo inverso. [9]

3.3.2.1. Relé de tiempo definido

El ajuste de estos tipos de relé permite ser variado para manejar diferentes niveles de corriente usando diferentes tiempos de operación, estos ajustes pueden ser regulados de tal manera que el interruptor más cercano a la falla se ha disparado en el tiempo más corto y luego los interruptores restantes se han disparado sucesivamente, usando tiempo de retardos grandes, moviéndose hacia la fuente. La diferencia entre los tiempos de disparo para la misma corriente se llama tiempo de discriminación. [9]

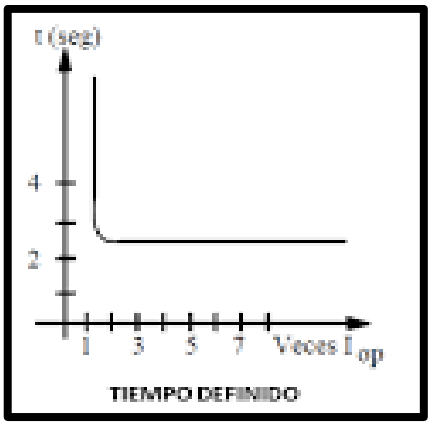


Figura 3. 5. Curva del Relé de Sobrecorriente de Tiempo Definido

Fuente: [8]

3.3.2.2. Relé de tiempo Inverso

En los relés de sobrecorriente temporizados de tipo "tiempo inverso" el tiempo para operación es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente observada. [10]

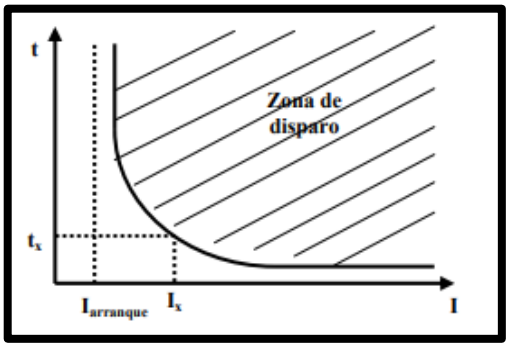


Figura 3. 6. Curva del Relé de Tiempo Inverso

Fuente: [10]

El tiempo de operación del relevador de sobrecorriente temporizado varía con la magnitud de la corriente. [11]

Existen dos ajustes para este tipo de relevadores:

1. Corriente de puesta en marcha (Pickup Current). Que es determinada por el ajuste de las derivaciones (tap's) de la bobina de corriente o ajustes del tap de corriente (CTS). La corriente de puesta en marcha es la corriente que causa que el relevador opere y cierre sus contactos. [11]

2. Dial de tiempo (Time Dial). Se refiere a la posición de restablecimiento del contacto móvil, y varía el tiempo de operación para un ajuste del tap y magnitud de la corriente dados. [11]

Existen varios tipos de curvas de tiempo inverso las cuales, por lo general, se modelan mediante ecuaciones exponenciales, como, por ejemplo:

$$t_{operacion} = \frac{\beta * DIAL}{M^{\alpha} - 1} + L \text{ [segundos]} \qquad 3.1$$

$$M = \frac{I}{I_{arranque}} \qquad 3.2$$

Donde:

B, α y L: son constantes de forma

M o PSM: relación entre corriente observada por el relé y la corriente de arranque

DIAL: factor de escala para un tipo de curva dado. [10]

Algunos ejemplos de valores para B, α y L se muestran en la Tabla 4. 1.

Tabla 3. 1. Constantes de forma para ecuación exponencial según normas IEEE C37.112-2018 y IEC 60255-3.

Curvas Estandarizadas.	α	β	L
IEC Normal Inversa	0.02	0.14	0
IEC Muy Inversa	1	13.5	0
IEC Inversa Extrema	2	80	0
IEC Inversa Larga	1	120	0
ANSI Inversa Normal	2.0938	8.9341	0.17966
ANSI Inversa Corta	1.2969	0.2663	0.03393
ANSI Inversa Larga	1	5.6414	2.1859
ANSI Inversa Moderada	0.02	0.0515	0.114
ANSI Muy Inversa	2	19.61	0.491
ANSI Inversa Extrema	2	28.2	0.1217
ANSI Inversa Definida	1.5625	0.4797	0.21359

Fuente: [10]

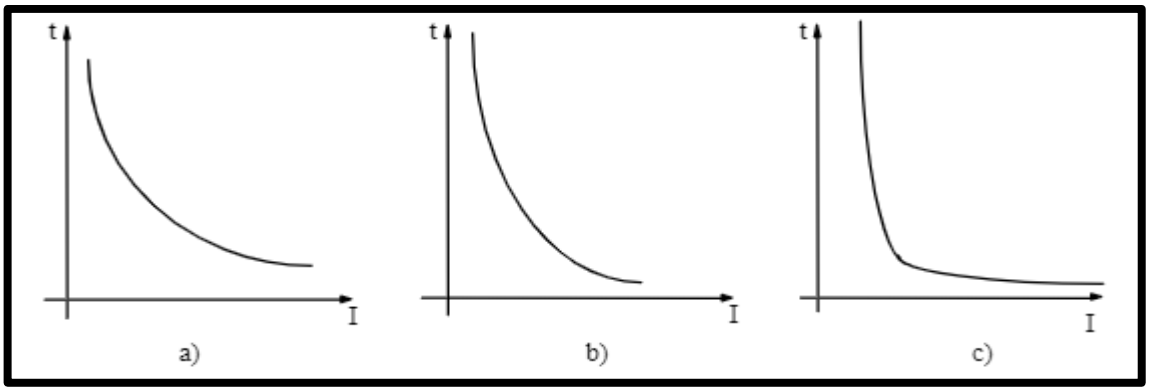


Figura 3. 7. Curvas características tiempo –corriente de relés inversos a) Inverso; b) muy Inverso; c) extremadamente inverso.

Fuente: [12]

3.4. Métodos para el escalonamiento de relevadores de sobrecorriente

3.4.1. Método de escalonamiento de tiempo

El propósito del escalonamiento de tiempo es asegurar que el interruptor más cercano a la falla abra primero mediante la selección del ajuste de tiempo adecuado para cada relevador. Los ajustes de tiempo aumentan a medida que el relevador se acerca a la fuente. [13]

En cada uno de los puntos 2, 3, 4 y 5, es instalada una unidad de protección que contiene un relevador de sobrecorriente de tiempo diferido definido. El tiempo diferido del relevador proporciona los medios para la selectividad. [13]

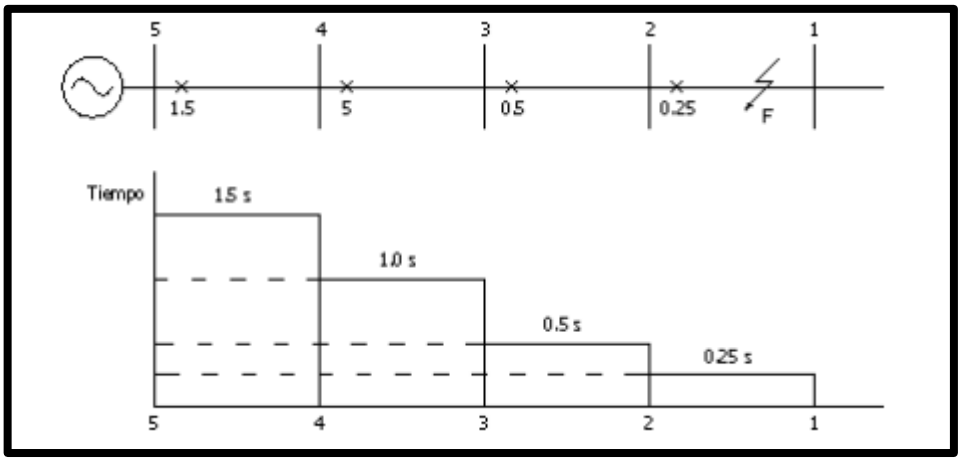


Figura 3. 8. Principio de escalonamiento de tiempo para un sistema radial.

Fuente: [13]

El relevador en el interruptor dos se ajusta al tiempo posible más corto necesario para operar el interruptor (típicamente 0.25 segundos). El ajuste del relevador en 3 es seleccionado aquí como 0.5 segundos, el del relevador 4 es de 1 segundo, y así sucesivamente. En el evento de una falla

en F el relevador en 2 operará y la falla será aislada antes de que los relevadores en 3, 4, y 5 tengan suficiente tiempo para operar. El defecto de este método es que el tiempo de despeje de falla más largo está asociado con las secciones más cercanas a la fuente donde las fallas son más severas. [13]

3.4.2. Método de Escalonamiento de corriente

Los relevadores de discriminación por corriente atienden al hecho de que la corriente de falla varía con la posición de la misma, debido a la diferencia en los valores de impedancia entre la fuente y el punto de la falla. El relevador más cercano a la falla debe abrir el interruptor. Esta discriminación por corriente no es practicable para corrientes entre dos interruptores cuya sección de línea tenga una impedancia insignificante. [13]

El hecho de que las corrientes de falla son más altas a medida que la falla se acerca a la fuente es utilizado en este método. Los relevadores se calibran para operar al ajuste de corriente disponible que disminuye a medida que la distancia desde la fuente es aumentada. [13]

$$I = \frac{V}{Xf.\sqrt{3}} \qquad 3.3$$

Donde:

I: Corriente de Falla

V: Voltaje del sistema

Xf: Reactancia desde la fuente hasta el punto de falla.

3.4.3. Discriminación por tiempo y corriente

Cada uno de los métodos descritos tiene desventajas fundamentales, en el caso de la discriminación por tiempo, la desventaja es que las fallas más grandes son eliminadas en un tiempo de operación mayor. [13]

La discriminación por corriente puede aplicarse únicamente cuando hay una impedancia significativa entre los dos interruptores implicados, esto es debido a las limitaciones impuestas por el uso independiente de la coordinación de tiempo o corriente que involucren las características del relevador de sobrecorriente de tiempo inverso. [13]

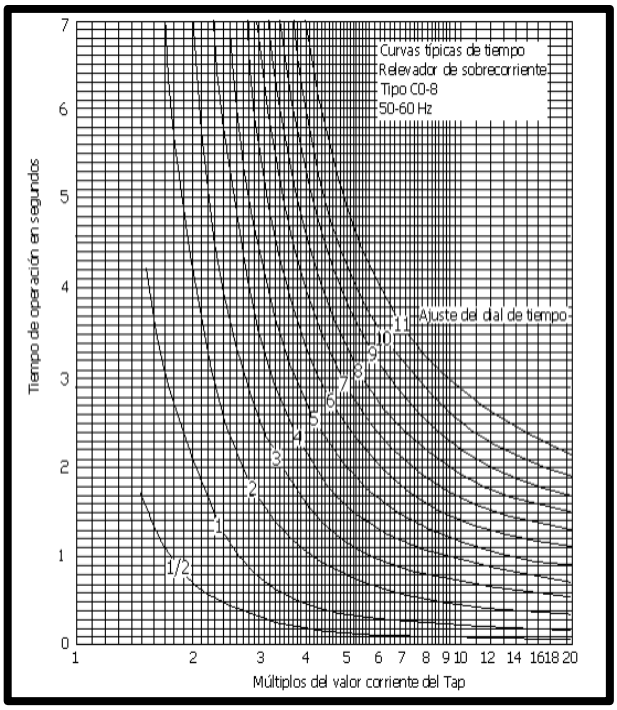


Figura 3. 9. Curvas características tiempo-corriente del relevador tipo CO-8.

Fuente: [13]

3.5. Ajuste de las unidades de sobrecorriente instantáneas

3.5.1. Para líneas de transmisión entre subestaciones

El ajuste de las unidades se lleva a cabo tomando al menos el 125% de la corriente simétrica rms para el nivel de falla máxima en la próxima subestación. El procedimiento debe empezarse desde la subestación más lejana, luego se continúa moviendo la fuente hacia atrás. Cuando las características de los dos relevadores cruzan un nivel de falla particular del sistema, haciendo así difícil obtener la coordinación correcta, es necesario ajustar la unidad instantánea del relevador en la subestación que está más lejana de la fuente a un valor tal que el relevador opere para un nivel de corriente ligeramente más bajo, evitando así pérdida de coordinación. [13]

3.5.2. Para líneas de distribución

El ajuste de los elementos instantáneos de los relevadores sobre líneas de distribución que alimentan transformadores montados en postes MV/LV es tratado de manera diferente al caso anterior, ya que estas líneas están al final del sistema MV. [13]

Ellos por lo tanto no tienen que satisfacer las condiciones de coordinación, que tienen que ser cumplidas por las líneas entre subestaciones y así uno de los siguientes dos valores pueden ser usados para calibrar estas unidades: 1. 50% de la corriente máxima de cortocircuito en el punto de conexión del relevador. 2. Entre 6 y 8 veces la corriente máxima (nominal) del circuito. [13]

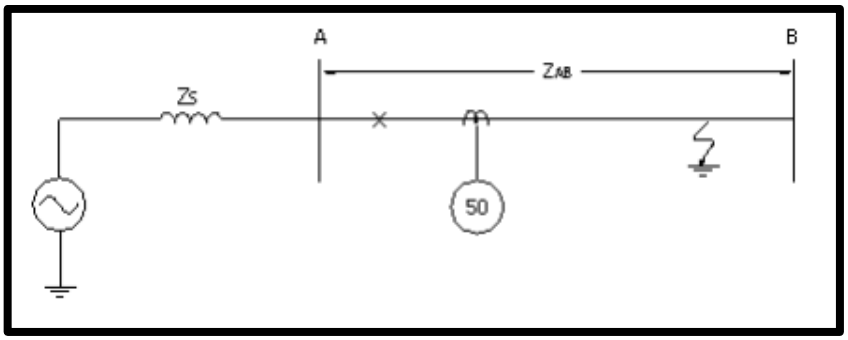


Figura 3. 10. Alcance de las unidades instantáneas.

Fuente: [13]

Se definen los siguientes parámetros:

$$K_s = \frac{I_{puesta\ en\ marcha}}{I_{final}} \quad 3.4$$

$$K_s = \frac{Z_{fuente}}{Z_{elemento}} \quad 3.5$$

De la figura 9 se puede demostrar que:

$$I_{de\ puesta\ de\ marcha} = \frac{V}{Z_S + XZ_{AB}}\ [\text{A}] \quad 3.6$$

Donde:

V: Voltaje en el punto de ubicación del relevador.

Z_S: Impedancia de la fuente.

Z_{AB}: Impedancia del elemento que está siendo protegido.

X: Porcentaje de línea protegida.

$$I_{final} = \frac{V}{Z_S + Z_{AB}}\ [\text{A}] \quad 3.7$$

$$K_i = \frac{Z_S + Z_{AB}}{Z_S + XZ_{AB}} \rightarrow X = \frac{Z_S + Z_{AB} - Z_S K_i}{Z_{AB} K_i} \quad 3.8$$

lo que da:

$$K_S = \frac{Z_S}{Z_{AB}} \rightarrow X = \frac{K_S(1 - K_i) + 1}{K_i} \qquad 3.9$$

3.5.3. Ajuste de parámetro

Los relevadores de tiempo definido y los de tiempo inverso, puden ajustarse seleccionando dos parámetros: el DIAL, el TAP y el TC. [13]

3.5.3.1. Los TAPs

En relés antiguos se utilizan TAPs discretos de corriente que determinan la corriente de arranque.

Tiene la cualidad de poderse utilizar después de operar y de facilitar la coordinación. Fijación: La fuerza ejercida por el disco del relé depende del flujo, y este es directamente proporcional a (In), esto es, si se aumenta el número de vueltas, la corriente necesaria para apenas hacer operar el relé disminuye y viceversa. Para que se produzca el mismo par se necesitan los mismos amperios vuelta (In); esa condición es la que permite variar la corriente mínima de operación, es decir al variar el tap se varía el número de espiras, y por tanto la corriente mínima de operación [14].

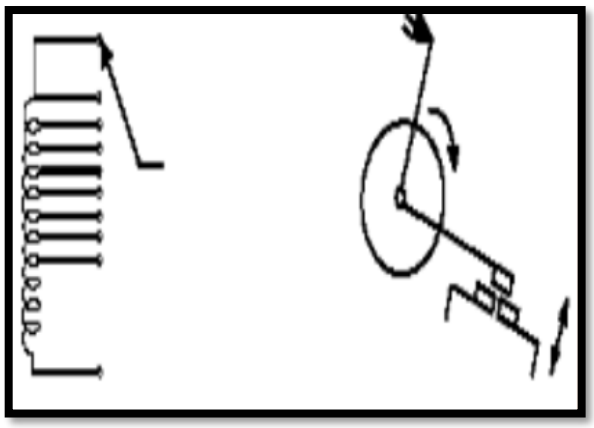


Figura 3. 11 Bobina y disco del relé.

Fuente: [14]

El valor obtenido de la ecuación se ajusta a los valores discretos de tap disponibles el eje horizontal de las curvas de operación de los relés temporizador bien expresado como múltiplos de esta corriente. [15]

Los rangos de ajuste de corriente de arranque de Los reales instantáneos y de tiempo definido son mayores que para los relés de tiempo inverso Esto se debe a que la corriente de arranque en los primeros se ajusta directamente para el valor de cortocircuito mientras que los segundos se ajusta a la corriente de carga normal. [15]

$$TAP = \frac{(1.5\ x\ I_{nominal})}{CTR} \qquad 3.\ 10$$

Donde:

$I\ nominal$: Corriente nominal del circuito.

CTR: Relación de transformación del TC.

1.5: Multiplicador que toma en cuenta la sobrecarga más un factor de seguridad.

3.5.3.2. El Dial

La fijación del relé más cercano a la carga depende directamente de ella, especialmente en cuanto a las corrientes de conexión (arranque, carga fría), pero se debe tratar de selecciona el más bajo posible. Después de fijar el relé más cercano a la carga (1) se debe continuar hacia el generador (2) [14].

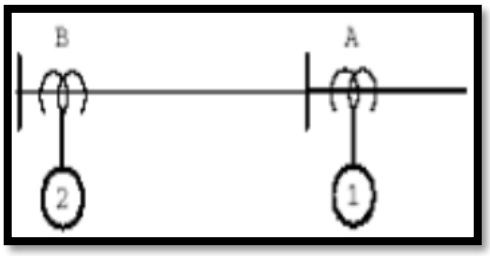


Figura 3. 12 Protección de líneas en cascada.

Fuente: [14]

Aplica para relés temporizados para un tipo de curva ha dado permite obtener diferentes tiempos de operación en los relés de tiempo definido el dial equivale directamente al ajuste de tiempo de operación en segundos. [15]

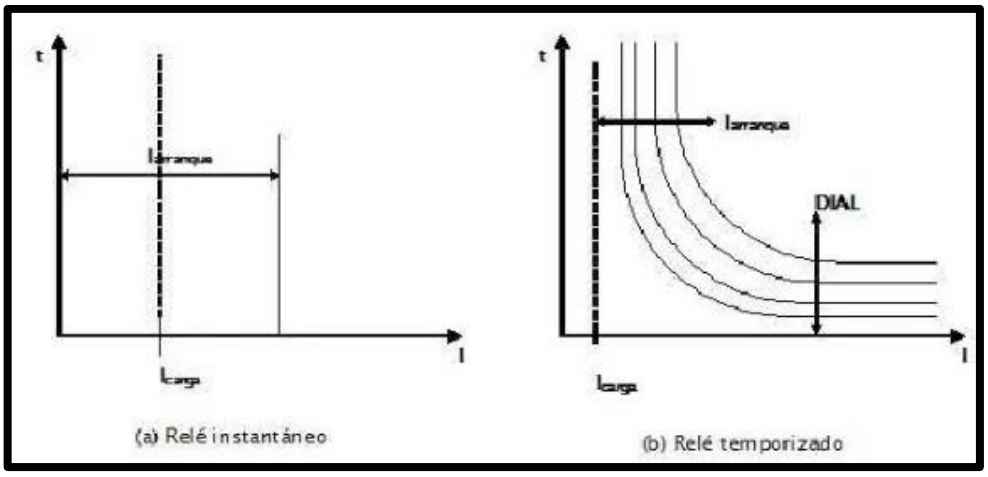


Figura 3. 13. Ajuste de parámetros de relés.

Fuente: [15]

Una vez se determina el tipo de relé (instantáneo, temporizado) y su corriente nominal, quedan por ajustar I arranque y Dial. [13]

En la siguiente figura se encuentra las curvas de tipo inverso correspondiente a la norma ANSI/IEEE C37.112-2018

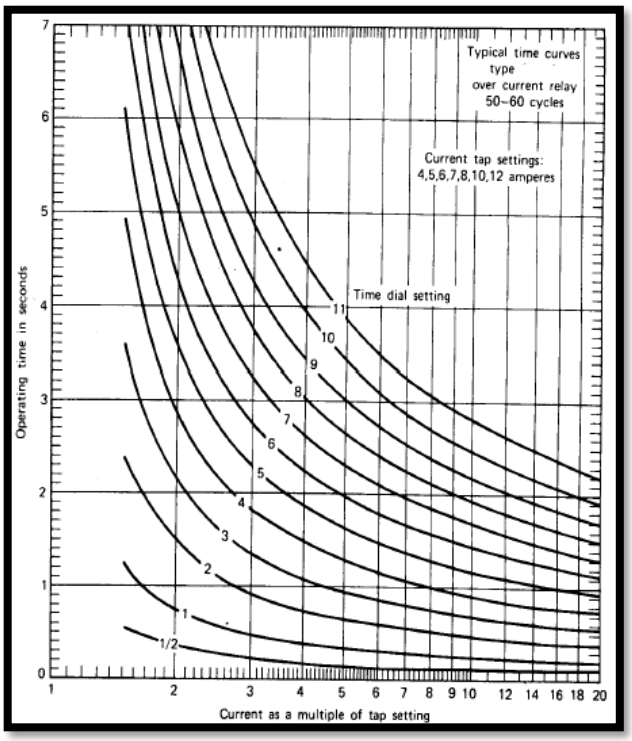


Figura 3. 14 Curvas típicas de la norma IEE

Fuente: [16]

En la siguiente figura se encuentra las curvas de tipo inverso correspondiente a la norma IEC60255 y las británicas (BS142).

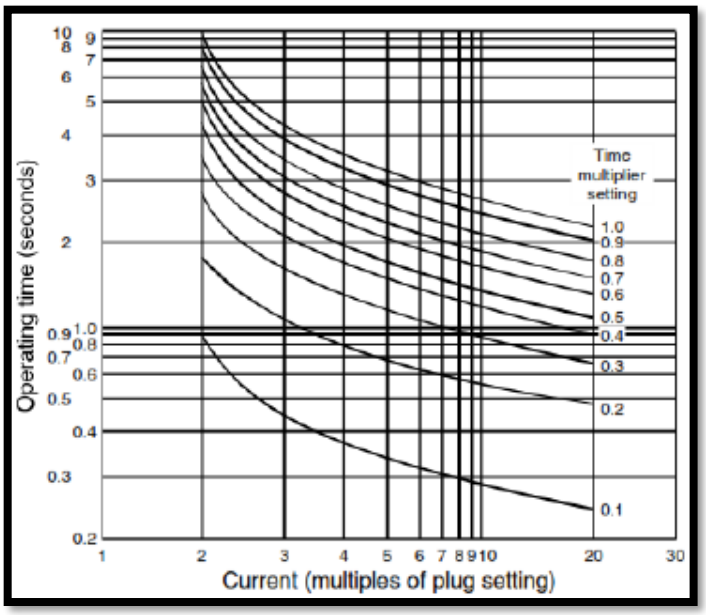


Figura 3. 15 Curvas típicas de las normas IEC y BS.

Fuente: [16]

3.5.3.3. Transformadores de corriente (TC).

El devanado primario del TC se conecta en serie con el circuito de potencia de alta tensión, puesto que la impedancia del devanado es despreciable con respecto a la del sistema de potencia donde está instalado y aun teniendo en cuenta la carga que se conecta al secundario [17].

Los TC pueden llegar a saturarse por las altas corrientes causadas por las fallas cercanas; para evitar esto, debe ponerse cuidado para asegurar que bajo condiciones de falla críticas los TC operen en la porción lineal de la curva de magnetización en todos estos casos el TC debe ser capaz de suministrar suficiente corriente para que el relevador opere satisfactoriamente [17].

Tabla 3. 2 Relaciones típicas de los TC´s. según la Norma IEEE C57.13-2016

CORRIENTES TIPICAS		
RELACION SIMPLE		
5:5	150:5	1200:5
10:5	200:5	1500:5
15:5	250:5	2000:5
20:5	300:5	2500:5

25:5	400:5	3000:5
30:5	500:5	4000:5
40:5	600:5	5000:5
50:5	750:5	6000:5
60:5	800:5	8000:5
75:5	1000:5	10000:5
100:5	1100:5	12000:5

Fuente: [18]

Características principales de los TC.

a) En un margen muy amplio de variación de la carga secundaria (Burden), la corriente secundaria no sufre cambios apreciables.
b) El circuito secundario de un TC no debe ser abierto si el primario se halla energizado, puesto que los voltajes desarrollados serían limitados únicamente por la impedancia de la rama de magnetización y pueden ser demasiado altos [17].

3.5.4. Criterio de Coordinación

El criterio y procedimiento para calcular los valores de ajustes del relevador de sobrecorriente para obtener la protección y coordinación adecuada para el sistema que se verá enseguida es aplicable principalmente a los relevadores de tiempo inverso, aunque la misma metodología es válida para relevadores de tiempo definido: [13]

1. Seleccionar el valor del TAP para todos los relevadores de la ecuación 8 como el apropiado. [13]

2. Determinar el tiempo de operación requerido, del relevador más alejado de la fuente usando el ajuste más bajo del DIAL y considerando el nivel de falla para el cual las unidades instantáneas de este relevador se pongan en marcha. Este ajuste de DIAL puede ser más alto si la carga que fluye es alta cuando el circuito es re energizado después de una pérdida de suministro (la puesta en marcha de carga fría), o si es necesario coordinar con dispositivos instalados aguas abajo, por ejemplo, fusibles o restauradores. [13]

3. Determinar el tiempo de operación de un relevador asociado con el interruptor en la próxima subestación hacia la fuente, donde es el tiempo de operación del relevador de respaldo asociado con el interruptor 2 y es el margen de discriminación. El nivel de falla usado para este cálculo es el mismo usado para determinar el tiempo del relevador asociado con el interruptor anterior. [13]

4. Conociendo, y habiendo calculado el valor del TAP para el relevador 2, repetir la instrucción del numeral 2 para obtener el ajuste del dial para el relevador 2. [13]

5. Determinar el tiempo de operación del relevador 2, pero ahora utilizando el nivel de falla justo antes de la operación de su unidad instantánea. [13]

6. Continuar con la secuencia, comenzando por el numeral 3. Este procedimiento es apropiado si puede asumirse que los relevadores tienen las curvas características graduadas en segundos. Para aquellos relevadores donde el ajuste de tiempo es dado como un porcentaje de la curva de operación para 1 s, el ajuste del DIAL puede determinarse comenzando desde el multiplicador más rápido aplicado a la curva para el DIAL 1. [13]

El procedimiento indicado para unidades de fase y de tierra puede fácilmente usarse cuando las características de operación de los relevadores son definidas por fórmulas matemáticas en lugar de curvas sobre papel log-log. Las normas IEC 255 y BS 142 definen matemáticamente el tiempo de operación con la siguiente expresión: [13]

$$t = \frac{k\ x\ \beta}{\left(\frac{I}{I_S}\right)^{\alpha} - 1} \qquad 3.\ 11$$

Donde:

t: Tiempo de operación del relevador [s].

k: DIAL, o ajuste del multiplicador de tiempo.

I: Nivel de corriente de falla en A secundario.

I s: TAP o corriente de puesta en marcha seleccionada [13]

3.6. Corriente de falla en los transformadores de Potencia

Par la aplicación de dispositivos de sobrecorriente en transformadores nos podemos valer de la tabla del número de veces la corriente nominal de los transformadores de potencia y el tiempo que pueden permanecer en esta según lo establecido por la Norma ANSI/IEEE C57.109-1985 [19].

Tabla 3. 3 Capacidad de carga térmica de tiempo corto del transformador.

