



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA PROBAR
FUSIBLES QUE SE UTILIZAN EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN
ELÉCTRICA EN LAS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN PARA LA EMPRESA
ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.”**

TESIS DE GRADO

Previa obtención del título de:

INGENIERA EN ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

PRESENTADO POR:

KATHERINE CONSUELO CASTRO VILLACIS

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres por ser el pilar fundamental de mi formación, a mis hermanos que con sus locuras siempre hicieron que valorara aquellas cosas mágicas de la vida, a mi familia por sus consejos y palabras de aliento, a mis amigos que siempre me brindaron su mano y que estuvieron conmigo. A mis profesores por su apoyo por compartir sus conocimientos. Al personal de la empresa eléctrica por su apoyo a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Katherine Consuelo Castro Villacís

DEDICATORIA

Primera mente a Dios por ser el motor de mi fortaleza. A mis queridos padres que con su amor y cariño me guiaron a ser quien soy a mis hermanos que son mi fuente de inspiración y que siempre me brindaron sus palabras de aliento.

Katherine Consuelo Castro Villacís

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes
DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA		
Ing. Paul Romero
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA ELECTRONICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		
Ing. Jorge Paucar
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. Fernando Chavez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Tlgo. Carlos Rodríguez
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN		
NOTA DE LA TESIS:	

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

“Yo Katherine Consuelo Castro Villacís, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

FIRMA:

Katherine Consuelo Castro Villacís

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EEASA	Empresa Eléctrica Ambato Sociedad Anónima
E/S	Entrada/Salida
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
GRAF CET	Gráfico Funcional de Control de Etapas
HMI	Human Machine Interfaces Interfaz Maquina Hombre
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEC	International Electrotechnical Commission Comisión Internacional de Electrotecnia
LD	Ladder diagram Diagrama de contactos
NEMA	National Electrical Manufacturers Association Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
PC	Parte Control
PLC	Programmable Logic Controllers Control Logico Programable
P	Pulsador
R	Resistencia

S	Seccionador
RTU	Unidades Terminales remotas de entrada y salida
TIA	Portal Totally Integrated Automation Portal
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet
TC	Transformador de Corriente
XP	Xtreme Programing Programación Extrema
WWW	World Wide Web

INDICE GENERAL

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1.	Introducción	15
1.2.	Antecedentes	- 16 -
1.3.	Justificación del Proyecto de Tesis	- 17 -
1.4.	Objetivos	- 19 -
1.4.1.	Objetivo General	- 19 -
1.4.2.	Objetivos Específicos:	- 19 -
1.5.	Hipótesis	- 20 -

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Introducción	- 22 -
2.2.	Fusibles	- 22 -
2.2.1.	Historia del fusible	- 22 -
2.2.2.	Definición de fusible	- 23 -
2.2.3.	Tipos de fusibles	- 24 -
2.2.4.	Fusibles de distribución	- 25 -
2.2.4.1.	Fusibles de Distribución	- 25 -
2.2.4.2.	Partes del fusible de expulsión	- 28 -
2.2.4.3.	Operación de los fusibles de expulsión	- 30 -
2.2.4.4.	Valores Nominales de los fusibles de Expulsión	- 32 -
2.2.4.5.	Relación de velocidad	- 32 -
2.2.5.	Ventajas de utilizar el fusible en las redes de Distribución	- 34 -
2.2.6.	Curvas de Comportamiento de los fusibles de Media Tensión	- 35 -
2.2.6.1.	Definición	- 35 -
2.2.6.2.	Características de las curvas de funcionamiento	- 35 -

2.2.6.3. Tipos de Curvas	- 36 -
2.2.6.4. Curvas de tiempo mínimo y máximo tiempo de fusión.	- 37 -
2.2.6.5. Aplicación de los fusibles	- 38 -
2.3. Transformadores	- 40 -
2.3.1. Principios de funcionamiento	- 41 -
2.4. Analizadores de energía.....	- 42 -
2.4.1. Transformadores de corriente	- 43 -
2.5. Elementos de protección	- 45 -
2.5.1. Fusibles de baja tensión	- 45 -
2.5.2. Elementos de maniobra.....	- 46 -
2.5.2.1. Interruptores	- 46 -
2.5.2.2. Pulsadores	- 46 -
2.5.2.3. Finales de carrera	- 46 -
2.6. PLC Controlador Lógico Programable	- 47 -
2.7. Interfaz Hombre Maquina HMI.....	- 48 -
2.7.1. Funciones del HMI	- 48 -

CAPITULO III

DISEÑO Y CONTRUCCION DEL DISPOSITIVO

3.1. Introducción	- 52 -
3.2. Especificaciones y requisitos del dispositivo.....	- 51 -
3.2.1. Diseño de la fuente	- 52 -
3.2.2. Estructura del trasformador	- 52 -
3.2.3. Características para la construcción del transformador	- 53 -
3.2.3.1. Vuelta por Voltio	- 53 -
3.2.3.2. Numero de vueltas en función del voltaje.....	- 56 -
3.2.3.3. Sección transversal del núcleo Sn.....	- 57 -
3.2.3.4. Sección transversal de los conductores	- 58 -
3.2.3.5. Elección del Carrete	- 59 -
3.2.4. TAPS.....	- 60 -
3.3. Calculo de parámetros para la construcción del transformador.....	- 60 -
3.3.1. Datos para el diseño	- 60 -
3.3.2. Calculo de la sección transversal del núcleo	- 61 -
3.3.3. Calculo de numero de vueltas y corriente.....	- 62 -

3.3.4.	Dimensionamiento del conductor	- 63 -
3.4.	Estructura del transformador	- 63 -
3.4.1.	Características del núcleo	- 65 -
3.4.2.	Bobinado del transformador	- 66 -
3.4.3.	Estructura interna del Dispositivo.....	- 67 -
3.4.4.	Sistemas utilizados para la regulación de intensidad.....	- 67 -
3.5.	Selección del sistema para el análisis de Energía	- 69 -
3.6.	Selección del sistema para el control Local y Remoto	- 70 -
3.6.1.	Selección del Sistema de Mando y Monitoreo local y remoto	- 72 -
3.6.1.1.	Elementos y Hardware utilizado	- 72 -
3.6.1.2.	Selección del software	- 73 -
3.6.1.3.	Selección de la interfaz de comunicación	- 73 -
3.7.	Construcción del Dispositivo.....	- 73 -
3.8.	Diagrama de Control del Dispositivo	- 73 -
3.9.	Graficet de control	- 74 -
3.10.	Conexión del Dispositivo.....	- 75 -
3.11.	Equipo puesto en marcha.....	- 88 -

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1	Análisis de características pruebas de tiempo corriente	- 91 -
4.1.1	Pruebas de tiempo corriente.....	- 91 -
4.1.2	Condiciones Eléctricas.....	- 91 -
4.2	Pruebas de corriente versus tiempo	- 90 -
4.3	Condiciones para las pruebas.....	- 90 -
4.4	Características de las pruebas de fusibles Tiempo-fusible	- 90 -
4.5	Medición del tiempo	- 91 -
4.6	Procedimiento	- 91 -
4.7	Análisis de las pruebas.....	- 92 -
4.8	Pruebas realizadas.....	- 92 -

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Estructura fusible tipo CX	- 26 -
Figura II.2 Eslabón fusible.....	- 29 -
FiguraII.3 Interrupción de una corriente de falla de baja magnitud (Catalogo ARIAN).....	- 31 -
FiguraII.4 Cuervas de fusión del fusible.....	- 38 -
FiguraII.5 Coordinación fusibles	- 39 -
Figura II.6 Configuración del transformador (Internet).....	- 40 -
Figura II.7 Circuito magnético del transformador (Internet).....	- 41 -
Figura II.8 Transformador de corriente	- 44 -
Figura II.9 Control Lógico Programable S7-1200.....	- 47 -
Figura III.10 Estructura de un transformador Ideal	- 53 -
Figura III.11 Sección transversal del núcleo	- 57 -
Figura III.12 Dimensiones de la Sn del núcleo.....	- 59 -
Figura III.13 Estructura Interna del núcleo.....	- 64 -
Figura III.14 Forma del núcleo del transformador	- 66 -
Figura III.15 Bobinado del transformador	- 66 -
Figura III.16 Sección transversal del transformador	- 67 -
Figura III.17 Estructura shunt magnético completa del núcleo	- 68 -
Figura III.18 Estructura completa del núcleo del transformador	- 69 -
Figura III.19 Conexión del transformador de corriente.....	- 70 -
Figura III.20 Diagrama de flujo para el control del equipo	- 74 -
Figura III.21 GRATCET de control	- 75 -

Figura III.22 Conexión del dispositivo a alimentación 110.....	- 76 -
Figura III.23 Conexiones eléctricas	- 76 -
Figura III.24 Ventana creación de proyecto	- 78 -
Figura III.25 Ventana verificación de dirección IP	- 79 -
Figura III.26 Ventana asignación de dirección IP	- 79 -
Figura III.27 Ventana cambio de dirección IP de la maquina	- 80 -
Figura III.28 Ventana verificación de dirección IP	- 81 -
Figura III.29 Ventana confirmación de conexión con el PLC	- 81 -
Figura III.30 Ventana Creación el proyecto en TIA PORTAL	- 82 -
Figura III.31 Selección del dispositivo en TIA PORTAL	- 83 -
Figura III.32 Ventana determinación del dispositivo en el TIA PORTAL	- 83 -
Figura III.33 Ventana Detección del dispositivo en TIA PORTAL	- 84 -
Figura III.34 Dispositivo cargado listo para trabajar TIA PORTAL.....	- 84 -
Figura III.35 Asignación y direccionamiento de memorias en el programa	- 85 -
Figura III.36 Normalización y escalamiento de la entrada analógica.....	- 85 -
Figura III.37 Comparación de la corriente de entrada con la corriente medida	- 86 -
Figura III.38 Asignación de las memorias para trabajar en wincc	- 86 -
Figura III.39 Presentación 1 en wincc	- 87 -
Figura III.40 Presentación 2 en Wincc	- 87 -
Figura III.41 Equipo puesto en marcha	- 88 -
Figura IV.42 Curva de fusión 1	- 93 -
Figura IV.43 Curva de fusión 2	- 94 -
Figura IV.44 Curva de fusión 3	- 94 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I Dimensiones de los fusibles tipo CX.....	- 26 -
Fuente: Norma ANSI 37.42.....	- 26 -
Tabla II.II de rango de fusión para fusibles CX, curva K.....	- 27 -
Tabla II.III de rango de fusión para fusibles CX, curva T.....	- 28 -
Tabla II.IV Datos característicos de relación de velocidad de los eslabones tipo K y T.....	- 33 -
Tabla II.V Tabla de clase de precisión de normalizada (IEEE C57.13 e IEC 44-1)	- 45 -
Tabla III.1 Valores de coeficientes para chapas magnéticas	- 58 -
Tabla III.VI Valor de la densidad de corriente	- 59 -
Tabla III.VII Sistema de regulación de corriente	- 68 -
Tabla IV.VII Características del fusible de 20 A tipo K	- 92 -
Tabla IV.IX Corrientes y tiempo de fusión del fusible 20A.....	- 93 -

INTRODUCCIÓN

Los fusibles utilizados en la protección contra cortocircuitos en redes de medio voltaje, presentan curvas características de su funcionamiento, misma que es necesario probar según las curvas proporcionadas por los fabricantes. Para ello se cuenta con un equipo que inyecta corriente, pero no cumple con efectividad la inyección de este parámetro en varios rangos.

Dada la necesidad de automatizar y mejorar ciertos parámetros establecidos en el equipo para pruebas de fusibles se establece que debe ser de carácter industrial. Para la cual se plantea la utilización de un PLC para la adquisición y envío de datos. Al hablar de automatización quiere decir que el usuario simplemente tendrá que colocar el cartucho del fusible en el seccionador y esperar mientras se realiza la prueba y posteriormente visualizar los datos obtenidos en un HMI. En base a esto es necesario mejorar el dispositivo existente en la empresa, su calidad y efectividad para asegurar la prueba y conocer el funcionamiento real de los fusibles.

La solución presentada para evitar que se caduque la licencia del software utilizado es la utilización de un PLC el cual nos elimina este inconveniente permitiendo a si mejor portabilidad del equipo, independencia de la empresa de tener que depender de un licenciamiento y pagar una cuota innecesaria por el mismo, además de esto el PLC realiza muchas mejoras y perfeccionamientos al dispositivo, otorgándole robustez fiabilidad y mayor velocidad de respuesta

Aunque el equipo contaba con un software, las pruebas se las realiza de forma manual no existe las caracterizas ni las normas de seguridad apropiadas para la realización de las pruebas.

La variación de las resistencias para variar la corriente inyectada a los fusibles se las hace de forma manual. La solución que se propone es mejorar la estructura del equipo permitiendo mayor ergonomía al usuario, además establecer un parámetro que me permita la variación proporcional y automática del dispositivo.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. Introducción

Los fusibles en la actualidad son elementos muy utilizados para la protección de equipos, debido a su bajo costo y simplicidad, se usan comúnmente en redes de distribución por su confiabilidad, dado que pueden ofrecer una protección por un tiempo muy prolongado, sin estar sujeto a tareas de mantenimiento. Antiguamente los fusibles eran finos hilos de cobre o plomo, colocados al aire, presentándose el inconveniente de que al fundirse el fusible, saltaban pequeñas partículas incandescentes, dando lugar a otras averías en el circuito. Actualmente la parte o elemento fusible suele ser un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina del mismo metal para fusibles de gran intensidad, colocados dentro de unos cartuchos cerámicos llenos de arena de cuarzo, con lo cual se evita la dispersión del material fundido, por tal motivo también se denominan cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles son protecciones desechables, cuando uno se funde se sustituye por otro en buen estado.

1.2. Antecedentes

Desde hace mucho tiempo se utilizan técnicas ortodoxas para realizar las pruebas de trabajo de los fusibles, obteniendo así sus valores típicos, y con ello sus rangos de funcionamiento, además de sus curvas típicas y sus valores nominales, esto es muy importante ya que para cada trabajo existe un fusible determinado y dependiendo de sus características se debe optar por utilizarlo o no.

En Ecuador no existen empresas que se dediquen a la construcción de fusibles y por otro lado existen muy pocas empresas dedicadas a realizar pruebas de los fusibles de potencia entre ellas esta ECUATRAN, ubicada en Ambato.

Es así como dada la importancia de los fusibles y la necesidad de realizar pruebas, que se planteó el mejoramiento del equipo de comprobación existente en la misma, para que el mismo sea capaz de mantener valores constantes y estables para realizar las pruebas requeridas y obteniendo así resultados más exactos.

La utilización de un PLC para el control del dispositivo y monitoreo de las características de los fusibles de potencia, permiten al usuario obtener parámetros reales y un manejo eficiente del equipo en la empresa permitiendo mantener una distancia de seguridad para los operarios del mismo.

1.3. Justificación del Proyecto de Tesis

La adquisición de los elementos de protección en este caso los fusibles, en la Empresa Eléctrica Ambato, sin la previa supervisión del correcto funcionamiento de operación establecidas por el fabricante, provoca incertidumbre y falta de verificación del producto que está adquiriendo.

Para lo cual se plantea la construcción un dispositivo que satisfaga la necesidad mencionada anteriormente, que será capaz de generar la corriente adecuadas para probar el comportamiento del fusible respecto a las curvas de corriente versus tiempo, a su vez este dispositivo será controlado y monitoreado por medio de un sistema que me permita visualizar el comportamiento del fusible. El control de y supervisión de las características del dispositivo están configuradas en un PLC, dependiendo las necesidades del operador. Estará supervisado y monitoreado por una interfaz que permitirá el control, supervisión, el fácil manejo, del dispositivo.

Se ha tomado como parte práctica el diseño y construcción de un dispositivo para probar fusibles que se utilizan en las redes de distribución en las líneas de media tensión debido a que los fusibles son un dispositivo fundamental en empresas dedicadas a la generación y distribución de energía eléctrica, debido a que son dispositivos que protegen las redes de distribución y equipos encargados de la generación, de ahí que es de vital importancia saber si los fusibles están acorde con los valores nominales que indica el fabricante, caso contrario esto podría dar como resultado el daño de uno u otro dispositivo de los sistemas

de generación o distribución, provocando gastos elevados para la empresa y primordialmente para quienes somos usuarios del servicio que esta presta.

La utilización de un PLC permite al operario estar a una distancia prudente de las pruebas realizadas, sin que por este motivo se pierdan datos importantes arrojados del ensayo, debido a que este ofrece un control preciso y seguro que permite monitorear y obtener los en tiempo real.

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte se ha visto en la necesidad de optar por este tipo de tecnologías sin tener que depender de empresas terceras, permitiendo de esta forma optimizar recursos, tanto económicos como humanos y de tiempos, ya que al realizar este tipo de pruebas en otras empresas se necesita de un tiempo de espera, que bien podría ser reducido al ser realizado dichas pruebas por el propio personal de la empresa que también se encuentra capacitado para estos estudios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar y construir un dispositivo para probar fusibles que se utilizan en las redes de distribución eléctrica en las líneas de media tensión para la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Analizar las características de funcionamiento de los fusibles de media tensión, para el diseño del dispositivo de pruebas de fusibles.
- Diseñar el subsistema que genere la corriente necesaria para probar los fusibles.
- Controlar y monitorear las entradas y salidas del sistema de generación de corriente por medio de un PLC.
- Diseñar la interfaz de control, visualización, generación de reportes y almacenamiento de datos.

1.5. Hipótesis

El diseño y construcción de un dispositivo para probar fusibles de media tensión permitirá comprobar el correcto funcionamiento de los fusibles en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.Introducción

El propósito de este capítulo es proporcionar herramientas necesarias para el desarrollo y mejoramiento del dispositivo de prueba de fusibles de media tensión, permitiendo determinar los requerimientos y materiales necesarios para la solución del problema propuesto.

Las etapas son: plantear el problema, determinar sus estructuras funcionales y estructurar el proyecto. Estas etapas se constituyen en el eje fundamental, puesto que definen las principales funciones, las especificaciones técnicas, tanto de las necesidades del usuario en este caso la Empresa Eléctrica Ambato como del mismo equipo y finalmente se diseña y construye el dispositivo para pruebas de fusibles.

