



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA**

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE
SOBRE CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN
APP DESIGNER”**

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

AUTORES:

Pinos Ponce Alex Patricio

Sarango Díaz José Luis

TUTOR:

Ing. Suárez Rommel Eusebio Vinueza Msc.

Latacunga- Ecuador

Marzo 2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **PINOS PONCE ALEX PATRICIO** y **SARANGO DIAZ JOSE LUIS**, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “**COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN APP DESIGNER**”, siendo el **ING. ROMMEL EUSEBIO SUÁREZ VINUEZA MSC** 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, certificado que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Pinos Ponce Alex Patricio

C.I. 210069174-6

.....
Sarango Díaz José Luis

C.I. 172396257-5



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN APP DESIGNER”, de los postulantes **PINOS PONCE ALEX PATRICIO** y **SARANGO DÍAZ JOSÉ LUIS**, de la carrera de **INGENIERIA ELECTRICA**, se considera que dicha Propuesta Tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de Validación del 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, marzo 2021

Tutor:

.....
Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza

C. I. 180416535-3



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: **PINOS PONCE ALEX PATRICIO** y **SARANGO DÍAZ JOSÉ LUIS**, con el título de Proyecto de Titulación: “**COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN APP DESIGNER**”, 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, marzo 2021

Para constancia firman:

.....

Lector 1 (presidente)

MSc. Quinatoa Caiza Carlos Iván

C.C. 050328786-4

.....

Lector 2

MSc. Castillo Fiallos Jessica Nataly

C.C. 060459021-6

.....

Lector 3

MSc. Toaza Iza Jimmy Xavier

C.C. 171762106-2

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente propongo a consideración que los estudiantes de Decimo Ciclo **PINOS PONCE ALEX PATRICIO** con **C.I. 2100691746** y **SARANGO DIAZ JOSE LUIS** con **C.I. 1723962575**, realizaron la propuesta tecnológica en LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN LA DIRECCIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICA, con el tema: **“COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN APP DESIGNER”**, trabajo que se dejó en completo funcionamiento.

Es todo lo que puedo certificar, en poder de hacer uso de este dentro de las leyes de la República y normas internacionales.

Latacunga marzo 2021

Atentamente:

.....

PhD Secundino Marrero

Director de la carrera de Ingeniería Eléctrica

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por todas las bendiciones obtenidas, posteriormente a mi madre y familiares que han estado brindando de su apoyo para hacer esto posible. Además, a mis maestros que han sido una parte importante del progreso en mi vida, al aportar de sus conocimientos para ser un excelente profesional. Finalmente, a mis amigos que han estado durante todo el proceso universitario, siendo parte importante de mis logros grupales e individuales. A todas las personas que confían en mí, un profundo y sincero gracias.

AGRADECIMIENTO

Se da un agradecimiento enorme a Dios como primer punto por obsequiar su conocimiento, sabiduría y entendimiento para terminar una etapa muy importante en nuestro diario vivir.

A mis padres al estar siempre pendientes a mi desarrollo personal como principales tutores, dando como enseñanza que la dedicación y entrega proporciona grandes resultados.

A mis hermanos por compartir su cariño y motivación en los momentos de mayor dificultad.

Una gratitud eterna a los Ingenieros quienes conforman la planta de docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los cuales compartes sus experiencias en enseñarnos a vivir una vida con humildad sin olvidar de dónde venimos y hacia dónde vamos.

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido la fortaleza, la guía y el amor para conseguir la realización de este proyecto de tesis.

A nuestras madres, quien con su apoyo incondicional ha sabido guiarnos en los buenos y malos momentos.

A mis padres, el cual se ha esforzado en siempre dar lo mejor al alcance de su mano para así lograr el cumplimiento de esta meta.

ÍNDICE 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	2
2.3. Área del conocimiento.....	2
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 problémica y problema	3
2.6.1. Situación Problemática:.....	3
2.6.2. Problema.....	3
2.7. Hipótesis o formulación de preguntas directrices.....	3
2.8. Objetivo(s).....	4
2.8.1. Objetivo General.....	4
2.8.2. Objetivos Específicos	4
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	4
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1. Sistema de distribución eléctrico.....	8
3.2. Alimentadores radiales	8
3.3. Componentes de un sistema de protección.....	9
3.3.1. Protecciones para sistemas de distribución	10
3.3.2. Características de un sistema de protecciones	10
3.4. Clasificación de los relevadores	11
3.5. Protección de sobre corriente	11
3.5.1. Relevadores	12
3.5.2. Tipos de Relevadores de sobre corriente.....	12
3.6. Aspectos para coordinación de protecciones de sobre corriente en una red de distribución	17
3.6.1. Principios generales de ajuste y coordinación	18
3.6.2. Ajuste de relevadores de sobre corriente instantánea.....	20

3.6.3. Ajuste de unidades de tiempo definido en relés de sobre corriente.....	21
3.7. Transformadores.....	22
3.7.1. Transformador de potencia.....	22
3.7.2. Transformador de corriente	25
3.8. Criterio de Coordinación	27
3.9. Interfases Graficas en Matlab	28
3.9.1. App Designer	29
3.9.2. LSPS	30
4. METODOLOGÍA.....	31
4.1. Metodología de la Investigación.....	31
4.1.1 Investigación Exploratoria.....	31
4.1.2. Investigación Experimental	31
4.1.3. Investigación Descriptiva	31
4.1.4. Investigación Explicativa	31
4.1.5. Investigación Teórica Conceptual	32
4.2. Métodos de Investigación.....	32
4.2.1. Método Analítico.....	32
4.2.2. Método Sintético.....	32
4.3. Identificación y operacionalización de variables.....	32
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
5.1. Diagrama de flujo.	33
5.2. Análisis de resultados entre la aplicación CAR.OP y LSPS.	35
5.2.1 Comprobación de resultados.	38
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	49
6.1. Presupuesto.....	49
6.2. Análisis de impactos.....	50
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
7.1 Conclusiones.....	51
7.2. Recomendaciones	53
8. BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Objetivos con sus respectivas actividades y tareas generadas.....	4
Tabla 2. Constantes para relés disponibles otorgados por las normas ANSI/IEEE C37.112 -2008 y IEC 60255-3.	17
Tabla 3. Clasificación de transformadores.	23
Tabla 4. Ecuaciones para tiempo y corriente.....	25
Tabla 5. Valores estandarizados de relación de transformación para TC	27
Tabla 6 . Tabla de ingreso de datos a la ventana sistema de la aplicación CAR.OP.....	36
Tabla 7. Ingreso de datos a la pestaña Características de Transformadores.....	37
Tabla 8. Resultados arrojados del Programa CAR.OP.	37
Tabla 9. Resultados arrojados de la coordinación manual del Anexo I.	37
Tabla 10. Resultados arrojados del Programa LSPS.	38
Tabla 11. Rango de error entre la aplicación CAR.OP y Ejercicio Práctico para el relé 1.	39
Tabla 12. Rango de error entre la aplicación CAR.OP y Ejercicio Práctico para el relé 2.	39
Tabla 13. Rango de error entre las aplicaciones CAR.OP Y Ejemplo Práctico para el relé 3.	40
Tabla 14. Rango de error entre las aplicaciones CAR.OP y Ejercicio Práctico para el relé 4.	40
Tabla 15. Resultados de porcentaje de error entre la Aplicación CAR.OP vs Cálculo Manual....	41
Tabla 16. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 1.	42
Tabla 17. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 2.	42
Tabla 18. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 3.	43
Tabla 19. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 4.	43
Tabla 20. Resumen del rango de error entre las aplicaciones LSPS y Cálculo del Ejercicio del sistema.	44
Tabla 21. Porcentaje de error de tiempo de operación, variación de tiempo y corriente instantánea entre las aplicaciones CAR.OP y LSPS.....	44
Tabla 22. Resumen de porcentaje de error entre la aplicación CAR.OP y LSPS de los relés.	45
Tabla 23. Porcentajes de error de los programas CAR.OP y LSPS.	46
Tabla 24. Gastos en la realización de la Aplicación Tecnológica.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Eléctrico de Potencia.	8
Figura 2. Sistema radial.	9
Figura 3. Componentes de un sistema de protección.	10
Figura 4. Clasificación de los relevadores.	11
Figura 5. Relevador de sobre corriente 50/51 electromecánico.	12
Figura 6. Relé de corriente definida.	13
Figura 7. Relé de corriente y tiempo definido.	14
Figura 8. Relé de tiempo inverso.	14
Figura 9. Relé de tiempo inverso.	14
Figura 10. Curvas características de relevadores de acuerdo con el tiempo de operación. a) Instantánea, b) De tiempo definido, c) Temporizado por curva o tiempo inverso.	15
Figura 11. Pasos para la configuración del sistema.	17
Figura 12. Escalamiento por tiempo en un sistema radial.	18
Figura 13. Escalonamiento por Corriente.	19
Figura 14. Alcance de las unidades instantáneas.	21
Figura 15. Capacidad térmica de transformadores entre 5 y 500 kVA monofásicos, 15 a 500 kVA trifásicos.	24
Figura 16. Curva de protección ante fallas que ocurrirán con frecuencia.	24
Figura 19. Representación de un TC en un circuito eléctrico.	26
Figura 20. App Designer.	29
Figura 21. Plataforma de manejo de la pestaña App Designer.	30
Figura 22. Logo de la aplicación LSPS.	30
Figura 23. Diagrama de flujo de la aplicación tecnológica.	34
Figura 24. Flujograma de aplicación CAR.OP.	35
Figura 25. Diagrama eléctrico de anexo I.	36
Figura 26. Resultados arrojado de la aplicación CAR.OP.	47
Figura 27. Grafica de la Coordinación de relevadores de sobre corriente dado por la CAR.OP.	47
Figura 28. Grafica de coordinación de los relevadores mediante la aplicación LSPS.	48
Figura 29. Resultados arrojado de la coordinación automática 50/51 de la aplicación CAR.OP.	48
Figura 30. Gráfica de la coordinación automática de relés de sobre corriente dado por CAR.OP.	48
Figura 31. Resultados de la coordinación del relé 51N en la aplicación CAR.OP.	49
Figura 32. Curvas de la coordinación del relé 51N.	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1.....	16
Ec. 2.....	19
Ec. 3.....	21
Ec. 4.....	22
Ec. 5.....	24
Ec. 6.....	25
Ec. 7.....	25
Ec. 8.....	25
Ec. 9.....	25
Ec. 10.....	26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Ejercicio Practico

ANEXO 2: Guía de practica 1.

ANEXO 3: Guía práctica 2.

ANEXO 4. Guía de practica 3.

ANEXO 5: Manual Técnico de la Aplicación

ANEXO 6: Línea de Programación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN APP DESIGNER.”

Autores:

Pinos Ponce Alex Patricio

Sarango Díaz José Luis

RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación presenta una propuesta tecnológica que busca coordinar automáticamente protecciones de sobre corriente para sistemas radiales. Como resultados presenta corriente de arranque, corriente del instantáneo (50), DIAL, la variación del tiempo (DT), relación de transformación (TC), tiempo instantáneo y la descripción de curva del relé. Se pretende brindar al usuario un análisis rápido y preciso para una calibración de un sistema radial mediante un tiempo mínimo de actuación entre los relevadores, el cual es el tiempo de margen de discriminación para una coordinación óptima. La aplicación fue desarrollada en el lenguaje de programación MATLAB R2020b que consta de una opción incorporada, App Designer es una herramienta eficaz para programar interfases de códigos de programación, el cual permitió obtener la plataforma principal de la propuesta Coordinación Automática de Relevadores Óptima.

CAR.OP realiza una validación de datos entre todas las curvas estandarizadas actualmente, para seleccionar el mínimo tiempo de retardo entre los relés. Tiempo que tiene que aproximarse al margen de discriminación planteado por el sistema. Esta aplicación va enfocada a la Carrera de Ingeniería Eléctrica, mediante la validación de resultados con el software LSPS y un ejercicio planteado, se demostró que la aplicación tiene un mínimo margen de error, se utilizó como guía la normativa IEEE “Estándar para ecuaciones de características de tiempo inverso para relevadores de sobre corriente” y la IEC “Relevadores de medida y equipos de protección” para el diseño automático en la coordinación y análisis de las protecciones. El cual muestra los parámetros de ajuste adecuados para un sistema.

Palabras claves: tiempo de discriminación, corriente de arranque, sistemas radiales, coordinación de protecciones, instantáneo, temporizado.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME: "AUTOMATIC COORDINATION OF OVERCURRENT PROTECTIONS IN
RADIAL SYSTEMS DRAWN UP IN APP DESIGNER."**

Authors:

Pinos Ponce Alex Patricio

Sarango Diaz José Luis

ABSTRACT

This research project presents a technological proposal that seeks to coordinate automatically over-current protections for radial systems. As results present starting current, instantaneous current (50), DIAL, time variation (DT), transformation ratio (TC), instantaneous timed and relay curve description. It tries to provide the user with a fast and accurate analysis for calibration of a radial system by means of a minimum operating time between the relays, which is the margin discrimination time for optimal coordination. The application was developed in the language MATLAB R2020b programming consisting of a built-in option, App Designer is an effective tool for programming code interfaces, which allowed to get the main platform of the proposal Automatic Coordination of Optimal Relays.

CAR.OP performs data validation between all currently standardized curves, to select the minimum delay time between ones. Time that has to approach the margin discrimination set by the system. This application is focused on the Electric Engineering Career, through the validation of results with LSPS software and exercises proposed, it was demonstrated that the application has a minimum margin of error, was used as a guide the IEEE standard for inverse equations for over current relays" and the IEC "Measurement Relays and Protective Equipment" for automatic design in the coordination and analysis of protection. Which demonstrates the appropriate adjustment parameters for a system.

Keywords: discrimination time, starting current, radial systems, protection coordination, instantaneous timed.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente 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 **INGENIERIA ELÉCTRICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; PINOS PONCE ALEX PATRICIO** y **SARANGO DIAZ JOSE LUIS**, cuyo título versa “**COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN APP DESIGNER**”, 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 los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo 2021

Atentamente,



Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C. 050261735-0

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR: Pinos Ponce Alex Patricio, Sarango Díaz José Luis.

TEMA APROBADO: Coordinación automática de protecciones de sobre corriente en sistemas radiales elaborado en App Designer.

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN: ING. ROMMEL SUÁREZ VINUEZA
Msc.

EQUIPO DE TRABAJO: Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza Tutor de la propuesta tecnológica.

LUGAR DE EJECUCIÓN: REGION INTERANDINA COTOPAXI, LATACUNGA, ELOY ALFARO

TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO: 14 SEMANAS

FECHA DE ENTREGA: MARZO 2021

LÍNEAS Y SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y RENOVABLES, EFICIENCIA ENERGETICA Y PROTECCION AMBIENTAL.; CONTROL Y OPTIMIZACIÓN EN EL USO DE LA ENERGIA DEL SECTOR INDUSTRIAL, COMERCIAL Y RESIDENCIAL.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA: Elaboración de una Aplicación dirigida a la comunidad estudiantil de la carrera de ingeniería eléctrica además de personal técnico capacitado en protecciones eléctricas.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

Coordinación automática de protecciones de sobre corriente en sistemas radiales elaborado en App Designer.

2.2. Tipo de propuesta alcance

- a) Multipropósito
- b) Interdisciplinar
- c) Emprendimiento
- d) Productivo
- e) Desarrollo
- h) Integrador

2.3. Área del conocimiento

Ingeniería, industria y construcción

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

Se busca minimizar tiempo de trabajo al usuario que requiera de estudios, verificación y análisis de datos mediante el uso de esta propuesta tecnológica. Ya que brindará al empleador asesoría técnica para una coordinación óptima ante un sistema radial planteado. Permitirá apreciar los valores de los relevadores de sobre corriente 50/51/51N calibrados correctamente además de presentación de la descripción de curvas de operación.

Esta herramienta va a aportar un desarrollo tecnológico para la Universidad Técnica de Cotopaxi, la cual está enfocada hacia la comunidad estudiantil de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Con la finalidad de contribuir con el aprendizaje en el área de las protecciones eléctricas.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Realizar una coordinación adecuada y óptima para alimentadores radiales mediante las respectivas normativas vigentes IEC 60255-3 además de la IEEE Std C37.112-2018 para calibración y ajuste de relevadores de sobre corriente 50/51/51N.

2.5.2. Campo de acción

Estudio para una coordinación automática en relevadores 50/51/51N para alimentadores radiales en sistemas eléctricos mediante el uso de la aplicación CAR.OP en App Designer.

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación Problemática:

Para garantizar la estabilidad, confiabilidad y suministro energético en las redes de distribución, se han instalado equipos de protección, así como también infraestructura necesaria para su operación adecuada, todo este sistema de protección no deberá permitir el colapso de la red. Para la operación coordinada entre la protección 50/51/51N, los criterios de ajuste de estos dispositivos deben tomar información de los análisis de sobre corriente, el objetivo principal del sistema de protección es proporcionar de manera eficaz el aislamiento de un área de falla en el sistema.

Para el estudio de coordinación de las protecciones se busca principalmente fiabilidad, selectividad, rapidez de operación, simplicidad y economía. Por ello el uso de herramientas tecnológicas se han hecho frecuentes al momento de integrar este tipo de protecciones en los sistemas de distribución, la complejidad recae en la aplicación con sistemas radiales ya que no se dispone de todas las familias de curvas estandarizadas por normativa.

En las aplicaciones actuales el ingreso de datos para ajustar el sistema se ven afectadas por el desconocimiento debido a la cantidad de valores que se requiere para simular un sistema. La operación de los sistemas de distribución busca mantener la continuidad del servicio, por eso es importante la planificación de una red que permita opciones de operación que faciliten la adecuada alimentación a todos los centros de carga.

2.6.2. Problema

El análisis y cálculo para sistemas de protecciones en alimentadores radiales conlleva tiempo definir una coordinación selectiva. Las aplicaciones actuales requieren la entrada de datos específicos para la simulación de un flujo de potencia, estas aplicaciones sirven para la representación de un sistema eléctrico más no para dar una respuesta de la mejor opción a un tiempo de operación mínimo

2.7. Hipótesis o formulación de preguntas directrices

Con la coordinación automática de protecciones de sobre corriente en sistemas radiales elaborado en App Designer se pretende dar a conocer el valor más cercano al margen de discriminación

mediante la selección de la curva con el menor tiempo de actuación entre relés además de los parámetros de calibración como TAP, DIAL y Corrientes de Operación.

2.8. Objetivo(s)

2.8.1. Objetivo General.

Diseñar una aplicación mediante un lenguaje de programación que permita coordinar automáticamente relevadores de sobre corriente para alimentadores radiales en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2020-2021.

2.8.2. Objetivos Específicos

- Buscar fuentes bibliográficas acerca de las características operacionales que disponen los relevadores de sobre corriente.
- Elaborar un código de programación en el Script de MATLAB R2020b para visualizar una tabla de resultados además de las gráficas de coordinación.
- Usar la herramienta App Designer para generar el interfaz de la aplicación CAR.OP.
- Analizar los resultados entre las aplicaciones CAR.OP y LSPS para identificar el margen de error del tiempo de discriminación (DT) en el ajuste de las protecciones de sobre corriente.

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

Tabla 1 . Objetivos con sus respectivas actividades y tareas generadas

Objetivo específico 1	Actividad (tareas)	Resultados de las Actividades	Técnicas e Instrumentos
Buscar fuentes bibliográficas acerca de las características operacionales que disponen los relevadores de	<ul style="list-style-type: none"> - Lectura de artículos relacionados a sobre corrientes y sus efectos en el sistema eléctrico de potencia. - Revisión de informes referentes a fallas 	Los resultados del estudio acerca del funcionamiento y características de la protección de sobre corriente 50/51 para sistemas de distribución se	Artículos Libros Tesis Revistas

sobre corriente.	<p>producidas por sobre corrientes tanto en sistemas de distribución y transformadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificación de las características, funciones, curvas y modos de calibración de los relevadores de sobre corriente. 	encuentran reflejado a lo largo del marco teórico.	
Objetivo específico 2	Actividad (tareas)	Resultados de las Actividades	Técnicas e Instrumentos
Elaborar un código de programación en el Script de MATLAB R2020b para visualizar una tabla de resultados además de las gráficas de coordinación.	<ul style="list-style-type: none"> - Ejecución de tablas con datos específicos de los relevadores de sobre corriente para tomar valores de referencia en las líneas de programación. - Visualización de las curvas del relevador de sobre corriente 50/51 después de una coordinación a un sistema planteado. - Presentación de una tabla de resultados para 	<p>Mediante la ejecución del algoritmo de programación se puede visualizar los valores del relevador como: TAP's, Corriente Pick-up, Corriente de corto circuito y tiempos de operación.</p> <p>Se toma como referencia las normativas vigentes para las protecciones eléctricas para el ajuste y coordinación de un sistema eléctrico de</p>	Matlab

	identificar los valores de operación de las protecciones de sobre corriente de un sistema.	distribución de energía, las cuales son la IEC 60255-3 además de la IEEE Std C37.112-2018.	
Objetivo específico 3	Actividad (tareas)	Resultados de las Actividades	Técnicas e Instrumentos
Usar la herramienta App Designer para generar el interfaz de la aplicación CAR.OP.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de los componentes para ingresar los datos de operación de un sistema. - Fabricación del algoritmo por medio de uso las propiedades del programa App Designer mediante el control, accionamiento de las figuras, tablas y elementos de entrada de datos del sistema. - Diseño de la ubicación de los resultados, graficas, botones de acción, valores de variantes 	Por medio de cuatro ventanas de configuración de un sistema radial se ingresan los valores de operación para representar un diagrama eléctrico planteado y obtener las tablas de resultados de ajuste de los relevadores utilizados además de la representación gráfica de los tipos de curvas para una coordinación óptima.	App Designer Condicionantes de entrada de datos y de selección de referencia de valores estandarizados

	de coordinación en la aplicación.		
Objetivo específico 4	Actividad (tareas)	Resultados de las Actividades	Técnicas e Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> - Analizar los resultados entre las aplicaciones CAR.OP y LSPS para identificar el margen de error del tiempo de discriminación (DT) en el ajuste de las protecciones de sobre corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resolución de ejercicios matemáticos relacionados a la calibración de sistemas radiales. - Elaboración de programación para la adecuada compilación de la aplicación CAR.OP. - Visualización de parámetros de ajustes, curvas operacionales y ejercicios planteados para analizar resultados entre las aplicaciones CAR.OP y LSPS. 	<p>Las guías de práctica propuestas serán puestos a disposición a los usuarios que vayan a hacer uso de la propuesta tecnológica para tener una guía y visualizar cómo funciona el programa para un mejor entendimiento en el ajuste de los relevadores en un sistema radial mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corriente del TAP - DIAL - Corriente del instantáneo - Tiempo de operación. - Descripción de 	<p>Resolución de ejercicios de manera manual.</p> <p>Análisis y comparación de resultados.</p>

		curvas operacionales. - Tiempo de discriminación.	
--	--	--	--

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Sistema de distribución eléctrico

La etapa final de un Sistema Eléctrico de Potencia es la distribución de energía eléctrica, su objetivo es repartir la energía acogida por subestaciones al cliente. Las configuraciones que se emplea en un sistema eléctrico de distribución son radiales, anillo y mallado, las cuales son diseñadas en base al requerimiento del consumidor y de las respectivas empresas distribuidoras.

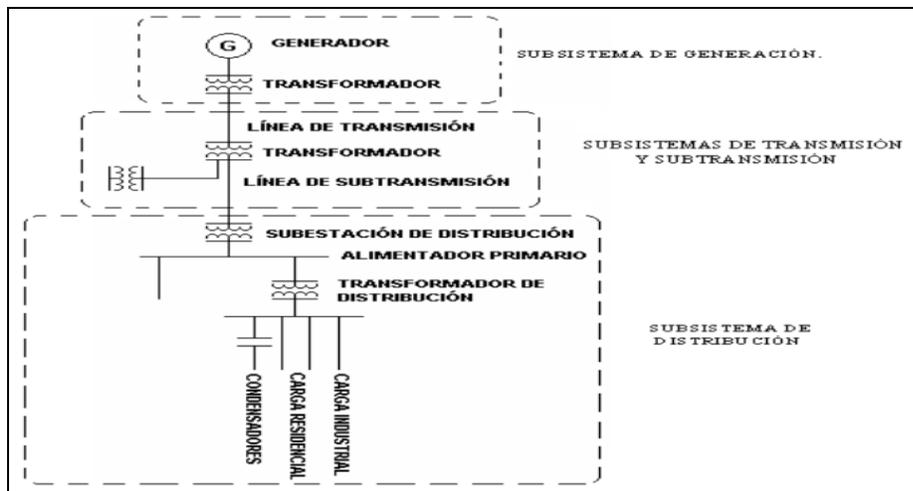


Figura 1. Sistema Eléctrico de Potencia.

Fuente: [1].

3.2. Alimentadores radiales

Para un alimentador radial como la figura 2, indica que la distribución del flujo de la potencia siempre dispondrá un solo sentido. Las líneas que componen un sistema radial, el flujo de potencia va desde el extremo generador hacia los centros de carga [2].



Figura 2. Sistema radial.

Fuente: Autores.

Este dato es fundamental a la hora de instalar protecciones de sobre corriente ya que facilita en gran medida su calibración, permite alcanzar el importante grado de selectividad recomendado para todo el sistema de protección. Las fallas en redes radiales tienen que ser despejadas para cada caso, con la apertura del interruptor automático localizado al lado de la carga, hasta el punto donde se produjo la falla.

3.3. Componentes de un sistema de protección

El proteger un sistema eléctrico requiere de una gran variedad de dispositivos que pueden ser desde un fusible hasta un reconector, los cuales se encuentran a lo largo de las líneas de transmisión y distribución o en las diferentes subestaciones. La figura 3 propone los componentes de un sistema de protección [6]:

- **Transformador de medida:** Son transformadores de corriente (TCs) y transformadores de voltaje, los cuales conforman la unión entre los relevadores de protección y el sistema eléctrico de potencia o el sistema de distribución.
- **Relés:** Son equipos encargados de controlar el estado de un interruptor por medio de una entrada eléctrica mediante la detección de condiciones anormales además se encargan de abrir o cerrar sus contactos en referencia de la lógica de programación añadida a su operación.
- **Interruptor de potencia:** Como su nombre lo indica es el encargado de aislar de manera automática la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa el límite asignado. Se trata de un dispositivo o equipo de seguridad que permite proteger los aparatos eléctricos y la integridad de los usuarios de la planta.

- **Circuitos de control:** Son elementos que interconectan los componentes anteriormente mencionados. Entre ellos se da a mencionar cableados, comunicadores de tecnología, dispositivos auxiliares tales como switches, luces de seguridad, relés auxiliares, alarmas. Estos circuitos por otro lado son encargados de verificar el estado de los interruptores y relés para el respectivo análisis de las condiciones en tiempo real del sistema de potencia.

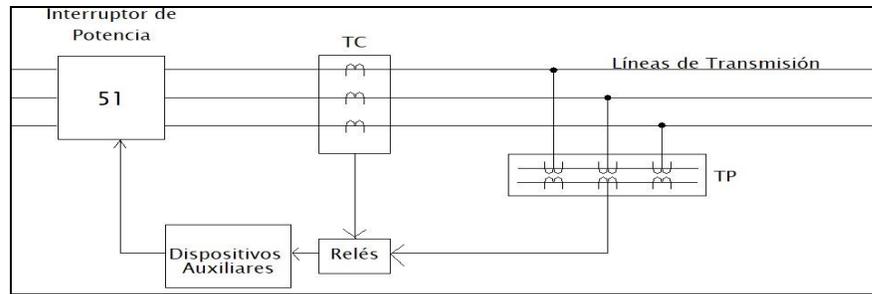


Figura 3. Componentes de un sistema de protección.

Fuente: Autores.

3.3.1. Protecciones para sistemas de distribución

Para sistemas de distribución las protecciones eléctricas tienen un rol importante, ya que un sistema de distribución cuenta con una serie de elementos que deben ser aislados ante posibles elevaciones de corriente a lo largo de la red debido a la presencia de falla en el sistema. El cual está conformado por diferentes tipos de protecciones [7].

3.3.2. Características de un sistema de protecciones

Agentes internos como maniobras de apertura y cierre de interruptores o externos ya sean descargas atmosféricas de índole natural son los encargados de posibles fallas en el sistema eléctrico lo que conlleva al deterioro del aislamiento de los equipos y en sí que el sistema de protecciones se construya para que actúe en semejanza a las siguientes características [8]:

- **Selectividad.** - Es la capacidad del sistema para detectar condiciones normales y de falla en donde el accionamiento de apertura es rápido, los equipos destinados a protección deben tener la capacidad de reconocer las fallas mediante sus propios equipos o zonas protegidas, dejar sin consideración aquellas fallas que no consten dentro de la zona de protección.

- Sensibilidad. – El sistema de protección debe tener la capacidad de reconocer condiciones de falla en el sistema eléctrico así sea mínima o pequeña.
- Velocidad. – Consiste en la capacidad de responder una condición de falla en el sistema de protección, esto se relaciona a la velocidad de operación de los equipos ante un daño eléctrico.
- Confiabilidad. – Indica la capacidad que tiene el sistema para reponerse ante una perturbación por medio del correcto funcionamiento del sistema de protecciones a partir de un diseño en forma adecuada, mantenimiento preventivo y correctivo planificados.
- Simplicidad. - Mediante un menor número de equipos, aparatos, elementos y circuitos garantizar la operación del sistema en forma apropiada.
- Economía. – Consiste en tener un mayor porcentaje de alcance de protección al menor costo posible de operación.

3.4. Clasificación de los relevadores

Son distintos los relevadores que se puede utilizar para la protección de los sistemas eléctricos de potencia. La acción de estos es básicamente por una señal eléctrica, aunque algunas veces es necesario usar la presión o la temperatura. Los relés se clasifican de la siguiente manera:

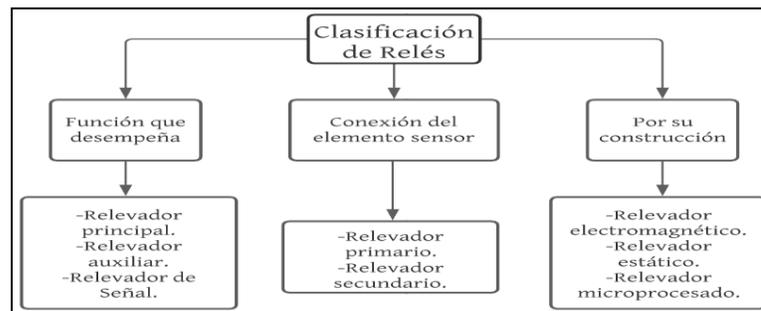


Figura 4. Clasificación de los relevadores.

Fuente: Autores.

3.5. Protección de sobre corriente

Los relevadores de sobre corriente operan cuando la corriente de entrada supera el valor de referencia. Por ello, las protecciones de sobre corrientes son utilizadas exclusivamente cuando la corriente que circula en el lugar que se instala, cumple con la condición de que la máxima

intensidad de carga para condiciones normales de operación del sistema sea menor que la mínima intensidad de falla [12].

3.5.1. Relevadores

Cuando en un sistema eléctrico ocurren condiciones anormales, el relevador tiene como función principal aislar al dispositivo que está siendo protegido, para prevenir posibles daños en el equipo como a la red que lo alimenta, el cual busca que el tiempo de interrupción del servicio sea mínimo. En efecto, los relevadores de sobre corriente son diseñados para comprobar y medir condiciones anormales cuando existe una perturbación en el sistema que protegen [10].



