



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE SOBRECORRIENTE PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELÉS 50 Y 51 EN RÉGIMEN PERMANENTE DE UNA FALLA ELÉCTRICA”.

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor:

Panchi Guamangallo Alex Danilo

Tutor:

Ing. Msc. Xavier Proaño

Latacunga- Ecuador

2018



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

En calidad de Tutor de la presente Propuesta Tecnológica sobre el tema:

Yo, Alex Danilo Panchi Guamangallo, declaro ser autor de la Presente Propuesta Tecnológica: **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE SOBRECORRIENTE PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELÉS 50 Y 51 EN RÉGIMEN PERMANENTE DE UNA FALLA ELÉCTRICA”**, siendo el Ing. Msc: Xavier Proaño tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que la ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigación son de nuestra exclusiva responsabilidad.

TUTOR:

.....
Panchi Guamangallo Alex Danilo

C.I.:0503238842



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Latacunga, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi.

En calidad de Tutor de la Presente Propuesta Tecnológica sobre el tema: **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE SOBRECORRIENTE PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELÉS 50 Y 51 EN RÉGIMEN PERMANENTE DE UNA FALLA ELÉCTRICA”**, de Panchi Guamangallo Alex Danilo, de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científicos-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio de 2018

TUTOR:

Msc. Ing Xavier Proaño

C.I.:0502656424

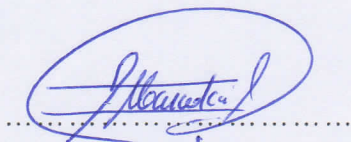
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) ; por cuanto, el postulante: **Panchi Guamangallo Alex Danilo**, con el título de Proyecto de Investigación: **CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE SOBRECORRIENTE PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELÉS 50 Y 51 EN RÉGIMEN PERMANENTE DE UNA FALLA ELÉCTRICA**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

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

Latacunga, julio de 2018

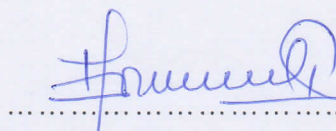
Para constancia firman:



Lector 1.

MSc. Marco León

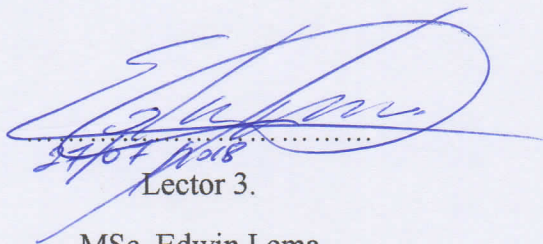
C.I 050230540-2



Lector 2.

Phd. Iliana González

C.I 175707065-9



Lector 3.

MSc. Edwin Lema

C.I 030226435-1



CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente propongo a consideración que el estudiante de Decimo ciclo **PANCHI GUAMANGALLO ALEX DANILO** con C.I 0503238842, realizo la propuesta Tecnológica en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN LA DIRECCIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, con el tema **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE SOBRECORRIENTE PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELÉS 50 Y 51 EN RÉGIMEN PERMANENTE DE UNA FALLA ELÉCTRICA”**, trabajo que se implementó y se dejó en completo funcionamiento.

Es todo cuanto puedo certificar, pudiendo hacer uso del mismo dentro de las leyes de la Republica y normas Internacionales.

Latacunga, julio del 2018

Atentamente:

.....
PhD. Secundino Marreno
Director de la carrera de Ingeniería Eléctrica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermanos y familia en general que brindaron su ayuda en todo momento, debido que a sin su ayuda esta meta no se pudo haber concluido, además todas las personas que fortalecieron lazos de amistad, a los ingenieros que brindaron sus conocimientos para formar a buenos

Danilo

DEDICATORIA

A mi madre Olga Guamangallo, a mi padre Manuel Panchi como también a mis hermanos Byron, Cristian y Freddy que con su ayuda y conocimiento compartidos me han permitido concluir este nuevo proyecto siempre motivándome brindándome su ayuda, además a todos mis amigos que día a día brindaron su apoyo fortaleciendo los conocimientos y sobre todo la amistad.

Danilo

ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN BASICA	1
2.	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1	Titulo de la propuesta tecnológica.....	2
2.2	Tipo de propuesta alcance	2
2.3	Área del conocimiento.....	2
2.4	Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	2
2.5	Objetivo de estudio y campo de acción	3
2.5.1	Objeto de estudio	3
2.5.2	Campo de acción	3
2.6	Situación problemática y problema	3
2.6.1	Situación problemática	3
2.6.2	Problema.....	3
2.7	Hipótesis	3
2.8	Objetivos.....	3
2.8.1	Objetivo general	3
2.8.2	Objetivos específicos.....	4
2.9	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	4
3.	MARCO TEÓRICO	5
3.1	Tipos de fallas	5
3.1.1	Descargas atmosféricas	5
3.1.2	Cortocircuitos	5
3.1.3	Sobrecargas.....	6
3.2	Establecimiento de la intensidad de cortocircuito.....	6
3.3	Ubicación de las fuentes de en un corto circuito.....	9
3.4	Simulación de fallas.....	9
3.5	Normas y cálculos de las Icc.....	11
3.6	Métodos y clases de relevadores de sobrecorriente.....	12
3.6.1	Relevadores de sobrecorriente de tiempo inverso.....	12
3.7	Características generales de un sistema de protección.....	17
3.8	Equipos para desarrollo de la interfaz del modulo	18
3.8.1	Módulo Arduino	18
3.8.2	Sensor de corriente de efecto Hall (ACS712)	19

3.8.3	Nextion Nx3224t028	21
3.8.4	Interfaz nextion.....	21
3.8.5	Interfaz Arduino	23
4.	METODOLOGÍA.....	24
4.1	Métodos de investigación.....	24
4.1.2	Método de análisis y síntesis.....	24
4.1.3	Método experimental.....	24
4.2	Tipos de investigación.....	24
4.2.1	Investigación bibliográfica.....	24
4.2.2	La investigación de campo y medición.....	24
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	25
5.1	Diagrama de flujos.....	25
5.3	Coordinación de protecciones de sobrecorriente.....	30
5.4	Desarrollo de hmi en nextion	34
5.4.1	Declaración de botones.....	34
5.4.2	Declaración Textos.....	35
5.4.3	Declaración de Números.....	36
5.4.4	Desarrollo de páginas en Nextion.....	36
5.5	Upload de hmi a nextion.....	38
5.6	Diagrama Eléctrico	41
5.7	Construcción del módulo de sobrecorriente	43
5.8	Pruebas de medición de corriente en el módulo.....	46
5.9	Pruebas de operación del modulo de sobrecorriente.....	47
6.	PRESUPUESTO.....	50
6.1	Gastos directos.....	50
6.2	Gastos Indirectos	51
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
8.	BIBLIOGRAFIA	53

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1 Actividades y tareas propuestas.....	4
Tabla 3.1 Relés de sobrecorrientes	15
Tabla 3.2 Constantes y exponentes para relés tipo co	16
Tabla 3.3 Resumen de características técnicas arduino uno.....	19
Tabla 3.4 Rangos de corrientes de sensores de efecto hall.....	21
Tabla 5.1 Relés de sobrecorrientes	27
Tabla 5.2 Tiempos de operación curva moderadamente inversa.....	30
Tabla 5.3 Tabla de transformadores de corriente	32
Tabla 5.4 Parámetros de calibración relé 2.....	33
Tabla 5.5 Parámetros de calibración relé 1.....	33
Tabla 5.6 Mediciones de corrientes y cálculo de error.....	47
Tabla 5.7 Prueba con una curva moderadamente inversa.....	48
Tabla 5.8 Error de apertura de contactos para una curva moderadamente inversa	48
Tabla 5.9 Prueba con una curva muy inversa	48
Tabla 5.10 Error de apertura de contactos para una curva muy inversa.....	48
Tabla 5.11 Prueba con una curva extremadamente inversa iec	49
Tabla 5.12 Error de apertura de contactos para una curva extremadamente inversa	49
Tabla 5.13 Prueba con una curva inversa co8	49
Tabla 5.14 Error de apertura de contactos para una curva muy inversa.....	50
Tabla 5.15 Prueba con una curva inversa co2	50
Tabla 5.16 Error de apertura de contactos para una curva muy inversa.....	50
Tabla 6.1 Presupuesto de equipos usados para la elaboración del modulo	51
Tabla 6.2 Presupuesto de gastos indirectos para la elaboración del modulo.....	51

ÍNDICE FIGURAS.

Figura 3.1 Representación gráfica y descomposición de la corriente de un cortocircuito producido en un punto alejado del generador.	6
Figura 3.2 Presentación gráfica de los dos casos extremos de una corriente de cortocircuito, simétrica y asimétrica.....	7
Figura 3.3 Contribución a la corriente total de cortocircuito icc (e) de: a) la reactancia subtransitoria b) la reactancia transitoria c) la reactancia permanente d) la componente unidireccional o de corriente continua	8
Figura 3.4 Curvas características de los relevadores de tiempo inverso.	12
Figura 3.5 Sistema radial con relevadores de tiempo inverso escalonados.....	13
Figura 3.6 Características del relevador de sobrecorriente de tiempo diferido co-7.....	17
Figura 3.7 Curvas características tiempo-corriente del relevador tipo co-8.....	18
Figura 3.8 Sensor efecto hall acs712-20a.....	20
Figura 3.9 Pantalla touch nx4832t035.....	21
Figura 3.10 Nx4832t035 pantalla touch nx4832t035	22
Figura 3.11 Programa nextion edition	22
Figura 3.12 Programa arduino.....	23
Figura 5.1 Flujograma de programación de relé de sobrecorrientes	26
Figura 5.2 Selección de tipo de curva	28
Figura 5.3 Selección de dial o tms.....	28
Figura 5.4 Parámetros de ajuste de relé.....	28
Figura 5.5 Grafico de curva de relé de sobre corriente inversa.....	29
Figura 5.6 Grafico de curvas de relé de sobre corriente moderadamente inversa.....	29
Figura 5.7 Sistema radial de un ejemplo práctico	31
Figura 5.8 Flujo de carga.....	31
Figura 5.9 Parámetros de un botón usado en nextion.....	34
Figura 5.10 Parámetros de un texto usado en nextion.....	35
Figura 5.11 Parámetros de un número usado en nextion	36
Figura 5.12 Página cero en el módulo	37
Figura 5.13 Página ajuste de tc.....	37
Figura 5.14 Página curva relé.....	38
Figura 5.15 Comandos para compilar la programación	38

Figura 5.16 Mensajes en el proceso de compilación.....	39
Figura 5.17 Simulación del hmi antes de cargar a pantalla nextion.....	39
Figura 5.18 Conexión de pantalla nextion y modulo ttl a usb.....	40
Figura 5.19 Upload de programa hacia la pantalla nextion.....	40
Figura 5.20 Pantalla nextion cargando el programa.....	41
Figura 5.21 Conexión eléctrica de los módulos	42
Figura 5.22 Diseño de placa en proteus.....	43
Figura 5.23 Placa del módulo con tarjeta arduino vista inferior.	44
Figura 5.24 Placa del módulo con sensores, vista superior.....	45
Figura 5.25 Placa del módulo con pantalla nextion	45
Figura 5.26 Conexión de la carga en el módulo de sobrecorrientes.....	46

ÍNDICE DE ECUACIONES

(3.1)	6
(3.2)	7
(3.3).....	7
(3.4).....	7
(3.5).....	7
(3.6).....	7
(3.7).....	9
(3.8).....	9
(3.9).....	11
(3.10).....	13
(3.11).....	14
(3.12).....	14
(3.13).....	20
(3.14).....	20
(5.1).....	31
(5.2).....	38
(5.3).....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Programación de la tarjeta Arduino.	56
Anexo II. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente muy inversa.....	58
Anexo III. Tiempos de Operación curva muy inversa.....	58
Anexo IV. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente extremadamente inversa	59
Anexo V Tiempos de Operación curva extremadamente inversa	59
Anexo VI. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente CO8	60
Anexo VII Tiempos de Operación curva C08	60
Anexo VIII. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente CO2	61
Anexo IX Tiempos de Operación curva C02.....	61
Anexo X. Hojas de Practicas de laboratorio para el uso del relé de sobrecorrientes.	62
Anexo XI. Hojas de Practicas de laboratorio para el uso del relé de sobrecorrientes. ..	65
Anexo XII. Manual de uso del módulo.....	68

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA

TÍTULO: “CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE SOBRECORRIENTE PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELÉS 50 Y 51 EN RÉGIMEN PERMANENTE DE UNA FALLA ELÉCTRICA”,

Autor:

Panchi Guamangallo Alex Danilo

RESUMEN

En los Sistemas eléctricos de potencia (SEP), es muy importante garantizar la continuidad del servicio eléctrico antes presencia de fallas eléctricas, como también salvaguardar la integridad de los equipos que conformar un SEP, para lograr este objetivo se usan diferentes equipos entre ellos el relé de sobrecorriente de tiempo inverso y definido.

El presente proyecto se enfocó en la construcción de un prototipo de relé de sobrecorriente de tiempo inverso y definido, usando modelos matemáticos definidos en la Norma IEC 2554 y BS142, el módulo contiene una interfaz hombre maquina (HMI), que facilita la lectura de corriente como tiempos de operación y el ingreso de variables tales como Dial, TAP y selección de tipo de curva, parámetros indispensables para su calibración. La señal de corriente es medida mediante un sensor de efecto hall, que es conectada a una entrada analógica de la tarjeta Arduino, la señal es procesada de forma que se obtiene un valor eficaz (RMS), representando al valor medido en el secundario de un transformador de corriente TC, en consecuencia el prototipo calcula el tiempo de operación a distintas configuraciones de Dial y Tap, el módulo permite un tiempo mínimo de respuesta de 9 milisegundos cuando alcanza la configuración de tiempo definido.

Los relés didácticos serán acoplados para operar con los equipos de máquinas eléctricas que se tiene en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Mediante el módulo didáctico de relé de sobrecorriente, el estudiante realizara pruebas de coordinación de protecciones y verificación de tiempos de operación a diferentes fallas en régimen permanente, Además, que es de fácil uso y muy amigable con el usuario final.

Palabras Claves: Sobrecorriente, Protecciones eléctricas

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCE AND APPLIED ENGINEERING

THEME: “CONSTRUCTION OF A MODULE FOR OVERCURRENT TO SIMULATE THE BEHAVIOUR OF 50 AND 51 RELAY IN PERMANENT PATTERN FROM A POWER FAILURE.”

AUTHOR:

Panchi Guamangallo Alex Danilo

ABSTRACT

As far as it is concerned, in power electric systems (SEP), it is quite important to guarantee the electric service continuity before being witness of power failure as well as safeguarding the good condition of equipment which is part of SEP. To achieve this goal, a lot of different equipment such as timed and instant overcurrent relay is used. This project was focused on the construction of an overcurrent relay prototype of instant and inverse time based on mathematical models stated on IEC 2554 and BS142 norms. The module embraces a human-machine interphase (HMI) that makes it easier to read the dialling of variables for its calibration. The current signal is measured through an effect hall sensor that is connected to an analogic input from Arduino card. The signal is processed so that an efficient value is obtained and as a result measured value is represented in a current transformer (CT). The prototype calculates the operating time at different Dial and Tap, the module has a minimum response of 9 milliseconds that is enough set time to process current RMS value. The contact opening-up from instant time is at millisecond range. Didactic relays will be put together to operate the equipment of electric machines that are in the laboratory of the Technical University of Cotopaxi. Through the use of the didactic module, students will be able to conduct coordination testing of protection and verification of operating times at different failures in permanent patterns. Thus, this module proves to be easy and friendly with the actual users.

Keywords: overcurrent, electric protections



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

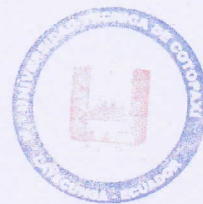
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la Unidad Académica de **CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**, **PANCHI GUAMANGALLO ALEX DANILO** cuyo título versa **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE SOBRECORRIENTE PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS RELÉS 50 Y 51 EN RÉGIMEN PERMANENTE DE UNA FALLA ELÉCTRICA”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, julio del 2018

Atentamente,

Lic. MSc. Patricia Mena V.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501574297



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Panchi Guamangallo Alex Danilo

TEMA APROBADO:

“Construcción de un módulo de sobrecorriente para simular el comportamiento de los relés 50 y 51 en régimen permanente de una falla eléctrica”.

CARRERA:

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Ing. Xavier Proaño

EQUIPO DE TRABAJO:

Tutor

Nombres:	Ing. Xavier Alfonso
Apellidos:	Proaño Maldonado
Nacionalidad:	ecuatoriana
Fecha de nacimiento:	
Estado Civil:	Soltero
Numero de Cedula:	
E-mail:	xavier. proaño@utc.edu.ec
Teléfono Celular:	0960184127

Estudiante 1:

Nombres:	Alex Danilo
Apellidos:	Panchi Guamangallo
Lugar y fecha de nacimiento:	Latacunga 12 de agosto de 1991.
Estado Civil:	Soltero
Numero de Cedula:	0503238842
Dirección:	Latacunga, San Buenaventura- Barrio Centro
Teléfono:	0987527525
e-mail:	panchi_alex3b@hotmail.com

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Provincia Cotopaxi, Cantón Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).

TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:

6 meses

FECHA DE ENTREGA:

Agosto del 2018.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Energías Alternativas y renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

SUB LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

Explotación y Diseño de Sistemas Eléctricos.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**2.1 Título de la propuesta tecnológica**

Construcción de un módulo de relés de sobrecorrientes, tiempo inverso e instantáneo.

2.2 Tipo de propuesta alcance

- a) Desarrollo: la presente propuesta es de desarrollo, por cuanto, se construye un módulo de sobrecorrientes de tiempo inverso e instantáneo, el mismo que será usado para la carrera de ingeniería eléctrica, para practicas relacionas a coordinación de protecciones.

2.3 Área del conocimiento

07 ingeniería, Industria y Construcción	071 ingeniería y Profesiones Afines	0713 electricidad y Energía
--	--	--

2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica

El proyecto consiste en la elaboración de un módulo didáctico de relé de sobrecorrientes, que funciona en tiempo inverso como instantáneo, los parámetros de configuración son de fácil ingreso y muy didácticos, de esta forma el estudiante puede verificar tiempos de operación y apertura de contactos cuando se genera una sobrecarga o falla en el sistema, en el presente escrito se describe el proceso de desarrollo del módulo.

2.5 Objetivo de estudio y campo de acción

2.5.1 Objeto de estudio

Relés de sobrecorriente temporizado e instantáneo

2.5.2 Campo de acción

La Universidad Técnica de Cotopaxi Campus La Matriz- Laboratorio de máquinas eléctricas

2.6 Situación problemática y problema

2.6.1 Situación problemática

Desde la implementación de los laboratorios en la UTC, las diferentes carreras Técnicas manejan sus laboratorios, pero existen muchas problemáticas como la carrera de ingeniería eléctrica, en la actualidad el laboratorio de máquinas eléctricas no cuenta con equipos adecuados para realizar prácticas relacionadas a la coordinación de protecciones, de tal forma que no se aplican los conocimientos adquiridos en las aulas. Gracias a la implementación de los módulos de sobrecorriente, se aportará al fortalecimiento de conocimientos de los estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica.

2.6.2 Problema

El laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con módulos de protecciones eléctricas, bajo este problema se realiza la construcción de un relé de sobrecorriente.

2.7 Hipótesis

- Si se implementa un módulo de sobrecorriente, se podrá analizar los tiempos de operación del relé 50 y 51 bajo de condiciones de falla en estado permanente.

2.8 Objetivos

2.8.1 Objetivo general

- Construir un módulo de sobrecorriente para simular el comportamiento de los relés 50 y 51 en régimen permanente de una falla eléctrica.

2.8.2 Objetivos específicos

- Recopilar información sobre la operación del relé de sobrecorriente 50 y 51 en condiciones de falla de régimen permanente.
- Simular el funcionamiento del relé de sobrecorriente 50 y 51 para diseñar un módulo que permita visualizar los tiempos de operación.
- Elaborar y realizar pruebas de operación del módulo, considerando el estado permanente de una falla.

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

Tabla 2.1 Actividades y tareas propuestas

Objetivos	Actividades(tareas)	Resultado de las actividades	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Recopilar información sobre la operación del relé de sobrecorriente 50 y 51 en condiciones de falla de régimen permanente.	Búsqueda de información en revistas y paper de IEEE, como también en tesis nacionales como extranjeras	Creación base de consulta bibliográfica con contenidos relacionados al funcionamiento de un relé de sobrecorriente temporizado e instantáneo	Buscar fuentes de consulta bibliográfica. Analizar la información de trabajos anteriores relacionados con el tema Elaboración el 1er capítulo de la tesis (marco teórico).
Simular el funcionamiento del relé de sobrecorriente 50 y 51 para diseñar un módulo que permita visualizar los tiempos de operación.	Simulaciones en softwares para conocer interpretar el funcionamiento del relé.	Propuesta de elaboración de un módulo de relé de sobrecorriente.	Metodología de diseño del módulo a implementar en el laboratorio de ing. eléctrica
Elaborar y realizar pruebas de operación del módulo, considerando el estado permanente de una falla	Pruebas de los módulos. Calibraciones de los módulos	Implementación del módulo y como ayuda en el aprendizaje del estudiante.	Puesta en marcha del módulo y guías de laboratorio

3. MARCO TEÓRICO

Un sistema de suministro y transporte de Energía Eléctrica debe cumplir con varios requisitos indispensables para prestar un servicio con niveles altos de calidad y seguridad. Dichos sistemas quedarán expuestos a fallas cuyas causas son múltiples, que además de provocar daños severos son muchas veces impredecibles, por lo que es necesario proporcionarles a dichos sistemas los esquemas de protección debidamente calibrados con el fin de minimizar los efectos de las fallas, los tiempos de interrupción y mejorar la continuidad del servicio a los consumidores así como disminuir el número de usuarios afectados [1, p. 4].

Aún los sistemas eléctricos mejor diseñados ocasionalmente experimentan cortocircuitos dando como resultado altas corrientes anormales. Los dispositivos de protección de sobrecorriente deben aislar tales fallas en el punto adecuado y con seguridad para minimizar el daño en circuitos y equipos, además de minimizar las molestias a los usuarios.

3.1 Tipos de fallas

Los elementos asociados a un sistema eléctrico de potencia, están expuesto a fallas que pueden ser producidos por diferentes causas.

3.1.1 Descargas atmosféricas

Producen sobretensiones en las líneas y a su vez en el equipo de la subestación, capaces de perforar el aislamiento y/o el deterioro del equipo de patio e inclusive el de control y protección. Son producidas por el medio ambiente. Existen zonas de alto nivel isocerámico donde se presentan con mayor frecuencia. El nivel isocerámico da el número de días al año en los que se presentan tormentas que involucran descargas eléctricas.

3.1.2 Cortocircuitos

Producen altas corrientes que se manifiestan por el calentamiento excesivo de los conductores que se dilatan y por tanto, van a presentarse acercamientos con tierra y con las otras fases.

Los cortocircuitos pueden originarse por las siguientes causas:

Fallas entre fases: Cortocircuitos producidos por aves, mala operación, arcos ocasionados por ionización del aire.

Fallas a tierra: ocasionadas por animales, mala operación, arcos, deterioro de aisladores, alta vegetación, desprendimiento del conductor a tierra o sobre estructura, etc.