TIEMPO	Nº VECES INOM
2 s	25
10 s	11,3
30 s	6,3
60 s	4,75
5 min	3
30 min	2

Fuente: [20]

3.6.1. Curva de coordinación de transformadores.

Según la norma esta se divide en 4 categorías para cada especificación de los transformadores cuando se trata en coordinación para la protección de sobrecorriente; para la categoría I y IV se aplica una curva, la cual muestra los daños térmicos y mecánicos. Para la categoría II y III se aplica doble curva, una de las cual demuestra ambas consideraciones de daño térmico. Y mecánico, mientras que la otra representa principalmente consideraciones de daños térmicos. Para demostración en la curva donde aparece una parte sólida y otra punteada, la parte solida representa la duración total de la falla más allá de lo cual puede ocurrir dalos térmicos en el aislamiento adyacente a los conductores que transmiten corriente, mientras que la parte punteada representa la duración total de la falla más allá de la cual puede ocurrir daños mecánicos acumulativo. En esta curva se representa el incremento acumulativo de los efectos mecánicos para transformadores [20].

Tabla 3. 4 Categoría de capacidad de los transformadores.

Categoría	Monofásico (kVA)	Trifásico (kVA)
I (Figura 3.16)	5 a 500	15 a 500
II (Figura 3.17)	501 a 1667	501 a 5000
III (Figura 3.18)	1668 a 10000	5001 a 30000
IV (Figura 3.19)	Mayor a 10000	Mayores a 30000
Nota: Todas las capacidades en kVA listadas son los kVA mínimos de placa los devanados principales		

Fuente: [20]

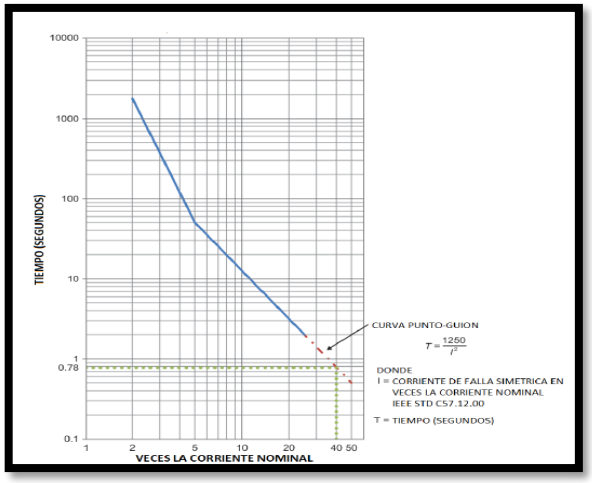


Figura 3. 16 Transformadores categoría I: 5 kVA a 500 kVA monofásicos y 15 kVA a 500 kVA trifásicos.

Fuente: [21]

Nota 1: Los valores de corriente menores o iguales a 5 veces la corriente nominal no sigue la función $T= 1250/I^2$, sino la duración proviene de la tabla 1.

Nota 2. La curva representa la proteccion para fallas que ocurre frecuentemenete o no.

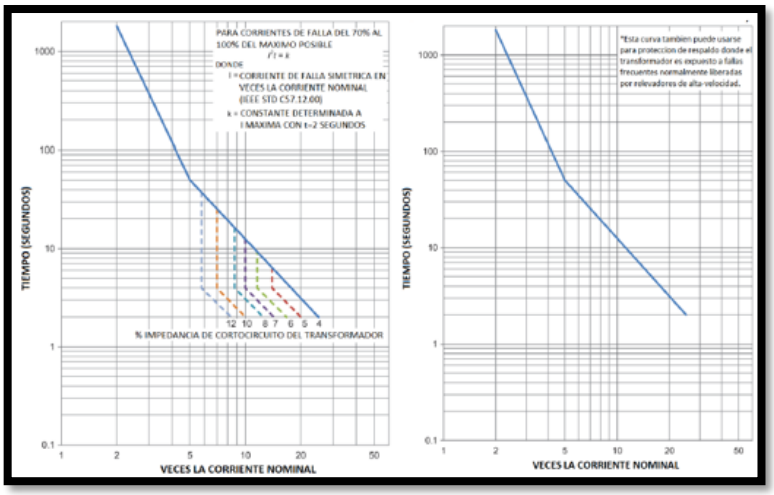


Figura 3. 17 Transformadores categoría II: 501 kVA a 1667 kVA monofásicos y 501 kVA a 5000 kVA trifásicos.

Fuente: [21]

Nota 1: Las curvas $I^2t = k$ de muestra se han trazado para la impedancia de cortocircuito del transformador seleccionado.

Nota 2: Valores menores a la corriente de 5 veces la corriente nominal pueden resultar de sobrecargas en lugar de fallas. Se debe consultar una guía de carga adecuada para conocer la duración de tiempo permitidas específicas.

Nota 3. La curva de proteccion para fallas que ocurre frecuentemenete se encuentra al lado izquiierdo mientras que al lado derecho se encuentra la curva de proteccion para fallas que no ocurre frecuentemenete.

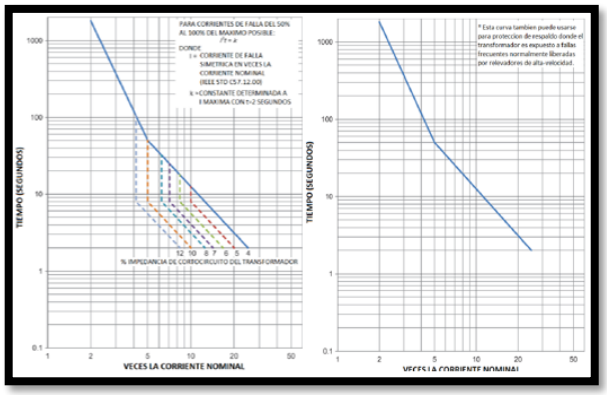


Figura 3. 18 Transformadores categoría III: 501 kVA a 1667 kVA monofásicos y 501 kVA a 5000 kVA trifásicos

Fuente: [21]

Nota 1: Las curvas I^2t = k de muestra se han trazado para la impedancia de cortocircuito del transformador seleccionado.

Nota 2: Valores menores a la corriente de 5 veces la corriente nominal pueden resultar de sobrecargas en lugar de fallas. Se debe consultar una guía de carga adecuada para conocer la duración de tiempo permitidas específicas.

Nota 3. La curva de proteccion para fallas que ocurre frecuentemenete se encuentra al lado izquiierdo mientras que al lado derecho se encuentra la curva de proteccion para fallas que no ocurre frecuentemenete.

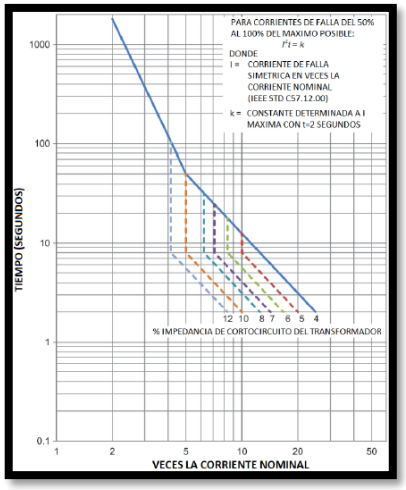


Figura 3. 19 Transformadores categoría IV: Mayores a 10000 kVA monofásicos y mayores a 30000 kVA trifásicos.

Fuente: [21]

Nota 1: Las curvas I^2t = k de muestra se han trazado para la impedancia de cortocircuito del transformador seleccionado.

Nota 2: Valores menores a la corriente de 5 veces la corriente nominal pueden resultar de sobrecargas en lugar de fallas. Se debe consultar una guía de carga adecuada para conocer la duración de tiempo permitidas específicas.

Nota 3. La curva representa la proteccion para fallas que ocurre frecuentemenete o no.

3.6.2. Determinación de puntos coordenados tiempo-corriente.

3.6.2.1. Punto 1

- Categoria I.

Fórmula para el Tiempo en la Categoría I.

$$T = 1250(\mathrm{Zt})^2 \qquad 3.\ 12$$

- Categoria II, III, IV.

Tiempo para las Categorias II, III, IV.

$$T = 2$$

Fórmula para la Corriente en la Categoría I, II, III, IV

$$I = \frac{In}{Zt} \qquad 3.\ 13$$

T: Tiempo en segundos

I: corriente en amperes

Zt: impedancia del transformador referida a su capacidad OA, expresada en p.u.

In: corriente nominal del transformador en su capacidad OA, expresada en amperes

3.6.2.2. Punto 2

- Categoria II

Tiempo para la Categoría II.

$$T = 4.08$$

Fórmula para la Corriente en la Categoría II.

$$I = \frac{In}{Zt} * 0.7 \qquad 3.\ 14$$

- Categoria III, IV

Tiempo para las Categorias III, IV.

$$T = 8.0$$

Fórmula para la Corriente en la Categoría III, IV

$$I = \frac{In}{Zt + Zs} * 0.5 \qquad 3.\ 15$$

Zs: impedancia equivalente del sistema hasta el punto de conexión de este con el transformador, referida a la capacidad OA del transformador y expresada en p.u.

3.6.2.3. Punto 3

- Categoria II

Fórmula para el Tiempo en la Categoría II.

$$T = 2551 * (\mathrm{Zt})^2 \qquad 3.\ 16$$

Fórmula para la Corriente en la Categoría II.

$$I = \frac{In}{Zt} * 0.7$$

- Categoria III, IV

Formula para el tiempo para las Categorias III, IV.

$$T = 5000 * (\mathrm{Zt} + \mathrm{Z}s)^2 \qquad 3.17$$

Fórmula para la Corriente en la Categoría III, IV

$$I = \frac{In}{Zt + Zs} * 0.5$$

3.6.2.4. Punto 4

- Categoria I, II, III ,IV

Tiempo para las categorías I, II, III ,IV

$$T = 50$$

Fórmula para la corriente en las categorías I, II, III ,IV

$$I = In * 5 \qquad 3.18$$

3.7. Métodos existentes para crear una aplicación con funciones gráficas.

3.7.1. Interfaces Graficas en Matlab

Es un sistema algebraico computacional que nos permite resolver cualquier tipo de operaciones matemáticas a través de diferentes herramientas que este contiene además de ser un sistema que se puede instalar en diferentes tipos de plataformas computacionales como por ejemplo es sistema Windows, Linux o Mac [22].

Matlab abreviado de MATrix LABoratory es un software matemático que es utilizado netamente en universidades y centros de investigación y desarrollo.

El software dispone de su propio lenguaje de programación (Lenguaje M), este se lo puede utilizar en diversas funciones que te ofrece el programa como es la operación de matrices, la programación de algoritmos, la creación de interfaces de usuarios (GUI) y la comunicación entre programas de distintos lenguajes de programación.

Además, posee de aplicaciones como Simulink una plataforma de simulación, GUIDE y App Designer editores de interfaces de usuario. [23].

Figura 3. 20 Logotipo de Matlab

Fuente: [22].

3.7.1.1. App Designer

Es un entorno gráfico de desarrollo de interfaces introducido en R2016a que incluye una versión totalmente integrada del editor de MATLAB. En este caso, las vistas de diseño y código están estrechamente vinculadas, de modo que los cambios que se realizan en una afectan inmediatamente a la otra.

Esta nueva herramienta busca continuar con la tendencia de reducir el tiempo necesario para desarrollar interfaces, así como de facilitar el diseño de las mismas. En este sentido, cabe destacar que en este entorno de trabajo se optimiza la forma de programar con respecto a la utilizada en GUIDE. [23]

Como se ha comentado anteriormente, App Designer no dispone de todas las funciones gráficas de MATLAB, ni de menús y barras de herramientas, pero como contrapartida posee un conjunto más amplio de controles interactivos, incluye medidores, lámparas e interruptores que permiten crear una interfaz más atractiva visualmente para el usuario. [23]

- Acceso

Para abrir App Designer existen dos métodos:

1. Escribir en el Command Windows de MATLAB >> appdesigner.
2. En la pestaña HOME de MATLAB, seleccionar New → App → App Designer

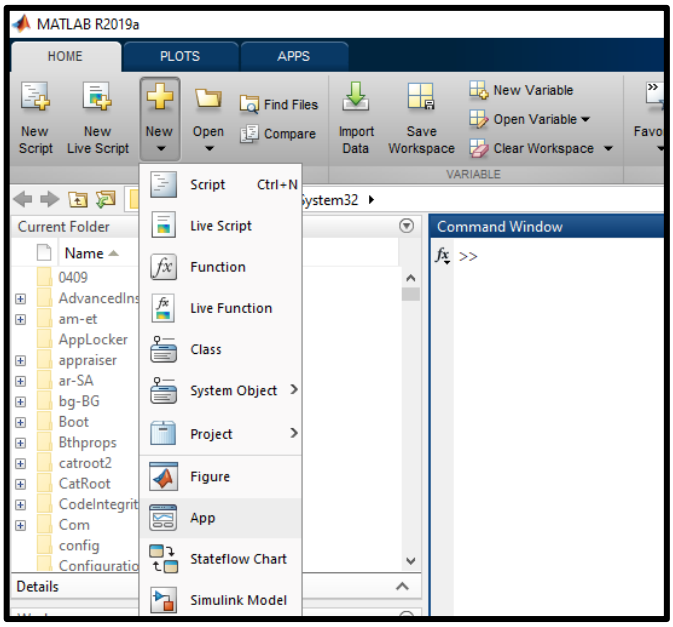


Figura 3. 21 Acceso a APP Designer

Fuente: [22].

3.8. Programa LSPS

El programa LSPS ayuda a la coordinación de las protecciones de sobrecorriente que corresponde a la herramienta informática desarrollada por la empresa LSElectric, antes llamada LS Industrial Systems (LSIS), una multinacional coreana especialista en el sector eléctrico, que desarrollo un Software diseñado para las coordinaciones de protecciones de sobrecorriente en medio y bajo voltaje con los estándares normalizados de la IEEE e IEC y características de los elementos eléctricos que comercializa. [24]

Figura 3. 22 Logotipo de la empresa LSElectic

Fuente: [25]

Figura 3. 23 Logotipo del programa LSPS.

Fuente: [25]

4. METODOLOGIA

4.1. Metodología de la investigación

4.1.1. Investigación Descriptiva

Este método se lo realiza para dar a conocer la situación actual de cómo influye la tecnología como herramienta de ingeniería para los ingenieros eléctricos.

4.1.2. Investigación Experimental

Se lo realiza para dictaminar el cumplimiento de la hipótesis mediante varios casos a ejecutar para calibración del relevador de sobrecorriente50/51.

4.1.3. Investigación Teórica Conceptual.

Es la investigación o consultas que se realiza a diferentes sitios bibliográfico como lo son: libros, revista, Tesis de grado, documentos y sitios para lograr obtener más información sobre el tema que nos permita realizar un análisis más amplio.

4.1.4 Investigación Explicativa

Se lo realiza con el fin de redactar los resultados obtenidos siendo estos independientes de si se cumple o no la hipótesis.

4.1.5. Investigación aplicada

Esta investigación se la conoce también como Investigación práctica o empírica dado que busca utilizar los conocimientos que se han adquirido a través de los años y son aplicados para el criterio de verificación y nuevas propuestas en el marco teórico además de dictaminar con criterio si los resultados obtenidos en la aplicación son coherentes.

4.2. Métodos de investigación

4.2.1. Método Sintético

El análisis y debate de la recopilación de resultados por la aplicación de calibración del relevador 50/51 sin tener fallas en sus cálculos, se podrá proponer para ámbitos educativos y profesionales.

4.2.2. Método Analítico

El análisis de toda la información recopilada de fuentes bibliográficas documentos libros se lo emplea para el desarrollo técnico y bibliográfico para el marco teórico y argumentos.

4.3. Identificación y operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE: *Resultados*

Definición Conceptual*:* Resultado, en el ámbito de las matemáticas, es aquello que arroja una operación. El resultado de sumar 2 + 2 es 4; el resultado de restar 9 – 1, es 8. La multiplicación y la división también producen resultados. Es importante señalar que las matemáticas no siempre ofrecen un resultado exacto e incuestionable a cualquier expresión, ya que los estudiosos continúan explorando los confines de esta ciencia y cuestionando las bases sobre las que se ha apoyado hasta el momento [26].

Definición Operacional: La variable será analizada mediante la comparación de ejercicios propuestos por los autores de este proyecto variando los datos de entrada.

VARIABLE INDEPENDIENTE: *Aplicación Informática*

Definición Conceptual*:* Desde la perspectiva de la informática, un programa de aplicación consiste en una clase de software que se diseña con el fin de que para el usuario sea más sencilla la concreción de un determinado trabajo. Esta particularidad lo distingue del resto de los programas, entre los cuales se pueden citar a los sistemas operativos [27].

Definición Operacional: La variable será analizada mediante varias pruebas que tomen en cuenta el tiempo de respuesta y precisión del cálculo.

4.2. Procedimientos para cumplir los objetivos específicos

Tabla 4. 1. Procedimientos para el cumplimiento de los objetivos.

Objetivos	Métodos	Lugar y Tiempo	Instrumentos
Recopilar información bibliográfica sobre el relevador de sobrecorriente 50-51.	Método Analítico	LATACUNGA 2 SEMANAS	- INTERNET
Establecer un algoritmo computacional para el desarrollo de la aplicación que tendrá la función de calibrar y coordinar el relevador 50/51.	Método Sintético	LATACUNGA 6 SEMANAS	-SOFTWARE MATLAB -INTERNET
Desarrollar casos prácticos que permitan validar el funcionamiento adecuado de la herramienta	Método Analítico o método empírico-analítico	LATACUNGA 2 SEMANAS	-APLICACIÓN INFORMATICA

Fuente: Autores.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El programa permite la visualización de las curvas de operación de los relevadores asociados en un sistema, de tal manera que estos puedan ser modificados al momento de variar el dial y las diferentes curvas de tiempo Inverso según las normas ANSI/IEEE e IEC para lograr encontrar los tiempos de operación, asi como el diferencial de tiempo que existen entre cada curva con respecto a la otra

5.1. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo permite visualizar de manera sistemática y ordenada las secuencias que realizara la aplicación informática para la calibración y coordinación del relé de sobrecorriente 50/51.

Al inicio encontramos una ventana que nos permite ingresar en orden los datos de los relevadores, para posterior mente elegir el tipo de curva normalizada (ANSI/IEEE e IEC) para cada relevador.

Posteriormente a la selección de la curva se procede a elegir los Pasos con las que el Dial se irá incrementando según este sea aumentado.

En el siguiente proceso se realizará la coordinación de los relés con sus respectivos tiempos de operación para luego ser comparados con el margen del tiempo de discriminación establecido previamente, si este tiempo no es el establecido se regresará al proceso de elección de los Pasos y Dial para cumplir nuevamente el proceso hasta que el diferencial de tiempo sea igual o mayor al tiempo de margen de discriminación.

En el siguiente proceso si el margen de discriminación se cumple guardara los datos de los relevadores para enviarlos a la tabla de resultados para ser observados.

Para el siguiente paso se dictaminará si la calibración fue completada para proceder a ser graficadas las curvas coordinadas con los tiempos obtenidos, si no se cumple la calibración completa este deberá redirigirse a reiniciar todo el proceso.

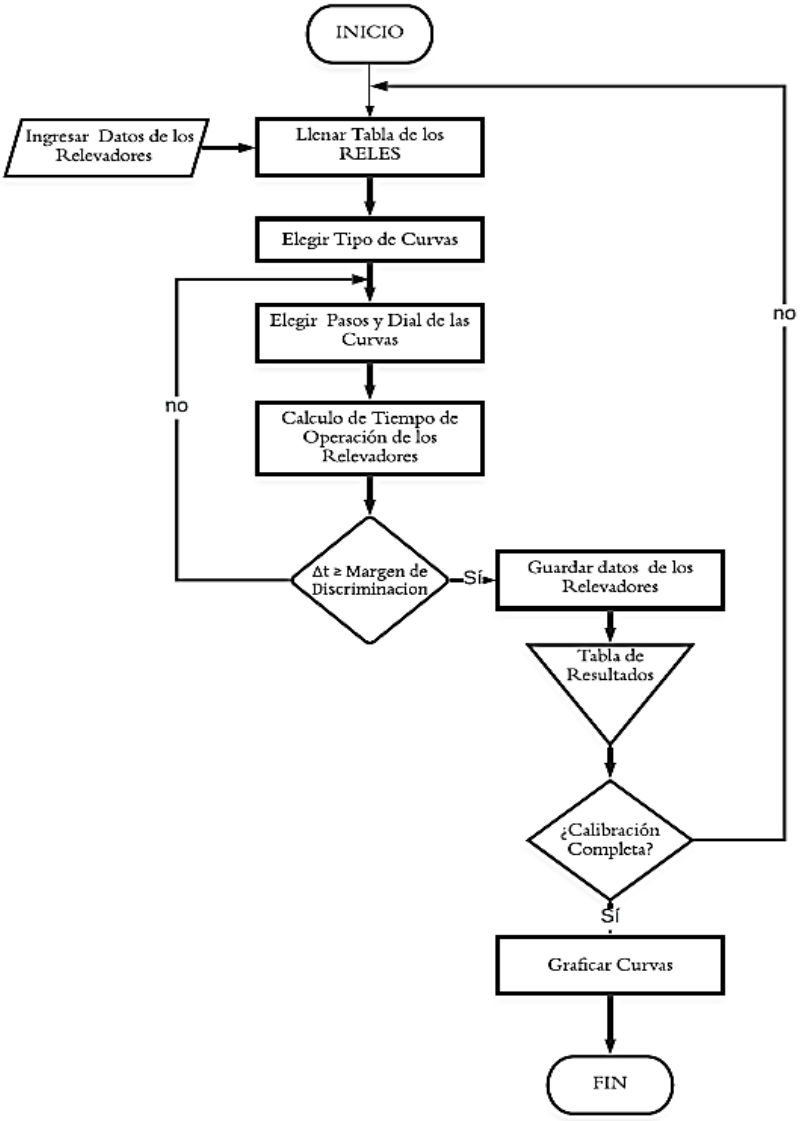


Figura 5. 1 Flujograma de la aplicación informática.

Fuente: Autores.

Para empezar la calibración con el programa se debe tener calculado con anterioridad las corrientes nominales de los cargas que los relevadores las estén protegiendo y las corrientes de cortocircuito de las barras que se encuentran midiendo los relevadores, escoger la clase del TC y su relación para la respectiva medición en las líneas, ingresamos las corrientes del Tap 1 y Tap 2, además el programa pide la corriente del instantáneo 1 (I Inst 1) y la corriente del instantáneo 2 (I Inst 2); el tiempo de operación varía dependiendo del tipo de curva que se eligió previamente y su dial, se grafica la curva en función de sus corrientes y Tiempos se calculara el tiempo de operación del instantáneo de los relevadores 1 (t1) a continuación se realizará el cálculo del tiempo (t 2) el cual es calculado con relación directa al instantáneo del relevador que se encuentra aguas abajo. Las restas entre los tiempos (t2 y t1) será el Delta T o el margen

de actuación entre relevadores, se debe comprobar si el Delta T es mayor al tiempo de margen que se considere en el caso de realizar. Si no cumple se debe sumar un paso adicional al dial del relevador superior, se volverá a calcular el tiempo (t2) para que cumpla la condición del tiempo de margen, sí cumplió este requisito significa que las curvas se encuentran calibradas.

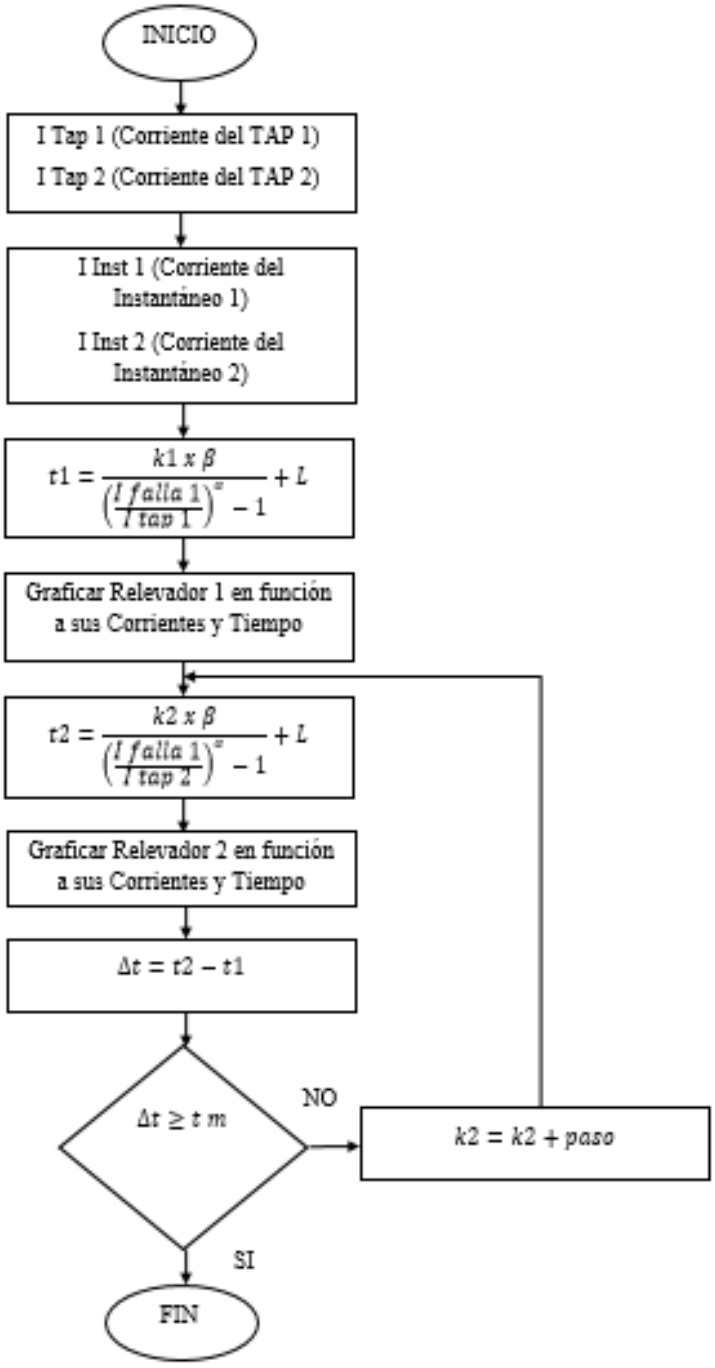


Figura 5. 2 Flujo de procesos de la aplicación informática.

Fuente: Autores.

5.2. Análisis de Resultados entre LSPS y CPSElectric.

En el presente análisis de resultados se da a conocer el porcentaje de variación de los resultados que existe entre el ejercicio propuesto citado en el Anexo I con respecto al programa gratuito LSPS y CPSElectric ya que por este medio daremos una opinión de la eficiencia del programa CPSElectric que fue propuesto y desarrollado en la presente propuesta tecnológica, el ejercicio fue desarrollado manualmente es el cual tendrá un porcentaje del 100% en veracidad ya que fue basado conforme a las normas estandarizadas por la IEEE C37.112-2018 y la IEC 60255-3.

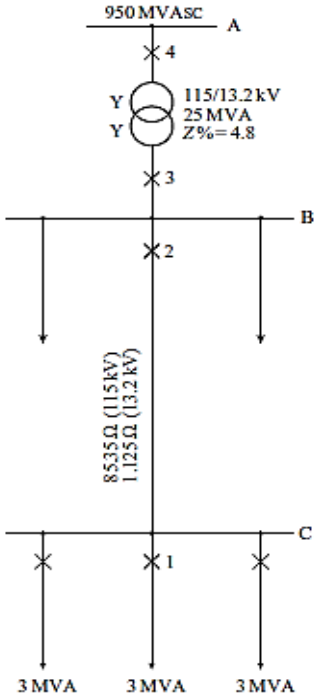


Figura 5. 3. Diagrama Unifilar Practica 1.

Fuente: Autores.

Tabla 5. 1 Resultados del cálculo manual del ejercicio del Anexo I.

RELÉ	**TAP 51**	**I_{sc} Sec. *(A)* (50)**	**DIAL**	**CTR**	**VOLTAJE (kV)**	**$I_{3\Phi}$ (A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEMPO OP. (50) (s)**	**DELTA TIEMPO (s)**
1	4	39	0.05	300/5	13.2	4639.8	IEC Normal Inversa	0.1502	0.6488
2	4	37	0.15	800/5	13.2	14714.8	IEC Normal Inversa	0.4615	0.6796
3	8	-	0.20	1100/5	13.2	14714.8	IEC Normal Inversa	0.645	0.41
4	4	36	0.30	300/5	115	4769.4	IEC Normal Inversa	0.935	-----

Tabla 5. 2 Resultados obtenidos del Programa LSPS.