Figura 5. Relevador de sobre corriente 50/51 electromecánico.

Fuente: [10].

3.5.2. Tipos de Relevadores de sobre corriente

3.5.2.1. Conforme al sentido de detección de la corriente.

Se toma en consideración el sentido de detección de la corriente, los relevadores de sobre corriente se pueden clasificar en dos tipos: Direccionales y no direccionales [14].

- **Direccionales:** Operan para sobre corrientes que circulan en dos sentidos de ajuste. Verifica que el sentido en que circula la corriente en su zona de protección sea el asignado. La direccionalidad se consigue en base a una señal adicional de referencia, por lo general es el voltaje.
- **No direccionales:** Opera para una sobre corriente que circulan en un solo sentido en base a la ubicación de la protección. Funciona sin tener en cuenta la dirección de la corriente.

En la norma ANSI se conoce con los números 50 y 51. Que por lo general son empleados para sistemas radiales.

3.5.2.2. De acuerdo con el tiempo de operación

➤ Instantáneos

Se conoce relevador instantáneo a los equipos que entran en operación en un tiempo menor o igual a 50 ms. Disponen de una actuación inmediata cuando la corriente de entrada supera el valor ajustado. En la normativa ANSI se conocen con el número 50 [15].

Estos tipos de relevadores como unidades aisladas se usan poco en los sistemas eléctricos de potencia. Particularmente se usan en conjunto con otras protecciones, con la finalidad de ajustar sus características. Los tiempos de operación están entre los 10 a 60 milisegundos.



Figura 6. Relé de corriente definida.

Fuente: Autores

➤ Temporizados

Son los equipos que operan tiempo posterior a la presencia de una falla, cuando la corriente que entra alcanza el valor ajustado. Según su característica de funcionamiento tiempo-corriente se catalogan como tiempo definido y tiempo inverso. En la normativa ANSI se conocen con el número 51 [16].

- **Relé de tiempo definido**

El ajustar este tipo de relés se basa mediante el manejo de diferentes niveles de corriente y de tiempos de operación, de allí donde la activación del interruptor más cercano a la falla se produce en tiempo corto y después los disyuntores coordinados de forma restante se activarán sucesivamente.

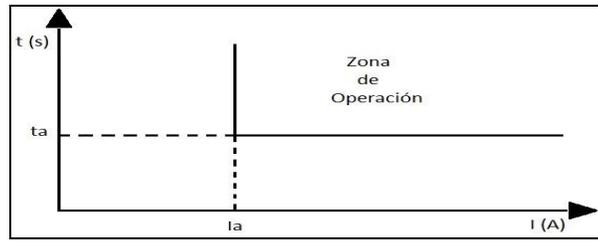


Figura 7. Relé de corriente y tiempo definido.

Fuente: Autores.

- **Relé de tiempo inverso**

Este tipo de relé como su nombre lo indica el tiempo de operación es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente medida en concordancia de un grupo disponible de curvas características.



Figura 8. Relé de tiempo inverso.

Fuente: Autores.

Los relés de tiempo inverso se clasifican de acuerdo con la curva característica la cual determina la rapidez de operación en: inverso, muy inverso, extremadamente inverso, tiempo definido.

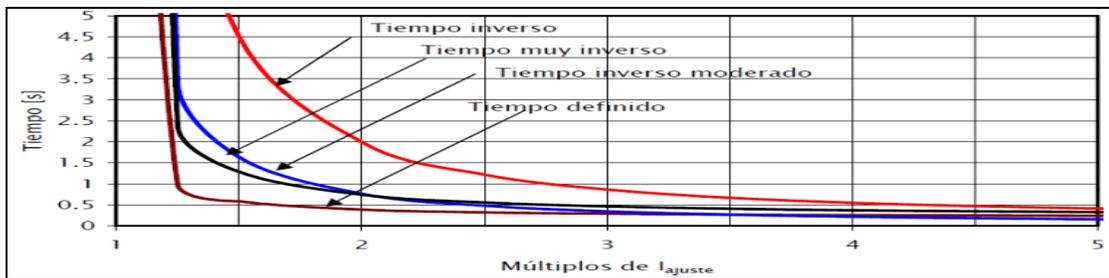


Figura 9. Relé de tiempo inverso.

Fuente: [7].

- Corriente de arranque

Se conoce como el valor con el cual comienza la operación temporizada del relevador también identificada como corriente de arranque o corriente mínima de funcionamiento, en los relés modernos los valores de ajuste se manifiestan como múltiplos y submúltiplos de la corriente nominal (1 o 5 A en dependencia de los TCs) mediante pasos de 0.01 A.

- Dial

Facilita la obtención de diferentes tiempos de operación para un mismo tipo de curva y una corriente dada. Para relés modernos los pasos de dial son muy pequeños entre sí. Como, por ejemplo, 0.1 a 1 en pasos de 0.05 lo que permite el ajuste de manera continua. Ya determinado el tipo de curva de operación del relevador y la corriente nominal se continúa a calcular los valores de corriente de arranque y dial en aplicación de criterios referentes a procedimientos de coordinación de protecciones [17].

Todos los equipos de este tipo básicamente operan según su curva de tiempo en función de su condición. El relevador de sobre corriente se puede describir según su curva de tiempo en base a la corriente, como se puede observar en la figura 10 donde el eje vertical es el tiempo de retraso en segundos y el eje horizontal para la corriente. Es posible visualizar tres tipos de curvas para intervalos diferentes. La primera curva conocida como instantánea, corresponde a la función ANSI 50. Las dos curvas restantes, de tiempo definido y tiempo inverso pertenecen a la función ANSI 51, también llamado retraso. Determina un tiempo de retraso para que el relevador opere.

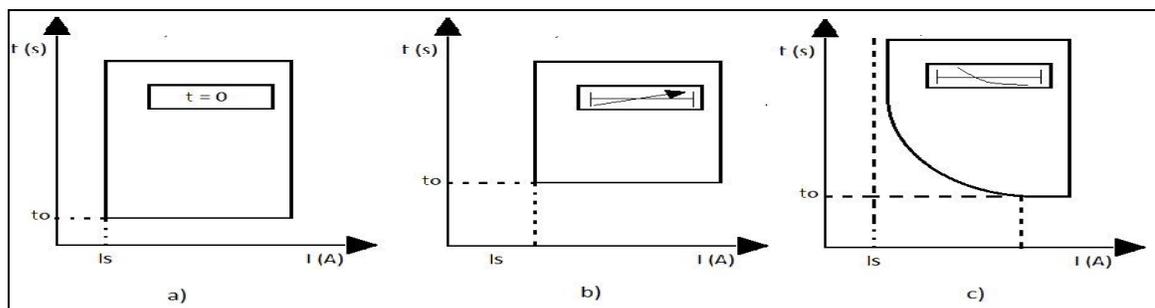


Figura 10. Curvas características de relevadores de acuerdo con el tiempo de operación. a) Instantánea, b) De tiempo definido, c) Temporizado por curva o tiempo inverso.

Fuente: Autores.

Para cualquier punto por arriba de la curva de operación del relevador, debe accionarse el dispositivo delegado para desactivar el circuito. Entonces, la función ANSI 51 tiene como prioridad brindar al sistema tiempo para que se recupere por su cuenta ante cualquier perturbación o falla, ya que la función ANSI 50 esta para situación donde la interrupción de la corriente sea instantánea cuando el sistema lo requiera [18].

➤ **Principio de operación**

La protección de sobre corriente está diseñada para funcionar cuando la corriente supervisada supera el ajuste definido como corriente de arranque, esto se da cuando el sentido de la corriente coincide con la direccionalidad del relevador. Esto se debe a que la selectividad proporcionada opera ante condiciones anormales en la zona principal (protección primaria) o en zonas secundarias (protección de respaldo) [19].

Para cada relevador colocado en funcionamiento se procede a calcular una curva de tiempo inverso en donde el tiempo de operación es inversamente proporcional a la intensidad medida dicho en otras palabras si mayor es la cantidad de corriente de falla menor tiempo le tomara al relé operar. La curva se obtiene mediante tiempos de operación para las diferentes magnitudes de corriente a través de la ecuación 3.1, otorgado por las normas ANSI/IEEE Y IEC.

$$t = \frac{k \cdot \beta}{\left(\frac{I}{I_a}\right)^\alpha - 1} + L \text{ [segundos]} \quad \text{Ec. 1.}$$

Donde:

t = Tiempo de operación [s]

I = Corriente de falla en [A].

I_a = Corriente de ajuste o TAP en [A].

β, α, L = Constantes determinadas por cada curva.

k = Ajuste multiplicador de tiempo [s].

Tabla 2. Constantes para relés disponibles otorgados por las normas ANSI/IEEE C37.112 -2008 y IEC 60255-3.

Curvas	Estándares	α	β	L
Moderadamente Inversa	IEEE	0,02	0,0515	0,114
Muy Inversa	IEEE	2	19,61	0,491
Extremadamente Inversa	IEEE	2	28,2	0,1217
Inversa	CO8	2	5,95	0,18
Inversa de tiempo corto	CO2	0,02	0,0239	0,0169
Inversa estándar	IEC	0,02	0,14	0
Muy Inversa	IEC	1	13,5	0
Extremadamente Inversa	IEC	2	80	0
Inversa de Tiempo largo	UK	1	120	0

Fuente: [20].

3.6. Aspectos para coordinación de protecciones de sobre corriente en una red de distribución

Para una coordinación de protecciones es de gran importancia definir los tiempos de operación, con la finalidad de una correcta calibración donde una actuación priorizada en el orden de activación es minimizar los tiempos de accionamiento y garantizar un adecuado funcionamiento en los tiempos de todos los relevadores que componen el sistema de protección [21].



Figura 11. Pasos para la configuración del sistema.

Fuente: Autores.

En la figura 11. se puede apreciar un esquema simple del proceso de ajuste para calibración de protecciones lo cual señaló lo siguiente:

El ajuste de las protecciones es fundamental determinar anticipadamente las condiciones operativas a la que va a estar sujeta el sistema eléctrico, con el objetivo de encontrar el límite del estado de no operación de las protecciones, al tener en cuenta la topología o configuración además de simular las posibles fallas que se puedan presentarse en la red de distribución. Una vez se haya analizado los aspectos mencionados se puede determinar los ajustes de protección principal o como protección de respaldo según la localización de la falla.

3.6.1. Principios generales de ajuste y coordinación

La función principal de los relevadores de sobre corriente es detectar las fallas que podrían presentarse en el sistema, un funcionamiento anormal y condiciones indeseadas de los elementos es provocada por las sobre corrientes. Por eso que el ajuste y calibración debe brindar sensibilidad, velocidad y selectividad [22].

3.6.1.1. Escalonamiento de tiempo

Se lo emplea con la finalidad de dar seguridad mediante la apertura del interruptor más cercano a la falla mediante la selección de ajuste de tiempo necesario para cada relevador, como inconveniente este método tiene que, al ocurrir una falla cercana a la fuente, el tiempo de despeje de la falla será más prolongado [19].

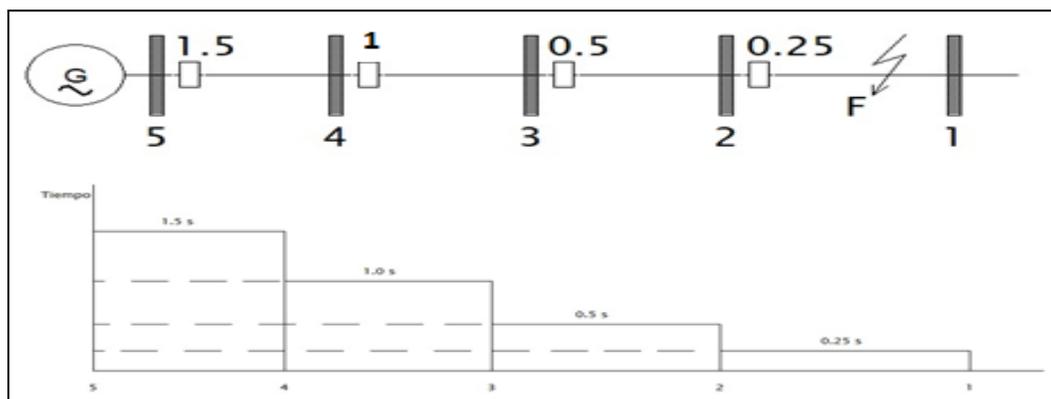


Figura 12. Escalamiento por tiempo en un sistema radial.

Fuente: Autores.

El relevador en el interruptor dos se ajusta al tiempo más corto posible y necesario para el accionamiento del disyuntor. De igual manera el relevador 3 es seleccionado a 0.5 segundos, el relevador 4 seleccionado a 1 segundo, al producirse una falla en F el relevador dos actuará y la perturbación será aislada antes que los relevadores 3, 4 y 5 tenga tiempo para actuar.

Cuando el nivel de falla es mayor en la sección más cercana a la fuente el tiempo de eliminación de falla es mayor lo cual es una desventaja, en consideración de discriminación por tiempo indica que las fallas de gran magnitud son eliminadas en un tiempo de operación mayor.

3.6.1.2. Escalonamiento de corriente

Para los relevadores de discriminación debido a la corriente se enfocan en que la corriente de falla varía con la posición de esta, por la diferencia en los valores de impedancia entre la fuente y el lugar donde se produce la falla. Se maneja el criterio que el relevador más cercano a la falla de apertura a interruptor.

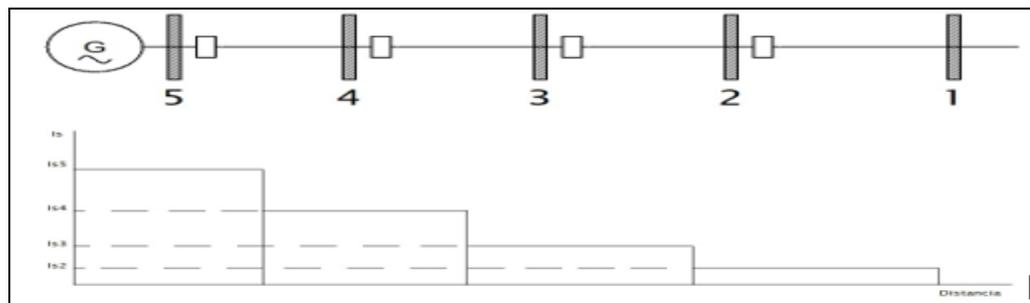


Figura 13. Escalonamiento por Corriente.

Fuente: Autores.

Por el motivo que la corriente de falla es más alta a lo largo que se acerca a la fuente por ende se emplea en este método, los relevadores son calibrados para funcionar por medio del ajuste de corriente presentada que merma a razón que la distancia desde la fuente es aumentada [19].

$$I = \frac{V}{X_f * \sqrt{3}} \quad \text{Ec. 2.}$$

Donde:

I: Corriente de falla

V: Voltaje en el sistema

Xf: Impedancia desde el punto de falla a la fuente.

3.6.1.3. Discriminación por tiempo y corriente

Mediante la discriminación por corriente se identifica que cuando existe una impedancia diferente a la estipulada en el sistema entre dos interruptores que conforman el circuito, debido a limitaciones agregadas por el uso individual de la coordinación de tiempo o corriente, de tal forma que implican el manejo de características del relevador de sobre corriente de tiempo inverso. La característica del tiempo de operación es inversamente proporcional al nivel de corriente de falla y se fundamenta en manejar la función tanto de tiempo como de corriente [19].

3.6.2. Ajuste de relevadores de sobre corriente instantánea

3.6.2.1. En líneas de transmisión entre subestaciones

Las protecciones en líneas de transmisión consisten en el análisis de consideraciones fundamentales en los relevadores que se desea coordinar. Para líneas de transmisión es importante determinar las fallas de puedan presentarse como son, cortos circuitos entre fases o fase a tierra.

El ajuste que se realiza a estas unidades se toma en consideración al menos 125% de la corriente simétrica para el nivel de falla máxima en la subestación vecina. En ocasiones las características de dos relevadores se cruzan ante un nivel de falla lo que dificulta la coordinación, se toma en cuenta ajustar unidad instantánea del relé que está alejada de la fuente con un nivel de intensidad o corriente más bajo de forma ligera para proporcionar una coordinación óptima [19].

Las fallas son unos de los principales daños para los equipos que conforman un sistema. El efecto de la carga, el rango de la corriente de falla, la cuestión de la direccionalidad y el impacto de la configuración del sistema eléctrico son parte de problemas que pueden presentarse en la línea de transmisión.

3.6.2.2. En líneas de distribución

Para el ajuste de elementos instantáneos en relevadores sobre las líneas de distribución que proporcionan alimentación a transformadores montados en postes para red de medio o bajo

voltaje, se maneja de manera diferente al caso anterior ya que dichas líneas están al final del sistema de MV [19]. Por lo tanto, pueden satisfacer condiciones de coordinación en base a los siguientes valores:

- 50% de la corriente máxima de cortocircuito en el punto de conexión del relé
- Entre 6 a 8 veces la corriente máxima (nominal) del circuito.

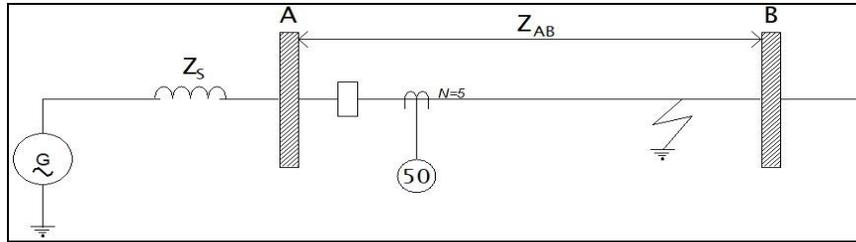


Figura 14. Alcance de las unidades instantáneas.

Fuente: Autores.

3.6.3. Ajuste de unidades de tiempo definido en relés de sobre corriente

3.6.3.1. Ajuste de parámetros

Para los relevadores de tiempo definido y de tiempo inverso se pueden ajustar mediante dos parámetros DIAL y el TAP. El dial y su ajuste viene representado por el retraso del tiempo antes que el relé opere ante una corriente de falla igual o mayor que el ajuste de corriente que dispone el relevador en mención [19].

El retraso de tiempo se da mediante el ajuste de distancia física entre los contactos fijos y móviles por medio de ajuste del dial, un valor de dial sumamente pequeño conlleva a un tiempo de operación corto. El TAP es el valor que proporciona la corriente de puesta en marcha del relé, y las corrientes son manifestadas como múltiplos de ésta.

El valor de TAP para relevadores de fase se determina mediante la asignación de un margen ante una sobrecarga por arriba de la corriente nominal, se expresa por siguiente formula:

$$TAP = \frac{(OLF) * I_{nominal}}{CTR} \quad \text{Ec. 3.}$$

Donde:

I_{nom} : Corriente nominal del circuito

CTR: Relación de transformación del TC

OLF: Factor de sobrecarga que esta dado en función del elemento a proteger.

Los factores de sobrecarga para líneas de transmisión, transformadores, generadores, están en un rango de 1,25 a 1,5, para sistemas de distribución donde es factible el aumento de carga en los alimentadores en condiciones de emergencia, el factor es de 2 mientras que para motores el factor es de 1.05.

3.6.3.2. Protección de sobre corriente neutro / tierra

Los circuitos trifásicos de redes de distribución en media tensión se encuentran sometidos a fallas a tierra debido a que una de las fases entra en contacto con la tierra y fallas al neutro se dan cuando una de las fases se sobrecarga.

Las fallas a tierra se dan a medida como se aterrice el neutro del transformador alimentador de una barra. En distribución por lo general se pone el neutro sólidamente aterrizado por lo que se produce corrientes elevadas en una de las fases, su ajuste de activación se genera por medio del desequilibrio máximo que llegará a existir en el sistema en condiciones normales de funcionamiento.

$$TAPn = \frac{(0,2 * Inom)}{CTR} \quad \text{Ec. 4.}$$

El margen de desequilibrio típico es de 20%, en líneas de alta tensión la designación por desequilibrio podría reducirse a un 10% mientras que en los alimentadores de una red de distribución el valor podría llegar a un 30%.

3.7. Transformadores

3.7.1. Transformador de potencia

Maquina electromagnética estática que su función es la transformación de parámetros eléctricos como son la corriente y el voltaje, para permitir la transmisión y distribución de energía eléctrica con bajas caídas de voltaje.

3.7.1.1. Curva de daño y categorías de transformadores

El transformador está diseñado para soportar cierta potencia a determinada magnitud de voltaje y corriente, al elevar la corriente sobre los niveles aceptados, el equipo soportará un tiempo determinado antes de sufrir algún daño entonces el trafo obtiene límites de tiempo para determinadas corrientes [23].

Tabla 3. Clasificación de transformadores.

CATEGORIA	CAPACIDAD MINIMA (KVA)	
	MONOFASICO	TRIFASICO
I	5-500	15-500
II	501-1667	501-5000
III	1668-10000	5001-30000
IV	10000	30000

Fuente: [23].

Cuando se desea coordinar y seleccionar los ajustes de protecciones en base a la corriente que soportan los transformadores, se aplican las curvas de daño que son una representación gráfica de las corrientes y tiempos que soportan los transformadores. En las categorías de transformadores I y IV, dan a conocer las consideraciones térmicas y mecánicas.

Transformadores de categoría II y III poseen dos curvas, en dependencia del número de veces que ocurre la falla en los transformadores, niveles de corriente de falla y tiempo de vida. En las curvas que poseen dos partes, una sólida y otra punteada, la parte sólida dicta la duración de la falla total dada por daño térmico mientras que la porción punteada indica los daños mecánicos [23].

➤ **Categoría I**

Curva de protección contra fallas por fallas que ocurrirán con frecuencia o con poca frecuencia.

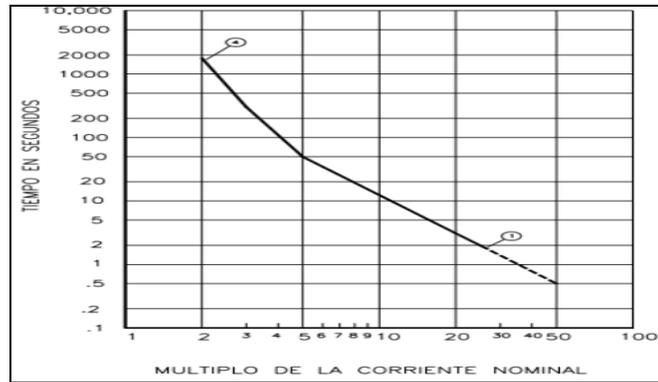


Figura 15. Capacidad térmica de transformadores entre 5 y 500 kVA monofásicos, 15 a 500 kVA trifásicos.

Fuente: [23].

➤ **Categoría II**

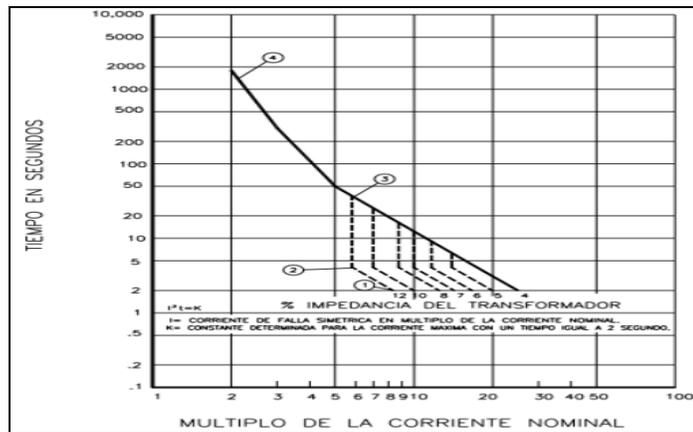


Figura 16. Curva de protección ante fallas que ocurrirán con frecuencia.

Fuente: [23].

Para corrientes de falla del 50% al 100% del máximo posible:

$$K = I^2 * t \tag{Ec. 5.}$$

Donde:

I= Corriente de falla simétrica en tiempos de la corriente base normal.

K= Constante determinada al máximo de I con t=2 segundos.

Dicha curva se puede usar para protección de respaldo cuando el transformador esta sujeto a fallas frecuentes que usualmente se eliminan mediante relevadores de alta velocidad.

➤ **Puntos coordenados tiempo-corriente**

Para la presentación grafica de la curva de daño del transformador, por medio de las categorías se ha empleado ecuaciones que definen la curva en base a categorías.

Tabla 4. Ecuaciones para tiempo y corriente.

PUNTO	CATEGORÍA	TIEMPO	CORRIENTE
1	I	$T = (Zt)^2 * 1250$ Ec. 6.	$I = \frac{In}{Zt}$ Ec. 7.
	II, III, IV	$T = 2$	
2	II	$T = 4.08$	$I = 0.7 * \frac{In}{Zt}$ Ec. 8.
	III, IV	$T = 8$	$I = 0.5 * \frac{In}{Zt + Zs}$ Ec. 9.

Fuente: [23].

3.7.2. Transformador de corriente

Para un sistema eléctrico que trabaje con altos niveles de potencia, corriente, voltaje, es necesario el empleo de equipos de protección y medida para la adquisición de valores de entrada, la utilización de equipo que manipule y aisle los circuitos además de facilitar los datos de corriente y voltaje estandarizados, de allí el denominado TC o transformador de corriente [24].

El transformador es conectado en serie en el sistema en el cual va a ser protegido o medido entonces el secundario del TC se emplea en la conexión a los equipos de control.

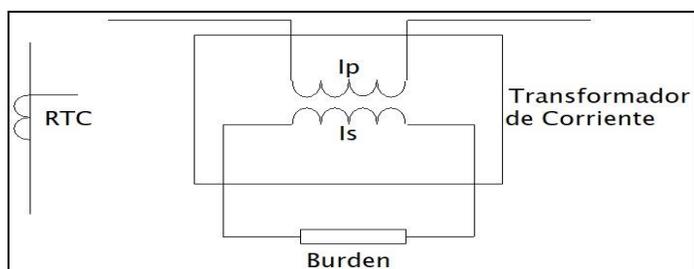


Figura 17. Representación de un TC en un circuito eléctrico.

Fuentes: Autores.

Es de suma importancia tener en consideración que conectar las dos puntas salientes entre sí del secundario del transformador de corriente sin carga puede ocasionar una elevación exagerada del voltaje lo que influye un peligro a cualquier operador del sistema.

La relación de transformación se manifiesta como la relación entre la corriente primaria y la secundaria.

$$CTR = \frac{I_p}{I_s} \quad \text{Ec. 10.}$$

I_p = corriente en el devanado primario

I_s : corriente en el devanado secundario

El devanado secundario trabaja con valores normalizados para los equipos de control mediante las siguientes:

- **Norma Americana:** 5 A Secundario
- **Norma Europea:** 1 A Secundario

3.7.2.2. Criterio para la selección de transformadores de instrumentación.

Los TC que se emplean para medición, la corriente del primario I_p es de suma importancia ya que es el dato para medir. La relación de transformación se debe determinar con el 150% de la corriente nominal del primario para no producir límite de rango al instrumento que se pretende conectar [25].

Entonces el valor en el primario para una relación de transformación viene dado por 1.5 (Ip) y se considera tomar como referencia el valor estándar inmediato superior en base a referencia a la tabla del STD IEEE C57.13.

Tabla 5. Valores estandarizados de relación de transformación para TC

Rango de Corriente	Porción simple	10:5	15:5	25:5	40:5	50:5	75:5	100:5	200:5	300:5	400:5	600:5
		800:5	1200:5	15000:5	2000:5	3000:5	4000:5	5000:5	6000:5	8000:5	1200:5	

Fuente: [26].

3.8. Criterio de Coordinación

El procedimiento y criterio para el cálculo de los datos de ajuste en relevadores de sobre corriente y conllevar una coordinación además de protección adecuada, es ocupado especialmente a los relés de tiempo inverso, aunque se maneja también en relés de tiempo definido [26].

1. Dibujar el diagrama equivalente de impedancias del sistema radial en donde se dispone a instalar el relé.
2. Todas las corrientes deben estar referidas a un solo nivel de voltaje, es recomendable el nivel al que se encuentran sometidos más elementos.
3. Determinar las corrientes nominales de los equipos, al nivel de voltaje común.
4. Determinar las corrientes máximas de falla en plena generación y corriente mínima de falla con generación mínima en cada nodo del sistema.
5. Analizar si hay uso del elemento instantáneo.
6. Determinar el Tap del relé con relación al primario, en función de las corrientes nominales en los equipos y verificar los respaldos con las corrientes mínimas de falla.
7. Determinar los Tap's con relación al secundario mediante la multiplicación del TC correspondiente.
8. Determinar el ajuste del elemento instantáneo, se lo realiza con las indicaciones dadas que es 1.25 veces la corriente máxima de falla en la siguiente barra.
9. El tiempo de operación tiene que ser calculado del relevador que se encuentra lo más lejos posible de la fuente con un DIAL bajo, se pone en acción el relé cuando se considere

sobrepasar el nivel de falla. Se considera que el ajuste del DIAL tiende a ser más alto por un elevado flujo de carga, los circuitos son reconectados luego de una caída del suministro eléctrico, es de suma importancia la coordinación de protecciones aguas abajo como restauradores o fusibles.

10. Calcular el tiempo de operación del relé asociado al interruptor próximo a la fuente, $t_{2a}=t_1+ t_{\text{margen}}$, t_{2a} representa el tiempo de operación para el interruptor 2 y t_{margen} es el margen de discriminación.
11. Ya conocido t_{2a} además del cálculo del Tap para un relevador 2, realizar nuevamente el numeral 2 de estos criterios para sacar el ajuste del dial para el relé 2.
12. Obtener el tiempo de funcionamiento t_{2b} del relevador 2, aplicar el uso del nivel de la falla para la posterior operación de su unidad instantánea.

3.9. Interfases Graficas en Matlab

MATLAB Abreviado de MATrix LABoratory es un software matemático de gran uso especialmente en universidades, centros de desarrollo e investigación.

Este lenguaje de programación facilita al empleador el uso de matrices, representación de datos y funciones, añadir algoritmos, el diseño de interfaces de usuario, considera la comunicación con otros lenguajes y con dispositivos hardware [27].

MATLAB dispone de tres métodos para creación de interfaces de usuario como son:

- Funciones de Matlab
- GUIDE
- App Designer

Cada uno de estos métodos disponen de modos de trabajo diferente, así como también distintas funcionalidades. El desempeño de un proyecto se enfoca en sus objetivos lo que conlleva al diseñador a considerar aspectos de interfaz como posición y propiedades de componentes, funciones y su uso mediante interpretación de código.

3.9.1. App Designer

Esta herramienta se lo emplea para el desarrollo de fin de grado, facilita la descripción detallada de aspectos importantes como facilitar las funciones gráficas y controles de manejo del software.

App Designer es un entorno grafico de desarrollo de interfaces generado en R2016a, este método dispone de una versión integrada del editor de MATLAB. Ya que las vistas de código y diseño se encuentran vinculadas [28].

La herramienta en mención tiende a reducir el tiempo de elaboración de interfaces, facilitar el entorno y diseño de trabajo en el uso de figuras y los ejes tradicionales para la función de gráficos que dispone en MATLAB.