3.1.3 Sobrecargas

Las sobrecargas son producidas por altas transferencias de energía que proporcionan aumentos considerables de corriente y que producen a su vez efectos mecánicos destructivos, con los siguientes efectos:

- Calentamiento de conductores
- Avería del aislamiento en el equipo asociado de la subestación.

Para la protección contra cortocircuitos (producidos por fallas entre fases y fallas fase-fase), se utilizan en las líneas, relevadores de distancia y relevadores de sobrecorriente (direccionales y no direccionales). Para protección contra sobrecargas sostenidas, se utilizan relevadores de sobrecorriente.

3.2 Establecimiento de la intensidad de cortocircuito

Cuando el defecto se produce muy cerca del alternador que alimenta el circuito afectado, la variación de la impedancia del alternador, que ahora pasará a ser preponderante, provoca la amortiguación de la corriente de cortocircuito, como se muestra en la figura 3.1. En efecto, en este caso, el régimen transitorio de establecimiento de la corriente se complica por la variación de la f.e.m. (fuerza electromotriz) resultante del cortocircuito.

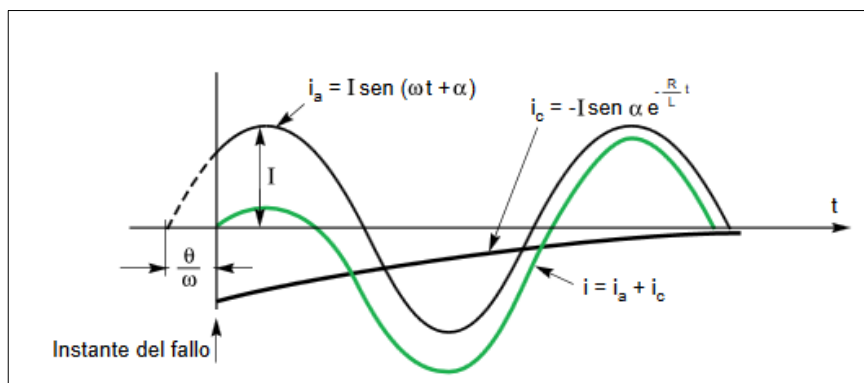


Figura 3.1 Representación gráfica y descomposición de la corriente de un cortocircuito producido en un punto alejado del generador.

Fuente: [2]

Puesto que el instante de aparición del defecto o de cierre está caracterizado, con relación al valor de la tensión de la red, por su ángulo de desfase α (aparición del defecto), la tensión se puede expresar como:

$$u = E \text{ sen } (\omega t + \alpha). \quad (3.1)$$

La evolución de la corriente es de la forma:

$$i = \frac{E}{Z} (\text{sen}(wt + \alpha - \Phi) - \text{sen}(\alpha - \Phi) e^{(-\frac{R}{L})t}) \quad (3.2)$$

Con sus dos componentes: una alterna senoidal, desfasada φ respecto a la tensión, y la otra, unidireccional, tendiendo a 0 cuando t tiende a infinito. De donde, los dos casos extremos de α son:

$$\alpha = \Phi \approx \frac{\pi}{2} \quad \text{Régimen simétrico} \quad (3.3)$$

La corriente de defecto es de la forma:

$$i = \frac{E}{Z} \text{sen}(wt) \quad (3.4)$$

Que, desde el principio, tiene los mismos valores que en régimen permanente, con un valor pico E/Z .

$$\alpha = 0 \quad \text{Régimen asimétrico} \quad (3.5)$$

La corriente de defecto es de la forma:

$$i = \frac{E}{Z} (\text{sen}(wt - \Phi) - \text{sen}(\Phi) * e^{(-\frac{R}{L})t}) \quad (3.6)$$

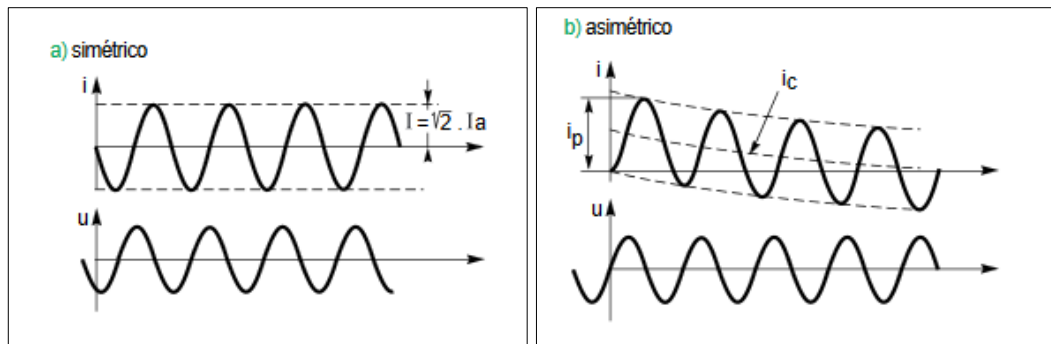


Figura 3.2 Presentación gráfica de los dos casos extremos de una corriente de cortocircuito, simétrica y asimétrica.

Fuente: [2]

Así, su primer valor de cresta, i_p , es función de φ y por tanto, de la relación $R / X = \cos \varphi$ del circuito. De la maquina como variable; esta reactancia evoluciona en tres etapas o estados. Ver figura 3.2.

- **El subtransitorio:** corresponde a los 10 o 20 primeros milisegundos del efecto.
- **El transitorio:** a continuación de anterior y que se prolonga hasta 500milisegundos,
- y después, **el permanente** o reactancia síncrona, en esta zona se elimina el cortocircuito por las protecciones. los cálculos de cortocircuito se modelan las máquinas eléctricas

síncronas, como una fuente de tensión ideal en serie con una reactancia interna correspondiente al período que se quiera estudiar. [2, p. 17]

Como se puede observar la reactancia subtransitoria es inferior a la transitoria y esta inferior a la permanente, la intervención sucesiva de las tres reactancias provoca una disminución progresiva de la intensidad de cortocircuito, la intensidad que es la suma de los cuatro componentes como se muestra en la figura 3.3:

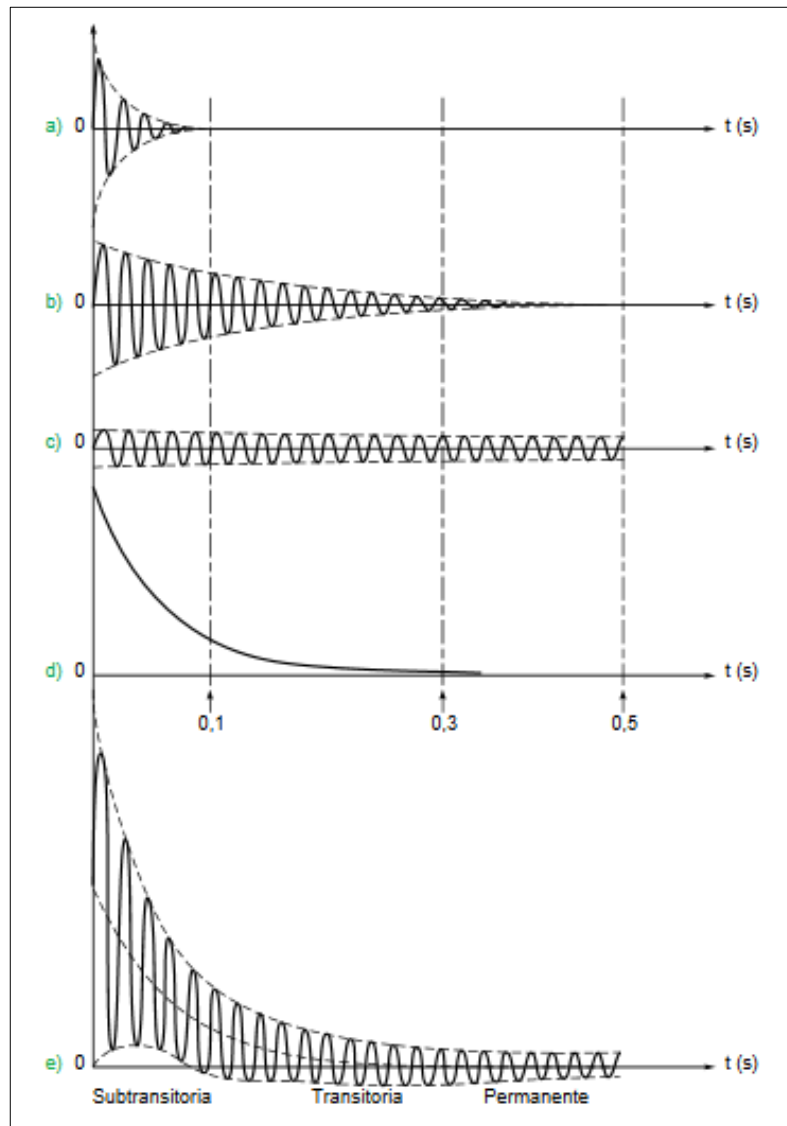


Figura 3.3 Contribución a la corriente total de cortocircuito I_{cc} (e) de: a) la reactancia subtransitoria b) la reactancia transitoria c) la reactancia permanente d) la componente unidireccional o de corriente continua

Fuente: [2]

3.3 Ubicación de las fuentes de en un corto circuito

Las principales fuentes en un cortocircuito son los generadores, de esta manera es necesario conocer el comportamiento de sus reactancias limitadoras en el instante de la falla.

Reactancia Subtransitoria: limita la I_{sc} , en el instante inicial cuando $t=0$; se prolonga en los primeros ciclos. Tiene un valor de 24% en la base de la potencia nominal en los generadores hidráulicos y de 15% para turbo generadores. [3, p. 149]

Reactancia transitoria: limita la I_{sc} y tiene una duración de 1,5 (s), tiene un valor de 36% (hidráulicos) y 23% (turbos generadores) en la base de potencia nominal de las referidas máquinas. . [3, p. 150].

Reactancia Síncrona: es la reactancia de los arrollamientos del generador, iniciándose la parte permanente de un ciclo completo de la corriente de falla, su valor es cerca de 150% (hidráulicos) y de 120% (turbos generadores). [3, p. 150].

Bajo esta explicación se ha formulado matemática una ecuación para determinar las corrientes de cortocircuito en cualquier instante.

$$I_{cc}(t) = \sqrt{2} * I_{cs} \left[\text{sen}(wt + \beta - \theta) - e^{-\frac{t}{C1}} * \text{sen}(\beta - \theta) \right] \quad (3.7)$$

Donde:

$I_{cc}(t)$ = Valor instantáneo de la corriente de corto circuito

I_{cs} = Valor eficaz simétrico de la corriente de corto circuito

t = Tiempo durante el cual ocurre la falla

$C1$ = Constante de Tiempo

$$C1 = \frac{X}{2 * \pi * F * R} \quad (3.8)$$

β = Desfase angular medido en sentido positivo de la variación dv/dt a partir de $v = 0$ hasta $t = 0$

θ = Angulo que mide la relación entre la reactancia y la resistencia del sistema.

F = Frecuencia del Sistema [3, p. 151].

3.4 Simulación de fallas

Para determinar las corrientes de falla se debe simular todos los tipos de cortocircuitos, algunos de los cuales pueden tener contacto a tierra a través de una resistencia de falla. Esta simulación debe efectuarse en las barras de las centrales y subestaciones, así como a lo largo de la línea.

En los cálculos de cortocircuito se debe considerar las impedancias para las condiciones más desfavorables, de acuerdo a lo siguiente:

- Para los generadores se debe usar las impedancias sub-transitorias no saturadas
- Para los transformadores se debe usar las impedancias en las tomas (taps) de operación más desfavorables.
- Para las líneas se debe usar las impedancias propias; y en el caso de líneas en paralelo, las impedancias mutuas de secuencia cero.

Los cálculos deben permitir determinar no sólo las corrientes totales de falla en las barras de las subestaciones, sino también los aportes a las corrientes de falla de cada circuito conectado a dichas barras. De manera similar se debe calcular las corrientes de falla en las líneas de transmisión.

Para el análisis de fallas cercanas a los generadores es necesario considerar el comportamiento real de la máquina, lo que conlleva a considerar la curva de la corriente de cortocircuito de la máquina en función del tiempo.

Se debe simular todas las fallas en las subestaciones. Cuando se tenga doble barra se deberá calcular las fallas en cada una de las barras, de manera de determinar las corrientes por el acoplamiento de barras. Las simulaciones de fallas serán de los siguientes tipos:

- Fallas monofásicas a tierra sin resistencia de falla
- Fallas trifásicas sin resistencia de falla

En las líneas de transmisión se debe simular fallas por lo menos al 1, 20%, 50%, 80% y 99% de la línea. En los casos donde se tiene efecto de infeed variable se debe simular las fallas al 10%, 20%, 30%, etc. de la línea, a fin de determinar las condiciones más desfavorables. Las simulaciones de fallas serán de los siguientes tipos:

- Fallas monofásicas a tierra sin resistencia de falla
- Fallas monofásicas a tierra con alta resistencia de falla
- Fallas bifásicas (fase-fase) con resistencia de falla
- Fallas trifásicas sin resistencia de falla

3.5 Normas y cálculos de las Icc

Las normas proponen diversos métodos: La guía práctica C 15-105 que completa la Norma Francesa NF C 15-100 instalaciones BT alimentadas en corriente alterna) presenta cuatro métodos:

3.5.1 El método de las impedancias

Permite calcular las corrientes de defecto en cualquier punto de una instalación, con una precisión aceptable. Consiste en sumar separadamente las diferentes resistencias y después también los generadores, hasta el punto considerado, calculando también la impedancia correspondiente. La Icc se obtiene aplicando la ley de Ohm:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\Sigma(Z)} \quad (3.9)$$

Para aplicar este método es imprescindible conocer todas las características de los diferentes elementos del bucle de defecto (fuentes y conductores).

3.5.2 El método de composición

Se puede utilizar cuando no se conocen las características de la alimentación. La impedancia aguas arriba del circuito considerado se calcula a partir una estimación de la corriente de cortocircuito en su origen. El $\cos \varphi_{cc} = \frac{R}{Z}$ se toma igual tanto en el origen del circuito como en el punto del defecto. Este método aproximado solo se aplica a instalaciones de potencia inferior a 800KVA.

3.5.3 El método llamado convencional

Permite calcular las corrientes de cortocircuito mínimas y las corrientes de defecto en el extremo de una red, sin conocer las impedancias o la Icc de la instalación aguas arriba. Este método se usa sobre todo para circuitos finales suficientemente alejados de las fuentes de alimentación-

3.5.4 El método llamado simplificado

Utiliza unas tablas con diversas hipótesis, Este método permite además determinar las características de un circuito que forma parte de una instalación ya existente cuyas

características no se conocen suficientemente se aplica para instalaciones en bajo voltaje. [4, pp. 12,13]

La norma IEC 60909(VDE 0102) se aplica a todas las redes, radiales o malladas, hasta 230Kv, Basada en el teorema de Thevenin, consiste en calcular una fuente de tensión equivalente en el punto de cortocircuito, para, seguidamente, determinar la corriente en este mismo punto. Todas las alimentaciones de la red y las máquinas sincrónicas y asíncronas se sustituyen por sus impedancias (directa, inversa y homopolar) [4, p. 14].

3.6 Métodos y clases de relevadores de sobrecorriente.

En la actualidad existen diferentes tipos de relés de sobrecorriente tales como electromecánicos, analógicos, digitales y estáticos, las mismas que poseen un modelo matemático como se observara en el desarrollo de este proyecto.

3.6.1 Relevadores de sobrecorriente de tiempo inverso.

Con este método, el tiempo de operación es inversamente proporcional al nivel de corriente de la falla y las características reales están en función de ambos (tiempo y corriente). [1, p. 327]

Las características de tiempo son dibujadas en términos del tiempo versus múltiplos del Tap de corriente (ajustes de corriente de puesta en marcha) para una posición dada del dial de tiempo como se muestra en la figura 3.4.

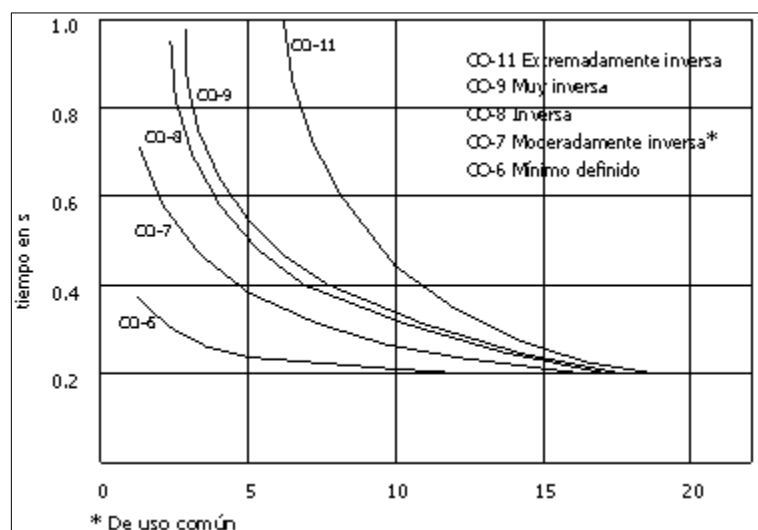


Figura 3.4 Curvas características de los relevadores de tiempo inverso.

Fuente: [1]

Para fallas muy cercanas a los puntos de ubicación de relevadores, el método de sobrecorriente de tiempo inverso puede obtener apreciables reducciones en los tiempos de despeje de fallas.

La figura 3.5 muestra un sistema radial con relevadores de tiempo inverso escalonados aplicados a los Interruptores 1, 2 y 3.

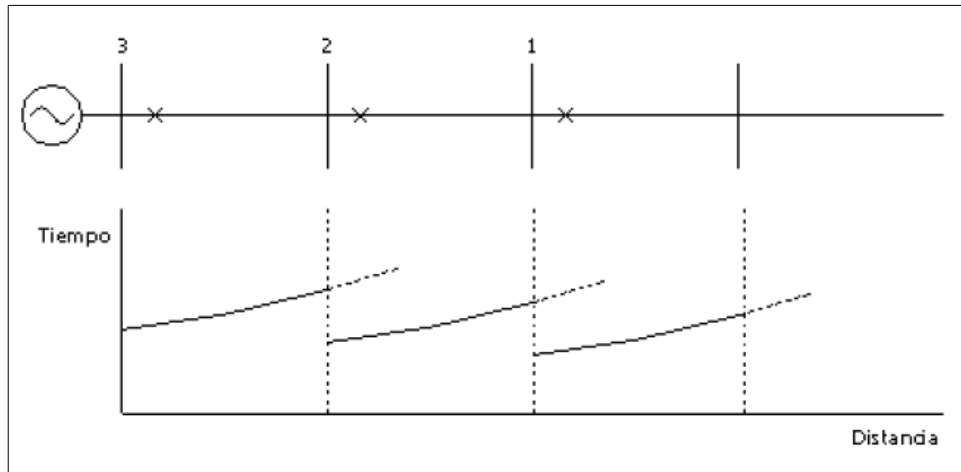


Figura 3.5 Sistema radial con relevadores de tiempo inverso escalonados

Fuente: [1]

El tiempo de operación del relevador de sobrecorriente temporizado varía con la magnitud de la corriente. Existen dos ajustes para este tipo de relevadores:

- **Corriente de puesta en marcha (Pickup Current).** Es un valor que define la corriente de puesta en marcha, y las corrientes son expresadas como múltiplos de estas.

Existe un margen de sobrecarga en caso de ser un relevador de fase, como se muestra a continuación:

$$TAP = \frac{1.5 I_{nom}}{CTR} \quad (3.10)$$

Donde:

I_{nom} = Corriente nominal del circuito.

CTR: Relación de transformación del TC.

1.5: Multiplicador por factor de seguridad por sobrecarga.

Bajo criterios de coordinación o seguridad en sistemas de distribución, se puede considerar un factor hasta de 2 para el cálculo del Tap.

Para relevadores de falla a tierra se considera un desbalance de 20%, en transmisión hasta 10% y alimentadores rurales hasta 30%, como se muestra a continuación [1, p. 320]:

$$TAP = \frac{0.2 I_{nom}}{CTR} \quad (3.11)$$

- **Dial de tiempo (Time Dial).** Se refiere a la posición de restablecimiento del contacto móvil, y varía el tiempo de operación para un ajuste del Tap y magnitud de la corriente dados, si el Dial es más bajo el tiempo de operación es más corto.

La protección de corriente mide permanentemente la corriente de cada fase con la finalidad de detectar las sobrecorrientes que se pueden producir en un cortocircuito. El tiempo de actuación:

- De tiempo definido, en este caso su operación puede ser instantánea (función 50) o temporizada (función 51)
- De tiempo inverso, cuya operación depende del tiempo según una función exponencial establecida por la siguiente expresión:

$$t = TMS \left(\frac{K}{\left(\frac{I}{I_S}\right)^\alpha - 1} + C \right) \quad (3.12)$$

Donde:

t= Tiempo de operación del relé.

I= Corriente de falla en A secundarios.

I_S= Tap o Corriente de Arranque del Relé

TMS= Dial o Constante de ajuste del Relé

α y K = Parámetro que define la curva característica de operación del Relé

C= Constante de ajuste del Relé

La característica de tiempo inverso será de acuerdo a los valores de los parámetros como son el exponente α y K, a los cuales se asocian los otros parámetros del Relé, en la tabla 3.1 se indica estos valores. [5, p. 17]

Los relevadores de sobrecorriente más importantes son:

a) Relevadores de sobrecorriente de tiempo inverso (CO-8).

Son particularmente convenientes si hay una reducción sustancial de corriente de falla debido a la distancia de la fuente de potencia. Las características de este relevador son tales que el

tiempo de operación es aproximadamente el doble para reducir la corriente desde 7 a 4 veces la corriente nominal del relevador. Esto permite el uso del mismo múltiplo de corriente asignado para varios relevadores en serie.

Para los cálculos se deben tener en cuenta las siguientes suposiciones:

- Los errores del relevador entre interruptores adyacentes se asumen como positivos en un lado y negativos en el otro.
- La discriminación del tiempo de sobre alcance con valores bajos no son tenidos en cuenta. Se considera un tiempo constante para todos los múltiplos de tiempo asignados.
- Los errores de los relevadores son tomados como el 7.5%. Es por esto que las compañías electrificadoras tienen un margen de error menor del 7.5% en corrientes de 4 a 20 veces la corriente asignada al relevador.

Tabla 3.1 Relés de sobrecorrientes

Tipo de Curva	IEC 255 Y BS 142		
	a	b	l
Moderamente 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 corto tiempo_CO2	0,02	0,0239	0,0169
Inversa Estandar_IEC	0,02	0,14	0
Muy inversa_IEC	1	13,5	0
Extremadamente Inversa_IEC	2	80	0

Fuente: [6]

Las curvas o características inversas se usan:

- Cuando exista alta impedancia de retorno.
 - Cuando no varía considerablemente la corriente de cortocircuito desde el principio hasta el final de la línea.
 - Cuando no se requiere coordinar con los dispositivos de protección de las cargas.
 - Cuando se requiere un disparo relativamente rápido para corrientes bajas.
 - Cuando varía la magnitud de la corriente de cortocircuito con los cambios de generación
- b) Relevadores de sobrecorriente de tiempo extremadamente inverso (CO-11).**

En esta curva, el tiempo de operación es aproximadamente proporcional al cuadrado de la corriente aplicada.

Las curvas o características extremadamente inversas se usan para:

- Coordinación con fusibles.
- Coordinación con corrientes normales momentáneamente altas como las de magnetización inicial de transformadores y las de arranque de motores.
- Cuando no varía mucho la corriente de cortocircuito con los cambios de generación, como en el caso de sistemas de distribución.
- Cuando la corriente de cortocircuito varía considerablemente desde el principio hasta el final de la línea.