RELÉ	DIAL (TL)	I_{pk} *(A)* (51)	I_{pkINS} Prim. *(A)* (50)	TIPO DE CURVA	TIEMPO OP. (50) (s)	DELTA TIEMPO (s)
1	0.05	240	2340	IEC Normal Inversa	0.1498	0.645
2	0.15	640	5920	IEC Normal Inversa	0.4588	0.6645
3	0.20	1760	-	IEC Normal Inversa	0.6484	0.4084
4	0.30	240	2160	IEC Normal Inversa	0.9353	-----

Tabla 5. 3 Resultados obtenidos del Programa CPSElectric.

RELÉ	TAP 51	I_{sc} Sec. *(A)* (50)	DIAL	CTR	VOLTAJE (kV)	$I_{3\Phi}$ (A)	TIPO DE CURVA	TIEMPO OP. (50) (s)	DELTA TIEMPO (s)
1	4	39	0.05	300/5	13.2	4639.8	IEC Normal Inversa	0.1502	0.6492
2	4	37	0.15	800/5	13.2	14714.8	IEC Normal Inversa	0.4615	0.6786
3	8	-	0.20	1100/5	13.2	14714.8	IEC Normal Inversa	0.6448	0.4096
4	4	36	0.30	300/5	115	4769.4	IEC Normal Inversa	0.9349	-----

5.2.1. Programa LSPS.

5.2.1.1. Relevador 1

Tabla 5. 4 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 1 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 1				
ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO CALCULADO (s)	TIEMPO LSPS (s)	ERROR LPS-C. MANUAL
1	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.1502	0.1498	0.2663%
	TIEMPO DELTA	0.6488	0.645	0.5856%

El relevador 1 está conectado a un nivel de voltaje 13.2 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 300/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.05, mediante su coordinación en el programa LSPS su tiempo de operación es de 0.1498s comparando con el cálculo manual que es de 0.1502s, su error en porcentaje es de 0.2663%, mientras que su diferencial de tiempo (Tiempo Delta) es el tiempo de operación de la corriente del instantáneo 1 con la curva del relevador 2 por lo tanto su error es de 0.5856%.

5.2.1.2. Relevador 2

Tabla 5. 5 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 2 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 2				
ITEM	**DESCRIPCION**	**TIEMPO CALCULADO (s)**	**TIEMPO LSPS (s)**	**ERROR LPS-C. MANUAL**
2	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.4615	0.4588	0.585%
	TIEMPO DELTA	0.6796	0.6645	2.22%

El relevador 2 está conectado a un nivel de voltaje 13.2 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 800/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.15, mediante su coordinación en el programa LSPS su tiempo de operación es de 0.4588s comparando con el cálculo manual que es de 0.4615s, su error en porcentaje es de 0.585%, mientras que su diferencial de tiempo (Tiempo Delta) es el tiempo de operación de la corriente del instantáneo 2 con la curva del relevador 3 por lo tanto su error es de 2.22%.

5.2.1.3. Relevador 3

Tabla 5. 6 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 3 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 3				
ITEM	**DESCRIPCION**	**TIEMPO CALCULADO (s)**	**TIEMPO LSPS (s)**	**ERROR LPS-C. MANUAL**
3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.645	0.6484	0.52%

	TIEMPO DELTA	0.41	0.4084	0.3902%

El relevador 3 está conectado a un nivel de voltaje 13.2 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 1100/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.20, mediante su coordinación en el programa LSPS su tiempo de operación es de 0.6484s comparando con el cálculo manual que es de 0.645s, su error en porcentaje es de 0.52%, mientras que su diferencial de tiempo (Tiempo Delta) es el tiempo de operación de la corriente de falla de la barra a la cual está protegiendo el relevador 3 con respecto a la curva del relevador 4 por lo tanto su error es de 0.3902%.

5.2.1.4. Relevador 4

Tabla 5. 7 Porcentaje de error del programa LSPS del relevador 4 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 4				
ITEM	**DESCRIPCION**	**TIEMPO CALCULADO (s)**	**TIEMPO LSPS (s)**	**ERROR LPS-C. MANUAL**
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.935	0.9353	0.0320%
	TIEMPO DELTA	----------	---------	----------%

El relevador 4 está conectado a un nivel de voltaje 115 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 300/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.30, mediante su coordinación en el programa LSPS su tiempo de operación es de 0.9353s comparando con el cálculo manual que es de 0.935s, su error en porcentaje es de 0.0320%.

Tabla 5. 8 Tabla final de resultados de los porcentajes de error LSPS- Calculo Manual.

RELEVADOR	**DESCRIPCION**	**ERROR LSPS- C. MANUAL**
1	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.2663%
	TIEMPO DELTA	0.5856%
2	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.585%
	TIEMPO DELTA	2.22%
3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.52%

	TIEMPO DELTA	0.3902%
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0320%
	TIEMPO DELTA	----------%

5.2.2. Programa CPSElectric.

5.2.2.1. Relevador 1

Tabla 5. 9 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 1 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 1				
ITEM	**DESCRIPCION**	**TIEMPO CALCULADO (s)**	**TIEMPO CPS (s)**	**ERROR CPS-C. MANUAL**
1	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.1502	0.1502	0%
	TIEMPO DELTA	0.6488	0.6492	0.0616%

El relevador 1 está conectado a un nivel de voltaje 13.2 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 300/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.05, mediante su coordinación en el programa CPS su tiempo de operación es de 0.1502s comparando con el cálculo manual que es de 0.1502s, su error en porcentaje es de 0%, mientras que su diferencial de tiempo (Tiempo Delta) es el tiempo de operación de la corriente del instantáneo 1 con la curva del relevador 2 por lo tanto su error es de 0.0616%.

5.2.2.2. Relevador 2

Tabla 5. 10 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 2 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 2				
ITEM	**DESCRIPCION**	**TIEMPO CALCULADO (s)**	**TIEMPO CPS (s)**	**ERROR CPS-C. MANUAL**
2	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.4615	0.4615	0%

	TIEMPO DELTA	0.6796	0.6786	0.1471%

El relevador 2 está conectado a un nivel de voltaje 13.2 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 800/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.15, mediante su coordinación en el programa CPS su tiempo de operación es de 0.4615s comparando con el cálculo manual que es de 0.4615s, su error en porcentaje es de 0%, mientras que su diferencial de tiempo (Tiempo Delta) es el tiempo de operación de la corriente del instantáneo 1 con la curva del relevador 2 por lo tanto su error es de 0.1471%.

5.2.2.3. Relevador 3

Tabla 5. 11 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 3 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 3				
ITEM	**DESCRIPCION**	**TIEMPO CALCULADO (s)**	**TIEMPO CPS (s)**	**ERROR CPS-C. MANUAL**
3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.645	0.6448	0.03100%
	TIEMPO DELTA	0.41	0.4096	0.0975%

El relevador 3 está conectado a un nivel de voltaje 13.2 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 1100/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.20, mediante su coordinación en el programa CPS su tiempo de operación es de 0.6448 comparando con el cálculo manual que es de 0.645, su error en porcentaje es de 0.03100%, mientras que su diferencial de tiempo (Tiempo Delta) es el tiempo de operación de la corriente de falla de la barra a la cual está protegiendo el relevador 3 con respecto a la curva del relevador 4 por lo tanto su error es de 0.0975%.

5.2.2.4. Relevador 4

Tabla 5. 12 Porcentaje de error del programa CPSElectric del relevador 4 con respecto a los tiempos calculados.

RELEVADOR 4				
ITEM	**DESCRIPCION**	**TIEMPO CALCULADO (s)**	**TIEMPO CPS (s)**	**ERROR CPS-C. MANUAL**
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.935	0.9349	0.01069%
	TIEMPO DELTA	----------	---------	----------%

El relevador 4 está conectado a un nivel de voltaje 115 kV qué tiene una relación de corriente del TC de 300/5, el relevador está funcionando correctamente con el dial de 0.30, mediante su coordinación en el programa CPS su tiempo de operación es de 0.9349s comparando con el cálculo manual que es de 0.935s, su error en porcentaje es de 0.01069%

Tabla 5. 13 Tabla final de resultados de los porcentajes de error CPSElectric- Calculo Manual.

RELEVADOR	DESCRIPCION	ERROR CPS- C. MANUAL
1	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0%
	TIEMPO DELTA	0.0616%
2	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0%
	TIEMPO DELTA	0.1471%
3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.03100%
	TIEMPO DELTA	0.0975%
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.01069%
	TIEMPO DELTA	----------%

5.2.3. Análisis de Resultados de los errores del LSPS y CPSElectric.

Tabla 5. 14 Tabla final de Tiempos del cálculo manual y los programas LSPS y CPSElectric

RELEVADOR	DESCRIPCION	CPS (s)	LSPS (s)	MANUAL (s)	ERROR LSPS- CPS
1	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.1502	0.1498	0.1502	0.2670%
	TIEMPO DELTA	0.6492	0.645	0.6488	0.6667%
2	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.4615	0.4588	0.4615	0.5885%
	TIEMPO DELTA	0.6786	0.6645	0.6796	2.1219%
3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.6448	0.6484	0.645	0.5552%
	TIEMPO DELTA	0.4096	0.4084	0.41	0.2938%
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.9349	0.9353	0.935	0.0428%
	TIEMPO DELTA	---------	---------	--------	---------

Una vez calculado los tiempos se almacena en la Tabla 5.14, se logró encontrar el porcentaje de error tanto para el Tiempo de operación (50) y para el tiempo Delta mediante la comparación entre programas LSPS y CPSElectric,

Tabla 5. 15 Tabla final de porcentajes de error entre los programas LSPS y CPSElectric.

RELEVADOR	DESCRIPCION	ERROR LSPS- MANUAL	ERROR CPS-C. MANUAL	ERROR LSPS- CPS
1	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.2663%	0%	0.2670%
	TIEMPO DELTA	0.5856%	0.0616%	0.6667%

2	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.585%	0%	0.5885%
	TIEMPO DELTA	2.22%	0.1471%	2.1219%
3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.52%	0.03100%	0.5552%
	TIEMPO DELTA	0.3902%	0.0975%	0.2938%
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0320%	0.01069%	0.0428%
	TIEMPO DELTA	---------%	----------%	---------%
	PROMEDIO DEL ERROR GENERAL	0.6570%	0.0496%	0.6479%

Una vez realizado las comparaciones de los programas con respecto a los resultados que se obtuvo mediante el cálculo manual, se logró crear una base de datos mediante tablas con el objetivo de comparar cuál de los resultados correspondientes al tiempo de operación y el diferencial de tiempo (Tiempo Delta), por lo cual el programa CPSElectric desarrollado en el presente proyecto de Titulación es más exacto con un margen de error igual a 0.0496%, en comparación con el programa LSPS con un margen de error de 0.6570% desarrollado como una herramienta gratuita de la Compañía LSElectic.

Además, al realizar las comparaciones entre los programas LSPS y CPSElectric se puede visualizar que el porcentaje de error entre los tiempos obtenidos es menor a un error admisible de 3% teniendo un porcentaje de 0.6479% entre las aplicaciones.

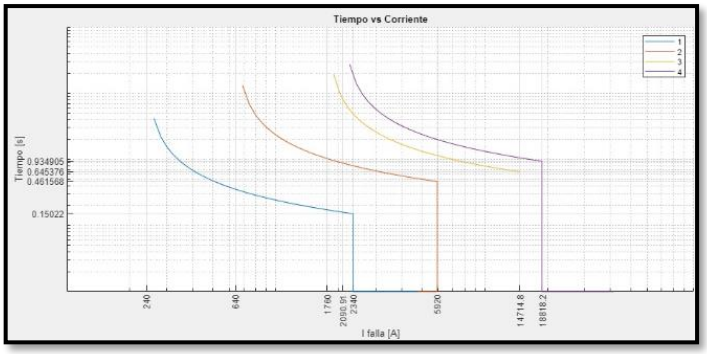


Figura 5. 4. Grafica de coordinación mediante la aplicación CPSElectric.

Fuente: Autores.

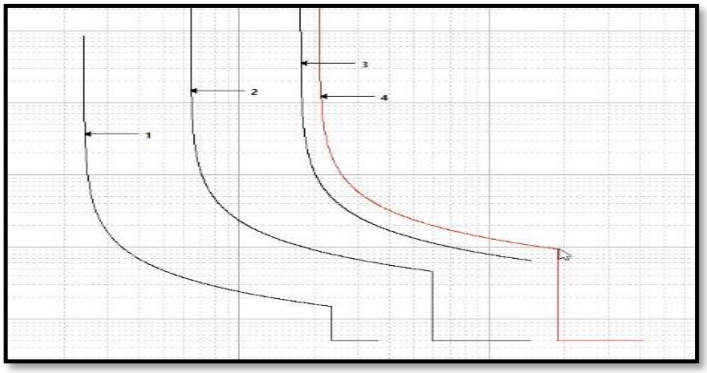


Figura 5. 5. Grafica de coordinación mediante la aplicación LSPS.

Fuente: LSPS-Autores.

Se puede observar que la aplicación CPSElectric en relación a la LSPS es más didáctica pues su interfaz gráfica es más didáctica permitiendo visualizar al mismo tiempo los resultados de tiempo y corriente.

5.3. Análisis de Resultados de las guías de prácticas.

5.3.1. Guía de practica 2.

La práctica consta del cálculo para la coordinación de los relevadores que se muestran en la figura con un marguen de discriminación de 0.5s y el tipo de curva Inversa normal de la Norma IEC.

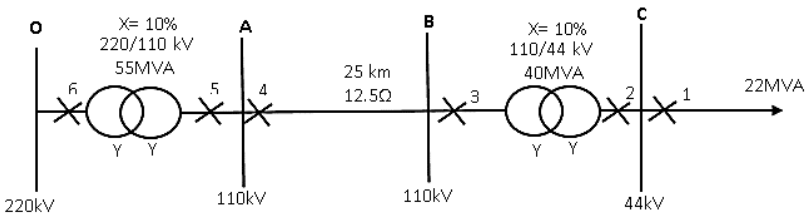


Figura 5. 6 Diagrama Unifilar Practica 2.

Fuente: Autores.

Tabla 5. 16 Resultados obtenidos por medio de cálculos manual.

RELÉ	TAP 51	I_{sc} Sec. *(A)* (50)	DIAL	CTR	VOLTAJE (kV)	$I_{3\Phi}$ (A)	TIPO DE CURVA	TIEMPO OP. (50) (s)	DELTA TIEMPO (s)
1	8	21	0.05	300/5	44	2452.06	IEC Normal Inversa	0.359	0.5007
2	7		0.05	600/5	44	2452.06	IEC Normal Inversa	0.3232	0.6861

3	7	25	0.15	250/5	110	1840.82	IEC Normal Inversa	0.814	0.543
4	7	47	0.25	250/5	110	2886.75	IEC Normal Inversa	0.9	0.61
5	8		0.35	300/5	110	2886.75	IEC Normal Inversa	1.342	0.647
6	6	31	0.4	300/5	220	5773.50	IEC Normal Inversa	1.67	---------

Tabla 5. 17 Resultados obtenidos del Programa CPSElectric

RELÉ	**TAP 51**	**I_{sc} Sec. *(A)* (50)**	**DIAL**	**CTR**	**VOLTAJE (kV)**	**$I_{3\Phi}$ (A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEMPO OP. (50) (s)**	**DELTA TIEMPO (s)**
1	8	21	0.05	300/5	44	2452.06	IEC Normal Inversa	0.3592	0.5005
2	7		0.05	600/5	44	2452.06	IEC Normal Inversa	0.3232	0.6853
3	7	25	0.15	250/5	110	1840.82	IEC Normal Inversa	0.8144	0.54298
4	7	47	0.25	250/5	110	2886.75	IEC Normal Inversa	0.9016	0.6165
5	8		0.35	300/5	110	2886.75	IEC Normal Inversa	1.3412	0.6473
6	6	31	0.4	300/5	220	5773.50	IEC Normal Inversa	1.6772	---------

Tabla 5. 18 Porcentaje de variaciones final entre el programa CPS y el cálculo manual.

RELEVADOR	**DESCRIPCION**	**ERROR CPS- C. MANUAL**
1	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0557%
	TIEMPO DELTA	0.0399%
2	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0%
	TIEMPO DELTA	0.1166%
3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0491%
	TIEMPO DELTA	0.0036%
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.1777%
	TIEMPO DELTA	1.0655%
5	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0596%
	TIEMPO DELTA	0.0463%
6	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.4311%

	TIEMPO DELTA	--------
PROMEDIOS	**TIEMPO DE OPERACIÓN (50)**	**0.128%**
	TIEMPO DELTA	**0.25%.**

Una vez realizado las comparaciones del programa con respecto a los resultados que se obtuvo mediante el cálculo manual, se logró crear una base de datos mediante tablas con el objetivo de demostrar el error que existe entre los cálculos realizados respectivamente como lo es para el tiempo de operación (50) con un error promedio de 0.128% y para el tiempo delta un error promedio de 0.25%.

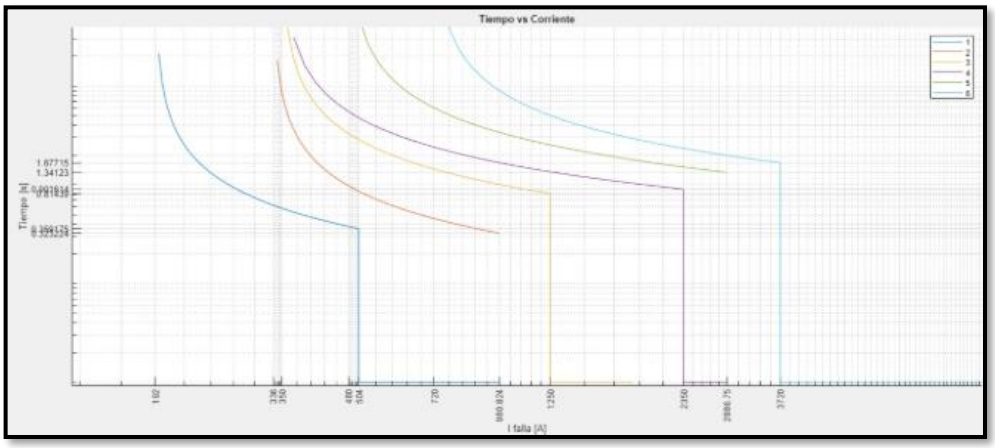


Figura 5. 7 Grafica de coordinación obtenida mediante la aplicación CPSElectric.

Fuente: Autores.

5.3.2. Guía de practica 3.

La práctica consta del cálculo para la coordinación de los relevadores que se muestran en la figura con un marguen de discriminación de 0.4s y el tipo de curva Muy Inversa de la Norma IEC.

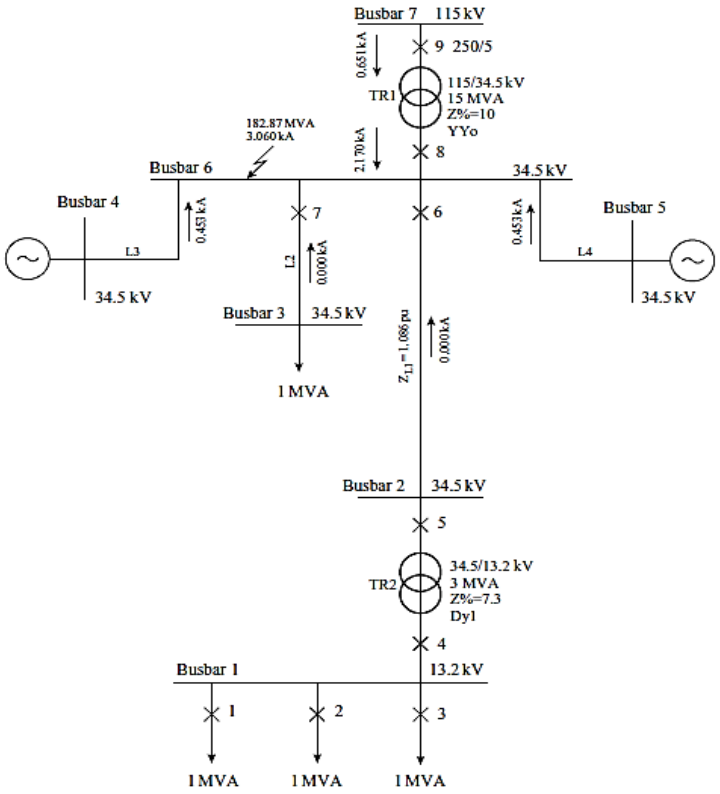


Figura 5. 8 Diagrama Unifilar Practica 3.

Fuente: Autores.

Tabla 5. 19 Resultados obtenidos por medio de cálculos manual.

RELÉ	**TAP 51**	**I_{sc} Sec. *(A)* (50)**	**DIAL**	**CTR**	**VOLTAJE (kV)**	**$I_{3\Phi}$ (A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEMPO OP. (50)**	**DELTA TIEMPO**
1 2 3	4	22	0.05	100/5	13.2	1075.85	IEC Muy Inversa	0.15	0.413
4	5		0.05	200/5	13.2	1075.85	IEC Muy Inversa	0.1541	0.4959
5	4	26	0.2	100/5	34.5	1025.15	IEC Muy Inversa	0.4909	0.4909
6	2	33	0.4	200/5	34.5	3064.4	IEC Muy Inversa	0.3483	-----
7	4	20	0.3	200/5	34.5	3064.4	IEC Muy Inversa	1.0125	0.487
8	7		0.1	300/5	34.5	2170	IEC Muy Inversa	0.3237	0.4846
9	3	17	0.2	250/5	115	4811.25	IEC Muy Inversa	0.579	

Tabla 5. 20 Resultados obtenidos del Programa CPSElectric

RELÉ	**TAP 51**	**I_{sc} Sec. *(A)* (50)**	**DIAL**	**CTR**	**VOLTAJE (kV)**	**$I_{3\Phi}$ (A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEMPO OP. (50)**	**DELTA TIEMPO**
1, 2, 3	4	22	0.05	100/5	13.2	1075.85	IEC Muy Inversa	0.15	0.4125
4	5		0.05	200/5	13.2	1075.85	IEC Muy Inversa	0.1541	0.4972
5	4	26	0.2	100/5	34.5	1025.15	IEC Muy Inversa	0.4909	0.4909
6	2	33	0.4	200/5	34.5	3064.4	IEC Muy Inversa	0.3484	-------
7	4	20	0.3	200/5	34.5	3064.4	IEC Muy Inversa	1.0125	0.4796
8	7		0.1	300/5	34.5	2170	IEC Muy Inversa	0.3240	0.4844
9	3	17	0.2	250/5	115	4811.25	IEC Muy Inversa	0.5786	------

Tabla 5. 21 Porcentaje de variaciones final entre el programa CPS y el cálculo manual.

RELEVADOR	**DESCRIPCION**	**ERROR CPS- C. MANUAL**
1, 2 y 3	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0%
	TIEMPO DELTA	0.1210%
4	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0%
	TIEMPO DELTA	0.2621%
5	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0%
	TIEMPO DELTA	0%
6	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.028%
	TIEMPO DELTA	----------%
7	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0%
	TIEMPO DELTA	1.51%
8	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0926%
	TIEMPO DELTA	0.0412%
9	TIEMPO DE OPERACIÓN (50)	0.0691%
	TIEMPO DELTA	----------%
PROMEDIOS	**TIEMPO DE OPERACIÓN (50)**	**0.021%**

	TIEMPO DELTA	**0.24%.**

Una vez realizado las comparaciones del programa con respecto a los resultados que se obtuvo mediante el cálculo manual, se logró crear una base de datos mediante tablas con el objetivo de demostrar el error que existe entre los cálculos realizados respectivamente como lo es para el tiempo de operación (50) con un error promedio de 0.021% y para el tiempo delta un error promedio de 0.24%.

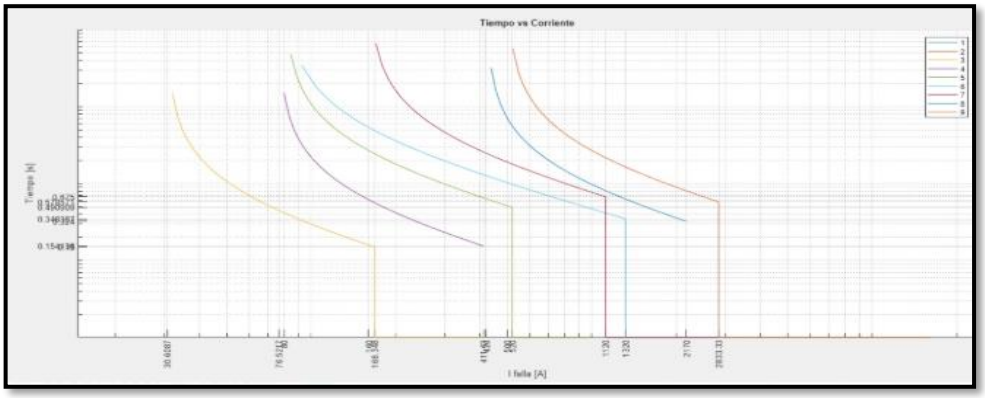


Figura 5. 9 Grafica de coordinación obtenida mediante la aplicación CPSElectric.

Fuente: Autores.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

Tabla 6. 1 Presupuesto para el desarrollo del proyecto

	Detalle	**Cantidad**	**V. Unitario ($)**	**V. Total ($)**
Gastos directos	Programador	1	1200	1200
	Material bibliográfico	2	20	20
	Transporte	5	50	50
Gastos indirectos	Asesorías externas	1	200	200
	Alimentación	6	30	30
	Equipos de oficina	2	20	20
	Llamadas	10	1	10
	Servicio de internet	4	20	80
	Total			**1610**

Fuente: Autores

6.2. Análisis de Impactos

Impacto práctico: La presente aplicación informática permite realizar varios laboratorios para obtener una base de datos en el cual almacena todos los resultados obtenidos al momento de ejecutar la coordinación para la protección de sobrecorriente garantizando resultados más precisos y confiables que los realizados a manualmente por medio de ecuaciones.

Impacto simbólico: Representa un software amigable a la vista dado que su interfaz es más didáctico y fácil de manejar.

Impacto tecnológico: El conocimiento previo en el área de la informática permitió realizar el programa de una manera más didáctica en comparación con otros programas relacionados a la coordinación de la sobrecorriente permitiendo visualizar las gráficas de cada elemento coordinado como también la presentación de reportes en donde se pueden observar de una manera detallada la información que se desea generar.

Impacto ambiental: La presente aplicación informática no representa impactos ambientales ya que se trata de un programa computacional con la función de entregar datos de una manera virtual que no representan un contacto físico con el medio ambiente.

Impacto ético: El programa en cuestión permite estimular el aprendizaje de una manera gráfica demostrando todos los parámetros que conlleva la coordinación de del relevador de sobrecorriente 50/51.

Impacto epistemológico: Abre campo a una nueva visión del aprendizaje por medios didácticos y gráficos con el objetivo de reforzar los conocimientos, y a su vez realiza la tarea de buscar un resultado óptimo de sobrecorriente.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Se concluye que:

- A medida como va avanzando la tecnología en los sistemas eléctricos, evoluciona también en el caso de mejorar la calidad y continuidad del servicio sin dejar de tomar las medidas necesarias pues estás también se han ido mejorando con el paso de los años siendo cada vez más precisas y confiables al momento de despejar fallas que causen perturbaciones o daños eminentes a la red.