➤ Ingreso

Por medio de dos métodos se hace la apertura de App Designer:

1. Ingresar el Command Windows de MATLAB>>appdesigner.

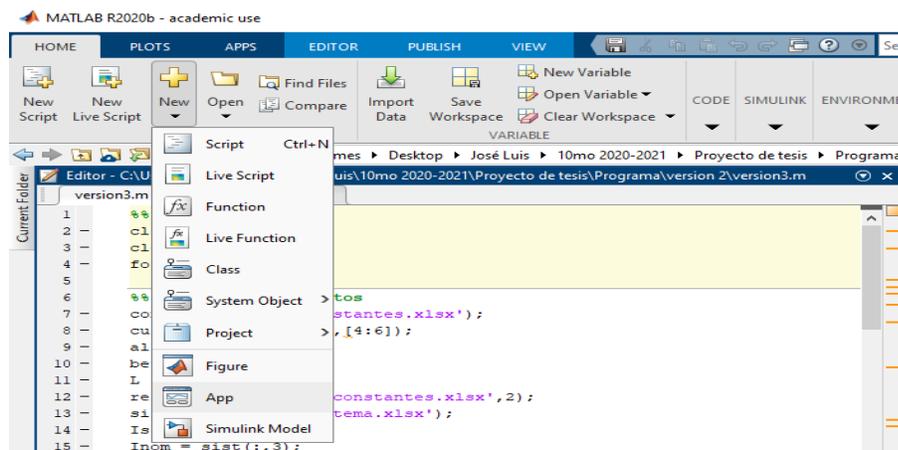


Figura 18. App Designer.

Fuente: Autores.

2. Por medio de la pestaña HOME de MATLAB, se selecciona New, A, App Designer. Como se ve en la figura 21.

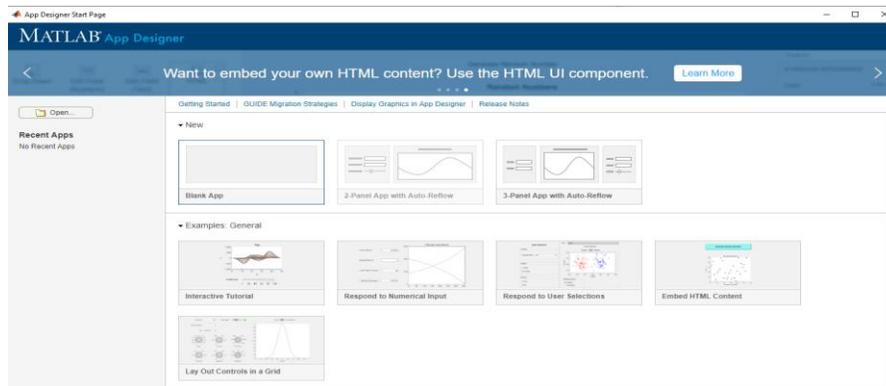


Figura 19. Plataforma de manejo de la pestaña App Designer.

Fuentes: Autores.

3.9.2. LSPS

La aplicación LSPS elaborada por la empresa LSElectric es una plataforma que busca coordinar protecciones de sobre corriente. Esta herramienta es usada por diferentes empresas a nivel mundial debido a su fácil forma de representar y coordinar un sistema de protecciones además de pruebas de fallas para hacer de la aplicación un útil instrumento para desarrollar un análisis para generar selectividad y confiabilidad a un sistema eléctrico en media o baja tensión, con estándares de normativas IEEE/ANSI e IEC.



Figura 20. Logo de la aplicación LSPS.

Fuentes: Autores.

4. METODOLOGÍA

4.1. Metodología de la Investigación

4.1.1 Investigación Exploratoria

El uso de este método tiene como objetivo la investigación, de pronunciar la protección de sobre corriente mediante una coordinación automática de relevadores con el manejo de corrientes pickup, corriente de cortocircuitos además del dial y del Tap, de manera automática es poco realizado como ayuda pedagógica en la protección de sistemas eléctricos de distribución.

4.1.2. Investigación Experimental

Mediante el uso de este método se da a conocer las características que disponen estos relés tanto para tiempo inverso como también para tiempo instantáneo con el fin de verificar y se puede realizar una coordinación automática de relevadores de sobre corriente con la asignación de visualizar las curvas de forma que se cumplan con el margen de discriminación de tiempo.

4.1.3. Investigación Descriptiva

Este método busca especificar las propiedades que ofrece una coordinación de protección de sobre corriente y de mayor énfasis con el uso de la App Designer para fomentar la utilización, empleo del Software en estudiantes de la universidad y cualquier otro técnico profesional o ingeniero que desee proteger sistemas eléctricos.

4.1.4. Investigación Explicativa

Por medio de este método se proporciona las causas de diseño y elaboración de una coordinación automática de relés de sobre corriente. Se fundamenta en responder la obtención de los tiempos de discriminación de ajuste de curvas de manera autónoma en las condiciones de mejorar y conllevar a la utilización de constantes para los relés proporcionados por las normas ANSI IEEE C37 112 2008 y IEC 60255-3.

4.1.5. Investigación Teórica Conceptual

En base a una búsqueda bibliográfica como consultas o investigaciones mediante libros, revistas, tesis de grado o documentos web se lo realiza para propiciar un adecuado marco teórico en referencia a la coordinación de relés y empleo de características de ajuste de tiempo.

4.2. Métodos de Investigación

4.2.1. Método Analítico

El análisis de documentación científica son la base fundamental para la construcción y elaboración del marco teórico con el aporte de libros, artículos y revistas fue de suma importancia para el desarrollo de este tema de titulación.

4.2.2. Método Sintético

El estudio de los resultados proporcionados por la coordinación automática de relevadores óptima, al ejecutar un sistema radial propuesto son comparados con ejemplos prácticos y se concluye que cumplen con lo esperado para un uso didáctico para estudiantes y una herramienta confiable para profesionales.

4.3. Identificación y operacionalización de variables

Variable Dependiente: *Respuestas de coordinación.*

Definición conceptual: La ciencia de las matemáticas conlleva a la expresión de resultados arrojados de un proceso calculado, ya sea desde una suma hasta una iteración como prueba de exactitud en el diseño de la aplicación tecnológica.

Variable Operacional: Los valores de variables serán puestas a análisis mediante la comparación de resultados de ejercicios planteados de manera manual y automática.

Variable Independiente: *Aplicación tecnológica.*

Definición Conceptual: Por medio de la aplicación se usa una línea de programación para reducir tiempo de trabajo en la realización de una coordinación de protecciones con el ajuste de relevadores de sobre corriente de forma óptima y adecuada.

Definición Operacional: El análisis de la variable toma referencia los datos de entrada, se produce la compilación del software lo que conlleva a considerar los tiempos de ajuste adecuado entre las curvas de los relés dentro del rango óptimo o más cercano al ideal con el fin de corresponder a las condiciones normales de operación.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La aplicación CAR.OP permite apreciar los resultados mediante una tabla en la cual están los valores óptimos de operación para un sistema determinado. Se podrá visualizar la gráfica de las curvas de cada relevador. Con la finalidad de dar a conocer al usuario cuales son las características operacionales de las protecciones de sobre corriente, y estas se activen correctamente ante algún tipo de contingencia o falla.

5.1. Diagrama de flujo.

El diagrama de flujo consiente en determinar de manera ordenada y sistemáticas los pasos para el desarrollo de la aplicación, coordinación automática de protecciones de sobre corriente para alimentadores radiales.

Al ingresar a la aplicación, esta consta de cuatro ventanas: características de relés, características de transformadores, sistema y resultados, las cuales permiten el ajuste para representar el sistema y la ventana de resultados, se tendrá una coordinación automática de relevadores óptima además del tipo de curva para cada relé.

En la ventana de características de relés se encuentran los tipos de curvas que se dispone en la actualidad según las normativas IEEE Std C37.112-2018 y la IEC 60255-3 entre otras, tomadas del libro Protección de las Redes de Distribución de Electricidad [16]. Donde según la configuración y restricciones para cada caso, las curvas pueden ser ingresadas o eliminadas para el respectivo cálculo.

En la ventana de características de transformadores en esta se ingresan los valores de operación de los transformadores que disponga un sistema planteado. Número de transformador, potencia nominal (MVA), voltaje nominal (kV), impedancia del transformador %, impedancia fuente (p.u.) y categoría. Estos son los valores para ingresar, si el sistema consta de dos transformadores se agrega otra línea para insertar los valores de operación el nuevo transformador.

En la ventana de sistema es donde se ingresará desde el relevador más alejado de la fuente hacia la más cerca. Para garantizar que la aplicación entienda como está configurado el sistema para posterior brindar una solución. Para ingresar los datos del sistema, anticipadamente es necesario determinar la potencia que protege cada relé, cálculo de las corrientes nominales y las corrientes de cortocircuito para cada barra, factor empleado a la protección con relación al equipo a proteger y voltaje al que opera cada relevador.

Para obtener la coordinación automática de relevadores optima este pasa por una serie de repeticiones para encontrar los valores ideales. Los tiempos de operación son comparados con el margen del tiempo de discriminación, en donde se busca que esos tiempos de operación estén lo más cerca posible de 0.4 seg. La aplicación toma los tiempos cercanos a 0.4 seg entre las distintas curvas para una calibración, enfocándose en seleccionar la más ideal para que el tiempo de operación sea el más rápido ante la presencia de alguna falla.

Estos datos son tomados y presentados en la tabla de resultados para una apreciación del tiempo de discriminación que posee cada relevador con respecto al siguiente relevador.

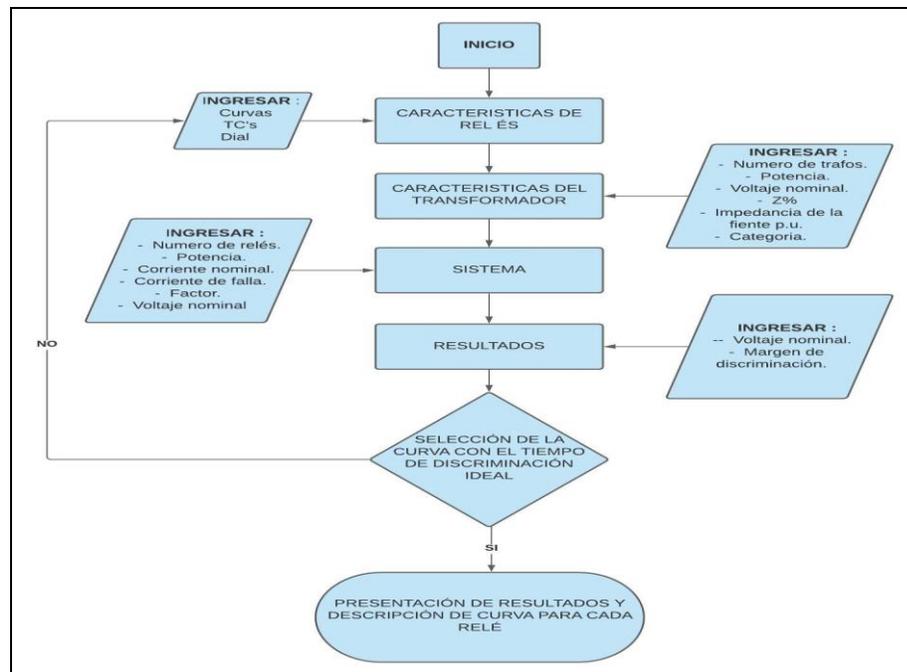


Figura 21. Diagrama de flujo de la aplicación tecnológica.

Fuentes: Autores.

Para la determinación de los Delta T para cada relé, el tiempo de operación varia en relación con el tipo de curva, la gráfica de las curvas es en función a las corrientes y tiempos el cual calculará el tiempo de operación del instantáneo de primer relé “t1” y posterior el cálculo del tiempo “t2” esto se calcula con relación directa al instantáneo del relé que esta abajo del sistema. Mediante la resta de los tiempos (t2 y t1) obtendremos el DT o también conocido como margen de operación entre relevadores.

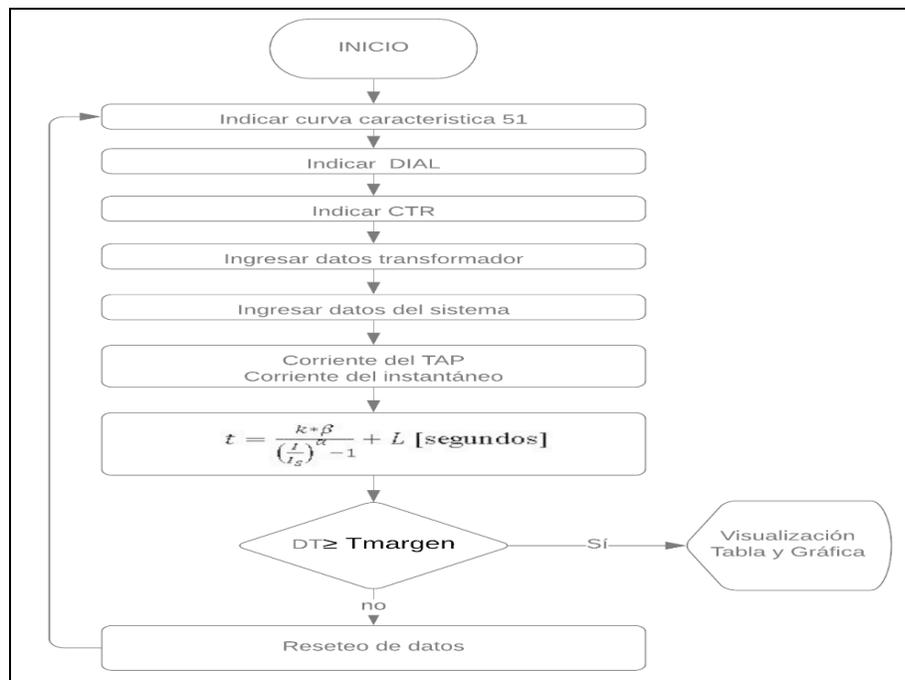


Figura 22. Flujoograma de aplicación CAR.OP.

Fuentes: Autores.

5.2. Análisis de resultados entre la aplicación CAR.OP y LSPS.

Como análisis de resultados en el presente ejemplo del Anexo I se da a conocer el porcentaje del margen de error entre los resultados del ejercicio elaborado en el Anexo I con relación a las aplicaciones CAR.OP y LSPS. Mediante este análisis se validará la efectividad de la aplicación para coordinación de protecciones en un sistema radiales y este opere en condiciones óptimas.

La aplicación CAR.OP es una herramienta que permite obtener los resultados para una calibración de protecciones de sobre corriente de manera selectiva, ya que permite apreciar cuales son las mejores condiciones para la calibración de los relevadores en una configuración radial.

Además de la descripción de curva para cada relé. Estos datos serán analizados con los cálculos de las guías de práctica.

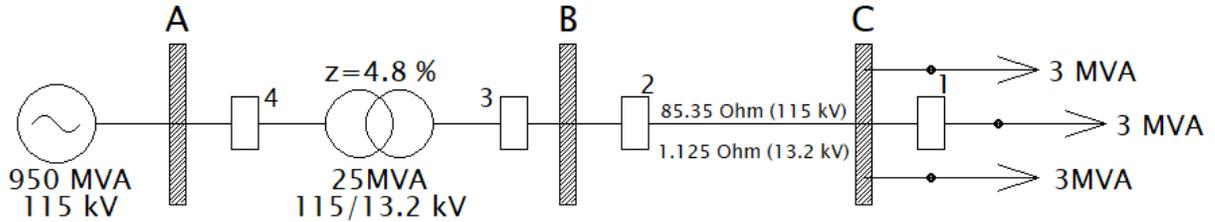


Figura 23. Diagrama eléctrico de anexo I.

Fuentes: Autores.

En la figura 25 se puede apreciar un diagrama de cargas y protecciones, característico de un sistema radial, este consta de 4 relevadores de sobre corrientes los cuales protegen: carga, línea de transmisión, transformador y fuente. Además, el sistema está compuesto de 3 barras.

Relé 1: Carga, Relé 2: Línea de Trasmisión, Relé 3: Adyacente al relé 2 y Relé 4: Transformador. El factor de sobrecarga está en un rango de 1,25 a 1,5 siendo 0.5 para carga, 1 para relés adyacentes y 1.25 para líneas de trasmisión y transformadores.

Es importante calcular los datos de corriente nominal y corriente de corto circuito del sistema previamente para que la aplicación pueda presentar una tabla de resultados de las mejores características de operación para este sistema radial. Los datos para ingresar en la pestaña SISTEMA son:

Tabla 6 . Tabla de ingreso de datos a la ventana sistema de la aplicación CAR.OP.

Relé N°	P. nominal [MVA]	I. nominal [A]	I.cc [A]	Factor	Voltaje [kV]
1	3	131.2	4640.0	0.5	13.2
2	9	393.6	14714.8	1.25	13.2
3	25	1093.5	14714.8	1	13.2
4	25	125.5	4769.8	1.25	115

Tabla 7. Ingreso de datos a la pestaña Características de Transformadores.

Transformador N°	P. nominal [MVA]	V. nominal [kV]	Z [%]	Z [p.u.] Fuente	Categoría N°
T1	25	34.5	4.8	0.02631	1

Tabla 8. Resultados arrojados del Programa CAR.OP.

Relé N°	TAP 51 [A]	I. inst. 50 [A]	DIAL	CTR	Tiempo Operación [Seg]	DT [Seg]	Tipo de Curva
1	4	39	1	300/5	0.6994	-	IEEE Muy Inversa
2	4	37	1	800/5	0.7228	1.377	IEEE Muy Inversa
3	8	-	1	1100/5	0.7746	-	IEEE Muy Inversa
4	4	36	2	300/5	0.9812	0.5217	IEEE Muy Inversa

Tabla 9. Resultados arrojados de la coordinación manual del Anexo I.

Relé	TAP (51) [A]	I sc 50 [A]	DIAL	CTR	Tiempo Operación [seg]	D T [seg]	Tipo de Curva
1	4	39	1	300/5	0.6994	-	IEEE Muy Inversa
2	4	37	1	800/5	0.7228	1.3771	IEEE Muy Inversa

3	8	-	1	1100/5	0.775	-	IEEE Muy Inversa
4	4	36	2	300/5	0.9812	0.5243	IEEE Muy Inversa

Tabla 10. Resultados arrojados del Programa LSPS.

Relé N°	TAP 51 [A]	I. inst. 50 [A]	DIAL	CTR	Tiempo Operación [Seg]	DT [Seg]	Tipo de Curva
1	4	39	1	300/5	0.6988	-	IEEE Muy Inversa
2	4	37	1	800/5	0.7231	1.3799	IEEE Muy Inversa
3	8	-	1	1100/5	0.7741	-	IEEE Muy Inversa
4	4	36	2	300/5	0.9809	0.5213	IEEE Muy Inversa

5.2.1 Comprobación de resultados.

Para la validación de los resultados de la aplicación CAR.OP se lo hizo con la aplicación LSPS, los cuales arrojaron datos bastantes similares para la configuración y criterios de operación de un sistema radial. La aplicación CAR.OP se ajustó a los limitantes de presenta la aplicación LSPS debido a que no aporta con todas las familias de curvas estandarizadas por normativa además de ajustes de tiempo y dial con valores en un rango ya establecido. Los resultados fueron analizados en base a ese particular. Los márgenes de errores se los realiza en consideración del Tiempo de operación, DT y Corriente Instantánea y se lo realiza entre el cálculo Manual del anexo I, la Aplicación CAR.OP y la herramienta LSPS.

5.2.1.1. Programa CAR.OP.

- **Relé 1**

Tabla 11. Rango de error entre la aplicación CAR.OP y Ejercicio Práctico para el relé 1.

Relé 1			
Descripción	CAR.OP	Ejercicio Practico	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.6994	0.6994	0
DT [Seg]	-	-	-
I. instantánea [A]	2340	2340	0

El relé 1 opera a un voltaje nominal de 13.2 kV, ocupa una relación de transformación de TC de 300/5 con un Dial de 1, se compara y determina el margen de error entre los resultados de las aplicaciones CAR.OP y el Ejercicio Práctico. El tiempo de operación es “0.6994 Seg (CAR.OP)” y “0.6994 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0 %. El relé 1 no dispone de variación del tiempo DT debido a que no tiene otro relé por debajo de el para coordinar. La corriente de instantáneo es “2340 A (CAR.OP)” y “2340 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0003 %.

- **Relé 2**

Tabla 12. Rango de error entre la aplicación CAR.OP y Ejercicio Práctico para el relé 2.

Relé 2			
Descripción	CAR.OP	Ejercicio Practico	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.7228	0.7228	0
DT [Seg]	1.377	1.3771	0.0072
I. instantánea [A]	5920	5920	0

El relé 2 opera a un voltaje nominal de 13.2 kV con una relación de transformación del TC de 800/5 con un Dial de 1, se compara y determina el margen de error entre los resultados de las

aplicaciones CAR.OP y Ejercicio Práctico. Para el tiempo de operación es “0.7228 Seg (CAR.OP)” y “0.7228 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0 %. En la variación del tiempo DT es “1.377 Seg (CAR.OP)” y “1.3771 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0072 %. La corriente de instantáneo es “5920 A (CAR.OP)” y “5922.9932 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0 %.

- **Relé 3**

Tabla 13. Rango de error entre las aplicaciones CAR.OP Y Ejemplo Práctico para el relé 3.

Relé 3			
Descripción	CAR.OP	Ejemplo Planteado	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.7746	0.775	0.0516
DT [Seg]	-	-	-
I. instantánea [A]	14740	14740	0

El relé 3 opera a un voltaje nominal de 13.2 kV con una relación de transformación del TC de 1100/5 con un Dial de 1, se compara y determina el margen de error entre los resultados de las aplicaciones CAR.OP y Ejercicio Práctico. El tiempo de operación es “0.7746 Seg (CAR.OP)” y “0.775 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0516 %. Este relé no dispone de variación del tiempo DT debido a que el porcentaje de alcance puede sobrepasar la protección de relé 2 y activarse antes. La corriente de instantáneo es “14740 A (CAR.OP)” y “14740 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0 %.

- **Relé 4**

Tabla 14. Rango de error entre las aplicaciones CAR.OP y Ejercicio Práctico para el relé 4.

Relé 4			
Descripción	CAR.OP	Ejemplo Planteado	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.9812	0.9812	0
DT [Seg]	0.5217	0.5243	0.4983

I. instantánea [A]	18818.1818	18818.1818	0
---------------------------	------------	------------	---

El relé 4 opera a un voltaje nominal de 115 kV con una relación de transformación de 300/5 y un Dial de 2, se compara y determina el margen de error entre los resultados de las aplicaciones CAR.OP y Ejercicio Práctico. Para el tiempo de operación es “0.9812 Seg (CAR.OP)” y “0.9812 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0 %. En la variación del tiempo DT es “0.5217 Seg (CAR.OP)” y “0.5243 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.4983 %. La corriente de instantáneo es “18818.1818 A (CAR.OP)” y “18818.1818 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0 %.

Tabla 15. Resultados de porcentaje de error entre la Aplicación CAR.OP vs Cálculo Manual.

Relé	Descripción	Margen de Error (CAR.OP vs C Manual)
1	Tiempo de operación 50	0 %
	DT	-
	I. instantánea	0 %
2	Tiempo de operación 50	0 %
	DT	0.0072 %
	I. instantánea	0 %
3	Tiempo de operación 50	0.0516 %
	DT	-
	I. instantánea	0 %
4	Tiempo de operación 50	0 %
	DT	0.4983 %
	I. instantánea	0 %

5.2.1.2. Programa LSPS

- **Relé 1**

Tabla 16. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 1.

Relé 1			
Descripción	LSPS	Ejemplo Planteado	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.6988	0.6994	0.0858
DT [Seg]	-	-	-
I. instantánea [A]	2339.9920	2340	0.0003

El relé 1 opera a un voltaje nominal de 13.2 kV se compara y determina el margen de error entre los resultados de las aplicaciones LSPS y el Ejercicio Práctico. El tiempo de operación es “0.6988 Seg (LSPS)” y “0.6994 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0858 %. El relé 1 no dispone de variación del tiempo DT debido a que no tiene otro relé por debajo de el para coordinar. La corriente de instantáneo es “2339.9920 A (LSPS)” y “2340 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0003 %.

- **Relé 2**

Tabla 17. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 2.

Relé 2			
Descripción	LSPS	Ejemplo Planteado	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.7231	0.7228	0.0414
DT [Seg]	1.3799	1.3771	0.2029
I. instantánea [A]	5920.9932	5920	0.0167

El relé 2 opera a un voltaje nominal de 13.2 kV se compara y determina el margen de error entre los resultados de las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico. Para el tiempo de operación es “0.7231 Seg (LSPS)” y “0.7228 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0414 %.

En la variación del tiempo DT es “1.3799 Seg (LSPS)” y “1.3771 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.2029 %. La corriente de instantáneo es “5920.9932 A (LSPS)” y “5920 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0167 %.

- **Relé 3**

Tabla 18. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 3.

Relé 3			
Descripción	LSPS	Ejemplo Planteado	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.7741	0.775	0.1162
DT [Seg]	-	-	-
I. instantánea [A]	14740.2563	14740	0.0017

El relé 3 opera a un voltaje nominal de 13.2 kV se compara y determina el margen de error entre los resultados de las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico. El tiempo de operación es “0.7741 Seg (LSPS)” y “0.775 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.1162 %. Este relé no dispone de variación del tiempo DT debido a que el porcentaje de alcance puede sobrepasar la protección de relé 2 y activarse antes. La corriente de instantáneo es “14740,2563 A (LSPS)” y “14740 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0017 %.

- **Relé 4**

Tabla 19. Rango de error entre las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico para el relé 4.

Relé 4			
Descripción	LSPS	Ejercicio Planteado	Margen de Error [%]
Tiempo Operación 50 [Seg]	0.9809	0.9812	0.0305
DT [Seg]	0.5213	0.5243	0.5754
I. instantánea [A]	18818.2696	18818.1818	0.0004

El relé 4 opera a un voltaje nominal de 115 kV se compara y determina el margen de error entre los resultados de las aplicaciones LSPS y Ejercicio Práctico. Para el tiempo de operación es “0.9809 Seg (LSPS)” y “0.9812 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0305 %. En la variación del tiempo DT es “0.5213 Seg (LSPS)” y “0.5243 Seg (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.5754 %. La corriente de instantáneo es “18818.2696 A (LSPS)” y “18818.1818 A (Ejercicio Práctico)” con un margen de error del 0.0004 %.

Tabla 20. Resumen del rango de error entre las aplicaciones LSPS y Cálculo del Ejercicio del sistema.

Relé	Descripción	Margen de Error (LSPS vs C Ejercicio)
1	Tiempo de operación 50	0.0858 %
	DT	-
	I. instantánea	0.0003 %
2	Tiempo de operación 50	0.0414 %
	DT	0.2029 %
	I. instantánea	0.0167 %
3	Tiempo de operación 50	0.1162 %
	DT	-
	I. instantánea	0.0017 %
4	Tiempo de operación 50	0.0305 %
	DT	0.5754 %
	I. instantánea	0.0004 %

5.2.1.3. Análisis de Resultados de los errores entre CAR.OP y LSPS

Ya determinado los tiempos de operación (50), la Variación de Tiempo (DT) además de la Corriente Instantánea de la unidad de tiempo Instantáneo. En la tabla 17 se da a conocer los porcentajes de errores entre la aplicación CAR.OP y la aplicación LSPS.

Tabla 21. Porcentaje de error de tiempo de operación, variación de tiempo y corriente instantánea entre las aplicaciones CAR.OP y LSPS.

Relé N°	Descripción	CAR.OP	LSPS	Error CAR.OP-LSPS [%]
1	Tiempo Operación 50 [Seg]	0.6994	0.6988	0.0857 %

	DT [Seg]	-	-	-
	I. instantánea [A]	2340	2339.9920	0.0003 %
2	Tiempo Operación 50 [Seg]	0.7228	0.7231	0.0415 %
	DT [Seg]	1.377	1.3799	0.2106 %
	I. instantánea [A]	5920	5920.9932	0.0167 %
3	Tiempo Operación 50 [Seg]	0.7746	0.7741	0.0645 %
	DT [Seg]	-	-	-
	I. instantánea [A]	14740	14740.2563	0.0017 %
4	Tiempo Operación 50 [Seg]	0.9812	0.9809	0.0305 %
	DT [Seg]	0.5217	0.5213	0.0766 %
	I. instantánea [A]	18818.1818	18818.2696	0.0004 %

Tabla 22. Resumen de porcentaje de error entre la aplicación CAR.OP y LSPS de los relés.

Relé N°	Descripción	Error CAR.OP vs Práctico	Error LSPS vs Práctico	Error CAR.PO vs LSPS
1	Tiempo Operación 50 [Seg]	0 %	0.0858 %	0.0857 %
	DT [Seg]	-	-	-
	I. instantánea [A]	0 %	0.0003 %	0.0003 %
2	Tiempo Operación 50 [Seg]	0 %	0.0414 %	0.0415 %
	DT [Seg]	0.0072 %	0.2029 %	0.2106 %
	I. instantánea [A]	0 %	0.0167 %	0.0167 %
3	Tiempo Operación 50 [Seg]	0.0516 %	0.1162 %	0.0645 %
	DT [Seg]	-	-	-
	I. instantánea [A]	0 %	0.0017 %	0.0017 %
4	Tiempo Operación 50 [Seg]	0 %	0.0305 %	0.0305 %
	DT [Seg]	0.4983 %	0.5754 %	0.0766 %
	I. instantánea [A]	0 %	0.0004 %	0.0004 %

En la tabla 18 se da a conocer el margen de error dado de CAR.OP vs Práctico, LSPS vs Práctico, CAR.OP vs LSPS. En donde cada relevador dispone el margen de error de tiempo de operación, DT, Corriente Instantánea.

Tabla 23. Porcentajes de error de los programas CAR.OP y LSPS.

Descripción	Relé N°	Error CAR.OP vs Práctico	Error LSPS vs Práctico	Error CAR.PO vs LSPS
Tiempo de Operación	1	0 %	0.0858 %	0.0857 %
	2	0 %	0.0414 %	0.0415 %
	3	0.0516 %	0.1162 %	0.0645 %
	4	0 %	0.0305 %	0.0305 %
	Promedio	0.01239 %	0.0684 %	0.0555 %
DT	1	-	-	-
	2	0.0072 %	0.2029 %	0.2106 %
	3	-	-	-
	4	0.4983 %	0.5754 %	0.0766 %
	Promedio	0.2527 %	0.3891 %	0.1436 %
I instantánea	1	0 %	0.0003 %	0.0003 %
	2	0 %	0.0167 %	0.0167 %
	3	0 %	0.0017 %	0.0017 %
	4	0 %	0.0004 %	0.0004 %
	Promedio	0 %	0.0047 %	0.0047 %

La tabla 23, ya una vez comparado sus valores de porcentaje de error, se da a conocer el promedio para cada uno de los elementos descritos, para el tiempo de operación la Aplicación CAR.OP diseñada en este proyecto de Titulación tiene un rango de error de 0.01239 % mientras que la Aplicación LSPS tiene un margen de error igual a 0.0684 % y el valor de error entre la CAR.OP y LSPS es de 0.0555 %.