El análisis y los criterios propuestos en este capítulo permitirán apoyar la construcción de las evidencias de aprendizaje obtenidas a lo largo de la formación académica y del desarrollo de las actividades realizadas en las prácticas.

2.2.Fusibles

2.2.1. Historia del fusible

El fusible es un elemento muy antiguo y su uso comienza con los comienzos mismos de la electricidad, ya que era el único medio que existía para disminuir los daños producidos por una falla ya sea por sobrecarga o por cortocircuitos. Paulatinamente dejando de usarse, por el desarrollo de dispositivos protectores como los interruptores automáticos, que comparados al fusible brindaban ventajas como la repetitividad, mayor velocidad de operación menor tiempo de respuesta y sobre todo permitían ver el estado de funcionamiento del mismo, permitiendo determinar el punto de la falla a diferencia de los fusibles.

Aproximadamente a partir de los años 1950, se inicia nuevamente la aplicación de los fusibles debido a los nuevos diseños. El incremento en el uso del fusible se debe principalmente a que con el aumento de las Potencias, en el Sistema de distribución eléctrica ya que las corrientes de falla cada día son más elevadas lo que obliga a disponer de interruptores de altísima potencia y más veloces para minimizar los daños que estas producen en los equipos, lo cual genera un precio muy alto, siendo además practicante imposible de construir un dispositivo de tal velocidad debido a la inercia de las piezas movibles.

Debido a estos acontecimientos el fusible responde a estos requerimientos, se cambia sus partes fundamentales experimentando sucesivos perfeccionamientos, adaptándose a muy distintas aplicaciones hasta llegar a fusibles específicos y de muy variados tipos. Los

fusibles de alta capacidad de ruptura son los más usados de manera extensa en los sistemas de baja tensión, media tensión, poseen características particulares que los distinguen dentro de los elementos de protección, sus principales propiedades y características son las siguientes:

- Elevada Capacidad de ruptura
- Poder de limitación de la corriente de falla.
- Energía específica prácticamente constante con el aumento de la corriente de falla.
- Curvas de operación, con baja tolerancia.
- Posibilidades de coordinación selectiva, muy precisa.
- Amplios rangos de operación
- Costo aceptable, en relación a sus competidores los interruptores.

2.2.2. Definición de fusible

Se puede decir que el fusible es un dispositivo de protección más utilizado y confiable en los sistemas de protección, entre las funciones primordiales de este se encuentra la de proteger una instalación eléctrica contra sobre corrientes ocurridas aguas abajo de éste, soportar voltajes transitorios de recuperación.

Existen dos condiciones distintas bajo las cuales puede estar sometido un fusible eléctrico, puede ser una sobrecarga o un cortocircuito. La primera condición de operación de un fusible es la sobrecarga, la cual es un valor de corriente excesivo en relación con la nominal especificada en la etiqueta. Esta corriente fluctúa en un rango de unas 2 a 3 veces la corriente nominal.

Estas sobrecargas son de ocurrencia normal y no tienen efectos dañinos en los componentes del circuito cuando son por tiempos inferiores a los 10 segundos. Otro tipo de sobrecarga es la producida por algún defecto en artefactos o cuando existen demasiadas cargas conectadas a un circuito.

La segunda condición que puede ser causal de la operación de un fusible es el cortocircuito, la magnitud de estas corrientes supera las 6 veces la corriente nominal del fusible, llegando al orden de miles de amperes (KA). Es de vital importancia que los fusibles diseñados para este fin, interrumpan estas corrientes debido a los dañinos efectos térmicos y dinámicos.

El fusible dependiendo de su forma puede ser de fácil intervención o manipulación. Debido a estas circunstancias es de vital importancia la correcta elección y dimensionamiento de los fusibles puesto que de otra manera el fusible no cumplirá su rol de protección.

2.2.3. Tipos de fusibles

Como se mencionó anteriormente de la correcta elección de nuestro fusible dependerá el éxito de su aplicación. De manera general, para una correcta selección, es necesario conocer:

- Tensión del sistema.
- Nivel de aislamiento.
- Tipo de sistema y tipo de conexión
- Máxima corriente de cortocircuito en el lugar de instalación.

- Máxima corriente de carga (incluyendo tasa de crecimiento).

Debido a que todos estos parámetros permitirán realizar la correcta selección del fusible en cuanto al análisis de protecciones del sistema en cuestión, esto será necesario independientemente del tipo de fusible o capacidad nominal del mismo.

Para establecer una clasificación de los fusibles será necesario enfocarse a los que se utilizan en las redes de media tensión, por lo que a continuación se detallan las características.

2.2.4. Fusibles de distribución

2.2.4.1. Fusibles de Distribución

Para establecer una descripción de los fusibles de distribución se utiliza las características de la norma ANSI C37.42, 43. El grupo principales de fusibles que se utilizan en las líneas de distribución primaria son los Fusibles de Expulsión.

El montaje del conjunto fusible y el equipo porta fusible, se realiza generalmente en lugares elevados del sistema de distribución primaria, y cuando opera por una corriente elevada, queda suspendido por el contacto inferior de la pieza porta fusible, proporcionando una indicación visual de su operación. Además cumple una función protectora y de maniobra para seccionar una determinada línea.

La expulsión que produce la caída de la pieza porta fusible es causada por la presión que ejerce un resorte propio del bastón porta fusible, el cual logra mantener un cierto grado de tensión mecánica sobre el elemento fusible.

En el momento del corte, se pierde la tensión mecánica y el resorte aleja las partes derretidas del elemento fusible, logrando aumentar el recorrido del arco junto con su resistencia, para finalmente interrumpir la corriente cuando ésta pasa por cero.

La forma y las dimensiones que tienen estos fusibles, se muestran en la figura y la tabla siguiente.

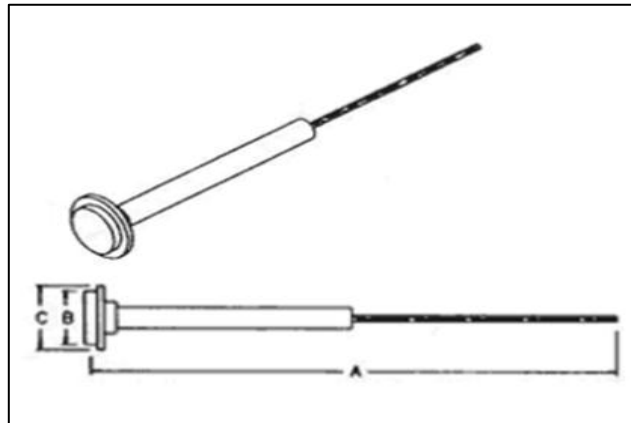


Figura II.1 Estructura fusible tipo CX

Fuente: Google

Tabla II.I Dimensiones de los fusibles tipo CX

DIMENSIONES (mm)			
Modelo	A	B	C
CX-40	600	12.7	19.1
CX-41	600	19.1	
CX-42	600	25.4	
CX-178	600	12.7	19.1
RANGO DE VOLTAJE		LARGO TOTAL DEL FUSIBLE (mm)	
Hasta 15Kv		533	
Hasta 25 kv		584	
Hasta 46 kv		787	
Hasta 72 kv		1016	

Fuente: Norma ANSI 37.42

Estos fusibles se encuentran en tipo K, el cual corresponde a una fusión rápida, y el tipo T a una fusión lenta. Cada rango de fusión tiene sus tiempos límites estandarizados por la norma ANSI. La característica de tiempo-corriente de pre-arco satisface los valores de corriente mínima y máxima necesaria para fundir el elemento fusible en tres puntos, a 300 segundos para fusibles de 100 amperes y menores, y 600 segundos para fusibles de 140 y 200 amperes, el segundo tiempo corresponde a 10 segundos, y el tercero a 0.1 segundos. Los fusibles curva K poseen relaciones de velocidad para la característica tiempo de pre-arco y corriente, que varían desde 6 a 8.1 para corrientes nominales entre 6 a 200 amperes nominales.

Tabla II.II de rango de fusión para fusibles CX, curva K

I NOMINAL	Mínimo (300 Seg)	Máximo (300 Seg)	Mínimo (10 Seg)	Máximo (10Seg)	Mínimo (0.1 Seg)	Máximo (0.1Seg)	Relación de velocidad
1	2	2,4		10		58	
2	4	4,8		10		58	
3	6	7,2		10		58	
6	12	14,4	13,5	20,5	72	86	6
8	15	18	18	27	97	116	6,5
10	19.5	23,4	22,5	34	128	154	6,6
12	25	30	29,5	44	166	199	6,6
15	31	37,2	37	55	215	258	6,9
20	39	47	48	71	273	328	7
25	50	60	60	90	350	420	7
30	63	76	77,5	115	477	546	7,1
40	80	96	98	146	565	680	7,1
50	101	121	126	188	719	862	7,1
65	128	153	159	237	918	1100	7,2
80	160	192	205	307	1180	1420	7,4
100	200	240	258	388	1520	1820	7,6
140	310	372	430	650	2470	2970	8
200	480	576	760	1150	3880	4650	8,1

Fuente: Norma ANSI 37.42

Los fusibles curva T poseen relaciones de velocidad para la característica tiempo de pre-arco y corriente, que varían desde 10 a 13 para corrientes nominales entre 6 a 200 amperes nominales.

Tabla II.III de rango de fusión para fusibles CX, curva T

I NOMINAL	Mínimo (300 Seg)	Máximo (300 Seg)	Mínimo (10 Seg)	Máximo (10Seg)	Mínimo (0.1 Seg)	Máximo (0.1Seg)	Relación de velocidad
1	2	2,4		11		100	
2	4	4,8		11		100	
3	6	7,2		11		100	
6	12	14,4	15,3	23	120	144	10,0
8	15	18	20,5	31	166	199	11,1
10	19.5	23,4	26,5	40	224	269	11,5
12	25	30	34,5	52	296	355	11,8
15	31	37,2	44,5	67	388	466	12,5
20	39	47	57	85	496	595	12,7
25	50	60	73,5	109	635	762	12,7
30	63	76	93	138	812	975	12,9
40	80	96	120	178	1040	1240	13,0
50	101	121	152	226	1310	1570	13,0
65	128	153	195	291	1650	1975	12,9
80	160	192	248	370	2080	2500	13,0
100	200	240	319	475	2620	3150	13,1
140	310	372	520	775	4000	4800	12,9
200	480	576	850	1275	6250	7470	13,0

Fuente: Norma ANSI 37.42

2.2.4.2.Partes del fusible de expulsión

El elemento sensible a la corriente (fusible) está constituido por: un alambre o cinta, de sección transversal casi siempre constante y de longitud muy corta (entre 2 y 5 cm). El material de este elemento puede ser plata, cobre, aleaciones de plata o cobre, aleación

níquel-cromo, plomo, estaño, o aleaciones de plomo-estaño. Además tiene un botón cabezal y el conductor inferior.

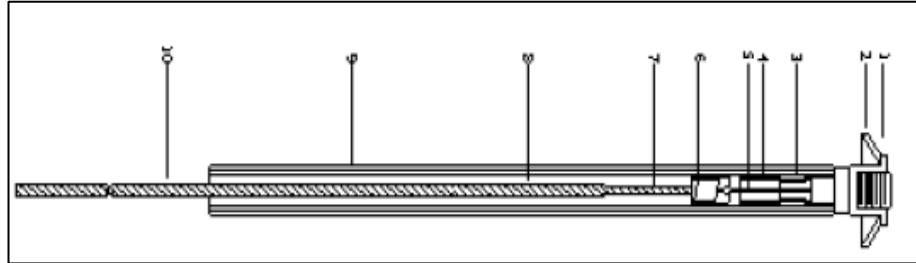


Figura II.2 Eslabón fusible.

Fuente: Google

Elementos

1. Cabezal del botón de contacto con rosca
2. Arandela
3. Terminal Superior
4. Elemento Fusible
5. Pantalla protectora contra corona
6. Terminal inferior
7. Hilo tensor (muelle de tensión)
8. Cable inferior
9. Coraza protectora, también sirve como soporte de muelle de tensión
10. Cable exterior
11. Hilo forjado

Los diseños más comunes son:

- Una combinación de soldadura eutéctica y elemento de alta corriente para eslabones fusible de descarga rotados de 1 a 8 A.
- Un elemento de hilo para fusibles de estaño rotados de 5 a 20 A y de fusibles de plata rotados de 5 a 100 A.
- Un elemento fundido a troquel para fusibles de estaño rotados de 25 a 100 A.
- Un elemento de disparo para fusibles de estaño rotados sobre 100 A.

2.2.4.3. Operación de los fusibles de expulsión

Una vez que ha operado el elemento sensible a la corriente, la interrupción se logra no sólo por la reacción del tubo aislante y por la expulsión del cable de cobre estañado, sino también por la acción de caída del tubo portafusiles, haciéndose visible la operación y la ubicación de la falla.

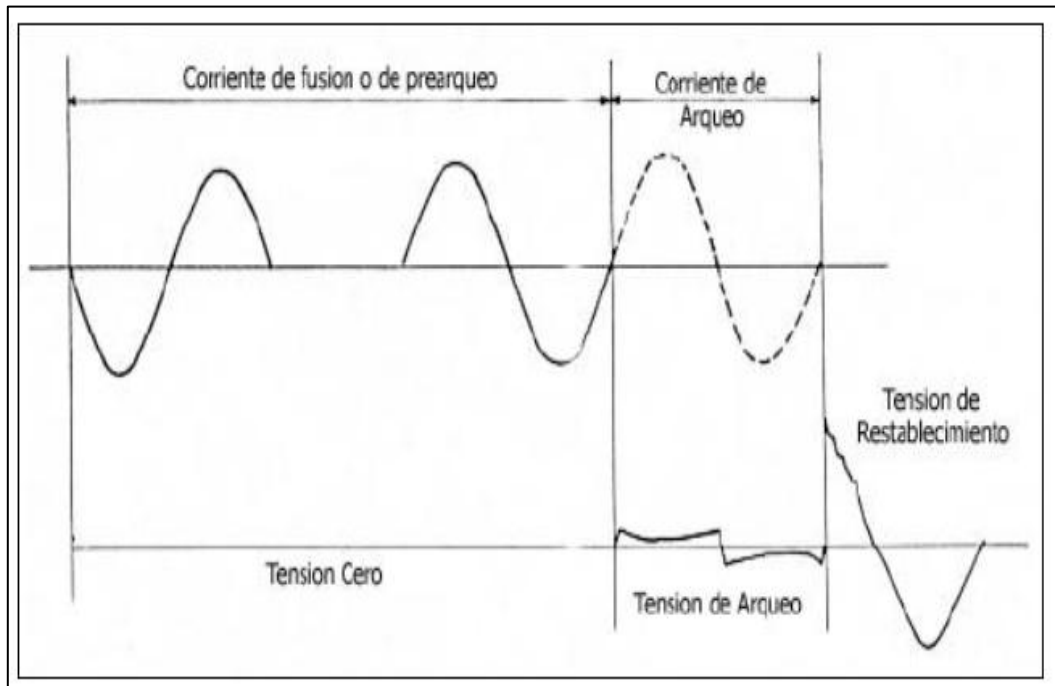
En algunos diseños de fusibles de baja corriente nominal se agrega un resorte interior de tensión o compresión que ayuda a separar más rápido al cable de cobre estañado del contacto interior fijo, sujetado de alguna forma al contacto superior.

Inmediatamente después de que ocurre la fusión del elemento sensible a la corriente aparece el arco, cuya temperatura es superior a 12 000 °K, que al estar en contacto con el material ablativo forma una capa envolvente de vapor a una temperatura del orden de los 3000 °K. En este tipo de fusibles el arco es enfriado por convección, siendo el flujo refrigerante generado por la vaporización del material aislante por el arco.

La extinción del arco se logra por la acción de dos agentes:

- Enfriamiento por convección de los gases des ionizantes que se generan a alta presión.
- La expulsión hacia el exterior del cable de cobre estañado, al cual estuvo conectado previamente el elemento sensible a la corriente.

En la medida que la corriente de falla es mayor, la duración del periodo de arqueo será menor. Sin embargo, la interrupción siempre ocurrirá hasta que la corriente pase por su valor cero en uno o más semiciclos. En los siguientes gráficos se representa la característica de operación de estos fusibles bajo la acción de corriente de falla de baja y alta magnitud a la tensión del sistema.



FiguraII.3 Interrupción de una corriente de falla de baja magnitud (Catalogo ARIAN)

Fuente: Google

2.2.4.4. Valores Nominales de los fusibles de Expulsión

Fueron establecidas Normas (EEI–NEMA) que especifican los valores nominales de corrientes y las características $t-i$ para prever la intercambiabilidad eléctrica de fusibles de todos los fabricantes de la misma característica nominal. Las categorías de las corrientes nominales son las siguientes:

- Tamaños preferidos: 6, 10, 15, 25, 45, 65, 100, 140, 200 A.
- Tamaños no preferidos: 8, 12, 20, 30, 50, 80 A.
- Por debajo de 6 Amperios: 1, 2, 3, 5 A.

Fusibles lentos, fusibles rápidos

Como se mencionó anteriormente las normas NEMA han dividido a los fusibles de expulsión en dos tipos: rápidos y lentos, los cuales son designados por las letras K (Rápidos) y T (Lentos).

Fusibles K y T de igual valor nominal tienen los mismos puntos en las curvas $t - I$ para 300s y 600s

2.2.4.5. Relación de velocidad

La diferencia entre los dos tipos de fusibles es la relación de velocidad, la cual es la relación entre la corriente de fusión a 0.1 segundos y 300 segundos para los eslabones nominales por debajo de 100 amperios, y de 0.1 segundos y 600 segundos para eslabones nominados por encima de 100 amperios. Por ejemplo, un fusible tipo K nominado en 10 amperios tiene en 0.1 segundos, una corriente de fusión de 120 amperios, y en 300

segundos una corriente de fusión de 18 amperios; la relación de velocidad es, entonces, $120/18 = 6.67$.