- Se recopilo información necesaria de barias fuentes bibliográficas entre ellas las de mayor interés en las normas IEEE C37.112-2018 y IEC 60255-3 que permitieron profundizar sobre las protecciones eléctricas.
- La aplicación CPSElectric permite obtener una tabla de resultados con los tiempos de Operación y sus corrientes de operación con respecto al secundario a comparación con el programa LSPS que se debe interpretar los valores conforme a las curvas de coordinación.
- La aplicación CPSElectric permite visualizar las curvas de cada relevador con sus tiempos de Operación y Corrientes proyectado en un eje coordenadas mientras el programa LSPS no nos ofrece los estos datos en su eje coordenadas.
- A comparación con el programa LSPS, la aplicación CPSElectric no es necesario el cálculo del tiempo diferencial (Tiempo Delta) entre las curvas ya que en esta aplicación este valor se lo puede observar reflejado en la Pantalla conforme a la variación del dial.
- La aplicación CPSElectric al trabajar con todos los decimales dentro de su cálculo es más precisa que el programa LSPS en el momento de arrojar los resultados finales con un error de **0.0496%** contra a su similar de **0.6570%.**
- Al realizar las comparaciones entre los programas LSPS y CPSElectric se puede visualizar que el porcentaje de error entre los tiempos obtenidos es menor a un error admisible de 3% teniendo un porcentaje de **0.6479%** entre las aplicaciones.
- Para coordinar las curvas de los relevadores del sistema se puede utilizar diferentes tipos de relés basados en diferentes como lo es la norma IEEE C37.112-2018 e IEC 60255-3 para mejorar los tiempos de operación entre cada curva.

7.2. Recomendaciones

Se recomienda que:

- A medida como la tecnología va avanzando se debe buscar nuevas fuentes bibliográficas para la coordinación de las protecciones ya que estas pueden verse afectadas por futuros cambios en las diferentes normas eléctricas, permitiéndonos modificar los parámetros del programa si este lo requiere.
- Antes de utilizar el programa leer primeramente el manual o guía de uso, pues en el manual se especifica todos los procesos a seguir para un buen funcionamiento del mismo.

- A la hora de ejecutar la aplicación informática se lo debe realizar por medio de Matlab R2019a o versiones futuras ya que la programación de la aplicación está realizada con las nuevas funciones que otorga esta herramienta de programación enfocada a la ingeniería.
- La aplicación informática solo debe ser usada para coordinar la protección de sobrecorriente 50/51 en sistemas radiales.
- Para la selección de diferentes curvas de los relés dentro de un sistema debemos tomar en cuenta que estas no posean un margen de discriminación del tiempo menor al estipulado entre las curvas.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] C. M. DOÑEZ GUTIERREZ, «Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM,» 22 Febrero 2016. [En línea]. Available: http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9365/TESIS.pdf?sequence=3. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[2] J. R. Cervantes Vega, «Colecciòn Digital UANL,» Junio 2000. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/7718/1/1020133300.PDF. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[3] E. Cueva, «Sliderplayer,» 2014. [En línea]. Available: https://slideplayer.es/slide/1588280/. [Último acceso: 29 08 2020].

[4] R. d. E. d. Peru, «SlideShare,» Julio 2008. [En línea]. Available: https://es.slideshare.net/omarmatsls/doc-1-dia-2-protecin-sobrecorriente?fbclid=IwAR3MCpHs8f_0j29EtCVyfpw-mnVvEYQHbR840VSFb8aOMvhq0wVyU8KUflI. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[5] I. Calero, «Bibdigital.epn,» 07 2008. [En línea]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/710. [Último acceso: 29 08 2020].

[6] E. P. Ing. Gonzalez Flores, «Repositorio Acedemico Digital de la Universidad Autonoma de Nuevo Leòn,» Diciembre 1994. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/6254/1/1020070675.PDF. [Último acceso: 22 Abri 2020].

[7] L. A. Carles Martinez, «Academia,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/37817550/UNIDAD_2_CARACTERISTICAS_DE_LOS_RELEVADORES_DE_PROTECCION_?auto=download. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[8] J. Jara Noriega, «Repositorio Institucional de la Universidad de Piura,» Noviembre 2015. [En línea]. Available:

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2560/IME_192.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[9] J. Cordova y F. Washington, «BIBDIGITAL- ESCUELA POLITECNICA NACIONAL,» Septiembre 2008. [En línea]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/882/1/CD-1749%282008-10-27-10-39-22%29.pdf. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[10] C. Zapata y G. Mejia, «Academia,» Octubre 2003. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/26537190/Coordinaci%C3%B3n_De_Rel%C3%A9s_De_Sobrecorriente_en_Sistemas_Radiales_Utilizando_Programaci%C3%B3n_Lineal. [Último acceso: Octubre 2020].

[11] W. Quintero y J. Figueredo, «SCRIBD,» Julio 2011. [En línea]. Available: https://es.scribd.com/document/59761052/Proteccion-sobrecorriente-LT. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[12] B. Moreno Rios, «Docplayer.es,» 2016. [En línea]. Available: https://docplayer.es/13101147-Capitulo-3-protecciones-de-sobrecorriente.html. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[13] S. Ramirez Castaño, «bdigital.unal.edu.co,» 2003. [En línea]. Available: http://www.bdigital.unal.edu.co/3392/1/samuelramirezcastano.2003.pdf. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[14] P. Turmero, «Monografias,com,» 2018. [En línea]. Available: https://www.monografias.com/trabajos105/proteccion-lineas-transmision/proteccion-lineas-transmision.shtml. [Último acceso: 28 08 2020].

[15] C. Zapata, «academia.edu,» 2009. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/28869134/Protecciones_capitulo. [Último acceso: 22 Abril 2020].

[16] M. Tawfeeq, «Philadelphia,» 2020. [En línea]. Available: https://www.philadelphia.edu.jo/academics/mlazim/uploads/Power%20System%20protection%20-%20Part%2001.pdf. [Último acceso: 2020].

[17] Z. Ramirez, «Bidigital Repositorio Institucional UN,» 11 11 2016. [En línea]. Available: http://bdigital.unal.edu.co/3392/. [Último acceso: 28 08 2020].

[18] IEEE, «IEEEXPLORE,» 29 06 2016. [En línea]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/7501435. [Último acceso: 28 08 2020].

[19] SKM, «SKM Systems Analysis. Inc.,» 2020. [En línea]. Available: https://www.skm.com/applicationguides23.html. [Último acceso: 28 08 2020].

[20] R. F, Guia para la duracion de corrientes de falla a traves de transformadores de potencia, RFZM Books, 2009.

[21] R. F, Guía para la duración de corrientes de falla a través de transformadores de potencia 2da edición, RFZM Books 2020, 2020.

[22] MathWorks, «MathWorks,» 2020. [En línea]. Available: https://www.mathworks.com/products/matlab.html. [Último acceso: 28 08 2020].

[23] G. C. Espinosa, «Archivo Digital UPM,» Julio 2018. [En línea]. Available: http://oa.upm.es/53343/1/TFG_GUILLERMO_CID_ESPINOSA.pdf. [Último acceso: 10 Agosto 2020].

[24] M. Pérez, «DPL news,» 29 08 2020. [En línea]. Available: https://digitalpolicylaw.com/ls-electric-y-nokia-colaboraran-para-mejorar-los-servicios-publicos-de-corea/. [Último acceso: 03 09 2020].

[25] LSElectric, «LSElectric,» Copyright ⓒ 2020 LS ELECTRIC Co, 2020. [En línea]. Available: https://www.lselectric.co.kr/. [Último acceso: 03 09 2020].

[26] J. Pérez y A. Gardey, «Definicion.de,» Definicion.de, 2015. [En línea]. Available: https://definicion.de/resultado/. [Último acceso: 23 04 2020].

[27] J. Pérez y M. Merino, «Definicion.de,» Definicion.de, 2012. [En línea]. Available: https://definicion.de/programa-de-aplicacion/. [Último acceso: 23 04 2020].

ANEXOS

ANEXO I: Ejercicio para el análisis de resultados entre el LSPS y CPSELECTRIC

Para el sistema que se muestra en la figura y a partir de los datos que se le entregan realizar lo siguiente.

1. Calcular la corriente nominal y los niveles de cortocircuito trifásico en cada interruptor.

2. Seleccione el valor de transformación del CTS.

3. Determinar los valores del ajuste de activación, el tiempo y los ajustes instantáneos de todos los relés de fase para garantizar una disposición de protección coordinada.

4. Encontrar un porcentaje de la línea BC protegida por las unidades instantáneas del otro relé de sobrecorriente asociado con el Interruptor 2

5. Dibujar las características de corriente de tiempo de los relés en el sistema.

Tener en cuenta las siguientes consideraciones:

5.1. El margen de discriminación es 0,4

5.2. Todos los relés tienen características marítimas como se muestra en la figura.

5.3. Datos de retransmisión:

- Setiado de la Pick-up: 1 a 12 en pasos de 1A
- Tiempo de setiado del Dial: como en la figura
- Instantáneo 6 a 144 en pasos de 1A

$t = \frac{k\beta}{(I/I_s)^{\alpha}-1} + L$

t: Tiempo de operación del relevador (s)

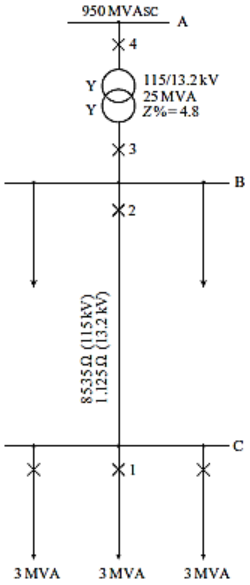
k: DIAL o ajuste del multiplicador de tiempo

I: Nivel de corriente de falla en A secundario.

I_s: TAP o corriente de puesta en marcha seleccionada.

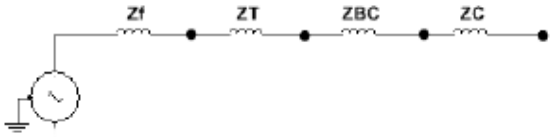
α,β,L: Constantes.

Curvas Estandarizadas.	α	B	L
IEC Normal Inversa	0.02	0.14	0
IEC Muy Inversa	1	13.5	0
IEC Inversa Extrema	2	80	0
IEC Inversa Larga	1	120	0
ANSI Inversa Normal	2.0938	8.9341	0.17966
ANSI Inversa Corta	1.2969	0.2663	0.03393
ANSI Inversa Larga	1	5.6414	2.1859
ANSI Inversa Moderada	0.02	0.0515	0.114
ANSI Muy Inversa	2	19.61	0.491
ANSI Inversa Extrema	2	28.2	01217
ANSI Inversa Definida	1.5625	0.4797	0.21359



SOLUCION.

Corrientes nominales y niveles de cortocircuito trifásico.



Corrientes nominales.

$$I_{n1} = \frac{S_C}{\sqrt{3} * V_{LL}}$$

$$I_{n1} = \frac{3MVA}{\sqrt{3} * 13.2kV}$$

$$\boldsymbol{I_{n1} = 131.21A}$$

$$I_{n2} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_{LL}}$$

$$I_{n2} = \frac{9MVA}{\sqrt{3} * 13.2kV}$$

$$\boldsymbol{I_{n2} = 393.65A}$$

$$I_{n3} = \frac{S_{TB}}{\sqrt{3} * V_{LL}}$$

$$I_{n3} = \frac{25MVA}{\sqrt{3} * 13.2kV}$$

$$\boldsymbol{I_{n3} = 1093.47A}$$

$$I_{n4} = \frac{S_{TA}}{\sqrt{3} * V_{LL}}$$

$$I_{n4} = \frac{25MVA}{\sqrt{3} * 115kV}$$

$$\boldsymbol{I_{n4} = 125.51}$$

Cálculo de las Impedancias.

$$Z_B = \frac{V^2}{S} = \frac{(115kV)^2}{25\ MVA}$$

$$\boldsymbol{Z_B = 529\ \Omega}$$

$$Z_f = \frac{V^2}{S} = \frac{(115kV)^2}{950\ MVA}$$

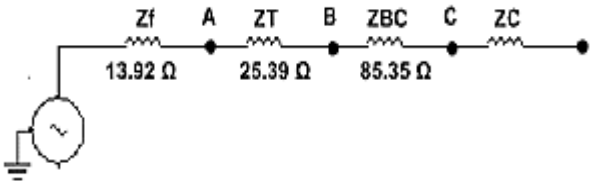
$$\boldsymbol{Z_f = 13.92\ \Omega}$$

$$Z_{lineaBC} = 85.35\ \Omega$$

$$Z_T = Z_{pu} + Z_B$$

$$Z_T = 0.048 + 529$$

$$\boldsymbol{Z_T = 25.39\ \Omega}$$



$$V_f = \frac{115\ kV}{\sqrt{3}} = 66.39\ kV$$

Corriente de Falla.

Punto C

$$I_{3\Phi C} = \frac{V_f}{Z_{pp}}$$

$$I_{3\Phi C} = \frac{66.39kV}{(13.92 + 25.39 + 85.35)}$$

$\boldsymbol{I_{3\Phi C}}$ **=532.57 A (lado de alta reflejado a 115kV)**

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$I_{3\Phi C} = 532.57 * \frac{115}{13.2}$$

$\boldsymbol{I_{3\Phi C} = 4639.8}$ **A (lado de baja reflejado a 13.2kV)**

Punto B

$$I_{3\Phi B} = \frac{V_f}{Z_{pp}}$$

$$I_{3\Phi B} = \frac{66.39kV}{(13.92 + 25.39)}$$

$\boldsymbol{I_{3\Phi B}}$ **=1688.9 A (lado de alta reflejado a 115kV)**

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$I_{3\Phi B} = 1688.9 * \frac{115}{13.2}$$

$\boldsymbol{I_{3\Phi B} = 14714.8\ A}$ **(lado de baja reflejado a 13.2kV)**

Punto A

$$I_{3\Phi A} = \frac{V_f}{Z_{pp}}$$

$$I_{3\Phi A} = \frac{66.39kV}{(13.92)}$$

$\boldsymbol{I_{3\Phi A}}$ **=4769. 4 A (lado de alta reflejado a 115kV)**

Tabla 1.Datos de los TC´S a utilizar considerando la clase C -100y valor del burden 1 ohm

RELÉ	P nom (MVA)	I nom (A)	$\boldsymbol{I_{3\Phi}}$ (A)	Icc (5/100)	CTR
1	3	131.21	4639.8	232.03	300/5
2	9	393.65	14714.8	735.79	800/5
3	25	1093.47	14714.8	735.79	1100/5
4	25	125.51	4769.4	238.51	300/5

$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{CTR}}$$

Calculo del TAP, DIAL y ajuste del instantáneo.

<u>Calculo TAPS</u>

Relevador 1.

$$TAP\ 1 = \frac{1.5 * I_{n1}}{CTR1}$$

$$TAP\ 1 = \frac{15 * 131.21}{60}$$

$$\boldsymbol{TAP\ 1 = 3.28\ A\ \approx 4\ A}$$

$$I_{pk1} = 4 * \frac{300}{5}$$

$$\boldsymbol{I_{pk1} = 240\ A}$$

Relevador 2.

$$TAP\ 2 = \frac{1.5 * I_{n2}}{CTR2}$$

$$TAP\ 2 = \frac{15 * 393.65}{160}$$

$$\boldsymbol{TAP\ 2 = 3.7\ A\ \approx 4\ A}$$

$$I_{pk2} = 4 * \frac{800}{5}$$

$$\boldsymbol{I_{pk2} = 640\ A}$$

Relevador 3

$$TAP\ 3 = \frac{1.5 * I_{n3}}{CTR3}$$

$$TAP\ 3 = \frac{15 * 1093.47}{220}$$

$$\boldsymbol{TAP\ 3 = 7.46\ A\ \approx 8\ A}$$

$$I_{pk3} = 8 * \frac{1100}{5}$$

$$\boldsymbol{I_{pk3} = 1760\ A}$$

Relevador 4

$$TAP\ 4 = \frac{1.5 * I_{n3}}{CTR4}$$

$$TAP\ 4 = \frac{15 * 125.517}{60}$$

$$\boldsymbol{TAP\ 4 = 3.14A\ \approx 4\ A}$$

$$I_{pk4} = 8 * \frac{300}{5}$$

$$\boldsymbol{I_{pk4} = 240\ A}$$

Calculo DIAL y ajuste del instantáneo.

- **Relevador 1**

$$I_{sc}50\% = 50\% * I_{3\Phi C} * \frac{1}{CTR}$$

$$I_{sc}50\% = 0.5 * 4639.8 * \frac{5}{300}$$

$$\boldsymbol{I_{sc}50\% = 38.67\ A \approx 39\ A}$$

$$I_{pk1INS} = I_{sc}50\% * CTR1$$

$$I_{pk1INS} = \frac{39 * 300}{5}$$

$$\boldsymbol{I_{pk1INS} = 2340\ A}$$

$$PSM_{1a} = \frac{\boldsymbol{I_{pk1INS}} * \frac{1}{CTR1}}{TAP\ 1}$$

$$PSM_{1a} = \frac{2340 * \frac{5}{300}}{4}$$

$$\boldsymbol{\frac{I}{I_s} = PSM_{1a} = 9.75\ veces}$$

$$\boldsymbol{k = 0.05 \approx \text{ DIAL}}$$

$$t_1 = \frac{k * \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1} + L$$

$$t_1 = \frac{(0.05) * (0.14)}{(9.75)^{0.02} - 1} + 0$$

$$\boldsymbol{t_1 = 0.1502\ seg}$$

$$t_{2A} = t_1 + t_{marginal}$$

$$t_{2A} = 0.1502 + 0.4$$

$$\boldsymbol{t_{2A} = 0.5502\ seg}$$

- **Relevador 2**

$$PSM_{2a} = \frac{I_{pk1INS} * \frac{1}{CTR2}}{TAP\ 2}$$

$$PSM_{2a} = \frac{2340 * \frac{5}{800}}{4}$$

$$\boldsymbol{\frac{I}{I_s} = PSM_{2a} = 3.66\ veces}$$

$$k = \frac{(t_{2A} - L) * \left(\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1\right)}{\beta}$$

$$k = \frac{(0.5502 - 0) * ((3.66)^{0.02} - 1)}{0.14}$$

k= 0.1032≈ DIAL =0.15

$$I_{sc2} = 1.125 * I_{3\Phi C} * \frac{1}{CTR}$$

$$I_{sc2} = 1.25 * 4639.8 * \frac{5}{800}$$

$$\boldsymbol{I_{sc2} = 36.25\ A \approx 37A}$$

$$I_{pk2INS} = I_{sc2} * CTR2$$

$$I_{pk2INS} = \frac{37 * 800}{5}$$

$$\boldsymbol{I_{pk2INS} = 5920\ A}$$

$$PSM_{2b} = \frac{I_{pk2INS} * \frac{1}{CTR2}}{TAP2}$$

$$PSM_{2b} = \frac{5920 * \frac{5}{800}}{4}$$

$$\boldsymbol{\frac{I}{I_s} = PSM_{2b} = 9.25\ veces}$$

$$t_2 = \frac{k * \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1} + L$$

$$t_2 = \frac{(0.15) * (0.14)}{(9.25)^{0.02} - 1} + 0$$

$$\boldsymbol{t_2 = 0.4615\ seg}$$

$$t_2 Real = \frac{k * \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1} + L$$

$$t_2\ Real = \frac{(0.15) * (0.14)}{(3.66)^{0.02} - 1} + 0$$

$$\boldsymbol{t_2\ Real = 0.799 seg}$$

$\Delta t = t_2\ Real - t_1$

Δt = 0.799 – 0.1502 = 0.6488 *seg*

- **Relevador 3**

$t_{3A} = t_2 + t_{marginal}$

$t_{3A} = 0.46 + 0.4$

$$\boldsymbol{t_{3A} = 0.86\ seg}$$

$$PSM_{3a} = \frac{\boldsymbol{I_{pk2INS}} * \frac{1}{CTR3}}{TAP\ 3}$$

$$PSM_{3a} = \frac{\mathbf{5920} * \frac{5}{1100}}{8}$$

$$\frac{\boldsymbol{I}}{\boldsymbol{I_s}} = \boldsymbol{PSM_{3a}} = \mathbf{3.36\ veces}$$

$$k = \frac{(t_{3A} - L) * \left(\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1\right)}{\beta}$$

$$k = \frac{(0.86 - 0) * ((3.36)^{0.02} - 1)}{0.14}$$

k= 0.1507≈ DIAL =0.20

no se requiere de la corriente instantánea por lo que:

$$PSM_{3b} = \frac{I_{3\Phi B} * \frac{1}{CTR3}}{TAP3}$$

$$PSM_{3b} = \frac{14714.8 * \frac{5}{1100}}{8}$$

$$\frac{\boldsymbol{I}}{\boldsymbol{I_s}} = \boldsymbol{PSM_{3b}} = \mathbf{8.36\ veces}$$

$$t_3 = \frac{k * \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1} + L$$

$$t_3 = \frac{(0.20) * (0.14)}{(8.36)^{0.02} - 1} + 0$$

$$\boldsymbol{t_3 = 0.645\ seg}$$

$$t_3 Real = \frac{k * \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1} + L$$

$$t_3\ Real = \frac{(0.20) * (0.14)}{(3.36)^{0.02} - 1} + 0$$

$$\boldsymbol{t_3\ Real = 1.1412\ seg}$$

$\Delta t = t_3\ Real - t_2$

Δt = 1.1412 – 0.4615 = 0.6796 seg

- **Relevador 4 (se encuentra en el lado de alta del transformador)**

$t_{4A} = t_3 + t_{marginal}$

$t_{4A} = 0.645 + 0.4$

$$\boldsymbol{t_{4A} = 1.045\ seg}$$

$$I_{pk4} = 240 * \frac{115}{13.2}$$

$$\boldsymbol{I_{pk4} = 2091\ A}$$

$$PSM_{4a} = \frac{I_{3\Phi B} * \frac{1}{CTR4}}{TAP4}$$

$$PSM_{4a} = \frac{1689.14 * \frac{5}{300}}{4}$$

$$\boldsymbol{\frac{I}{I_s} = PSM_{4a} = 7.04\ veces}$$

$$k = \frac{(t_{4A} - L) * \left(\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1\right)}{\beta}$$

$$k = \frac{(1.045 - 0) * ((7.04)^{0.02} - 1)}{0.14}$$

k= 0.2971≈ DIAL =0.30

$$I_{sc4} = 1.25 * I_{3\Phi B} * \frac{1}{CTR}$$

$$I_{sc4} = 1.25 * 1689.14 * \frac{5}{300}$$

$$\boldsymbol{I_{sc4} = 35.19\ A\ \approx 36A}$$

$$I_{pk4INS} = \frac{36 * 300}{5}$$

$$\boldsymbol{I_{pk4INS} = 2160\ A\ (lado\ de\ alta\ 115kV)}$$

$$I_{pk4INS} = 2160 * \frac{115}{13.2}$$

$$\boldsymbol{I_{pk4INS} = 18818.2\ A(lado\ de\ baja\ 13.2kV)}$$

$$PSM_{4b} = \frac{\boldsymbol{I_{pk4INS}} * \frac{1}{CTR4}}{TAP4}$$

$$PSM_{4b} = \frac{2160 * \frac{5}{300}}{4}$$

$$\frac{I}{I_s} = \boldsymbol{PSM_{4a} = 9\ veces}$$

$$t_4 = \frac{k * \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1} + L$$

$$t_4 = \frac{(0.30) * (0.14)}{(9)^{0,02} - 1} + 0$$

$$\boldsymbol{t_4 = 0.935\ seg}$$

$$t_4 Real = \frac{k * \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha} - 1} + L$$

$$t_4\ Real = \frac{(0.30) * (0.14)}{(7.04)^{0.02} - 1} + 0$$

$$\boldsymbol{t_4\ Real = 1.055\ seg}$$

$$\Delta t = t_4\ Real - t_3$$

$$\boldsymbol{\Delta t = 1.055 - 0.645 = 0.41\ seg}$$

Tabla 2. Datos de los TAP´S Y DIAL

RELÉ	DIAL	TAP (51)	I_{pk} *(A)* (51)	I_{sc} Sec. *(A)* (50)	I_{pkINS} Prim. *(A)* (50)	TIEMPO 1	TIEMPO 2 (t_{nA})	TIEMPO MARGEN
1	**0.05**	**4**	**240**	**39**	**2340**	**0.1502**	**0.799**	**0.6488**
2	**0.15**	**4**	**640**	**37**	**5920**	**0.4615**	**1.1412**	**0.6796**
3	**0.20**	**8**	**1760**	**-**	**-**	**0.645**	**1.055**	**0.41**
4	**0.30**	**4**	**240**	**36**	**2160**	**0.935**	**------**	**-----**

ANEXO II: Guía de practica 1.

GUÍA PRÁCTICA ALUMNO					
FACULTAD:	CIYA	**CARRERA:**	INGENIRIA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	**PERÍODO ACADÉMICO**	20-20	**NIVEL**	7mo
DOCENTE:	Msc. Ing. Xavier Proaño	**FECHA:**		**PRÁCTICA N°:**	1
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		Laboratorio de Protecciones Eléctricas.			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	COORDINACIÓN DE LOS RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE 50/51 DEL EJERCICIO #1.				

Relevador de Sobrecorriente 50/51.

Un relevador eléctrico es un dispositivo que, colocado en un circuito eléctrico produce cambios en otro o en su propio circuito [1].

En la mayoría de los tableros de protección, control y medición construidos hasta 1980, se encuentran operando relevadores de sobrecorriente del tipo electromagnético (monofásico). Con el avance de la tecnología se ha incrementado la producción de relevadores de estado sólido o microprocesado. Lográndose una reducción considerable en el espacio empleado en los tableros, así como incrementar sus funciones [2].

Los relevadores en los sistemas eléctricos de potencia son herramientas importantes para la seguridad y protección de los equipos y el transporte de la energía eléctrica en los alimentadores en redes de distribución o sub-transmisión cuyo trabajo es impedir que el flujo de corriente aumente excesivamente durante un fenómeno inesperado.

Los relevadores tienen conocimiento de una o varias características y están arregladas para mantenerse inactivos mientras estas no varían Al ocurrir una falla el relevador detecta y selecciona la característica del sistema que le conviene y actúa sobre otro sistema aparte cerrando o abriendo algún contacto que pertenezca al sistema de apertura o cierre del interruptor que corresponda para el aislamiento de la falla de la parte del sistema donde se creó [1].

La protección 50/51 tiene dos funciones de sobrecorriente.

- Sobrecorriente Instantánea 50
- Sobrecorriente Temporizada 51

Los parámetros de calibración, para la función de sobre corriente temporizada son: Dial, Tap y de curva, mientras que para la función de sobrecorriente instantánea solo se ajusta con la corriente de Tap [3].

El relevador de sobrecorriente temporizado (51) puede estar conformado de diferentes cuervas.

- Inverso.
- Muy Inverso.
- Extremadamente Inverso.

Trasformadores de corriente (TC).

Los transformadores de corrientes o más conocidos como TC es un elemento eléctrico que permite tomar una corriente por su lado de alta y reflejarlas a valores más pequeños por su lado de baja, estos transformadores de corriente están siempre asociados al relé 50/51 dado que este permite enviar una relación de corriente por su lado secundario hacia el relé para que este interprete los datos de la corriente entregada.

Normativas

Las normativas proporcionan orientación e información en las cuales se establecen los límites de diseño para que los sistemas eléctricos cumplan con los estándares requeridos internacionalmente para su correcto funcionamiento asegurando la confiabilidad del servicio, garantías del sistema y seguridad del personal.

- Norma IEC 60255-3 relés de medidas y equipos de protección.
- Norma ANSI/IEEE C37.112-2018 estándar para ecuaciones de características de tiempo inverso para relés de sobrecorriente.
- Norma IEEE C57.13-2016 Requisitos del estándar para transformadores de medida.
- Norma IEC 60909 Corrientes de cortocircuito en sistemas de CA trifásicos.
- Norma IEEE C57.109 Guía para la duración de corrientes de falla a través de transformadores de potencia

OBJETIVOS:

GENERAL

- Coordinar los relevadores de protección de sobrecorriente 50/51 mediante la aplicación informática de desarrollada en Matlab para conocer los tiempos de operación que serán comparados con el ejercicio resuelto manualmente.

ESPECÍFICOS

- Desarrollar una tabla de resultados de los tiempos y corrientes del ejercicio propuesto.
- Coordinar los relevadores mediante la aplicación informática desarrollada en Matlab.
- Desarrollar un análisis de resultados entre los datos obtenidos

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

Realizar una investigación bibliográfica de los siguientes temas:

- Normativas IEC 60255-3 Relés de medida y equipo de protección
- Tipos de curvas de los Relés 50/51
- Elementos que intervienen (Dial, Tap y TC) para la coordinación del relé
- Determinación de los TCs del ejercicio propuesto.

LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES, RECURSOS:

MATERIALES:

- Computadora

- Aplicación informática descargada
- Matlab R2019a o versiones superiores

ADVERTENCIAS

En esta práctica se dará uso de una herramienta informática que ha sido desarrollada con el lenguaje de programación (m) por lo cual no debe ser modificado en su código de programación ya que podrían conllevar a errores de resultados.

INSTRUCCIONES:

- Establecer un cronograma de actividades
- Leer previamente el manual de usuario para el uso de la herramienta informática

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51

Una vez ya realizado el Ejercicio #1 mostrado a continuación.

Para el sistema que se muestra en la figura y a partir de los datos que se le entregan realizar lo siguiente.

1. Calcular la corriente nominal y los niveles de cortocircuito trifásico en cada interruptor.

2. Seleccione el valor de transformación del CTS.

3. Determinar los valores del ajuste de activación, el tiempo y los ajustes instantáneos de todos los relés de fase para garantizar una disposición de protección coordinada.

4. Dibujar las características de corriente de tiempo de los relés en el sistema.

Tener en cuenta las siguientes consideraciones:

5.1. El margen de discriminación es 0,4s

5.2. Todos los relés tienen características como se muestra en la figura.

5.3. Datos de retransmisión:

- Seteado de la Pick-up

- Tiempo de seteado del Dial: como en la figura
- Todos los relevadores son de tipo IEC Normal Inversa

$t = \frac{k\beta}{(I/I_S)^{\alpha}-1} + L$ t: Tiempo de operación del relevador (s)

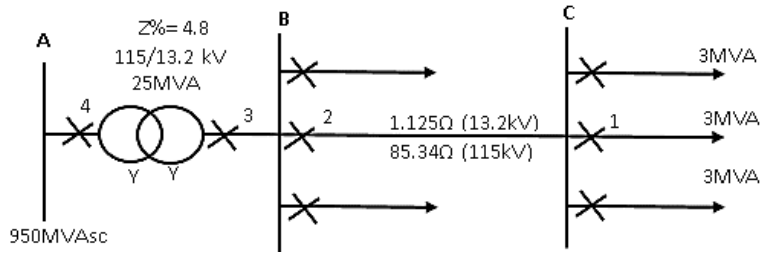
k: DIAL o ajuste del multiplicador de tiempo

I: Nivel de corriente de falla en A secundario.

I_s: TAP o corriente de puesta en marcha seleccionada.

α,β,L: Constantes.

Curvas Estandarizadas.	α	B	L
IEC Normal Inversa	0.02	0.14	0



- Desarrollar una base de datos con resultados obtenidos del cálculo manual del ejercicio propuesto en la siguiente tabla.

RELÉ	**TAP 51**	I_{sc} **Sec.** ***(A)*** **(50)**	**DIAL**	**CTR**	**VOLTAJE (kV)**	$I_{3\Phi}$ **(A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEMPO OP. (50)**	**DELTA TIEMPO**

- Desarrollar una base de datos con resultados obtenidos mediante la aplicación informática con el mismo modela de la tabla anterior.
- Comparar los resultados y describir el porcentaje de variación entre ambos resultados respecto al tiempo de operación y diferencial de tiempo (Tiempo Delta).

- Realizar la gráfica de coordinación para los relevadores del sistema.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- **Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51**

.

CONCLUSIONES:

-

RECOMENDACIONES:

-

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

[1] J. R. Cervantes Vega, «Colección Digital,» Junio 2000. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/7718/1/1020133300.PDF. [Último acceso: 22 08 2020].

[2] E. Cueva, «Sulderplayer,» 2014. [En línea]. Available: https://slideplayer.es/slide/1588280/. [Último acceso: 29 08 2020].

[3] I. Calero, «Bibdigital.epn,» 2008, 07. [En línea]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/710. [Último acceso: 29 08 2020].

ANEXO III: Guía de practica 2.

GUÍA PRÁCTICA ALUMNO					
FACULTAD:	CIYA	**CARRERA:**	INGENIRIA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	**PERÍODO ACADÉMICO**	20-20	**NIVEL**	7mo
DOCENTE:	Msc. Ing. Xavier Proaño	**FECHA:**		**PRÁCTICA N°:**	2
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		Laboratorio de Protecciones Eléctricas.			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	COORDINACIÓN DE LOS RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE 50/51 DEL EJERCICIO #2.				

Relevador de Sobre corriente 50/51.

Un relevador eléctrico es un dispositivo que, colocado en un circuito eléctrico produce cambios en otro o en su propio circuito [1].

En la mayoría de los tableros de protección, control y medición construidos hasta 1980, se encuentran operando relevadores de sobrecorriente del tipo electromagnético (monofásico). Con el avance de la tecnología se ha incrementado la producción de relevadores de estado sólido o microprocesado. Lográndose una reducción considerable en el espacio empleado en los tableros, así como incrementar sus funciones [2].

Los relevadores en los sistemas eléctricos de potencia son herramientas importantes para la seguridad y protección de los equipos y el transporte de la energía eléctrica en los alimentadores en redes de distribución o sub-transmisión cuyo trabajo es impedir que el flujo de corriente aumente excesivamente durante un fenómeno inesperado.

Los relevadores tienen conocimiento de una o varias características y están arregladas para mantenerse inactivos mientras estas no varían Al ocurrir una falla el relevador detecta y selecciona la característica del sistema que le conviene y actúa sobre otro sistema aparte cerrando o abriendo algún contacto que pertenezca al sistema de apertura o cierre del interruptor que corresponda para el aislamiento de la falla de la parte del sistema donde se creó [1].

La protección 50/51 tiene dos funciones de sobrecorrinete.

- Sobrecorrinete Instantánea 50
- Sobrecorrinete Temporizada 51

Los parámetros de calibración, para la función de sobre corriente temporizada son: Dial, Tap y de curva, mientras que para la función de sobrecorrinete instantánea solo se ajusta con la corriente de Tap [3].

El relevador de sobre corriente temporizado (51) puede estar conformado de diferentes cuervas.

- Inverso.
- Muy Inverso.
- Extremadamente Inverso.

Trasformadores de corriente (TC).

Los transformadores de corrientes o más conocidos como TC es un elemento eléctrico que permite tomar una corriente por su lado de alta y reflejarlas a valores más pequeños por su lado de baja, estos transformadores de corriente están siempre asociados al relé 50/51 dado que este permite enviar una relación de corriente por su lado secundario hacia el relé para que este interprete los datos de la corriente entregada.

Normativas

Las normativas proporcionan orientación e información en las cuales se establecen los límites de diseño para que los sistemas eléctricos cumplan con los estándares requeridos internacionalmente para su correcto funcionamiento asegurando la confiabilidad del servicio, garantías del sistema y seguridad del personal.

- Norma IEC 60255-3 relés de medidas y equipos de protección.
- Norma ANSI/IEEE C37.112-2018 estándar para ecuaciones de características de tiempo inverso para relés de sobrecorriente.
- Norma IEEE C57.13-2016 Requisitos del estándar para transformadores de medida.
- Norma IEC 60909 Corrientes de cortocircuito en sistemas de CA trifásicos.
- Norma IEEE C57.109 Guía para la duración de corrientes de falla a través de transformadores de potencia

OBJETIVOS:

GENERAL

- Coordinar los relevadores de protección de sobrecorriente 50/51 mediante la aplicación informática de desarrollada en Matlab para conocer los tiempos de operación que serán comparados con el ejercicio resuelto manualmente.

ESPECÍFICOS

- Desarrollar una tabla de resultados de los tiempos y corrientes del ejercicio propuesto.
- Coordinar los relevadores mediante la aplicación informática desarrollada en Matlab.
- Desarrollar un análisis de resultados entre los datos obtenidos
- Graficar las curvas de operación de los relevadores en el sistema.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

Realizar una investigación bibliográfica de los siguientes temas:

- Normativas IEC 60255-3 Relés de medida y equipo de protección
- Tipos de curvas de los Relés 50/51
- Elementos que intervienen (Dial, Tap y TC) para la coordinación del relé
- Método de escalonamiento de tiempo

LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES, RECURSOS:

MATERIALES:

- Computadora
- Aplicación informática descargada
- Matlab R2019a o versiones superiores

ADVERTENCIAS

En esta práctica se dará uso de una herramienta informática que ha sido desarrollada con el lenguaje de programación (m) por lo cual no debe ser modificado en su código de programación ya que podrían conllevar a errores de resultados.

INSTRUCCIONES:

- Establecer un cronograma de actividades
- Leer previamente el manual de usuario para el uso de la herramienta informática

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51

Una vez ya realizado el Ejercicio #2 demostrado a continuación.

Para el sistema que se muestra en la figura y a partir de los datos que se le entregan realizar lo siguiente.

1. Calcular la corriente nominal y los niveles de cortocircuito trifásico en cada interruptor.

2. Seleccione el valor de transformación del TCs.

3. Determinar los valores del ajuste de activación, el tiempo y los ajustes instantáneos de todos los relés de fase para garantizar una disposición de protección coordinada.

4. Dibujar las características de corriente de tiempo de los relés en el sistema.

Tener en cuenta las siguientes consideraciones:

5.1. El margen de discriminación es 0,5s

5.2. Todos los relés tienen características como se muestra en la figura.

5.3. Datos del sistema:

- Seteado de la Pick-up

- Tiempo de seteado del Dial: como en la figura
- Todos los relevadores son de tipo IEC Normal Inversa

$t = \frac{k\beta}{(I/I_S)^{\alpha}-1} + L$ t: Tiempo de operación del relevador (s)

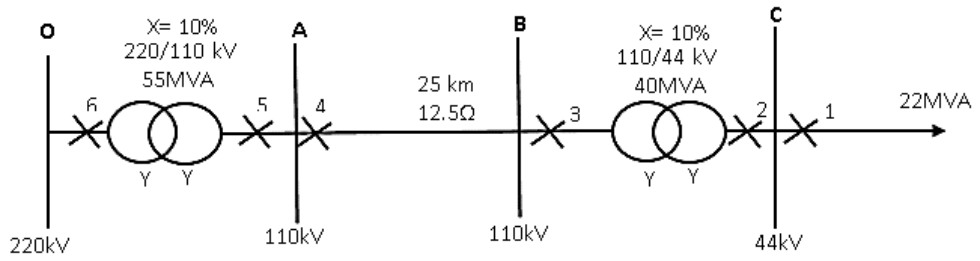
k: DIAL o ajuste del multiplicador de tiempo

I: Nivel de corriente de falla en A secundario.

I_s: TAP o corriente de puesta en marcha seleccionada.

α,β,L: Constantes.

Curvas Estandarizadas.	α	B	L
IEC Normal Inversa	0.02	0.14	0



- Desarrollar una base de datos con resultados obtenidos del cálculo manual del ejercicio propuesto en la siguiente tabla.

RELÉ	**TAP 51**	I_{sc} **Sec.** ***(A)*** **(50)**	**DIAL**	**CTR**	**VOLTAJE (kV)**	$I_{3\Phi}$ **(A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEMPO OP. (50)**	**DELTA TIEMPO**

- Desarrollar una base de datos con resultados obtenidos mediante la aplicación informática con el mismo modela de la tabla anterior.
- Comparar los resultados y describir el porcentaje de variación entre ambos resultados respecto al tiempo de operación y diferencial de tiempo (Tiempo Delta).

- Realizar la gráfica de los relevadores coordinados en el sistema.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- **Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51**

.

CONCLUSIONES:

-

RECOMENDACIONES:

-

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

[1] J. R. Cervantes Vega, «Colección Digital,» Junio 2000. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/7718/1/1020133300.PDF. [Último acceso: 22 08 2020].

[2] E. Cueva, «Sulderplayer,» 2014. [En línea]. Available: https://slideplayer.es/slide/1588280/. [Último acceso: 29 08 2020].

[3] I. Calero, «Bibdigital.epn,» 2008, 07. [En línea]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/710. [Último acceso: 29 08 2020].

ANEXO IV: Guía de practica 3.

GUÍA PRÁCTICA ALUMNO					
FACULTAD:	CIYA	**CARRERA:**	INGENIRIA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	**PERÍODO ACADÉMICO**	20-20	**NIVEL**	7mo
DOCENTE:	Msc. Ing. Xavier Proaño	**FECHA:**		**PRÁCTICA N°:**	3
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		Laboratorio de Protecciones Eléctricas.			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	COORDINACIÓN DE LOS RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE 50/51 DEL EJERCICIO #3.				

Relevador de Sobre corriente 50/51.

Un relevador eléctrico es un dispositivo que, colocado en un circuito eléctrico produce cambios en otro o en su propio circuito [1].

En la mayoría de los tableros de protección, control y medición construidos hasta 1980, se encuentran operando relevadores de sobrecorriente del tipo electromagnético (monofásico). Con el avance de la tecnología se ha incrementado la producción de relevadores de estado sólido o microprocesado. Lográndose una reducción considerable en el espacio empleado en los tableros, así como incrementar sus funciones [2].

Los relevadores en los sistemas eléctricos de potencia son herramientas importantes para la seguridad y protección de los equipos y el transporte de la energía eléctrica en los alimentadores en redes de distribución o sub-transmisión cuyo trabajo es impedir que el flujo de corriente aumente excesivamente durante un fenómeno inesperado.

Los relevadores tienen conocimiento de una o varias características y están arregladas para mantenerse inactivos mientras estas no varían Al ocurrir una falla el relevador detecta y selecciona la característica del sistema que le conviene y actúa sobre otro sistema aparte cerrando o abriendo algún contacto que pertenezca al sistema de apertura o cierre del interruptor que corresponda para el aislamiento de la falla de la parte del sistema donde se creó [1].

La protección 50/51 tiene dos funciones de sobrecorrinete.

- Sobrecorrinete Instantánea 50
- Sobrecorrinete Temporizada 51

Los parámetros de calibración, para la función de sobre corriente temporizada son: Dial, Tap y de curva, mientras que para la función de sobrecorrinete instantánea solo se ajusta con la corriente de Tap [3].

El relevador de sobre corriente temporizado (51) puede estar conformado de diferentes cuervas.

- Inverso.
- Muy Inverso.
- Extremadamente Inverso.

Trasformadores de corriente (TC).

Los transformadores de corrientes o más conocidos como TC es un elemento eléctrico que permite tomar una corriente por su lado de alta y reflejarlas a valores más pequeños por su lado de baja, estos transformadores de corriente están siempre asociados al relé 50/51 dado que este permite enviar una relación de corriente por su lado secundario hacia el relé para que este interprete los datos de la corriente entregada.

Normativas

Las normativas proporcionan orientación e información en las cuales se establecen los límites de diseño para que los sistemas eléctricos cumplan con los estándares requeridos internacionalmente para su correcto funcionamiento asegurando la confiabilidad del servicio, garantías del sistema y seguridad del personal.

- Norma IEC 60255-3 relés de medidas y equipos de protección.
- Norma ANSI/IEEE C37.112-2018 estándar para ecuaciones de características de tiempo inverso para relés de sobrecorriente.
- Norma IEEE C57.13-2016 Requisitos del estándar para transformadores de medida.
- Norma IEC 60909 Corrientes de cortocircuito en sistemas de CA trifásicos.
- Norma IEEE C57.109 Guía para la duración de corrientes de falla a través de transformadores de potencia

OBJETIVOS:

GENERAL

- Coordinar los relevadores de protección de sobrecorriente 50/51 mediante la aplicación informática de desarrollada en Matlab para conocer los tiempos de operación que serán comparados con el ejercicio resuelto manualmente.

ESPECÍFICOS

- Desarrollar una tabla de resultados de los tiempos y corrientes del ejercicio propuesto.
- Coordinar los relevadores mediante la aplicación informática desarrollada en Matlab.
- Desarrollar un análisis de resultados entre los datos obtenidos
- Graficar las curvas de operación de los relevadores en el sistema.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

Realizar una investigación bibliográfica de los siguientes temas:

- Normativas IEC 60255-3 Relés de medida y equipo de protección
- Tipos de curvas de los Relés 50/51
- Elementos que intervienen (Dia, Tap y TC) para la coordinación del relé
- Método de escalonamiento de tiempo
- Ajuste de las unidades de sobre corriente instantáneas.

LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES, RECURSOS:

MATERIALES:

- Computadora
- Aplicación informática descargada
- Matlab R2019a o versiones superiores

ADVERTENCIAS

En esta práctica se dará uso de una herramienta informática que ha sido desarrollada con el lenguaje de programación (m) por lo cual no debe ser modificado en su código de programación ya que podrían conllevar a errores de resultados.

INSTRUCCIONES:

- Establecer un cronograma de actividades
- Leer previamente el manual de usuario para el uso de la herramienta informática

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51

Una vez ya realizado el Ejercicio #2 que se muestra a continuación.

Para el sistema que se muestra en la figura , calcule lo siguiente:

1. La relación de transformación de los TC asociados a los interruptores 1 a 8, dado que los giros primarios son múltiplos de 100, excepto el TC del interruptor número 9, que tiene una relación de 250/5.

2. Supongamos que la carga total conectada a cada TC es 1 y que se utilizan clase de C100.

3. El ajuste de los elementos instantáneos, y pick-up y los ajustes de dial y del reloj de los relés para garantizar una disposición de protección coordinada, que permita un margen de dicriminación de 0,4 s.

4. El porcentaje de la línea de 34,5 k V protegida por el elemento instantáneo del relé de sobrecorriente asociado al interruptor 6.

Informacion adicional:

1. Las impedancias p.u. se calculan sobre las siguientes bases:

V= 34.5 kV

P= 100 MVA

2. Los ajustes del relé 7 son:

Pick-um = 4A

Tiempo del Dial = 0.3

Instantanio = 1100 A de corriente primaria

3. Todos los relés tienen una característica de tiempo muy inversa de la IEC con los valores dados en la tabla

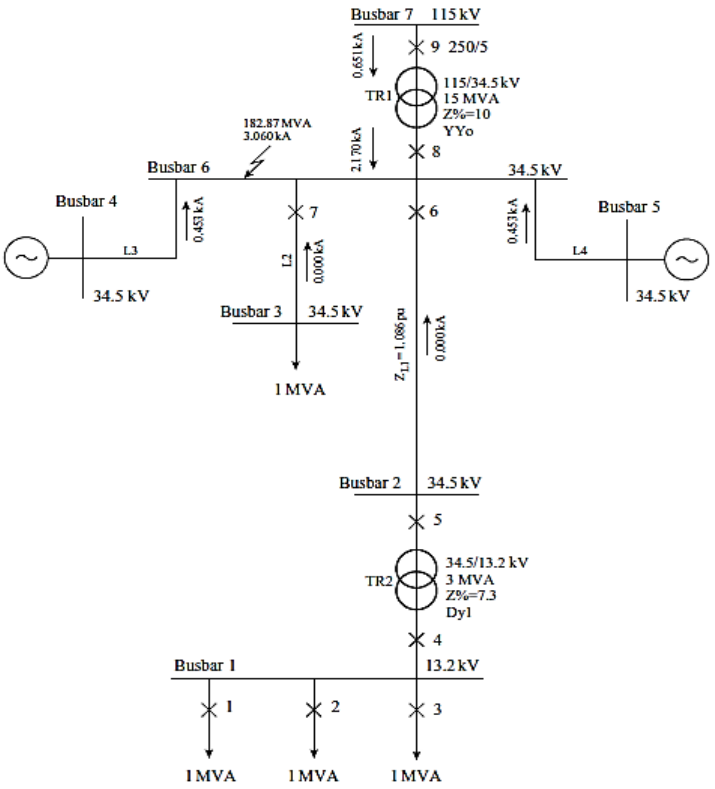
4. Datos de los relés:

Ajuste de Pick-up = 1 a 12A en pasos de 1A

Ajuste del dial de tiempo = 0.05 a 1 en pasos de 0.05

5. La corrientes de cortocircuito MVA, para una falla en la barra colectora de 34,5 k V en la subestación A, se muestran en la figura

Curvas Estandarizadas.	α	β	L
IEC Muy Inversa	1	13.5	0



- Desarrollar una base de datos con resultados obtenidos del cálculo manual del ejercicio propuesto en la siguiente tabla.

RELÉ	**TAP 51**	**I_{sc} Sec. *(A)* (50)**	**DIAL**	**C T R**	**VOL TAJE (kV)**	**$I_{3\Phi}$ (A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEM PO OP. (50)**	**DELT A TIEM PO**

- Desarrollar una base de datos con resultados obtenidos mediante la aplicación informática con el mismo modela de la tabla anterior.
- Comparar los resultados y describir el porcentaje de variación entre ambos resultados respecto al tiempo de operación y diferencial de tiempo (Tiempo Delta).
- Grafica de las curvas coordinadas.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- **Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51**

.

CONCLUSIONES:

-

RECOMENDACIONES:

-

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

[1] J. R. Cervantes Vega, «Colección Digital,» Junio 2000. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/7718/1/1020133300.PDF. [Último acceso: 22 08 2020].

[2] E. Cueva, «Sulderplayer,» 2014. [En línea]. Available: https://slideplayer.es/slide/1588280/. [Último acceso: 29 08 2020].

[3] I. Calero, «Bibdigital.epn,» 2008, 07. [En línea]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/710. [Último acceso: 29 08 2020].

ANEXO V: Guía de practica 4.

GUÍA PRÁCTICA ALUMNO					
FACULTAD:	CIYA	**CARRERA:**	INGENIRIA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	**PERÍODO ACADÉMICO**	20-20	**NIVEL**	7mo
DOCENTE:	Msc. Ing. Xavier Proaño	**FECHA:**		**PRÁCTICA N°:**	4
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		Laboratorio de Protecciones Eléctricas.			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	COORDINACIÓN DE LOS RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE 50/51 DEL EJERCICIO #4.				

Relevador de Sobre corriente 50/51.

Un relevador eléctrico es un dispositivo que, colocado en un circuito eléctrico produce cambios en otro o en su propio circuito [1].

En la mayoría de los tableros de protección, control y medición construidos hasta 1980, se encuentran operando relevadores de sobrecorriente del tipo electromagnético (monofásico). Con el avance de la tecnología se ha incrementado la producción de relevadores de estado sólido o microprocesado. Lográndose una reducción considerable en el espacio empleado en los tableros, así como incrementar sus funciones [2].

Los relevadores en los sistemas eléctricos de potencia son herramientas importantes para la seguridad y protección de los equipos y el transporte de la energía eléctrica en los alimentadores en redes de distribución o sub-transmisión cuyo trabajo es impedir que el flujo de corriente aumente excesivamente durante un fenómeno inesperado.

Los relevadores tienen conocimiento de una o varias características y están arregladas para mantenerse inactivos mientras estas no varían Al ocurrir una falla el relevador detecta y selecciona la característica del sistema que le conviene y actúa sobre otro sistema aparte cerrando o abriendo algún contacto que pertenezca al sistema de apertura o cierre del interruptor que corresponda para el aislamiento de la falla de la parte del sistema donde se creó [1].

La protección 50/51 tiene dos funciones de sobrecorrinete.

- Sobrecorrinete Instantánea 50
- Sobrecorrinete Temporizada 51

Los parámetros de calibración, para la función de sobre corriente temporizada son: Dial, Tap y de curva, mientras que para la función de sobrecorrinete instantánea solo se ajusta con la corriente de Tap [3].

El relevador de sobre corriente temporizado (51) puede estar conformado de diferentes cuervas.

- Inverso.
- Muy Inverso.
- Extremadamente Inverso.

Trasformadores de corriente (TC).

Los transformadores de corrientes o más conocidos como TC es un elemento eléctrico que permite tomar una corriente por su lado de alta y reflejarlas a valores más pequeños por su lado de baja, estos transformadores de corriente están siempre asociados al relé 50/51 dado que este permite enviar una relación de corriente por su lado secundario hacia el relé para que este interprete los datos de la corriente entregada.

Normativas

Las normativas proporcionan orientación e información en las cuales se establecen los límites de diseño para que los sistemas eléctricos cumplan con los estándares requeridos internacionalmente para su correcto funcionamiento asegurando la confiabilidad del servicio, garantías del sistema y seguridad del personal.

- Norma IEC 60255-3 relés de medidas y equipos de protección.
- Norma ANSI/IEEE C37.112-2018 estándar para ecuaciones de características de tiempo inverso para relés de sobrecorriente.
- Norma IEEE C57.13-2016 Requisitos del estándar para transformadores de medida.
- Norma IEC 60909 Corrientes de cortocircuito en sistemas de CA trifásicos.
- Norma IEEE C57.109 Guía para la duración de corrientes de falla a través de transformadores de potencia

OBJETIVOS:

GENERAL

- Coordinar los relevadores de protección de sobrecorriente 50/51 mediante la aplicación informática de desarrollada en Matlab para conocer los tiempos de operación que serán comparados con el ejercicio resuelto manualmente.

ESPECÍFICOS

- Desarrollar una tabla de resultados de los tiempos y corrientes del ejercicio propuesto.
- Coordinar los relevadores mediante la aplicación informática desarrollada en Matlab.
- Desarrollar un análisis de resultados entre los datos obtenidos
- Graficar las curvas de operación de los relevadores en el sistema.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

Realizar una investigación bibliográfica de los siguientes temas:

- Normativas IEC 60255-3 Relés de medida y equipo de protección
- Tipos de curvas de los Relés 50/51
- Elementos que intervienen (Dia, Tap y TC) para la coordinación del relé
- Método de escalonamiento de tiempo
- Ajuste de las unidades de sobre corriente instantáneas.

LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES, RECURSOS:

MATERIALES:

- Computadora
- Aplicación informática descargada
- Matlab R2019a o versiones superiores

ADVERTENCIAS

En esta práctica se dará uso de una herramienta informática que ha sido desarrollada con el lenguaje de programación (m) por lo cual no debe ser modificado en su código de programación ya que podrían conllevar a errores de resultados.

INSTRUCCIONES:

- Establecer un cronograma de actividades
- Leer previamente el manual de usuario para el uso de la herramienta informática

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51

Realizar el Ejercicio #4 únicamente mediante la aplicación CPSElectric.

Para el sistema que se muestra en la figura y a partir de los datos que se le entregan realizar lo siguiente.

1. Calcular la corriente nominal y los niveles de cortocircuito trifásico en cada interruptor.

2. Seleccione el valor de transformación del TCS.

3. Determinar los valores del ajuste de activación, el tiempo y los ajustes instantáneos de todos los relés de fase para garantizar una disposición de protección coordinada.

4. Tener en cuenta las siguientes consideraciones:

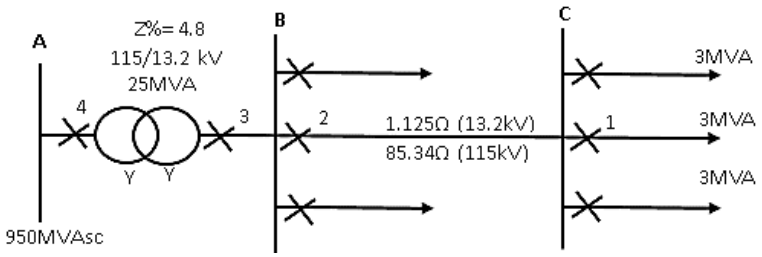
5.1. El margen de discriminación 0.5s

5.2. Todos los relés tienen características como se muestra en la figura.

5.3. Datos los relés:

- Los relevadores no poseen Instantaneos (50).

- Cada relevador debe tener una curva diferente utilizando una sola o ambas normas.
- El diferencial de tiempo (Tiempo Delta) debe estar en el rango de 0.5 a 0.59 como máximo en el margen de discriminación.



- Realizar un resumen de los datos obtenidos en la siguiente tabla.

RELÉ	**TAP 51**	**I_{sc} Sec. *(A)* (50)**	**DIAL**	**CTR**	**VOLTAJE (kV)**	**$I_{3\Phi}$ (A)**	**TIPO DE CURVA**	**TIEMPO OP. (50)**	**DELTA TIEMPO**

- Realizar la gráfica de las curvas coordinadas.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- **Coordinación de los relevadores de sobrecorriente 50/51**

.

CONCLUSIONES:

-

RECOMENDACIONES:

-

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

[1] J. R. Cervantes Vega, «Colección Digital,» Junio 2000. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/7718/1/1020133300.PDF. [Último acceso: 22 08 2020].

[2] E. Cueva, «Sulderplayer,» 2014. [En línea]. Available: https://slideplayer.es/slide/1588280/. [Último acceso: 29 08 2020].

[3] I. Calero, «Bibdigital.epn,» 2008, 07. [En línea]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/710. [Último acceso: 29 08 2020].