Para modelar un relé electromecánico tipo CO, se usará los valores de constantes y exponentes como se indica en la tabla 3.2 a continuación:

Tabla 3.2 Constantes y exponentes para relés tipo CO

Tipo	A	B	K	p
CO-2	0.2663	0.03393	0.028	1.2969
CO-5	5.6143	2.18592	0.028	1.0
CO-6	0.4797	0.4797	0.028	1.5625
CO-7	0.3022	0.1284	0.028	0.5
CO-8	8.9341	0.17966	0.028	2.0938
CO-9	5.4678	0.10814	0.028	2.0469
CO-11	7.7624	0.02758	0.028	2.0938

Fuente: [7]

c) Relevadores de sobrecorriente instantáneo

Se utilizan cuando la corriente de cortocircuito en el sitio del relevador es por lo menos tres veces la corriente de cortocircuito en el extremo opuesto de la línea. Los relevadores se ajustan a la corriente que resultaría de tener una falla localizada en un punto equivalente al 70% de la longitud de la línea. El uso de estos relevadores reduce el tiempo de operación para la mayoría de las fallas y permite escoger una curva inferior ya que el factor de coordinación se aplica al punto de cubrimiento del relevador instantáneo.

En términos generales, en sistemas de alta tensión se requiere una característica menos inversa que para sistemas de distribución o para sistemas industriales. Las figuras 3.6 y 3.7 muestran las curvas características detalladas para los relevadores CO-7 y CO-8.

3.7 Características generales de un sistema de protección

Todo sistema de protecciones tiene que cumplir con las siguientes características [6, p. 34]

Selectividad: es la capacidad del sistema de protecciones de distinguir entre las condiciones que requieren acción inmediata y aquellas para las cuales no se requiere su acción o en su caso se requiere retardo de tiempo en la operación.

Rapidez: Un sistema de protecciones deberá operar en un tiempo mínimo posible luego de la ocurrencia de una falla. La operación debe ser rápida, disminuyendo el daño al equipo protegido, estabiliza el sistema y acorta el tiempo de variación de voltaje.

Sensibilidad: Constante supervisión de las condiciones de operación del sistema que se controla de tal manera que verifique que se encuentre en los límites normales prefijados.

Confiabilidad: Es la capacidad de funcionamiento correcto, garantizando la operación y su buen funcionamiento.

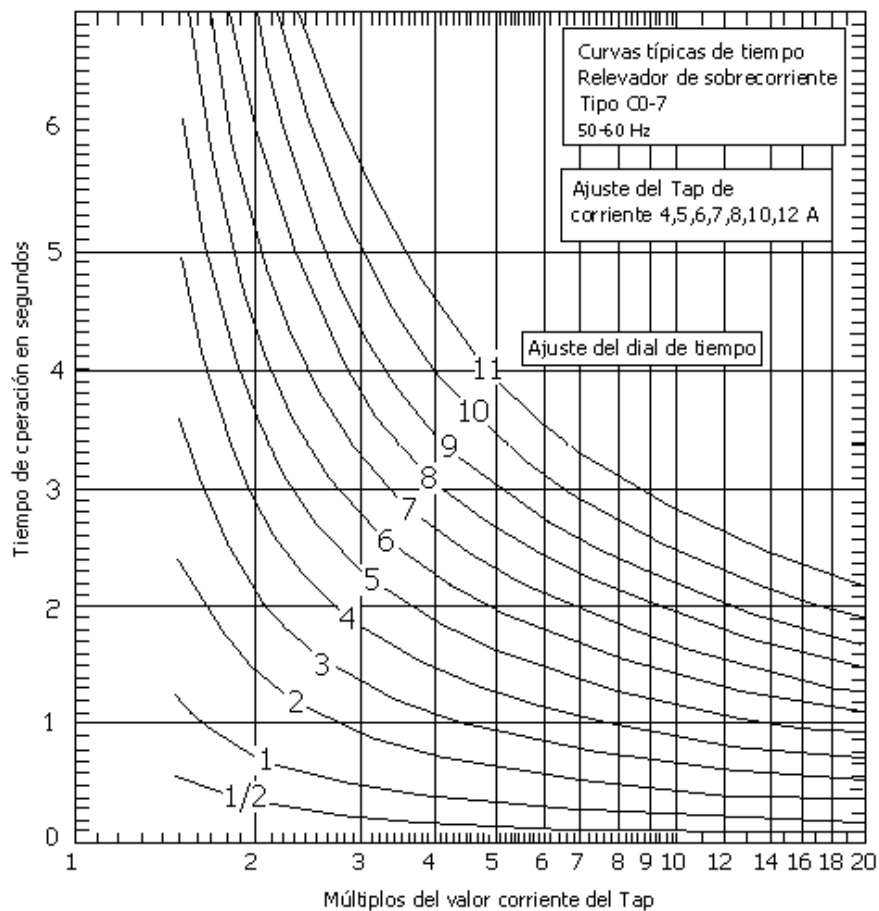


Figura 3.6 Características del relevador de sobrecorriente de tiempo diferido CO-7.

Fuente: [1]

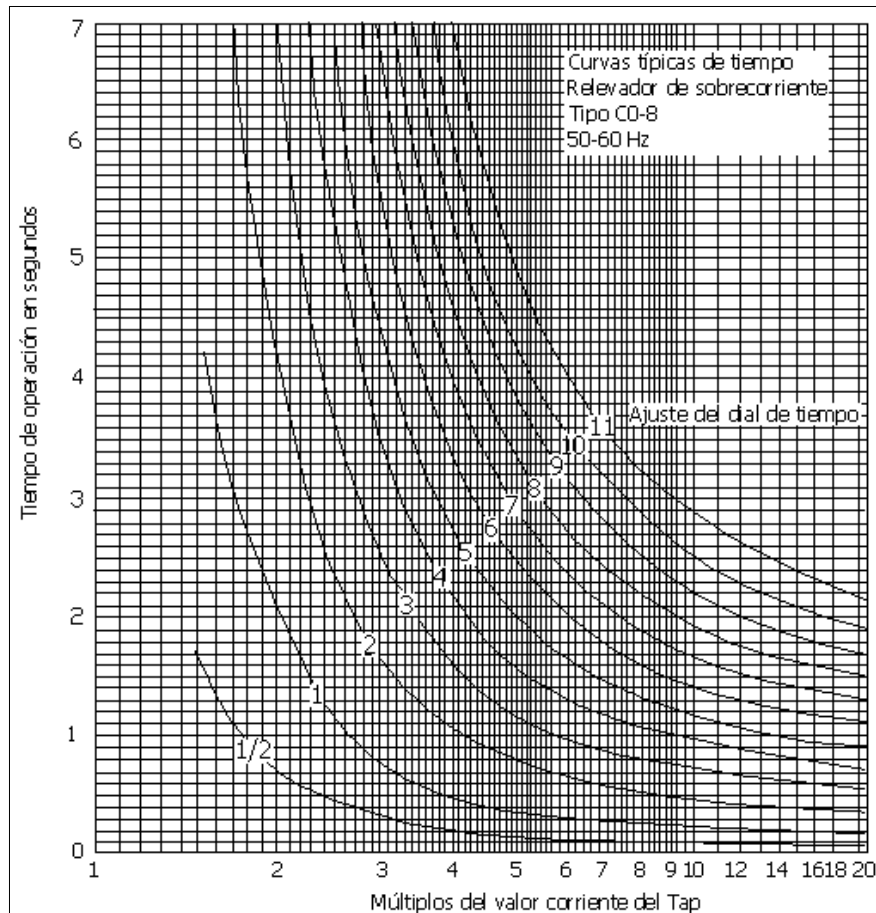


Figura 3.7 Curvas características tiempo-corriente del relevador tipo CO-8.

Fuente: [1]

3.8 Equipos para desarrollo de la interfaz del modulo

3.8.1 Módulo Arduino

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

Entradas y salidas

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida.

- Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40 mA.
- La intensidad máxima de entrada también es de 40 mA.
- Cada uno de los pines digitales dispone de una resistencia de pull-up interna de entre 20K Ω y 50 K Ω que está desconectada.

- Dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un conversor analógico/digital de 10 bits.

Pines especiales de entrada y salida

- RX y TX: Se usan para transmisiones serie de señales TTL.
- PWM: Arduino dispone de 6 salidas destinadas a la generación de señales PWM de hasta 8 bits, estas señales pueden ser controladas en altas (1) y bajas (0).

Alimentación de un Arduino

- Los límites están entre los 6 y los 12 V, si sobrepasamos los 12V, probablemente dañaremos la placa
- La alimentación puede conectarse mediante un conector de 2,1mm con el positivo en el centro o directamente a los pines V in y GND marcados sobre la placa.
- En la tabla 3.3 se puede observar un resumen de las características técnicas de Arduino uno.

Tabla 3.3 Resumen de características Técnicas Arduino Uno

Fuente:

Microcontrolador	Atmega 328
Voltaje de operación	5v
Voltaje de entrada (Recomendado)	7-12v
Voltaje de entrada (Limite)	6-20v
Pines para entrada –salida digital	14(6 pueden usarse como salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por pin IO	40mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	32kb(0.5 kB ocupados por el Bootlader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Frecuencia de Reloj	16 MHz

3.8.2 Sensor de corriente de efecto Hall (ACS712)

El dispositivo consiste en un circuito Hall preciso, de baja compensación con un camino de conducción de cobre. La corriente aplicada que fluye a través de esta conducción de cobre ruta genera un campo magnético que el Hall IC convierte en un voltaje proporcional. La precisión del dispositivo se optimiza a través de la proximidad cercana de la señal magnética al transductor Hall, el sensor utilizado en el presente proyecto se muestra en la figura 3.8.

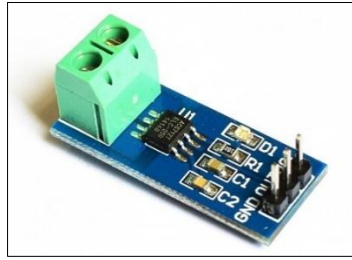


Figura 3.8 Sensor efecto Hall ACS712-20A

Características y Beneficios

- Ruta de señal analógica de bajo ruido
- 5 μ s de tiempo de subida de salida en respuesta a la corriente de entrada por pasos
- Ancho de banda de 80 kHz
- Error de salida total 1.5% a $T_A = 25^\circ \text{C}$
- 1.2 $\text{m}\Omega$ de resistencia interna del conductor
- Voltaje de aislamiento mínimo de 2.1 kVRMS desde los pines 1-4 a los pines 5-8
- 5.0 V, operación de suministro único
- Sensibilidad de salida de 66 a 185 mV / A
- Tensión de salida proporcional a las corrientes de CA o CC
- Voltaje de salida de salida extremadamente estable
- Histéresis magnética casi nula

El sensor nos entrega un valor de 2.5 voltios para una corriente de 0A y a partir de allí incrementa proporcionalmente de acuerdo a la sensibilidad, teniendo una relación lineal entre la salida de voltaje del sensor y la corriente, donde se aplica la siguiente ecuación: [7, p. 2]

$$V = mI + 2.5 \quad (3.13)$$

Donde:

m es la pendiente y equivale a la Sensibilidad.

Despejando tendremos la ecuación para hallar la corriente a partir de la lectura del sensor:

$$I = \frac{V - 2.5}{\text{Sensibilidad}} \quad (3.14)$$

La tabla 3.4 muestra el rango de corrientes, sensibilidad de los sensores de efecto Hall.

Tabla 3.4 Rangos de corrientes de sensores de efecto Hall
Fuente: [9]

Modelo	Rango	Sensibilidad
ACS712ELCTR-05B-T	-5 a 5 A	185mV/A
ACS712ELCTR-20A-T	-20 a 20 A	100mV/A
ACS712ELCTR-20A-T	-30 a 30 A	66mV/A

3.8.3 Nextion nx3224t028

Nextion es una solución Human Machine Interface (HMI) que proporciona una interfaz de control y visualización entre un humano, máquina y un proceso, en la figura 3.9 se indica la pantalla usado en el proyecto.

Características:

- Resolución 320 x 240
- RGB 65K fiel a los colores de la vida
- Pantalla TFT
- Panel resistivo táctil
- Fácil interfaz de 4 pines a cualquier TTL Host Serial



Figura 3.9 Pantalla touch NX4832T035

3.8.4 Interfaz nextion

Para el desarrollo de la interfaz que será usado para el módulo de sobrecorriente se ha usado el software NEXTION EDITION, elaborando un sistema de conexión máquina humano de fácil uso. A continuación, se detalla el desarrollo de la interfaz.

Ejecutamos NEXTION EDITION y seleccionamos el modelo correspondiente a NX4832T035 y damos clic en OK, como se indica en la figura 3.10.

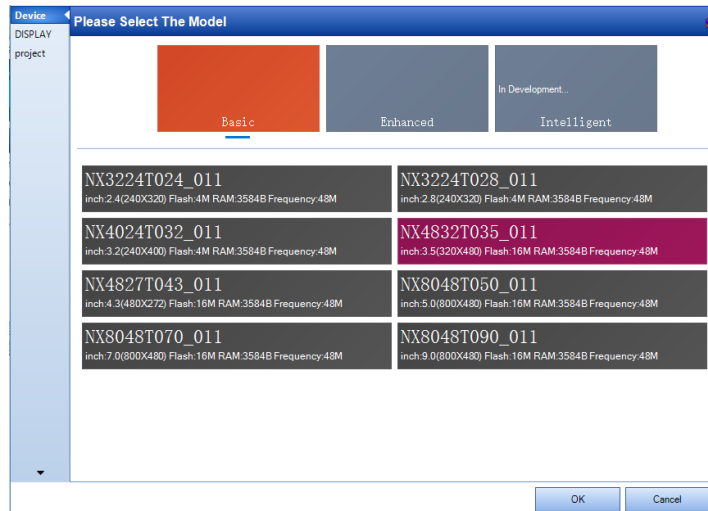


Figura 3.10 NX4832T035 Pantalla touch NX4832T035

Al seleccionar el modelo Nextion, se crea la hoja de trabajo con 8 secciones como se muestra a continuación, ver figura 3.11:

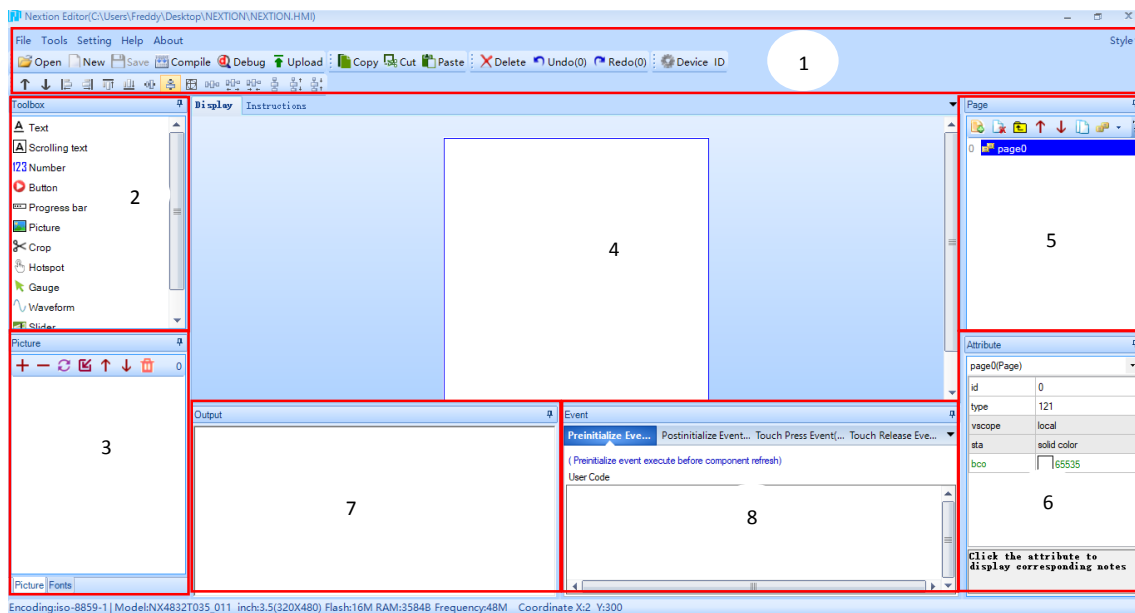


Figura 3.11 Programa Nextion Edition

- 1: Menú principal
2. Componentes
3. Biblioteca de imágenes: importe los recursos de imágenes que necesita.
4. Área de visualización
5. Área de la página: Editar página en esta área
6. Área de Edición de Atributos: Edite los atributos de los componentes y las páginas, como el valor, el color de un componente de texto.

7. Ventana de salida del compilador: si se producen errores, se mostrarán en esta área.
8. Área de eventos: escriba algunos códigos simples aquí.

3.8.5 Interfaz Arduino

Arduino es un software libre y de programación fácil, al ejecutar Arduino se abre un proyecto con el nombre Sketch, como se indica en la figura 3.12.

En el menú principal se observa los comandos verificar, subir, nuevo abrir y guardar.



Figura 3.12 Programa Arduino

En la ventana de programación se observa Void Setup y Void Loop, estas funciones son obligatorias que están dadas por defecto. A continuación, se detalla cada función:

void setup (): El setup es la primera función en ejecutarse dentro de un programa en Arduino. Es, básicamente, donde se “setean” las funciones que llevará a cabo el microcontrolador.

void loop(): Loop en inglés significa lazo o bucle. La función loop en Arduino es la que se ejecuta un número infinito de veces. Al encenderse el Arduino se ejecuta el código del setup y luego se entra al loop, el cual se repite de forma indefinida hasta que se apague o se reinicie el microcontrolador. [8]

4. METODOLOGÍA

4.1 Métodos de investigación

4.1.1 Método inductivo

El presente método nos permite realizar un análisis individual de los equipos existentes en el laboratorio de Ingeniería eléctrica, de tal forma que sea compatibles con los módulos de sobrecorrientes a elaborar.

4.1.2 Método de análisis y síntesis

Con el presente método identificamos los elementos que conforma el relé de sobrecorrientes, y así elaborar la programación que tendrá un lenguaje sencillo y será capaz de leer las variables de corriente y demás parámetros con la finalidad de ser amigable con el usuario final, finalmente el diseño se someterá a pruebas y se verifica los resultados para garantizar un producto de calidad.

4.1.3 Método experimental

Una vez concluida la construcción del módulo, el método experimental es necesario para la calibración y las pruebas planificadas con módulo de relé de sobrecorrientes y así para verificar la hipótesis y finalmente interpretación de resultados.

4.2 Tipos de investigación

4.2.1 Investigación bibliográfica

La investigación se la realizo mediante una búsqueda bibliográfica, libros, folletos, páginas web, etc. donde se obtuvo un conocimiento más amplio relacionado al funcionamiento del relé de sobrecorriente.

4.2.2 La investigación de campo y medición.

Para el desarrollo del proyecto se realizaron mediciones conforme se vaya desarrollando la programación con sus respectivas pruebas de esta forma se ajustarán los parámetros de forma correcta y segura, las mediciones se las realizará en el laboratorio de la universidad, debido que dicho equipo será utilizado en el mismo.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El módulo de relé de sobrecorriente permite verificar los tiempos de operación, mediante la variación de DIAL y TAP, las ecuaciones usadas son de Norma IEC 2554 y BS142, inicialmente de proceder a la gráfica de curvas, sean estas normal inversa, muy inversa y extrema inversa, el módulo una vez calibrado censa las corrientes, una vez alcanzado los valores seteados, abre un contacto, de esta manera despeja la falla, a continuación, se detalla la metodología de construcción y programación mediante un diagrama de flujos..

5.1 Diagrama de flujos

El diagrama de flujos permitirá elaborar de forma secuencial el desarrollo de la programación del módulo didáctico de relé de sobre corriente, el mismo que consiste en dos pantallas principales.

Pantalla _Ajuste_TC: selecciona la relación de TC y se visualiza las lecturas de corriente en el lado secundario del TC.

Curva de relé: Mediante las ecuaciones Norma IEC 2554 y BS142, se establecen tipos de curvas, de tal manera seleccionamos tipo de curva y ajustamos los valores de DIAL y TAP.

A continuación, se detalla el proceso de adquisición de datos y ejecución de variables para verificar el funcionamiento de operación del relé didáctico.

- Donde se inicializa mediante el registro de la señal de corriente esta es procesada y calculada en un valor RMS.
- Se selecciona el tipo de curva y el programa compara la curva seleccionada y realiza cálculos.
- Si la corriente es mayor a la seteadada inicia el proceso de conteo para la apertura, una vez alcanzado el tiempo total, este abre unos contactos con la finalidad de evitar daños al sistema

En la figura 5.1, se muestra el diagrama de flujos usado e implementado en la programación del módulo de sobrecorrientes, cuando la I RMS es menor a la seteadas es decir opera en condiciones nominales, el módulo no realiza ninguna acción, si I RMS es mayor a la seteadas ingresa a un bucle para comparar el tipo de curva seleccionada y cálculo de tiempos de operación.

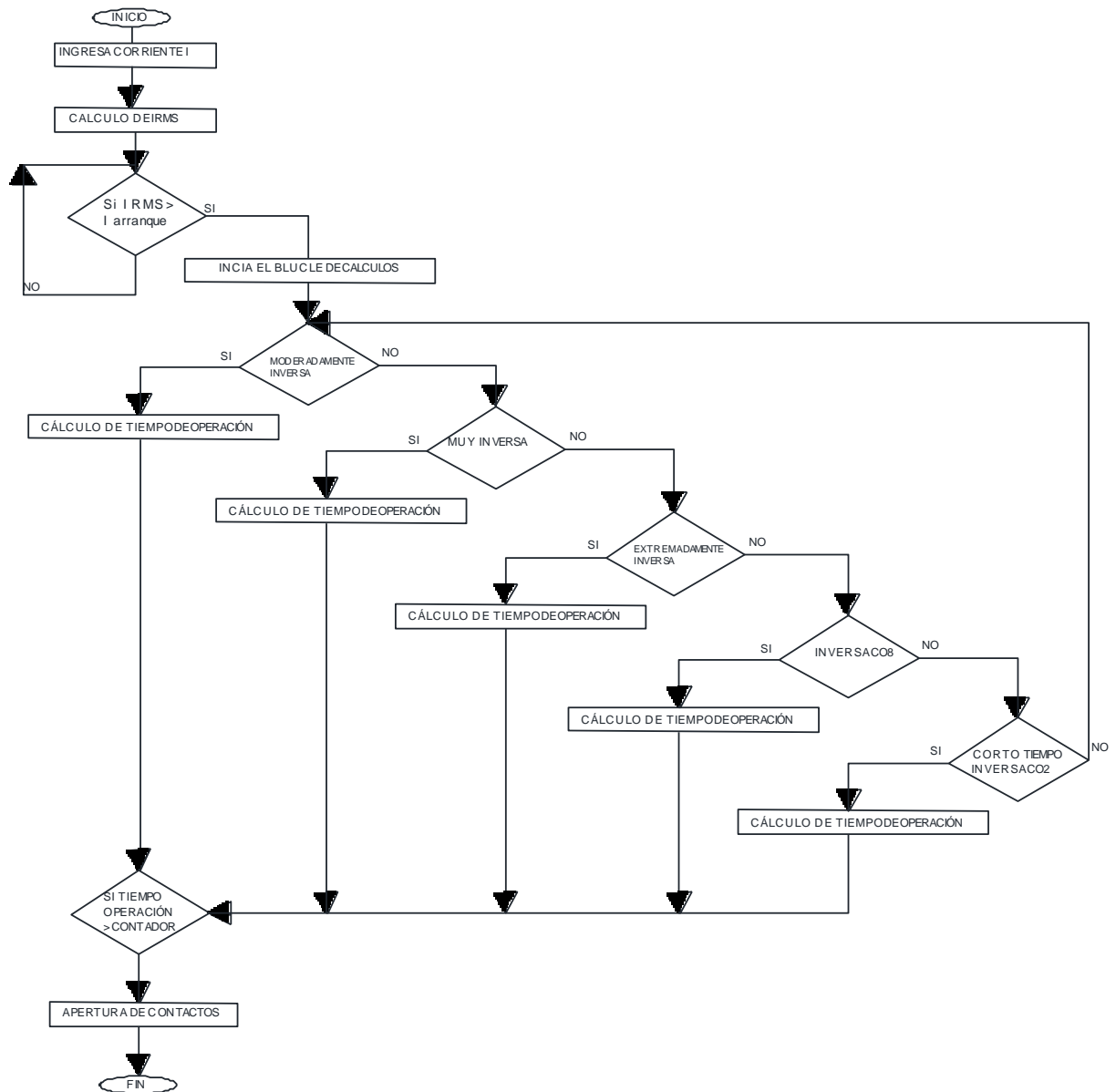


Figura 5.1 Flujograma de programación de relé de sobrecorrientes

5.2 Modelamiento de curvas de relé de sobrecorriente con IEC 60255 en Excel.

todas estas curvas son modelos matemáticos de relés electromecánicos para permitir la coordinación entre las diferentes generaciones de relés. Para definir el ajuste de esta función se necesitan 3 parámetros:

- Curva
- Arranque o Pickup
- Tiempo (dial de tiempo o multiplicador)

A continuación, mediante Excel se ha construido las gráficas según el tipo de curva seleccionado. Aplicaremos las ecuaciones de IEC 255 y BS 142, existiendo 5 tipos de curvas moderadamente inversa, muy inversa, extremadamente inversa, inversa C08 e inversa de corto tiempo C02, se pueden obtener 100 graficas por cada tipo de curva debido que el Dial varia de 0.01 a 1 en pasos de 10 milisegundos.