Se han diseñado otros eslabones fusibles con relaciones de velocidad diferentes a la de los tipos K y T; dichos eslabones son designados por las letras H y N. Los fusibles tipo H son diseñados para proveer protección de sobrecarga y evitar la operación innecesaria durante las ondas de corrientes transitorias de corta duración asociadas con arranque de motores y descargas atmosféricas; los eslabones N se diseñan con valores nominales de uno, dos, tres, cinco y ocho amperes. La Tabla muestra las corrientes mínimas y máximas de fusión y la relación de rapidez para fusibles tipo K y T.

Tabla II.IV Datos característicos de relación de velocidad de los eslabones tipo K y T

TIPOS DE FUSIBLES	300S		10S		0.1S		RELACION DE VELOCIDA	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo		
	X In	X In	X In	X In	X In	X In		
K	2	2.4	2.25	3.4	12	14.3	6	7.6
T	2	2.4	2.5	3.8	20	24	10	13

Fuente: Catalogo ARIAN

Como se puede observar la diferencia entre los 2 fusibles la da la relación de velocidad, entonces esta aviene definida por.

$$\text{Relación de velocidad} = \frac{i_{\text{fusion } 0.1s}}{i_{\text{fusion } 300s}} = \text{para fusibles } <100A$$

$$\text{Relación de velocidad} = \frac{i_{\text{fusion } 0.1s}}{i_{\text{fusion } 600s}} = \text{para fusibles } >100A$$

Fusibles rápidos, K, relación de velocidad: 6 – 8.1

Fusibles lentos, T, relación de velocidad: 10 – 13.1

Fusibles muy lentos, H, relación de velocidad: 6 – 18

Otros fusibles:

S, relación de velocidad: 15 – 20

N, relación de velocidad: 6 – 11

2.2.5. Ventajas de utilizar el fusible en las redes de Distribución

Una vez quemado el fusible, puede ser recargado con mucha facilidad.

Otra ventaja es que el porta fusible admite una amplia variedad de eslabones fusible y de posibilidades de coordinación.

Factores de selección para elementos fusible y cortacircuitos

Para selección de cortacircuitos.

Los datos requeridos para facilitar la selección de los cortacircuitos de un sistema de distribución son:

- La seguridad
- La economía
- La localización
- Uso preferente
- Voltaje del sistema
- Tipo de sistema
- Corriente de falla máxima presentada.

- Corriente de carga
- Régimen continuo de corriente
- Capacidad de interrupción

2.2.6. Curvas de Comportamiento de los fusibles de Media Tensión

2.2.6.1. Definición

Las curvas de comportamiento de los fusibles de media tensión tienen el propósito de dar a conocer las características de corriente en fusión al tiempo de cada tipo de elemento de protección.

2.2.6.2. Características de las curvas de funcionamiento

- La escala del tiempo consta de cinco secciones de: 0.01 a 0.1, de 0.1 a 1.0, de 1.0 a 10, de 10 a 100 y de 100 a 1000 segundos.
- Las cinco secciones tienen idénticas subdivisiones y son de la misma longitud.
- La escala de la corriente en amperios consta de cuatro divisiones: de 1 a 10, de 10 a 100, de 100 a 1000 y de 1000 a 10000 A.
- Los amperios en la escala de corriente son amperios simétricos. La escala del tiempo empieza en 0.01 segundos, valor poco menor que un ciclo (0.0167 segundos).

Las curvas características de fusión no empiezan en un tiempo igual a cero debido a que cuando los fusibles operen en el rango entre cero y un ciclo una sola línea no llega a tener

significado. Esta es el área donde las curvas de corriente pico y las curvas de corriente versus tiempo proporcionan la información necesaria para una aplicación adecuada de fusibles.

Si se observa la parte superior de la escala del tiempo, se nota que las curvas de fusión terminan en 300 segundos; sin embargo, algunas normas consideran hasta 600 ó 1000 segundos.

2.2.6.3. Tipos de Curvas

Para el propósito de estudio se realiza el análisis de dos curvas en cuando al modo de operación del fusible, que son, la curva del mínimo tiempo de fusión y la del máximo tiempo de fusión o también conocida como curva del máximo tiempo de despeje.

Las curvas características de fusión tiempo-corriente.- aplican para todo tipo de fusibles.

Las curvas características tiempo-corriente de fusión.- son curvas promedio; esto se debe a que a pesar de que se usen los mismos elementos en la fabricación de los fusibles y las mezclas sean las mismas en cada proceso, es imposible fabricar dos fusibles exactamente iguales y cuyas características sean idénticas.

Consecuentemente, dos fusibles de una capacidad de conducción igual y de la misma clase no se fundirán en el mismo tiempo cuando circule por ellos la misma corriente.

La corriente de fusión.- no debe variar más o menos del 10 % para un tiempo dado. Así, en vez de una sola línea que muestre la característica tiempo corriente de un fusible, es más

conveniente hablar de una banda que se considera puede variar más o menos 10 % de la línea promedio.

2.2.6.4. Curvas de tiempo mínimo y máximo tiempo de fusión.

- **Curva de mínimo tiempo de fusión**

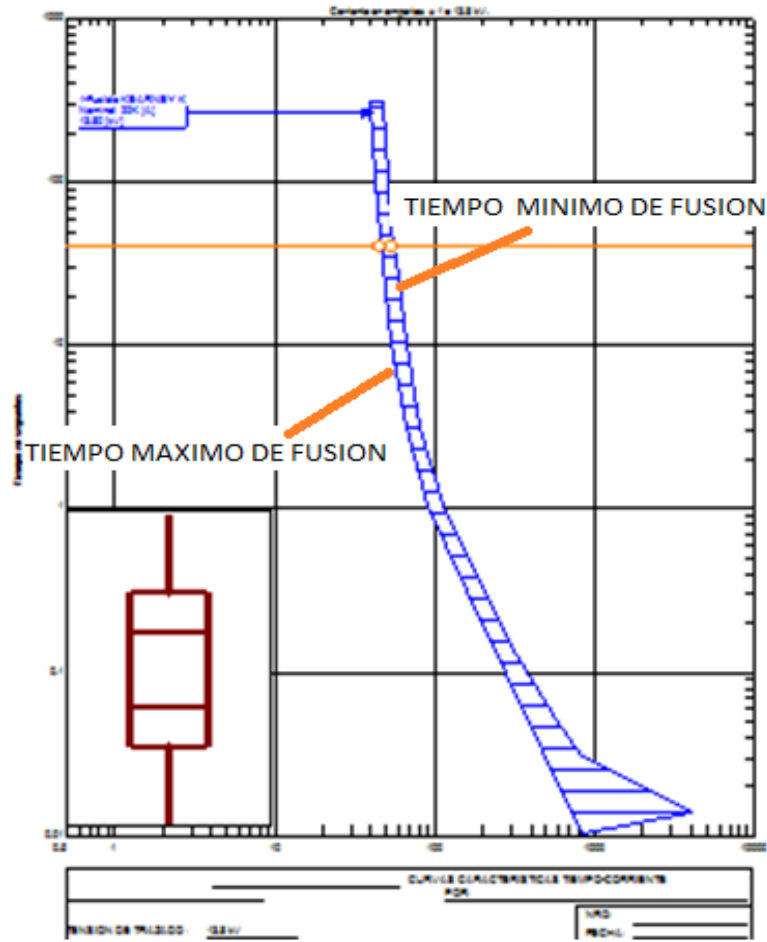
Se elabora mediante test eléctricos. La magnitud de la corriente y el tiempo que toma para fundir son registrados y trazados. Luego se traza una curva ajustada a los puntos obtenidos representando una curva promedio de fusión. Luego se sustrae el 10% a los tiempos, y la curva obtenida así se denomina “de tiempo mínimo”.

- **Curva de máximo tiempo de fusión**

Sin embargo, el fusible tiene un tiempo de formación del arco asociado con el. Este tiempo es el que toma el fusible para interrumpir el circuito luego de que el fusible funda y se obtiene así mismo por test.

Los tiempos de arco, los cuales se registran para diferentes magnitudes de corriente, se suman al “máximo tiempo de fusión” (110% del tiempo promedio de fusión).

La curva resultante se denomina “de tiempo total de despeje”. Estas dos curvas son los extremos de las características del fusible y son las curvas publicadas por los fabricantes.



FiguraII.4 Cuervas de fusión del fusible

Fuente: Autor

2.2.6.5. Aplicación de los fusibles

Para la aplicación de los tiras fusibles en las redes de distribución debemos tomar en cuenta lo siguiente

En redes de distribución, deben considerarse los siguientes factores:

- I normal, I sobrecarga, I armónicas

- I transitorias debido a energización de transformadores, arranque de motores, energización de capacitores, toma de carga en frío

En equipos: deben considerarse los siguientes factores, además de los antes indicados:

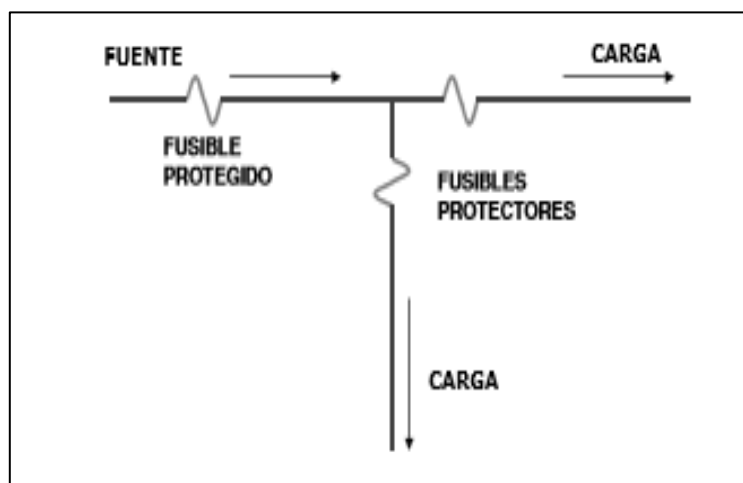
- Importancia relativa de los equipos
- Coordinación con otros dispositivos.

Reglas de aplicación:

- I de conducción permanente del fusible \geq I carga
- I de conducción, fusibles K y T: 150 % de I N

Consideración para el análisis de protecciones

Regla Básica. El tiempo máximo de despeje del fusible protector debe ser menor que el 75% del tiempo mínimo de fusión del fusible protegido



FiguraII.5 Coordinación fusibles

Fuente: Autor

2.3.Transformadores

Un transformador es una maquina eléctrica estática, su funcionamiento es con corriente alterna, que tiene la capacidad de transformar los parámetros como voltaje, corriente de entrada a voltaje, corriente de salida de distinto valor.

El transformador está basado en los fenómenos de inducción electromagnética, consta del núcleo de chapas magnéticas al que le rodean los devanados, denominados primario y secundario

Al conectar el devanado primario a una red de c.a. se establece un flujo alterno en el circuito magnético que al mismo tiempo inducirá las ff.ee.mm en el o los devanados secundarios.

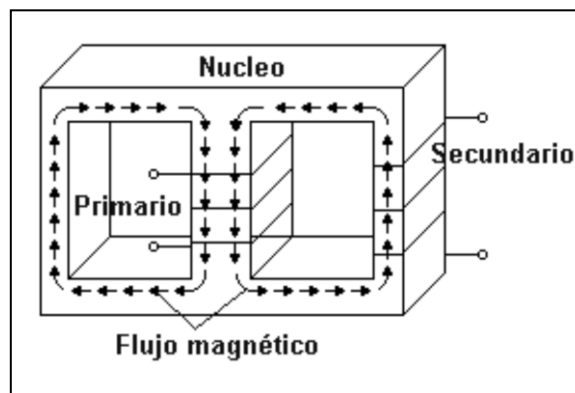


Figura II.6 Configuración del transformador (Internet)

Fuente: Google

El primario recibe la potencia de la red, por lo tanto se considera como un receptor o consumidor. Por el otro lado el secundario se une al circuito de utilización, pudiéndose considerar por lo tanto como un generador. Por lo tanto se puede decir que un transformador es un dispositivo estático de inducción electromagnética, destinado a

transformar un sistema de corrientes variables a otro sistema de corrientes, cuyas tensiones e intensidades son generalmente diferentes aunque en las mismas frecuencias.

2.3.1. Principios de funcionamiento

Sea un circuito magnético formado por chapas magnéticas y rodeado por dos bobinas b_1, b_2 , se conecta la bobina b_1 a los terminales de un generador de corriente alterna, esta bobina se llama bobina primaria la que actúa como una inductancia y al ser atravesada por una corriente variable produce un flujo, este flujo variable abrazado por la bobina B_2 , llamada bobina secundaria, determina en esta la producción de la fuerza electromotriz inducida de la misma frecuencia, si se conecta un receptor z a los terminales de B_2 la corriente alterna recorre el circuito llamado secundario, en consecuencia por imitación mutua una potencia eléctrica alterna pasa del circuito primario al circuito secundario.

Así pues un transformador puede ser considerado como el grupo de arrollamientos, eléctricamente independientes y acoplados, entre si por medio de un circuito magnético.

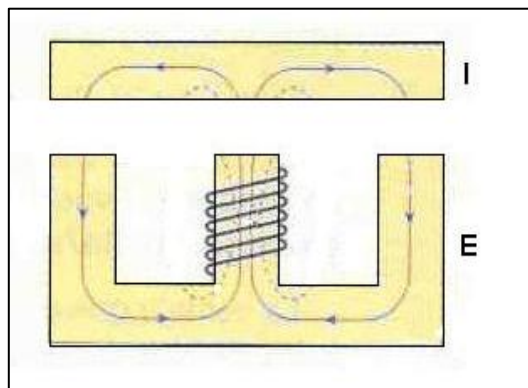


Figura II.7 Circuito magnético del transformador

Fuente: Google

Las dos propiedades más importantes del transformador son

La relación entre las tensiones del primario y secundario es sensiblemente igual a la relación entre el número de espiras de los arrollamientos primario y secundario.

$$\frac{N1}{N2} = \frac{e1}{e2}$$

Donde,

N1 = Numero de espiras circuito primario

N2 = Numero de espiras circuito secundario

e1 = Tension del circuito primario

e2 = Tension del circuito secundario

La relación entre las corrientes del primario y el secundario es inversamente proporcional a la relación de transformación

$$\frac{N1}{N2} = \frac{i2}{i1}$$

Donde.

N1 = Numero de espiras circuito primario

N2 = Numero de espiras circuito secundario

i1 = Corriente del circuito primario

i2 = Corriente del circuito secundario

2.4. Analizadores de energía

Los analizadores de energía son instrumentos multifuncionales los cuales muestran las variables medidas en paneles digitales, son ideales para medir y visualizar las magnitudes eléctricas

Están dotados con pantalla con cierto número de cifras en variación cantidad de acuerdo al modelo de los mismos, estos dispositivos pueden ser instalados en redes trifásicas equilibradas, sistemas bifásicos o monofásicos

Estos tipos de analizadores pueden sustituir por si solos muchos instrumentos indicadores tradicionales, ocupando un espacio reducido simplificando el cableado y ofreciendo prestaciones superiores en términos de fiabilidad y precisión a un precio muy interesante. La precisión de las medidas eléctricas en este tipo de instrumentos es de alta fiabilidad, aun en presencia de fuertes distorsiones armónicas, los transitorios de energía, etc.

2.4.1. Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente se utilizan en la práctica, para medir la corriente sin interrumpir a las líneas de corriente. Por lo tanto la medición de la corriente con la ayuda de los transformadores de corriente es muy segura. Los transformadores de corriente utilizan el campo magnético natural del conductor activo para determinar la corriente. El rango de corriente medible es de unos pocos mA hasta varios mil amperios. Así es fácil y seguro medir corrientes en el rango de 1 mA a 20 mA y también corrientes grandes de hasta 10000A.

Hay diferentes tipos de transformadores de corriente:

Transformadores de corriente flexibles para la corriente alterna, pinzas de corriente para la corriente alterna y pinzas de corriente para corriente continua y alterna.

Los transformadores de corriente pueden ser conectados a diferentes dispositivos. Por lo tanto, es posible conectar las pinzas de corriente con un conector BNC a un osciloscopio para visualizar la corriente en la pantalla.

También es posible adaptar todos los transformadores de corriente a multímetros. Debido a los diferentes tipos, los transformadores de corriente son de uso universal.

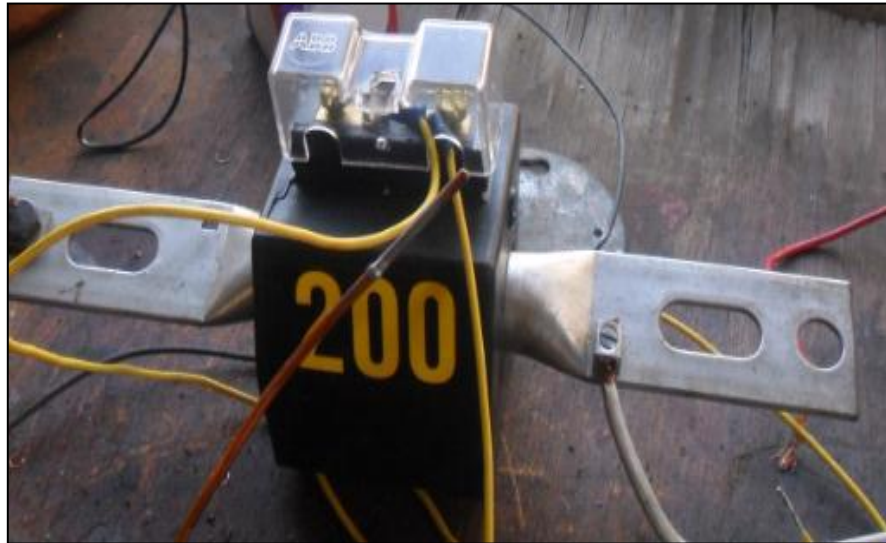


Figura II.8 Transformador de corriente

Fuente: Autor

Cabe recalcar que este tipo de dispositivos suelen usarse en sistemas eléctricos. Su aplicación se enfoca básicamente en proveer a los instrumentos de medición control y protección una señal de corriente lo más confiable y practica posible, que sea un reflejo fiel de lo que sucede en el sistema, cabe recalcar que este dispositivo debe cumplir con ciertos requisitos de precisión que están definidos y regulados por normas internacionales como a continuación se describen.