ANEXO VI: Manual de usuario para el manejo del programa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CALIBRACIÓN Y COORDINACION DEL RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE 50/51."

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia.

MANUAL DEL USUARIO

Autores:

Castillo Cisneros Cristian Jefferson

Rosales Cueva Geovanny Enrique

Tutor:

Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso

Latacunga - Ecuador

Septiembre 2020

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN DEL MANUAL DEL USUARIO……...3
2. PANTALLA DE TRABAJO……..3
2.1. Designación de los Botones para la pestaña de coordinación.……4
2.2. Designación de los Botones para la pestaña de resumen.……...8
2.3. Designación de los Botones para la pestaña de Grafica de resumen……... 10
3. PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN CPSElectric. 11
4. PROCEDIMIENTO DEL MANEJO DEL PROGRAMA…… ……....14
5. FINALIZACIÓN……..……20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logotipo de la aplicación CPSElectric. 3
Figura 2. Tabla para el ingreso de los valores para los relevadores. 4
Figura 3. Botón cambiar. 4
Figura 4. Botón para la selección de los TCs. 5
Figura 5. Botón para la selección de curvas Normalizadas. 5
Figura 6. Botón para selección del listado de los pasos para el Dial. 5
Figura 7. Botón para la selección del Dial. 6
Figura 8. Botón Guardar. 6
Figura 9. Botón para graficar las curvas a coordinar. 6
Figura 10. Tabla para las curvas de daño del transformador. 7
Figura 11. Campo para la visualización del diferencial del tiempo. 7
Figura 12. Campo editable designar la corriente de falla. 7
Figura 13. Display para visualización las curvas, corrientes y tiempos. 8
Figura 14. Campo editable para el ingreso del voltaje de referencia. 8
Figura 15. Tabla para los resultados de la coordinación de los relevadores. 9
Figura 16. Tabla de resultados del transformador. 9
Figura 17. Botón para borrar y reiniciar la calibración. 9
Figura 18. Botón Quitar. 10
Figura 19. Display para visualización las curvas, corrientes y tiempos. 10
Figura 20. Campo editable para el ingreso del voltaje de referencia. 10
Figura 21. Botón para graficar las curvas a coordinar. 11
Figura 22. Carpetas asociadas para la instalación y ejecución de la aplicación CPSElectric. 11
Figura 23. Instalador de la aplicación CPSElectric. 11
Figura 24. Primera ventana de instalación. 12
Figura 25. Segunda ventana de instalación. 12
Figura 26. Porcentaje de instalación. 12
Figura 27. Ventana final de instalación. 12
Figura 28. Archivos descargados posterior a la instalación. 13
Figura 29. Ejecutable de la aplicación CPSElectric. 13
Figura 30. Ventana para la coordinación de la protección de sobrecorriente 50/51. 14
Figura 31. Tabla para el ingreso de datos de los relevadores. 14
Figura 32. Iconos para la selección de las curvas, pasos del Dial y valores del Dial. 15
Figura 33. Grafica de la coordinación entre 2 relevadores. 15
Figura 34. Campo para la visualización del diferencial de tiempo (tiempo marginal.) 16
Figura 35. Campo para el ingreso del Voltaje de referencia. 16
Figura 36. Display para visualizar la coordinación de las curvas. 16
Figura 37. Coordinación completa de los 2 primeros relevadores. 17
Figura 38. Campo para el ingreso de la corriente de falla que se desee ver en el Display. 17
Figura 39. Representación gráfica de la corriente de falla en el Display 18
Figura 40. Coordinación para los siguientes relevadores. 18
Figura 41. Ingreso de la corriente de galla designado a cada relevador. 19
Figura 42. Tabla de resumen en el que se encuentra los resultados y características de cada relevador. 19
Figura 43. Display para la visualización de la coordinación de todas las curvas de los relevadores en el sistema 20

1. INTRODUCCIÓN DEL MANUAL DEL USUARIO

La aplicación CPSElectric es una herramienta informática que sirve para la coordinación del relevador de protección de sobre corriente 50/51, de tal manera nos permitan observar las curvas de operación, que normalmente las realizan mediante softwares para el análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia y Coordinación de Protecciones Eléctricas.

Aportando con esto una herramienta que facilite a ayudar a la comunidad Universitaria de la Carrera de Ingeniería eléctrica dado que busca una visualización gráfica de las curvas para la coordinación de los Relevadores 50/51.

Figura 1. Logotipo de la aplicación CPSElectric.

Fuente: Autores.

Para el uso de esta aplicación para realizar prácticas del laboratorio sobre la coordinación y calibración de relevador 50/51, es necesario que el estudiante tenga conocimiento previo a este tema.

2. PANTALLA DE TRABAJO

La pantalla de trabajo está conformada por 3 pestañas que son coordinación, resumen y graficas de resumen, para lograr dar un mayor orden al proceso de ejecución para coordinación de los relevadores permitiendo realizar un sin números de prácticas de forma didáctica a través de sus diferentes botones para cambiar los valores de entrada según como se desee.

2.1. Designación de los Botones para la pestaña de coordinación.

- **Tabla de relés.**

La tabla de la figura 2 permite ingresar valores para la calibración de cada relé el cual consiste entre 2 curvas para su coordinación.

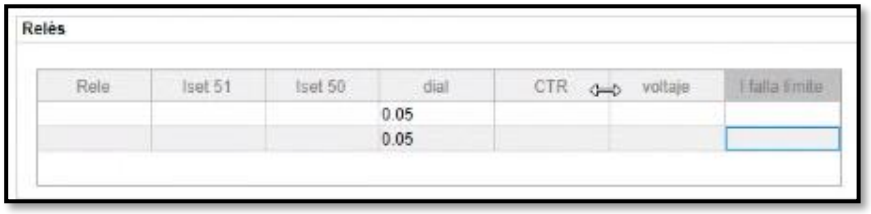


Figura 2. Tabla para el ingreso de los valores para los relevadores.

Fuente: Autores.

- **Cambiar**

En la figura 3 se encentra el botón cambiar que cumple con la función de invertir el orden de los relevadores dentro de la tabla de los relés.

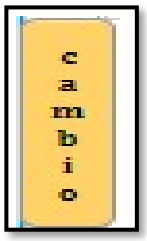


Figura 3. Botón cambiar.

Fuente: Autores.

- **Relaciones (TC)**

En la figura 4 consta de una lista que incluye los valores normalizados para la selección de los TC´s según la norma IEEE C57.13-2016.

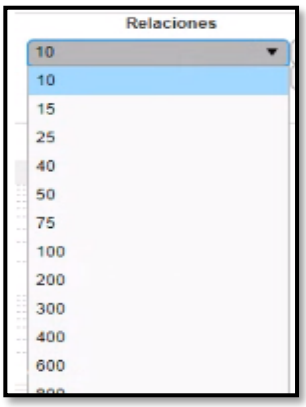


Figura 4. Botón para la selección de los TCs.

Fuente: Autores.

- **Tipos de Curvas**

En la figura 5 consta de una lista que incluye las curvas normalizadas para su selección según la norma IEC 60255-3 e ANSI/IEEE C37.112-2018.

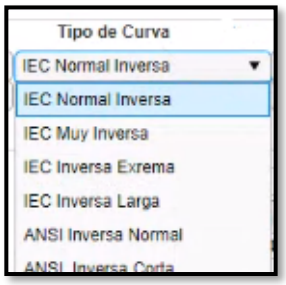


Figura 5. Botón para la selección de curvas Normalizadas.

Fuente: Autores.

- **Pasos**

En la figura 6 consta de los pasos para la selección en el incremento del Dial.

Figura 6. Botón para selección del listado de los pasos para el Dial.

Fuente: Autores.

- **Dial**

En la figura 7 se muestra el botones para incrementar o disminuir el Dial dependiendo su Paso.

Figura 7. Botón para la selección del Dial.

Fuente: Autores.

- **Guardar**

En la figura 8 se muestra el botones Guardar que cumple con la función de almacenar los últimos valores agregados en la tabla y tiempos calculados.

Figura 8. Botón Guardar.

Fuente: Autores.

- **Graficar**

En la figura 9 se muestra el botón Graficar el cual nos permite visualizar la coordinación entre 2 curvas.

Figura 9. Botón para graficar las curvas a coordinar.

Fuente: Autores.

- **Tabla Transformadores**

En la figura 10 se muestra la tabla para el ingreso de datos para graficar la curva de daño del transformador.

Figura 10. Tabla para las curvas de daño del transformador.

Fuente: Autores.

- **Tiempo Delta (t2-t1)**

En la figura 11 se muestra el diferencial de tiempo entre el tiempo de operación de la corriente del instantáneo 1 en relación a la curva del relevador 2.

Figura 11. Campo para la visualización del diferencial del tiempo.

Fuente: Autores.

- **Corriente de Falla (I falla).**

En la figura 12 se muestra el campo editable para el ingreso de la corriente de falla que se desea visualizar en la gráfica.

Figura 12. Campo editable designar la corriente de falla.

Fuente: Autores.

- **Tiempo versus Corriente (Tiempo vs Corriente)**

En la figura 13 se muestra el display para la visualización de las curvas representado en un eje coordenadas de tiempo y corriente.

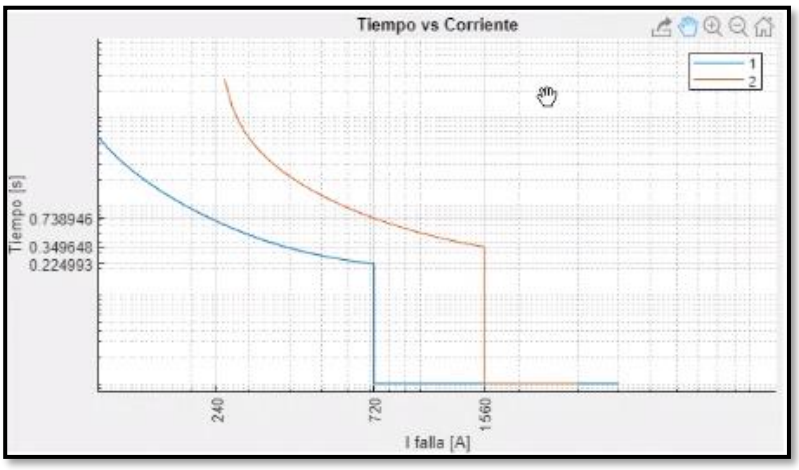


Figura 13. Display para visualización las curvas, corrientes y tiempos.

Fuente: Autores.

- **Voltaje reflejado (V. ref)**

En la figura 14 se muestra el campo editable para el ingreso del voltaje de reflejo en el que se desea visualizar en la gráfica.

Figura 14. Campo editable para el ingreso del voltaje de referencia.

Fuente: Autores.

2.2. Designación de los Botones para la pestaña de resumen.

- **Tabla relés.**

En la figura 15 se muestra la tabla de resultados de la coordinación de los relevadores que fueron guardados previamente.

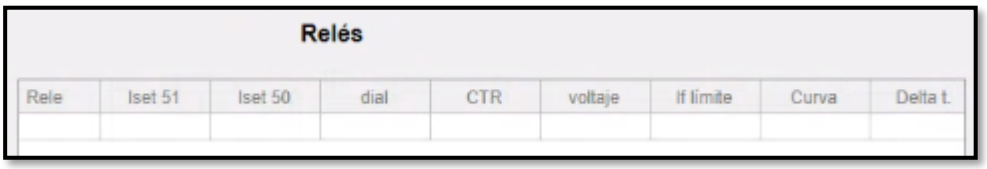


Figura 15. Tabla para los resultados de la coordinación de los relevadores.

Fuente: Autores.

- **Tabla Transformadores.**

En la figura 16 se muestra la tabla de resultados de transformador que fueron guardados previamente.

Figura 16. Tabla de resultados del transformador.

Fuente: Autores.

- **Limpiar.**

En la figura 17 se muestra el botón limpiar el cual sirve para reiniciar el proceso de coordinación borrando todos los datos de la coordinación antes guardados.

Figura 17. Botón para borrar y reiniciar la calibración.

Fuente: Autores.

- **Quitar**

En la figura 18 se encentra el botón Quitar el cual cumple con la función de borrar la última fila de la coordinación de los relevadores que se encuentran en la tabla de resultados.

Figura 18. Botón Quitar.

Fuente: Autores.

2.3. Designación de los Botones para la pestaña de Grafica de resumen

- **Tiempo versus corriente de falla (Tiempo vs Corriente de falla)**

En la figura 19 se muestra el display para la visualización de las curvas representado en un eje coordenadas de tiempo y corriente.

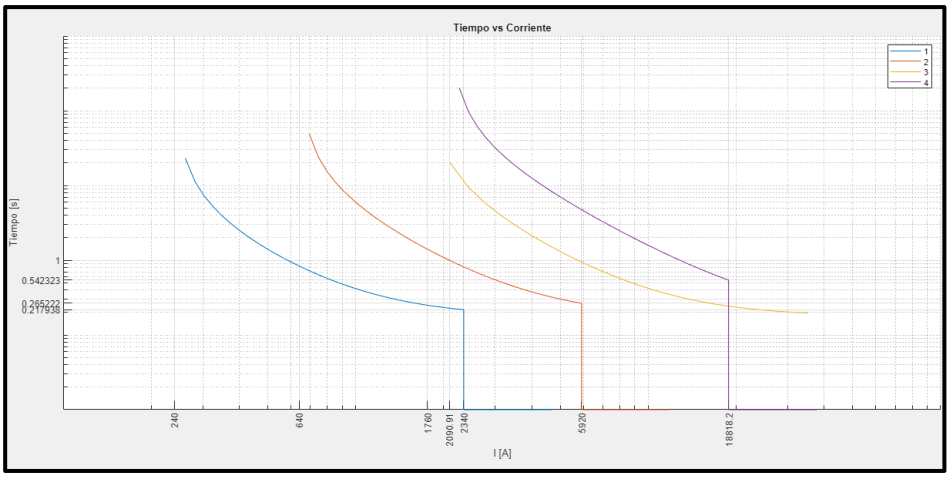


Figura 19. Display para visualización las curvas, corrientes y tiempos.

Fuente: Autores.

- **Voltaje Reflejado (V. ref).**

En la figura 20 se muestra el campo editable para el ingreso del voltaje de reflejo en el que se desea visualizar en la gráfica.

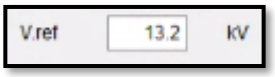


Figura 20. Campo editable para el ingreso del voltaje de referencia.

Fuente: Autores.

- **Graficar.**

En la figura 21 se muestra el botón Graficar el cual nos permite visualizar la coordinación entre 2 curvas.

Figura 21. Botón para graficar las curvas a coordinar.

Fuente: Autores.

3. PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN CPSElectric.

La aplicación consta de un de tres carpetas, para lograr su instalación se debe dirigir a la carpeta for_redistribution el cual contiene el archivo ¨MyAppInstaller_web.exe¨ qué deber ser ejecutado para su instalación.

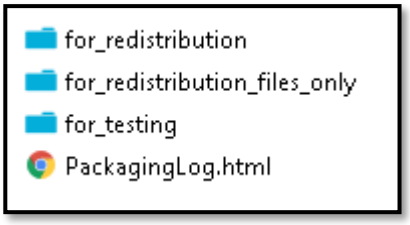


Figura 22. Carpetas asociadas para la instalación y ejecución de la aplicación CPSElectric.

Fuente: Autores.

Figura 23. Instalador de la aplicación CPSElectric.

Fuente: Autores.

Ya ejecutado el instalador se despliega una ventana de instalación en el cual se debe pulsar el botón ¨Next¨ y al llegar al segundo paso se eligira mediante el botón ¨Browse¨ el lugar donde se desea guardar el ejecutable.

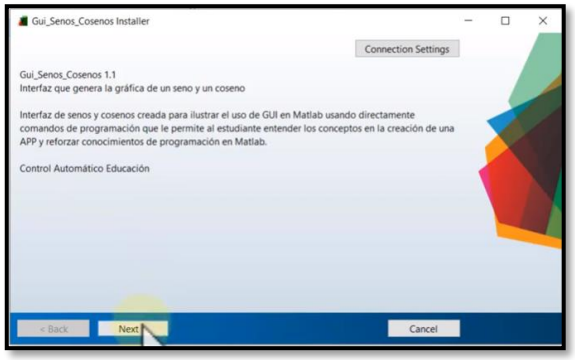


Figura 24. Primera ventana de instalación.

Fuente: Autores.

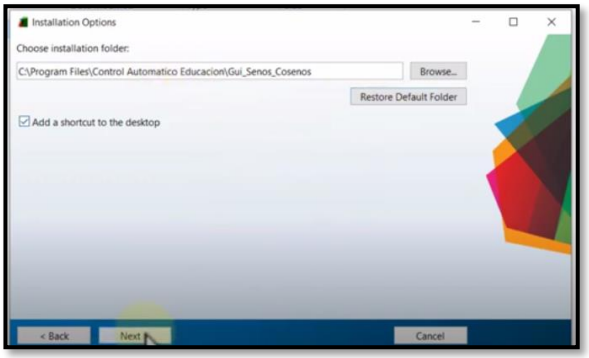


Figura 25. Segunda ventana de instalación.

Fuente: Autores.

En la tercera pulsamos ¨Nexst¨ ya que en este paso se instalará todo lo necesario que se necesita de Matlab y ya en el cuarto paso pulsamos instalar, lo cual se demora en un promedio de 10 a 20 minutos para completar la instalación al 100% y pulsar finish una vez completada la instalación.

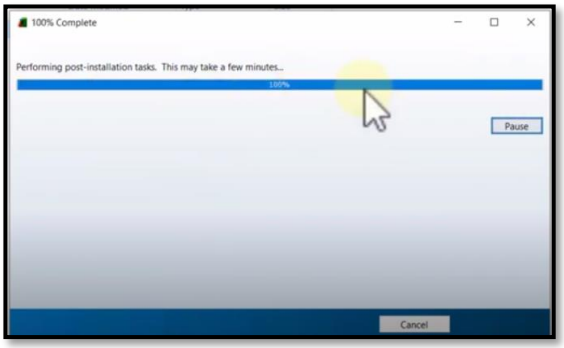


Figura 26. Porcentaje de instalación.

Fuente: Autores.

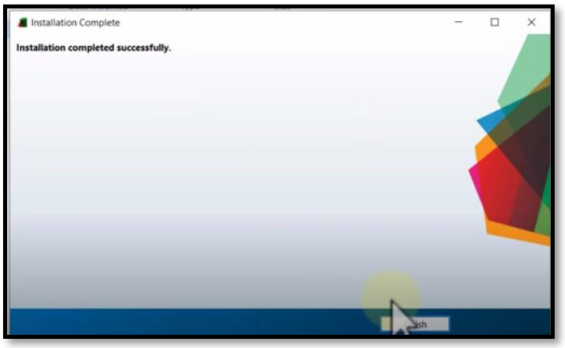


Figura 27. Ventana final de instalación.

Fuente: Autores.

Luego de esto nos dirigimos al lugar donde designamos guardar el ejecutable en el segundo paso, encontrando cuatro archivos y entre ellos dar doble clic al documento CPSElectric.exe para la apertura de la aplicación.

Nota: Al momento de abrir la aplicación por primera vez este demorara cerca de 2 a 3 minutos para aparecer en la pantalla del computador.

.

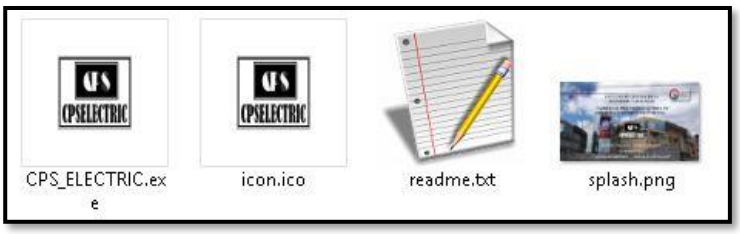


Figura 28. Archivos descargados posterior a la instalación.

Fuente: Autores.

Figura 29. Ejecutable de la aplicación CPSElectric.

Fuente: Autores.

Una vez ejecutado se nos despliega la ventana de programación con 3 funciones que son:

- Coordinación.
- Resumen.
- Graficas de Resumen.

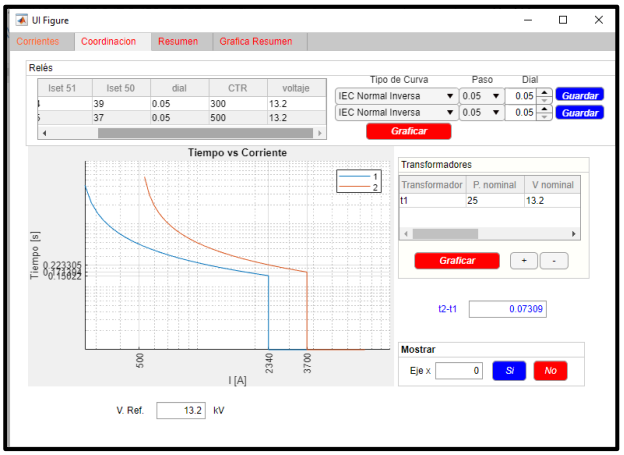


Figura 30. Ventana para la coordinación de la protección de sobrecorriente 50/51.

Fuente: Autores.

4. PROCEDIMIENTO DEL MANEJO DEL PROGRAMA.

1.1.Coordinación:

Una vez calculado los datos del Iset 51, Iset 50, Dial, CTR y I.falla, procedemos a ingresar estos valores en la tabla llamada Relés, para el ingreso de los resultados obtenidos de los ejercicios propuestos se debe realizar de forma ascendente (Aguas arriba), empezando del Relevador 1 en su fila correspondiente digitar cada parámetro solicitado como son la Iset 51 en (A), Iset 50 en (A), el dial; como se inicia desde el primer Relevador el dato del dial debe ser el valor más bajo, dependiendo el tipo de curva normalizada. Ya ingresado los datos del primer relé se debe dirigir al botón tipo de curva donde se encuentra los distintos tipos de curvas para seleccionar una de estas según sea el caso.

Relés

Rele	Iset 51	Iset 50	dial	CTR	voltaje
1	4	39	0.5	300	13.2
2	4	37	1	800	13.2

Figura 31. Tabla para el ingreso de datos de los relevadores.

Fuente: Autores.

Además, cuando se selecciona el tipo de curva estos dan las opciones de los diales y sus pasos disponibles para los diferentes tipos de curva. Mientras los diales para los distintos tipos de curva se basan a las Normas IEC e IEEE, para la norma IEC se tiene valores que inicia desde el 0.1 a 1 en pasos de 0.1 y de 0.05 a 1 en pasos de 0.05 y también para la Norma IEEE/ANSI con valores que inician en 1 a 11 en pasos de 1 y de 0.5 a 11 en pasos de 0.5.

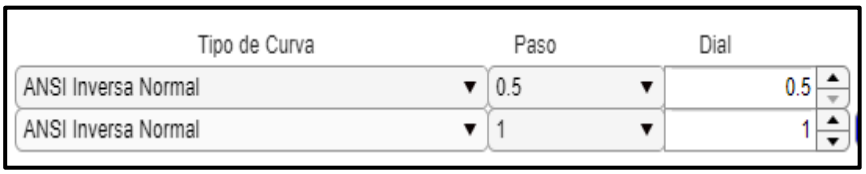


Figura 32. Iconos para la selección de las curvas, pasos del Dial y valores del Dial.

Fuente: Autores.

Una vez ya digitado los valores del relé 1 se procede a ingresar los valores del relé 2 por lo cual se debe respetar el mismo procedimiento anterior y se pulsa el botón de graficar para visualizar las gráficas de las curvas en la pantalla.

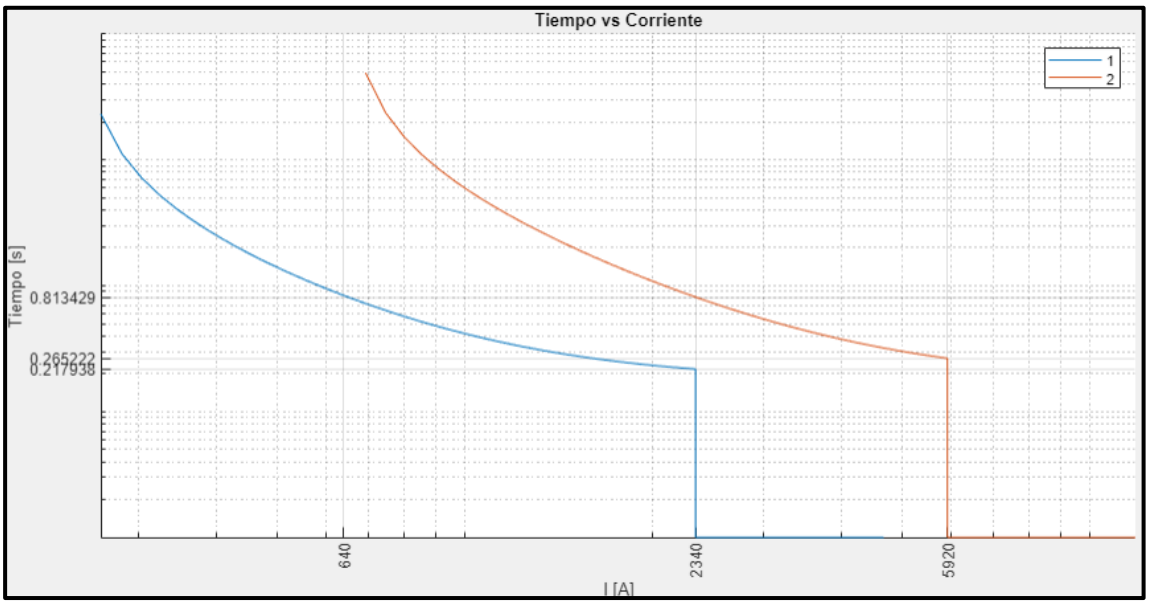


Figura 33. Grafica de la coordinación entre 2 relevadores.

Fuente: Autores.

Nota 1

La única diferencia que en este Relevador 2 se debe aumentar el valor del dial hasta encontrar el tiempo de discriminación deseado (t2- t1) entre las curvas.

Voltaje de reflejo: Es el voltaje al cual se desea reflejar las corrientes del sistema.

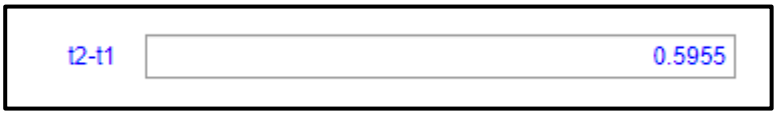


Figura 34. Campo para la visualización del diferencial de tiempo (tiempo marginal.)

Fuente: Autores.

Figura 35. Campo para el ingreso del Voltaje de referencia.

Fuente: Autores.

Tiempo vs corriente: Se podrá observar las curvas que ya son creadas por el programa con los datos antes ingresados y sus tiempos de operación del Iset 50.

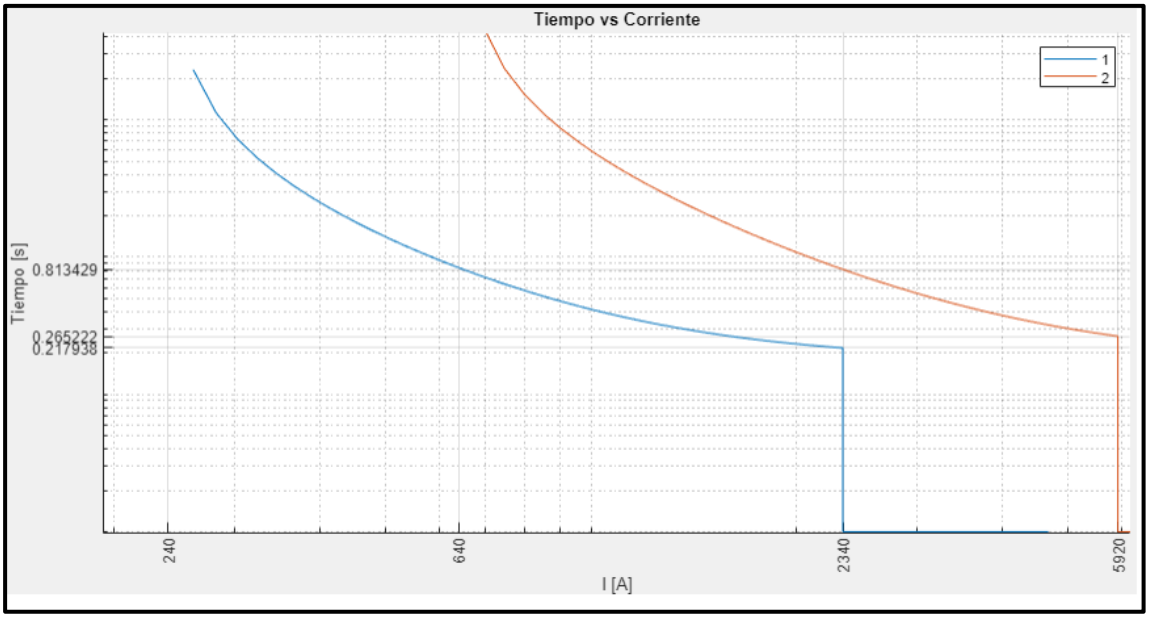


Figura 36. Display para visualizar la coordinación de las curvas.