Para la variación de tiempo DT, la Aplicación CAR.OP tiene un rango de error de 0.2527 % mientras que la Aplicación LSPS tiene un margen de error igual a 0.3891 % y el valor de error entre la CAR.OP y LSPS es de 0.1436 %

En cuanto a la Corriente Instantánea, la Aplicación CAR.OP tiene un rango de error de 0 % mientras que la Aplicación LSPS tiene un margen de error igual a 0.0047 % y el valor de error entre la CAR.OP y LSPS es de 0.0047 %

<i>Resultados de la Coordinación</i>							
N° Relé	I. pick up [A]	I. inst. [A]	Dial	DT [Seg]	Relación	t. inst. [Seg]	Curvas
1	4	39	1	0	300	0.69947841	IEEE Muy Inversa
2	4	37	1	1.377	800	0.72289948	IEEE Muy Inversa
3	8	67	1	_____	1100	0.77462486	IEEE Muy Inversa
4	4	36	2	0.52177	300	0.98125	IEEE Muy Inversa

Figura 24. Resultados arrojado de la aplicación CAR.OP.

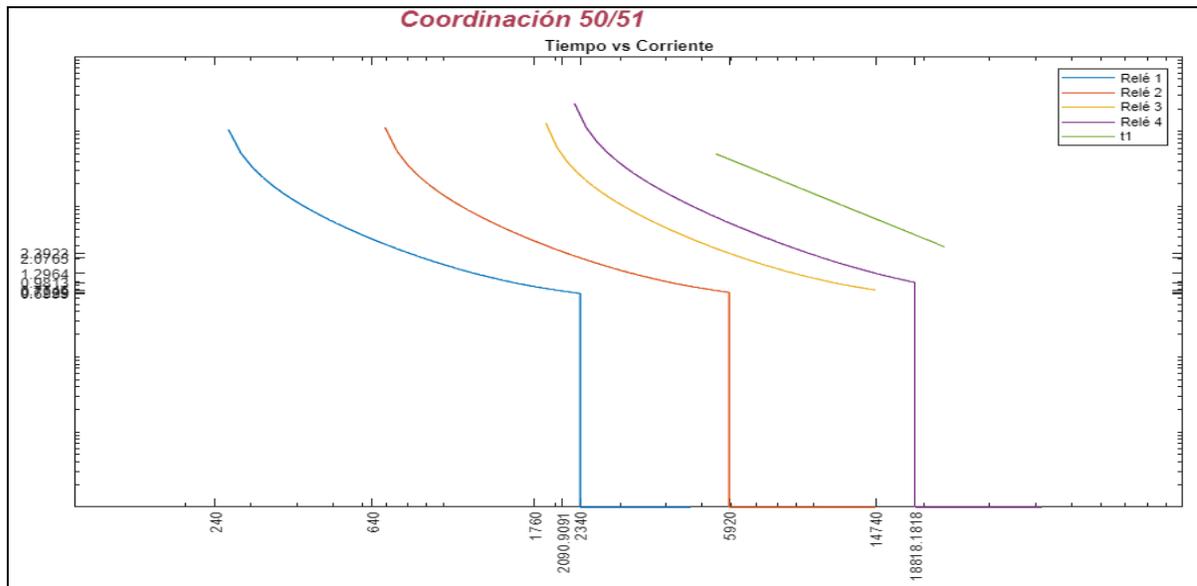


Figura 25. Grafica de la Coordinación de relevadores de sobre corriente dado por la CAR.OP.

Resultados de la Coordinación						
I. pick up [A]	I. inst. [A]	Dial	DT [Seg]	Relación	t. inst. [Seg]	CURVAS
1	1	10	1	0	200	IEEE Moderadamente inversa
2	1	10	4	0.4430	600	IEC Muy Inversa
3	2	11	1	1.1489	1500	IEC Muy Inversa
4	1	10	2	1.5721	200	IEC Exremadamente Inversa

Figura 29. Resultados de la coordinación del relé 51N en la aplicación CAR.OP.

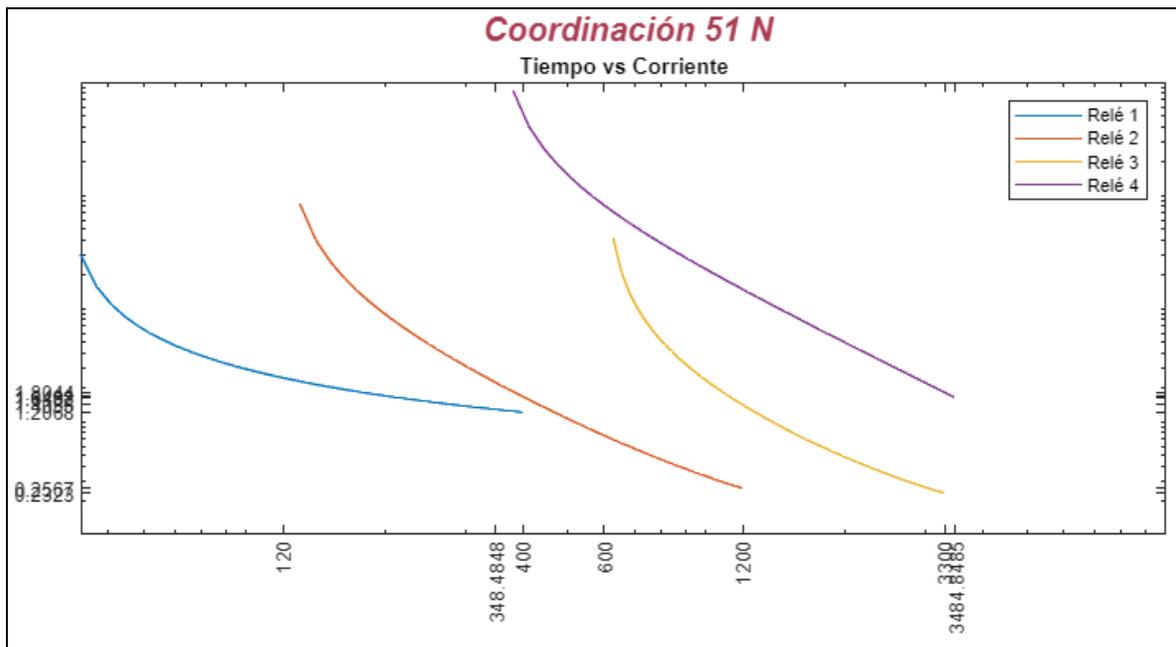


Figura 30. Curvas de la coordinación del relé 51N.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

Tabla 24. Gastos en la realización de la Aplicación Tecnológica.

	Detalle	Cantidad	V. Total (\$)
Gastos Directos	Programación	1	1000
	Impresiones	100	100
	Movilización	10	60
Gastos Indirectos	Servicios básicos	3	60
	Suministros de oficina	6	40
	Llamadas telefónicas	30	20

	Asesoría técnica	10	150
	Documentación técnica	29	15
	Alimentación	10	30
TOTAL			1475

6.2. Análisis de impactos

Impacto práctico: La aplicación Coordinación Automática de Relevadores Optima “CAR.OP” es una herramienta que permite resolver sistemas de protección para alimentadores radiales con el fin de brindar al usuario un estudio de cuáles son las condiciones más eficientes y tipos de curvas necesarias para un correcto diseño de protección en un sistema eléctrico. Con una alta velocidad para resolver problemas además de diagnosticar el sistema para una calibración eficaz mediante los resultados para cualquier tipo de configuración radial.

Impacto simbólico: La aplicación representa una herramienta dispuesta a dar al usuario un análisis técnico acerca de cuál es la mejor manera para una correcta coordinación de protecciones en alimentadores radiales.

Impacto tecnológico: Tecnológicamente la aplicación CAR.OP es el resultado de una serie de conocimientos en distintas áreas técnicas, las cuales fueron combinadas para diseñar y elaborar una herramienta de fácil uso y resultados eficaces mediante un lenguaje de programación. E prioriza que sea usado para resolver problemas y mejorar los niveles de conocimiento a los usuarios ya sean estudiantes o profesionales.

Impacto ambiental: La aplicación CAR.OP es una herramienta informática diseñada por medio de lenguaje de programación la cual no atenta contra el medio ambiente y su uso es amigable, ya que la aplicación señala y especifica los equipos a ser empleados, reduciendo la compra innecesaria de accesorios.

Impacto ético: La aplicación CAR.OP es una herramienta que da solución para el diseño de un sistema de protección para alimentadores radiales, especificando los equipos que son necesarios para una correcta coordinación, al fomentar a los usuarios a una compra de los equipos responsable y no aprovecharse del papel como técnico en el área para invertir más dinero en

equipos que serían innecesarios, para posterior sacar un beneficio de estos. La aplicación busca formar personas con principios y valores de honestidad.

Impacto epistemológico: Mediante los resultados en tablas y graficas de coordinación, la aplicación garantiza a los usuarios la importancia de conocer y entender una calibración eficaz para los sistemas de protecciones en alimentadores radiales además de brindar criterios técnicos y educativos para la formación profesional.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Mediante la búsqueda bibliográfica se recopiló información importante acerca del funcionamiento de los relevadores de sobre corriente ya que este elemento es el encargado de censar la entrada de corriente y que esta no supere el valor de referencia asignado. Su operación depende de la corriente pick up (51) y la corriente instantánea (50), por medio de curvas estandarizadas y sus respectivas constantes α , β , L permiten determinar el tiempo de operación de la unidad de protección de igual manera el Dial y su efecto que tiene en el tiempo de ajuste de las unidades. El coordinar relevadores tiene como finalidad de proveer máxima sensibilidad ante una condición de falla y proteger la integridad del personal, reducción de costos de mantenimiento, reducir la prolongación de la falla y por ende la disminución del periodo de indisponibilidad del equipo en falla o fallado.

El software de programación Matlab R2020b y sus avanzadas aplicaciones para generar códigos y algoritmos permitió visualizar las tablas de resultados además de la gráfica de calibración de un sistema eléctrico de alimentadores radiales. Estos resultados son la coordinación óptima que puede tener un sistema para actuar ante fallas al menor tiempo de operación posible y cumplir con las características de un sistema de protecciones.

App Designer fue la herramienta que permitió realizar el interfaz de la aplicación CAR.OP mediante la aplicación de componentes para la inserción de datos, botones de ejecución además de presentación de resultados. La aplicación fue diseñada y distribuida por ventanas, para que la navegación en la aplicación sea de manera ordenada a la hora de ingresar datos de un sistema o caso de estudio. Los resultados son el análisis del menor tiempo de operación para un sistema de

protecciones mediante parámetros de coordinación ideal además de la representación gráfica del tipo de curva para la calibración de los elementos de protección de sobre corrientes.

El análisis de resultados arrojo que al ejecutar la aplicación realiza una validación y compilación de datos para tener el tiempo más ajustado al margen de discriminación, esto da lugar a una máxima sensibilidad para una coordinación de protecciones, en base a la selección de la mejor curva para la calibración, un ejemplo mediante un solo tipo de curva (IEEE Muy Inversa), los tiempos de discriminación para el relé dos y relé cuatro son de 1.377 seg y 0,5213 seg respectivamente, pero al incorporar todas las familias de curvas estandarizadas los tiempos fueron de 0,4040 seg y 0,5243 seg para el relé dos y cuatro respectivamente, lo cual se muestra una reducción significativa en los tiempos de las unidades de protección del sistema lo que aporta velocidad al sistema a la hora de actuar o despejar fallas por sobre corriente. Además, el promedio de margen de error de la aplicación CAR.OP vs Práctico es de 0.2527%, el promedio de margen de error de la Aplicación LSPS vs Práctico es de 0.3891 %, el margen de error entre las aplicaciones CAR.OP y LSPS fue considerablemente pequeño al ser de 0,1436% La aplicación CAR.OP es la de mayor ventaja de utilización debido a que toma todos los decimales para su cálculo y lo refleja en otorgar tiempos de discriminación ajustados de manera óptima y adecuada ante una coordinación de protecciones de sobre corriente de un sistema radial. Esta aplicación cumple con lo planteado que es minimizar los tiempos de operación para la liberación de fallas.

Un sistema eléctrico de tipo radial debe considerarse de forma adecuada los valores de operación, ingresar datos flotantes de un sistema no brinda una lógica de programación debido a que se debe considerar criterios tales como: la I. máxima de carga < I. pick up < I_{sc}. Falla. Si se plante un sistema con criterios de operación fuera de lo razonable, la aplicación arroja error. En las guías de práctica se encuentran tres ejemplos con fines didácticos para entender la operación de los sistemas además de hacer uso la aplicación para ejecutar un plan de coordinación para dichas prácticas.

7.2. Recomendaciones

La evolución que tiene los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi es muy importante para el desarrollo técnico y práctico de la comunidad estudiantil, los avances para la Carrera de Ingeniería Eléctrica han sido importantes, pero aún se requiere de equipos de medición y ajuste de elementos de sobre corriente como son las protecciones 50/51. La aplicación CAR.OP sería de suma importancia y utilidad a los alumnos en la asignatura de protecciones eléctricas. Por ende, se enfatiza que haya un seguimiento por parte de las autoridades de la universidad para complementar con trabajos prácticos en base a la teoría recibida por la planta de docentes. Lo cual aportaría un progreso educativo de alta calidad en la carrera.

Es recomendable realizar búsqueda de información científica en fuentes oficiales como empresas eléctricas concesionadas, sociedades encargadas al servicio eléctrico industrial con la finalidad de evidenciar archivos, documentos o trabajos ocupados en sistemas o alimentadores con carga de relevancia importante para fundamentar de mejor manera la coordinación y ajuste de unidades de sobre corrientes en sistemas de media y baja tensión.

El estudio de protecciones conlleva una amplia gama de análisis y métodos para su correcta operación, la sobre corriente es un problema que debe ser aislado de manera rápida, he ahí lo esencial de implementar elementos de protección en base a la configuración del sistema, como mejora de trabajo se puede adoptar sistemas anillo o malla mediante la coordinación protecciones de sobre corriente direccional 67 ya que su modo de censar la corriente es de doble sentido, es relevante el empleo de métodos de optimización ya que usan técnicas como redes neuronales artificiales, técnicas metaheurísticas y programas de inteligencia artificial ya que dan a visualizar técnicas de ajuste de curvas, técnicas de grafica teórica además de realizar cálculos y ajuste de manera automática ante una red.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. FREIRE, «Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica,» Enero 2012. [En línea]. Available: file:///C:/Users/homes/Desktop/Jos%C3%A9%20Luis/10mo%202020-

- 2021/Fuentes%20Protecciones/CD-4092.pdf. [Último acceso: 20 Noviembre 2020].
- [2] J. GOROZABEL, «Repositorio Academico de la Facultad de Ingeniería en Electricidad,» 06 Junio 2019. [En línea]. [Último acceso: 14 Diciembre 2020].
- [3] P. OÑA, «Repositorio Académico Dspace de la Universidad Politécnica Salesiana,» 17 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8981/6/UPS-KT01101.pdf>. [Último acceso: 17 Diciembre 2020].
- [4] J. LARA, «Repositorio Dspace del Departamento de Electricidad y Electrónica de la ESPE,» Julio 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/8767>. [Último acceso: 17 Diciembre 2020].
- [5] J. P. ORDOÑEZ SANCLEMENTE y L. G. NIETO ALVARADO, «Repositorio Académico de la Universidad Politécnica Salesiana,» Febrero 2010. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2119/15/UPS-GT000156.pdf>. [Último acceso: 8 Enero 2021].
- [6] C. TRÁVEZ, «Repositorio Digital - EPN / Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica,» 25 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18868/1/CD-8259.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2020].
- [7] M. Y. BEDOYA TORO y F. CADAVID GIRALDO, «Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de Pereira,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5177/621316B412.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 11 Diciembre 2020].
- [8] D. A. CUASAPAZ, «Estudio de Coordinación de Protecciones,» Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/200326492.pdf>. [Último acceso: 18

Enero 2021].

- [9] C. A. CASTILLO SALAZAR, «Repositorio Académico Digital,» 04 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/2650/1/1080227442.pdf>. [Último acceso: 11 12 2020].
- [10] O. ARREOLA SORIA, «Repositorio Académico Digital,» Julio 2014. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/3995/1/1080253636.pdf>. [Último acceso: 11 Diciembre 2020].
- [11] E. M. AMADOR GUERRERO, «Biblioteca Digital,» Febrero 2007. [En línea]. Available:
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/1590/Prototipo%20de%20un%20relevador%20de%20sobrecorriente%20microprocesado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 11 Diciembre 2020].
- [12] M. R. ALANIS, «Academia.edu,» Julio 2005. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/9211426-Proteccion-de-sistemas-electricos-de-potencia.html>. [Último acceso: 17 Diciembre 2020].
- [13] C. FRANCO MARTÍNEZ , J. CORONEL DE LUCIO y G. ROSAS ORTIZ, «Implementación del principio de protección de sobrecorriente usando un simulador digital en tiempo real,» de *Comité de Protecciones del Capítulo de Potencia del IEEE Sección Mexico y Presentada en la Reunión Internacional de Verano, Acapulco, 2013.*
- [14] J. ESPINOZA GUERRRERO y P. ESTUPIÑAN SEGURA, «Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana,» Marzo 2010. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2093/13/UPS-GT000155.pdf>. [Último acceso: 24 Noviembre 2020].
- [15] A. ESPÍNOLA y M. LÓPEZ, «Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este,» 06 Febrero 2020. [En línea]. Available: <http://www.une.edu.py:83/fpunescientific/index.php/fpunescientific/article/view/185>.

[Último acceso: 17 Diciembre 2020].

- [16] D. ARBELAÉZ TREJOS y Á. D. PAREDES CORTÉS, «Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de Pereira,» Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/10403/T621.319%20A664.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 09 Enero 2021].
- [17] A. RENZO TAMASCO, «Protecciones Eléctricas,» Agosto 2007. [En línea]. Available: https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2014-09-05_06-04-14109556.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [18] A. D. PANCHI GUAMANGALLO, «Repositorio Digital Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi,» Julio 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5622/1/PI-000806.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2020].
- [19] R. D. ANDRADE PUMA, «Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte,» 16 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9586/2/04%20MEL%20064%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>. [Último acceso: 16 Enero 2021].
- [20] J. GERS y E. HOLMES, Protección de las Redes de Distribución de Electricidad, Londres, Reino Unido : Instituto de Ingenieros y Tecnólogos, 2004.
- [21] J. M. GONZÁLEZ JÁTIVA, «Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte,» 16 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9603/2/04%20MEL%20071%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [22] Y. CASTILLO RIVERA y F. PÉREZ YAULI, 2018 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19063/1/CD-8463.pdf>. [Último acceso: 16 Enero 2021].

- [23] L. E. ESPINOSA MUÑOZ, «Repositorio Dspace,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1348/MDRP IECA2016029.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 16 Enero 2021].
- [24] O. D. CHACÓN HERRERA, «Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8615/3/CD-5791.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2021].
- [25] W. OSORNO RIVERA, «Repositorio Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México,» Febrero 2014. [En línea]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57250453/osornorivera.pdf?1535329225=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_NACIONAL_AUTONOMA_DE_MEXICO.pdf&Expires=1611637006&Signature=T40zhJsIYd4LHQi7CAxkjtIP8yDg0rGHzhB4R33OHldQPMS~~Tw2iHqX. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [26] S. RAMÍREZ CASTAÑO, «Protección de Sistemas Eléctricos,» 2003. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/11053566.pdf>. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [27] G. C. ESPINOSA, «Programación de interfaz gráfica en App Designer para el control vectorial de motores de imanes permanentes,» Julio 2018. [En línea]. Available: http://oa.upm.es/53343/1/TFG_GUILLERMO_CID_ESPINOSA.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [28] A. J. MORALES ROSERO, «Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte,» 11 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10796/2/04%20MEL%20099%20TRABAJO%20GRADO.pdf>. [Último acceso: 16 Enero 2021].

- [29] F. LEMA, «Modelamiento de reles genéricos de sobrecorriente y de distancia utilizando lenguaje de simulación digilent - dls en el programa computacional powerfactory,» Enero 2017. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16994/1/CD-7572.pdf>. [Último acceso: 17 Diciembre 2020].

ANEXOS

ANEXO 1: Ejercicio Practico

Para el ejercicio mostrado en la siguiente figura determine:

1. Valores de TAP, DIAL.
2. Ajuste de unidades instantáneas.
3. Porcentaje de alcance del relevador 2.
4. Dibujar o graficar las características de los relevadores en el sistema.

Información para considerar:

1. Margen de discriminación del 0,4 s.
2. Se trabaja con relés de característica de tiempo muy inversa.
3. Datos de los relés:
 - a. Ajuste del TAP: 1 a 12 A en pasos de 1 A, $K= 1,5$.
 - b. Ajuste del DIAL: 1 a 13 en pasos de 1
4. Relevador 3 no posee instantáneo.
5. Las impedancias base son:
 $V= 115 \text{ kV}$
 $S= 950 \text{ MVA}$

$$t = \frac{k*\beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} + L \text{ [segundos]}$$

Donde:

t = Tiempo de operación [s]

I = Corriente de falla en [A].

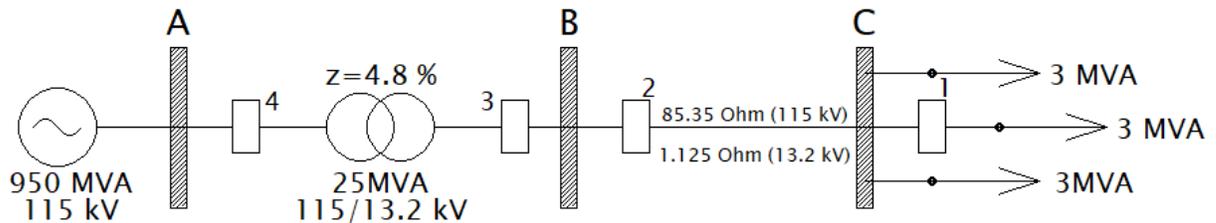
I_a = Corriente de ajuste o TAP en [A].

β , α , L = Constantes determinadas por cada curva.

k = Ajuste multiplicador de tiempo [s].

Por medio de las siguientes constantes considere la coordinación de las protecciones de sobre corriente del siguiente ejercicio.

Curvas	Estándares	α	β	L
Muy Inversa	IEEE	2	19,61	0,491



Solución

Impedancia de la fuente:

$$Z_F = \frac{V^2}{S_{SC}}$$

$$Z_F = \frac{115000^2}{950000000}$$

$$Z_F = 13.921 \Omega$$

Referido a 115 kV

Impedancia del transformador:

$$Z_T = \frac{V^2}{P_{SC}}$$

$$Z_T = 0.048 * \frac{115000^2}{25000000}$$

$$Z_T = 25.392 \Omega$$

Referido a 115 Kv

Corrientes nominales:

$$I_{n1} = \frac{S_1}{\sqrt{3} * V_l}$$

$$I_{n1} = \frac{3000000}{\sqrt{3} * 13200}$$

$$I_{n1} = 131.2159 A$$

$$I_{n2} = \frac{S_2}{\sqrt{3} * V_l}$$

$$I_{n2} = \frac{9000000}{\sqrt{3} * 13200}$$

$$I_{n2} = 393.6479 A$$

$$I_{n3} = \frac{S_3}{\sqrt{3} * V_l}$$

$$I_{n3} = \frac{25000000}{\sqrt{3} * 13200}$$

$$I_{n3} = 1093.4664 A$$

$$I_{n4} = \frac{S_4}{\sqrt{3} * V_l}$$

$$I_{n4} = \frac{25000000}{\sqrt{3} * 115000}$$

$$I_{n4} = 125.5109 A$$

$$I_{SC B} = \frac{115000}{\sqrt{3} * 39.313}$$

$$I_{SC B} = 1688.8886 A$$

Referido al lado de alta

Corrientes de cortocircuito en las barras

$$I_{SC C} = \frac{V_l}{\sqrt{3} * Z_{equi}}$$

$$Z_{equi} = Z_F + Z_T + Z_L$$

$$Z_{equi} = 13.921 + 25.392 + 85.35$$

$$Z_{equi} = 124.663 \Omega$$

$$I_{SC C} = \frac{115000}{\sqrt{3} * 122.663}$$

$$I_{SC C} = 532.5981 A$$

Referido al lado de alta

$$I_{SC C} = I_{SC C} * \frac{V_{alta}}{V_{baja}}$$

$$I_{SC C} = 532.5981 * \frac{115000}{13200}$$

$$I_{SC C} = 4640.0592 A$$

Referido al lado de baja

$$I_{SC B} = \frac{V_l}{\sqrt{3} * Z_{equib}}$$

$$Z_{equib} = Z_F + Z_T$$

$$Z_{equib} = 13.921 + 25.392$$

$$Z_{equib} = 39.313 \Omega$$

$$I_{SC B} = I_{SC B} * \frac{V_{alta}}{V_{baja}}$$

$$I_{SC B} = 1688.8886 * \frac{115000}{13200}$$

$$I_{SC B} = 14713.8022 A$$

Referido al lado de baja

$$I_{SC A} = \frac{V_l}{\sqrt{3} * Z_{equia}}$$

$$Z_{equia} = Z_F$$

$$Z_{equia} = 13.921 \Omega$$

$$I_{SC A} = \frac{115000}{\sqrt{3} * 13.921}$$

$$I_{SC A} = 4769.4332 A$$

Referido al lado de alta

Tabla 1. Corrientes nominales, corrientes de cortocircuito, relación de transformación clase C-100.

Relé	P nominal (MVA)	I nominal (A)	Isc (A)	Isc (5/100) A	CTR
1	3	131.2159	4640.0592	232.0029	300/5
2	9	393.6479	14713.8022	735.6901	800/5
3	25	1093.4664	14713.8022	735.6901	1100/5
4	25	125.5109	4769.4332	238.4716	300/5

Determinación de los TAPS

Relevador 1.

$$TAP_1 = 1.5 * I_{nom1} * \frac{1}{CTR1}$$

$$TAP_1 = 1.5 * 131.2159 * \frac{5}{300}$$

$$TAP_1 = 3.2803 \approx 4 A$$

Relevador 2.

$$TAP_2 = 1.5 * I_{nom2} * \frac{1}{CTR2}$$

$$TAP_2 = 1.5 * 393.6479 * \frac{5}{800}$$

$$TAP_2 = 3.6904 \approx 4 A$$

Relevador 3.

$$TAP_3 = 1.5 * I_{nom3} * \frac{1}{CTR3}$$

$$TAP_3 = 1.5 * 1093.4664 * \frac{5}{1100}$$

$$TAP_3 = 7.4554 \approx 8 A$$

Relevador 4.

$$TAP_4 = 1.5 * I_{nom4} * \frac{1}{CTR4}$$

$$TAP_4 = 1.5 * 125.5109 * \frac{5}{300}$$

$$TAP_4 = 3.1377 \approx 4 A$$

Corrientes I pick up.

$$I_{pk1} = TAP_1 * CTR_1$$

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

$$I_{pk1} = 240 A$$

$$I_{pk2} = TAP_2 * CTR_2$$

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

$$I_{pk2} = 640 A$$

$$I_{pk3} = TAP_3 * CTR_3$$

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

$$I_{pk3} = 1760 A$$

$$I_{pk4} = TAP_4 * CTR_4$$

$$I_{pk4} = 4 * \frac{300}{5}$$

$$I_{pk4} = 240 A$$

Ajuste de unidades instantáneas

Relevador 1.

$$I_{pick\ up\ 50\%} = 50\% * I_{sc1} * \frac{1}{CTR1}$$

$$I_{pick\ up\ 50\%} = 0.5 * 4640.0592 * \frac{5}{300}$$

$$I_{pick\ up\ 50\%} = 38.6671 \approx 39\ A$$

$$I_{pk1}\ INS = I_{pick\ up\ 50\%} * CTR1$$

$$I_{pk1}\ INS = 39 * \frac{300}{5}$$

$$I_{pk1}\ INS = 2340\ A$$

$$PSM_{R1A} = \frac{I_{pk1}\ INS * \frac{1}{CTR1}}{TAP_1}$$

$$PSM_{R1A} = \frac{2340 * \frac{5}{300}}{4}$$

$$PSM_{R1A} = 9.75\ veces$$

$$\frac{I}{I_S} = PSM_{R1A} = 9.75\ veces$$

$$k = 1 \approx DIAL$$

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

$$t_1 = \frac{1 * 19.61}{(9.75)^2 - 1} + 0.491$$

$$t_1 = 0.6994\ s$$

Relevador 2.

$$t_{2A} = t_2 + t_{margen}$$

$$t_{2A} = 0.6994 + 0.4$$

$$t_{2A} = 1.0994\ s$$

$$PSM_{R2A} = \frac{I_{pk1}\ INS * \frac{1}{CTR2}}{TAP_2}$$

$$PSM_{R2A} = \frac{2340 * \frac{5}{800}}{4}$$

$$PSM_{R2A} = 3.6562\ veces$$

$$\frac{I}{I_{S2A}} = PSM_{R2A} = 3.6562\ veces$$

$$k_2 = \frac{(t_{2A} - L) * \left(\left(\frac{I}{I_S}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta}$$

$$k_2 = \frac{(1.0994 - 0.491) * ((3.6562)^2 - 1)}{19.61}$$

$$DIAL_2 = k_2 = 0.3837 \approx 1$$

$$I_{pick\ up\ 2} = 125\% * I_{sc1} * \frac{1}{CTR2}$$

$$I_{pick\ up\ 2} = 1.25 * 4640.0592 * \frac{5}{800}$$

$$I_{pick\ up\ 2} = 36.2504 \approx 37\ A$$

$$I_{pk2}\ INS = I_{pick\ up\ 2} * CTR2$$

$$I_{pk2}\ INS = 37 * \frac{800}{5}$$

$$I_{pk2}\ INS = 5920\ A$$

$$PSM_{R2A} = \frac{I_{pk2}\ INS * \frac{1}{CTR2}}{TAP_2}$$

$$PSM_{R2B} = \frac{5920 * \frac{5}{800}}{4}$$

$$PSM_{R2B} = 9.25 \text{ veces}$$

$$\frac{I}{I_{s2B}} = PSM_{R2B} = 9.25 \text{ veces}$$

$$t_2 = \frac{k_2 * \beta}{\left(\frac{I}{I_{s2B}}\right)^\alpha - 1} + L$$

$$t_2 = \frac{1 * 19.61}{(9.25)^2 - 1} + 0.491$$

$$t_2 = 0.7228 \text{ s}$$

$$t_{2 \text{ real}} = \frac{k_2 * \beta}{\left(\frac{I}{I_{s2A}}\right)^\alpha - 1} + L$$

$$t_{2 \text{ real}} = \frac{1 * 19.61}{(3.6562)^2 - 1} + 0.491$$

$$t_{2 \text{ real}} = 2.0765 \text{ s}$$

$$\Delta t = t_{2 \text{ real}} - t_1$$

$$\Delta t = 2.0765 - 0.6994$$

$$\Delta t = 1.3771 \text{ s}$$

Relevador 3.

$$t_{3A} = t_2 + t_{\text{margen}}$$

$$t_{3A} = 0.7228 + 0.4$$

$$t_{3A} = 1.1228 \text{ s}$$

$$PSM_{R3A} = \frac{I_{pk2} * \frac{1}{CTR3}}{TAP_3}$$

$$PSM_{R3A} = \frac{5920 * \frac{5}{1100}}{8}$$

$$PSM_{R3A} = 3.3636 \text{ veces}$$

$$\frac{I}{I_{s3A}} = PSM_{R3A} = 3.3636 \text{ veces}$$

$$k_3 = \frac{(t_{3A} - L) * \left(\left(\frac{I}{I_{s3A}}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta}$$

$$k_3 = \frac{(1.1228 - 0.491) * ((3.3636)^2 - 1)}{19.61}$$

$$DIAL_3 = k_3 = 0.3322 \approx 1$$

No se necesita instantáneo

$$PSM_{R3B} = \frac{I_{sc2} * \frac{1}{CTR3}}{TAP_3}$$

$$PSM_{R3B} = \frac{14713.8022 * \frac{5}{1100}}{8}$$

$$PSM_{R3B} = 8.3601 \text{ veces}$$

$$\frac{I}{I_{s3B}} = PSM_{R3B} = 8.3601 \text{ veces}$$

$$t_3 = \frac{k_3 * \beta}{\left(\frac{I}{I_{s3B}}\right)^\alpha - 1} + L$$

$$t_3 = \frac{1 * 19.61}{(8.3601)^2 - 1} + 0.491$$

$$t_3 = 0.7750 \text{ s}$$

$$t_{3\text{ real}} = \frac{k_3 * \beta}{\left(\frac{I}{I_{s3A}}\right)^\alpha - 1} + L$$

$$t_{3\text{ real}} = \frac{1 * 19.61}{(3.3636)^2 - 1} + 0.491$$

$$t_{3\text{ real}} = 2.3923 \text{ s}$$

$$\Delta t = t_{3\text{ real}} - t_2$$

$$\Delta t = 2.3923 - 0.7228$$

$$\Delta t = 1.6692 \text{ s}$$

Relevador 4.

$$t_{4A} = t_3 + t_{\text{margen}}$$

$$t_{4A} = 0.7750 + 0.3$$

$$t_{4A} = 1.075 \text{ s}$$

$$PSM_{R4A} = \frac{I_{SC3} * \frac{V_{TBaja}}{V_{TAlta}} * \frac{1}{CTR4}}{TAP_4}$$

$$PSM_{R4A} = \frac{14713.8022 * \frac{13.2 \text{ kV}}{115 \text{ kV}} * \frac{5}{300}}{4}$$

$$PSM_{R4A} = 7.0370 \text{ veces}$$

$$\frac{I}{I_{s4A}} = PSM_{R4A} = 7.0370 \text{ veces}$$

$$k_4 = \frac{(t_{4A} - L) * \left(\left(\frac{I}{I_{s4A}}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta}$$

$$k_4 = \frac{(1.075 - 0.491) * ((7.0370)^2 - 1)}{19.61}$$

$$DIAL_4 = k_4 = 1.4449 \approx 2$$

$$I_{SC4N} = 125\% * I_{sc3} * \frac{V_{TBaja}}{V_{TAlta}} * \frac{1}{CTR4}$$

$$I_{SC4N} = 1.25 * 14713.8022 * \frac{13.2 \text{ kV}}{115 \text{ kV}} * \frac{5}{300}$$

$$I_{SC4N} = 35.1851 \approx 36 \text{ A}$$

$$I_{pk4IN} = I_{SC4N} * CTR4$$

$$I_{pk4IN} = 36 * \frac{300}{5}$$

$$I_{pk4IN} = 2160 \text{ A}$$

Referido al lado de alta

$$I_{pk4INB} = I_{pk4IN} * \frac{V_{TAlta}}{V_{TBaja}}$$

$$I_{pk4INB} = 2160 * \frac{115 \text{ kV}}{13.2 \text{ kV}}$$

$$I_{pk4INB} = 18818.1818 \text{ A}$$

Referido al lado de baja

$$PSM_{R4B} = \frac{I_{pk4INB} * \frac{1}{CTR4} * \frac{V_{TBaja}}{V_{TAlta}}}{TAP_4}$$

$$PSM_{R4B} = \frac{18818.1818 * \frac{5}{300} * \frac{13.2}{115}}{4}$$

$$PSM_{R4B} = 8.9999 \text{ veces}$$

$$\frac{I}{I_{S4B}} = 8.9999 \text{ veces}$$

Referido al lado de alta

$$t_4 = \frac{k_4 * \beta}{\left(\frac{I}{I_{S4B}}\right)^\alpha - 1} + L$$

$$t_4 = \frac{2 * 19.61}{(8.9999)^2 - 1} + 0.491$$

$$t_4 = 0.9812 \text{ s}$$

$$t_{4real} = \frac{k_4 * \beta}{\left(\frac{I}{I_{S4A}}\right)^\alpha - 1} + L$$

$$t_{4real} = \frac{2 * 19.61}{(7.0370)^2 - 1} + 0.491$$

$$t_{4real} = 1.2993 \text{ s}$$

$$\Delta t = t_{4real} - t_3$$

$$\Delta t = 1.2993 - 0.7750$$

$$\Delta t = 0.5243 \text{ s}$$

Alcance del relevador 2 respecto a la línea

2-3.