La clase de medición normalizada de acuerdo a IEEE C57.13 e IEC 44-1 y su aplicación son las que se indican a continuación.

Tabla II.V Tabla de clase de precisión de normalizada

CLASE DE PRECISIÓN PARA MEDICIÓN NORMALIZADAS		
IEEE C57.13	IEC 44-1	APLICACIÓN
	0.1	Salida con mucha precisión. Se emplea para mediciones oficiales y de laboratorio.
0.3	0.2	Salida con mucha precisión. Se emplea para mediciones oficiales y de laboratorio.
0.6	0.3	Salida con alta precisión. Se emplea para mediciones no oficiales (medición externa).
12	1.0	Salida Normal Se emplea para monitoreo de amperímetros convencionales.
-	3.0	Salida con baja precisión. Se emplea como indicador y en relevadores de protección.
-	5.0	Salida de muy baja precisión Se emplea como indicador relevadores de protección

Fuente: IEEE C57.13 e IEC 44-1

2.5.Elementos de protección

2.5.1. Fusibles de baja tensión

Los cortacircuitos fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

Los cortacircuitos fusibles o simplemente fusibles son de formas y tamaños muy diferentes según sea la intensidad para la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se empleen y el lugar donde se coloquen.

2.5.2. Elementos de maniobra

2.5.2.1. Interruptores

Sirve para realizar operaciones de apertura o cierre de un circuito eléctrico. Lo podemos comparar con la función que realiza el grifo en el circuito hidráulico. Aunque su apariencia es muy variada, todos los interruptores tienen el mismo principio de funcionamiento: consisten en un mecanismo con dos partes conductoras (polos) y una pieza móvil de material conductor (contacto) que, al ser accionada, cambia de posición.

2.5.2.2. Pulsadores

Se utiliza cuando queremos que un circuito esté accionado solamente un breve período de tiempo. Su especial característica es que solamente cierra el circuito cuando se presiona sobre él; el funcionamiento es el mismo que el del interruptor. Los hay de dos tipos: Normalmente abierto. En su estado de reposo no deja pasar la corriente eléctrica. Lo hace cuando pulsamos.

En su posición de reposo permite el paso de la corriente eléctrica. Se interrumpe el paso cuando actuamos sobre él.

2.5.2.3. Finales de carrera

También conocido como "interruptor de límite" o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados. Generalmente

estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento.

2.6. PLC Controlador Lógico Programable

Para la aplicación se utilizó un PLC Siemens S7 1200, es un controlador modular para tareas de automatización sencillas.

Tiene una gama de paneles que se integran en un software de desarrollo.

Tiene incorporado el protocolo de comunicación Ethernet por medio de su interfaz Profinet integrada es el estándar abierto de Industrial Ethernet (TCP/IP).

Esta interfaz permite la programación y la comunicación con los paneles HMI Basic Panel, haciendo un entorno sencillo y flexible que promete una fácil integración con equipos de distintos fabricantes.



Figura II.9 Control Lógico Programable S7-1200

Fuente: Google

Software

Tiene un sistema de desarrollo totalmente integrado SIMATIC STEP 7 TIA PORTAL, con SIMATIC WinCC Basic lo que integra la programación de los paneles SIMATIC HMI Basic en el mismo ambiente de desarrollo.

2.7. Interfaz Hombre Maquina HMI

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI son aquellos que nos permiten visualizar en ventanas el desarrollo del proceso o el estado actual de nuestro equipo. Esta ventana dependiendo puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

2.7.1. Funciones del HMI

- **Monitoreo.** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

- Supervisión. Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- Control. Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- Históricos. Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

CAPITULO III

DISEÑO Y CONTRUCCION DEL DISPOSITIVO

3.1.Introducción

El diseño y construcción de un dispositivo para probar fusibles que se utilizan en las líneas de media tensión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A. Tiene como objetivo principal el proporcionar la corriente adecuada para realizar las pruebas de comportamiento de los fusibles y determinar el correcto funcionamiento de los mismos en base a las curvas de funcionamiento Corriente versus tiempo.

Por lo cual este capítulo se enfocó al diseño de las características y parámetros para nuestro dispositivo en el desarrollo del mismo se pusieron en práctica varios de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Se utilizó métodos, técnicas, procedimientos, herramientas, materiales, equipos, elementos de instrumentación tales como: Multímetro, amperímetro, transformador de corriente, relés, elementos de mando como pulsadores, selectores, resistencias variables, reóstatos permitiendo el desarrollo de la estructuración y el correcto funcionamiento del equipo.

El principio de funcionamiento del dispositivo se basa en la generación de datos, posterior a la inyección de corriente hacia el fusible de prueba; donde, los niveles de corriente

dependerán de un mecanismo de regulación, definido por el valor de corriente que especifique el fusible.

El presente dispositivo está encaminado al mejoramiento, adecuación de nuevos elementos y variables de medida, razón por el cual lo hace totalmente flexible. Adicionalmente, es posible ampliar el rango de generación de corriente, permitiendo la prueba de fusibles de mayor valor y de diversos tipos de elementos de protección, analizando las características y adecuaciones pertinentes.

3.2. Especificaciones y requisitos del dispositivo

Se requiere diseñar y construir un dispositivo que permita realizar pruebas de fusibles que se utilizan en las redes de distribución en las líneas de media tensión, en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte, para el objeto de la misma se ha considerado el diseño de una fuente que me permita obtener rangos considerables de amperaje para las pruebas de fusibles.

Además este proyecto incluye un sistema de mando y monitoreo de variables eléctricas de forma local por medio de un panel de control y un analizador de energía ubicados localmente en la fuente, para lo cual se dispondrá de una interfaz hombre máquina con el fin de realizar las pruebas eléctricas que requieran niveles altos de seguridad guardando cierta distancia del objeto de prueba y del equipo. Por lo tanto el dispositivo debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Tener configuración monofásica con alimentación de 110 VAC proporcionar una capacidad de Amperaje de salida variable desde: 5A hasta 150A;

Proporcionar un sistema eficiente de variación de corriente con un mando electromecánico.

Proveer de protecciones eléctricas de sobre corriente, tener la instrumentación necesaria para la medición de corriente; proveer de un interruptor principal para energización de la misma, proveer de una interface para mando remoto del Dispositivo.

3.2.1. Diseño de la fuente

La fuente consiste en el diseño de un transformador que cumpla con las características necesarias para generar las corrientes necesarias para las pruebas con los fusibles.

3.2.2. Estructura del transformador

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de diferente nivel de tensión, por medio de interacción electromagnética. Está constituida por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre si eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

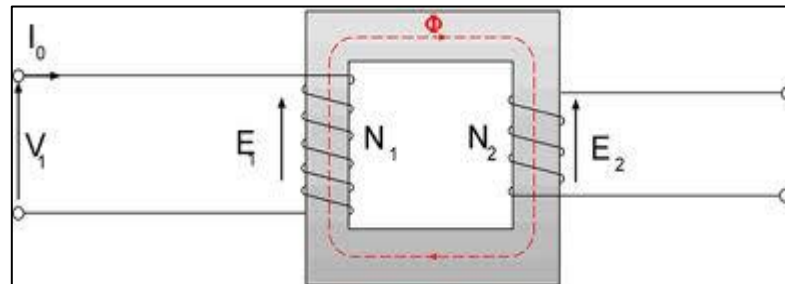
Como se sabe el transformado es un dispositivo que se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, está constituido en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado, fabricado bien sea de hierro dulce o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Se tiene las bobinas o

devanados primario y secundario según corresponda a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. Cabe resaltar que existe la posibilidad de tener un tercer devanado de menor tensión.

3.2.3. Características para la construcción del transformador

3.2.3.1. Vuelta por Voltio

Específica la cantidad de vueltas que se debe dar para obtener el valor de un voltio, para esto se analiza el principio del transformador ideal. El flujo magnético que se produce en el primario es igual al flujo magnético que se produce en el secundario



$$\Phi_m = \Phi_p = \Phi_s$$

Figura III.10 Estructura de un transformador Ideal

Fuente: Google

Ahora necesitamos obtener el voltaje que se da en el primario en función del flujo magnético mutuo. Recordando que el voltaje en una bobina se obtiene por

$$e_1 = N_1 \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} = N_1 \frac{\partial \Phi_m}{\partial t}$$

SI $\Phi_m = \Phi_m \sin(\omega t)$ entonces

$$e_1 = N_1 \frac{\partial[\phi_m \sin \omega t]}{\partial t}$$

$$e_1 = N_1 \phi_m \cos \omega t * \omega$$

como: $\cos A = \sin(A + \frac{\pi}{2})$

$$e_1 = N_1 \phi_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) * \omega$$

Aquí se puede observar que el término $\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$ que el voltaje adelanta 90° a la corriente a través de la bobina primaria este término solo nos indica la forma del voltaje y para nuestro análisis solo nos interesa la cantidad así que nos quedamos con

$$e_1 = N_1 \phi_m * \omega$$

Buscamos el valor efectivo del voltaje primario (E_1) en RMS

$$E_1 = \frac{e_1}{\sqrt{2}}$$

$$E_1 = \frac{N_1 \phi_m * \omega}{\sqrt{2}}$$

$$E_1 = \frac{N_1 \phi_m * (2\pi f)}{\sqrt{2}}$$

$$E_1 = 4.44 f \phi_m N_1$$

Y con la misma analogía obtenemos el E_2

$$E_2 = 4.44 f \phi_m N_2$$

Se sabe que el flujo magnético está dado por

$$\phi_m = S n * B$$

$S n = \text{area del nucleo en cm}^2$

$B = \text{Campo Magnetio en Gauss}$

$$V = 4.44fNBSn$$

De donde obtenemos la ecuacion que describira la relacion de amperios por voltio asi

$$\frac{N}{V} = \frac{1}{4.44fBSn}$$

Se considera que

Según el sistema Cegesimal de unidades, el gauss es la densidad con la que se mide la densidad del flujo magnético (B), mientras que el oersted es la unidad con la que se mide la intensidad de campo magnético (H), una tesla es igual a 10^4 gauss y un amperio por metro es igual a $4\pi * 10^3$ oersted

Las unidades para medir el flujo magnético Φ_m , el cual es producto de la densidad del flujo magnético y el área es la unidad weber (wb) en el sistema MKS y el maxwell (Mx) en el sistema GCS. El factor para convertir es 10^8 , porque el flujo es el producto de la densidad de flujo y área, teniendo el cuadrado de la unidad de distancia y por lo tanto 10^4 (factor de conversión de la densidad de flujo) veces el cuadrado de 10^2 (factor de conversión de distancia linear).

Desde este hecho para poder utilizar el campo magnético en gauss y no altere a las demás unidades de las variables que lo acotan multiplicamos por el valor de conversión $1*10^8$ a la relación de amperios por vuelta quedando de la siguiente manera.

$$\frac{N}{V} = \frac{1 * 10^8}{4.44fBSn}$$

Donde

$$\frac{N}{V} = \text{Relacion de vueltas por voltio}$$

$$f = \text{frecuencia [Hz]}$$

$B = \text{Campo Magnético medido en gauss [Gauss]}$

$S_n = \text{area de la sección del núcleo donde se envuelve la bobina [cm}^2\text{]}$

Para trasladar esta ecuación para nuestro transformador debemos considerar la frecuencia de trabajo que es 60 Hz y el campo magnético estándar es de 10000 Gauss

Por lo tanto la relación estaría descrita de la siguiente manera

$$\frac{N}{V} = \frac{1 * 10^8}{4.44 * 60 * 10000 * S_n}$$

$$\frac{N}{V} = \frac{37,5}{S_n}$$

3.2.3.2. Numero de vueltas en función del voltaje

De la demostración anterior se puede plantear.

$$N_1 = V_1 \frac{37,5}{S_n}$$

DONDE

$N_1 = \text{Numero de vueltas en el primario}$

$V_1 = \text{voltaje en el primario}$

$37,5 = \text{Constante que depende del tipo de chapa, tipo de transformador}$

$S_n = \text{Area de sección del núcleo}$

$$N_2 = V_2 \frac{37,5}{S_n}$$

$N_2 = \text{Numero de vueltas en el primario}$

$V_2 = \text{voltaje en el primario}$

$37,5 =$ Constante que depende del tipo de chapa , tipo de transformador

Para el secundario en la práctica este valor debe ser 5% mayor que el primario debido a las perdidas

$S_n =$ Sección del núcleo

3.2.3.3. Sección transversal del núcleo S_n

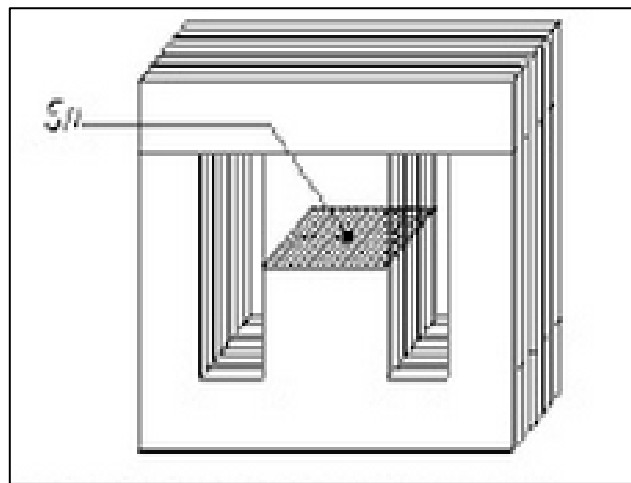


Figura III.11 Sección transversal del núcleo

Fuente: Google

Como se vio en las dos secciones anteriores para poder realizar los cálculos necesitamos conocer el valor de la sección transversal del núcleo S_n para esto utilizaremos la siguiente definición

$$S_n = k * \sqrt{S}$$

$S_n =$ sección transversal del núcleo

$S =$ Potencia aparente en el secundario

Para determinar el valor de k se debe tomar en consideración a la siguiente tabla además optar por el valor de mayor rango.

Tabla III.1 Valores de coeficientes para chapas magnéticas

Valores del coeficiente del hierro (k) para chapas magnéticas de buena calidad (chapas de grano orientado)	
Potencia del transformador (P)	Coeficiente (K)
De 25 a 100 VA	0,7-0,85
De 100 a 500 VA	0,85-1
De 500 a 1.000 VA	1-1,1
De 1.000 a 3.000 VA	1-1,2

Fuente: Google

Siendo la potencia aparente

$$S = V * I$$

3.2.3.4. Sección transversal de los conductores

Para ello se utilizara la siguiente definición

$$S_c = \frac{I_c}{\delta}$$

Donde

S_c = sección del conductor

I_c = Intensidad del conductor (primario: secundario)

δ = Densidad del conductor en A/mm²

El valor de la densidad de corriente δ se puede obtener a partir de la tabla III.2

Es recomendable utilizar para la densidad de corriente δ el valor de 4 A/mm² con esta sección se consigue el número de cable en la tabla de cables AWG.

Tabla III.VI Valor de la densidad de corriente

Valor de la densidad de corriente						
Potencia (VA)	10 a 50	51 a 100	101 a 200	201 a 500	501 a 1000	1001 a 1500
$\delta A/mm^2$	4	3,5	3	2,5	2	1,5

Fuente: Google

Elección de la chapa magnética (ancho de la columna del núcleo “a”)

La elección de la chapa se hace en función del ancho de la columna del núcleo que se representa como ‘a’.

Se selecciona el valor de a que corresponde al ancho de la chapa y por ende al ancho del núcleo. Con el valor de “a” se procede a calcular el carrete

3.2.3.5.Elección del Carrete

Como se sabe el área es igual a largo por ancho

Podríamos decir que

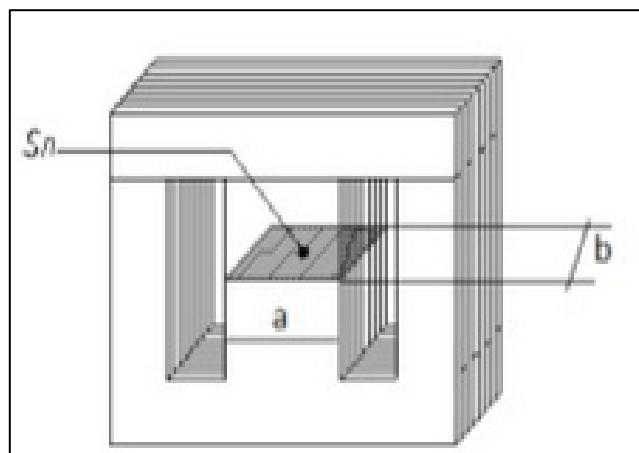


Figura III.12 Dimensiones de la Sn del núcleo

Fuente: Google

Con esto tenemos la dimensión que debería tener la sección transversal del carrete equivalente, a S_n . Este estará expresado con dimensiones (a*b)

$$S_n = a * b$$

$$b = \frac{S_n}{a}$$

Numero de chapas necesarias

Se obtiene a partir de la siguiente formula

$$Nch = \frac{b}{e}$$

3.2.4. TAPS

La traducción al español de Taps es derivación. Los Taps básicamente son derivaciones o tomas que se hacen en diferentes número de espiras por debajo de la nominal del transformador o por encima de esta, esto sirve para que cuando el transformador ya esté en funcionamiento se pueda tener la opción de variar la tensión de ingreso o de salida, por lo general los transformadores tienen un selector para que permite elegir que numero de bobinas se desea que esté conectado el terminal del bobinado primario.

3.3. Calculo de parámetros para la construcción del transformador

3.3.1. Datos para el diseño

En la sección 3.1.5 se especifican todas las condiciones a considerarse para la construcción del transformador, pero como para la aplicación se dispone de un núcleo, solo se realizó el

cálculo para determinar el número de vueltas para el bobinado del primario y secundario además del número del conductor.