- a) Para realizar las curvas en Excel realizamos una pequeña base de datos obtenida de la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Relés de sobrecorrientes

Tipo de Curva	IEC 255 Y BS 142		
	a	b	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 corto tiempo_CO2	0,02	0,0239	0,0169
Inversa Estandar_IEC	0,02	0,14	0
Muy inversa_IEC	1	13,5	0
Extremadamente Inversa_IEC	2	80	0

Fuente: [6]

- b) Como segundo paso realizamos un vector que varía de 0.01 a 0.01 en pasos de 1, que nos permitirá seleccionar el Dial a usar en la calibración de protecciones.
- c) Como tercer paso realizamos un vector desde el Tap de ajuste temporizado hasta el Tap instantáneo del relé.

d) Para identificar como varía las curvas en función del Dial, se realiza la siguiente estructura. Usando una lista desplegable como se indica en la figura 5.2 se selecciona el tipo de curva como se muestra a continuación, además automáticamente se cargan los valores de las constantes a, b y l, para ello usamos la fórmula BuscarV.

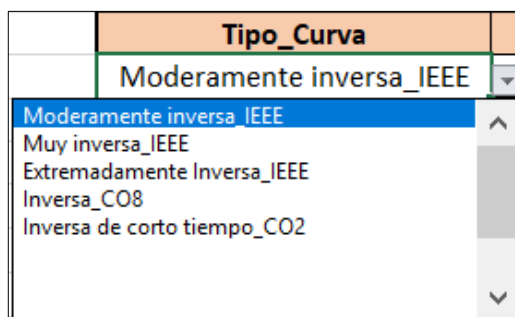


Figura 5.2 Selección de tipo de curva

e) Posteriormente seleccionamos un Dial como se muestra en la figura 5.3

Tipo_Curva	A	B	L	TMS	Isc
Muy inversa_IEEE	2	19,6	0,49	1	1085
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				

Figura 5.3 Selección de Dial o TMS

f) Finalmente ingresamos el valor de la corriente de falla (Isc) y corriente de ajuste (Ip), de esta manera calculará el tiempo de reacción, como se muestra a continuación en la figura 5.4:

Tipo_Curva	A	B	L	TMS	Isc	RTC	Inom	TAP-BV
Muy inversa_IEEE	2	19,6	0,49	1	1085	40	200	5

Figura 5.4 Parámetros de ajuste de relé

La curva de operación para una curva Muy Inversa, con un TMS igual 1 (curva más baja) y un TAP de 5, se muestra en la figura 5.5, en caso que I nom del secundario se encuentre en el rango de TAP inverso y TAP instantáneo la apertura de sus contactos será en el tiempo definido por la curva, mientras más cercano a la falla, actuar más rápido.

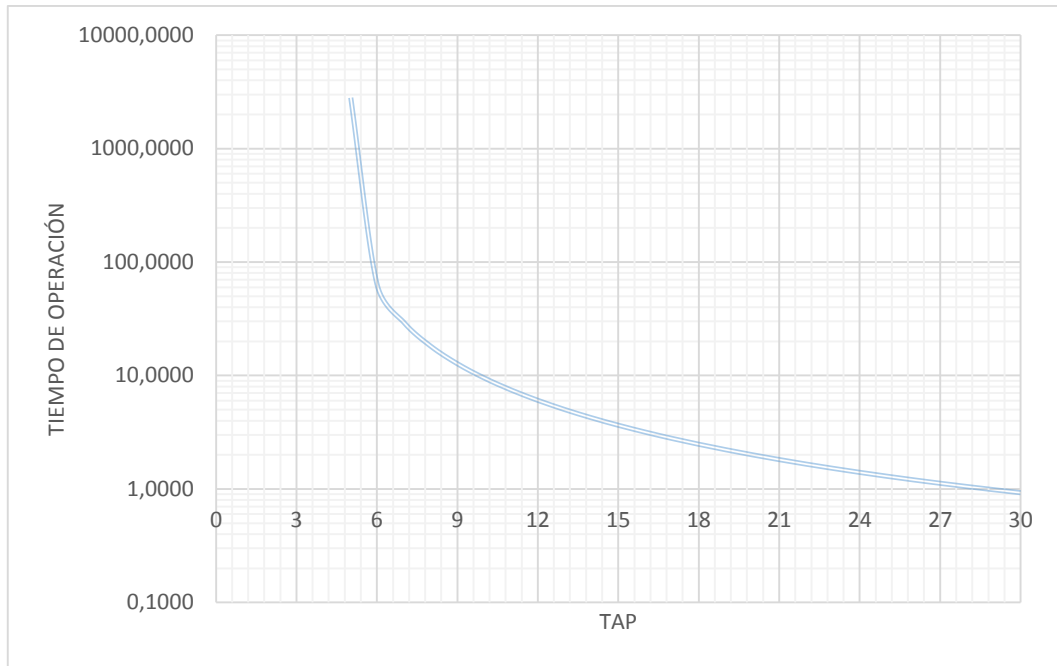


Figura 5.5 Grafico de curva de relé de sobre corriente inversa

A continuación, en la figura 5.6 y la tabla 5.2, se detalla las curvas y tiempos de operación del módulo para diferentes valores de TAP y DIAL, estas curvas serán usadas como una guía de coordinación de protecciones, según sea la necesidad del estudiante.

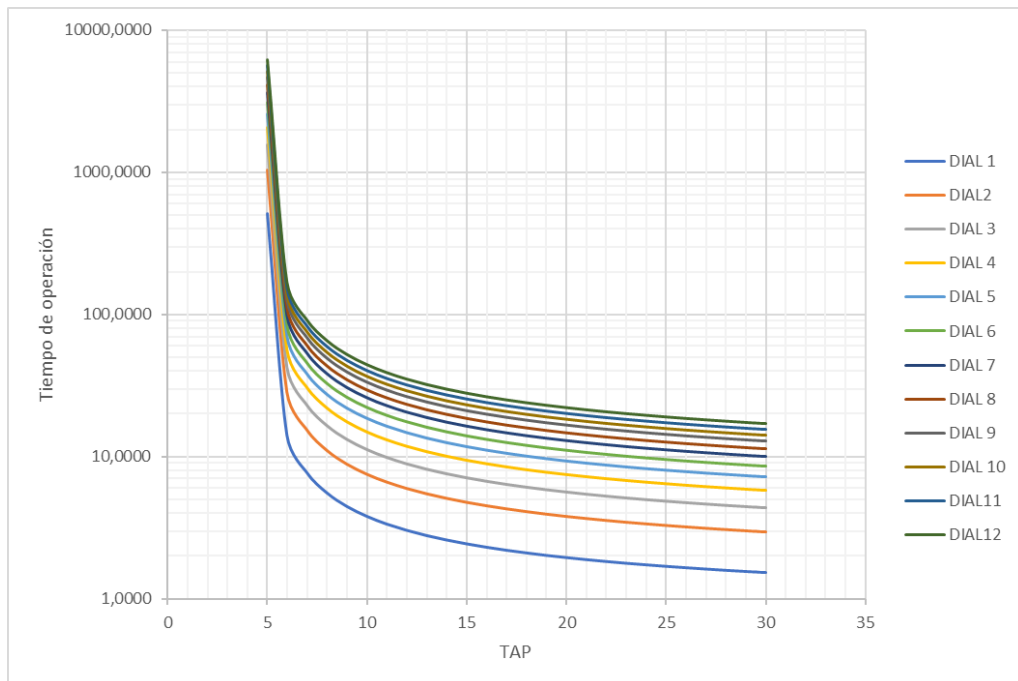


Figura 5.6 Grafico de curvas de relé de sobre corriente moderadamente inversa

Tabla 5.2 Tiempos de Operación curva moderadamente inversa

Isec	DIAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	645,1249	1290,1358	1935,1467	2580,1576	3225,1685	3870,1794	4515,1903	5160,2011	5805,2120	6450,2229	7095,2338	7740,2447
6	14,2117	28,3093	42,4070	56,5047	70,6023	84,7000	98,7976	112,8953	126,9930	141,0906	155,1883	169,2860
7	7,7412	15,3684	22,9956	30,6229	38,2501	45,8773	53,5045	61,1317	68,7589	76,3861	84,0133	91,6406
8	5,5865	11,0590	16,5315	22,0039	27,4764	32,9489	38,4214	43,8939	49,3664	54,8388	60,3113	65,7838
9	4,4886	8,8632	13,2377	17,6123	21,9869	26,3615	30,7360	35,1106	39,4852	43,8598	48,2343	52,6089
10	3,8212	7,5285	11,2357	14,9429	18,6502	22,3574	26,0646	29,7718	33,4791	37,1863	40,8935	44,6008
11	3,3706	6,6272	9,8839	13,1405	16,3971	19,6537	22,9103	26,1670	29,4236	32,6802	35,9368	39,1934
12	3,0446	5,9753	8,9059	11,8366	14,7672	17,6979	20,6285	23,5592	26,4898	29,4205	32,3511	35,2818
13	2,7971	5,4801	8,1632	10,8463	13,5293	16,2124	18,8955	21,5785	24,2616	26,9447	29,6277	32,3108
14	2,6021	5,0902	7,5783	10,0663	12,5544	15,0425	17,5306	20,0187	22,5068	24,9948	27,4829	29,9710
15	2,4442	4,7743	7,1045	9,4346	11,7648	14,0949	16,4251	18,7552	21,0854	23,4156	25,7457	28,0759
16	2,3134	4,5127	6,7121	8,9114	11,1108	13,3101	15,5095	17,7088	19,9082	22,1076	24,3069	26,5063
17	2,2030	4,2921	6,3811	8,4701	10,5592	12,6482	14,7372	16,8263	18,9153	21,0043	23,0934	25,1824
18	2,1086	4,1031	6,0977	8,0923	10,0869	12,0814	14,0760	16,0706	18,0652	20,0597	22,0543	24,0489
19	2,0267	3,9393	5,8520	7,7646	9,6773	11,5899	13,5026	15,4153	17,3279	19,2406	21,1532	23,0659
20	1,9548	3,7957	5,6365	7,4774	9,3182	11,1591	12,9999	14,8408	16,6816	18,5224	20,3633	22,2041
21	1,8913	3,6686	5,4459	7,2232	9,0005	10,7778	12,5551	14,3324	16,1097	17,8870	19,6643	21,4416
22	1,8346	3,5552	5,2758	6,9964	8,7170	10,4376	12,1582	13,8788	15,5994	17,3200	19,0406	20,7612
23	1,7837	3,4533	5,1230	6,7926	8,4623	10,1319	11,8016	13,4712	15,1409	16,8105	18,4802	20,1498
24	1,7376	3,3612	4,9847	6,6083	8,2319	9,8555	11,4791	13,1026	14,7262	16,3498	17,9734	19,5970
25	1,6957	3,2774	4,8590	6,4407	8,0224	9,6041	11,1857	12,7674	14,3491	15,9308	17,5124	19,0941
26	1,6574	3,2007	4,7441	6,2875	7,8308	9,3742	10,9176	12,4610	14,0043	15,5477	17,0911	18,6344
27	1,6222	3,1304	4,6386	6,1468	7,6550	9,1631	10,6713	12,1795	13,6877	15,1959	16,7041	18,2123
28	1,5898	3,0655	4,5413	6,0170	7,4928	8,9685	10,4443	11,9200	13,3958	14,8715	16,3473	17,8230
29	1,5597	3,0054	4,4512	5,8969	7,3426	8,7883	10,2341	11,6798	13,1255	14,5712	16,0169	17,4627
30	1,5318	2,9497	4,3675	5,7853	7,2031	8,6210	10,0388	11,4566	12,8745	14,2923	15,7101	17,1279

Esta metodología será usada en la programación del módulo didáctico, con la finalidad que el estudiante realice coordinación de protecciones de sobre corriente de manera muy fácil.

Para verificar los diferentes tipos de curvas y tiempos de operación a diferentes Dial y Tap se puede observar el Anexo D.

5.3 Coordinación de protecciones de sobrecorriente

Al realizar un estudio de coordinación de protección, influye muchos criterios, a continuación, se presenta un caso base en el cual se explicará los parámetros a calcular y los valores que serán ingresados en el módulo.

Los datos para el siguiente ejemplo son los siguientes:

CARGA 1:

L1=9MVA $fp_1=0,9$ (retraso) y $I_{sc\ máx.}=1.8kA$

CARGA 2:

L2=4MVA $fp_{0.9}$ (retraso), $I_{sc\ máx.}=1.2A$

En la figura 5.7 se muestra el sistema radial, la coordinación de relés se realizan en las barras 1 y 2.

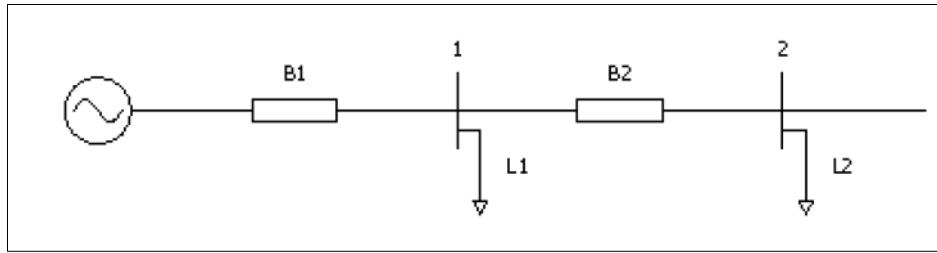


Figura 5.7 Sistema radial de un ejemplo práctico

Solución:

Procedemos al cálculo de las corrientes que consume cada carga y la corriente que suministra la generación, para eso usamos la ecuación 5.1.

L1=9MVA fp1=0,9 (retraso) y Isc máx.=1.8kA

$$I1 = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \tag{5.1}$$

$$I1 = \frac{9MVA}{\sqrt{3} * 13.8KV} = 376.533A$$

L2=4MVA fp0.9 (retraso), Isc máx=1.2kA

$$I2 = \frac{4MVA}{\sqrt{3} * 13.8KV} = 167.348A$$

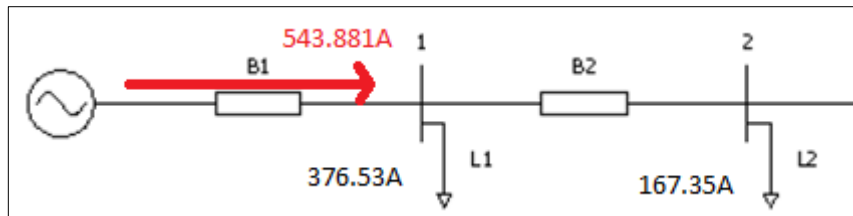


Figura 5.8 Flujo de carga

Segundo paso establecer los transformadores de corrientes (TC) para cada barra, en la tabla 5.6 se muestra los TC seleccionados.

La relación de transformación de los TC es determinada por el mayor de los siguientes valores.

- i. Inom
- ii. Corriente máxima de cortocircuito sin saturación

En el caso de estudio, el módulo soporta hasta 20 A en el lado de bajo voltaje, por seguridad se operará con un máximo de 15A, entonces:

$$2100 \left(\frac{5}{X} \right) = 15A$$

$$X = 700$$

Por lo tanto, usamos un TC de 600/5, los TC seleccionados se muestran en la tabla 5.3

Tabla 5.3 Tabla de Transformadores de corriente

	Inom (A)	Isc (kA)	TC
R2	167.384	1,5	400/5
R1	543.881	2,1	600/5

Una vez seleccionado los TC se procede al cálculo de los TAPS definidos en la ecuación 3.11, consideramos una sobrecarga de 20%, tanto para la barra 1 y barra 2.

$$TAP = \frac{1,5 * I}{RTC}$$

$$TAP_{B2 \text{ secundario}} = \frac{1,5 * I2}{RTC2} = \frac{1,5 * 167,35}{(400/5)} = 3,13 = 4A$$

La corriente de cortocircuito de la barra 2 reflejada en el secundario del TC es el siguiente:

$$Isc2_{SEC} = \frac{Isc2}{RTC} = \frac{1500A}{(400/5)} = 18,75A = 19A$$

El nivel de cortocircuito en la barra 2 permite ser expresada como un múltiplo de la corriente de ajuste o Tap.

$$MUL - TAP_{B2} = \frac{Isc2}{TAP_{B2}} = \frac{19}{3,13} = 6,33 = 7$$

El Tap para el relé instantáneo este definido por el 2% de Isc, obteniendo el siguiente Tap:

$$Tap_{50 \text{ primario}} = 0,2 * 1500 = 300A$$

Reflejado al lado secundario del TC se obtiene que:

$$TAP_{50 \text{ secundario}} = \frac{300}{RTC2} = \frac{300}{(400/5)} = 3,75A = 5$$

Los parámetros a configurar en el módulo de relé de sobrecorriente se muestran en la siguiente tabla 5.4.

Tabla 5.4 Parámetros de calibración relé 2

Página Ajuste del TC	Página Parámetros Carga	Página curva de relé
Selección de RTC	Ingresamos Inom y Isc	Seleccionamos tipo de curva. Ingresamos el TAP. Seleccionamos el DIAL
400/5	Inom=167,348A Isc=1,5 kA	Curva: (Normal Inversa) TAP_51: 4 TAP_50: 5 DIAL:1

Bajo estas condiciones el tiempo de operación (t11) es de 0,775 segundos. Para el cálculo de los parámetros de configuración del relé en la barra 1, consideramos lo siguiente 0.1segundos apertura del interruptor y 0,3 un margen de error:

$$t_{21} = t_{11} + 0,1 + 0,3$$

$$t_{21} = (0,775 + 0,1 + 0,3) \text{ segundos}$$

$$t_{21} = 1.175 \text{ segundos}$$

Procedemos a calcular los múltiplos de corriente de arranque de la barra 2 vista por el relé 1.

$$TAP_{B1 \text{ secundario}} = \frac{1,5 * I_1}{RTC1} = \frac{1,5 * 543.881A}{(600/5)} = 6,79 = 7A$$

Bajo estas condiciones el relé 1 operara en t12= 1,658 segundos con un DIAL 2.

$$Tap_{50 \text{ primario}} = 0,8 * 2100A = 1680A$$

$$TAP_{B1 \text{ secundario}} = \frac{1680}{120} = 14A$$

El relé de la barra 2 tendrá la configuración que se muestra en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Parámetros de calibración relé 1

Página Ajuste del TC	Página Parámetros Carga	Página curva de relé
400/5	Inom=543.881 A Isc=2,1kA	Curva: (Normal Inversa) TAP_51: 7 TAP_50: 14 DIAL:1

5.4 Desarrollo de HMI en Nextion

5.4.1 Declaración de botones.

Al desarrollar un HMI podemos agregar diferentes elementos de la TOOLBOX, cada componente se maneja con una tabla de ATRIBUTOS como se muestra en la figura 5.9, además maneja EVENTOS cuando se pulsa o no.

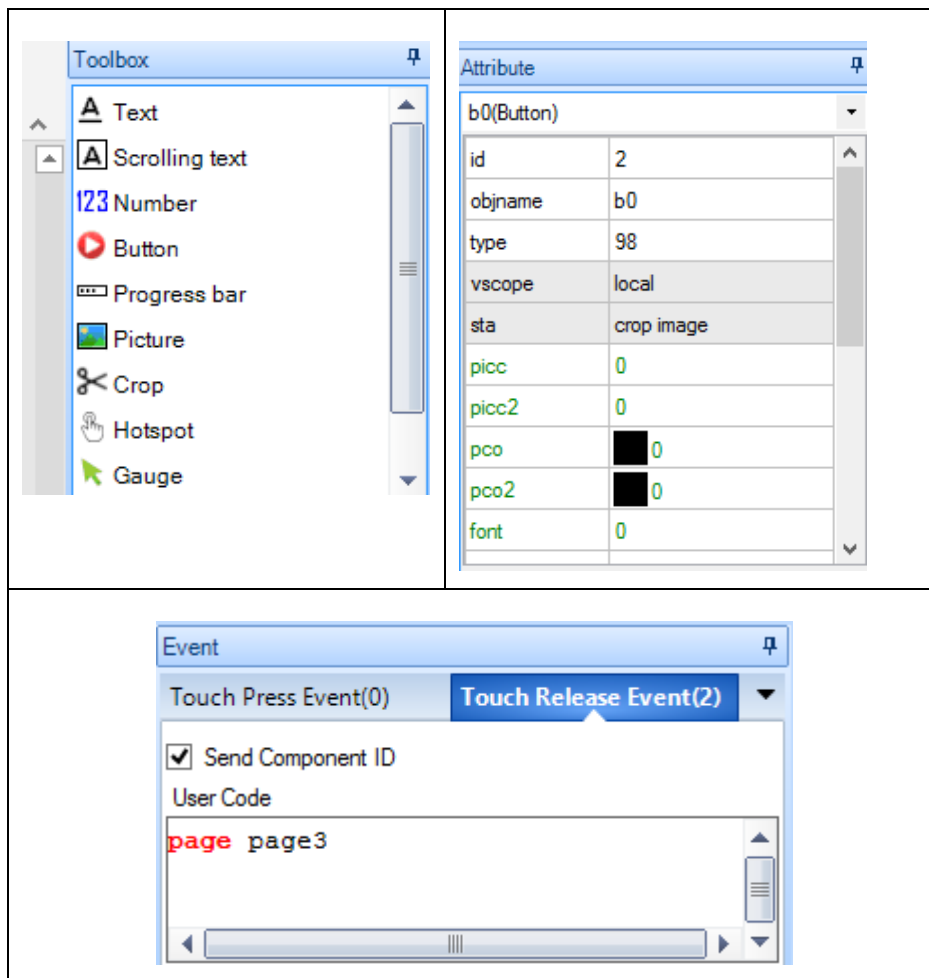


Figura 5.9 Parámetros de un botón usado en Nextion

La página Ajuste TC de Nextion se entrelaza con Arduino mediante la siguiente nomenclatura: **(número de página, id del elemento, nombre del elemento)**.