Tabla 2 Valores de ajuste.

Relé	TAP	DIAL	Ipick up
1	4	1	39

$$X = \frac{K_s (1 - K_i) + 1}{K_i}$$

$$K_s = \frac{Z \text{ fuente}}{Z \text{ elemento}}$$

$$K_s = \frac{Z_{aa} + Z_{bb}}{Z_l}$$

$$K_s = \frac{13.92 + 25.392}{85.35}$$

$$K_s = 0.4605$$

$$K_i = \frac{I \text{ de puesta en marcha}}{I \text{ al final}}$$

$$K_i = \frac{I_{pk2} INS}{I_{SC B}}$$

$$K_i = \frac{5920}{4640.0592}$$

$$K_i = 1.2758$$

$$X = \frac{0.4605(1 - 1.2758) + 1}{1.2758} * 100\%$$

$$X = 68.4271\%$$

2	4	1	37
3	8	1	-
4	4	2	36

Tabla 3 Datos para la visualización de las curvas de coordinación.

Relé	DIAL	TAP (51)	I _{pk} (A) 51 TAP*CTR	I _{sc} (A) 50	I _{pk} INS (A) 50 I _{sc} *CTR	T 1	T 2	T de Margen
1	1	4	$4*(300/5) = 240$	39	$39*(300/5) = 2340$	0.6994	2.0765	1.3771
2	1	4	$4*(800/5) = 640$	37	$37*(800/5) = 5920$	0.7228	2.3923	1.6692
3	1	8	$8*(1100/5) = 1760$	-	-	0.775	1.2993	0.5243
4	2	4	$4*(300/5) * (115kV/13.2kV) = 2090.9090$	36	$36*(300/5) * (115kV/13.2kV) = 18818.1818$	0.9812	-	-

ANEXO 2: Guía de practica 1.

GUÍA PRÁCTICA ALUMNO					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	PERÍODO ACADÉMICO	20-21	NIVEL	7 mo
DOCENTE:	Msc. Ing. Rommel Suárez	FECHA:		PRÁCTICA N°:	1
LABORATORIO PARA DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:		LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	COORDINACIÓN DE RELÉS DE SOBRE CORRIENTE EJERCICIO #1				

Relevador de Sobre corriente.

Los sistemas eléctricos de distribución son generalmente del tipo radial, por lo que compone como campo principal el uso de relevadores de sobre corriente. Un factor importante para estos tipos de sistemas donde la magnitud de corriente de cortocircuito disminuye a medida que el punto de falla se encuentre alejada de la fuente de generación [1].

Los relevadores de sobre corriente son una de las más sencillas entre los equipos de protección. Su funcionamiento se basa en la comparación del valor de corriente que se define como entrada a la protección. Este valor de referencia se define en base las condiciones que ocurren en la zona que instala el relevador, por lo que es necesario reajustar adecuadamente si la configuración del sistema varía.

La protección de sobre corriente de acuerdo con el tiempo de operación

- Relé Instantáneo 50
- Relé Temporizado 51

El funcionamiento de un relé de sobre corriente va en base a dos consideraciones:

- Nivel de corriente mínima de operación, valor de arranque o cambio de estado del relé.
- Tiempo de operación, característica referente al tiempo en que actúa el relevador.

Para la coordinación de relés de sobre corriente temporizado se considera los siguientes

parámetros: valores DIAL, TAP, curvas mediante constantes α , β , L. Para el ajuste de relés de sobre corriente instantáneos se coordina mediante el TAP [2].

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

- Inverso.
- Muy Inverso.
- Extremadamente Inverso.
- Tiempo Definido.

Transformador de Corriente (TC).

Es un dispositivo que proporciona una corriente proporcionalmente inferior a la del sistema medido. Por su utilización puede ser considerado para medición y/o protección, así mismo se emplea para dos funciones esenciales como transformar la corriente además de aislar los respectivos instrumentos de protección, medición ya que están conectados a circuitos de medio o alto voltaje [3].

Normas

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.

- Corrientes de cortocircuito en sistemas de corriente alterna trifásicos Norma IEC 60909.
- Relés de medida y equipos de protección Norma IEC 60255-3.
- Ecuaciones de característica de tiempo inverso para relevadores de sobre corriente Norma ANSI/IEEE C37.112-2008.
- Requisitos estándar para transformadores de medida Norma IEEE C57.13-2016.
- Guía de duración de corriente de falla en transformadores de potencia Norma IEEE C57.109.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Realizar la coordinación de protección de sobre corriente de manera manual para identificar los tiempos de discriminación óptimos con la posterior comparación de resultados en la aplicación tecnológica CAR.OP.

ESPECÍFICOS

- Definir una tabla de resultado con las respectivas corrientes y de tiempos de operación del ejercicio.
- Formular la coordinación de los relés en la aplicación tecnológica CAR.OP.
- Determinar un análisis de resultados de los tiempos de operación entre la coordinación manual y la automática.
- Proporcionar las diferentes curvas de funcionamiento de los relés mediante graficas de la coordinación.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

Hacer la investigación de los siguientes temas:

- Relés de medida y equipos de protección Norma IEC 60255-3.
- Tipos de operación de los relés de sobre corriente de tiempo inverso e instantáneo.
- Requerimientos de ajuste y coordinación de los relés de sobre corriente.
- Principio de ajuste y coordinación de unidades de sobrecorriente instantáneas

LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES, RECURSOS:

MATERIALES:

- Computador o PC
- Matlab R2020b
- Aplicación tecnológica descargada
- Calculadora

ADVERTENCIAS

La realización de este ejercicio conlleva al manejo de la aplicación CAR.OP y sus cualidades, es de suma importancia no modificar, mover o cambiar la línea de programación lo que conlleva a

errores notables en el ajuste de relevadores de sobre corriente ante un sistema radial.

La propuesta tecnológica CAR.OP es una aplicación que fue elaborada con un lenguaje de programación en la plataforma MATLAB R2019a, sus líneas de codificación NO pueden ser alterados por motivo que cambia la programación la cual arrojaría errores como resultado.

INSTRUCCIONES:

- Leer el manual de uso, previamente para tener conocimiento del manejo de la aplicación.
- Desarrollar un plan de tareas para hacer uso de la aplicación.
- Reescribir los datos obtenidos a mano y la aplicación en las tablas para ser analizados.
- Determinar los tipos de curvas que presenta la aplicación para cada caso.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Coordinación de relés de sobre corriente de tiempo inverso e instantáneo.

Para el sistema planteado en la figura determine lo siguiente:

Para el ejercicio # 2

Calcule los siguientes requerimientos:

1. Mostrar las corrientes nominales, corrientes de cortocircuito.
2. Seleccione las respectivas relaciones de transformación de los TC's.
3. Establecer los valores de TAP, DIAL además de ajustes instantáneos.
4. Calcule el alcance de protección del relevador 3.
5. Determine una tabla con resultados de tiempo de coordinación.

Para el cálculo considerar:

- a. Intervalo de coordinación 0.4 seg.
- b. Para la coordinación manual trabajar con curva estandarizada IEC Inversa.
- c. Datos del relé de tiempo inverso

- TAP de 1 a 12 A

- DIAL 0.05 a 1 en pasos de 0.05
- Instantáneo de 6 a 144 A en pasos de 1 A.

d. Valores base

V= 69 kV

Ssc = 500 MVA

$$t = \frac{k \cdot \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} + L \text{ [segundos]}$$

Donde:

t = Tiempo de operación [s]

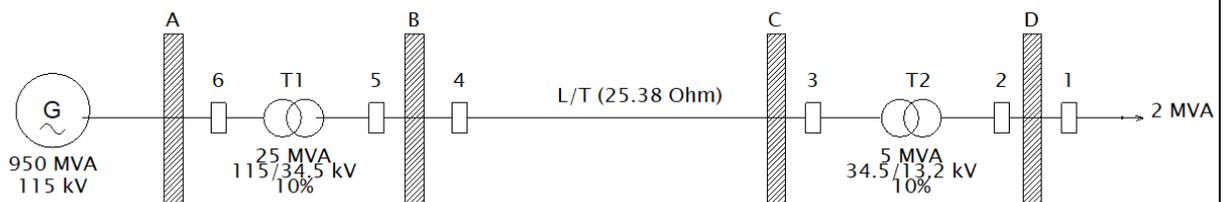
I = Corriente de falla en [A].

Ia = Corriente de ajuste o TAP en [A].

β, α, L = Constantes determinadas por cada curva.

k = Ajuste multiplicador de tiempo [s].

Curvas	Estándares	α	β	L
Inversa de tiempo largo	UK	1	120	0



- Llene las tablas siguientes en consideración del trabajo manual para considerar resultados y tiempos de operación.

Relé	DIAL	TAP (51)	I _{pk} (A) 51 TAP*CTR	I _{sc} (A) 50	I _{pk} INS (A) 50 I _{sc} *CTR	Tipo de curva	T 1	T 2	T de Margen

- Mediante la tabla anterior genere una base de datos con el uso de la aplicación informática CAR.OP.
- Realice una comparación de resultados por medio del tiempo de operación y la

Breaker	P nominal (MVA)	I nominal (A)	I _{sc} (A)	I _{sc} (5/100) A	CTR

variación de tiempo con porcentajes.

- Colocar las gráficas coordinadas referente a los relés ajustados.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- Visualización de los tiempos óptimos de ajuste por medio de las tablas además de la coordinación de las protecciones de sobre corriente 50/51.

CONCLUSIONES:



RECOMENDACIONES:



BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. FRANCO MARTÍNEZ , J. CORONEL DE LUCIO y G. ROSAS ORTIZ, «Implementación del principio de protección de sobrecorriente usando un simulador digital en tiempo real.,» de *Comité de Protecciones del Capítulo de Potencia del IEEE Sección Mexico y Presentada en la Reunión Internacional de Verano, Acapulco, 2013.*
- [2] A. RENZO TAMASCO, «Protecciones Eléctricas,» Agosto 2007. [En línea]. Available: https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2014-09-05_06-04-14109556.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [3] O. D. CHACÓN HERRERA, «Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8615/3/CD-5791.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2021].

ANEXO 3: Guía práctica 2.

GUÍA PRÁCTICA ALUMNO					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	PERÍODO ACADÉMICO	20-21	NIVEL	7 mo
DOCENTE:	Msc. Ing. Rommel Suárez	FECHA:		PRÁCTICA N°:	2
LABORATORIO PARA DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:		LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	COORDINACIÓN DE RELÉS DE SOBRE CORRIENTE EJERCICIO #2				

Relevador de Sobre corriente.

Los sistemas eléctricos de distribución son generalmente del tipo radial, por lo que compone como campo principal el uso de relevadores de sobre corriente. Un factor importante para estos tipos de sistemas donde la magnitud de corriente de cortocircuito disminuye a medida que el punto de falla se encuentre alejada de la fuente de generación [1].

Los relevadores de sobre corriente son una de las más sencillas entre los equipos de protección. Su funcionamiento se basa en la comparación del valor de corriente que se define como entrada a la protección. Este valor de referencia se define en base las condiciones que ocurren en la zona que instala el relevador, por lo que es necesario reajustar adecuadamente si la configuración del sistema varía.

La protección de sobre corriente de acuerdo con el tiempo de operación

- Relé Instantáneo 50
- Relé Temporizado 51

El funcionamiento de un relé de sobre corriente va en base a dos consideraciones:

- Nivel de corriente mínima de operación, valor de arranque o cambio de estado del relé.
- Tiempo de operación, característica referente al tiempo en que actúa el relevador.

Para la coordinación de relés de sobre corriente temporizado se considera los siguientes parámetros: valores DIAL, TAP, curvas mediante constantes α , β , L. Para el ajuste de relés de sobre corriente instantáneos se coordina

mediante el TAP [2].

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

- Inverso.
- Muy Inverso.
- Extremadamente Inverso.
- Tiempo Definido.

Transformador de Corriente (TC).

Es un dispositivo que proporciona una corriente proporcionalmente inferior a la del sistema medido. Por su utilización puede ser considerado para medición y/o protección, así mismo se emplea para dos funciones esenciales como transformar la corriente además de aislar los respectivos instrumentos de protección, medición ya que están conectados a circuitos de medio o alto voltaje [3].

Normas

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.

- Corrientes de cortocircuito en sistemas de corriente alterna trifásicos Norma IEC 60909.
- Relés de medida y equipos de protección Norma IEC 60255-3.
- Ecuaciones de característica de tiempo inverso para relevadores de sobre corriente Norma ANSI/IEEE C37.112-2008.
- Requisitos estándar para transformadores de medida Norma IEEE C57.13-2016.
- Guía de duración de corriente de falla en transformadores de potencia Norma IEEE C57.109.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Realizar la coordinación de protección de sobre corriente de manera manual para identificar los tiempos de discriminación óptimos con la posterior comparación de resultados en la aplicación

tecnológica CAR.OP.

ESPECÍFICOS

- Definir una tabla de resultado con las respectivas corrientes y de tiempos de operación del ejercicio.
- Formular la coordinación de los relés en la aplicación tecnológica CAR.OP.
- Determinar un análisis de resultados de los tiempos de operación entre la coordinación manual y la automática.
- Proporcionar las diferentes curvas de funcionamiento de los relés mediante graficas de la coordinación.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

Hacer la investigación de los siguientes temas:

- Relés de medida y equipos de protección Norma IEC 60255-3.
- Tipos de operación de los relés de sobre corriente de tiempo inverso e instantáneo.
- Requerimientos de ajuste y coordinación de los relés de sobre corriente.
- Principio de ajuste y coordinación de unidades de sobrecorriente instantáneas

LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES, RECURSOS:

MATERIALES:

- Computador o PC
- Matlab R2020b
- Aplicación tecnológica descargada
- Calculadora

ADVERTENCIAS

La realización de este ejercicio conlleva al manejo de la aplicación CAR.OP y sus cualidades, es de suma importancia no modificar, mover o cambiar la línea de programación lo que conlleva a errores notables en el ajuste de relevadores de sobre corriente ante un sistema radial.

La propuesta tecnológica CAR.OP es una aplicación que fue elaborada con un lenguaje de programación en la plataforma MATLAB R2019a, sus líneas de codificación NO pueden ser alterados por motivo que cambia la programación la cual arrojaría errores como resultado.

INSTRUCCIONES:

- Leer el manual de uso, previamente para tener conocimiento del manejo de la aplicación.
- Desarrollar un plan de tareas para hacer uso de la aplicación.
- Reescribir los datos obtenidos a mano y la aplicación en las tablas para ser analizados.
- Determinar los tipos de curvas que presenta la aplicación para cada caso.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Para el sistema realice los siguientes cálculos:

1. Los valores máximos de la corriente de cortocircuito para fallas trifásicas en las barras colectoras A, B y C, teniendo en cuenta que la barra D tiene un nivel de falla de 12906,89 A r.m.s.

simétrico (2570,87 MVA).

2. Los ajustes instantáneos, de activación y del dial de tiempo para los relés de fase en orden Garantizar un sistema de protección coordinado, permitiendo una discriminación horaria. margen de 0,4 s.

3. El porcentaje de la línea de 34,5 kV que está protegida por el elemento instantáneo del relé de sobrecorriente asociado con el interruptor 5.

Tenga en cuenta la siguiente información adicional:

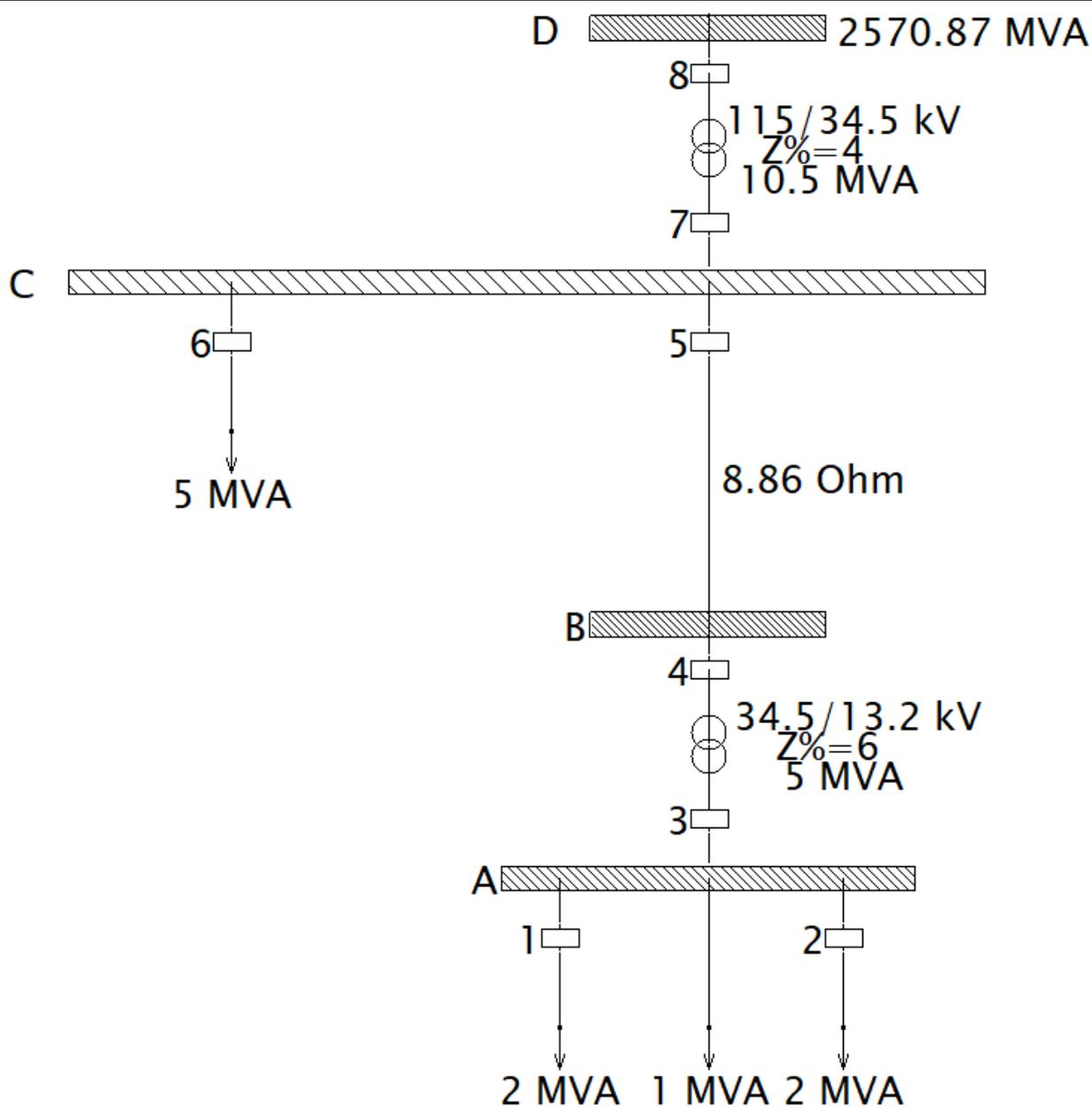
- Todas las curvas estandarizadas.

Recogida: 1 a 12 en pasos de 2 A

Dial de tiempo: como en la Figura 5.15

Elemento instantáneo: 6 a 144 en pasos de 1 A

Calcule el ajuste de los elementos instantáneos de los relés asociados al alimentador asumiendo 0,5 I_{sc} en la barra colectora A.



- Llene las tablas siguientes en consideración del trabajo manual para considerar resultados y tiempos de operación.

Breaker	P nominal (MVA)	I nominal (A)	Isc (A)	Isc (5/100) A	CTR

- Mediante la tabla anterior genere una base de datos con el uso de la aplicación informática CAR.OP.
- Realice una comparación de resultados por medio del tiempo de operación y la variación de tiempo con porcentajes.
- Colocar las gráficas coordinadas referente a los relés ajustados.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- Visualización de los tiempos óptimos de ajuste por medio de las tablas además de la coordinación de las protecciones de sobre corriente 50/51.

CONCLUSIONES:

➤

RECOMENDACIONES:

➤

BIBLIOGRAFÍA

[C. FRANCO MARTÍNEZ , J. CORONEL DE LUCIO y G. ROSAS ORTIZ, «Implementación del principio de protección de sobrecorriente usando un simulador digital en tiempo real.,» de *Comité de Protecciones del Capítulo de Potencia del IEEE Sección Mexico y Presentada en la Reunión Internacional de Verano*, Acapulco, 2013.

[A. RENZO TAMASCO, «Protecciones Eléctricas,» Agosto 2007. [En línea]. Available: https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2014-09-05_06-04-14109556.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2021].

[O. D. CHACÓN HERRERA, «Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8615/3/CD-5791.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2021].

ANEXO 4. Guía de practica 3.

GUÍA PRÁCTICA ALUMNO					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	PROTECCIONES ELÉCTRICAS	PERÍODO ACADÉMICO	20-21	NIVEL	7 mo
DOCENTE:	Msc. Ing. Rommel Suárez	FECHA:		PRÁCTICA N°:	3
LABORATORIO PARA DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:		LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	COORDINACIÓN DE RELÉS DE SOBRE CORRIENTE EJERCICIO #3				

Relevador de Sobre corriente.

Los sistemas eléctricos de distribución son generalmente del tipo radial, por lo que compone como campo principal el uso de relevadores de sobrecorriente. Un factor importante para estos tipos de sistemas donde la magnitud de corriente de cortocircuito disminuye a medida que el punto de falla se encuentre alejada de la fuente de generación [1].

Los relevadores de sobrecorriente son una de las más sencillas entre los equipos de protección. Su funcionamiento se basa en la comparación del valor de corriente que se define como entrada a la protección. Este valor de referencia se define en base las condiciones que ocurren en la zona que instala el relevador, por lo que es necesario reajustar adecuadamente si la configuración del sistema varía.

La protección de sobre corriente de acuerdo con el tiempo de operación

- Relé Instantáneo 50
- Relé Temporizado 51

El funcionamiento de un relé de sobre corriente va en base a dos consideraciones:

- Nivel de corriente mínima de operación, valor de arranque o cambio de estado del relé.
- Tiempo de operación, característica referente al tiempo en que actúa el relevador.

Para la coordinación de relés de sobre corriente temporizado se considera los siguientes

parámetros: valores DIAL, TAP, curvas mediante constantes α , β , L. Para el ajuste de relés de sobre corriente instantáneos se coordina mediante el TAP [2].

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

- Inverso.
- Muy Inverso.
- Extremadamente Inverso.
- Tiempo Definido.

Transformador de Corriente (TC).

Es un dispositivo que proporciona una corriente proporcionalmente inferior a la del sistema medido. Por su utilización puede ser considerado para medición y/o protección, así mismo se emplea para dos funciones esenciales como transformar la corriente además de aislar los respectivos instrumentos de protección, medición ya que están conectados a circuitos de medio o alto voltaje [3].

Normas

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.

- Corrientes de cortocircuito en sistemas de corriente alterna trifásicos Norma IEC 60909.
- Relés de medida y equipos de protección Norma IEC 60255-3.
- Ecuaciones de característica de tiempo inverso para relevadores de sobre corriente Norma ANSI/IEEE C37.112-2008.
- Requisitos estándar para transformadores de medida Norma IEEE C57.13-2016.
- Guía de duración de corriente de falla en transformadores de potencia Norma IEEE C57.109.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Realizar la coordinación de protección de sobre corriente de manera manual para identificar los tiempos de discriminación óptimos con la posterior comparación de resultados en la aplicación tecnológica CAR.OP.

ESPECÍFICOS

- Definir una tabla de resultado con las respectivas corrientes y de tiempos de operación del ejercicio.
- Formular la coordinación de los relés en la aplicación tecnológica CAR.OP.
- Determinar un análisis de resultados de los tiempos de operación entre la coordinación manual y la automática.
- Proporcionar las diferentes curvas de funcionamiento de los relés mediante graficas de la coordinación.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

Hacer la investigación de los siguientes temas:

- Relés de medida y equipos de protección Norma IEC 60255-3.
- Tipos de operación de los relés de sobre corriente de tiempo inverso e instantáneo.
- Requerimientos de ajuste y coordinación de los relés de sobre corriente.
- Principio de ajuste y coordinación de unidades de sobrecorriente instantáneas

LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES, RECURSOS:

MATERIALES:

- Computador o PC
- Matlab R2020b
- Aplicación tecnológica descargada
- Calculadora

ADVERTENCIAS

La realización de este ejercicio conlleva al manejo de la aplicación CAR.OP y sus cualidades, es de suma importancia no modificar, mover o cambiar la línea de programación lo que conlleva a

errores notables en el ajuste de relevadores de sobre corriente ante un sistema radial.

La propuesta tecnológica CAR.OP es una aplicación que fue elaborada con un lenguaje de programación en la plataforma MATLAB R2019a, sus líneas de codificación NO pueden ser alterados por motivo que cambia la programación la cual arrojaría errores como resultado.

INSTRUCCIONES:

- Leer el manual de uso, previamente para tener conocimiento del manejo de la aplicación.
- Desarrollar un plan de tareas para hacer uso de la aplicación.
- Reescribir los datos obtenidos a mano y la aplicación en las tablas para ser analizados.
- Determinar los tipos de curvas que presenta la aplicación para cada caso.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Para el siguiente sistema radial calcular lo siguiente:

1. Relación de transformación de los TC asociados a los relevadores 1 a 8, dado que los giros primarios son múltiplos de 100, el TC del relevador 9 es de 250/5. Suponga que la carga total conectada a cada TC es 1Ω y se utilizan de clase C100.
2. Ajuste del instantáneo, Corriente pick-up, DIAL y el tiempo de actuación de los relevadores para garantizar una protección adecuada, el margen de discriminación es de 0.4 Seg.
3. Porcentaje de la línea de 34.5 kV protegida por la unidad instantánea del relevador de sobre corriente asociado al interruptor 7.