Datos del dispositivo

$$V_p = 110v$$

$$I_s = 150A \text{ Máxima corriente para el análisis}$$

3.3.2. Cálculo de la sección transversal del núcleo

$$P = V * I * \cos \theta$$

$$P_s = 5 * 150 * 0.85$$

$$P_s = 637w$$

$$n = \frac{\text{Potencia de Salida}}{\text{Potencia de entrada}}$$

$$P_{in} = \frac{\text{Potencia de salida}}{0.999}$$

$$P_{in} = \frac{637,5w}{0.999}$$

$$P_{in} = 638w$$

$$\cos \theta = \frac{P}{S}$$

$$S = \frac{P}{\cos \theta}$$

$$S = \frac{638}{0.85}$$

$$S = 750,58 VA$$

$$S_n = K\sqrt{S}$$

Siendo $K=1,1$

$$S_n = K\sqrt{S}$$

$$S_n = 1,1\sqrt{750,58}$$

$$S_n = 30,13 \text{ cm}^2$$

Debido a que la seccion transversal del nucleo del transformador que se requiere y de el que se dispone, por lo que se procede a utilizar el nucleo del transformador disponible.

3.3.3. Calculo de numero de vueltas y corriente

Vueltas del primario

$$N_p = V_p \frac{37,5}{S_n}$$

$$N_p = 110 \frac{37,5}{30,13}$$

$$N_p = 134[\text{vueltas}]$$

Vueltas del secundario

$$N_s = V_s \frac{37,5}{S_n}$$

$$N_s = 5 \frac{37,5}{30,13}$$

$$N_s = 7$$

Cálculo de las corrientes

Corriente en el primario

$$I_1 = \frac{P_{in}}{V_1}$$

$$I_1 = \frac{638w}{110}$$

$$I_1 = 5,8 A$$

Corriente en el secundario

Para el efecto se a considerado como 150 A

3.3.4. Dimensionamiento del conductor

Cálculo de seccion de los conductores y calibre del alambre

$$S_c = \frac{I_c}{\delta}$$

Sección para el primario

$$S_c = \frac{5,8}{3A/mm^2}$$

$$S_c = 1,59mm^2$$

Sección para el secundario

$$S_c = \frac{150}{3A/mm^2}$$

$$S_c = 50mm^2$$

3.4.Estructura del transformador

Cabe resaltar que para el caso de la construcción se cuenta con el núcleo, del transformador, partiendo de este parámetro se ha procedido a realizar las respectivas adecuaciones según los parámetros requeridos para el caso.

Utilizando el análisis realizado en la sección 3.2 procedemos a realizar la construcción de nuestra fuente, que para el caso ha sido necesariamente el diseño de un transformador con una potencia de 638w con un voltaje de alimentación de 110 y con una corriente de entrada de 5,8 A. y con corrientes de salida de hasta 150 A. La estructura del transformador corresponde al diseño de un transformador eléctrico normal acondicionado a las necesidades del equipo.

Con el núcleo en forma siguiente.

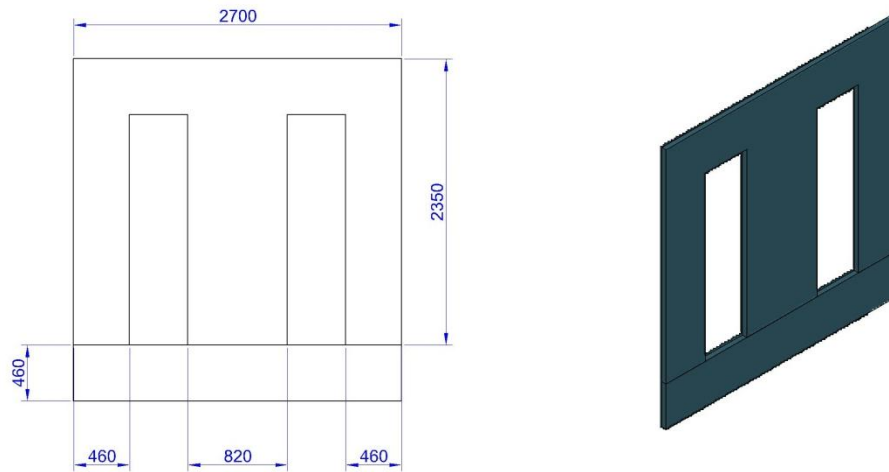


Figura III.13 Estructura Interna del núcleo

Fuente: Autor

Calculo del área total del núcleo del transformador

$$A1 = A3$$

$$A1 = 4.6 * 23.5$$

$$A1 = 4.6 * 23.5$$

$$A1 = 108.1cm^2$$

$$A3 = 108.1cm^2$$

$$A2 = 8.2 * 18.9$$

$$A2 = 154.98cm^2$$

$$A4 = (27 - 2 * 4.6) * 4.6cm^2$$

$$A4 = 81.88cm^2$$

Área total del núcleo de la sección E

$$A5 = 27 * 4.6cm^2$$

$$A5 = 124.2cm^2$$

Área total de la estructura completa del núcleo

$$Ate = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$AT = 557.26cm^2$$

Los cálculos anteriores permiten observar la sección total de nuestro transformador

3.4.1. Características del núcleo

Como se mencionó anteriormente se cuenta con el núcleo del transformador que está construido en base a chapas magnéticas con las características determinadas en la sección 3.2 Las chapas magnéticas o acero eléctrico, también llamado acero magnético, acero al silicio o acero para transformadores, es un acero especial fabricado para poseer determinadas propiedades magnéticas, tales como una zona de histéresis pequeña (poca disipación de energía por ciclo), que equivale a bajas pérdidas en el núcleo y una alta permeabilidad magnética.

El silicio aumenta significativamente la resistencia eléctrica del acero, lo que disminuye las corrientes de Foucault inducidas por el campo magnético y por lo tanto reduce las pérdidas en el núcleo.

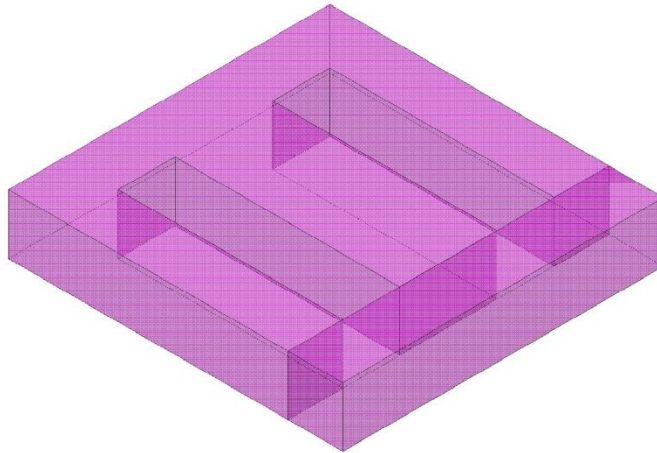


Figura III.14 Forma del núcleo del transformador

Fuente: Autor

3.4.2. Bobinado del transformador

Para la generación del campo magnético, se establece colocar en el centro del núcleo de hierro silicio los bobinados encargados de inducir la corriente necesaria para la prueba de los fusibles.

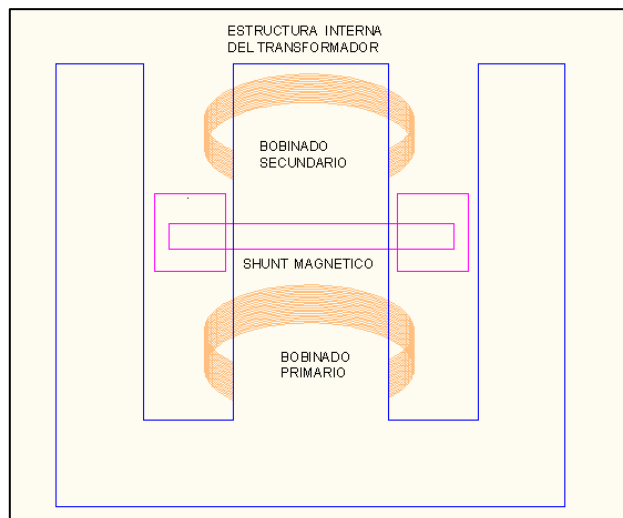


Figura III.15 Bobinado del transformador

Fuente: Autor

3.4.3. Estructura interna del Dispositivo

La estructura interna del equipo para probar fusibles está compuesto por:

Una estructura de hierro silicio cuya sección corresponde a 557.28 en donde se ubican dos bobinados. Dicha estructura tiene la forma de una EI cerrada perfectamente diseñada para la generación del campo magnético.

Bobinas compuestas y diseñadas con alambre de cobre material utilizado para la formación las espiras necesarias para la generación del campo magnético entre 0 y 150A. El número de bobinas y cantidad de vueltas de cada una de ellas están diseñan en función de la necesidad de corriente y voltaje, de manera que se logre el control de la corriente en función de los mecanismos de regulación.

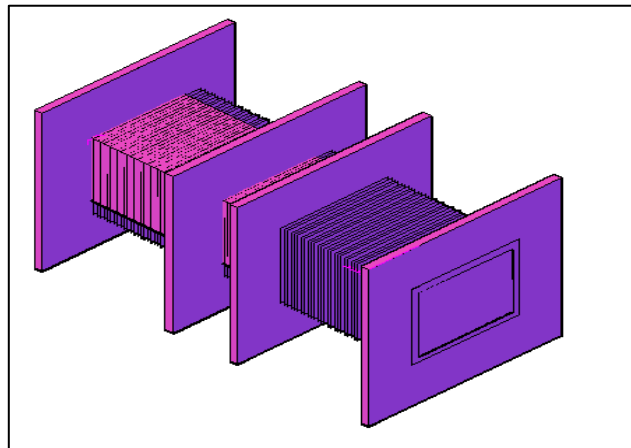


Figura III.16 Sección transversal del transformador

Fuente: Autor

3.4.4. Sistemas utilizados para la regulación de intensidad.

Se establece una regulación para dos rangos de intensidad para las corrientes mayores a 50 A y para las corrientes menores a este rango de valores.

Tabla III.VII Sistema de regulación de corriente

Sistemas de regulación de la corriente		
Elementos de regulación	Características	Rango de amperaje
Resistencia variable (1) 1000 Ω	Permite la regulación Limita la corriente de entrada	(10>X<50)A
Resistencia Variable (2) 30 Ω	Permite la regulación Limita la corriente de entrada	(50>X<150)A
Shunt magnético	Permite una regulación Corta el campo magnético Limita la corriente Permite ampliar el rango de corriente en el secundario	(X>150)A

Fuente: Autor

Para establecer la estructura interna del transformador se realizaron varias pruebas y cambios, los cuales se fueron modificando de acuerdo a las necesidades del equipo haciendo siempre referencia a la capacidad de amperaje necesitado para realizar las pruebas en los fusibles.

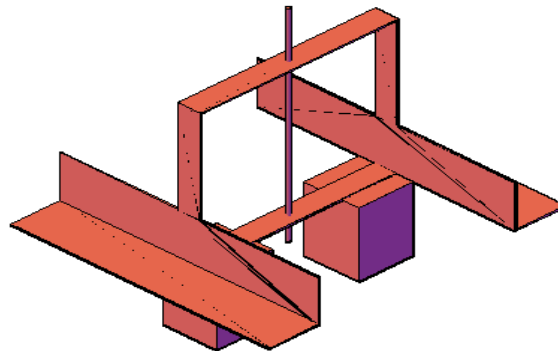


Figura III.17 Estructura shunt magnético completa del núcleo

Fuente: Autor

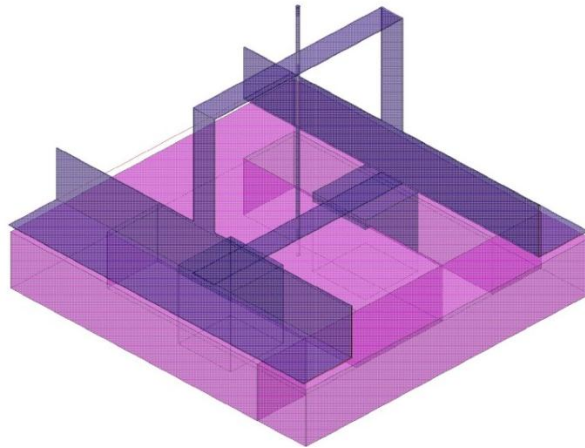


Figura III.18 Estructura completa del núcleo del transformador

Fuente: Autor

3.5. Selección del sistema para el análisis de Energía

La variable a ser medida por el analizador de energía es la corriente y las variaciones de las mismas en el secundario del transformador y es el elemento primordial en lo que se refiere al análisis y control del equipo.

Para el efecto se utilizan dos dispositivos. Transformador de corriente (**sección 2.5.1**) clase 0.2 y el Analizador de energía

Características del TC

EL TC en todas las redes de distribución es el encargado de transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

El primario del transformador, se conecta en serie con el circuito cuya intensidad se desea medir y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

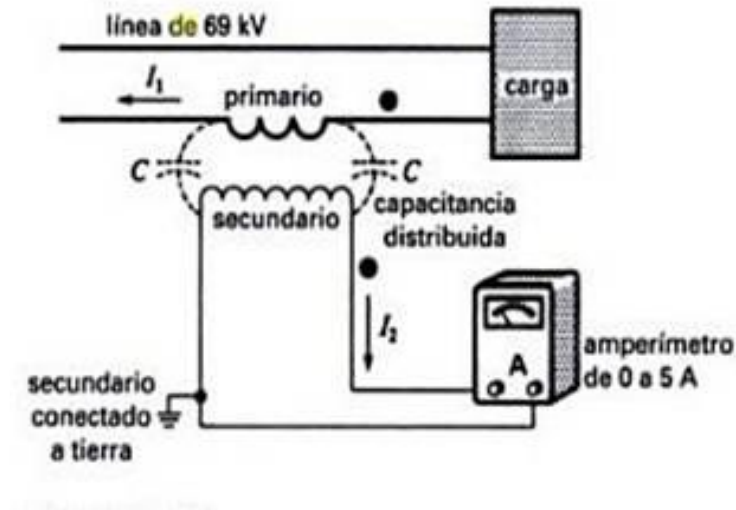


Figura III.19 Conexión del transformador de corriente

Fuente: Google

- Dispositivos que garantiza la exactitud de medición de un 20 a 120 %
- El valor de corriente del secundario de estos transformadores es de 5 A.
- Tiene una relación de transformación de 200 a 5

Analizador de energía

Alimentación 110, tomada de la línea principal

Corriente 5 amperios tomada de la señal del transformador de corriente

3.6. Selección del sistema para el control Local y Remoto

Para realizar el control local y remoto de la fuente variable de voltaje se definen los siguientes parámetros.

Se requiere de una unidad de control y monitoreo local y remoto mediante la adquisición de señales digitales y analógicas, como la visualización y comunicación hacia la PC.

Las características específicas de la misma son las siguientes:

Entradas Digitales

- Inicio
- Paro
- Posición 1 10-50 A
- Posición 2 50-150 A
- Calibración
- Activación del motor

Salidas Digitales

- Control del motor en sentido 1
- Control del motor en sentido 2
- Generación de la corriente entre 10-50
- Generación de la corriente entre 50-150
- Contactor principal de inicio
- Contactor principal de disparo de la corriente
- Activación de funcionamiento del motor

Entradas Analógicas

Una entrada analógica para la medición de corriente

Se ha seleccionado al PLC S7 1200 1214 que cumple con estos requerimientos

3.6.1. Selección del Sistema de Mando y Monitoreo local y remoto

El mando y monitoreo es comandado a través del PCL

Los requisitos son los siguientes

Comunicación entre el equipo y la computadora a través de protocolo de comunicación Ethernet.

- Se necesita un computador con conexión Ethernet.
- Se requiere del software de programación del PCL
- Se requiere el software de comunicación entre del dispositivo y la computadora
- En el capítulo anterior se especificó el tipo de dispositivo a utilizar.

3.6.1.1. Elementos y Hardware utilizado

El hardware necesario para el mando y monitoreo

PCL s7 1200

- Con 14 entradas digitales
- 10 salidas digitales
- 2 entradas analógicas
- Alimentación a 110 voltios
- Comunicación Ethernet
- Computadora con interfaz Ethernet

3.6.1.2. Selección del software

- El software necesario para el mando y monitoreo es
- Tia portal Step 7 version 11
- Software WINCC

3.6.1.3. Selección de la interfaz de comunicación

El módulo S7 1200 viene incorporado con la interfaz Ethernet lo cual facilita la comunicación y transmisión de datos.

3.7. Construcción del Dispositivo

Esta parte está enfocada a la descripción principalmente de control del dispositivo debido a que los cálculos y parámetros determinados anteriormente ayudaron a conocer el estado actual del equipo y a corregir ciertos parámetros, pero principalmente a perfeccionarlo según las necesidades actuales.

En base a esto se realizó el rebobinado de acuerdo a las características calculadas para el dispositivo. Para el efecto se detallan los planos para la construcción en el Anexo 1 y 2

3.8. Diagrama de Control del Dispositivo

El proceso para la entrada S1 y S2 es la misma por lo que solo se especifica el proceso para S1. Una vez energizado el sistema determinamos el nivel de corriente que se necesita por medio de S1 y S2 siendo S1 para niveles bajos de corriente y S2 para niveles altos de

corriente, se necesita calibrar la corriente y ejecutar una acción las mismas descritas en el siguiente diagrama de flujo.

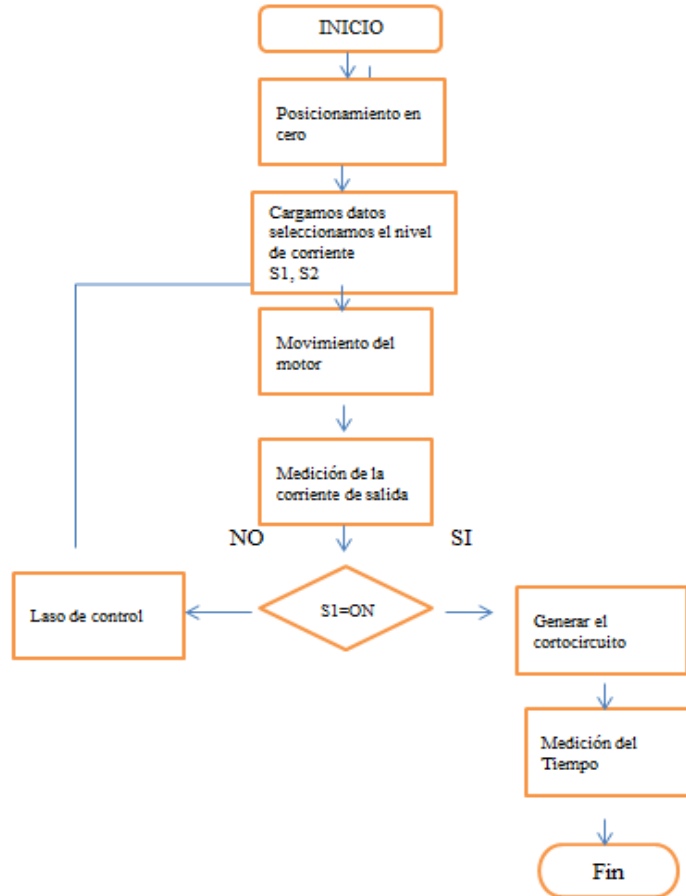


Figura III.20 Diagrama de flujo para el control del equipo

Fuente: Autor

3.9. Graficet de control

El presente describe la acción que se realiza cuando necesito elevar los niveles de amperaje en el transformador.