Arduino reconoce la variable, siempre que la pestaña **Send Component ID** se encuentre activa.
Ejemplo: `NexButton parametro_carga_2 = NexButton(2, 2, "b0");`

En el evento **Touch Release Event (2)**, **page page3** representa que al pulsarlo cambiara a la página 3.

5.4.2 Declaración Textos.

En la figura 5.10 se muestra una tabla de ATRIBUTOS y de EVENTOS de un Texto.

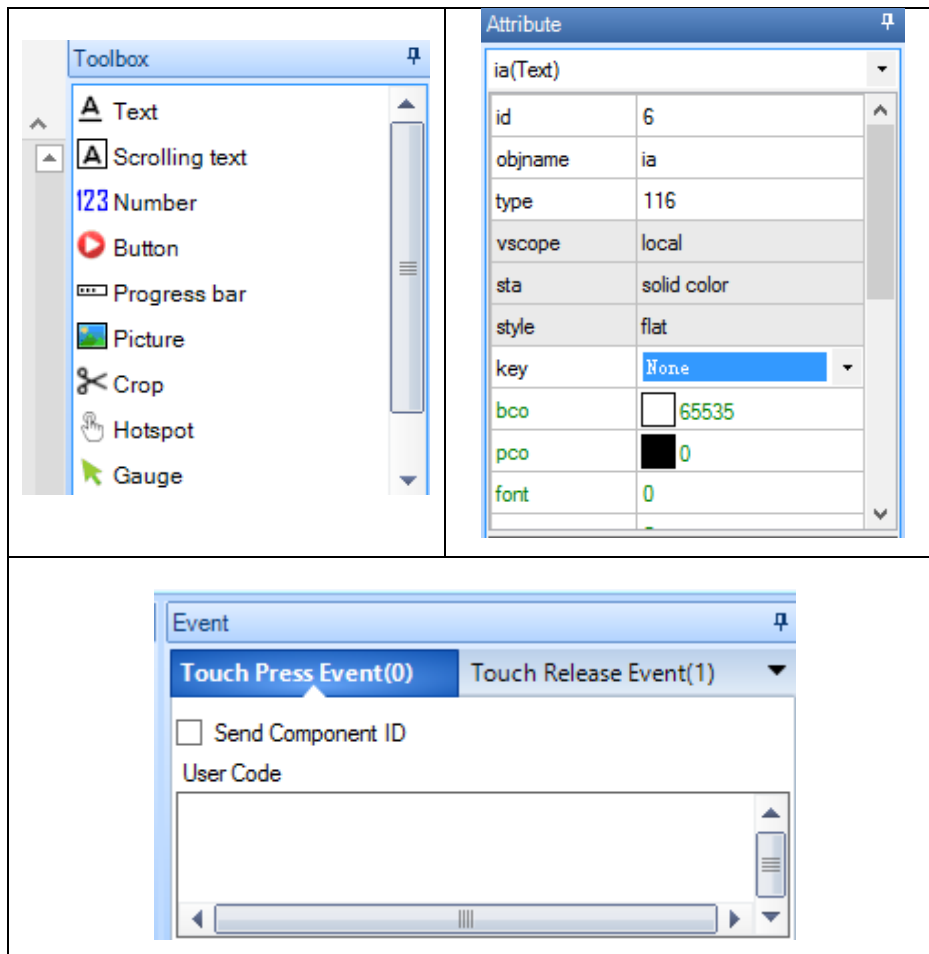


Figura 5.10 Parámetros de un texto usado en Nextion

Las variables que contengan números enteros pueden ser manejadas mediante el comando **Number**, pero si se necesita números decimales se puede usar **Text**. Para la conexión a Arduino se usa la siguiente nomenclatura: **(número de página, id del elemento, nombre del elemento)**.

Ejemplo: `NexText ia = NexText(2, 6, "ia");`

Las variables **Text** se enlaza a Arduino en forma de carácter **char**, previo uso de las variables se realiza una conversión a **doublé**.

5.4.3 Declaración de Números.

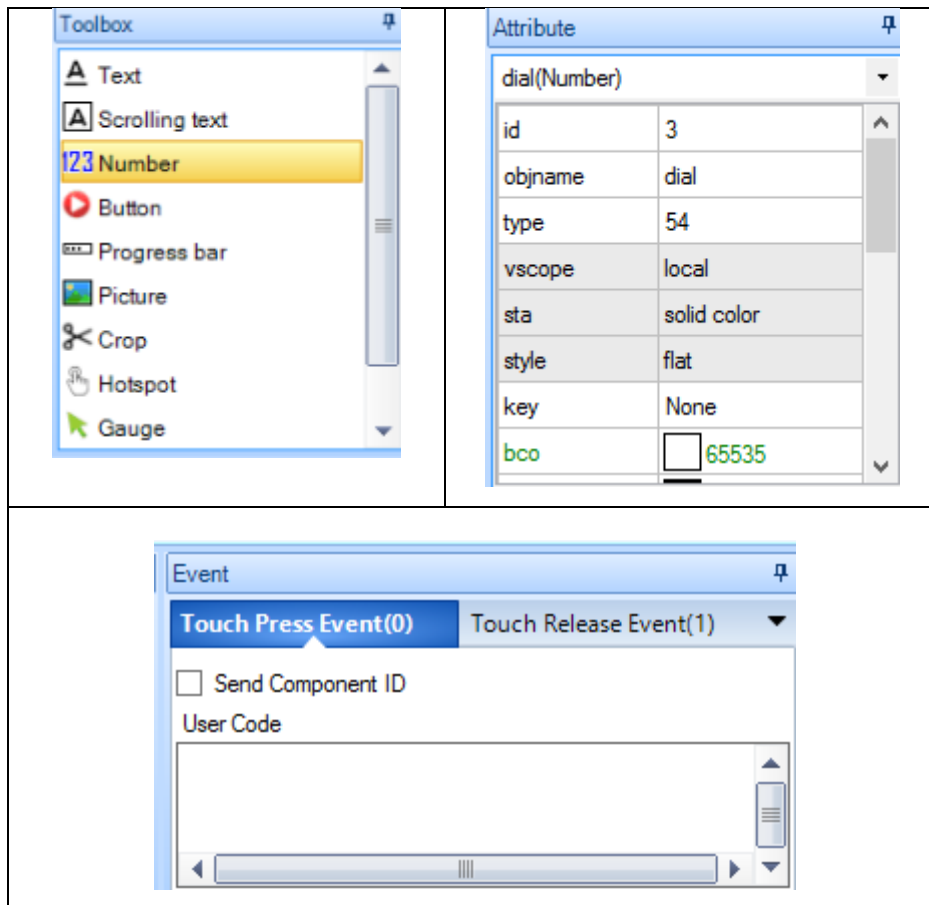


Figura 5.11 Parámetros de un número usado en Nextion

En la figura 5.11 se muestra una tabla de ATRIBUTOS y de EVENTOS de un NUMERO. El elemento Number es un comando usado para el uso exclusivo de número enteros, en caso de usar números decimales se debe usar **Text**.

5.4.4 Desarrollo de páginas en Nextion

La figura 5.12 representa la página 0, La interfaz es de fácil uso para el usuario final. Las personas autorizadas a usar el módulo deben ingresar con la contraseña correspondiente, como se detalla.

La programación y verificación de la contraseña se lo puede realizar por medio de Arduino o directamente en Nextion, en el caso, de realizarlo directamente desde Nextion se reduce el tiempo de recepción de información y de comparación y envío de información de Arduino a Nextion.

	<p>Programación para verificar la clave del usuario:</p> <pre> if (t0.txt=="*****") { page page1 }else { t0.txt="Contraseña incorrecta" } </pre>
--	---

Figura 5.12 Página cero en el módulo

La figura 5-13 representa la página 2, donde se realiza las lecturas de corriente y selección de la relación de transformador de corriente (RTC).

	<p>Arduino mediante el módulo de corriente, censa la corriente y procede a calcular la I_{RMS}.</p> <pre> float Sensibilidad=0.100; //sensibilidad en Voltios/Amperio para sensor de 20A float voltajeSensor= analogRead(A0)*(5.0 / 1023.0); //lectura del sensor float I=(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente </pre>
--	--

Figura 5.13 Página Ajuste de TC

La grafica 5.14 representa la página curva relé, se selecciona el tipo de curva a utilizar: Normal Inversa, Muy inversa, Extremadamente inversa, cada una define su curva característica.

- Dial puede variar de 0.01 a 1 en pasos de 0.01 segundos, en este caso se puede elegir un valor de 1 a 100.
- TAP: este valor puede ser un numero entero o decimal dentro de un rango de 1 a 30.
- El tiempo de operación es calculado mediante la siguiente ecuación 3.12 definido en el marco metodológico:

$$t_{op} = DIAL \left(\frac{K1}{TAP^{K2-1}} \right) \quad (5.2)$$

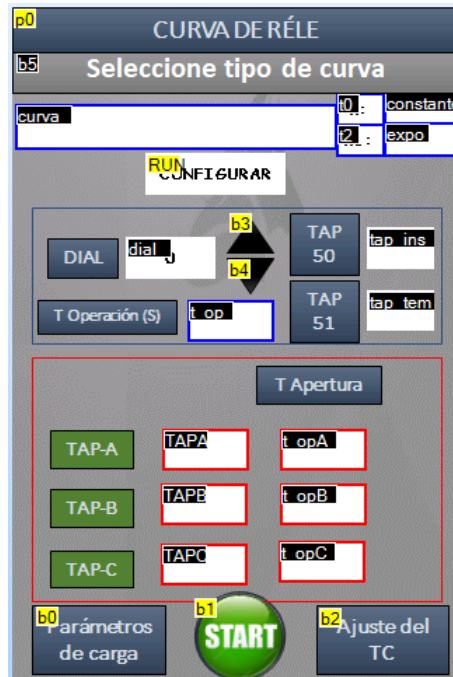


Figura 5.14 Página Curva Relé

5.5 Upload de HMI a Nextion

Una vez desarrollada el HMI en Nextion Edition es necesario compilar para evitar errores, previo a cargar correspondiente del programa en el módulo. A continuación, se detalla el procedimiento.

- Del menú principal utilizaremos los siguientes botones: Compile, Debug y Upload. Como se muestra en la imagen 5.15.



Figura 5.15 Comandos para compilar la programación

Al ejecutar el programa y compilar, en la sub ventana Output se muestra las paginas existentes en el proyecto y se compila individualmente, en caso de existir error el programa, se mostrará la pantalla y el error, como se observa en la figura 5.16.

```
Output
Total size of picture:2.268.256
Total size of font:008.632
Page:page0 Memory Occupied:496+36=532
Page:page1 Memory Occupied:496+36=532
Page:page2 Memory Occupied:496+168=664
Page:page3 Memory Occupied:496+88=584
Page:page4 Memory Occupied:496+288=784
Page:page5 Memory Occupied:496+288=784
Page:keybdB Memory Occupied:496+392=888
Page:page6 Memory Occupied:496+88=584
Compile Successful! 0 Errors, 0 Warnings, File Size:2.497.474
```

Figura 5.16 Mensajes en el proceso de compilación

- b) Al ejecutar el comando Debug, este permite evidenciar el funcionamiento del HMI como si estuviese cargado en forma física, como se muestra a continuación en la figura 5.17:

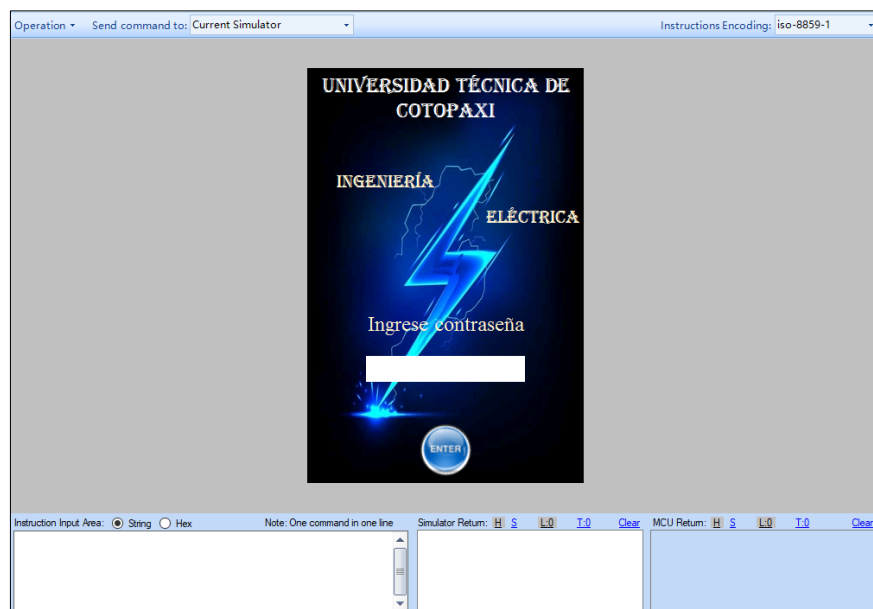


Figura 5.17 Simulación del HMI antes de cargar a Pantalla Nextion

De esta forma se verifica el correcto funcionamiento, en caso de existir algún error Nextion no permite simular el HMI.

- c) Una vez que se ha verificado su funcionamiento de forma correcta, se procede a subir la programación a la pantalla nextion, la misma que maneja con 4 salidas Vcc. Gnd, Tx y Rx.
- d) Mediante el módulo Conversor TTL-USB que maneja 4 salidas Vcc. Gnd, Tx y Rx, para que exista un intercambio de datos se conectaran Rx y TX y viceversa, como se muestra en la figura 5.18.

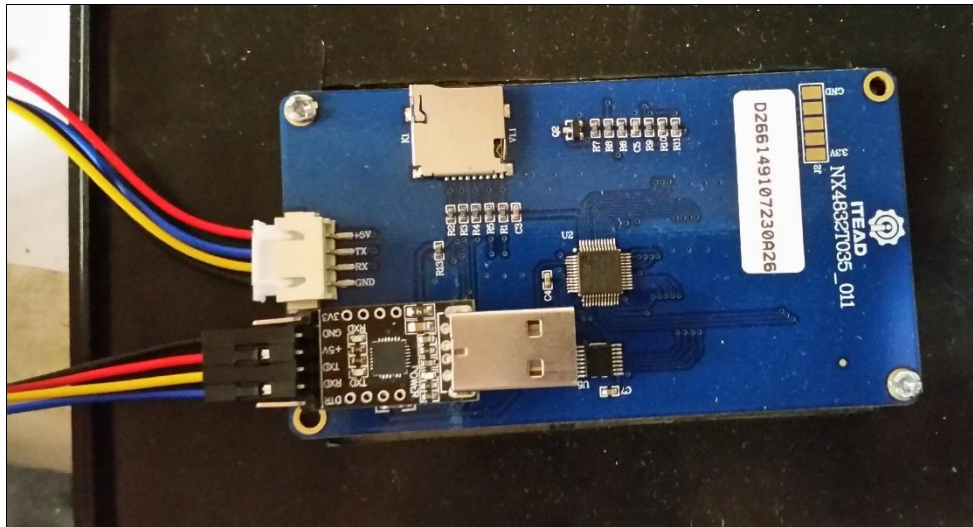


Figura 5.18 Conexión de Pantalla Nextion y Modulo TTL a USB

- e) Una vez realizada la siguiente conexión procedemos a ejecutar el comando Upload, se mostrará la siguiente pantalla, como se indica en la figura 5.19.
- Seleccionamos el puerto, en este caso COM5 que es del módulo TTL a USB, en Baud Rate seleccionamos el máximo 115200, que es la velocidad con la que se subirán los datos a la pantalla Nextion, finalmente presionamos el botón GO.

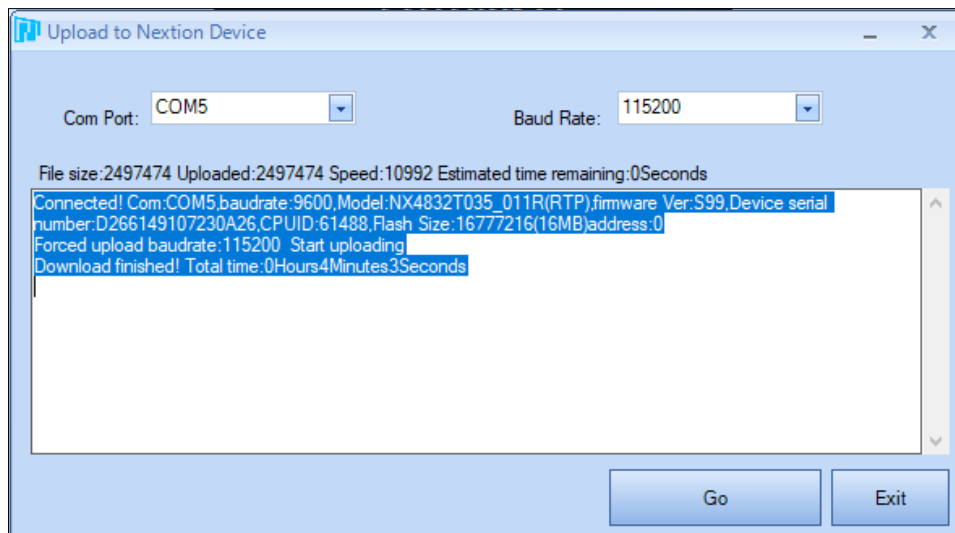


Figura 5.19 Upload de programa hacia la Pantalla Nextion

Como se observa existe la comunicación entre el programa Nextion y la pantalla, la velocidad a la que reciben los datos y el tiempo estimado, en el proceso de intercambio de datos la pantalla Nextion se mostrará como la figura 5.20.

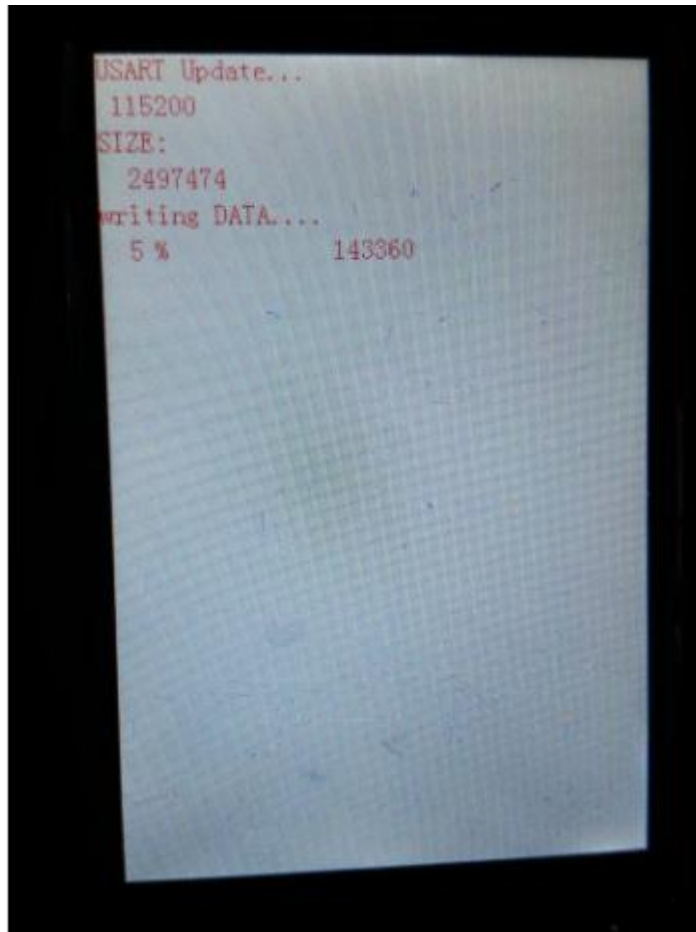


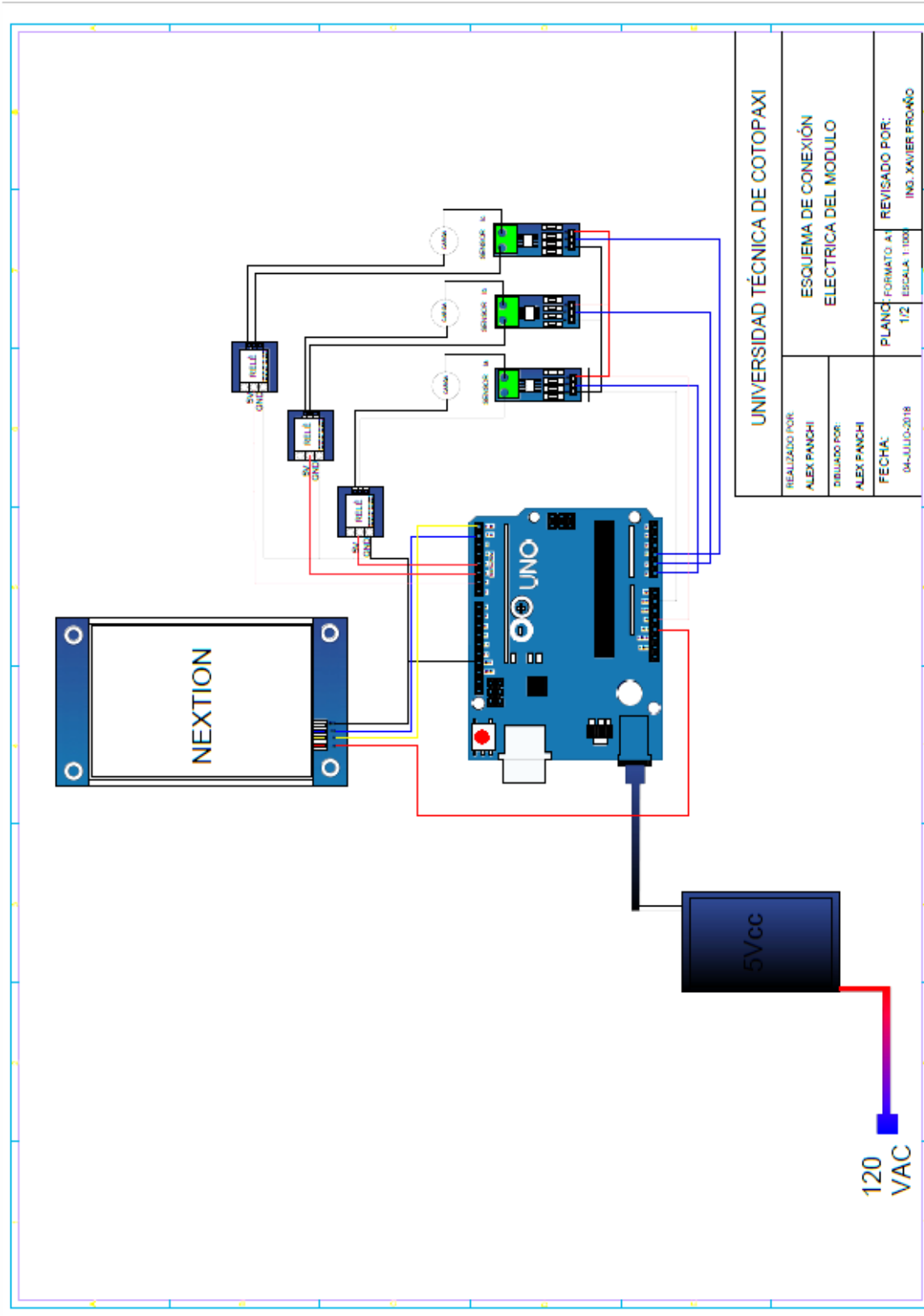
Figura 5.20 Pantalla Nextion cargando el programa

Debido que el tiempo de Upload de información es proporcional al número de bytes enviados es recomendable usar una micro SD para cargar el programa reduciendo el tiempo y evitando conectar a la PC.