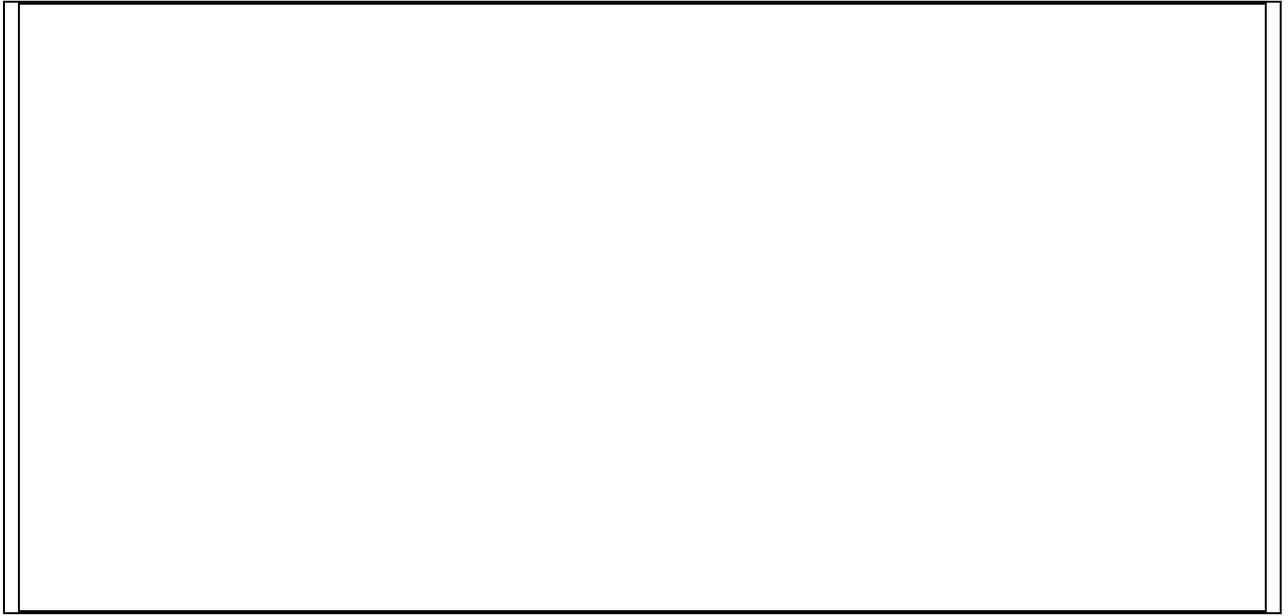
Tomar en cuenta las siguientes observaciones:

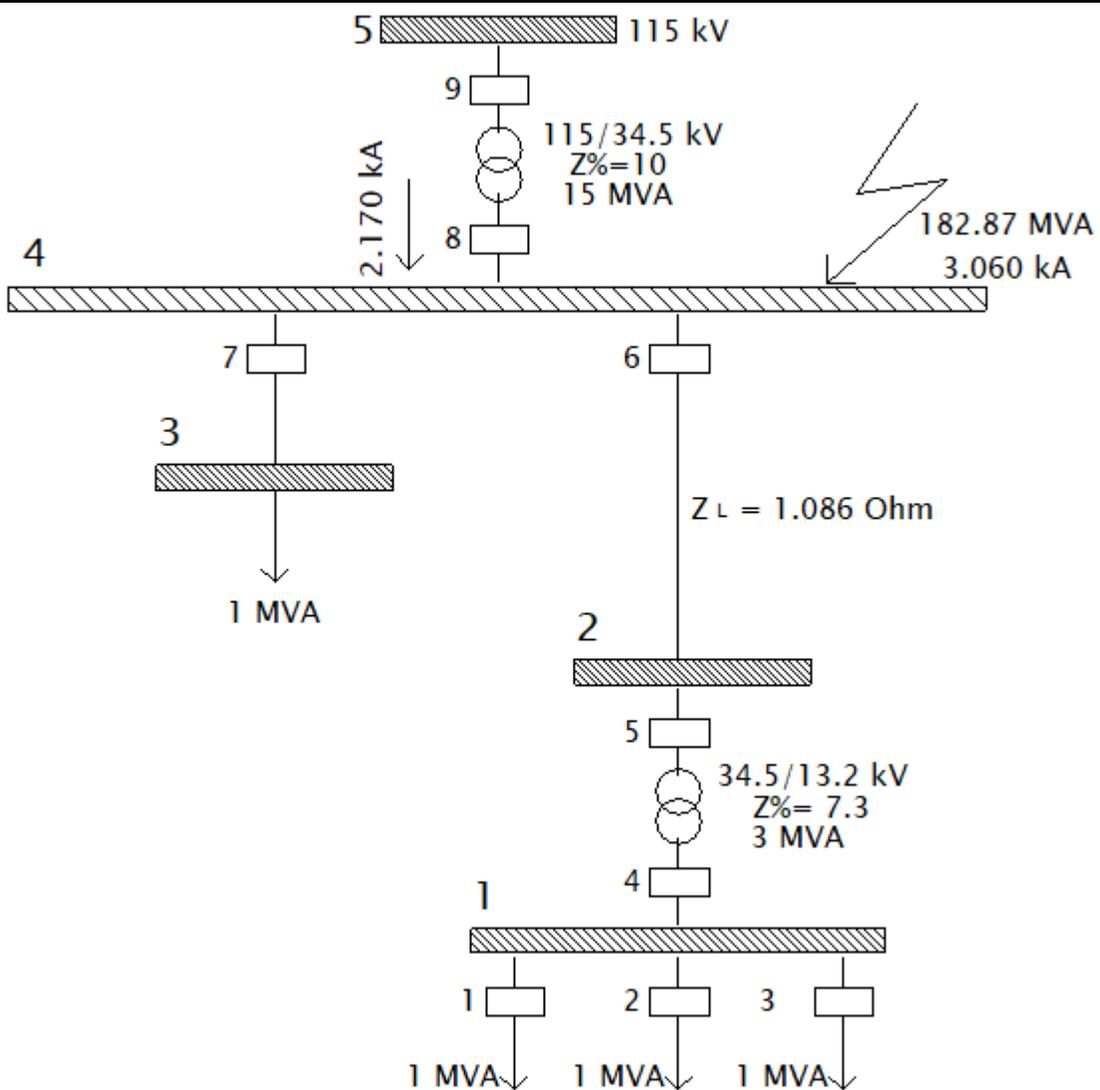
- Las impedancias en (p.u.) se calculan sobre las siguientes bases:

$$V = 34.5 \text{ kV}$$

$$P = 100 \text{ MVA}$$

- Los ajustes del relevador 7 son:





- Llene las tablas siguientes en consideración del trabajo manual para considerar resultados y tiempos de operación.

Breaker	P nominal (MVA)	I nominal (A)	Isc (A)	Isc (5/100) A	CTR

- Mediante la tabla anterior genere una base de datos con el uso de la aplicación informática CAR.OP.
- Realice una comparación de resultados por medio del tiempo de operación y la variación de tiempo con porcentajes.
- Colocar las gráficas coordinadas referente a los relés ajustados.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- Visualización de los tiempos óptimos de ajuste por medio de las tablas además de la coordinación de las protecciones de sobre corriente 50/51.

CONCLUSIONES:

➤

RECOMENDACIONES:



BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. FRANCO MARTÍNEZ , J. CORONEL DE LUCIO y G. ROSAS ORTIZ, «Implementación del principio de protección de sobrecorriente usando un simulador digital en tiempo real.», de *Comité de Protecciones del Capitulo de Potencia del IEEE Sección Mexico y Presentada en la Reunión Internacional de Verano, Acapulco, 2013.*
- [2] A. RENZO TAMASCO, «Protecciones Eléctricas,» Agosto 2007. [En línea]. Available: https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2014-09-05_06-04-14109556.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [3] O. D. CHACÓN HERRERA, «Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8615/3/CD-5791.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2021].

ANEXO 5: Manual Técnico de la Aplicación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍAS Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“COORDINACIÓN AUTOMÁTICA DE PROTECCIONES DE SOBRE
CORRIENTE EN SISTEMAS RADIALES ELABORADO EN APP
DESIGNER”**

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

MANUAL DE USUARIO

AUTORES:

Pinos Ponce Alex Patricio

Sarango Díaz José Luis

TUTOR:

Ing. Suárez Rommel Eusebio Vinueza

Msc.

Latacunga- Ecuador

Marzo 2021

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN AL MANUAL DE USUARIO	4
2. VENTANA DE DISEÑO	4
2.1. Ingreso de características de relés para la coordinación	5
2.1.1. Curvas	5
2.1.2. Relaciones de TC's	7
2.1.3. Diales	8
2.2. Ventana Transformadores	9
2.2.1. Transformadores	9
2.3. Ventana de Sistema	10
2.3.1. Ingreso de características del sistema	10
2.4. Asignación de resultados de coordinación tanto para Coordinación 50/51, 51N	10
2.4.1. Tabla de resultados	10
2.4.2. Valor de Voltaje de Referencia	11
2.4.3. Realización de cálculo	12
2.5. Gráfico de la coordinación de protecciones	12
2.5.1. Grafica de tiempo-corriente	12
3. MANEJO Y USO DE LA APLICACIÓN	12
3.1. Características de entrada de los relevadores	12
3.1.1. Ingreso de características de relés disponibles	12
3.1.2. Disponibilidad de relación de transformación de los TC's	13
3.1.3. Establecimiento de los Diales	14
3.2. Sistema	14
3.2.1. Ingreso de las características del sistema	14
3.3. Resultados	15
3.3.1. Tabla de resultados	15
3.3.2. Gráfica	15
4. INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN CAR.OP	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logotipo software CAR.OP.	4
Figura 2. Portada de aplicación.	5
Figura 3. Tabla de constantes de curvas estandarizadas.....	5
Figura 4. Botón de añadir o reducir curvas.	6
Figura 5. Botón de volver añadir Curvas.....	6
Figura 6. Botón para Guardar las curvas establecidas o añadidas.....	6
Figura 7. Tabla de valores normalizados para la selección de relación de transformación.....	7
Figura 8. Botón de agregar o quitar relaciones de transformación.....	7
Figura 9. Botón para almacenar las relaciones de transformación añadidas.....	7
Figura 10. Tabla de valores de Diales.	8
Figura 11. Botón de ingreso o retiro de valores de diales.	8
Figura 12. Ventana de modificación de intervalo en cada relé.	8
Figura 13. Botón de Agregar intervalos a los diales.....	9
Figura 14. Ingreso de datos en la tabla de transformadores.	9
Figura 15. Botón de agregar o eliminar curvas.	9
Figura 16. Tabla de ingreso de datos del sistema.	10
Figura 17. Botones de adición o reducción de relés.....	10
Figura 18. Botón de Guardar las características añadidas de los relés asignados.	11
Figura 19. Botón de Guardar las características añadidas de los relés asignados.	11
Figura 20. Asignación de margen de discriminación aceptado.	11
Figura 21. Botón de Calcular referente a realizar los procedimientos de ajuste.	12
Figura 22. Grafica de las curvas de operación de relevadores de sobre corriente.....	12
Figura 23. Tabla de ingreso y modificación de valores para la selección de curvas.....	13
Figura 24. Tabla de relación de transformación disponibles para el ajuste de curvas.	13
Figura 25. Tabla de relación de transformación disponibles para el ajuste de curvas.	14
Figura 26. Tabla de ingreso para datos del sistema.....	15
Figura 27. Tabla de resultados de la coordinación automática.....	15
Figura 28. Grafica de curvas de tiempo vs corriente reflejada a la coordinación.	16
Figura 29. Carpetas que contienen la ejecución de la aplicación CAR.OP.....	16
Figura 30. Instalador de Aplicación CAR.OP.	16
Figura 31. Ventana de Instalación.....	17
Figura 32. Ventana de guardado del ejecutable.....	17
Figura 33. Ventana de cerrado de instalador.	17
Figura 34. Archivos ubicados en archivos del programa.	18
Figura 35. Ejecutable de Aplicación CAR.OP.	18

1. INTRODUCCIÓN AL MANUAL DE USUARIO

La aplicación CAR.OP dispone de características de operación de una coordinación de relés de sobre corriente (50/51) conocido como: de tiempo instantáneo (50) y de tiempo inverso (51), con la finalidad de actuar ante una precipitada elevación de corriente fuera del rango establecido. CAR.OP entrega como resultados después de simular un sistema en estudio, una tabla de resultados donde presenta el ajuste de los dispositivos de protección y criterios de coordinación, además de la descripción de curva para cada relevador. Los resultados finales son la opción ideal entre muchas otras posibilidades, para la calibración de las protecciones del sistema.

La propuesta tecnológica va enfocada como solventar una ayuda técnica y mejoramiento de las condiciones de trabajo en el área de laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi además de asesoría en las protecciones eléctricas en sistemas radiales.

El uso de este diseño tecnológico conlleva a visualizar de forma gráfica las respectivas curvas como solución óptima ante una coordinación de relevadores, cabe mencionar que para el uso de esta herramienta se debe disponer de conocimientos previos referente a protecciones eléctricas.



Figura 1. Logotipo software CAR.OP.

Fuente: Autores.

2. VENTANA DE DISEÑO

La ventana de diseño está elaborada mediante cuatro pestañas las cuales son: características de relés, características de transformadores, sistema y resultados como se aprecia en la figura 2 a partir

de un diseño clásico de trabajo. Las opciones mencionadas es donde el usuario podrá ingresar un sistema a la aplicación mediante las respectivas consideraciones que tiene un caso de estudio.

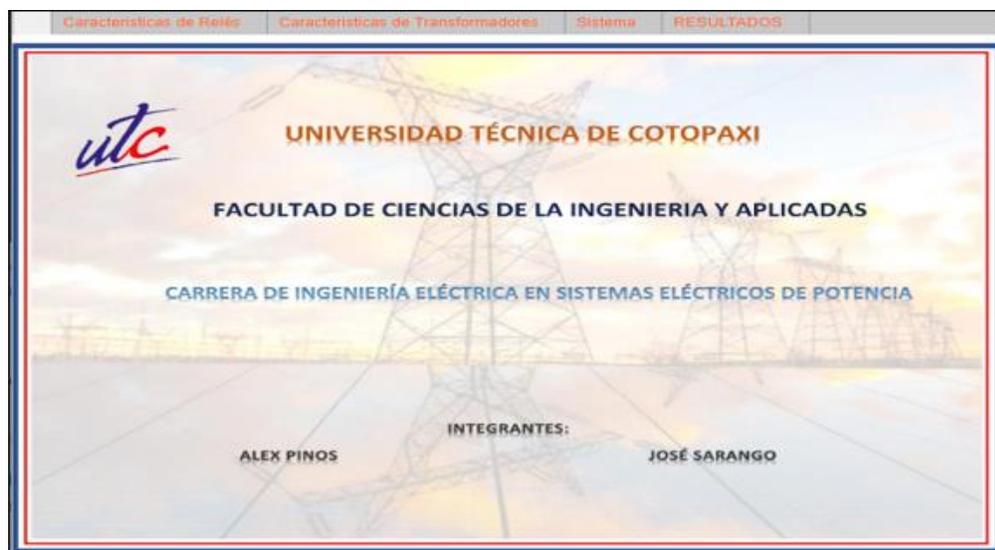


Figura 2. Portada de aplicación.

Fuente: Autores.

2.1. Ingreso de características de relés para la coordinación

2.1.1. Curvas

En la figura 3 por medio de la tabla se ingresa los valores de las respectivas constantes estandarizadas disponibles determinadas por las normas IEEE Std C37.112-2018 y la IEC 60255-3.

Relé	Descripción	Alfa	Beta	L
1	IEEE Moderadamente inversa	0.02	0.0515	0.114
2	IEEE Muy Inversa	2	19.61	0.491
3	IEEE Extremadamente Inversa	2	28.2	0.1217
4	CO8 Inversa	2	5.95	0.18
5	CO2 Inversa de tiempo corto	0.02	0.0239	0.0169
6	IEC Inversa Estándar	0.02	0.14	0
7	IEC Muy Inversa	2	3.922	0.0982
8	IEC Extremadamente Inversa	2	80	0
9	UK Inversa de tiempo corto	1	120	0

Figura 3. Tabla de constantes de curvas estandarizadas.

Fuente: Autores.

Se puede agregar o quitar curvas conforme sea necesario en el sistema o tenga consideraciones especiales.



Figura 4. Botón de añadir o reducir curvas.

Fuente: Autores.



Figura 5. Botón de volver añadir Curvas.

Fuente: Autores.

Se puede volver a restablecer la pestaña de curvas dando clic en Curvas. Una vez añadido las constantes de curvas a trabajar se debe dar clic al botón Guardar ya que almacena la información añadida en la tabla para los cálculos respectivos.



Figura 6. Botón para Guardar las curvas establecidas o añadidas.

Fuente: Autores.

2.1.2. Relaciones de TC's

En la figura 7 se visualiza el despliegue de los valores estandarizados por la norma IEEE C57.13 2016 para la elección de TC's conforme requiera la solución del trabajo asignado.

Relé 1	Relé 2	Relé 3	Relé 4	Relé 5	Relé 6	Relé 7	Relé 8	Relé 9
10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
25	25	25	25	25	25	25	25	25
40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	50	50	50	50	50	50	50	50
75	75	75	75	75	75	75	75	75
100	100	100	100	100	100	100	100	100
200	200	200	200	200	200	200	200	200
300	300	300	300	300	300	300	300	300
400	400	400	400	400	400	400	400	400
600	600	600	600	600	600	600	600	600
800	800	800	800	800	800	800	800	800

Figura 7. Tabla de valores normalizados para la selección de relación de transformación.

Fuente: Autores.

De manera similar se puede añadir o quitar relaciones de los TC en el caso que se requiera una relación más exacta y notable a la hora de ocupar transformadores de corriente.



Figura 8. Botón de agregar o quitar relaciones de transformación.

Fuente: Autores.

Cabe mencionar que ya establecido los valores estándares se procede a Guardar los datos de relación de transformación como referencia a la hora de establecer los TC's asignados a la protección en los relevadores de sobre corriente.



Figura 9. Botón para almacenar las relaciones de transformación añadidas.

Fuente: Autores.

2.1.3. Diales

En la tabla de la figura 10 establece los Diales y está conformada de valores de 1 hasta 13 en pasos de uno.

Relé 1	Relé 2	Relé 3	Relé 4	Relé 5	Relé 6	Relé 7	Relé 8	Relé 9
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13

Figura 10. Tabla de valores de Diales.

Fuente: Autores.

Además, se puede añadir o quitar los valores de forma manual con la finalidad de otorgar alternativas de resolución. También permite modificar los valores de diales manualmente en caso de que lo requiera un ejercicio.



Figura 11. Botón de ingreso o retiro de valores de diales.

Fuente: Autores.

Para modificar el paso Dial se establece un cambio en serie a cada relevador propuesto, por medio de dar intervalos según como requiera el usuario.

Relé N°	<input type="text" value="1"/>	Paso	<input type="text" value="1"/>
---------	--------------------------------	------	--------------------------------

Figura 12. Ventana de modificación de intervalo en cada relé.

Fuente: Autores.

Se debe presionar el botón de Agregar ya que así los datos ingresados quedan listos para continuar con los demás procesos.



Figura 13. Botón de Agregar intervalos a los diales.

Fuente: Autores.

2.2. Ventana Transformadores

2.2.1. Transformadores

En esta pestaña el usuario debe ingresar los valores de Nombre del elemento, P nominal en MVA

- Potencia nominal en [MVA].
- Voltaje nominal en [kV].
- Impedancia del transformador en [%].
- Impedancia de la fuente [p.u.].
- Categoría del transformador dependiendo el nivel de potencia [I o II].

Transformador N°	P. nominal [MVA]	V nominal [kV]	Impedancia trafo [%]	Impedancia Fuente [pu]	Categoría N°

Figura 14. Ingreso de datos en la tabla de transformadores.

Fuente: Autores.

De igual manera se puede añadir y eliminar transformadores.



Figura 15. Botón de agregar o eliminar curvas.

Fuente: Autores.

2.3. Ventana de Sistema

2.3.1. Ingreso de características del sistema

Para cumplir con la coordinación de protecciones de sobre corriente se hace uso de las siguientes figuras que muestra los valores a ingresar como son:

- Relé utilizado desde la carga hasta la generación aguas arriba.
- Potencia nominal en [MVA].
- Corriente nominal en [A].
- Corriente de falla en [A].
- Factor empleado a la protección en dependencia del equipo a proteger.
- Voltaje nominal en referencia de donde se encuentra el elemento protegido [kV].

N° Relé	P nominal [MVA]	I nominal [A]	I cc [A]	Factor	Voltaje [kV]

Figura 16. Tabla de ingreso de datos del sistema.

Fuente: Autores.

En base a la figura 17, para este literal se puede añadir o quitar relés conforme disponga el diseño del sistema eléctrico a analizar.

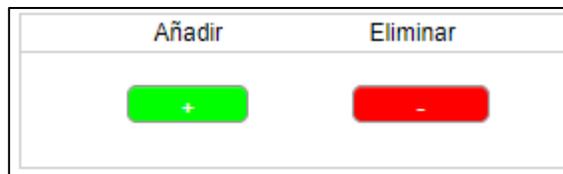


Figura 17. Botones de adición o reducción de relés.

Fuente: Autores.

Así mismo para que el proceso de ajuste de los relés en base a los datos ya que listo para añadir características propuestas como se proponga el sistema.

2.4. Asignación de resultados de coordinación tanto para Coordinación 50/51, 51N

2.4.1. Tabla de resultados

En la figura 18 se evidencia el resumen de ajuste de los ejemplos puestos a análisis.

Se visualiza lo siguiente:

- Enumeración de relé.
- Corriente de Arranque o Pick up [A].
- Corriente instantánea [A].
- Dial ocupado
- Tiempo de discriminación más cercano al ideal que es 0.4 [segundos].
- La relación de transformación empleada para la selección del TC.
- Tiempo para la actuación de la protección instantánea [seg].
- Asignación de la mejor curva en base a las constantes adecuadas para la coordinación óptima.

N° Relé	I. pick up [A]	I. inst. [A]	Dial	DT [Seg]	Relación	t. inst. [Seg]	Curvas

Figura 18. Botón de Guardar las características añadidas de los relés asignados.

Fuente: Autores.

2.4.2. Valor de Voltaje de Referencia

Para el voltaje de referencia se dispone de un recuadro, debe ingresar el valor de voltaje en el cual se desea mostrar las tablas de resultados y las respectivas curvas de operación.

V. ref. [kV]	<input type="text" value="13.2"/>
--------------	-----------------------------------

Figura 19. Botón de Guardar las características añadidas de los relés asignados.

Fuente: Autores.

Margen [Seg]	<input type="text" value="0.4"/>
--------------	----------------------------------

Figura 20. Asignación de margen de discriminación aceptado.

Fuente: Autores.

2.4.3. Realización de cálculo

Para la visualización de los resultados mencionados en el anterior literal se debe pulsar el botón de Calcular, para obtener los resultados para el ajuste de los relevadores.



Figura 21. Botón de Calcular referente a realizar los procedimientos de ajuste.

Fuente: Autores.

2.5. Gráfico de la coordinación de protecciones

2.5.1. Grafica de tiempo-corriente

En la figura 22 se muestra las curvas de coordinación de un sistema planeado con respecto a la corriente vs tiempo.

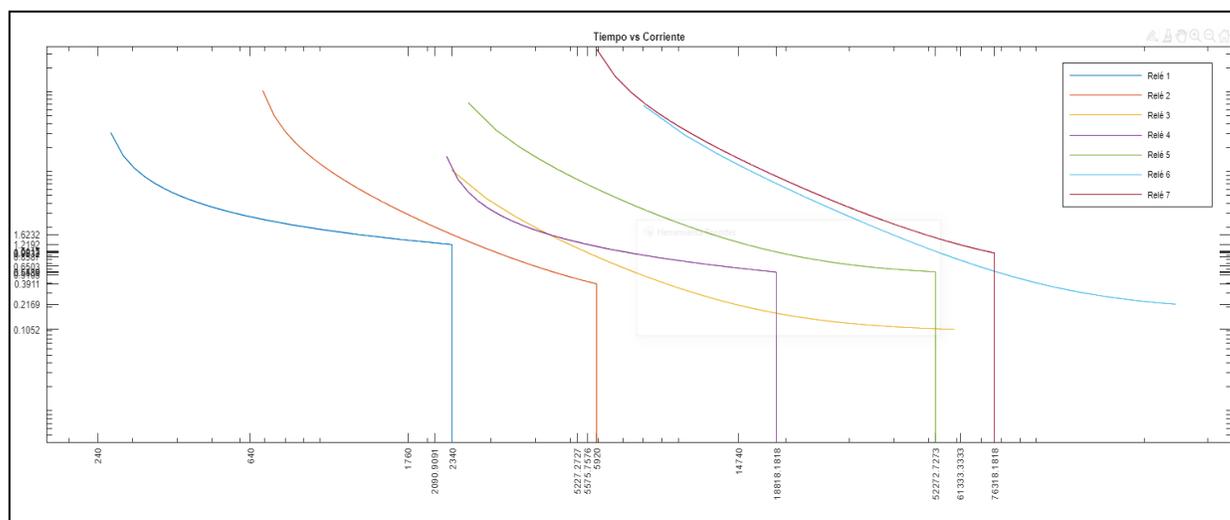


Figura 22. Grafica de las curvas de operación de relevadores de sobre corriente.

Fuente: Autores.

3. MANEJO Y USO DE LA APLICACIÓN

3.1. Características de entrada de los relevadores

3.1.1. Ingreso de características de relés disponibles

Como inicio del programa en las características de relés se tiene como parte de entrada las constantes estandarizadas determinadas por las normativas IEEE Std C37.112-2018 y la IEC 60255-3. Las características de relés pueden ser modificadas si el sistema lo requiere.

Relé	Descripción	Alfa	Beta	L
1	IEEE Moderadamente inversa	0.02	0.0515	0.114
2	IEEE Muy Inversa	2	19.61	0.491
3	IEEE Extremadamente Inversa	2	28.2	0.1217
4	CO8 Inversa	2	5.95	0.18

Figura 23. Tabla de ingreso y modificación de valores para la selección de curvas.

Fuente: Autores.

Una vez agregadas las curvas que se desea seleccionar para el ajuste, se procede a presionar el botón Guardar.

3.1.2. Disponibilidad de relación de transformación de los TC's

La ocupación de los transformadores de corriente es de suma importancia entonces en base a la norma IEEE C57.13. se pone a disposición los rangos de corriente establecidos para la selección de TC's,

Relé 1	Relé 2	Relé 3	Relé 4
10	10	10	10
15	15	15	15
25	25	25	25
40	40	40	40
50	50	50	50
75	75	75	75
100	100	100	100
200	200	200	200
300	300	300	300
400	400	400	400
600	600	600	600
800	800	800	800
1100	1100	1100	1100
1500	1500	1500	1500
2000	2000	2000	2000
3000	3000	3000	3000
4000	4000	4000	4000
5000	5000	5000	5000
6000	6000	6000	6000
8000	8000	8000	8000
12000	12000	12000	12000

Figura 24. Tabla de relación de transformación disponibles para el ajuste de curvas.

Fuente: Autores.

De igual manera se puede agregar más valores de rango de corriente o a su vez cambiar los establecidos a medida que da referencia para establecer los equipos destinados a la medición y protección del sistema planteado.

3.1.3. Establecimiento de los Diales

Se establece los valores asignados para los diales en base a concordancia de reflejar los datos de ajuste ideales.

Relé 1	Relé 2	Relé 3	Relé 4
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13

Figura 25. Tabla de relación de transformación disponibles para el ajuste de curvas.

Fuente: Autores.

También es factible ingresar datos si es necesario conforme plantee la necesidad de ocupar Diales diferentes a los establecidos. Ya establecidos los diales para utilizar es importante Guardar estos datos ya que influyen al correcto funcionamiento de la coordinación de protecciones

3.2. Sistema

3.2.1. Ingreso de las características del sistema

Mediante el cálculo manual de los valores de la corriente nominal, corriente de cortocircuito, se procede a ingresar los datos en la tabla Sistema, al agregar los valores se debe realizar desde el relevador más alejado del generador, desde la carga hacia la fuente. Añadir en la fila correspondiente a cada relevador, empieza por el número 1 donde se ingresa la Potencia Aparente nominal en (MVA), Corriente nominal en (A), Corriente de cortocircuito en (A), múltiplo que toma en cuenta la sobrecarga conocido como factor de seguridad para la selección del DIAL, Voltaje de línea en (kV).

Relé	P nominal	I nominal	I cc	Factor	Voltaje
1	5	131.2	2128.3	0.5	22
2	11	288.6	6680.1	1.25	22
3	40	1049.72	6680.1	1	22
4	40	334.6958	5857.2	1.25	69

Figura 26. Tabla de ingreso para datos del sistema.

Fuente: Autores.

3.3. Resultados

3.3.1. Tabla de resultados

En la tabla de resultados se muestra los relés empleados, en las filas siguientes se muestran los valores de corriente pick up, la corriente instantánea, el valor DIAL asignado, DT de suma importancia este resultado ya que se muestra los deltas de tiempo de intervalo de coordinación, en la asignación de Relación se ve la relación de transformación, las curvas óptimas deseadas se muestran para cada relevador de forma automática.

Relé	I pick up	I inst	Dial	DT	Relación	Curvas
1	5	27	1	0	200	IEEE Muy Inversa
2	6	40	1	0.4572	400	CO8 Inversa
3	8	31	1	2.4435	1100	CO8 Inversa
4	7	40	2	0.4208	400	CO8 Inversa

Figura 27. Tabla de resultados de la coordinación automática.

Fuente: Autores.

3.3.2. Gráfica

La pestaña gráfica indica como respuesta la coordinación de protecciones de sobre corriente, en el eje de las ordenadas se proyecta la corriente en [A], los datos que se muestran son la corriente de arranque proporcionada al instante que empieza la operación de la protección temporizada además se visualiza la corriente de operación de la protección de corriente instantánea.

En la parte superior derecha se muestra la enumeración de las curvas correspondiente a cada relevador.

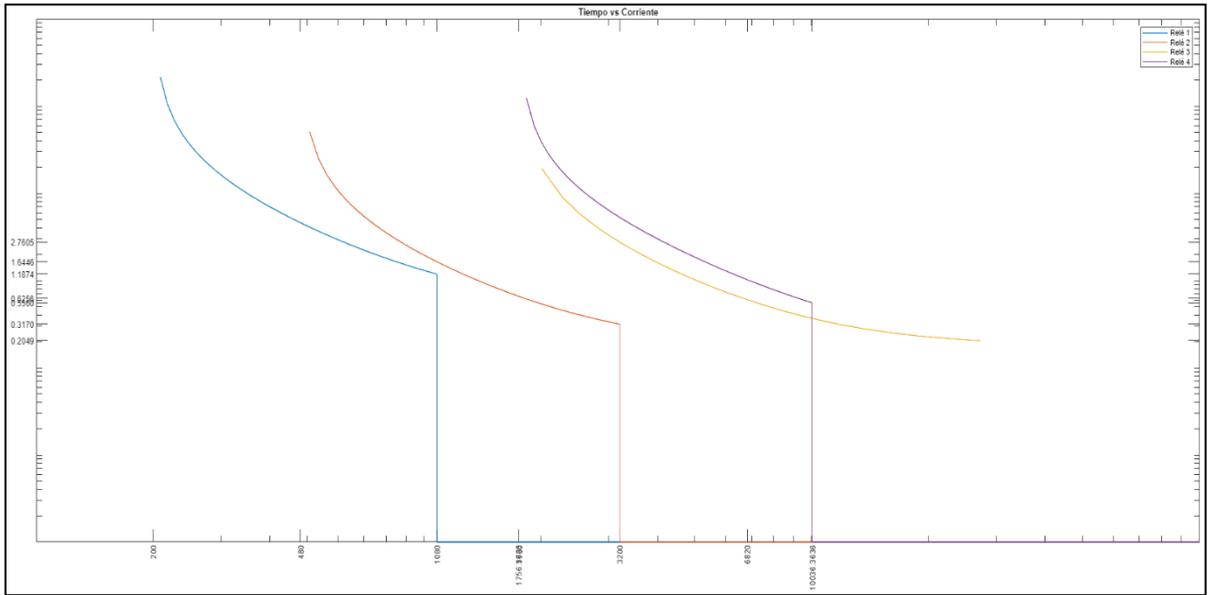


Figura 28. Grafica de curvas de tiempo vs corriente reflejada a la coordinación.

Fuente: Autores.

En el eje de las abscisas se visualiza los tiempos de operación para cada curva, los tiempos mencionados se consideran el instante que actúa la protección instantánea, a medida que se agrega elementos y la gráfica muestra las curvas de operación.

4. INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN CAR.OP

La aplicación CAR.OP dispone de 3 carpetas, se debe ingresar a la carpeta for_redistribution ya que posee el ejecutable “MyAppInstaller_mcr” y dar doble clic para su instalación.

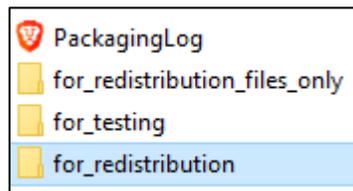


Figura 29. Carpetas que contienen la ejecución de la aplicación CAR.OP.

Fuente: Autores.

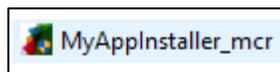


Figura 30. Instalador de Aplicación CAR.OP.

Fuente: Autores.

Una vez puesto en ejecutar como administrador se abre la ventana en donde se pulsa Next por consiguiente se pulsa en el botón “Browse” para elegir la carpeta de guardado de la aplicación.



Figura 31. Ventana de Instalación.

Fuente: Autores.

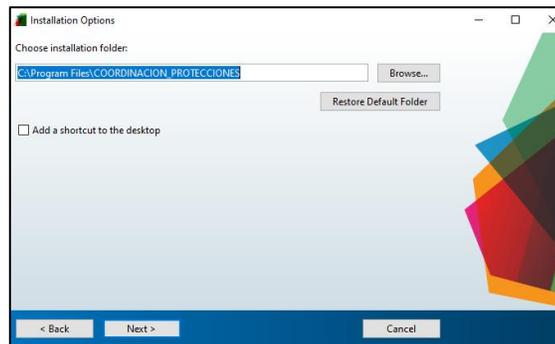


Figura 32. Ventana de guardado del ejecutable.

Fuente: Autores.

La siguiente pulsación se da en “Next” para la instalación completa lo cual tomara un cierto tiempo de instalación al final dar “Finish” para acabar la instalación.

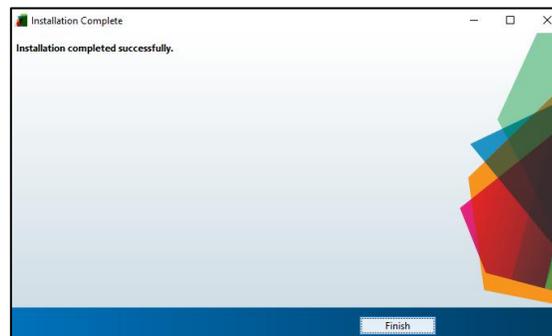


Figura 33. Ventana de cerrado de instalador.

Fuente: Autores.

Ya instalado se debe dirigir a la carpeta donde se asignó guardar el ejecutable Archivos del Programa/COORDINACIÓN_PROTECCIONES/Application en la ventana de la figura 32.

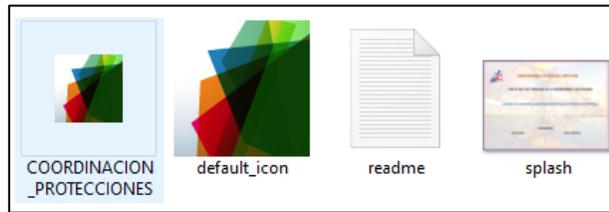


Figura 34. Archivos ubicados en archivos del programa.

Fuente: Autores.



Figura 35. Ejecutable de Aplicación CAR.OP.

Fuente: Autores.

Cuando se inicia la aplicación por primera vez se demora entre 3 a 4 minutos para abrir.

La aplicación abierta se puede ver:

- Características de Relés
- Características de Transformadores
- Sistema
- RESULTADOS

ANEXO 6: Línea de Programación

```
classdef protecciones17AHORASISI < matlab.apps.AppBase
% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
UIFigure matlab.ui.Figure
TabGroup matlab.ui.container.TabGroup
Tab matlab.ui.container.Tab
Image2 matlab.ui.control.Image
CARACTERISITICASRELESTab matlab.ui.container.Tab
TabGroup2 matlab.ui.container.TabGroup
CurvasTab matlab.ui.container.Tab
table1 matlab.ui.control.Table
ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel matlab.ui.control.Label
guardar1 matlab.ui.control.Button
AadirEliminarPanel matlab.ui.container.Panel
Button_2 matlab.ui.control.Button
Button matlab.ui.control.Button
Image_2 matlab.ui.control.Image
CAROPLabel_9 matlab.ui.control.Label
CurvasButton matlab.ui.control.Button
RelacionesdeTCsTab matlab.ui.container.Tab
table2 matlab.ui.control.Table
GuardarButton matlab.ui.control.Button
AadirEliminarPanel_4 matlab.ui.container.Panel
Button_3 matlab.ui.control.Button
Button_4 matlab.ui.control.Button
RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel matlab.ui.control.Label
Image_3 matlab.ui.control.Image
CAROPLabel_8 matlab.ui.control.Label
DialesTab matlab.ui.container.Tab
table3 matlab.ui.control.Table
DialesdisponiblesporRelLabel matlab.ui.control.Label
AadirEliminarPanel_5 matlab.ui.container.Panel
Button_5 matlab.ui.control.Button
Button_6 matlab.ui.control.Button
Image matlab.ui.control.Image
CAROPLabel_6 matlab.ui.control.Label
ModificacinenseriePanel matlab.ui.container.Panel
RelNLabel matlab.ui.control.Label
edit8 matlab.ui.control.NumericEditField
PasoEditFieldLabel matlab.ui.control.Label
edit9 matlab.ui.control.NumericEditField
AgregarButton matlab.ui.control.Button
CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab matlab.ui.container.Tab
table7 matlab.ui.control.Table
AadirEliminarPanel_2 matlab.ui.container.Panel
Button_9 matlab.ui.control.Button
```

Button_10 matlab.ui.control.Button
TransformadoresLabel matlab.ui.control.Label
Image_8 matlab.ui.control.Image
CAROPLabel_7 matlab.ui.control.Label
SISTEMATab matlab.ui.container.Tab
table4 matlab.ui.control.Table
AadirEliminarPanel_3 matlab.ui.container.Panel
Button_7 matlab.ui.control.Button
Button_8 matlab.ui.control.Button
IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel matlab.ui.control.Label
Image_4 matlab.ui.control.Image
CAROPLabel_2 matlab.ui.control.Label
RESULTADOSTab matlab.ui.container.Tab
TabGroup4 matlab.ui.container.TabGroup
Coord5051Tab_2 matlab.ui.container.Tab
TabGroup3 matlab.ui.container.TabGroup
ResultadosTab matlab.ui.container.Tab
CalcularButton matlab.ui.control.Button
VrefkVLabel_2 matlab.ui.control.Label
edit1 matlab.ui.control.NumericEditField
ResultadosdeCoordinacinLabel matlab.ui.control.Label
table5 matlab.ui.control.Table
Image_6 matlab.ui.control.Image
table6 matlab.ui.control.Table
MargenSegLabel matlab.ui.control.Label
edit2 matlab.ui.control.NumericEditField
CAROPLabel_3 matlab.ui.control.Label
GrficoTab matlab.ui.container.Tab
Coordinacin5051Label matlab.ui.control.Label
Image_7 matlab.ui.control.Image
CAROPLabel_5 matlab.ui.control.Label
axes1 matlab.ui.control.UIAxes
Coord51NTab matlab.ui.container.Tab
TabGroup3_2 matlab.ui.container.TabGroup
ResultadosTab_2 matlab.ui.container.Tab
CalcularButton_2 matlab.ui.control.Button
VrefkVLabel matlab.ui.control.Label
edit3 matlab.ui.control.NumericEditField
ResultadosdeCoordinacinLabel_2 matlab.ui.control.Label
table5_2 matlab.ui.control.Table
Image_9 matlab.ui.control.Image
table6_2 matlab.ui.control.Table
MargensegLabel matlab.ui.control.Label
edit4 matlab.ui.control.NumericEditField
CAROPLabel_4 matlab.ui.control.Label
GrficoTab_2 matlab.ui.container.Tab
Coordinacin51NLabel matlab.ui.control.Label
Image_10 matlab.ui.control.Image
CAROPLabel matlab.ui.control.Label

```

axes2 matlab.ui.control.UIAxes
end
methods (Access = private)
function [curv1 curv2 dial_optimo DT_optimo] =
DL1(app,margen,Ipu1,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,Alfa,Beta,L,DIAL,curvas,vd,vh)
% margen=app.edit2.Value
%% curva 1
for m1=1:size(curvas,1)
% m1 = 1
alfa=Alfa(m1);
beta = Beta(m1);
ele = L(m1);
dial = DIAL(m1,1);
dial_a2=dial
t1=tiempo(alfa,beta,ele,dial,Ipu1,Iinst,ctr1,ctr1,vd,vd);
%% curva 2
for m2 = 1:size(curvas,1)
alfa=Alfa(m2);
beta = Beta(m2);
ele = L(m2);
for i = 1:size(DIAL(m2,:),2)
dial = DIAL(m2,i);
t2=tiempo(alfa,beta,ele,dial,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,vd,vh);
DT = t2-t1;
if DT > margen
%%%%%%%%%%%%%%
Iinst1= linspace(Ipu2, Iinst*(ctr1/ctr2)*(vd/vh)) ;
PSM = Iinst1/Ipu2;
taux_2 = ((dial*beta))./((PSM.^alfa)-1)+ele;
Iinst2= linspace(Ipu2, Iinst*(ctr1/ctr2)*(vd/vh));
Ip=Ipu1*(ctr1/ctr2)*(vd/vh);
PSM = Iinst2/Ip;
taux_1 = ((dial_a2*Beta(m1)))./((PSM.^Alfa(m1))-1)+L(m1);
resta=taux_2(2:end)-taux_1(2:end);
a=find(resta>0);
if length(a)==length(resta)
disp('hola')
disp(m2)
margen_tiempo(m1,m2)=DT;
dial_cumple(m1,m2)=dial;
break
end
%%%%%%%%%%%%%%
end
end
end
end

```

```

aux=find(margen_tiempo==0);
margen_tiempo(aux)=999;
aux = min(min(margen_tiempo));
DT_optimo = aux;
aux = find(margen_tiempo == aux);
[curv1 curv2]=ind2sub(size(margen_tiempo),aux);
dial_optimo = dial_cumple(curv1,curv2) ;
%%
function t = tiempo(alfa,beta,ele,dial,Ipu,Iinst,ctr1,ctr2,vd,vh)
Iinst = Iinst*(ctr1/ctr2)*(vd/vh);
PSM = Iinst/Ipu;
t = ((dial*beta)./((PSM.^alfa)-1))+ele;
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [curv1 curv2 dial_optimo DT_optimo] =
DL2(app,margen,Ipu1,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,Alfa,Beta,L,DIAL,curvas,dial,m1,vd,vh)
% m1 = 4
% margen=app.edit2.Value
alfa=Alfa(m1);
beta = Beta(m1);
ele = L(m1);
% dial = 3
dial_a2=dial
t1=tiempo(alfa,beta,ele,dial,Ipu1,Iinst,ctr1,ctr1,vd,vd);
%% curva 2
for m2 = 1:size(curvas,1)
alfa=Alfa(m2);
beta = Beta(m2);
ele = L(m2);
for i = 1:size(DIAL(m2,:),2)
dial = DIAL(m2,i);
t2=tiempo(alfa,beta,ele,dial,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,vd,vh);
DT = t2-t1;
if DT >= margen
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Iinst1= linspace(Ipu2, Iinst*(ctr1/ctr2)*(vd/vh)) ;
PSM = Iinst1/Ipu2;
taux_2 = ((dial*beta)./((PSM.^alfa)-1))+ele;
Iinst2= linspace(Ipu2, Iinst*(ctr1/ctr2)*(vd/vh));
Ip=Ipu1*(ctr1/ctr2)*(vd/vh);
PSM = Iinst2/Ip;
taux_1 = ((dial_a2*Beta(m1)))./((PSM.^Alfa(m1))-1)+L(m1);
resta=taux_2(2:end)-taux_1(2:end);
a=find(resta>0);
if length(a)==length(resta)
disp('hola')
disp(m2)
margen_tiempo(m1,m2)=DT;

```

```

dial_cumple(m1,m2)=dial;
break
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end
end
end
aux=find(margen_tiempo==0);
margen_tiempo(aux)=999;
aux = min(min(margen_tiempo))
DT_optimo = aux;
aux = find(margen_tiempo == aux);
[curv1 curv2]=ind2sub(size(margen_tiempo),aux);
dial_optimo = dial_cumple(curv1,curv2) ;
%% función
function t = tiempo(alfa,beta,ele,dial,Ipu,Iinst,ctr1,ctr2,vd,vh)
Iinst = Iinst*(ctr1/ctr2)*(vd/vh);
PSM = Iinst/Ipu;
t = ((dial*beta)./((PSM.^alfa)-1))+ele;
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end
% Callbacks that handle component events
methods (Access = private)
% Code that executes after component creation
function startupFcn(app, inicio)
%% CARGAR IMAGENES
clc
close all
path1 = 'C:\Users\homes\Desktop\José Luis\10mo 2020-2021\Proyecto de
tesis\Programa\Version oficial.jpg'
app.Image2.ImageSource=path1
app.edit2.Value=0.4
%% CONSTANTES
rele = [1 2 3 4 5 6 7 8 9];
des = [{'IEEE Moderadamente inversa'},...
{'IEEE Muy Inversa'},...
{'IEEE Extremadamente Inversa'},...
{'CO8 Inversa'},...
{'CO2 Inversa de tiempo corto'},...
{'IEC Inversa Estándar'},...
{'IEC Muy Inversa'},...
{'IEC Extremadamente Inversa'},...
{'UK Inversa de tiempo largo'}];
Alfa = [0.02,2,2,2,0.02,0.02,2,2,1];
Beta = [0.0515,19.61,28.2,5.95,0.0239,0.14,3.922,80,120];
L = [0.114,0.491,0.1217,0.18,0.0169,0,0.0982,0,0];
filas = size(rele,2);

```

```

for i =1:filas
aux2 = [num2str(rele(i)) des(i) num2str(Alfa(i)) num2str(Beta(i)) num2str(L(i))];
datos(i,:) = aux2 ;
end
app.table1.Data=datos ;
%% RELACIONES DE TC's
clear datos
relaciones =
[10,15,25,40,50,75,100,200,300,400,600,800,1100,1500,2000,3000,4000,5000, ...
6000,8000,12000];
n = size(Alfa,2);
for j=1:size(relaciones,2)
for i=1:n
datos(j,i)=(relaciones(j));
end
end
datos=num2cell(datos)
datos=string(datos)
app.table2.Data =cellstr(datos)
%% DIALES
clear datos
diales = [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13];
n = size(Alfa,2);
for j=1:size(diales,2)
for i=1:n
datos(j,i)=(diales(j));
end
end
datos=num2cell(datos)
datos=string(datos)
app.table3.Data =cellstr(datos)
%% SISTEMA
clear aux2
clear datos
rele = [1 2 3 4 5 ];
Pnom=[3 9 25 25 25 75 75]
Inom = [131.2 393.6 1093.5 125.5 125.5 ]
Isc = [4640 14714.8 14714.8 4769.8 7000 ]
factor =[0.5 1.25 1 1.25 1.25 ]
voltaje = [13.2 13.2 13.2 115 115 ]
filas = size(rele,2)
for i =1:filas
aux2 = [num2str(rele(i)) ,num2str(Pnom(i)), num2str(Inom(i)), num2str(Isc(i)),
num2str(factor(i)), num2str(voltaje(i)), des(i)]
datos(i,:) = aux2 (1,1:6)
end
app.table4.Data=datos ;
datos={'t1', '25', '13.2', '4.8', '0.02631', '1'};
app.table7.Data=datos;

```

```

end
% Button pushed function: Button
function ButtonPushed(app, event)
datos=app.table1.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila+1;
datos(fila,:)={' '};
app.table1.Data=datos;
end
% Button pushed function: Button_2
function Button_2Pushed(app, event)
datos=app.table1.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila-1;
app.table1.Data=datos(1:fila,:) ;
end
% Button pushed function: guardar1
function guardar1Pushed(app, event)
datos = app.table1.Data(:,1)
for i = 1:size(datos,1)
aux(i)=strcat('Relé', ' ',datos(i))
end
app.table2.ColumnName=aux
app.table3.ColumnName=aux
n=app.table1.Data(end,1)
n=str2num(char(n))
clear datos
relaciones =
[10,15,25,40,50,75,100,200,300,400,600,800,1100,1500,2000,3000,4000,5000,...
6000,8000,12000];
% n = size(Alfa,2);
for j=1:size(relaciones,2)
for i=1:n
datos(j,i)=(relaciones(j));
end
end
datos=num2cell(datos)
datos=string(datos)
app.table2.Data =cellstr(datos)
end
% Button pushed function: Button_3
function Button_3Pushed(app, event)
datos=app.table2.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila+1;
datos(fila,:)={' '};
app.table2.Data=datos;

```

```

end
% Button pushed function: Button_4
function Button_4Pushed(app, event)
datos=app.table2.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila-1;
app.table2.Data=datos(1:fila,:) ;
end
% Button pushed function: Button_5
function Button_5Pushed(app, event)
datos=app.table3.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila+1;
datos(fila,:)={' '};
app.table3.Data=datos;
end
% Button pushed function: Button_6
function Button_6Pushed(app, event)
datos=app.table3.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila-1;
app.table3.Data=datos(1:fila,:) ;
end
% Button pushed function: GuardarButton
function GuardarButtonPushed(app, event)
n=app.table1.Data(end,1)
n=str2num(char(n))
clear datos
diales = [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13];
% n = size(Alfa,2);
for j=1:size(diales,2)
for i=1:n
datos(j,i)=(diales(j));
end
end
datos=num2cell(datos)
datos=string(datos)
app.table3.Data =cellstr(datos)
end
% Button pushed function: Button_7
function Button_7Pushed(app, event)
datos=app.table4.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila+1;
datos(fila,:)={' '};
app.table4.Data=datos;
end

```

```

% Button pushed function: Button_8
function Button_8Pushed(app, event)
datos=app.table4.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila-1;
app.table4.Data=datos(1:fila,:) ;
end
% Button pushed function: CalcularButton
function CalcularButtonPushed(app, event)
%% Importación de datos
cla(app.axes1,'reset');
app.axes1.XGrid=1;
app.axes1.YGrid=1;
const = app.table1.Data;
[filas columnas]=size(const);
curvas = const([1:filas],[3:5]);
curvas = double(string(curvas));
Alfa = curvas(:,1)
Beta = curvas(:,2)
L = curvas(:,3)
relacion = double(string(app.table2.Data))'
sist = double(string(app.table4.Data))
Isc = sist(:,4);
Inom = sist(:,3);
I5_100= Isc*(5/100);
factor = sist(:,5)
aux = max([I5_100'; Inom'] )';
DIAL = double(string(app.table3.Data))'
voltajes = sist(:,6);
vref = app.edit1.Value
for i=1:length(voltajes)
sisref(i) = voltajes(i)/vref;
end
relacionv(1)=1;
for i=2:length(voltajes)
relacionv(i) = voltajes(i)/voltajes(i-1) ;
end
%% Seleccion relacion del TC
resta=-1;
for j = 1:length(aux)
I = aux(j);
i=1;
while resta < 0
resta = relacion(i)-I;
i=i+1 ;
end
CTR(j) = relacion(i-1) ;
resta = -1;
end

```

```

%% Calculo de la corriente de Pick - up
% OLF*Inom/CTR
% OLF motores 1.05
% OLF Lineas, Trafos, Generadores 1.25-1.5
% OLF Sistemas de Distribución 2
OLF = 1.5;
for i=1:length(Inom)
Inom1 = Inom(i);
CTR1 = CTR(i);
aux=pick_up(OLF,Inom1,CTR1);
Ip(i)=aux;
end
Ip=Ip.*sisref
Ip_sec = Ip./sisref
%% Calculo de la corriente instantanea
for i = 1: size(sist,1)
f = factor(i);
if i ==1
Icc = Isc(i) ;
else
Icc = Isc(i-1);
end
Icc=Icc/relacionv(i)
ctr = CTR(i);
aux = inst(f,Icc,ctr);
Iinst(i)=aux;
end
Iinst=Iinst.*sisref;
Iinst_org=Iinst;
Iinst_sec = Iinst./sisref;
Iinst_sec = 5*(Iinst_sec./CTR);
%% Primeras dos curvas
k=1;
Ipu1 = Ip_sec(k);
Iinst = Iinst_sec(k);
ctr1 = CTR(k);
k=k+1;
Ipu2 = Ip_sec(k);
ctr2 = CTR(k);
curvas = curvas;
margen=app.edit2.Value;
[curv1 curv2 dial_optimo DT_optimo] =
DL1(app,margen,Ipu1,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,Alfa,Beta,L,DIAL,curvas,voltajes(1),volt
ajes(2))
bd_dial(1)=DIAL(curv1,1);
bd_dial(2)=dial_optimo;
bd_curv = [curv1 curv2];

```

```

bd_DT(1) = DT_optimo
%% Curvas siguientes
for k=[2:length(Ip_sec)-1]
Ipu1 = Ip_sec(k);
Iinst = Iinst_sec(k);
ctr1 = CTR(k);
vd = voltajes(k)
dial = bd_dial(k);
m1 = bd_curv(k);
k=k+1;
Ipu2 = Ip_sec(k);
ctr2 = CTR(k);
vh = voltajes(k)
curvas = curvas;
[curv1 curv2 dial_optimo DT_optimo] =
DL2(app,margen,Ipu1,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,Alfa,Beta,L,DIAL,curvas,dial,m1,vd,vh)
bd_dial(k)=dial_optimo;
bd_curv(k) = curv2;
% if str2num(char(app.table4.Data(k,5)))==1
% continue
% % DT_optimo=[0]
% end
bd_DT(k-1) = DT_optimo
end
%% TABLA
reles = sist(:,1)
Ipick = Ip_sec'
Iinst = Iinst_sec'
diales= bd_dial'
DT =[0; bd_DT']
CTR = CTR'
nombres=app.table1.Data(:,2)
nombres=nombres(bd_curv)
app.table6.Data=nombres
tabla = [reles Ipick Iinst diales DT CTR]
app.table5.Data = tabla
%% Graficación
for i = 1: size(sist,1)
p = bd_curv(i)
q = bd_dial(i)
alfa = Alfa(p)
beta = Beta(p)
ele = L(p)
d = q
ctr= CTR(i)
I1 = Ip(i)
I2 = Iinst_org(i)

```

```

I3 = I2*10
factor2=factor(i)
i
Isc
I3=Isc(i)*sisref(i)
taux(i)=grafico(alfa,beta,ele,d,I1,I2,I3,ctr,factor2)
end
Ipu = tabla(:,2);
CTR = tabla(:,6);
Ipu = Ipu.*(CTR/5).*(sisref')
Inst = tabla(:,3);
Inst = Iinst.*(CTR/5).*(sisref')
DT = tabla(:,5)
taux2=taux'+[DT([2:end],1) ;0]
ejex=[Ipu ;Inst]
ejex=unique(ejex)
ejey=[taux'; taux2]
ejey=unique(ejey)
app.table5.Data(:,7)=taux'
app.axes1.XTick=ejex;
app.axes1.XTickLabelRotation=90
app.axes1.YTick=ejey;
app.axes1.Title.String='Tiempo vs Corriente';
leyenda = app.table5.Data(:,1)
trafoButtonPushed(app)
leyenda2 = string(app.table7.Data(:,1))
leyenda=strcat(['Relé', ''], ' ',string(leyenda))
leyenda_f=[leyenda;leyenda2]
legend(app.axes1,leyenda_f);
datos=string(app.table5.Data)
verificar=app.table5.Data(:,5)
verificar2=string(verificar)
verificar=app.table4.Data(:,5)
verificar3=app.table5.Data(:,5)
verificar2=string(verificar3)
% app.table5.Data(1,5)+app.table5.Data(2,5)
for i = 1:size(verificar,1)
if str2num(string(verificar(i)))==1
verificar2(i)= string({' _____'})
end
end
datos(:,5)=verificar2
app.table5.Data=cellstr(datos)
% FUNCIONES
function taux=grafico(alfa,beta,ele,d,I1,I2,I3,CTR,factor2)
% if factor2==1
% I2=I2*4

```

```

% end
I2 = I2*5/CTR
I3 = I3*5/CTR
I = linspace(I1,I2);
PSM = I/I1;
PSM2=I2/I1;
T = ((d*beta)./((PSM.^alfa)-1))+ele;
taux = ((d*beta)./((PSM2.^alfa)-1))+ele;
II = linspace(I2,I3);
TT = 0.001*ones(1,length(II));
%TT(1)=T(end);
TTT = [T TT]'
III = [I II]*CTR/5'
if factor2==1
III= I*CTR/5'
TTT= T
plot(app.axes1,III,TTT);
app.axes1.YScale = 'log';
app.axes1.XScale = 'log';
app.axes1.NextPlot='add';
else
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
plot(app.axes1,III,TTT);
app.axes1.YScale = 'log';
app.axes1.XScale = 'log';
app.axes1.NextPlot='add';
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end
% if factor2==1
% I2=I2/4
% PSM2=I2/I1;
% taux = ((d*beta)./((PSM2.^alfa)-1))+ele;
% end
end
function Ip = pick_up(OLF,Inom,CTR)
Ipick = OLF*5*Inom/CTR;
Ip = ceil(Ipick);
end
function I = inst(factor,Isc,CTR)
I = factor*Isc*5/CTR;
I = ceil(I);
I = I*CTR/5
end

```

```

end
% Callback function
function trafoButtonPushed(app, event)
n=size(app.table7.Data,1)
for m=1:n
datos=app.table7.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.edit1.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.axes1,[If If(end)]*rel,[t t(end)])
% 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.axes1,[If2 If]*rel,[t2 t])
% plot(app.axes2,[If2 If]*rel,[t2 t])
end
end
app.axes1.YScale = 'log';
app.axes1.XScale = 'log';
% leyenda = [app.table.Data(:,1);app.table_2.Data(:,1)]
% legend(app.axes2,leyenda);
end
% Button pushed function: Button_9
function Button_9Pushed(app, event)
datos=app.table7.Data;
fila=size(datos,1);

```

```

fila=fila+1;
datos(fila,:)={' '};
app.table7.Data=datos;
end
% Button pushed function: Button_10
function Button_10Pushed(app, event)
datos=app.table7.Data;
fila=size(datos,1);
fila=fila-1;
app.table7.Data=datos(1:fila,:) ;
end
% Button pushed function: CalcularButton_2
function CalcularButton_2Pushed(app, event)
%% Importación de datos
cla(app.axes2,'reset');
app.axes2.XGrid=1;
app.axes2.YGrid=1;
const = app.table1.Data;
[filas columnas]=size(const);
curvas = const([1:filas],[3:5]);
curvas = double(string(curvas));
Alfa = curvas(:,1)
Beta = curvas(:,2)
L = curvas(:,3)
relacion = double(string(app.table2.Data))'
sist = double(string(app.table4.Data))
Isc = sist(:,4);
Inom = sist(:,3);
I5_100= Isc*(5/100);
factor = sist(:,5)
aux = [1.2*Inom];
DIAL = double(string(app.table3.Data))'
voltajes = sist(:,6);
vref = app.edit3.Value
for i=1:length(voltajes)
sisref(i) = voltajes(i)/vref;
end
relacionv(1)=1;
for i=2:length(voltajes)
relacionv(i) = voltajes(i)/voltajes(i-1) ;
end
%% Seleccion relacion del TC
resta=-1;
for j = 1:length(aux)
I = aux(j);
i=1;
while resta < 0
resta = relacion(i)-I;
i=i+1 ;

```

```

end
CTR(j) = relacion(i-1) ;
resta = -1;
end
%% Calculo de la corriente de Pick - up
% OLF*Inom/CTR
% OLF motores 1.05
% OLF Lineas, Trafos, Generadores 1.25-1.5
% OLF Sistemas de Distribución 2
% OLF 51N 0.3
OLF = 0.3;
for i=1:length(Inom)
Inom1 = Inom(i);
CTR1 = CTR(i);
aux=pick_up(OLF,Inom1,CTR1);
Ip(i)=aux;
end
Ip=Ip.*sisref
Ip_sec = Ip./sisref
%% Calculo de la corriente instantanea
for i = 1: size(sist,1)
f = factor(i);
if i ==1
Icc = Isc(i) ;
else
Icc = Isc(i-1);
end
Icc=Icc/relacionv(i)
ctr = CTR(i);
aux = inst(f,Icc,ctr);
Iinst(i)=aux;
end
Iinst=3*(5./CTR).*Inom'
Iinst=ceil(Iinst)
Iinst = (CTR/5).*Iinst
Iinst=Iinst.*sisref;
Iinst_org=Iinst;
Iinst_sec = Iinst./sisref;
Iinst_sec = 5*(Iinst_sec./CTR);
%% Primeras dos curvas
k=1;
Ipu1 = Ip_sec(k);
Iinst = Iinst_sec(k);
ctr1 = CTR(k);
k=k+1;
Ipu2 = Ip_sec(k);
ctr2 = CTR(k);
curvas = curvas;
margen=app.edit4.Value;

```

```

[curv1 curv2 dial_optimo DT_optimo] =
DL1(app,margen,Ipu1,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,Alfa,Beta,L,DIAL,curvas,voltajes(1),volt
ajes(2))
bd_dial(1)=DIAL(curv1,1);
bd_dial(2)=dial_optimo;
bd_curv = [curv1 curv2];
bd_DT(1) = DT_optimo
%% Curvas siguientes
for k=[2:length(Ip_sec)-1]
Ipu1 = Ip_sec(k);
Iinst = Iinst_sec(k);
ctr1 = CTR(k);
vd = voltajes(k)
dial = bd_dial(k);
m1 = bd_curv(k);
k=k+1;
Ipu2 = Ip_sec(k);
ctr2 = CTR(k);
vh = voltajes(k)
curvas = curvas;
[curv1 curv2 dial_optimo DT_optimo] =
DL2(app,margen,Ipu1,Ipu2,Iinst,ctr1,ctr2,Alfa,Beta,L,DIAL,curvas,dial,m1,vd,vh)
bd_dial(k)=dial_optimo;
bd_curv(k) = curv2;
% if str2num(char(app.table4.Data(k,5)))==1
% continue
% % DT_optimo=[0]
% end
bd_DT(k-1) = DT_optimo
end
%% TABLA
reles = sist(:,1)
Ipick = Ip_sec'
Iinst = Iinst_sec'
diales= bd_dial'
DT =[0; bd_DT']
CTR = CTR'
nombres=app.table1.Data(:,2)
nombres=nombres(bd_curv)
app.table6_2.Data=nombres
tabla = [reles Ipick Iinst diales DT CTR]
app.table5_2.Data = tabla
%% Graficación
for i = 1: size(sist,1)
p = bd_curv(i)
q = bd_dial(i)
alfa = Alfa(p)
beta = Beta(p)
ele = L(p)