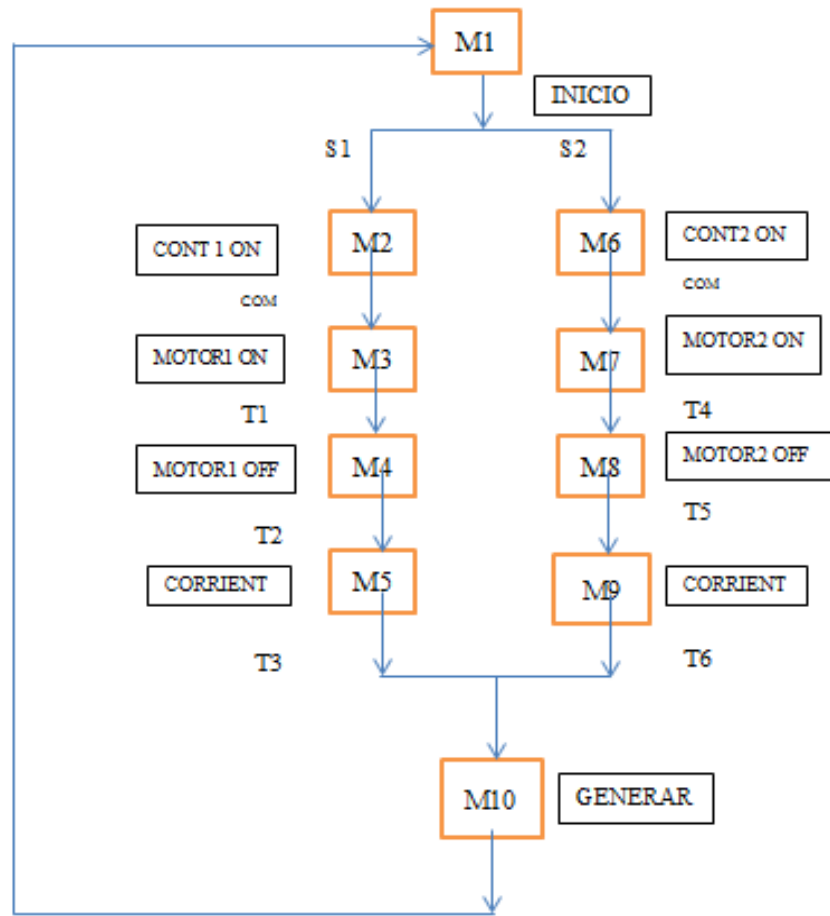


Figura III.21 GRATCET de control

Fuente: Autor

3.10. Conexión del Dispositivo

Una vez diseñado el dispositivo y el modulo para la implementación del sistema. Procedemos a realizar la conexión posterior al análisis en el diagrama de control grafcet de las entradas y salidas. En el siguiente grafio se describe la conexión de los elementos a la toma de 110 V posterior al control realizado desde el PLC para cada uno de los elementos de mando

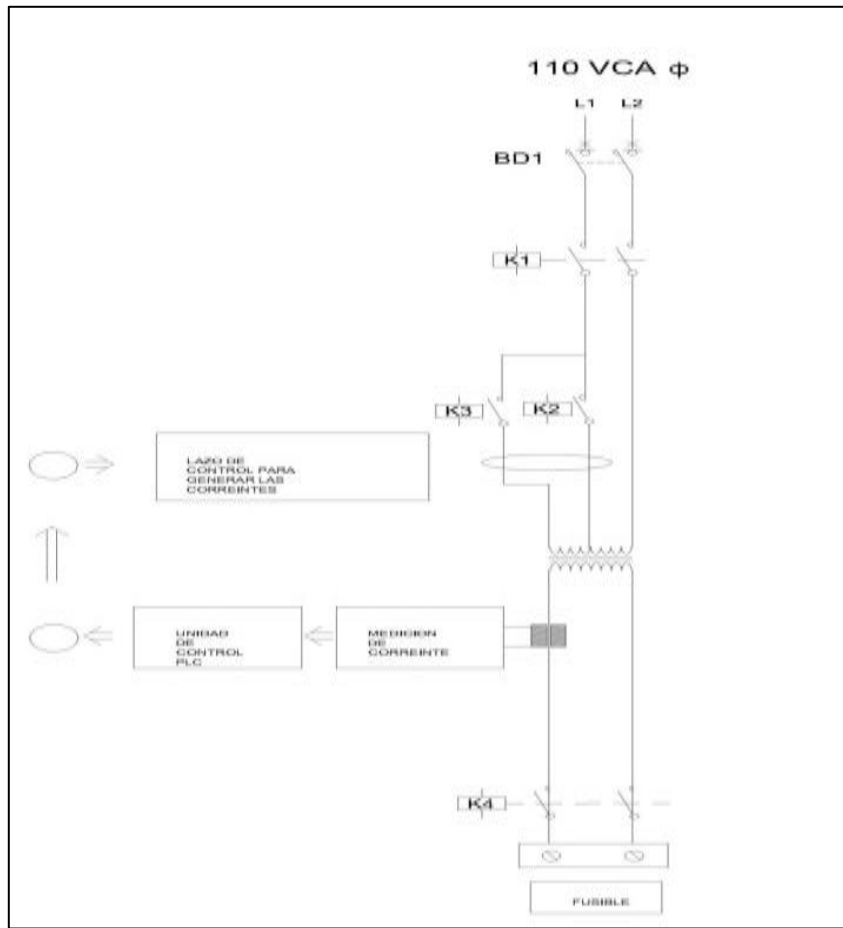


Figura III.22 Conexión del dispositivo a alimentación 110

Fuente: Autor

Esquema de conexión eléctrica del dispositivo

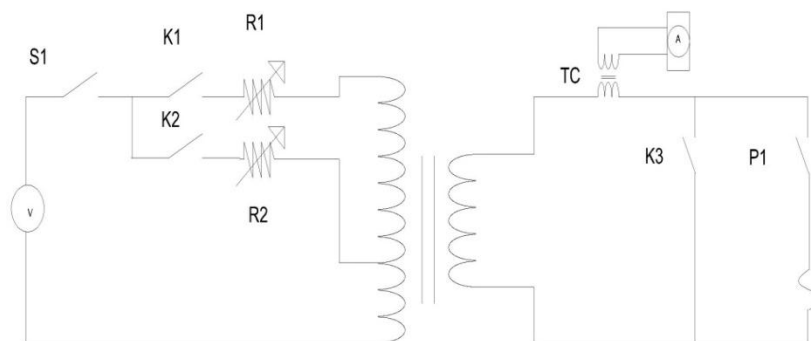


Figura III.23 Conexiones eléctricas

Fuente: Autor

Especificaciones de funcionamiento

Una vez alimentado el dispositivo a 110 por medio de nuestro S1, a través de los comandos ejecutados desde nuestra HMI procedemos a determinar el rango de amperaje que deseamos medir, con los contactores K1 y K2 con K1 activamos nuestra resistencia variable de 1000Ω , lo que nos permite regular corrientes en rangos de 10 a 50A, cuando ponemos en funcionamiento K2 obtenemos rangos regulables de corriente de 50 a 150 A. Seguidamente al seleccionar cualquiera de los dos indistintamente, el K3 se enclava permitiendo generar el cortocircuito en el dispositivo, al instante nuestro TC Transformador de corriente, censa el nivel de amperaje que se está generando, si se activó K1 la resistencia que permite regular la salida de amperaje es R1 y si se activó K2 la resistencia que permite regular la salida de amperaje es R2, una vez calibrada la corriente, se procede a desactivar el K3, seguidamente procedemos a insertar el fusible en el porta fusible se lo monta en el soporte del seccionador fusible se cierra el circuito y se procede a inyectar la corriente al fusible, por medio de la interfaz y la programación a través del PLC podemos observar y determinar las características de trabajo del fusible a continuación se detalla las características y procedimiento para la programación el PIC y el desarrollo de la interfaz.

Para la programación del equipo primero instalamos el software

Instalación del software de programación

Para el control del dispositivo utilizamos un PLC S7 1200

Este dispositivo es programado en el STEP7 Tia Portal Servipak 2 Versión 3.0

La instalación es sencilla

Simplemente se ejecuta el setup y se ejecuta el proceso de simple instalación siguiendo todos los pasos propuestos por el programa se crea un icono en el escritorio.



Precedemos a dar doble clic sobre este y procede a abrirse la siguiente pantalla

Creamos un nuevo proyecto

Le asignamos el nombre y el autor

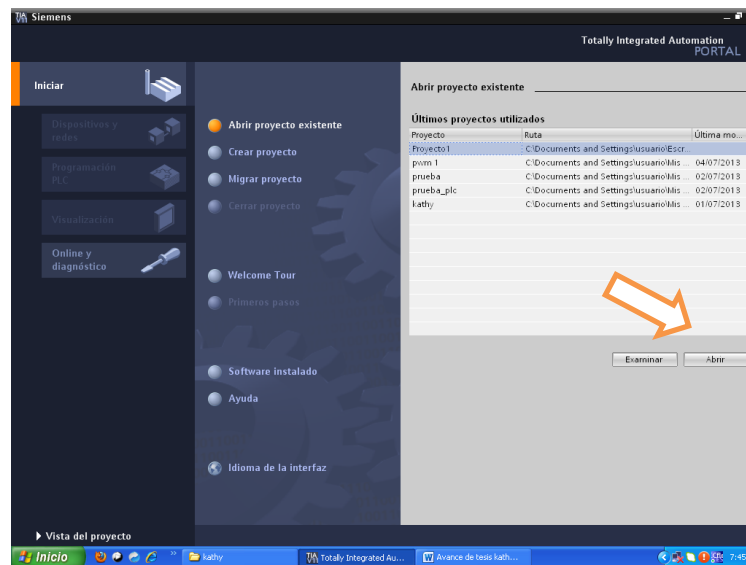


Figura III.24 Ventana creación de proyecto

Fuente: Autor

Direccionamiento del dispositivo

Para comunicarnos con el dispositivo tenemos que establecer una conexión Ethernet con el dispositivo para lo que procedemos a realizar la configuración IP en la computadora.

- Vamos a Inicio
- Editamos CMD en ejecutar
- Editamos ipconfig en la consola y verificamos la dirección actual de nuestra Maquina.
- Visualizamos la dirección actual de nuestra computadora.

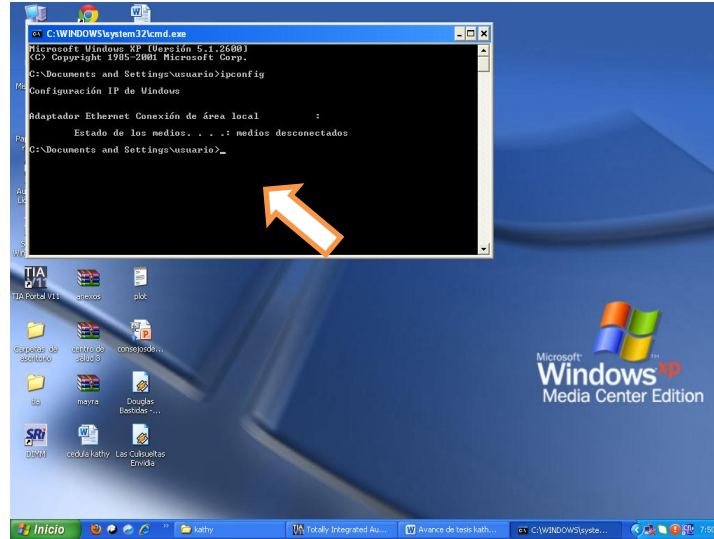


Figura III.25 Ventana verificación de dirección IP

Fuente: Autor

Por el momento la pc no tiene asignada dirección IP procedemos a asignarle una

- Vamos al Panel de control
- Configuraciones de red
- Conexión de área local

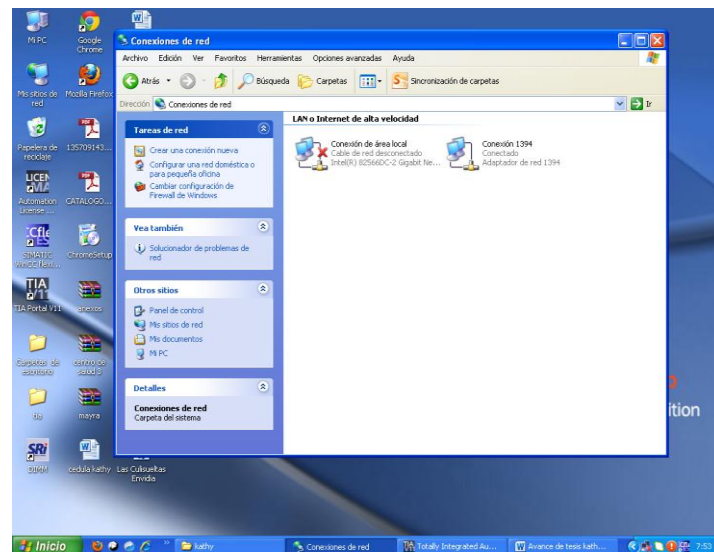


Figura III.26 Ventana asignación de dirección IP

Fuente: Autor

- Clic derecho
- Propiedades
- Nos desplazamos al protocolo TCP/IP
- Seleccionamos propiedades
- Determinamos una direccion en base a la subred que estamos utilizando
- Le asignamos una nueva direccion ip para nuestro caso es 192.168.0.7 debido a que nuestro PLC se cargara por defecto una direccion dentro de la misma subred.

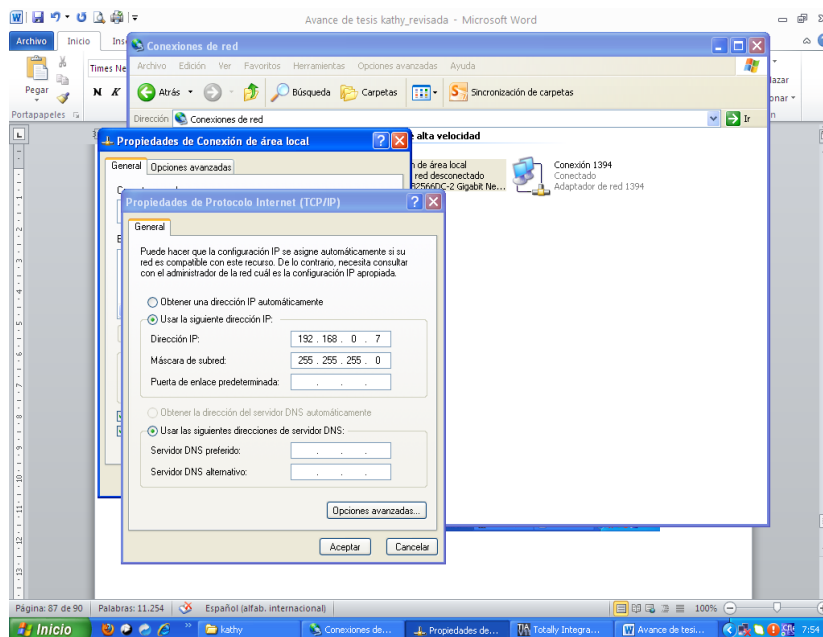


Figura III.27 Ventana cambio de dirección IP de la maquina

Fuente: Autor

- Verificamos que la dirección a sido asignada
- Vamos a inicio
- Ejecutar CMD
- Editamos ipconfig en la consola

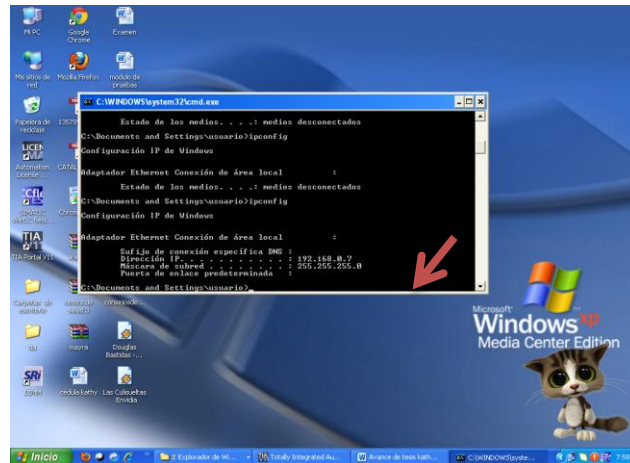


Figura III.28 Ventana verificación de dirección IP

Fuente: Autor

Como se observa la dirección ha sido asignada

Quedando determina con la IP 192.168.0.7, por lo general el PLC viene asignado con la dirección 192.168.0.1, lo que procedemos hacer es una vez establecida la red dar un ping a la dirección del PLC. Para lo cual nos vamos a la consola de CMD editamos Ping y la dirección del equipo al que queremos acceder.