Fuente: Autores.

Nota 2

Una vez calibrado y coordinado se podrá guardar con los botones “GUARDAR” en una tabla de resultados que se encuentra en la pestaña “RESUMEN”.

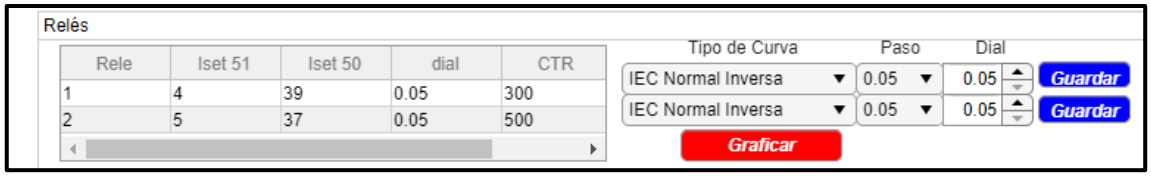


Figura 37. Coordinación completa de los 2 primeros relevadores.

Fuente: Autores.

Nota 3

Corriente de Falla

Si se desea observar una corriente de falla en cualquier punto del plano se ingresará el valor de la corriente en (A), ya graficado se podrá observar en qué sección de la curva se encuentra reflejada la corriente, situándonos con el cursor en la intersección de la curva y la corriente se puede saber el tiempo de operación ante una corriente de esta magnitud.

Figura 38. Campo para el ingreso de la corriente de falla que se desee ver en el Display.

Fuente: Autores.

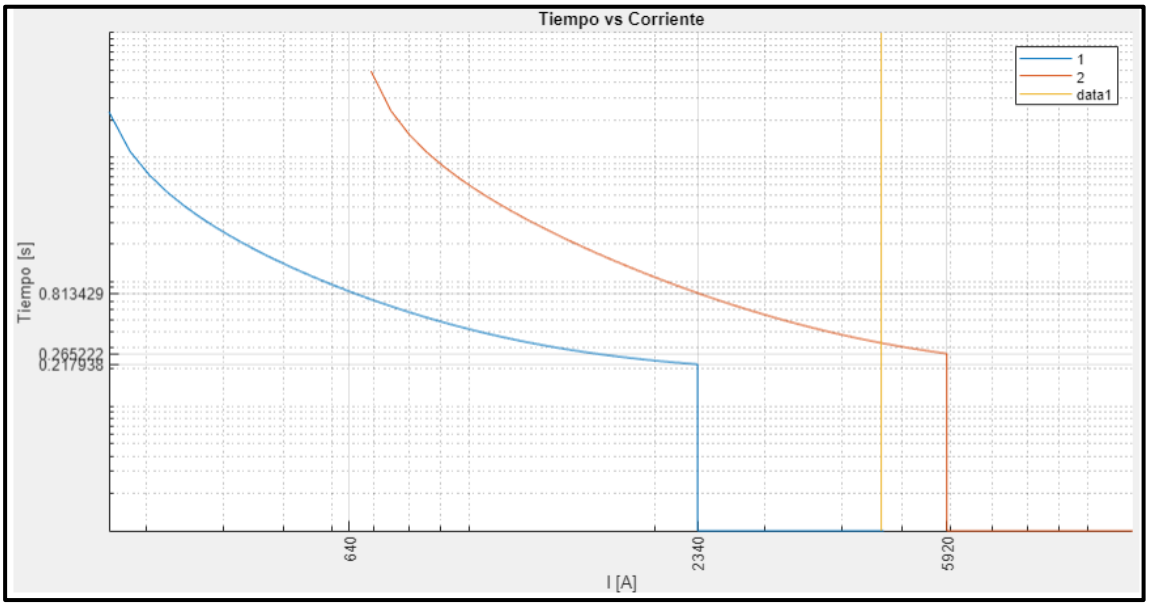


Figura 39. Representación gráfica de la corriente de falla en el Display

Fuente: Autores.

Para Coordinar los siguientes relevadores se debe pulsar el botón cambiar para que los valores del relevador de la segunda fila pasen a la primera fila y se procede a realizar el procedimiento anterior llenando la segunda fila con los datos del siguiente relevador.

Relés

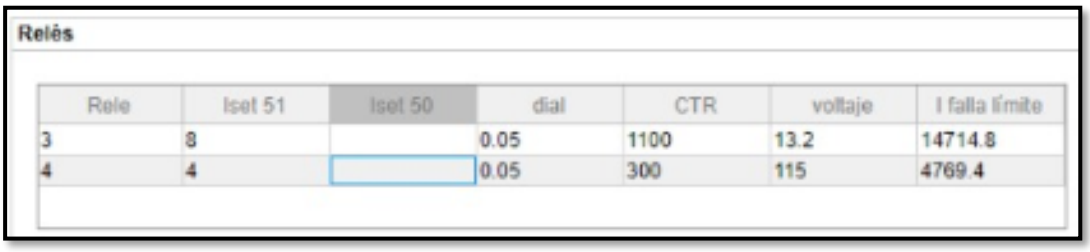
Rele	Iset 51	Iset 50	dial	CTR	voltaje
2	4	37	1	800	13.2
3	8		1	1100	13.2

Figura 40. Coordinación para los siguientes relevadores.

Fuente: Autores.

Nota 4

En caso de no tener el relevador un instantáneo Iset 50 se deberá dejar en blanco el recuadro y verificar se ha ingresado la corriente de falla dado que con esta corriente se calculará su tiempo de operación.



Relés

Rele	Iset 51	Iset 50	dial	CTR	voltaje	I falla límite
3	8		0.05	1100	13.2	14714.8
4	4		0.05	300	115	4769.4

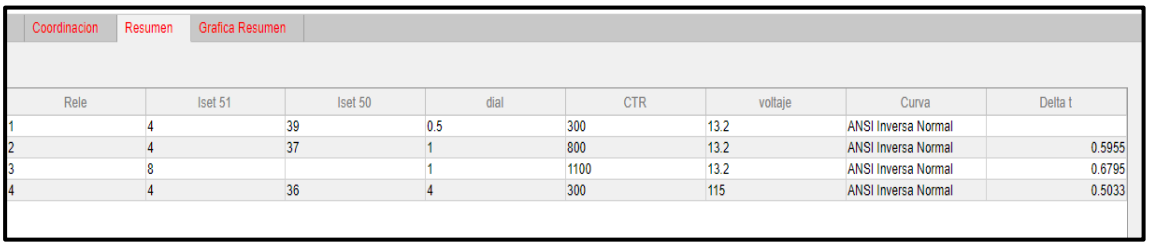
Figura 41. Ingreso de la corriente de galla designado a cada relevador**.**

Fuente: Autores.

1.2. Resumen:

Se almacena los datos ingresados y calculados por el programa que son:

- Relé
- Iset 51
- Iset 50
- Dial
- CTR
- Voltaje
- Ifalla limite
- Curva tipo
- Delta (t2-t1)
- Tiempo de operación (t. operacion)



Coordinacion | Resumen | Grafica Resumen

Rele	Iset 51	Iset 50	dial	CTR	voltaje	Curva	Delta t
1	4	39	0.5	300	13.2	ANSI Inversa Normal	
2	4	37	1	800	13.2	ANSI Inversa Normal	0.5955
3	8		1	1100	13.2	ANSI Inversa Normal	0.6795
4	4	36	4	300	115	ANSI Inversa Normal	0.5033

Figura 42. Tabla de resumen en el que se encuentra los resultados y características de cada relevador.

Fuente: Autores.

1.3. Gráfica resumen

Se permite visualizar las curvas de operación de los relevadores que se encuentra en la tabla de los resultados (PESTAÑA RESUMEN) en una vista gráfica.

Voltaje de reflejo: Se debe indicar el voltaje de reflejo, al cual se quiere reflejar las corrientes de los relevadores calibrados y coordinados.

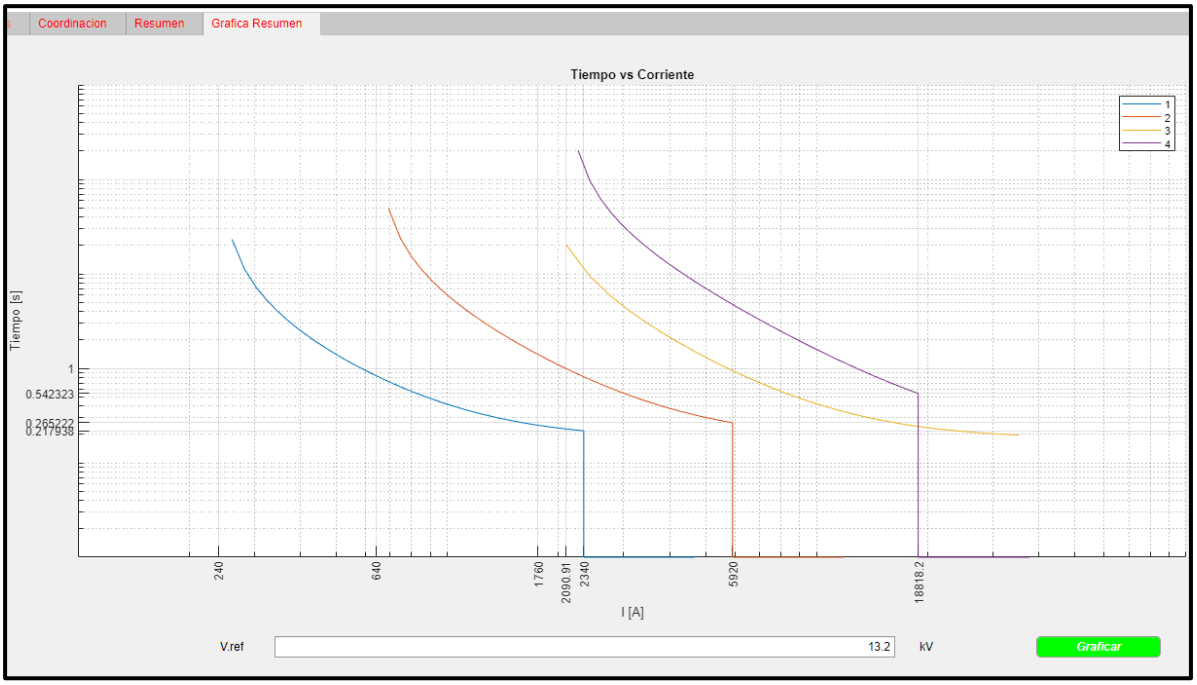


Figura 43. Display para la visualización de la coordinación de todas las curvas de los relevadores en el sistema

Fuente: Autores.

5. FINALIZACIÓN

Una vez concluido las practicas del laboratorio se debe realizar los siguientes pasos:

- ✓ Verificar si los resultados son coherentes.
- ✓ Limpiar la pantalla de resumen para tener libre y permita realizar otra práctica.
- ✓ En caso de no realizar otra práctica cerrar la aplicación.