5.6 Diagrama Eléctrico

El módulo didáctico de relé de sobre corriente se energiza mediante 120 Vcc, mediante rectificador reducimos el voltaje a 5Vdc, de esta forma alimentamos al módulo Arduino, al sensor de corriente, pantalla Nextion y demás componentes.

A continuación, en la figura 5.21, se detalla el plano de conexión del módulo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
REALIZADO POR: ALEX PANCHI	ESQUEMA DE CONEXIÓN ELECTRICA DEL MODULO
DISEÑADO POR: ALEX PANCHI	
FECHA: 04-JULIO-2018	PLANO: FORMATO A1 1/2 ESCALA: 1:1000
	REVISADO POR: ING. XAVIER PROAÑO

Figura 5.21 Conexión eléctrica de los módulos

5.7 Construcción del módulo de sobrecorriente

Una vez adquirido los elementos necesarios para la elaboración del módulo, sensores, pantalla Nextion y Placa Arduino y realizada la programación correspondiente en los diferentes equipos, procedemos al ensamblaje en general.

Debido que el equipo está conformado por diferentes elementos, procedemos a la elaboración de una placa en baquelita con el fin de evitar el cableado excesivo, como se muestra en la figura 5.22.

El siguiente esquema mostrado, se encuentra a una escala real de tal forma de ser necesario una réplica del módulo se puede usar este modelo sin ningún inconveniente.

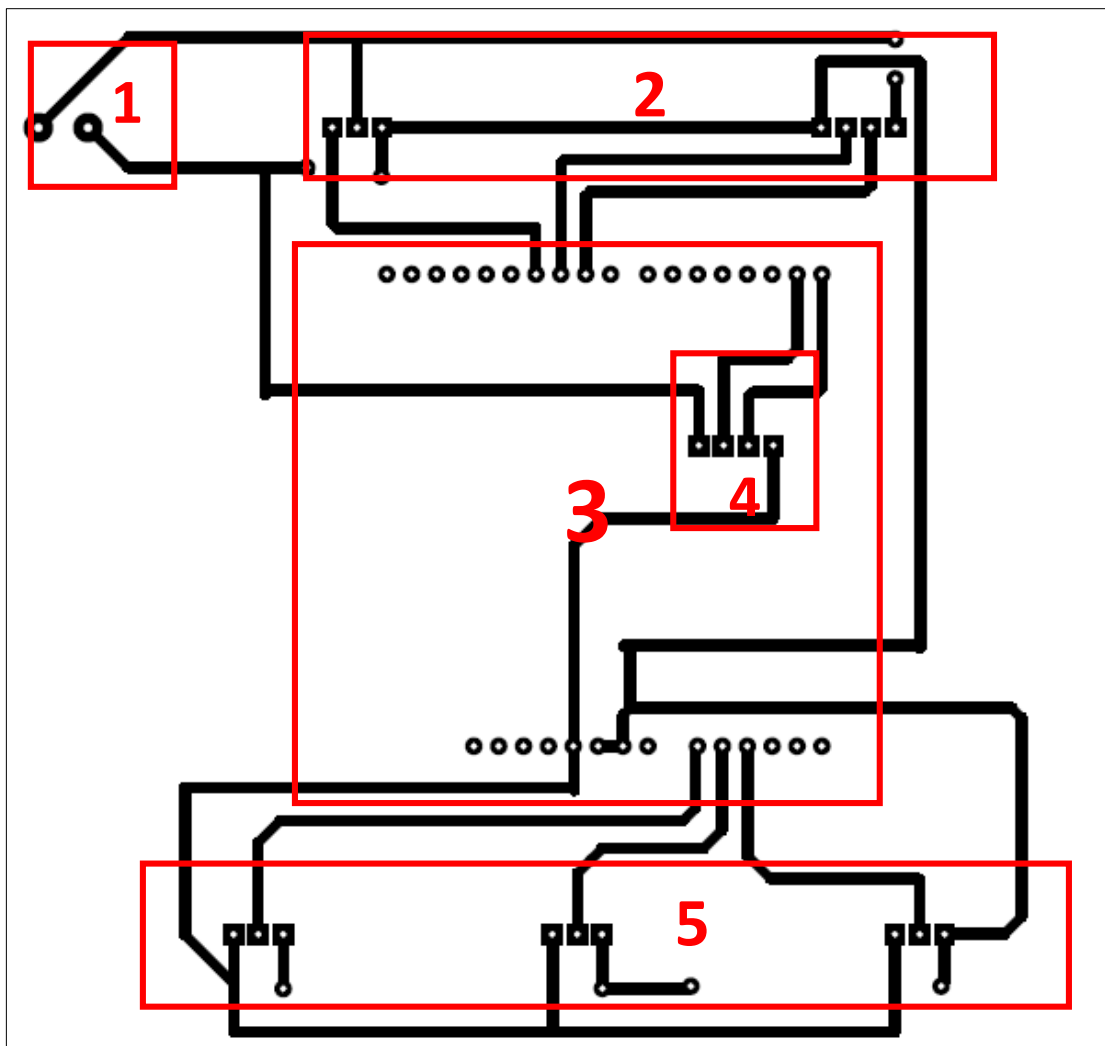


Figura 5.22 Diseño de Placa en Proteus.

Una vez realizado el correspondiente proceso se tendrá una placa adecuada para el funcionamiento del módulo didáctico.

Se detalla los pines de salida para cada elemento:

- Fuente 5 VCC para alimentación de relés.
- Pines de conexión para módulos de uno y dos relés
- Pines para la conexión de la placa Arduino.
- Pines de conexión de la pantalla Nextion.
- Pines de salida para conexión de sensores de efecto hall.

A continuación, se procede al ensamblaje de cada elemento.

La placa Arduino es el elemento principal, de tal forma que se instala en la parte inferior, de esta manera se evita el exceso de cableado. Como se muestra en la figura 5.23.



Figura 5.23 Placa del módulo con tarjeta Arduino vista inferior.

Finalmente se realiza la conexión de los sensores de corriente que se conectan en serie con los relés, como se puede observar en la figura 5.24.

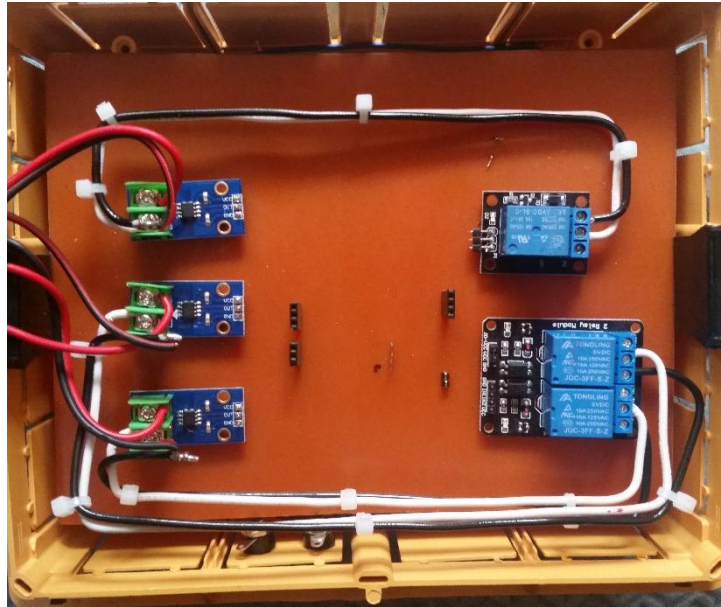


Figura 5.24 Placa del módulo con sensores, vista superior

La conexión se realiza como se muestra en la figura 5.25, los cables de color blanco y negro, una para cada fase, debido que las aperturas de carga son independientes. El módulo recibe la señal de corriente de la carga mediante los cables rojo y negro que ingresa a los sensores.

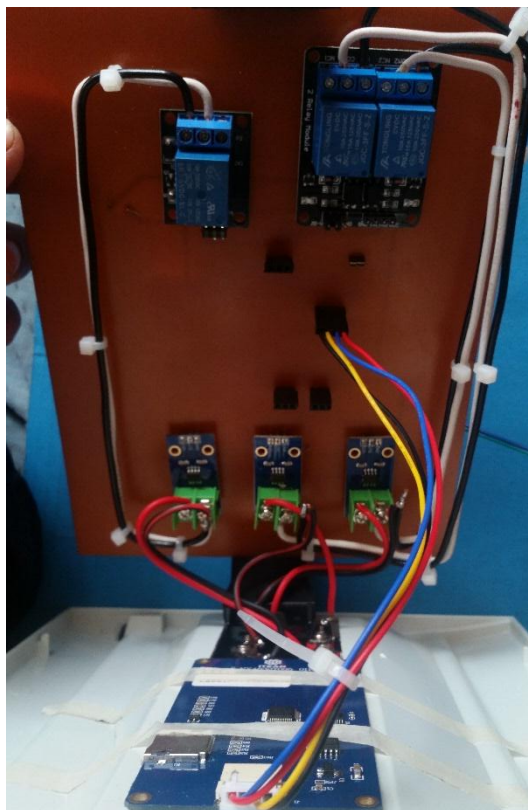


Figura 5.25 Placa del módulo con pantalla Nextion

La carga debe ser conectado en las siguientes borneras como se muestra en la figura 5.26, la entrada de la señal es la bornera A, B y C y las salidas son en A', B' y C', la carga máxima a conectar es de 10 A por fase.



Figura 5.26 Conexión de la carga en el módulo de sobrecorrientes

Finalmente al realizar el correspondiente conexionado el módulo se energiza mediante una fuente de 120VCA, y mediante un convertidor a 5 VCC, la conexión se realiza para cada fase A,B,C, en caso de existir una falla monofásica, el módulo se encargara de desconectar la fase fallada y las dos restantes operaran normalmente.

Una vez concluido con el ensamblaje total del módulo se procede a realizar pruebas de operación, y verificación de tiempos de operación y desconexión de carga.

5.8 Pruebas de medición de corriente en el módulo.

En un periodo de 16ms se registran 50 muestras, en el mismo tiempo calculamos el valor RMS, este valor de corriente es usado en prototipo de relé. A continuación, se presenta la tabla 5.6 donde se realiza una comparación entre la pinza amperimétrica TRUPER y el sensor de corriente del módulo.

Tabla 5.6 Mediciones de corrientes y cálculo de error

Carga[Ω]	Pinza Truper [A]	Módulo de relé [A]	Error (%)
171 OHM	0,678	0,672	0,88
86 OHM	1,346	1,351	0,348
43 OHM	1,971	2,011	1,005
15 OHM	8,1	8,14	0,1265

Para el cálculo del error usamos la siguiente expresión:

$$e\% = \frac{I_{truper} - I_{modulo}}{I_{truper}} * 100 \quad (5.3)$$

Se procede al cálculo del error en las diferentes medidas registradas:

$$e1\% = \frac{I_{truper} - I_{modulo}}{I_{truper}} * 100 = \frac{0,678 - 0,672}{0,678} * 100 = \mathbf{0,88\%}$$

$$e2\% = \frac{1,346 - 1,351}{1,436} * 100 = \mathbf{-0,348\%}$$

$$e3\% = \frac{1,99 - 2,01}{1,99} * 100 = \mathbf{1,005\%}$$

$$e4\% = \frac{8,1 - 8,14}{8,1} * 100 = \mathbf{-0,493\%}$$

Una vez realizada las mediciones de corriente, el módulo presenta un error superior de 1% e inferior de 0,348, de las muestras totales el error es de 0,3%, de esta forma las lecturas de corriente pueden ser usadas para el desarrollo del prototipo.

5.9 Pruebas de operación del módulo de sobrecorriente.

Una vez realizada las calibraciones correspondientes se han realizado pruebas de operación de tal manera que los tiempos de operación se manejen en rangos permitidos.

A continuación, se presentan unas tablas donde se calibro el Dial y Tap, de tal forma que se registra los tiempos de apertura de contactos

En la tabla 5.7 se visualiza los tiempos de operación calculados en el Excel y el tiempo de operación del módulo.

Tabla 5.7 Prueba con una curva Moderadamente Inversa

CURVA MODERADAMENTE INVERSA IEC						
Fase	Tap-50	I sec [A]	Tap-51	DIAL	Tiempo Módulo [s]	Tiempo Curvas EXCEL [s]
A	5	4,5	3	1	6,499	6,439
B	5	4,7	3	1	5,776	5,823
C	5	4,6	3	1	6,212	6,112

A continuación, se procede al cálculo del error, este valor está relacionado directamente por dos factores, en la pantalla Nextion se maneja con un decimal, es decir el valor mostrado en pantalla esta redondeado, de esta manera al verificar los tiempos de operación en Excel, se produce un error como se indica en la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Error de apertura de contactos para una curva moderadamente inversa

Fase	Error
A	0,00923219
B	-0,00813712
C	0,01609788

Bajo estas condiciones se observa que el error para una curva moderadamente inversa se obtiene un error en el rango del 1%.

En la tabla 5.9 se visualiza los tiempos de operación para una curva Muy inversa

Tabla 5.9 Prueba con una curva Muy Inversa

CURVA MUY INVERSA IEC						
Fase	Tap-50	I sec [A]	Tap-51	DIAL	Tiempo Módulo [s]	Tiempo Curvas EXCEL [s]
A	5	4,7	3	1	13,827	13,973
B	5	4,3	3	1	19,326	19,088
C	5	4,4	3	1	17,015	17,526

A continuación, se muestra la tabla 5.10 con los cálculos del error para una curva muy inversa.

Tabla 5.10 Error de apertura de contactos para una curva muy inversa

Fase	Error
A	-0,01055905
B	0,01231502
C	-0,03003232

Bajo un funcionamiento a una curva muy inversa se observa un error que se encuentra en el rango de del 1 al 3%.

En la tabla 5.11 se visualiza los tiempos de operación para una curva Extremadamente inversa

Tabla 5.11 Prueba con una curva Extremadamente Inversa IEC

CURVA EXTREMADAMENTE INVERSA IEC						
Fase	Tap-50	I sec [A]	Tap-51	DIAL	Tiempo Módulo [s]	Tiempo Curvas EXCEL [s]
A	5	4,7	3	2	39,828	38,899
B	5	4,8	3	2	37,225	36,275
C	5	4,6	3	2	43,100	41,865

A continuación, se muestra la tabla 5.12 con los cálculos del error para una curva Extremadamente inversa.

Tabla 5.12 Error de apertura de contactos para una curva extremadamente inversa

Fase	Error
A	0,0233253
B	0,02552048
C	0,02865429

Bajo un funcionamiento a una curva muy inversa se observa un error que se encuentra en el rango de del 1 al 2%.

En la tabla 5.13 se visualiza los tiempos de operación para una curva inversa CO8

Tabla 5.13 Prueba con una curva Inversa CO8

INVERSA CO8						
Fase	Tap-50	I sec [A]	Tap-51	DIAL	Tiempo Módulo [s]	Tiempo Curvas EXCEL [s]
A	5	4,1	3	1	6,799	6,758
B	5	4,6	3	1	4,627	4,583
C	5	4,5	3	1	4,883	4,999

En la tabla 5.14 se muestra el error con una curva inversa CO8 se observa un error que se encuentra en el rango de del 1 al 2%.

Tabla 5.14 Error de apertura de contactos para una curva muy inversa

Fase	Error
A	0,0060303
B	0,0095094
C	-0,02375589

Finalmente se realizó las pruebas para un tipo de curva Inversa CO2 en la tabla 5.15 se muestra los tiempos de operación.

Tabla 5.15 Prueba con una curva Inversa CO2

CORTO TIEMPO INVERSO CO2						
Fase	Tap-50	I sec [A]	Tap-51	DIAL	Tiempo Módulo [s]	Tiempo Curvas EXCEL [s]
A	5	4,2	3	1	3,605	3,556
B	5	4,8	3	1	2,625	2,547
C	5	3,9	3	1	4,256	5,449

En la tabla 5.16 se muestra el error calculado para una curva inversa C02, se observa que el error se encuentra en el rango de del 1 al 2%.

Tabla 5.16 Error de apertura de contactos para una curva muy inversa

Fase	Error
A	0,01359223
B	0,0297142
C	-0,28031015

En forma general el error registrado se encuentra en el rango del 1%, siendo aceptable para operar como un módulo didáctico.

6. PRESUPUESTO

6.1 Gastos directos

Gastos Directos están relacionados directamente con los equipos usados en la construcción del módulo de relé de sobrecorriente, en la tabla 6.1 se detallan los equipos.

Tabla 6.1 Presupuesto de equipos usados para la elaboración del modulo

Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Equipo de programación	2	20	40
Sensor de corriente	6	10	60
Conectores	12	0,25	3,75
Cable de conexión	50	0,25	12,50
Pantalla Nextion	2	50	100
Caja de protección	2	20	40
Pulsadores	9	0,25	2,25
TOTAL			258.5

6.2 Gastos Indirectos

Los gastos indirectos son aquellos que influyen en el proyecto, pero no directamente, pero son necesarios, a continuación, en la tabla 6.2 se indican los gastos indirectos del proyecto.

Tabla 6.2 Presupuesto de gastos indirectos para la elaboración del modulo

Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Transporte	3	2,00	6,00
Alimentación	7	2,00	14,00
Equipos de oficina	2	10,00	20,00
TOTAL			40,00

$$GD + GI = \$(258.5 + 40)$$

$$10\% \text{ de imprevistos} = 403,5 * 10\% = \$ 29.85$$

$$GT = GD + GI + 10\% \text{ de imprevistos}$$

$$GT = \$258.5 + \$40 + \$29,85 = \$328.35$$

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Mediante la recopilación de información obtenida de varias fuentes bibliográficas, es utilizada para la programación del módulo didáctico, funcionando a varios tipos de curvas, según en la norma IEEC.
- El error por apertura de contactos, más el error por envío de señal rodea los 2 milisegundos.
- El módulo está en la capacidad de registrar las fallas por sobrecarga o cortocircuito y desenergiza la fase altera, asegurado la continuidad del servicio en las dos fases restantes, en caso que la falla sea trifásica la desconexión es en las tres fases.
- El módulo de sobrecorriente tiene un tiempo de respuesta mínimo de 9 milisegundos, tiempo destinado al cálculo del valor RMS de corriente, el tiempo de apertura de contactos cuando alcance o supere el valor del Tap instantáneo rodea los 11 milisegundos.
- El error de apertura de contactos, obtenido en las pruebas realizadas se encuentra en un rango de 1%, siendo favorable para el uso académico.
- El funcionamiento del módulo es de fácil uso para los estudiantes, por cuanto la lectura como ingreso de variables para la calibración es muy fácil, debido que existe un HMI que ayuda el proceso.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la elaboración de un módulo de inyección de corriente o de cargas para realizar las pruebas correspondientes de su operación y funcionamiento.
- Por seguridad del equipo no ingresar más de 10 A por fase, debido que puede dañar los contactos del módulo, el rango de operación adecuada se mantiene en el rango de 0 a 10A.
- Antes de usar el módulo para las correspondientes pruebas debe tener una instrucción acerca del funcionamiento y parámetros de calibración.
- Evitar el envío de variables desde Nextion a Arduino por cuanto el proceso ralentiza las lecturas y genera un error en envío de datos, este error será reflejado en tiempos de desconexión de carga.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Samuel, Protección de Sistemas Eléctricos, Manizales: Universidad Nacional de Colombia Manizales, 2012.
- [2] U. d. I. R. d. Uruguay, «Calculo de las corrientes de cortocircuitos,» [En línea]. Available: https://iie.fing.edu.uy/ense/assign/iiee/Documentos/Teorico/Calculo_de_las_corrientes_de_cortocircuito.pdf. [Último acceso: 25 02 2018].
- [3] D. Fernandez, Instalaciones eléctricas industriales I, Cochabamba-Bolivia: Universidad Mayor de San Simon, 202.
- [4] Schneider-electric, «Cuaderno Tecnico N°158, Cálculo de corrientes de cortocircuito,» vol. 1, n° 14, p. 38, 2000.
- [5] C. d. O. E. d. S. I. Nacional, Criterios de ajustes y coordinación de los sistemas de protección del SEIN, Quito, 2014.
- [6] A. Salvador, «NGENIERÍA DE DISEÑO PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS RELÉS MULTIFUNCION DE LA CENTRAL MAZAR EN LAS CENTRAL MOLINO PERTENECIENTE A CELEC EP.,» vol. 1, n° 34, p. 261, 2015.
- [7] A. MicroSystems, Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC, Massachusetts, 2017.
- [8] PanamaHitex, «PanamaHitex,» [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/el-setup-y-el-loop-en-arduino/>. [Último acceso: 18 07 18].
- [9] P. C. S. V. León Miguel, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE, PARA ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [10] V. M. C. G. Conde Enriquez, Diseño teórico y simulación de un relevador de sobrecorriente con capacidades dinámicas de ajuste, México: SciELO, 2010.
- [11] G. Francisco, Sistemas Electricos de Potencia, giaELEC.org, 2007.
- [12] EcuARED, «Proteccion de sobrecorriente,» Conocimiento con todos y para todos, vol. I, n° 1, p. 3, 2018.
- [13] R. Raul, «Programa digital de coordinacion de protecciones de sobrecorriente,» *Escuela Politecnica Nacional*, vol. 1, n° 15, p. 125, 1981.
- [14] B. Martha, «Coordinacion de reles de sobrecorriente en sistemas de distribucion con penetracion de generacion distribuida,» vol. 1, n° 27, p. 57, 2015.

- [15] M. G. Zapata Carlos, «Coordinación de relés de sobrecorriente en sistemas radiales utilizando programación lineal,» Universidad Tecnológica de Pereira, vol. I, n° 1, p. 6, 2003.
- [16] A. Jose, «ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA LOS CUATRO ALIMENTADORES PRIMARIOS DE LA SUBESTACION LA ESPERANZA, DE LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE.,» vol. 1, n° 1, p. 106, 2015.
- [17] R. Diosdado, «Zona,» 1 09 2014. [En línea]. Available: <https://www.zonamaker.com/descargas/Arduino/Manual-Arduino.pdf>. [Último acceso: 24 04 2018].

ANEXOS

Anexo I. Programación de la tarjeta Arduino.