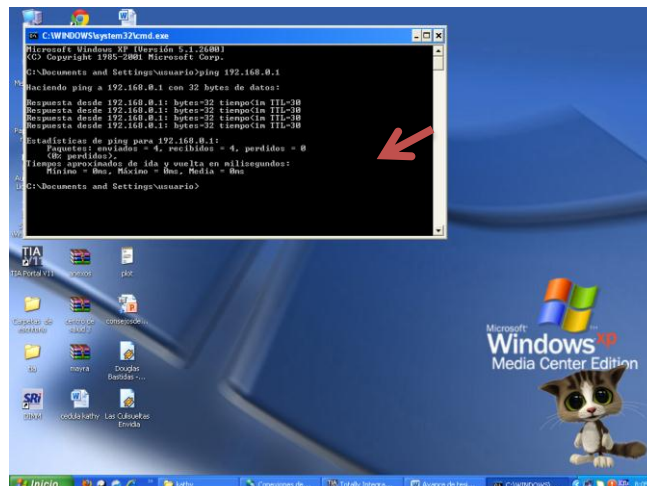


Figura III.29 Ventana confirmación de conexión con el PLC

Fuente: Autor

- Podemos observar que se tiene acceso al dispositivo
- Procedemos a trabajar con el equipo
- Abrimos el programa TIA Portal
- Direccionamos el programa
- Asignamos un nombre
- Creamos un nuevo programa

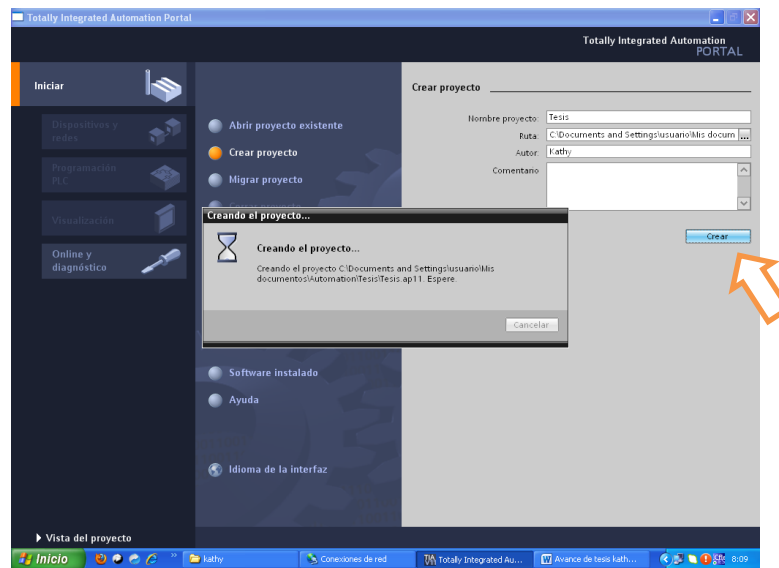


Figura III.30 Ventana Creación el proyecto en TIA PORTAL

Fuente: Autor

Una vez ceado el proyecto procedemos a seleccionar el dispositivo que se va a utilizar. Como no existe la seguridad de cual es exactamente el dispositivo que se tiene o se desconoce la direccion ip del mismo para mayor seguridad realizamos la selección del dispositivo sin especificar, el programa manda a buscar a nuestro equipo atravez de la interfaz ethernet y lo reconoce y procedemos a cargar nuestro equipo para trabajar.

Para ello nos ubicamos sobre el icono que nos da la opción seleccionar dispositivo, basta con conocer el modelo del equipo, como se sabe que se va a trabajar con un S7 1200 nos ubicamos sobre este y nos desplazamos hasta encontrar el que diga modelo sin especificar. Como se presenta en la siguiente grafica.

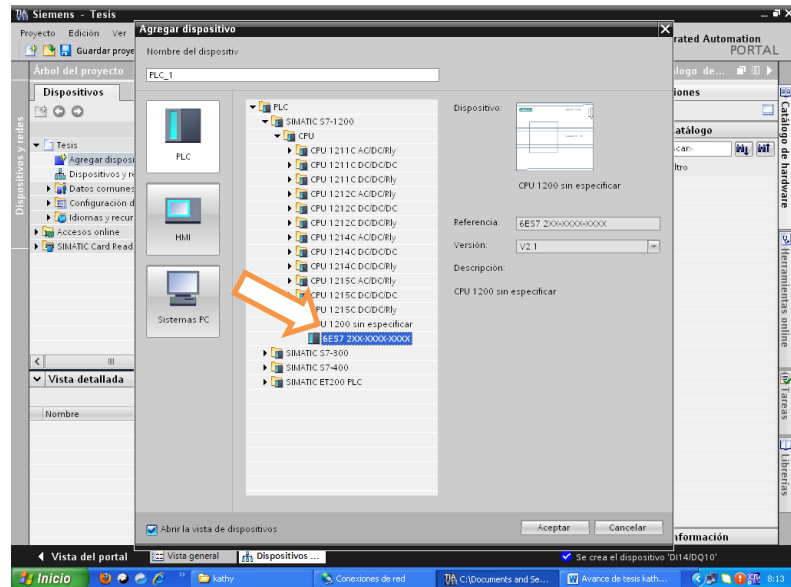


Figura III.31 Selección del dispositivo en TIA PORTAL

Fuente: Autor

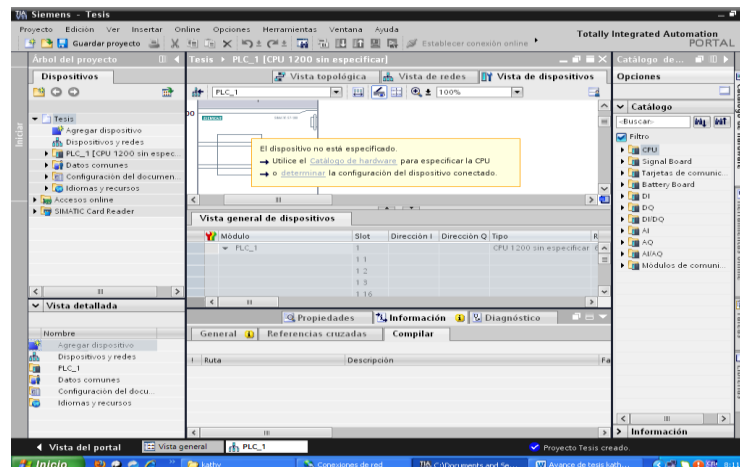


Figura III.32 Ventana determinación del dispositivo en el TIA PORTAL

Fuente: Autor

Una vez que se a especificado y encontrado el dispositivo conectado el programa procede a cargar sus características, para acceder al mismo.

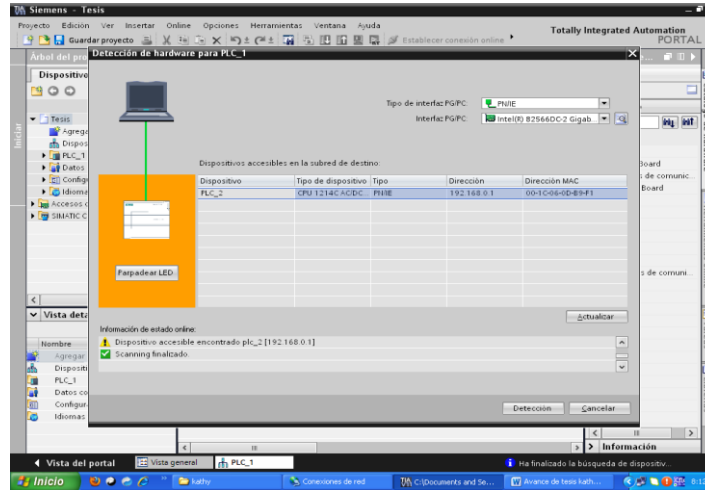


Figura III.33 Ventana Detección del dispositivo en TIA PORTAL

Fuente: Autor

Una vez cargado el dispositivo se muestra en la pantalla y podemos cambiar la dirección IP y empezar a ejecutar la programación.

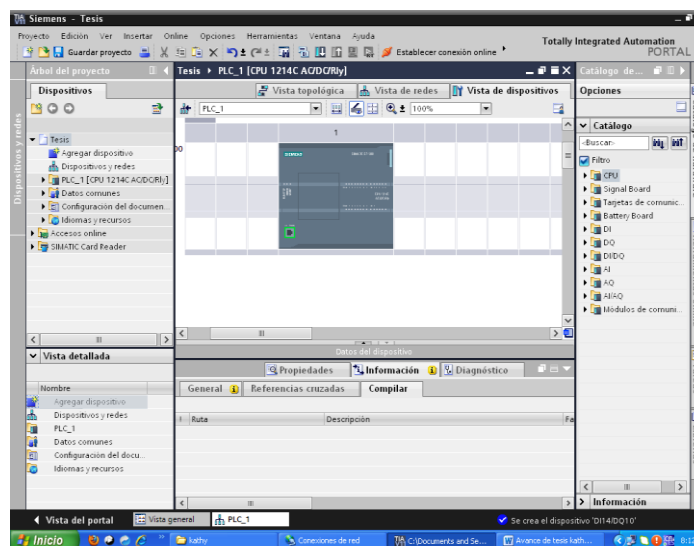


Figura III.34 Dispositivo cargado listo para trabajar TIA PORTAL

Fuente: Autor

Procedemos a realizar la programación de nuestro dispositivo, por lo que a continuación se muestran las pantallas del programa

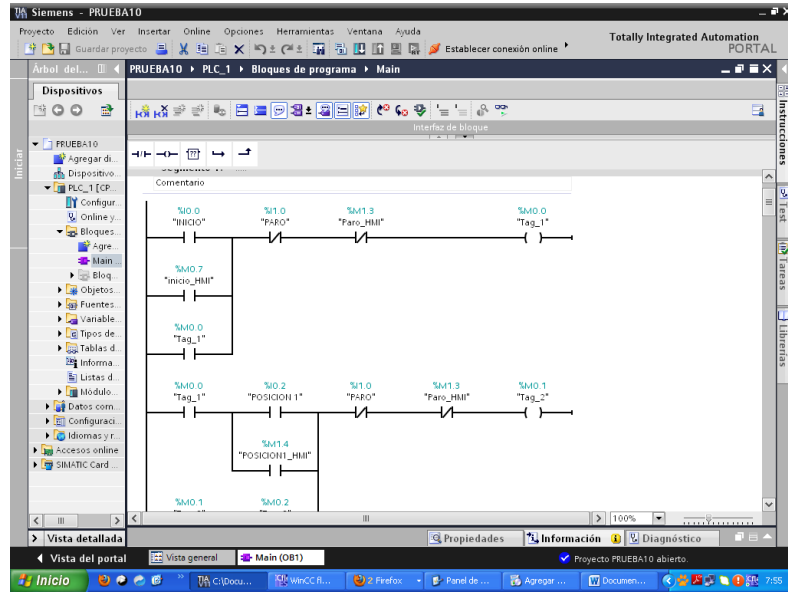


Figura III.35 Asignación y direccionamiento de memorias en el programa

Fuente: Autor

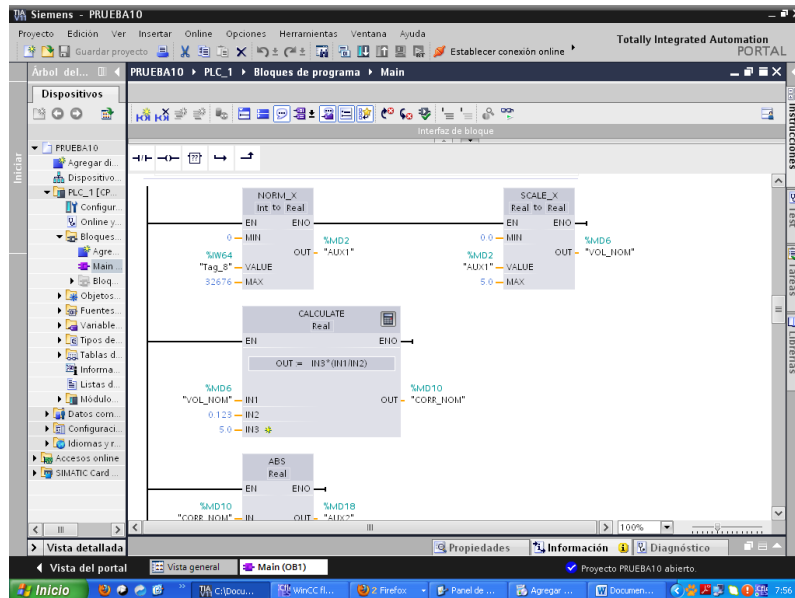


Figura III.36 Normalización y escalamiento de la entrada analógica

Fuente: Autor

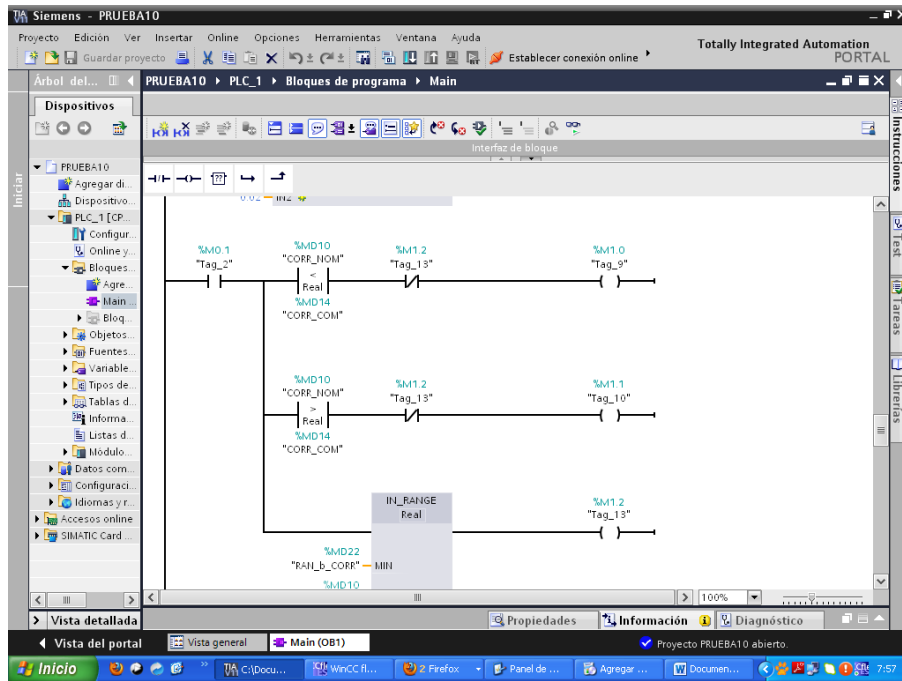


Figura III.37 Comparación de la corriente de entrada con la corriente medida

Fuente: Autor

Nombre	Conexión	Tipo de datos	Dirección	Elementos ...	Ciclo de adquis...
posicion1	S7-1200	Bool	M 1.4	1	100 ms
Variable_1	<Variable interna>	String	<Ninguna dirección>	1	1 s
luz_inicio	S7-1200	Bool	M 0.0	1	100 ms
INICIO	S7-1200	Bool	M 0.7	1	100 ms
tiempo	S7-1200	Time	MD 30	1	100 ms
luz_pos1	S7-1200	Bool	M 0.1	1	100 ms
corriente_nom	S7-1200	Real	MD 10	1	100 ms
PARO	S7-1200	Bool	M 1.3	1	100 ms
luz_pos2	S7-1200	Bool	M 0.2	1	100 ms
luz_pos3	S7-1200	Bool	M 0.3	1	100 ms
posicion3	S7-1200	Bool	M 1.6	1	100 ms
set_point	S7-1200	Real	MD 34	1	100 ms
activar_rele	S7-1200	Bool	M 1.0	1	100 ms
posicion2	S7-1200	Bool	M 1.5	1	100 ms

Figura III.38 Asignación de las memorias para trabajar en wincc

Fuente: Autor



Figura III.39 Presentación 1 en wincc

Fuente: Autor

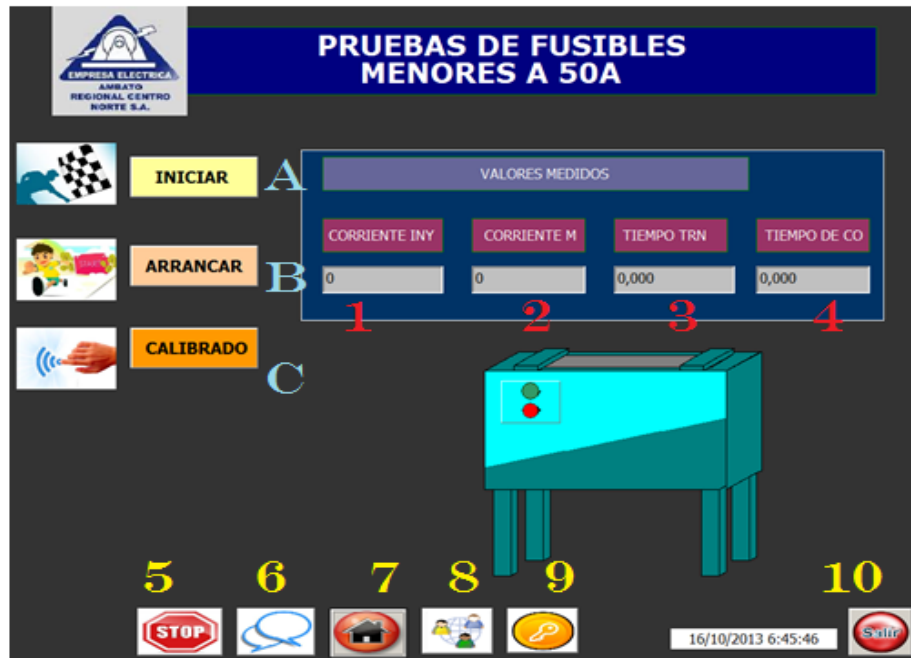


Figura III.40 Presentación 2 en Wincc

Fuente: Autor

3.11. Equipo puesto en marcha

Una vez implementado el modulo y posterior a las conexiones, la programación procedemos a realizar la conexión entre el dispositivo y la HMI para el diseño de esta se utilizó el software WINCC que es de propiedad de la empresa Siemens, al igual que el PLC lo cual facilito en gran manera la comunicación entre el dispositivo por medio del PLC y la computadora, gracias al protocolo manejado por Wincc para la conexión Ethernet con el mismo. El cual nos permitió la creación de la aplicación y el manejo de datos de forma sencilla e Intuitiva, permitiendo así la manipulación de entradas y salidas en el equipo desde y hacia la computadora, permitiendo el acceso y control al dispositivo.