ANEXO VII: Línea de programación de la aplicación CPSElectric.

```
classdef CPS_ELECTRIC < matlab.apps.AppBase


    % Properties that correspond to app components
    properties (Access = public)
        Coordinacion                    matlab.ui.Figure
        TabGroup                        matlab.ui.container.TabGroup
        Tab                             matlab.ui.container.Tab
        Image                           matlab.ui.control.Image
        CoordinacionTab                 matlab.ui.container.Tab
        axes2                           matlab.ui.control.UIAxes
        VRefEditFieldLabel              matlab.ui.control.Label
        V2                              matlab.ui.control.NumericEditField
        kVLabel_3                       matlab.ui.control.Label
        MostrarPanel                    matlab.ui.container.Panel
        EjexEditFieldLabel_2            matlab.ui.control.Label
        Ejex_2                          matlab.ui.control.NumericEditField
        SiButton_2                      matlab.ui.control.Button
        NoButton_2                      matlab.ui.control.Button
        TransformadoresPanel            matlab.ui.container.Panel
        table_2                         matlab.ui.control.Table
        agregar                         matlab.ui.control.Button
        quitar                          matlab.ui.control.Button
        G_coord_2                       matlab.ui.control.Button
        G_coord_5                       matlab.ui.control.Button
        RelsPanel                       matlab.ui.container.Panel
        table                           matlab.ui.control.Table
        TipodeCurvaDropDown_2Label      matlab.ui.control.Label
        TipodeCurvaDropDown_2           matlab.ui.control.DropDown
        TipodeCurvaDropDown_3           matlab.ui.control.DropDown
        DropDown                        matlab.ui.control.DropDown
        DropDown_2                      matlab.ui.control.DropDown
        Spinner                         matlab.ui.control.Spinner
        Spinner_2                       matlab.ui.control.Spinner
        TipodeCurvaDropDown_2Label_2    matlab.ui.control.Label
        TipodeCurvaDropDown_2Label_3    matlab.ui.control.Label
        G_coord                         matlab.ui.control.Button
        G_coord_3                       matlab.ui.control.Button
        G_coord_4                       matlab.ui.control.Button
        TipodeCurvaDropDown_4           matlab.ui.control.DropDown
        TipodeCurvaDropDown_5           matlab.ui.control.DropDown
        TipodeCurvaDropDown_2Label_4    matlab.ui.control.Label
        t2t1EditFieldLabel              matlab.ui.control.Label
        txt1                            matlab.ui.control.NumericEditField
        cambioButton                    matlab.ui.control.Button
        ResumenTab                      matlab.ui.container.Tab
        table2                          matlab.ui.control.Table
        table3                          matlab.ui.control.Table
        RelsLabel                       matlab.ui.control.Label
```

```
        TransformadoresLabel          matlab.ui.control.Label
        LimpiarButton                 matlab.ui.control.Button
        QuitarButton                  matlab.ui.control.Button
        QuitarButton_2                matlab.ui.control.Button
        GraficaResumenTab             matlab.ui.container.Tab
        axes3                         matlab.ui.control.UIAxes
        button                        matlab.ui.control.Button
        V2_2                          matlab.ui.control.NumericEditField
        kVLabel_4                     matlab.ui.control.Label
        VrefEditFieldLabel            matlab.ui.control.Label
    end


properties (Access = private)
        % Constantes
            a=[0.02 1 2 1 2.0938 1.2969 1 0.02 2 2 1.5625];
            B=[0.14 13.5 80 120 8.9341 0.2663 5.64143 0.0515 19.61 28.2
0.4797];
            L=[0 0 0 0 0.17966 0.03393 2.18592 0.1140 0.4910 0.1217
0.21359];
            si_no;
            reconocimiento;
            CT_ratio=     [10   15   25   40   50   75 ...
              100  200  300  400  600  800 ...
              1100 1500 2000 4000 5000 6000 ...  % Cambiar 1100 por 1200
              8000 12000];
end

    methods (Access = private)


        function results = relacion(app)


CT_ratio=     [10   15   25   40   50   75 ...% Cambiar 100 por 75
              100  200  300  400  600  800 ...
              1100 1500 2000 4000 5000 6000 ...  % Cambiar 1100 por 1200
              8000 12000];

Ratio=app.Isec_TC.Value*1000
In = app.In_In.Value*1000

j=1;


while Ratio-CT_ratio(j)  > 0 | In-CT_ratio(j)> 0
j=j+1;
end
Relacion=CT_ratio(j);


app.Isec_TC_2.Value = Relacion
```

```
disp('entro')
        end

function [I t] = dibujo3(app,datos,plano,curva)
if app.reconocimiento==2
    plano =3
else
    plano =2
end
            %datos=app.table.Data
        value=curva
        aux=size(datos,1);
        comp={''};


        for i=1:aux
            if isequal(datos(i,3),comp)==1
                datos(i,3)={'123456789'};
            end
        end


        Rele=str2num(char(datos(:,1)));
        I51=str2num(char(datos(:,2)));
        I50=str2num(char(datos(:,3)));
        dial=str2num(char(datos(:,4)));
        Relacion_CTR=str2num(char(datos(:,5)));
        V=str2num(char(datos(:,6)));
        limite = str2num(char(datos(:,7)));
        Vref=app.V2.Value
        %limite = limite*(Vref/V)
        Alfa=app.a(value);
        Beta=app.B(value);
        L=app.L(value);
        if plano == 3
            Vref=app.V2_2.Value;
        end


 t=1;
 cond=0;
 for i=1:aux

      if I50(i)~=123456789
            relacion=V(i)/Vref;
            Iset=I51(i)*Relacion_CTR(i)/5            ;
            Iinst=I50(i)*Relacion_CTR(i)/5  ;
            I50_p(t)=Iinst*relacion;%%%%%


            % 51 Temporizado
            I=linspace(Iset,Iinst);
            PSM=I.*(1/Iset);
            t1=((dial(i)*Beta)./((PSM).^Alfa-1))+L;
```

```
            % 50 Instantaneo
            t_1=min(t1);
            temp(t)=t_1;
            t=t+1;%%%%%
            I_1=Iinst;
            I_2=linspace(Iinst,limite);
            t_2=ones(1,length(I_2))*0.01;
            t2=[t_1 t_2];
            I2=[I_1 I_2];
            I3=[I I2]*relacion   ;% Voltaje donde esta el TC/ Voltaje de
representación
            if plano==2
            plot(app.axes2,I3,[t1 t2]);
            app.axes2.YScale = 'log';
            app.axes2.XScale = 'log';
            p=2;
            elseif plano==3
            plot(app.axes3,I3,[t1 t2]);
            app.axes3.YScale = 'log';
            app.axes3.XScale = 'log' ;
            p=3;
            end

      else
         I50 = limite
         I50=I50.*Relacion_CTR./5   ;
         cond=1;
         relacion=V(i)/Vref;
         Iset=I51(i)*Relacion_CTR(i)/5;
         I=linspace(Iset,limite);
         PSM=I.*(1/Iset);
         t1=((dial(i)*Beta)./((PSM).^Alfa-1))+L;
         I=I*relacion;

         if plano==2
         plot(app.axes2,I,t1);
         app.axes2.YScale = 'log';
         app.axes2.XScale = 'log';
         p=2;
         elseif plano==3
         plot(app.axes3,I,t1);
         app.axes3.YScale = 'log';
         app.axes3.XScale = 'log' ;
         p=3;
         end

     end
 end
relacion=V./Vref;
I51=relacion.*I51.*Relacion_CTR./5   ;


if cond==1 & aux==1
    I50=I51;
```

```
    ejesy=1;
    ejesy=min(t1) %% MODIFICADO
    ytick=num2cell(ejesy);
else
  I50=I50_p';
  ejesy=unique(temp);
  ytick=num2cell(ejesy);
end
ejesx=[I51 ;I50];
ejesx=unique(ejesx);
xtick=num2cell(ejesx);


I=[ejesx]
t= [ejesy]
if plano==3
titulos(app,ejesx,xtick,ejesy,ytick,p);
end
end

function results = titulos(app,ejesx,xtick,ejesy,ytick,plano)


            app.axes2.XGrid=1;
            app.axes2.YLabel.String='Tiempo [s]';
            app.axes2.YGrid=1;
            app.axes2.XLabel.String='I falla [A]';

            app.axes3.XGrid=1;
            app.axes3.YGrid=1;
            app.axes3.YLabel.String='Tiempo [s]'          ;
            app.axes3.XLabel.String='I falla [A]'            ;



            [B1 I1]=sort(ejesx);
            [B2 I2]=sort(ejesy) ;

            c=0;


            for m=1:length(I1)
                c=c+1;


                aux31(c)=xtick(I1(c));
            end
            c=0;
            I2;
            for m=1:length(I2)
                c=c+1;
                aux32(c)=ytick(I2(c));
            end
```

```
            if plano==2
            app.axes2.YTick=[B2];
            app.axes2.XTick=[B1];
            app.axes2.XTickLabel=aux31;
            app.axes2.XTickLabelRotation=90    ;

            app.axes2.YTickLabel=aux32;
            elseif plano==3
            app.axes3.YTick=[B2];
            app.axes3.XTick=[B1];
            app.axes3.XTickLabel=aux31;
            app.axes3.XTickLabelRotation=90     ;

            app.axes3.YTickLabel=aux32 ;
            end


end
    end


    % Callbacks that handle component events
    methods (Access = private)


        % Code that executes after component creation
        function startupFcn(app, inicio)
clc
close all
path1 = 'C:\Users\sonia\OneDrive\Escritorio\CPS-LOGO\caratula.jpg'
% imag1=imread(path1)
% imshow(imag1,'Parent',app.Image)
app.Image.ImageSource=path1
%% Tabla
datos={'3','8','','2','1100','13.2','14714.8'};
datos2={'4','4','37','5','300','115','4769.4'}
app.table.Data=[datos;datos2];
TipodeCurvaDropDown_2ValueChanged(app)
TipodeCurvaDropDown_3ValueChanged(app)
%% Tabla trafo
datos={'t1','25','13.2','4.8','0.02631','1'};
app.table_2.Data=datos;
app.table2.Data = {'' '' '' '' '' '' '' '' '' ''}
app.table3.Data = {'' '' '' '' '' ''}




        end
```

```
        % Value changed function: TipodeCurvaDropDown_2
        function TipodeCurvaDropDown_2ValueChanged(app, event)
            value = str2num(app.TipodeCurvaDropDown_2.Value)
if value == 1 | value == 2 | value ==3 | value == 4
    app.DropDown.Items = {'0.05','0.1'}
    app.DropDown.Value = '0.05'
    app.Spinner.Limits = [0.05,1]
    app.Spinner.Step = 0.05
    app.Spinner.Value = 0.05

else
    app.DropDown.Items = {'0.5','1'}
    app.DropDown.Value = '0.5'
    app.Spinner.Limits = [0.5,11]
    app.Spinner.Step = 0.5
    app.Spinner.Value = 0.5

end


app.table.Data(1,4)=cellstr(num2str(app.Spinner.Value))
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Button pushed function: G_coord
        function G_coordButtonPushed(app, event)
        app.reconocimiento=1
        cla(app.axes2,'reset');
        app.axes2.NextPlot='add';
        app.axes2.Title.String='Tiempo vs Corriente';
        datos=app.table.Data(1,:);
        curva=app.TipodeCurvaDropDown_2.Value
        curva1 = str2num(curva)
        [I t]=dibujo3(app,datos,2,curva1)


        datos=app.table.Data(2,:);
        curva=app.TipodeCurvaDropDown_3.Value
        curva2 = str2num(curva)
        [I2 t2]=dibujo3(app,datos,2,curva2)

        datos=app.table.Data
        leyenda=datos(:,1)
        legend(app.axes2,leyenda);

% Calculo de Delta t
% Con la curva 2
Alfa = app.a(curva2)
Beta = app.B(curva2)
L = app.L(curva2)
dial =str2num(char(app.table.Data(2,4)));
Iset =str2num(char(app.table.Data(2,2)));
CTR = str2num(char(app.table.Data(2,5)));
```

```
vref = app.V2.Value
vi_1 = str2num(char(app.table.Data(1,6)));
vi_2 = str2num(char(app.table.Data(2,6)));
Im = max(I)*(5/CTR)*(vref/vi_1)  % cambio 10/09/2020
if isequal(app.table.Data(1,3),{''})
    Im1 = str2num(char(app.table.Data(1,7)));
    Im = Im1*(5/CTR)*(vi_1/vi_2)
    Im1= Im1*(vi_1/vref)
    I = [I;Im1]
end
if isequal(app.table.Data(2,3),{''})
    I_aux = str2num(char(app.table.Data(2,7)));
    I_aux = I_aux * (vi_2/vref)
    I2 = [I2;I_aux]
end
PSM=Im*(1/Iset);
t3=((dial*Beta)/((PSM)^Alfa-1))+L



app.txt1.Value = t3-t


ejesx=[I ;I2];
ejesy=[t;t2;t3]
ejesx=unique(ejesx);
ejesy=unique(ejesy)
xtick=num2cell(ejesx);
ytick=num2cell(ejesy);
p=2
titulos(app,ejesx,xtick,ejesy,ytick,p);




        end


        % Value changed function: TipodeCurvaDropDown_3
        function TipodeCurvaDropDown_3ValueChanged(app, event)

      value = str2num(app.TipodeCurvaDropDown_3.Value)
if value == 1 | value == 2 | value ==3 | value == 4
    app.DropDown_2.Items = {'0.05','0.1'}
    app.DropDown_2.Value = '0.05'
    app.Spinner_2.Limits = [0.05,1]
    app.Spinner_2.Step = 0.05
    app.Spinner_2.Value = 0.05

else
    app.DropDown_2.Items = {'0.5','1'}
    app.DropDown_2.Value = '0.5'
    app.Spinner_2.Limits = [0.5,11]
```

```
    app.Spinner_2.Step = 0.5
    app.Spinner_2.Value = 0.5

end


app.table.Data(2,4)=cellstr(num2str(app.Spinner_2.Value))
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Value changed function: DropDown
        function DropDownValueChanged(app, event)
            value = app.DropDown.Value

    app.Spinner.Step = str2num(value)
    app.Spinner.Value = str2num(value)
    app.table.Data(1,4)=cellstr(num2str(app.Spinner.Value))
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Value changed function: DropDown_2
        function DropDown_2ValueChanged(app, event)
            value = app.DropDown_2.Value;
            app.Spinner_2.Step = str2num(value)
            app.Spinner_2.Value = str2num(value)
            app.table.Data(2,4)=cellstr(num2str(app.Spinner_2.Value))
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Value changed function: Spinner
        function SpinnerValueChanged(app, event)
            value = app.Spinner.Value;
            app.table.Data(1,4)=cellstr(num2str(app.Spinner.Value));
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Value changed function: Spinner_2
        function Spinner_2ValueChanged(app, event)
            value = app.Spinner_2.Value;
            app.table.Data(2,4)=cellstr(num2str(app.Spinner_2.Value))
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Button pushed function: SiButton_2
        function SiButton_2Pushed(app, event)

            ejey=app.Ejex_2.Value;
            vert=app.axes2.YLim;
            hor=app.axes2.XLim;
```

```
            app.axes2.NextPlot='add';
            y=linspace(0.001,1000000);
            x=ones(1,length(y))*ejey;

            plot(app.axes2,x,y)%,y,x2);
            app.axes2.YLim=vert;
            app.axes2.XLim=hor;
            app.si_no=1;
        end


        % Button pushed function: NoButton_2
        function NoButton_2Pushed(app, event)
            cla(app.axes2,'reset');
            G_coordButtonPushed(app, event)
           % G_coordPushed(app);
            app.si_no=0;
        end


        % Button pushed function: agregar
        function agregarButtonPushed(app, event)
datos=app.table_2.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila+1;
datos(fila,:)={''};
app.table_2.Data=datos;
        end


        % Button pushed function: quitar
        function quitarButtonPushed(app, event)
datos=app.table_2.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila-1;
app.table_2.Data=datos(1:fila,:) ;
        end


        % Button pushed function: G_coord_2
        function G_coord_2ButtonPushed(app, event)
            %% Datos de entrada
G_coordButtonPushed(app)
n=size(app.table_2.Data,1)
for m=1:n
datos=app.table_2.Data(m,:)


Sn=str2num(char(datos(:,2)))*1e6
Vn=str2num(char(datos(:,3)))*1e3
zt=str2num(char(datos(:,4)))
zs=str2num(char(datos(:,5)))
In=Sn/(Vn*sqrt(3))
zt=zt/100
```

```
rel=Vn/(1e3*app.V2.Value)
%zs=zs/((Vn^2)/Sn)
categoria=str2num(char(datos(:,6)))
%% Calculo
if categoria==1
        If=linspace(5*In,In/zt)
        I=If./In
        t=1250./(I.^2)
        plot(app.axes2,[If If(end)]*rel,[t t(end)])
else
    if categoria==2
        If=linspace(0.7*In/zt,In/zt)
        If2=linspace(5*In,0.7*In/zt)
    elseif categoria==3|4
        If=linspace(0.5*In/(zt+zs),In/zt)
        If2=linspace(5*In,0.5*In/(zt+zs))
    end
        k=2*(1/zt)^2
        I=If./In
        I2=If2./In
        t=k./(I.^2)
        t2=1250./(I2.^2)
        %semilogy([In*2 In*3 In*4.75 If2 If],[1800 300 60 t2 t])
        plot(app.axes2,[If2 If]*rel,[t2 t])
end
end
         app.axes2.YScale = 'log';
         app.axes2.XScale = 'log';
         leyenda = [app.table.Data(:,1);app.table_2.Data(:,1)]
         legend(app.axes2,leyenda);

        end


        % Button pushed function: G_coord_3
        function G_coord_3ButtonPushed(app, event)
            datos1=app.table.Data(1,[1:7])
            aux=str2num(app.TipodeCurvaDropDown_2.Value)
            curva= app.TipodeCurvaDropDown_2.Items
            curva=curva(aux)
            DT = {''}

            %%
            Alfa=app.a(aux)
            Beta=app.B(aux)
            L=app.L(aux)
            I=str2num(char(app.table.Data(1,7)));
            I2p=app.table.Data(1,3)
            I2=str2num(char(app.table.Data(1,3)))
            Iset=str2num(char(app.table.Data(1,2)))
            CTR = str2num(char(app.table.Data(1,5)));
            dial = str2num(char(app.table.Data(1,4)));
            I = I*5/CTR
```

```
    if isequal(I2p,{''})
       PSM=I*(1/Iset)
    else
       PSM = I2/Iset

    end

 t1=((dial*Beta)/((PSM)^Alfa-1))+L


   %%
    datos1=[datos1 curva DT t1]
    datos2=app.table2.Data
    datos=[datos2;datos1]
    app.table2.Data=datos1
    app.G_coord_3.Visible='off'


end


% Button pushed function: G_coord_4
function G_coord_4ButtonPushed(app, event)
    datos1=app.table.Data(2,[1:7])
    aux=str2num(app.TipodeCurvaDropDown_3.Value)
    curva= app.TipodeCurvaDropDown_3.Items
    curva=curva(aux)
    app.txt1.Value
    DT = num2cell(app.txt1.Value)

    %%
                Alfa=app.a(aux)
    Beta=app.B(aux)
    L=app.L(aux)
    I=str2num(char(app.table.Data(2,7)));
    I2p=app.table.Data(2,3)
    I2=str2num(char(app.table.Data(2,3)))
    Iset=str2num(char(app.table.Data(2,2)))
    CTR = str2num(char(app.table.Data(2,5)));
    dial = str2num(char(app.table.Data(2,4)));
    I = I*5/CTR

    if isequal(I2p,{''})
        PSM=I*(1/Iset)

    else

       PSM = I2/Iset
    end

 t1=((dial*Beta)/((PSM)^Alfa-1))+L
   %%
    datos1=[datos1 curva DT t1]
    datos2=app.table2.Data
```

```
            datos=[datos2;datos1]
            a=datos(:,1)
            b=unique(a)
for j=1:length(b)
    for i=1:length(a)
    if isequal(b(j),a(i))==1
       unicos(j)=i
        break
    end
    end
end


datos=datos(unicos,:)
app.table2.Data=datos



        end


        % Button pushed function: button
        function buttonButtonPushed(app, event)
app.reconocimiento=2



vref = app.V2_2.Value









Ieje=[]
teje=[]
Im1=[]
        cla(app.axes3,'reset');
i=1
        app.axes3.NextPlot='add';
        app.axes3.Title.String='Tiempo vs Corriente';
   for m=1:size(app.table2.Data,1)
        datos=app.table2.Data(m,[1:8])
        curvas=app.TipodeCurvaDropDown_2.Items
        while isequal(curvas(i),datos(1,8))==0
            i=i+1
        end
        curva1=i
        datos=app.table2.Data(m,[1:7])
        vi_1 = str2num(char(app.table2.Data(m,6)));
```

```
        if isequal(app.table2.Data(m,3),{''})
            Im1 = str2num(char(app.table2.Data(m,7)));
            Im1= Im1*(vi_1/vref)
        end
        [I t]=dibujo3(app,datos,2,curva1)
        i=1
        Ieje = [Ieje;I;Im1]
        teje = [teje;t]
    end

%         datos=app.table2.Data
%         datos2=app.table3.Data
%         leyenda=datos(:,1)
%         leyenda2=datos2(:,1)
%         leyenda = [leyenda;leyenda2]
%         legend(app.axes3,leyenda);


        %%
        G_coordButtonPushed(app)


n=size(app.table3.Data,1)
p = app.table3.Data(1)
isequal(p,{''})
if ~(isequal(p,{''}))
for m=1:n
datos=app.table3.Data(m,:)


Sn=str2num(char(datos(:,2)))*1e6
Vn=str2num(char(datos(:,3)))*1e3
zt=str2num(char(datos(:,4)))
zs=str2num(char(datos(:,5)))
In=Sn/(Vn*sqrt(3))
zt=zt/100
rel=Vn/(1e3*app.V2.Value)
%zs=zs/((Vn^2)/Sn)
categoria=str2num(char(datos(:,6)))
%% Calculo
if categoria==1
        If=linspace(5*In,In/zt)
        I=If./In
        t=1250./(I.^2)
        plot(app.axes3,[If If(end)]*rel,[t t(end)])
else
    if categoria==2
        If=linspace(0.7*In/zt,In/zt)
        If2=linspace(5*In,0.7*In/zt)
    elseif categoria==3|4
        If=linspace(0.5*In/(zt+zs),In/zt)
        If2=linspace(5*In,0.5*In/(zt+zs))
    end
        k=2*(1/zt)^2
```

```
        I=If./In
        I2=If2./In
        t=k./(I.^2)
        t2=1250./(I2.^2)
        %semilogy([In*2 In*3 In*4.75 If2 If],[1800 300 60 t2 t])
        plot(app.axes3,[If2 If]*rel,[t2 t])
end
end


end
        %%

ejesx=[Ieje];
ejesy=[teje]
ejesx=unique(ejesx);
ejesy=unique(ejesy)
xtick=num2cell(ejesx);
ytick=num2cell(ejesy);
p=3
titulos(app,ejesx,xtick,ejesy,ytick,p);
        datos=app.table2.Data
        datos2=app.table3.Data
        leyenda=datos(:,1)
        leyenda2=datos2(:,1)
        leyenda = [leyenda;leyenda2]
        legend(app.axes3,leyenda);
        end


        % Value changed function: TipodeCurvaDropDown_4
        function TipodeCurvaDropDown_4ValueChanged(app, event)
            value = app.TipodeCurvaDropDown_4.Value;

            app.table.Data(1,5)=cellstr(num2str(value));
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Value changed function: TipodeCurvaDropDown_5
        function TipodeCurvaDropDown_5ValueChanged(app, event)
            value = app.TipodeCurvaDropDown_5.Value;
            app.table.Data(2,5)=cellstr(num2str(value));
            G_coordButtonPushed(app);
        end


        % Button pushed function: G_coord_5
        function G_coord_5ButtonPushed(app, event)
            datos=app.table_2.Data
            app.table3.Data=datos
        end
```

```
        % Button pushed function: LimpiarButton
        function LimpiarButtonPushed(app, event)
            app.table2.Data = {'' '' '' '' '' '' '' '' '' ''}
            app.table3.Data = {'' '' '' '' ''}
            app.G_coord_3.Visible='on'
        end


        % Button pushed function: cambioButton
        function cambioButtonPushed(app, event)
            datos = app.table.Data
            a= datos(1,:)
            b= datos(2,:)
            datos = [b;a]
            app.table.Data = datos
        end


        % Button pushed function: QuitarButton
        function QuitarButtonPushed(app, event)
            datos = app.table2.Data
            filas = size(datos,1)
            filas = filas-1
            app.table2.Data = datos([1:filas],:)
            if filas == 0
                app.G_coord_3.Visible = 'on'
            end
        end


        % Button pushed function: QuitarButton_2
        function QuitarButton_2Pushed(app, event)
            datos = app.table3.Data
            filas = size(datos,1)
            filas = filas-1
            app.table3.Data = datos([1:filas],:)
        end
    end


    % Component initialization
    methods (Access = private)


        % Create UIFigure and components
        function createComponents(app)


            % Create Coordinacion and hide until all components are
created
            app.Coordinacion = uifigure('Visible', 'off');
            app.Coordinacion.Position = [100 100 1003 585];
            app.Coordinacion.Name = 'UI Figure';
```

```
% Create TabGroup
app.TabGroup = uitabgroup(app.Coordinacion);
app.TabGroup.Position = [1 1 1003 585];


% Create Tab
app.Tab = uitab(app.TabGroup);


% Create Image
app.Image = uiimage(app.Tab);
app.Image.Position = [1 1 1001 559];
app.Image.ImageSource = 'caratula.jpg';


% Create CoordinacionTab
app.CoordinacionTab = uitab(app.TabGroup);
app.CoordinacionTab.Title = 'Coordinacion';
app.CoordinacionTab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CoordinacionTab.ForegroundColor = [1 0 0];


% Create axes2
app.axes2 = uiaxes(app.CoordinacionTab);
title(app.axes2, 'Coordinación')
xlabel(app.axes2, 'X')
ylabel(app.axes2, 'Y')
app.axes2.PlotBoxAspectRatio = [1.42760942760943 1 1];
app.axes2.Layer = 'top';
app.axes2.GridLineStyle = '--';
app.axes2.XGrid = 'on';
app.axes2.YGrid = 'on';
app.axes2.BackgroundColor = [1 1 1];
app.axes2.Position = [21 23 600 346];


% Create VRefEditFieldLabel
app.VRefEditFieldLabel = uilabel(app.CoordinacionTab);
app.VRefEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.VRefEditFieldLabel.Position = [240 23 41 22];
app.VRefEditFieldLabel.Text = 'V. Ref.';


% Create V2
app.V2 = uieditfield(app.CoordinacionTab, 'numeric');
app.V2.Position = [299 23 63 22];
app.V2.Value = 13.2;


% Create kVLabel_3
app.kVLabel_3 = uilabel(app.CoordinacionTab);
app.kVLabel_3.Position = [384 23 25 22];
app.kVLabel_3.Text = 'kV';
```

```
            % Create MostrarPanel
            app.MostrarPanel = uipanel(app.CoordinacionTab);
            app.MostrarPanel.Title = 'Mostrar';
            app.MostrarPanel.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.MostrarPanel.FontWeight = 'bold';
            app.MostrarPanel.Position = [713 53 240 57];


            % Create EjexEditFieldLabel_2
            app.EjexEditFieldLabel_2 = uilabel(app.MostrarPanel);
            app.EjexEditFieldLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
            app.EjexEditFieldLabel_2.Position = [8 9 34 22];
            app.EjexEditFieldLabel_2.Text = 'I falla';


            % Create Ejex_2
            app.Ejex_2 = uieditfield(app.MostrarPanel, 'numeric');
            app.Ejex_2.Position = [48 9 61 22];


            % Create SiButton_2
            app.SiButton_2 = uibutton(app.MostrarPanel, 'push');
            app.SiButton_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@SiButton_2Pushed, true);
            app.SiButton_2.BackgroundColor = [0 0 1];
            app.SiButton_2.FontAngle = 'italic';
            app.SiButton_2.FontColor = [1 1 1];
            app.SiButton_2.Position = [121 7 44 26];
            app.SiButton_2.Text = 'Si';


            % Create NoButton_2
            app.NoButton_2 = uibutton(app.MostrarPanel, 'push');
            app.NoButton_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@NoButton_2Pushed, true);
            app.NoButton_2.BackgroundColor = [1 0 0];
            app.NoButton_2.FontAngle = 'italic';
            app.NoButton_2.FontColor = [1 1 1];
            app.NoButton_2.Position = [174 7 44 26];
            app.NoButton_2.Text = 'No';


            % Create TransformadoresPanel
            app.TransformadoresPanel = uipanel(app.CoordinacionTab);
            app.TransformadoresPanel.Title = 'Transformadores';
            app.TransformadoresPanel.BackgroundColor = [1 1 0.9804];
            app.TransformadoresPanel.FontWeight = 'bold';
            app.TransformadoresPanel.Position = [636 269 359 156];


            % Create table_2
            app.table_2 = uitable(app.TransformadoresPanel);
            app.table_2.ColumnName = {'Transformador'; 'P. nominal'; 'V
nominal'; 'Impedancia trafo %'; 'Impedancia Fuente pu'; 'categoria'};
```

```
            app.table_2.RowName = {};
            app.table_2.ColumnEditable = [true true true true true true
true true];
            app.table_2.Position = [1 49 358 84];


            % Create agregar
            app.agregar = uibutton(app.TransformadoresPanel, 'push');
            app.agregar.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@agregarButtonPushed, true);
            app.agregar.Position = [234 16 36 22];
            app.agregar.Text = '+';


            % Create quitar
            app.quitar = uibutton(app.TransformadoresPanel, 'push');
            app.quitar.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@quitarButtonPushed, true);
            app.quitar.Position = [280 16 37 22];
            app.quitar.Text = '-';


            % Create G_coord_2
            app.G_coord_2 = uibutton(app.TransformadoresPanel, 'push');
            app.G_coord_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@G_coord_2ButtonPushed, true);
            app.G_coord_2.BackgroundColor = [1 0 0];
            app.G_coord_2.FontWeight = 'bold';
            app.G_coord_2.FontAngle = 'italic';
            app.G_coord_2.FontColor = [1 1 1];
            app.G_coord_2.Position = [22 16 89 22];
            app.G_coord_2.Text = 'Graficar';


            % Create G_coord_5
            app.G_coord_5 = uibutton(app.TransformadoresPanel, 'push');
            app.G_coord_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@G_coord_5ButtonPushed, true);
            app.G_coord_5.BackgroundColor = [0 0 1];
            app.G_coord_5.FontWeight = 'bold';
            app.G_coord_5.FontAngle = 'italic';
            app.G_coord_5.FontColor = [1 1 1];
            app.G_coord_5.Position = [116 15 89 24];
            app.G_coord_5.Text = 'Guardar';


            % Create RelsPanel
            app.RelsPanel = uipanel(app.CoordinacionTab);
            app.RelsPanel.Title = 'Relés';
            app.RelsPanel.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.RelsPanel.FontWeight = 'bold';
            app.RelsPanel.Position = [21 437 974 112];
```

```
            % Create table
            app.table = uitable(app.RelsPanel);
            app.table.ColumnName = {'Rele'; 'Iset 51'; 'Iset 50'; 'dial';
'CTR'; 'voltaje'; 'I falla límite'};
            app.table.RowName = {};
            app.table.ColumnEditable = [true true true false true true
true true true];
            app.table.Position = [15 10 414 79];


            % Create TipodeCurvaDropDown_2Label
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label = uilabel(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label.HorizontalAlignment = 'right';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label.FontWeight = 'bold';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label.FontColor = [0.149 0.149
0.149];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label.Position = [647 76 85 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label.Text = 'Tipo de Curva';


            % Create TipodeCurvaDropDown_2
            app.TipodeCurvaDropDown_2 = uidropdown(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_2.Items = {'IEC Normal Inversa ',
'IEC Muy Inversa ', 'IEC Inversa Exrema ', 'IEC Inversa Larga', 'ANSI
Inversa Normal ', 'ANSI  Inversa Corta', 'ANSI Inversa Larga', 'ANSI
Inversa Moderada', 'ANSI Muy Inversa', 'ANSI Inversa Extrema ', 'ANSI
Inversa Definida'};
            app.TipodeCurvaDropDown_2.ItemsData = {'1', '2', '3', '4',
'5', '6', '7', '8', '9', '10', '11'};
            app.TipodeCurvaDropDown_2.ValueChangedFcn =
createCallbackFcn(app, @TipodeCurvaDropDown_2ValueChanged, true);
            app.TipodeCurvaDropDown_2.Position = [601 52 160 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_2.Value = '1';


            % Create TipodeCurvaDropDown_3
            app.TipodeCurvaDropDown_3 = uidropdown(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_3.Items = {'IEC Normal Inversa ',
'IEC Muy Inversa ', 'IEC Inversa Exrema ', 'IEC Inversa Larga', 'ANSI
Inversa Normal ', 'ANSI  Inversa Corta', 'ANSI Inversa Larga', 'ANSI
Inversa Moderada', 'ANSI Muy Inversa', 'ANSI Inversa Extrema ', 'ANSI
Inversa Definida'};
            app.TipodeCurvaDropDown_3.ItemsData = {'1', '2', '3', '4',
'5', '6', '7', '8', '9', '10', '11'};
            app.TipodeCurvaDropDown_3.ValueChangedFcn =
createCallbackFcn(app, @TipodeCurvaDropDown_3ValueChanged, true);
            app.TipodeCurvaDropDown_3.Position = [601 31 160 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_3.Value = '1';


            % Create DropDown
            app.DropDown = uidropdown(app.RelsPanel);
            app.DropDown.Items = {'1', '2', '3', '4'};
```

```
            app.DropDown.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@DropDownValueChanged, true);
            app.DropDown.Position = [760 52 60 22];
            app.DropDown.Value = '1';


            % Create DropDown_2
            app.DropDown_2 = uidropdown(app.RelsPanel);
            app.DropDown_2.Items = {'1', '2', '3', '4'};
            app.DropDown_2.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@DropDown_2ValueChanged, true);
            app.DropDown_2.Position = [760 31 60 22];
            app.DropDown_2.Value = '1';


            % Create Spinner
            app.Spinner = uispinner(app.RelsPanel);
            app.Spinner.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@SpinnerValueChanged, true);
            app.Spinner.Position = [819 53 64 22];


            % Create Spinner_2
            app.Spinner_2 = uispinner(app.RelsPanel);
            app.Spinner_2.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@Spinner_2ValueChanged, true);
            app.Spinner_2.Position = [819 32 64 22];


            % Create TipodeCurvaDropDown_2Label_2
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_2 = uilabel(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_2.HorizontalAlignment =
'right';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_2.FontWeight = 'bold';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_2.FontColor = [0.149 0.149
0.149];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_2.Position = [765 76 34 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_2.Text = 'Paso';


            % Create TipodeCurvaDropDown_2Label_3
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_3 = uilabel(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_3.HorizontalAlignment =
'right';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_3.FontWeight = 'bold';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_3.FontColor = [0.149 0.149
0.149];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_3.Position = [836 76 28 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_3.Text = 'Dial';


            % Create G_coord
            app.G_coord = uibutton(app.RelsPanel, 'push');
```

```
            app.G_coord.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@G_coordButtonPushed, true);
            app.G_coord.BackgroundColor = [1 0 0];
            app.G_coord.FontWeight = 'bold';
            app.G_coord.FontAngle = 'italic';
            app.G_coord.FontColor = [1 1 1];
            app.G_coord.Position = [637 1 110 22];
            app.G_coord.Text = 'Graficar';


            % Create G_coord_3
            app.G_coord_3 = uibutton(app.RelsPanel, 'push');
            app.G_coord_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@G_coord_3ButtonPushed, true);
            app.G_coord_3.BackgroundColor = [0 0 1];
            app.G_coord_3.FontWeight = 'bold';
            app.G_coord_3.FontAngle = 'italic';
            app.G_coord_3.FontColor = [1 1 1];
            app.G_coord_3.Position = [882 57 63 18];
            app.G_coord_3.Text = 'Guardar';


            % Create G_coord_4
            app.G_coord_4 = uibutton(app.RelsPanel, 'push');
            app.G_coord_4.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@G_coord_4ButtonPushed, true);
            app.G_coord_4.BackgroundColor = [0 0 1];
            app.G_coord_4.FontWeight = 'bold';
            app.G_coord_4.FontAngle = 'italic';
            app.G_coord_4.FontColor = [1 1 1];
            app.G_coord_4.Position = [882 36 63 19];
            app.G_coord_4.Text = 'Guardar';


            % Create TipodeCurvaDropDown_4
            app.TipodeCurvaDropDown_4 = uidropdown(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_4.Items = {'10', '15', '25', '40',
'50', '75 ', '100', '200', '300', '400 ', '600', '800', '1100 ', '1500 ',
'2000 ', '4000 ', '5000 ', '6000', '8000 ', '12000'};
            app.TipodeCurvaDropDown_4.ItemsData = {'10', '15', '25',
'40', '50', '75 ', '100', '200', '300', '400 ', '600', '800', '1100 ',
'1500 ', '2000 ', '4000 ', '5000 ', '6000', '8000 ', '12000'};
            app.TipodeCurvaDropDown_4.ValueChangedFcn =
createCallbackFcn(app, @TipodeCurvaDropDown_4ValueChanged, true);
            app.TipodeCurvaDropDown_4.Position = [440 52 160 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_4.Value = '10';


            % Create TipodeCurvaDropDown_5
            app.TipodeCurvaDropDown_5 = uidropdown(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_5.Items = {'10', '15', '25', '40',
'50', '75 ', '100', '200', '300', '400 ', '600', '800', '1100 ', '1500 ',
'2000 ', '4000 ', '5000 ', '6000', '8000 ', '12000'};
```

```
            app.TipodeCurvaDropDown_5.ItemsData = {'10', '15', '25',
'40', '50', '75 ', '100', '200', '300', '400 ', '600', '800', '1100 ',
'1500 ', '2000 ', '4000 ', '5000 ', '6000', '8000 ', '12000'};
            app.TipodeCurvaDropDown_5.ValueChangedFcn =
createCallbackFcn(app, @TipodeCurvaDropDown_5ValueChanged, true);
            app.TipodeCurvaDropDown_5.Position = [440 31 160 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_5.Value = '10';


            % Create TipodeCurvaDropDown_2Label_4
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_4 = uilabel(app.RelsPanel);
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_4.HorizontalAlignment =
'right';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_4.FontWeight = 'bold';
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_4.FontColor = [0.149 0.149
0.149];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_4.Position = [502 76 69 22];
            app.TipodeCurvaDropDown_2Label_4.Text = 'Relaciones';


            % Create t2t1EditFieldLabel
            app.t2t1EditFieldLabel = uilabel(app.CoordinacionTab);
            app.t2t1EditFieldLabel.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.t2t1EditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
            app.t2t1EditFieldLabel.FontColor = [0 0 1];
            app.t2t1EditFieldLabel.Position = [752 214 30 22];
            app.t2t1EditFieldLabel.Text = 't2-t1';


            % Create txt1
            app.txt1 = uieditfield(app.CoordinacionTab, 'numeric');
            app.txt1.FontColor = [0 0 1];
            app.txt1.Position = [797 214 100 22];


            % Create cambioButton
            app.cambioButton = uibutton(app.CoordinacionTab, 'push');
            app.cambioButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@cambioButtonPushed, true);
            app.cambioButton.IconAlignment = 'bottom';
            app.cambioButton.BackgroundColor = [1 0.8196 0.4];
            app.cambioButton.FontName = 'Cambria';
            app.cambioButton.FontSize = 10;
            app.cambioButton.FontWeight = 'bold';
            app.cambioButton.Position = [-1 438 25 92];
            app.cambioButton.Text = {'c'; 'a'; 'm'; 'b'; 'i'; 'o'; ''};


            % Create ResumenTab
            app.ResumenTab = uitab(app.TabGroup);
            app.ResumenTab.Title = 'Resumen';
            app.ResumenTab.ForegroundColor = [1 0 0];
```

```
            % Create table2
            app.table2 = uitable(app.ResumenTab);
            app.table2.ColumnName = {'Rele'; 'Iset 51'; 'Iset 50';
'dial'; 'CTR'; 'voltaje'; 'If límite'; 'Curva'; 'Delta t.'; 't
operación'};
            app.table2.RowName = {};
            app.table2.Position = [62 76 471 416];


            % Create table3
            app.table3 = uitable(app.ResumenTab);
            app.table3.ColumnName = {'Transformador'; 'P. nominal'; 'V
nominal'; 'Impedancia trafo %'; 'Impedancia Fuente pu'; 'categoria'};
            app.table3.RowName = {};
            app.table3.Position = [543 76 454 416];


            % Create RelsLabel
            app.RelsLabel = uilabel(app.ResumenTab);
            app.RelsLabel.FontSize = 16;
            app.RelsLabel.FontWeight = 'bold';
            app.RelsLabel.Position = [255 511 48 22];
            app.RelsLabel.Text = 'Relés';


            % Create TransformadoresLabel
            app.TransformadoresLabel = uilabel(app.ResumenTab);
            app.TransformadoresLabel.FontSize = 16;
            app.TransformadoresLabel.FontWeight = 'bold';
            app.TransformadoresLabel.Position = [743 511 136 22];
            app.TransformadoresLabel.Text = 'Transformadores';


            % Create LimpiarButton
            app.LimpiarButton = uibutton(app.ResumenTab, 'push');
            app.LimpiarButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@LimpiarButtonPushed, true);
            app.LimpiarButton.BackgroundColor = [1 0.7451 0.149];
            app.LimpiarButton.FontSize = 18;
            app.LimpiarButton.FontWeight = 'bold';
            app.LimpiarButton.FontAngle = 'italic';
            app.LimpiarButton.FontColor = [1 1 1];
            app.LimpiarButton.Position = [468 35 143 34];
            app.LimpiarButton.Text = 'Limpiar';


            % Create QuitarButton
            app.QuitarButton = uibutton(app.ResumenTab, 'push');
            app.QuitarButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@QuitarButtonPushed, true);
            app.QuitarButton.Position = [279 35 109 30];
            app.QuitarButton.Text = 'Quitar';
```

```
            % Create QuitarButton_2
            app.QuitarButton_2 = uibutton(app.ResumenTab, 'push');
            app.QuitarButton_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@QuitarButton_2Pushed, true);
            app.QuitarButton_2.Position = [699 35 109 30];
            app.QuitarButton_2.Text = 'Quitar';


            % Create GraficaResumenTab
            app.GraficaResumenTab = uitab(app.TabGroup);
            app.GraficaResumenTab.Title = 'Grafica Resumen';
            app.GraficaResumenTab.ForegroundColor = [1 0 0];


            % Create axes3
            app.axes3 = uiaxes(app.GraficaResumenTab);
            title(app.axes3, 'Tiempo vs Corriente de falla')
            xlabel(app.axes3, 'I [A]')
            ylabel(app.axes3, 't [s]')
            app.axes3.PlotBoxAspectRatio = [1.42760942760943 1 1];
            app.axes3.FontWeight = 'bold';
            app.axes3.Position = [71 83 923 441];


            % Create button
            app.button = uibutton(app.GraficaResumenTab, 'push');
            app.button.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@buttonButtonPushed, true);
            app.button.BackgroundColor = [0 1 0];
            app.button.FontWeight = 'bold';
            app.button.FontAngle = 'italic';
            app.button.FontColor = [1 1 1];
            app.button.Position = [736 53 128 22];
            app.button.Text = 'Graficar';


            % Create V2_2
            app.V2_2 = uieditfield(app.GraficaResumenTab, 'numeric');
            app.V2_2.Position = [539 53 52 22];
            app.V2_2.Value = 13.2;


            % Create kVLabel_4
            app.kVLabel_4 = uilabel(app.GraficaResumenTab);
            app.kVLabel_4.Position = [616 53 25 22];
            app.kVLabel_4.Text = 'kV';


            % Create VrefEditFieldLabel
            app.VrefEditFieldLabel = uilabel(app.GraficaResumenTab);
            app.VrefEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
            app.VrefEditFieldLabel.Position = [477 53 30 22];
            app.VrefEditFieldLabel.Text = 'V.ref';
```

```
            % Show the figure after all components are created
            app.Coordinacion.Visible = 'on';
        end
    end


    % App creation and deletion
    methods (Access = public)


        % Construct app
        function app = CPS_ELECTRIC(varargin)


            % Create UIFigure and components
            createComponents(app)


            % Register the app with App Designer
            registerApp(app, app.Coordinacion)


            % Execute the startup function
            runStartupFcn(app, @(app)startupFcn(app, varargin{:}))


            if nargout == 0
                clear app
            end
        end


        % Code that executes before app deletion
        function delete(app)


            % Delete UIFigure when app is deleted
            delete(app.Coordinacion)
        end
    end
end
```