Para el desarrollo del programa se declara los botones de Nextion a ser usados en Arduino con la finalidad de evitar conflictos de adquisición y envío de datos

DECLARACIÓN DE BOTONES Y TEXTO
<pre>NexButton selec_rtc = NexButton(2, 5, "b3"); NexText ia = NexText(2, 6, "ia"); NexText ib = NexText(2, 7, "ib"); NexText ic = NexText(2, 8, "ic"); NexText IA = NexText(2, 9, "IA"); NexText IB = NexText(2, 10, "IB"); NexText IC = NexText(2, 11, "IC"); NexNumber RTC = NexNumber(2, 12, "RTC"); NexText constante = NexText(5, 13, "constante"); NexText expo = NexText(5, 15, "expo"); NexText sum = NexText(5, 24, "sum"); NexText t_opA = NexText(5, 7, "t_opA"); NexText t_opB = NexText(5, 26, "t_opB"); NexText t_opC = NexText(5, 27, "t_opC"); NexNumber dial = NexNumber(5, 3, "dial"); NexText t_apA = NexText(5, 8, "t_apA"); NexText t_apB = NexText(5, 18, "t_apB"); NexText t_apC = NexText(5, 19, "t_apC"); NexText tap_tem = NexText(5, 5, "tap_tem"); NexText tap_ins = NexText(5, 23, "tap_ins"); NexText TAPA = NexText(5, 20, "TAPA"); NexText TAPB = NexText(5, 21, "TAPB"); NexText TAPC = NexText(5, 22, "TAPC"); NexButton parametro_carga_5 = NexButton(5, 2, "b0"); NexButton home_5 = NexButton(5, 4, "b1"); NexButton ajuste_tc_5 = NexButton(5, 6, "b2"); NexText RUN = NexText(5, 17, "RUN");</pre>

DECLARACIÓN DE PUERTOS PWM, PARA APERTURA DE CONTACTOS
<pre>pinMode(9,OUTPUT); digitalWrite(9,LOW); pinMode(10,OUTPUT); digitalWrite(10,LOW); pinMode(11,OUTPUT); digitalWrite(11,LOW);</pre>

Para la medición de la corriente lo realizamos por medio de las entradas analógicas, usando las líneas de programación se obtiene un valor RMS de la corriente ingresada.

LECTURA DE CORRIENTE Y CÁLCULO DE VALOR RMS

```
rms=0;
RMS=0;
for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
{
  microseconds = micros();
  float voltajeSensorA= analogRead(current)*(5.0 / 1023.0);
  //Serial.println(voltajeSensorA);
  float IA=(voltajeSensorA-2.5)/Sensibilidad;
  //delay(500);
  muestrasA[i] = pow(IA,2);
  while(micros() < (microseconds + sampling_period_us)){
  }
}
for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
{
  rms=rms+muestrasA[i] ;
}
RMS=sqrt(rms/(SAMPLES))*0.96837;
return RMS;
}
```

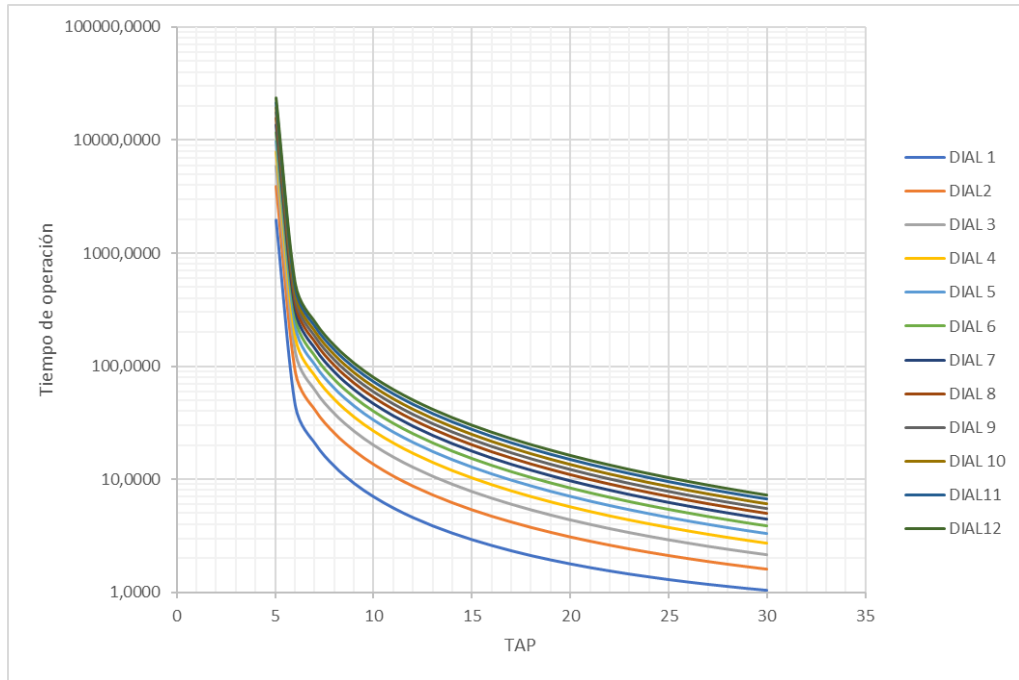
Debido que el sistema conectado puede ser una carga desbalanceada, se procede al cálculo de los tiempos de operación por fase, es caso de encontrarse en sobrecarga o cortocircuito, el módulo sacara de servicio la fase fallada.

CALCULO DE TIEMPO DE OPERACIÓN POR FASE.

```
tiempoA=1000*(((Dial_ard)*(Constante_ard/(pow(Tap_calA/Tap,Expo_ard)-1)))+Sum_ard);
timA=tiempoA;
if(tA>=(timA)){
  digitalWrite(11,HIGH);
}
tiempoB=1000*(((Dial_ard)*(Constante_ard/(pow(Tap_calB/Tap,Expo_ard)-1)))+Sum_ard);
timB=tiempoB;
if(tB>=(timB)){
  digitalWrite(10,HIGH);
}
tiempoC=1000*(((Dial_ard)*(Constante_ard/(pow(Tap_calC/Tap,Expo_ard)-1)))+Sum_ard);
timC=tiempoC;

if(tC>=(timC)){
  digitalWrite(9,HIGH);
}
```

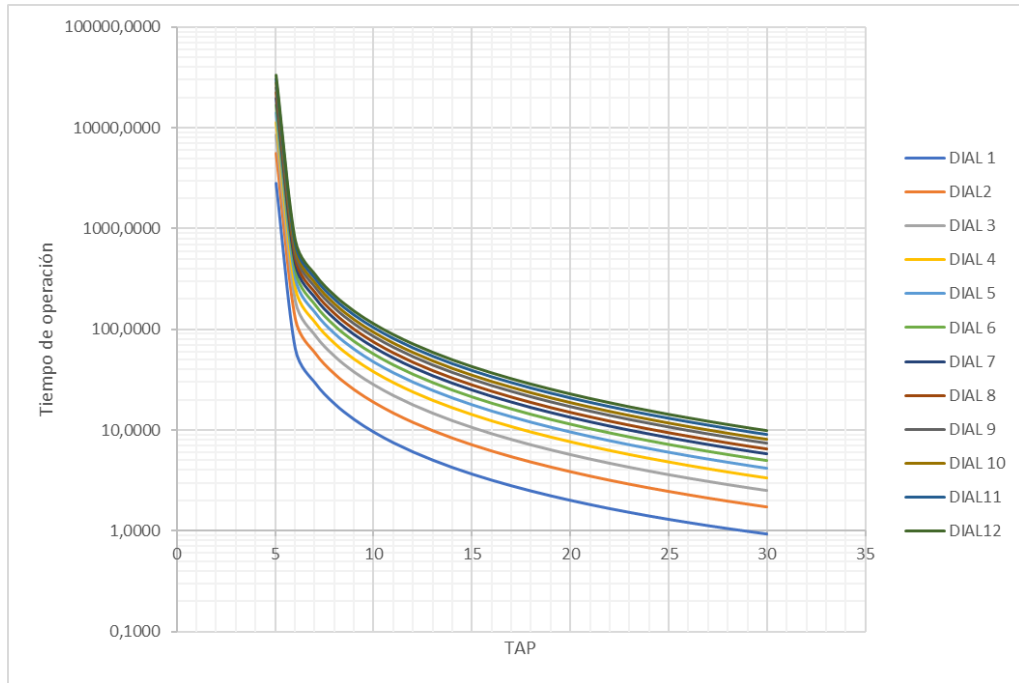
Anexo II. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente muy inversa.



Anexo III. Tiempos de Operación curva muy inversa

Isec	DIAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	2446,8483	4893,2056	7339,5629	9785,9201	#####	14678,6347	17124,9920	19571,3493	22017,7066	24464,0639	26910,4211	29356,7784
6	45,0592	89,6274	134,1955	178,7637	223,3319	267,9001	312,4683	357,0365	401,6046	446,1728	490,7410	535,3092
7	20,9181	41,3452	61,7723	82,1993	102,6264	123,0535	143,4806	163,9077	184,3348	204,7618	225,1889	245,6160
8	13,1306	25,7702	38,4098	51,0494	63,6890	76,3286	88,9682	101,6078	114,2474	126,8869	139,5265	152,1661
9	9,3115	18,1321	26,9526	35,7731	44,5937	53,4142	62,2347	71,0553	79,8758	88,6963	97,5169	106,3374
10	7,0862	13,6814	20,2766	26,8718	33,4670	40,0622	46,6574	53,2525	59,8477	66,4429	73,0381	79,6333
11	5,6489	10,8068	15,9647	21,1226	26,2805	31,4383	36,5962	41,7541	46,9120	52,0699	57,2278	62,3857
12	4,6554	8,8199	12,9843	17,1488	21,3132	25,4777	29,6421	33,8065	37,9710	42,1354	46,2999	50,4643
13	3,9348	7,3786	10,8224	14,2662	17,7100	21,1538	24,5976	28,0414	31,4852	34,9290	38,3728	41,8166
14	3,3927	6,2944	9,1961	12,0978	14,9996	17,9013	20,8030	23,7047	26,6064	29,5081	32,4098	35,3115
15	2,9732	5,4554	7,9376	10,4198	12,9020	15,3841	17,8663	20,3485	22,8307	25,3129	27,7951	30,2773
16	2,6410	4,7910	6,9410	9,0910	11,2411	13,3911	15,5411	17,6911	19,8411	21,9911	24,1411	26,2911
17	2,3730	4,2550	6,1369	8,0189	9,9009	11,7829	13,6648	15,5468	17,4288	19,3108	21,1927	23,0747
18	2,1532	3,8155	5,4777	7,1400	8,8022	10,4645	12,1267	13,7889	15,4512	17,1134	18,7757	20,4379
19	1,9706	3,4503	4,9299	6,4096	7,8892	9,3689	10,8485	12,3282	13,8078	15,2875	16,7671	18,2468
20	1,8171	3,1433	4,4694	5,7955	7,1217	8,4478	9,7739	11,1000	12,4262	13,7523	15,0784	16,4046
21	1,6867	2,8825	4,0782	5,2739	6,4697	7,6654	8,8611	10,0568	11,2526	12,4483	13,6440	14,8398
22	1,5750	2,6589	3,7429	4,8268	5,9108	6,9948	8,0787	9,1627	10,2466	11,3306	12,4146	13,4985
23	1,4784	2,4658	3,4532	4,4405	5,4279	6,4153	7,4027	8,3901	9,3775	10,3649	11,3522	12,3396
24	1,3943	2,2977	3,2010	4,1043	5,0077	5,9110	6,8144	7,7177	8,6210	9,5244	10,4277	11,3310
25	1,3207	2,1504	2,9801	3,8099	4,6396	5,4693	6,2990	7,1287	7,9584	8,7881	9,6178	10,4476
26	1,2558	2,0207	2,7855	3,5504	4,3152	5,0800	5,8449	6,6097	7,3746	8,1394	8,9042	9,6691
27	1,1984	1,9057	2,6131	3,3205	4,0278	4,7352	5,4426	6,1500	6,8573	7,5647	8,2721	8,9794
28	1,1472	1,8034	2,4596	3,1158	3,7720	4,4282	5,0844	5,7406	6,3968	7,0531	7,7093	8,3655
29	1,1014	1,7119	2,3223	2,9328	3,5432	4,1537	4,7641	5,3746	5,9850	6,5955	7,2059	7,8164
30	1,0604	1,6297	2,1991	2,7684	3,3378	3,9072	4,4765	5,0459	5,6152	6,1846	6,7540	7,3233

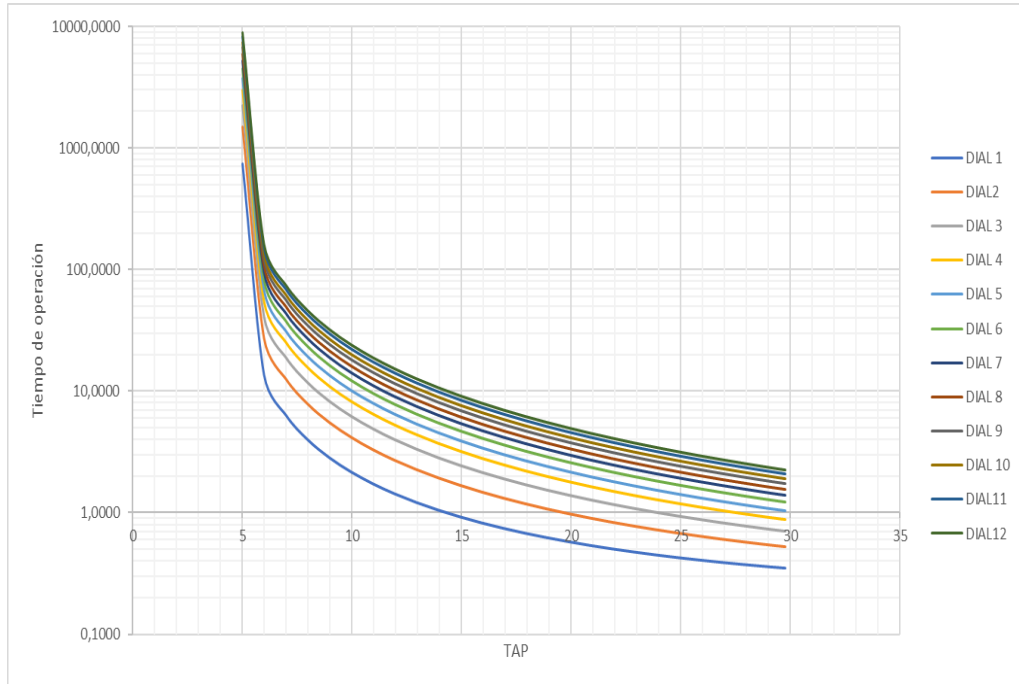
Anexo IV. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente extremadamente inversa



Anexo V Tiempos de Operación curva extremadamente inversa

Isec	DIAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	3518,0858	7036,0498	#####	#####	#####	21107,9061	24625,8702	28143,8343	31661,7983	35179,7624	38697,7265	42215,6906
6	64,2126	128,3035	192,3944	256,4853	320,5762	384,6672	448,7581	512,8490	576,9399	641,0308	705,1217	769,2126
7	29,4967	58,8717	88,2467	117,6217	146,9967	176,3717	205,7467	235,1217	264,4967	293,8717	323,2467	352,6217
8	18,2980	36,4742	54,6505	72,8268	91,0030	109,1793	127,3556	145,5318	163,7081	181,8844	200,0606	218,2369
9	12,8060	25,4903	38,1746	50,8589	63,5432	76,2275	88,9118	101,5961	114,2804	126,9646	139,6489	152,3332
10	9,6059	19,0900	28,5742	38,0584	47,5425	57,0267	66,5108	75,9950	85,4792	94,9633	104,4475	113,9317
11	7,5390	14,9562	22,3735	29,7907	37,2080	44,6253	52,0425	59,4598	66,8771	74,2943	81,7116	89,1288
12	6,1103	12,0990	18,0876	24,0763	30,0649	36,0536	42,0422	48,0308	54,0195	60,0081	65,9968	71,9854
13	5,0740	10,0264	14,9787	19,9310	24,8833	29,8357	34,7880	39,7403	44,6926	49,6450	54,5973	59,5496
14	4,2945	8,4673	12,6400	16,8128	20,9856	25,1584	29,3312	33,5040	37,6767	41,8495	46,0223	50,1951
15	3,6912	7,2607	10,8302	14,3997	17,9692	21,5387	25,1082	28,6777	32,2472	35,8166	39,3861	42,9556
16	3,2135	6,3053	9,3971	12,4889	15,5807	18,6725	21,7643	24,8562	27,9480	31,0398	34,1316	37,2234
17	2,8281	5,5344	8,2408	10,9471	13,6535	16,3599	19,0662	21,7726	24,4790	27,1853	29,8917	32,5980
18	2,5121	4,9024	7,2928	9,6832	12,0736	14,4639	16,8543	19,2447	21,6351	24,0254	26,4158	28,8062
19	2,2495	4,3773	6,5051	8,6329	10,7607	12,8885	15,0163	17,1441	19,2719	21,3997	23,5275	25,6553
20	2,0287	3,9358	5,8428	7,7498	9,6569	11,5639	13,4709	15,3780	17,2850	19,1920	21,0991	23,0061
21	1,8412	3,5607	5,2802	6,9997	8,7192	10,4388	12,1583	13,8778	15,5973	17,3168	19,0363	20,7558
22	1,6805	3,2393	4,7980	6,3568	7,9156	9,4744	11,0332	12,5919	14,1507	15,7095	17,2683	18,8271
23	1,5416	2,9615	4,3814	5,8013	7,2212	8,6411	10,0610	11,4809	12,9008	14,3207	15,7406	17,1605
24	1,4207	2,7198	4,0188	5,3178	6,6169	7,9159	9,2150	10,5140	11,8130	13,1121	14,4111	15,7101
25	1,3149	2,5080	3,7012	4,8943	6,0875	7,2807	8,4738	9,6670	10,8602	12,0533	13,2465	14,4396
26	1,2216	2,3214	3,4213	4,5212	5,6211	6,7209	7,8208	8,9207	10,0205	11,1204	12,2203	13,3202
27	1,1389	2,1562	3,1734	4,1906	5,2078	6,2251	7,2423	8,2595	9,2767	10,2940	11,3112	12,3284
28	1,0654	2,0090	2,9527	3,8963	4,8400	5,7836	6,7273	7,6709	8,6146	9,5582	10,5019	11,4455
29	0,9996	1,8774	2,7553	3,6331	4,5110	5,3888	6,2667	7,1445	8,0224	8,9002	9,7781	10,6559
30	0,9405	1,7592	2,5780	3,3968	4,2155	5,0343	5,8530	6,6718	7,4906	8,3093	9,1281	9,9469

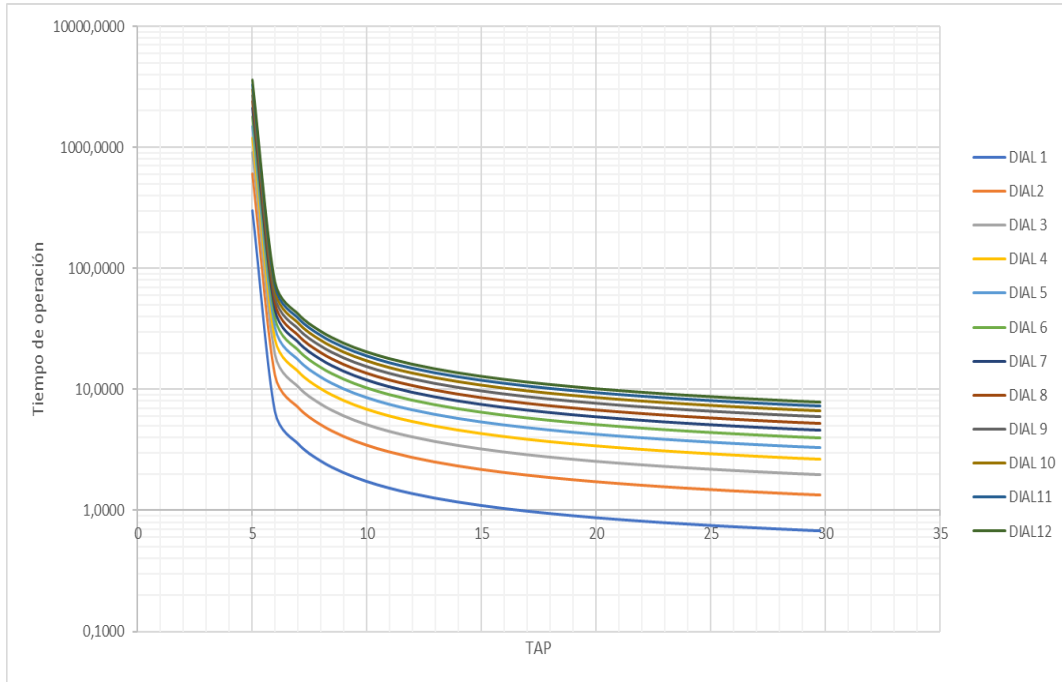
Anexo VI. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente CO8



Anexo VII Tiempos de Operación curva C08

	DIAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
isec	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
5	742,4455	1484,7109	2226,9764	2969,2419	3711,5073	4453,7728	5196,0383	5938,3038	6680,5692	7422,8347	8165,1002	8907,3656
6	13,7027	27,2255	40,7482	54,2709	67,7936	81,3164	94,8391	108,3618	121,8845	135,4073	148,9300	162,4527
7	6,3779	12,5758	18,7738	24,9717	31,1696	37,3675	43,5654	49,7633	55,9613	62,1592	68,3571	74,5550
8	4,0151	7,8501	11,6852	15,5203	19,3553	23,1904	27,0254	30,8605	34,6956	38,5306	42,3657	46,2008
9	2,8563	5,5326	8,2089	10,8852	13,5615	16,2378	18,9141	21,5904	24,2667	26,9430	29,6193	32,2956
10	2,1811	4,1822	6,1833	8,1844	10,1855	12,1865	14,1876	16,1887	18,1898	20,1909	22,1920	24,1931
11	1,7450	3,3100	4,8750	6,4400	8,0049	9,5699	11,1349	12,6999	14,2649	15,8299	17,3949	18,9599
12	1,4436	2,7071	3,9707	5,2342	6,4978	7,7614	9,0249	10,2885	11,5520	12,8156	14,0792	15,3427
13	1,2249	2,2698	3,3147	4,3596	5,4045	6,4494	7,4943	8,5392	9,5842	10,6291	11,6740	12,7189
14	1,0604	1,9409	2,8213	3,7017	4,5821	5,4626	6,3430	7,2234	8,1038	8,9843	9,8647	10,7451
15	0,9331	1,6863	2,4394	3,1926	3,9457	4,6988	5,4520	6,2051	6,9582	7,7114	8,4645	9,2177
16	0,8323	1,4847	2,1370	2,7894	3,4417	4,0941	4,7464	5,3988	6,0511	6,7035	7,3558	8,0082
17	0,7510	1,3220	1,8931	2,4641	3,0351	3,6061	4,1772	4,7482	5,3192	5,8902	6,4613	7,0323
18	0,6844	1,1887	1,6931	2,1974	2,7018	3,2061	3,7105	4,2148	4,7192	5,2235	5,7279	6,2322
19	0,6290	1,0779	1,5269	1,9758	2,4248	2,8737	3,3227	3,7716	4,2206	4,6695	5,1185	5,5674
20	0,5824	0,9847	1,3871	1,7895	2,1919	2,5942	2,9966	3,3990	3,8013	4,2037	4,6061	5,0084
21	0,5428	0,9056	1,2684	1,6312	1,9940	2,3568	2,7196	3,0824	3,4452	3,8080	4,1708	4,5337
22	0,5089	0,8378	1,1667	1,4956	1,8245	2,1533	2,4822	2,8111	3,1400	3,4689	3,7978	4,1267
23	0,4796	0,7792	1,0788	1,3784	1,6779	1,9775	2,2771	2,5767	2,8763	3,1759	3,4755	3,7751
24	0,4541	0,7282	1,0023	1,2763	1,5504	1,8245	2,0986	2,3727	2,6468	2,9209	3,1950	3,4690
25	0,4317	0,6835	0,9352	1,1870	1,4387	1,6905	1,9422	2,1940	2,4457	2,6975	2,9492	3,2010
26	0,4121	0,6441	0,8762	1,1083	1,3403	1,5724	1,8045	2,0365	2,2686	2,5007	2,7327	2,9648
27	0,3946	0,6093	0,8239	1,0385	1,2531	1,4678	1,6824	1,8970	2,1116	2,3263	2,5409	2,7555
28	0,3791	0,5782	0,7773	0,9764	1,1755	1,3746	1,5737	1,7728	1,9719	2,1710	2,3701	2,5692
29	0,3652	0,5504	0,7357	0,9209	1,1061	1,2913	1,4765	1,6618	1,8470	2,0322	2,2174	2,4026
30	0,3528	0,5255	0,6983	0,8710	1,0438	1,2165	1,3893	1,5620	1,7348	1,9075	2,0803	2,2530