```

```

d = q
ctr= CTR(i)
I1 = Ip(i)
I2 = Iinst_org(i)
I3 = I2*10
factor2=1
i
Isc
I3=Isc(i)*sisref(i)
I1
I2
I3
ctr
taux(i)=grafico(alfa,beta,ele,d,I1,I2,I3,ctr,factor2)
end
Ipu = tabla(:,2);
CTR = tabla(:,6);
Ipu = Ipu.*(CTR/5).*(sisref')
Inst = tabla(:,3);
Inst = Iinst.*(CTR/5).*(sisref')
DT = tabla(:,5)
taux2=taux'+[DT([2:end],1) ;0]
ejex=[Ipu ;Inst]
ejex=unique(ejex)
ejey=[taux'; taux2]
ejey=unique(ejey)
app.table5_2.Data(:,7)=taux'
app.axes2.XTick=ejex;
app.axes2.XTickLabelRotation=90
app.axes2.YTick=ejey;
app.axes2.Title.String='Tiempo vs Corriente';
leyenda = app.table5_2.Data(:,1)
% trafoButtonPushed(app)
leyenda2 = string(app.table7.Data(:,1))
leyenda=strcat(['Relé', ''], ' ', string(leyenda))
leyenda_f=[leyenda;leyenda2]
legend(app.axes2,leyenda_f);
% datos=string(app.table5_2.Data)
% verificar=app.table5_2.Data(:,5)
% verificar2=string(verificar)
%
% app.table5_2.Data(1,5)+app.table5_2.Data(2,5)
% for i = 1:size(verificar,1)
% if verificar(i)==0
% verificar2(i)= string({'_____'})
% end
%
% end
% datos(:,5)=verificar2

```

```

% app.table5_2.Data=cellstr(datos)
% FUNCIONES
function taux=grafico(alfa,beta,ele,d,I1,I2,I3,CTR,factor2)
% if factor2==1
% I2=I2*4
% end
I2 = I2*5/CTR
I3 = I3*5/CTR
I = linspace(I1,I2);
PSM = I/I1;
PSM2=I2/I1;
T = ((d*beta)./((PSM.^alfa)-1))+ele;
taux = ((d*beta)./((PSM2.^alfa)-1))+ele;
II = linspace(I2,I3);
TT = 0.001*ones(1,length(II));
%TT(1)=T(end);
TTT = [T TT]'
III = [I II]*CTR/5'
if factor2==1
III= I*CTR/5'
TTT= T
plot(app.axes2,III,TTT);
app.axes2.YScale = 'log';
app.axes2.XScale = 'log';
app.axes2.NextPlot='add';
else
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
plot(app.axes1,III,TTT);
app.axes2.YScale = 'log';
app.axes2.XScale = 'log';
app.axes2.NextPlot='add';
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end
% if factor2==1
% I2=I2/4
% PSM2=I2/I1;
% taux = ((d*beta)./((PSM2.^alfa)-1))+ele;
% end
end
function Ip = pick_up(OLF,Inom,CTR)
Ipick = OLF*5*Inom/CTR;
Ip = ceil(Ipick);
end
function I = inst(factor,Isc,CTR)
I = factor*Isc*5/CTR;
I = ceil(I);
I = I*CTR/5
end

```

```

end
% Button pushed function: CurvasButton
function CurvasButtonPushed(app, event)
%% CONSTANTES
rele = [1 2 3 4 5 6 7 8 9];
des = [{'IEEE Moderadamente inversa'},...
{'IEEE Muy Inversa'},...
{'IEEE Extremadamente Inversa'},...
{'CO8 Inversa'},...
{'CO2 Inversa de tiempo corto'},...
{'IEC Inversa Estándar'},...
{'IEC Muy Inversa'},...
{'IEC Extremadamente Inversa'},...
{'UK Inversa de tiempo corto'}];
Alfa = [0.02,2,2,2,0.02,0.02,2,2,1];
Beta = [0.0515,19.61,28.2,5.95,0.0239,0.14,3.922,80,120];
L = [0.114,0.491,0.1217,0.18,0.0169,0,0.0982,0,0];
filas = size(rele,2);
for i =1:filas
aux2 = [num2str(rele(i)) des(i) num2str(Alfa(i)) num2str(Beta(i)) num2str(L(i))];
datos(i,:) = aux2 ;
end
app.table1.Data=datos ;
end
% Button pushed function: AgregarButton
function AgregarButtonPushed(app, event)
clear i
col = app.edit8.Value
paso = app.edit9.Value
dimension = size((app.table3.Data),1)
diales(1,1)=paso
for i=2:dimension
diales(1,i)=diales(1,i-1)+paso
end
datos=diales
datos=num2cell(datos)
datos=string(datos)
app.table3.Data(:,col) =cellstr(datos)
end
end
% Component initialization
methods (Access = private)
% Create UIFigure and components
function createComponents(app)

```

```

% Create UIFigure and hide until all components are created
app.UIFigure = uifigure('Visible', 'off');
app.UIFigure.Position = [100 100 715 538];
app.UIFigure.Name = 'UI Figure';
% Create TabGroup
app.TabGroup = uitabgroup(app.UIFigure);
app.TabGroup.Position = [1 -15 728 554];
% Create Tab
app.Tab = uitab(app.TabGroup);
app.Tab.BackgroundColor = [1 1 1];
% Create Image2
app.Image2 = uiimage(app.Tab);
app.Image2.Position = [3 2 726 528];
app.Image2.ImageSource = 'caratula.jpg';
% Create CARACTERISITICASRELESTab
app.CARACTERISITICASRELESTab = uitab(app.TabGroup);
app.CARACTERISITICASRELESTab.Title = 'CARACTERISITICAS RELES';
app.CARACTERISITICASRELESTab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CARACTERISITICASRELESTab.ForegroundColor = [0.4667 0.6745 0.1882];
% Create TabGroup2
app.TabGroup2 = uitabgroup(app.CARACTERISITICASRELESTab);
app.TabGroup2.Position = [1 1 726 528];
% Create CurvasTab
app.CurvasTab = uitab(app.TabGroup2);
app.CurvasTab.Title = 'Curvas';
app.CurvasTab.BackgroundColor = [1 1 1];
% Create table1
app.table1 = uitable(app.CurvasTab);
app.table1.ColumnName = {'Relé'; 'Descripción'; 'Alfa'; 'Beta'; 'L'};
app.table1.ColumnWidth = {50, 200, 'auto', 'auto', 'auto'};
app.table1.RowName = {};
app.table1.ColumnEditable = [true true true true true];
app.table1.FontName = 'Cambria Math';
app.table1.Position = [55 119 635 290];
% Create ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel
app.ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel =
uilabel(app.CurvasTab);
app.ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel.FontSize = 20;
app.ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel.FontWeight = 'bold';
app.ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel.FontAngle = 'italic';
app.ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel.FontColor = [0.6706
0.2392 0.3216];
app.ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel.Position = [96 407 551
48];
app.ConstantesestandarizadospararelesdesobrecorrienteLabel.Text = 'Constantes
estandarizados para reles de sobrecorriente';
% Create guardar1
app.guardar1 = uibutton(app.CurvasTab, 'push');
app.guardar1.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @guardar1Pushed, true);

```

```

app.guardar1.BackgroundColor = [0.4667 0.6745 0.1882];
app.guardar1.FontColor = [1 1 1];
app.guardar1.Position = [500 30 100 30];
app.guardar1.Text = 'Guardar';
% Create AadirEliminarPanel
app.AadirEliminarPanel = uipanel(app.CurvasTab);
app.AadirEliminarPanel.Title = 'Añadir Eliminar';
app.AadirEliminarPanel.BackgroundColor = [1 1 1];
app.AadirEliminarPanel.Position = [128 23 276 78];
% Create Button_2
app.Button_2 = uibutton(app.AadirEliminarPanel, 'push');
app.Button_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_2Pushed, true);
app.Button_2.BackgroundColor = [1 0 0];
app.Button_2.FontColor = [1 1 1];
app.Button_2.Position = [167 22 69 19];
app.Button_2.Text = '-';
% Create Button
app.Button = uibutton(app.AadirEliminarPanel, 'push');
app.Button.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @ButtonPushed, true);
app.Button.BackgroundColor = [0 1 0];
app.Button.FontColor = [1 1 1];
app.Button.Position = [48 22 68 18];
app.Button.Text = '+';
% Create Image_2
app.Image_2 = uiimage(app.CurvasTab);
app.Image_2.Position = [325 437 114 65];
app.Image_2.ImageSource = 'utc.png';
% Create CAROPLabel_9
app.CAROPLabel_9 = uilabel(app.CurvasTab);
app.CAROPLabel_9.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel_9.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_9.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_9.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_9.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel_9.Position = [665 3 61 17];
app.CAROPLabel_9.Text = {'CAR.OP'; ''; ''};
% Create CurvasButton
app.CurvasButton = uibutton(app.CurvasTab, 'push');
app.CurvasButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @CurvasButtonPushed, true);
app.CurvasButton.BackgroundColor = [0 0.4471 0.7412];
app.CurvasButton.FontColor = [1 1 1];
app.CurvasButton.Position = [500 74 100 27];
app.CurvasButton.Text = 'Curvas';
% Create RelacionesdeTCsTab
app.RelacionesdeTCsTab = uitab(app.TabGroup2);
app.RelacionesdeTCsTab.Title = 'Relaciones de TC's';
app.RelacionesdeTCsTab.BackgroundColor = [1 1 1];

```

```

% Create table2
app.table2 = uitable(app.RelacionesdeTCsTab);
app.table2.ColumnName = {'Relé 1'; 'Relé 2'; 'Relé 3'; 'Relé 4'; 'Relé 5'; 'Relé
6'; 'Relé 7'; 'Relé 8'; 'Relé 9'};
app.table2.RowName = {};
app.table2.ColumnEditable = true;
app.table2.FontName = 'Cambria Math';
app.table2.Position = [55 119 635 290];
% Create GuardarButton
app.GuardarButton = uibutton(app.RelacionesdeTCsTab, 'push');
app.GuardarButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @GuardarButtonPushed,
true);
app.GuardarButton.BackgroundColor = [0.4706 0.6706 0.1882];
app.GuardarButton.FontColor = [1 1 1];
app.GuardarButton.Position = [479 58 100 30];
app.GuardarButton.Text = 'Guardar';
% Create AadirEliminarPanel_4
app.AadirEliminarPanel_4 = uipanel(app.RelacionesdeTCsTab);
app.AadirEliminarPanel_4.Title = 'Añadir Eliminar';
app.AadirEliminarPanel_4.BackgroundColor = [1 1 1];
app.AadirEliminarPanel_4.Position = [119 26 276 78];
% Create Button_3
app.Button_3 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_4, 'push');
app.Button_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_3Pushed, true);
app.Button_3.BackgroundColor = [0 1 0];
app.Button_3.FontColor = [1 1 1];
app.Button_3.Position = [51 20 64 19];
app.Button_3.Text = '+';
% Create Button_4
app.Button_4 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_4, 'push');
app.Button_4.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_4Pushed, true);
app.Button_4.BackgroundColor = [1 0 0];
app.Button_4.FontColor = [1 1 1];
app.Button_4.Position = [164 19 69 19];
app.Button_4.Text = '-';
% Create RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel
app.RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel = uilabel(app.RelacionesdeTCsTab);
app.RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel.FontSize = 20;
app.RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel.FontWeight = 'bold';
app.RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel.FontAngle = 'italic';
app.RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];
app.RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel.Position = [147 407 475 48];
app.RelacionesdelosTCsdisponiblesporRelLabel.Text = 'Relaciones de los TC's
disponibles por Relé';
% Create Image_3
app.Image_3 = uiimage(app.RelacionesdeTCsTab);
app.Image_3.Position = [312 437 120 64];
app.Image_3.ImageSource = 'utc.png';

```

```

% Create CAROPLabel_8
app.CAROPLabel_8 = uilabel(app.RelacionesdeTCsTab);
app.CAROPLabel_8.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel_8.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_8.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_8.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_8.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel_8.Position = [663 1 61 22];
app.CAROPLabel_8.Text = 'CAR.OP';
% Create DialesTab
app.DialesTab = uitab(app.TabGroup2);
app.DialesTab.Title = 'Diales';
app.DialesTab.BackgroundColor = [1 1 1];
% Create table3
app.table3 = uitable(app.DialesTab);
app.table3.ColumnName = {'Relé 1'; 'Relé 2'; 'Relé 3'; 'Relé 4'; 'Relé 5'; 'Relé
6'; 'Relé 7'; 'Relé 8'; 'Relé 9'};
app.table3.RowName = {};
app.table3.ColumnEditable = true;
app.table3.FontName = 'Cambria Math';
app.table3.Position = [55 119 635 290];
% Create DialesdisponiblesporRelLabel
app.DialesdisponiblesporRelLabel = uilabel(app.DialesTab);
app.DialesdisponiblesporRelLabel.FontSize = 20;
app.DialesdisponiblesporRelLabel.FontWeight = 'bold';
app.DialesdisponiblesporRelLabel.FontAngle = 'italic';
app.DialesdisponiblesporRelLabel.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];
app.DialesdisponiblesporRelLabel.Position = [233 407 279 48];
app.DialesdisponiblesporRelLabel.Text = 'Diales disponibles por Relé';
% Create AadirEliminarPanel_5
app.AadirEliminarPanel_5 = uipanel(app.DialesTab);
app.AadirEliminarPanel_5.Title = 'Añadir Eliminar ';
app.AadirEliminarPanel_5.BackgroundColor = [1 1 1];
app.AadirEliminarPanel_5.Position = [55 39 276 78];
% Create Button_5
app.Button_5 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_5, 'push');
app.Button_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_5Pushed, true);
app.Button_5.BackgroundColor = [0 1 0];
app.Button_5.FontColor = [1 1 1];
app.Button_5.Position = [62 23 61 19];
app.Button_5.Text = '+';
% Create Button_6
app.Button_6 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_5, 'push');
app.Button_6.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_6Pushed, true);
app.Button_6.BackgroundColor = [1 0 0];
app.Button_6.FontColor = [1 1 1];
app.Button_6.Position = [167 23 69 19];
app.Button_6.Text = '-';

```

```

% Create Image
app.Image = uiimage(app.DialesTab);
app.Image.Position = [312 439 120 64];
app.Image.ImageSource = 'utc.png';
% Create CAROPLabel_6
app.CAROPLabel_6 = uilabel(app.DialesTab);
app.CAROPLabel_6.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel_6.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_6.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_6.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_6.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel_6.Position = [665 3 61 17];
app.CAROPLabel_6.Text = 'CAR.OP';
% Create ModificacinenseriePanel
app.ModificacinenseriePanel = uipanel(app.DialesTab);
app.ModificacinenseriePanel.Title = ' Modificación en serie';
app.ModificacinenseriePanel.BackgroundColor = [1 1 1];
app.ModificacinenseriePanel.FontWeight = 'bold';
app.ModificacinenseriePanel.Position = [330 39 360 78];
% Create RelNLabel
app.RelNLabel = uilabel(app.ModificacinenseriePanel);
app.RelNLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.RelNLabel.Position = [4 21 47 22];
app.RelNLabel.Text = 'Relé N°';
% Create edit8
app.edit8 = uieditfield(app.ModificacinenseriePanel, 'numeric');
app.edit8.Position = [66 21 38 22];
app.edit8.Value = 1;
% Create PasoEditFieldLabel
app.PasoEditFieldLabel = uilabel(app.ModificacinenseriePanel);
app.PasoEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.PasoEditFieldLabel.Position = [117 21 33 22];
app.PasoEditFieldLabel.Text = 'Paso';
% Create edit9
app.edit9 = uieditfield(app.ModificacinenseriePanel, 'numeric');
app.edit9.Position = [165 21 38 22];
app.edit9.Value = 1;
% Create AgregarButton
app.AgregarButton = uibutton(app.ModificacinenseriePanel, 'push');
app.AgregarButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @AgregarButtonPushed,
true);
app.AgregarButton.BackgroundColor = [0 0.4471 0.7412];
app.AgregarButton.FontColor = [1 1 1];
app.AgregarButton.Position = [234 21 100 22];
app.AgregarButton.Text = 'Agregar';
% Create CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab
app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab = uitab(app.TabGroup);
app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab.Title = 'CARACTERISTICAS DE
TRANSFORMADORES';

```

```

app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab.ForegroundColor = [0.4667 0.6745 0.1882];
% Create table7
app.table7 = uitable(app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab);
app.table7.ColumnName = {'Transformador N°'; 'P. nominal [MVA]'; 'V nominal
[kV]'; 'Impedancia trafo [%]'; 'Impedancia Fuente [pu]'; 'Categoria N°'};
app.table7.RowName = {};
app.table7.ColumnEditable = [true true true true true true true true];
app.table7.Position = [55 119 635 290];
% Create AadirEliminarPanel_2
app.AadirEliminarPanel_2 = uipanel(app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab);
app.AadirEliminarPanel_2.Title = ' Añadir Eliminar ';
app.AadirEliminarPanel_2.BackgroundColor = [1 1 1];
app.AadirEliminarPanel_2.Position = [212 22 276 78];
% Create Button_9
app.Button_9 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_2, 'push');
app.Button_9.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_9Pushed, true);
app.Button_9.BackgroundColor = [0 1 0];
app.Button_9.FontColor = [1 1 1];
app.Button_9.Position = [52 17 68 22];
app.Button_9.Text = '+';
% Create Button_10
app.Button_10 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_2, 'push');
app.Button_10.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_10Pushed, true);
app.Button_10.BackgroundColor = [1 0 0];
app.Button_10.FontColor = [1 1 1];
app.Button_10.Position = [168 17 69 21];
app.Button_10.Text = '-';
% Create TransformadoresLabel
app.TransformadoresLabel = uilabel(app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab);
app.TransformadoresLabel.FontSize = 20;
app.TransformadoresLabel.FontWeight = 'bold';
app.TransformadoresLabel.FontAngle = 'italic';
app.TransformadoresLabel.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];
app.TransformadoresLabel.Position = [279 413 170 48];
app.TransformadoresLabel.Text = 'Transformadores';
% Create Image_8
app.Image_8 = uiimage(app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab);
app.Image_8.Position = [313 455 120 64];
app.Image_8.ImageSource = 'utc.png';
% Create CAROPLabel_7
app.CAROPLabel_7 = uilabel(app.CARACTERISTICASDETRANSFORMADORESTab);
app.CAROPLabel_7.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel_7.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_7.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_7.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_7.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel_7.Position = [665 5 61 17];
app.CAROPLabel_7.Text = 'CAR.OP';

```

```

% Create SISTEMATab
app.SISTEMATab = uitab(app.TabGroup);
app.SISTEMATab.Title = 'SISTEMA';
app.SISTEMATab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.SISTEMATab.ForegroundColor = [0.4667 0.6745 0.1882];
% Create table4
app.table4 = uitable(app.SISTEMATab);
app.table4.ColumnName = {'N° Relé '; 'P nominal [MVA]'; 'I nominal [A]'; 'I cc
[A] '; 'Factor '; 'Voltaje [kV]'};
app.table4.RowName = {};
app.table4.ColumnEditable = true;
app.table4.Position = [55 119 635 290];
% Create AadirEliminarPanel_3
app.AadirEliminarPanel_3 = uipanel(app.SISTEMATab);
app.AadirEliminarPanel_3.Title = ' Añadir Eliminar ';
app.AadirEliminarPanel_3.BackgroundColor = [1 1 1];
app.AadirEliminarPanel_3.Position = [212 31 276 78];
% Create Button_7
app.Button_7 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_3, 'push');
app.Button_7.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_7Pushed, true);
app.Button_7.BackgroundColor = [0 1 0];
app.Button_7.FontColor = [1 1 1];
app.Button_7.Position = [54 23 61 19];
app.Button_7.Text = '+';
% Create Button_8
app.Button_8 = uibutton(app.AadirEliminarPanel_3, 'push');
app.Button_8.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_8Pushed, true);
app.Button_8.BackgroundColor = [1 0 0];
app.Button_8.FontColor = [1 1 1];
app.Button_8.Position = [167 23 69 19];
app.Button_8.Text = '-';
% Create IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel
app.IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel = uilabel(app.SISTEMATab);
app.IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel.FontSize = 20;
app.IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel.FontWeight = 'bold';
app.IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel.FontAngle = 'italic';
app.IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];
app.IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel.Position = [174 409 378 48];
app.IngresodeCaracteristicasdelSistemaLabel.Text = 'Ingreso de Caracteristicas
del Sistema';
% Create Image_4
app.Image_4 = uiimage(app.SISTEMATab);
app.Image_4.Position = [299 448 120 64];
app.Image_4.ImageSource = 'utc.png';
% Create CAROPLabel_2
app.CAROPLabel_2 = uilabel(app.SISTEMATab);
app.CAROPLabel_2.BackgroundColor = [1 1 1];

```

```

app.CAROPLabel_2.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_2.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_2.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_2.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel_2.Position = [665 5 61 17];
app.CAROPLabel_2.Text = 'CAR.OP';
% Create RESULTADOSTab
app.RESULTADOSTab = uitab(app.TabGroup);
app.RESULTADOSTab.Title = 'RESULTADOS';
app.RESULTADOSTab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.RESULTADOSTab.ForegroundColor = [0.4667 0.6745 0.1882];
% Create TabGroup4
app.TabGroup4 = uitabgroup(app.RESULTADOSTab);
app.TabGroup4.Position = [1 0 728 529];
% Create Coord5051Tab_2
app.Coord5051Tab_2 = uitab(app.TabGroup4);
app.Coord5051Tab_2.Title = 'Coord. 50/51';
app.Coord5051Tab_2.BackgroundColor = [1 1 1];
app.Coord5051Tab_2.ForegroundColor = [0 0.4471 0.7412];
% Create TabGroup3
app.TabGroup3 = uitabgroup(app.Coord5051Tab_2);
app.TabGroup3.Position = [-1 1 729 503];
% Create ResultadosTab
app.ResultadosTab = uitab(app.TabGroup3);
app.ResultadosTab.Title = 'Resultados';
app.ResultadosTab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.ResultadosTab.ForegroundColor = [0 0 1];
% Create CalcularButton
app.CalcularButton = uibutton(app.ResultadosTab, 'push');
app.CalcularButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@CalcularButtonPushed, true);
app.CalcularButton.BackgroundColor = [0.4706 0.6706 0.1882];
app.CalcularButton.FontWeight = 'bold';
app.CalcularButton.FontAngle = 'italic';
app.CalcularButton.FontColor = [1 1 1];
app.CalcularButton.Position = [397 34 100 30];
app.CalcularButton.Text = 'Calcular';
% Create VrefkVLabel_2
app.VrefkVLabel_2 = uilabel(app.ResultadosTab);
app.VrefkVLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
app.VrefkVLabel_2.Position = [30 54 61 22];
app.VrefkVLabel_2.Text = 'V. ref. [kV]';
% Create edit1
app.edit1 = uieditfield(app.ResultadosTab, 'numeric');
app.edit1.Position = [106 54 100 22];
app.edit1.Value = 13.2;
% Create ResultadosdeLaCoordinacinLabel
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel = uilabel(app.ResultadosTab);
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel.FontSize = 20;

```

```

app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel.FontWeight = 'bold';
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel.FontAngle = 'italic';
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel.Position = [224 381 303 48];
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel.Text = 'Resultados de la Coordinación';
% Create table5
app.table5 = uitable(app.ResultadosTab);
app.table5.ColumnName = {'N° Relé'; 'I. pick up [A]'; 'I. inst. [A]'; 'Dial'; 'DT
[Seg]'; 'Relación'; 't. inst. [Seg]'};
app.table5.RowName = {};
app.table5.Position = [20 94 493 288];
% Create Image_6
app.Image_6 = uiimage(app.ResultadosTab);
app.Image_6.Position = [306 414 120 64];
app.Image_6.ImageSource = 'utc.png';
% Create table6
app.table6 = uitable(app.ResultadosTab);
app.table6.ColumnName = {'Curvas'};
app.table6.RowName = {};
app.table6.Position = [512 94 204 288];
% Create MargenSegLabel
app.MargenSegLabel = uilabel(app.ResultadosTab);
app.MargenSegLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.MargenSegLabel.Position = [14 22 78 22];
app.MargenSegLabel.Text = 'Margen [Seg]';
% Create edit2
app.edit2 = uieditfield(app.ResultadosTab, 'numeric');
app.edit2.Position = [107 22 100 22];
app.edit2.Value = 0.4;
% Create CAROPLabel_3
app.CAROPLabel_3 = uilabel(app.ResultadosTab);
app.CAROPLabel_3.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel_3.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_3.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_3.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_3.FontColor = [0 0.451 0.7412];
app.CAROPLabel_3.Position = [668 5 61 22];
app.CAROPLabel_3.Text = 'CAR.OP';
% Create GrficoTab
app.GrficoTab = uitab(app.TabGroup3);
app.GrficoTab.Title = 'Gráfico';
app.GrficoTab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.GrficoTab.ForegroundColor = [0 0 1];
% Create Coordinacin5051Label
app.Coordinacin5051Label = uilabel(app.GrficoTab);
app.Coordinacin5051Label.FontSize = 20;
app.Coordinacin5051Label.FontWeight = 'bold';
app.Coordinacin5051Label.FontAngle = 'italic';
app.Coordinacin5051Label.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];

```

```

app.Coordinacin5051Label.Position = [299 383 191 52];
app.Coordinacin5051Label.Text = 'Coordinación 50/51';
% Create Image_7
app.Image_7 = uiimage(app.GrificioTab);
app.Image_7.Position = [334 412 120 64];
app.Image_7.ImageSource = 'utc.png';
% Create CAROPLabel_5
app.CAROPLabel_5 = uilabel(app.GrificioTab);
app.CAROPLabel_5.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel_5.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_5.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_5.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_5.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel_5.Position = [670 5 56 17];
app.CAROPLabel_5.Text = 'CAR.OP';
% Create axes1
app.axes1 = uiaxes(app.GrificioTab);
title(app.axes1, 't vs I')
xlabel(app.axes1, 'I [A]')
ylabel(app.axes1, {'t [Seg]'; ''})
app.axes1.GridColor = [0.15 0.15 0.15];
app.axes1.Position = [14 38 707 356];
% Create Coord51NTab
app.Coord51NTab = uitab(app.TabGroup4);
app.Coord51NTab.Title = 'Coord. 51N';
app.Coord51NTab.BackgroundColor = [1 1 1];
app.Coord51NTab.ForegroundColor = [0 0.451 0.7412];
% Create TabGroup3_2
app.TabGroup3_2 = uitabgroup(app.Coord51NTab);
app.TabGroup3_2.Position = [1 0 727 504];
% Create ResultadosTab_2
app.ResultadosTab_2 = uitab(app.TabGroup3_2);
app.ResultadosTab_2.Title = 'Resultados';
app.ResultadosTab_2.BackgroundColor = [1 1 1];
% Create CalcularButton_2
app.CalcularButton_2 = uibutton(app.ResultadosTab_2, 'push');
app.CalcularButton_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@CalcularButton_2Pushed, true);
app.CalcularButton_2.BackgroundColor = [0.4706 0.6706 0.1882];
app.CalcularButton_2.FontWeight = 'bold';
app.CalcularButton_2.FontAngle = 'italic';
app.CalcularButton_2.FontColor = [1 1 1];
app.CalcularButton_2.Position = [395 34 100 30];
app.CalcularButton_2.Text = 'Calcular';
% Create VrefkVLabel
app.VrefkVLabel = uilabel(app.ResultadosTab_2);
app.VrefkVLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.VrefkVLabel.Position = [58 59 57 22];
app.VrefkVLabel.Text = 'V.ref. [kV]';

```

```

% Create edit3
app.edit3 = uicontrol(app.ResultadosTab_2, 'numeric');
app.edit3.Position = [130 59 100 22];
app.edit3.Value = 13.2;
% Create ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2 = uicontrol(app.ResultadosTab_2);
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2.FontSize = 20;
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2.FontWeight = 'bold';
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2.FontAngle = 'italic';
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2.Position = [222 382 303 48];
app.ResultadosdeLaCoordinacinLabel_2.Text = 'Resultados de la Coordinación';
% Create table5_2
app.table5_2 = uitable(app.ResultadosTab_2);
app.table5_2.ColumnName = {'N° Relé'; 'I. pick up [A]'; 'I. inst. [A]'; 'Dial';
'DT [Seg]'; 'Relación '; 't. inst. [Seg]'};
app.table5_2.RowName = {};
app.table5_2.Position = [18 95 493 290];
% Create Image_9
app.Image_9 = uicontrol(app.ResultadosTab_2);
app.Image_9.Position = [305 415 120 64];
app.Image_9.ImageSource = 'utc.png';
% Create table6_2
app.table6_2 = uitable(app.ResultadosTab_2);
app.table6_2.ColumnName = {'CURVAS'};
app.table6_2.RowName = {};
app.table6_2.Position = [510 95 203 290];
% Create MargensegLabel
app.MargensegLabel = uicontrol(app.ResultadosTab_2);
app.MargensegLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.MargensegLabel.Position = [39 23 76 22];
app.MargensegLabel.Text = 'Margen [seg]';
% Create edit4
app.edit4 = uicontrol(app.ResultadosTab_2, 'numeric');
app.edit4.Position = [130 23 100 22];
app.edit4.Value = 0.4;
% Create CAROPLabel_4
app.CAROPLabel_4 = uicontrol(app.ResultadosTab_2);
app.CAROPLabel_4.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel_4.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel_4.FontSize = 15;
app.CAROPLabel_4.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel_4.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel_4.Position = [668 4 57 17];
app.CAROPLabel_4.Text = 'CAR.OP';

```

```

% Create GrficoTab_2
app.GrficoTab_2 = uitab(app.TabGroup3_2);
app.GrficoTab_2.Title = 'Gráfico';
app.GrficoTab_2.BackgroundColor = [1 1 1];
% Create Coordinacin51NLabel
app.Coordinacin51NLabel = uilabel(app.GrficoTab_2);
app.Coordinacin51NLabel.FontSize = 20;
app.Coordinacin51NLabel.FontWeight = 'bold';
app.Coordinacin51NLabel.FontAngle = 'italic';
app.Coordinacin51NLabel.FontColor = [0.6706 0.2392 0.3216];
app.Coordinacin51NLabel.Position = [297 382 182 52];
app.Coordinacin51NLabel.Text = 'Coordinación 51 N';
% Create Image_10
app.Image_10 = uiimage(app.GrficoTab_2);
app.Image_10.Position = [332 413 120 64];
app.Image_10.ImageSource = 'utc.png';
% Create CAROPLabel
app.CAROPLabel = uilabel(app.GrficoTab_2);
app.CAROPLabel.BackgroundColor = [1 1 1];
app.CAROPLabel.FontName = 'Book Antiqua';
app.CAROPLabel.FontSize = 15;
app.CAROPLabel.FontAngle = 'italic';
app.CAROPLabel.FontColor = [0.0706 0.6196 1];
app.CAROPLabel.Position = [668 4 57 18];
app.CAROPLabel.Text = 'CAR.OP';
% Create axes2
app.axes2 = uiaxes(app.GrficoTab_2);
title(app.axes2, 't vs I')
xlabel(app.axes2, 'I [A]')
ylabel(app.axes2, {'t [Seg]'; ''})
app.axes2.GridColor = [0 0 0];
app.axes2.Position = [11 39 707 356];
% Show the figure after all components are created
app.UIFigure.Visible = 'on';
end
end
% App creation and deletion
methods (Access = public)
% Construct app
function app = protecciones17AHORASISI(varargin)
% Create UIFigure and components
createComponents(app)
% Register the app with App Designer
registerApp(app, app.UIFigure)
% Execute the startup function
runStartupFcn(app, @(app)startupFcn(app, varargin{:}))
if nargin == 0
clear app
end

```

```
end
% Code that executes before app deletion
function delete(app)
% Delete UIFigure when app is deleted
delete(app.UIFigure)
end
end
end
```