Anexo VIII. Gráfico de curvas de relé de sobre corriente CO2



Anexo IX Tiempos de Operación curva C02

	DIAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lsec	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
5	299,3521	598,6872	898,0224	1197,3575	1496,6927	1796,0278	2095,3630	2394,6981	2694,0333	2993,3684	3292,7036	3592,0387
6	6,5593	13,1017	19,6441	26,1865	32,7290	39,2714	45,8138	52,3562	58,8986	65,4410	71,9834	78,5258
7	3,5565	7,0961	10,6358	14,1754	17,7150	21,2546	24,7942	28,3339	31,8735	35,4131	38,9527	42,4923
8	2,5566	5,0962	7,6359	10,1755	12,7152	15,2548	17,7945	20,3342	22,8738	25,4135	27,9531	30,4928
9	2,0470	4,0772	6,1073	8,1375	10,1676	12,1978	14,2279	16,2580	18,2882	20,3183	22,3485	24,3786
10	1,7373	3,4578	5,1782	6,8987	8,6191	10,3396	12,0600	13,7804	15,5009	17,2213	18,9418	20,6622
11	1,5282	3,0395	4,5509	6,0622	7,5735	9,0848	10,5962	12,1075	13,6188	15,1301	16,6415	18,1528
12	1,3769	2,7370	4,0970	5,4571	6,8171	8,1772	9,5372	10,8973	12,2573	13,6174	14,9774	16,3375
13	1,2621	2,5072	3,7524	4,9975	6,2427	7,4878	8,7330	9,9781	11,2233	12,4684	13,7136	14,9587
14	1,1716	2,3262	3,4809	4,6356	5,7902	6,9449	8,0995	9,2542	10,4089	11,5635	12,7182	13,8729
15	1,0983	2,1796	3,2610	4,3424	5,4238	6,5051	7,5865	8,6679	9,7493	10,8306	11,9120	12,9934
16	1,0376	2,0582	3,0789	4,0996	5,1203	6,1409	7,1616	8,1823	9,2029	10,2236	11,2443	12,2650
17	0,9864	1,9558	2,9253	3,8948	4,8643	5,8337	6,8032	7,7727	8,7422	9,7116	10,6811	11,6506
18	0,9425	1,8682	2,7938	3,7194	4,6451	5,5707	6,4964	7,4220	8,3476	9,2733	10,1989	11,1245
19	0,9045	1,7921	2,6798	3,5674	4,4550	5,3426	6,2302	7,1179	8,0055	8,8931	9,7807	10,6684
20	0,8712	1,7255	2,5798	3,4341	4,2884	5,1427	5,9970	6,8513	7,7056	8,5598	9,4141	10,2684
21	0,8417	1,6665	2,4913	3,3161	4,1409	4,9657	5,7905	6,6153	7,4401	8,2649	9,0897	9,9145
22	0,8154	1,6139	2,4124	3,2109	4,0094	4,8079	5,6063	6,4048	7,2033	8,0018	8,8003	9,5988
23	0,7917	1,5666	2,3414	3,1163	3,8911	4,6660	5,4408	6,2157	6,9905	7,7654	8,5402	9,3151
24	0,7704	1,5238	2,2773	3,0308	3,7842	4,5377	5,2912	6,0446	6,7981	7,5516	8,3050	9,0585
25	0,7509	1,4849	2,2190	2,9530	3,6870	4,4210	5,1550	5,8891	6,6231	7,3571	8,0911	8,8251
26	0,7331	1,4494	2,1656	2,8819	3,5981	4,3144	5,0306	5,7468	6,4631	7,1793	7,8956	8,6118
27	0,7168	1,4167	2,1167	2,8166	3,5165	4,2164	4,9163	5,6162	6,3162	7,0161	7,7160	8,4159
28	0,7018	1,3866	2,0715	2,7564	3,4412	4,1261	4,8109	5,4958	6,1807	6,8655	7,5504	8,2353
29	0,6878	1,3588	2,0297	2,7006	3,3715	4,0425	4,7134	5,3843	6,0552	6,7262	7,3971	8,0680
30	0,6749	1,3329	1,9908	2,6488	3,3068	3,9648	4,6228	5,2808	5,9387	6,5967	7,2547	7,9127

Anexo X. Hojas de Practicas de laboratorio para el uso del relé de sobrecorrientes.

GUÍA DE PRÁCTICA DE USO DEL MÓDULO DE SOBRECORRIENTE.

PREPARATORIO No 1

TEMA:

Relé de sobre corriente de tiempo inverso característica de operación y elementos que lo componen.

OBJETIVOS

- Conocer las diferentes partes que constituyen al relé de sobre corriente de tiempo inverso.
- Conocer los valores de accionamiento (PICKUP) y DIAL.

MARCO TEÓRICO

- Consultar los diferentes tipos de protecciones eléctricas.
- Parámetros de configuración del relé de sobrecorriente tiempo inverso e instantáneo.

LABORATORIO

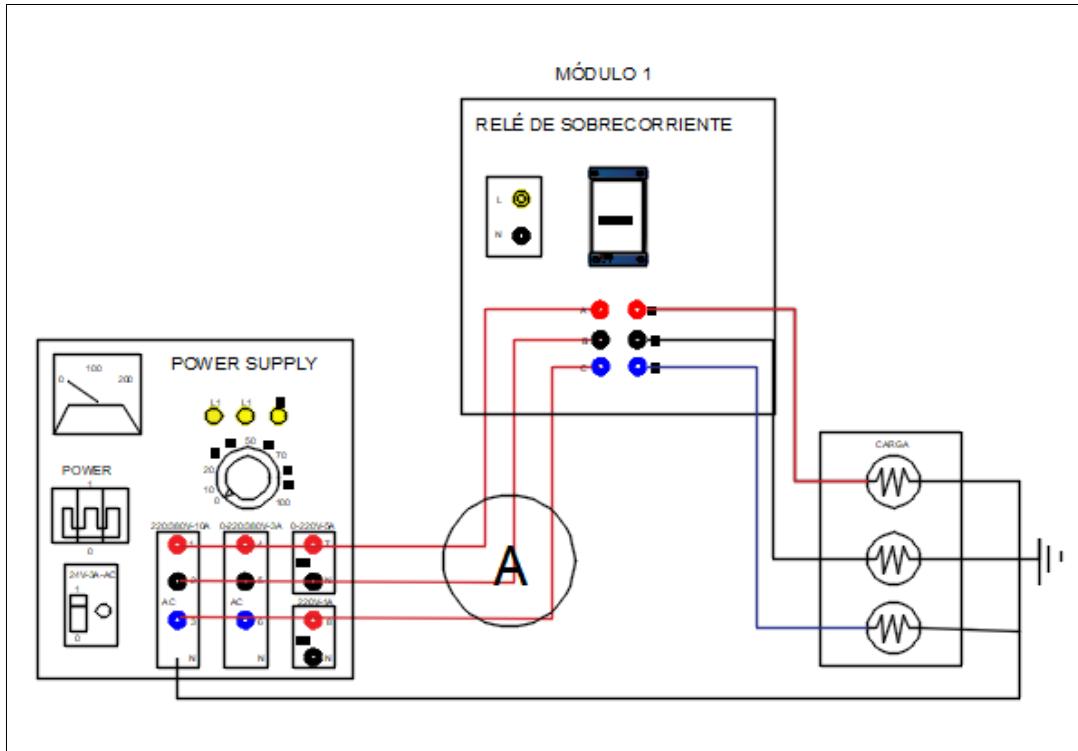
Experimento No. 1

EQUIPOS

- Relé de sobrecorriente de tiempo inverso.
- Resistencia variable (50 OHM - 2.2 Amp).
- Banco de Resistencia.
- Amperímetro AC.

PROCEDIMIENTO

1. Monte el circuito de la figura.



2. Ajuste la carga a su mínimo valor.
3. Accione el interruptor ON/OFF.
4. Anote el valor reflectado por el amperímetro.
5. Seleccione un tipo de curva (Normal Inversa)
6. Ajuste el Tap 50 en la posición No. 3 y TAP 51 en la posición No. 7, e ingrese la carga en pasos de 1 A,
7. Presione en la pantalla del relé de sobrecorriente en botón STAR y registre el tiempo de operación en la tabla.

Corriente en el secundario

		Fase	2	3	4	5	6	7	8
DIAL No 1	t(seg)	A							
		B							
		C							
DIAL No 3	t(seg)	A							
		B							
		C							

8. Realice la gráfica de operación con los valores obtenidos en la tabla anterior, para el Dial 1 y 3.
9. Apague el interruptor de la fuente
10. Desconecte el circuito.

CUESTIONARIO

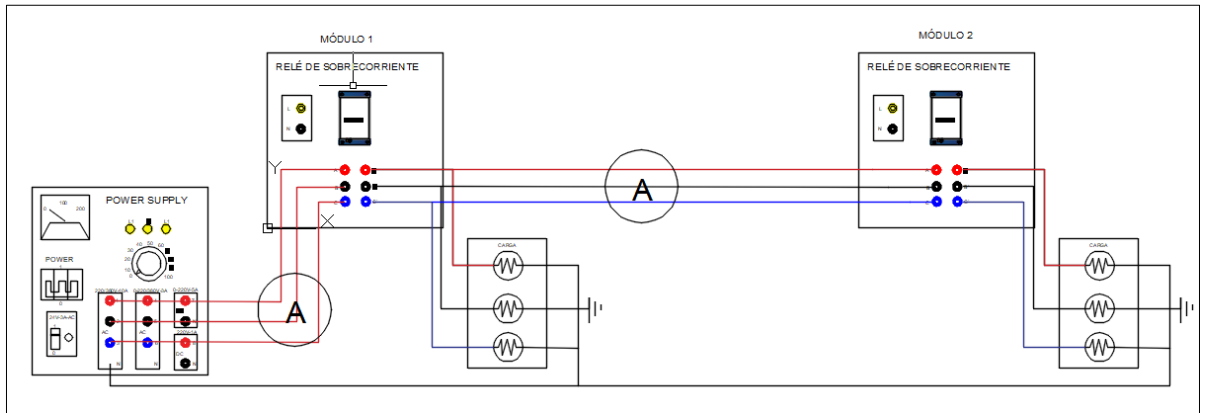
¿Explique porque los valores de accionamiento son diferentes?

¿Qué sucede cuando la corriente de la carga se encuentra en 2A, el relé de sobrecorriente opera o no y por qué?

¿Qué sucede cuando la corriente de la carga se encuentra en el rango de 3-6A, el relé de sobrecorriente opera o no y por qué?

¿Qué sucede cuando la corriente de la carga se encuentra en los 7A, el relé de sobrecorriente opera o no y por qué?

2. Monte el circuito de la figura.



3. Ajuste los parámetros mostrados en las tablas para los relés

Relé 2

Página Ajuste del TC **Página Parámetros Carga** **Página curva de relé**

Selección de RTC	Ingresamos Inom y Isc	Seleccionamos tipo de curva. Ingresamos el TAP. Seleccionamos el DIAL
400/5	Inom=167,348A Isc=1,5 kA	Curva: (Normal Inversa) TAP_51: 4 TAP_50: 6 DIAL:1

Relé 1

Página Ajuste del TC **Página Parámetros Carga** **Página curva de relé**

400/5	Inom=543.881 A Isc=2,1kA	Curva: (Normal Inversa) TAP_51: 7 TAP_50: 14 DIAL:1
-------	-----------------------------	--

4. Accione el interruptor ON/OFF.

5. Fije un valor de corriente en la carga 2 en 3 A y en la carga 2 una carga de 2ª

6. Presione en la pantalla del relé de sobrecorriente en botón STAR

7. Anote que ocurre con los relés.

Repita los procedimientos anteriores con los siguientes valores

8. Fije un valor de corriente en la carga 2 en 5 A y en la carga 2 una carga de 3A

9. Apague el interruptor de la fuente

10. Desconecte el circuito.

CUESTIONARIO

¿Explique porque los valores de accionamiento son diferentes?

¿Qué sucede con los relés de sobrecorriente en la primera configuración opera o no y por qué?

¿Qué sucede con los relés de sobrecorriente en la segunda configuración opera o no y por qué?

Anexo XII. Manual de uso del módulo.

MANUAL DE USO

RELE DE SOBRECORRIENTE

RSC-P-A-01

DESCRIPCIÓN DEL RELÉ

El RSC-P-A-01 es un equipo diseñado para verificar las curvas de disparo corriente / tiempo, con apertura de interruptores automáticos.

Una vez realizada la configuración de los parámetros, para la puesta en marcha se seleccionará (“STAR/STOP”).

El sistema está constituido con equipos que funcionan como amperímetros y un cronometro digital.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

Alimentación

- Tensión: 120 V c.a. + 10 % - 15 % monofásico - 60 Hz.
- Consumo: 500 mA máximo.

Medición de intensidad:

- Amperímetro digital: 0..... 10 A.
- Número de dígitos: 3 dígitos
- Precisión: 3 % de la lectura 2 dígitos.

Medición de tiempo

- Cronómetro digital en milisegundos
- Valor máximo definido por uso de curvas.

Contactos:

- Automático por contacto externo NC.

Una vez accionado los contactos el tiempo de operación queda reflejada en pantalla Nextion hasta que se pulse el botón de "RESET".

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Dimensiones: 230 x 200 x 90 mm

Display Touch: panel frontal

Peso: 1 kg.

CONEXIONES Y PUESTA EN MARCHA

El presente manual contiene informaciones y advertencias que el usuario debe respetar para garantizar un funcionamiento seguro del aparato, y mantenerlo en buen estado en cuanto a la seguridad.

La alimentación al módulo debe ser de acuerdo a lo especificado en las características principales.

Si se utiliza el equipo de forma no especificada por el fabricante, la protección del equipo y de las personas pueden resultar comprometidas.

CONEXIONADO HASTA 10 A

La carga ingresada al sistema estará en el rango de 0.06 hasta 10 A, siendo un máximo de 12A.

Para el ingreso de carga al módulo, se lo realiza previa a una selección de todos los parámetros Dial y Tap. Presionado el botón STAR, el módulo será independiente y actuara en función de la curva de tiempo / corriente, si el modulo se encuentra en Configurar, no detectará las sobrecorrientes y fallas y no realizará ninguna acción.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

La finalidad del módulo es determinar el tiempo de disparo a un valor de sobrecorriente previamente fijado.

El relé **RSC-P-A-01** facilita la lectura de tiempo de operación y disparo medio por un cronómetro digital. El resultado viene expresado en milisegundos

MANTENIMIENTO

El **RSC-P-A-01** no precisa un mantenimiento especial. Es preciso que el estudiante y/o persona autorizada se encuentre bien informado sobre el uso y funcionamiento y en lo posible que conozca los parámetros de operación del relé.

Paramitos de calibración

A continuación, se presenta el manual de uso de los módulos de sobrecorrientes. Esta será una guía para comprender su uso y funcionamiento.

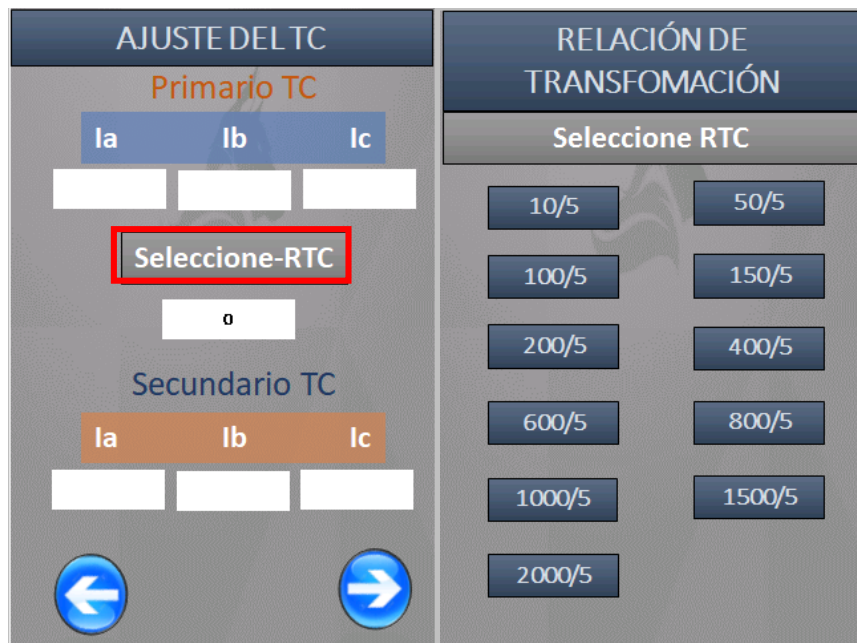
Paso 1. Ingresamos la contraseña:



Paso 2. La siguiente ventana mostrara las características del relé

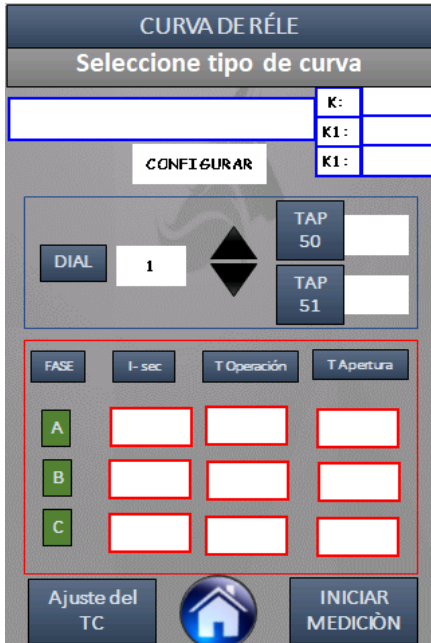


Paso 3. La ventana simulara un Transformador de Corriente y se seleccionara una Relación de Transformación (RTC) como se observa en el rectángulo rojo y se abrirá una ventana con varias ganadas de RTC.

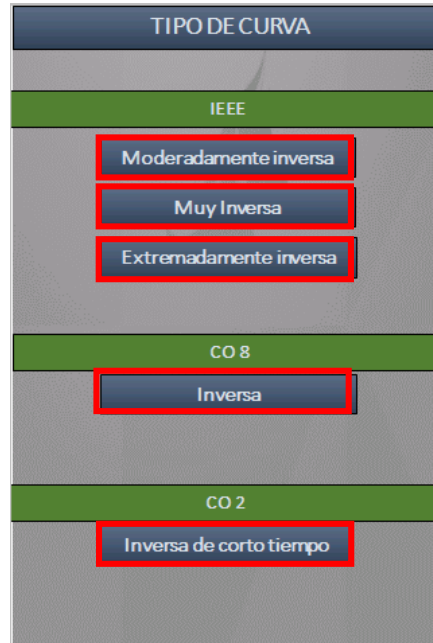


Paso 3.

En la página ajuste del relé
Selecciona el tipo de curva a usar.

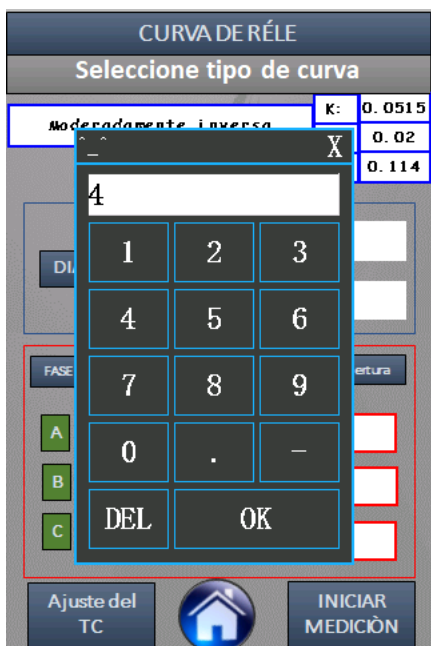


En siguiente sub ventana, se selecciona un tipo de curva a usar.

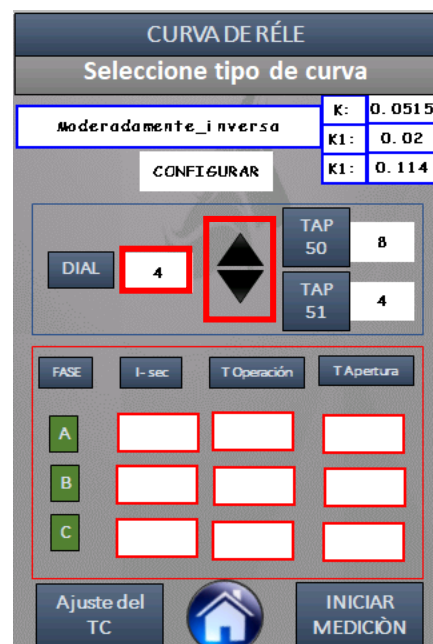


Una vez seleccionado el tipo de curva los valores de k, k1 y k2 se actualizarán automáticamente

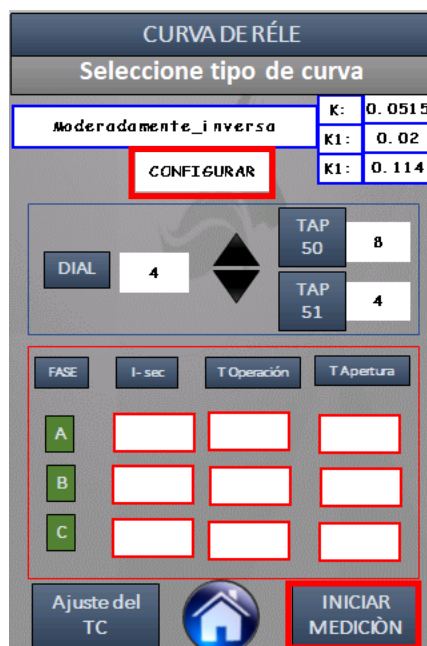
Mediante teclado, ingresamos el valor del TAP instantáneo e inverso.



Ahora procedemos a ingresar el valor del Dial, Con los botones se incrementa o disminuye el valor del Dial



Paso 4. Finalmente damos clic en **INICIAR MEDICIÓN**, y Procedemos a conectar la carga.



Todos los pasos anteriores se deben realizar cuando el Texto se encuentra en configurar, una Vez presionado el botón INICIAR MEDICION, el texto cambiara a Start.

Paso 5. El módulo registra la señal de corriente por fase a continuación presentamos los casos base que se pueden suscitar en el uso del módulo.

Caso 1:

- Si la carga supera el Tap instantáneo, la apertura es inmediata.

Caso 2:

- Si la carga se encuentra en el rango de Tap tiempo inverso e instantáneo, la apertura de carga es definida por el tipo de curva y dial seleccionado.

Caso 3:

- Si el usuario no ingresa el Tap de tiempo inverso e instantáneo el módulo no realiza ninguna acción

Caso 4:

- Si el usuario ingresa el Tap de tiempo inverso y no el instantáneo, el módulo abre los contactos en función de la curva seleccionada y parámetros ingresados.

Caso 5:

- Si la sobrecarga se encuentra por un tiempo definido sin alcanzar el tiempo de apertura, y el sistema vuelve a condiciones nominales, el módulo resetea el conteo hasta una nueva sobrecarga.