Figura III.41 Equipo puesto en marcha

Fuente: Autor

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de características pruebas de tiempo corriente

Esta sección se enfoca en el desarrollo y ejecución de las pruebas en los fusibles de media tensión y al proceso de adquisición de datos

En la siguiente sección se detalla el procedimiento que debe efectuarse según la norma IEEE C37.47 que especifica el estándar de diseño de las pruebas de fusibles. Para comprobar el funcionamiento de un fusible.

4.1.1 Pruebas de tiempo corriente

Lo primordial es tener un sistema de montaje para el fusible.

Y las respectivas seguridades pertinentes para la conexión, del sistema de montaje y la fuente de generación del cortocircuito.

4.1.2 Condiciones Eléctricas

- El calibre del conductor debe soportar la misma temperatura de fusión del fusible

4.2 Pruebas de corriente versus tiempo

Las pruebas deberán ser hechas según los rangos de corriente de las curvas de comportamiento del fusible, para los tiempos siguientes

- 0.01s a 300s para alimentar al fusible tipo K, T rangos de corriente hasta 100A
- 0.01s a 600s para alimentar al fusible tipo K, T rangos de corriente mayores a 100^a

4.3 Condiciones para las pruebas

Las pruebas de fusión de los fusibles deberán ser hechos a cualquier rango de voltaje hasta su máximo valor nominal, con el circuito de prueba dispuesto a trabajar con una corriente constante inyectable al fusible.

Los dispositivos para la prueba del circuito deberán tener suficiente impedancia para prevenir los cambios en el material que no puedan ser rápidamente corregidos cuando el elemento fusible se funde.

4.4 Características de las pruebas de fusibles Tiempo-fusible

La medición de la corriente a través del fusible durante una prueba de tiempo-corriente se hará de la siguiente manera.

Una corriente existente durante 5 segundos o más se puede medir con un amperímetro estándar.

Una corriente de menos de 5 años la duración se medirá con un oscilógrafo, u otro instrumento adecuado, y la ola actual, incluyendo el componente de la corriente y la disminución de corriente alterna. Se corregirá a condiciones de estado estacionario para el trazado tanto de fusión y el total de tiempo de compensación curvas de corriente.

4.5 Medición del tiempo

Medición del tiempo durante la prueba de fusión del fusible

Las medidas del tiempo deben ser hechas como sigue

- Un tiempo mayor a 10s deberá ser medido con un reloj eléctrico.
- Un tiempo mayor a 1s puede ser medido con reloj sincronizador.
- Un tiempo menor a 1s deberá ser medido con un osciloscopio u otro instrumento sustituto.

4.6 Procedimiento

1. Alimentación de voltaje al dispositivo con 110V
2. Inicio de operación del sistema
3. Selección del rango de trabajo para la generación de la corriente
4. Activación del contactor generador de la corriente de cortocircuito
5. Adquisición de los parámetros proporcionados por el transformador de corriente.
6. Transformación, filtrado, linealización de la señal, de la señal proporcionada por el TC.
7. Calibración de la corriente
8. Apertura del cortocircuitó
9. Conexión del fusible al seccionador fusible.
10. Toma de tiempo con inducción de corriente de un determinado valor proporcionados por el catalogo del proveedor fusibles.
11. Análisis del comportamiento y funcionamiento del fusible según el tiempo que transcurre en quemarse el fusible y registro de la corriente a la cual se quema.

12. Comparación de los valores proporcionados por el fabricante y los medidos
13. Determinación si el fusible está acorde o no con los parámetros de funcionamiento.

4.7 Análisis de las pruebas

Para analizar los resultados primero seguimos el procedimiento, enunciada en la sección 4.6 para obtener la información, necesaria que permita determinar el comportamiento de un determinado tipo de fusible, sea del tipo K o T.

Para realizar este análisis nos ayudamos del programa CYMETCC el cual facilita ver si los valores obtenidos se encuentran o no en el rango adecuado de trabajo de los fusibles.

4.8 Pruebas realizadas

Para comprobar la hipótesis que dice El diseño y construcción de un dispositivo para probar fusibles de media tensión permitirá comprobar el correcto funcionamiento de los fusibles en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

Se procedió a realizar varias pruebas en función de un tipo de fusible este de función rápida tipo k con corriente de operación nominal de 20A, con las características que especifica la Norma ANSI 37.42

Tabla IV.VII Características del fusible de 20 A tipo K

I NOMINAL	Mínimo (300 Seg)	Máximo (300 Seg)	Mínimo (10 Seg)	Máximo (10Seg)	Mínimo (0.1 Seg)	Máximo (0.1Seg)	Relación de velocidad
20	39	47	48	71	273	328	7

Fuente Norma ANSI 37.42

Tabla IV.IX Corrientes y tiempo de fusión del fusible 20^a

CORRIENTES Y TIEMPO DE FUSION	
Corriente(A)	Tiempo (Seg)
50	120
50	45
50	70

Fuente: Autor

Cabe resaltar que en la prueba se mide el tiempo mínimo de fusión.

Procedemos a analizar la información

Seleccionamos el tipo de fusible en el programa CYMETCC

Generamos los reportes

Ingresamos el tiempo obtenido y observamos si en ese tiempo nuestro fusible se fundió con la corriente que ingresamos si esta entre la curva del tiempo de fusión y la curva del tiempo mínimo de despeje se considera que el fusible de determinado tipo trabaja a sus características específicas.

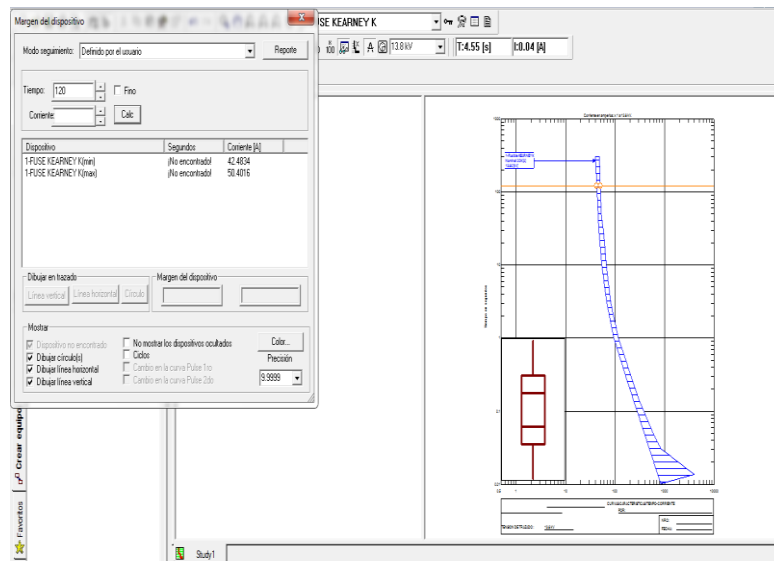


Figura IV.42 Curva de fusión 1

Fuente: Autor

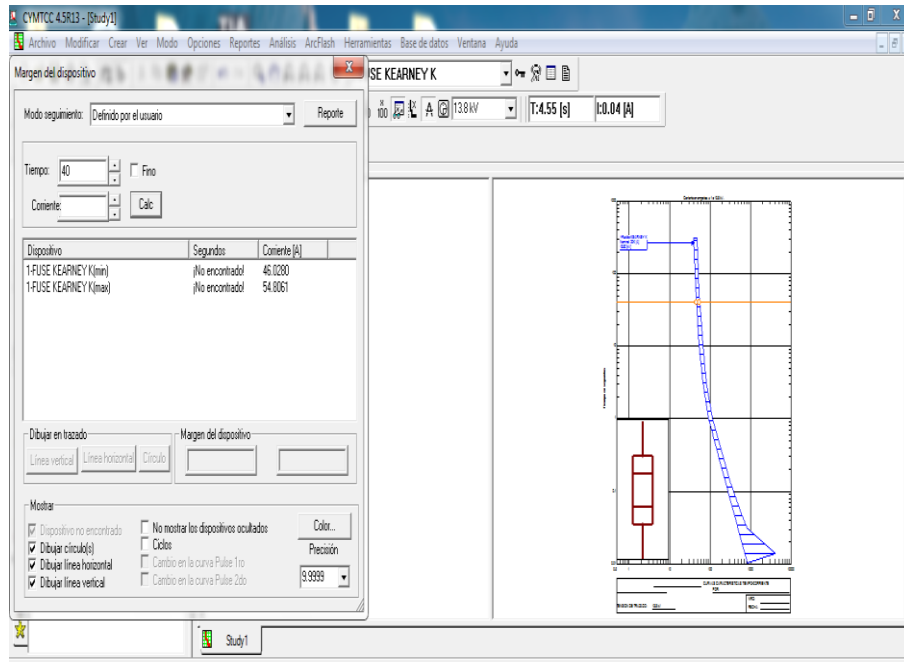


Figura IV.43 Curva de fusión 2

Fuente: Autor

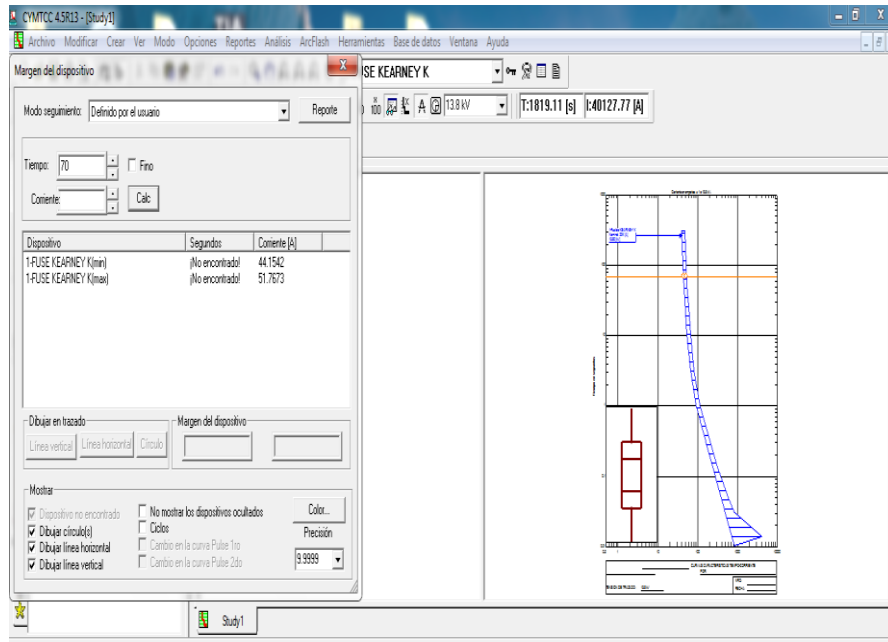


Figura IV.44 Curva de fusión 3

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- Una vez que se determinó y analizó los requisitos necesarios para las pruebas de fusibles de media tensión para redes de distribución se establece que no se cuenta con valores reales de corriente y tiempo de fusión de los fusibles de media tensión, utilizados en los sistemas de distribución eléctricos; por dicha razón, se diseña y construye un equipo el cual permite comprobar las características del elemento fusible, y asegurar su correcto funcionamiento en el sistema de distribución.
- Con la finalidad de reducir los daños ocasionados por el mal funcionamiento de fusibles y la falta de conocimiento de su verdadero tiempo de fusión y corriente, una vez dimensionado el elemento, se analizaron parámetros y características para establecer cada uno de los detalles para el diseño del equipo comprobador de fusibles.
- Para determinar las características de trabajo y manipulación del elemento fusible fueron consideradas principalmente las reglas establecidas para los sistemas de protección norma Nema, ANSI la cual permite analizar la corriente nominal del fusible y el tiempo de fusión de mismo. Consideradas estas normas para poder realizar las pruebas y determinar el estado de los fusibles, en base a las curvas de comportamiento de las mismas.

- Con el diseño y la construcción del dispositivo se comprueba el tiempo de fusión de un fusible determinado para trabajar en un valor de corriente, la cual es inyectada a través del dispositivo manteniendo una corriente de inyección constante, gracias a la automatización del mismo y al bloque de control se asegura la calidad de la prueba y la fiabilidad de los datos.
- Las pruebas que fueron realizadas y especificadas en la sección 4.7 ratifican la hipótesis debido a que las pruebas satisfacen las necesidades ya que permiten determinar si un fusible se encuentra o no en su rango de trabajo.

RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar las pruebas con el dispositivo, para los fusibles de media tensión se deberá tomar las respectivas precauciones de seguridad.
- Ya que la finalidad del dispositivo es comprobar el correcto funcionamiento del fusible, realizar las pruebas y análisis necesarios para determinar la correcta adquisición de los mismos.
- Considerar que las características de construcción del fusible están diseñadas en base a las normas para los dispositivos de protección NEMA, el análisis de la corriente y el tiempo de fusión de los fusibles.
- Se debe realizar el respectivo asesoramiento al personal encargado de la manipulación del dispositivo para la realización de las pruebas de los fusibles de media tensión.
- El dispositivo registra el tiempo y corriente de fusión del fusible en la curva de mínimo tiempo de fusión, permitiendo así realizar el análisis pertinente del funcionamiento adecuado del mismo.
- Al calibrar el equipo para que trabaje de acuerdo a la tabla de funcionamiento del fusible es necesario considerar un 15 % más de amperaje por la caída de amperaje presentada debido a la distancia del cable al porta fusibles, comparado con el punto de calibración de la corriente.
- Las pruebas que se realicen deben ser ejecutadas de manera rápida debido al calentamiento dado en las resistencias que se dispone en el equipo.

RESUMEN

Diseño y construcción de un dispositivo para probar fusibles que se utilizan en las redes de distribución eléctrica en las líneas de media tensión para la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A,

Tiene por finalidad comprobar el comportamiento de fusibles. Se utilizó el método experimental para determinar el mejor sistema de generación de amperaje, demostrando así el comportamiento de los fusibles según las curva, proporcionadas por los proveedores. Para implementar el sistema se utilizó el software Industrial WINCC; y adecuando la programación del PLC, permitiendo interactuar el HMI con la máquina de forma segura. El control del proceso se lo ha realizado mediante accionamientos remotos. Además el sistema tiene la capacidad de realizar reportes de resultados con datos como tiempo y corriente, que serán utilizados, para determinar el correcto trabajo de un tipo específico de fusible.

Se procedió a realizar varias pruebas en función de un tipo de fusible este de fusión rápida tipo k con corriente de operación nominal de 20A, con el cual se obtuvo tiempos de fusión de 120, 70, 50 segundos, pudiendo observar que el comportamiento del fusible se encuentra dentro de las curvas de operación.

Con el diseño y la construcción del dispositivo se comprueba el tiempo de fusión de un fusible determinado para trabajar en un valor de corriente específico.

Se recomienda que la corriente de inyección al fusible sea calibrada con un 15% más debido a las propiedades físicas del conductor.

ABSTRACT

This research is about the design and construction of a device made to test fuses that are used in the electrical distribution nets belonging to the medium voltage lines for the Electrical Company of Ambato Central –North Regional Agency.

Its objective is to test fuses' behavior. Experimental method was used to determine the best amperage generation system, to demonstrate their behavior according to the curves given the suppliers. In order to implement the system, Industrial software WINCC, was used; also, adapting PLC (Programmable Logic Controller) allowed, HMI (Human Machine Interface) interact with the machine in a safe way. The process control has been done through remote mechanism. This system also has the capability to report data results such as time and current which will be used to determine the right functioning of a specific type of fuse.

Several tests were done of a type K fast- blow with nominal operation current of 20A. The results were as follow: fusion time of 120, 70 and 50 seconds, when direct of 50A is applied. It could be observed that the fuse behavior is within operation curves.

With the design and construction of the device the minimal fusion time is tested in a determined fuse to work on a specific current value.

It is recommended that the current injected to the fuse be calibrated at 15% or above because of the physical characteristics of the conductor.

CAPITULO VI

5. BIBLIOGRAFÍA

1. FUSIBLES

- a. <http://www.mayecen.com/new/cat1/arian2.pdf>
- b. <http://www.electricosinter.com/index.php/es/fusibles-de-expulsion>
- c. <http://roble.pntic.mec.es/adog0009/4.html>
- d. http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/powersystems/resources/library/327_CutoutsFuselinks/32740.pdf
- e. http://www.arrobyte.cl/fuselco/files/memorias/mem_1_1252620101.pdf
- f. http://www.fusibles.cl/files/memorias/mem_1_1252620222.pdf

2013-03-08

2. FUSIBLES

- a. http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo1/fusibles.html
- b. http://likinormas.micodensa.com/Especificacion/aisladores/et501_fusibles_mt_tipo_h_k_t
- c. <http://www.promelsa.com.pe/pdf/24204178.pdf>
- d. <http://es.scribd.com/doc/92146451/ANSI-C-37-42-Cortacircuitos>

2013-03-09

3. DISPOSITIVOS DE MANDO

- a. <http://www.schmersal.net/cat>

2013-05-01

4. MOTORES DC

- a. [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/4eso/archivos/3eva/memoria de un inversor de giro motor cc por plc.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/4eso/archivos/3eva/memoria_de_un_inversor_de_giro_motor_cc_por_plc.pdf)

2013-04-03

5. REOSTATOS

- a. <http://www.monografias.com/trabajos7/inba/inba2.shtml>

2013-03-9

6. PLC S7 1200

- a. <http://support.automation.siemens.com>
- b. <http://www.automation.siemens.com>

2013-05-13

7. TAPS

- a. <https://groups.google.com/d/topic/electrica>

2013-03-19

8. TRANSFORMADOR MONOFASICO

- a. <http://www.slideshare.net/junior198619/construccin-y-diseo-de-un-transformador-monofasico>
- b. <http://www.forosdeelectronica.com/f27/probar-transformador-9998/>
- c. http://www.tecnun.es/asignaturas/SistElec/Practicas/Trabajo_09_10.pdf

2013-03-11

9. WINCC FLEXIBLE 2008

- a. <http://cache.automation.siemens.com>
- b. <http://www.infopl.net>

2013-05-20

10. RECTIFICADORES Y FILTROS

- a. http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula_virtual/Cursos/Instrumentacion%20I/Documentos/Circuitos_Rectificadores.pdf
- b. http://www.labc.usb.ve/paginas/mgimenez/Lab_Circ_Electronicos_Guia_Teorica/Cap13.pdf

2013-07-20

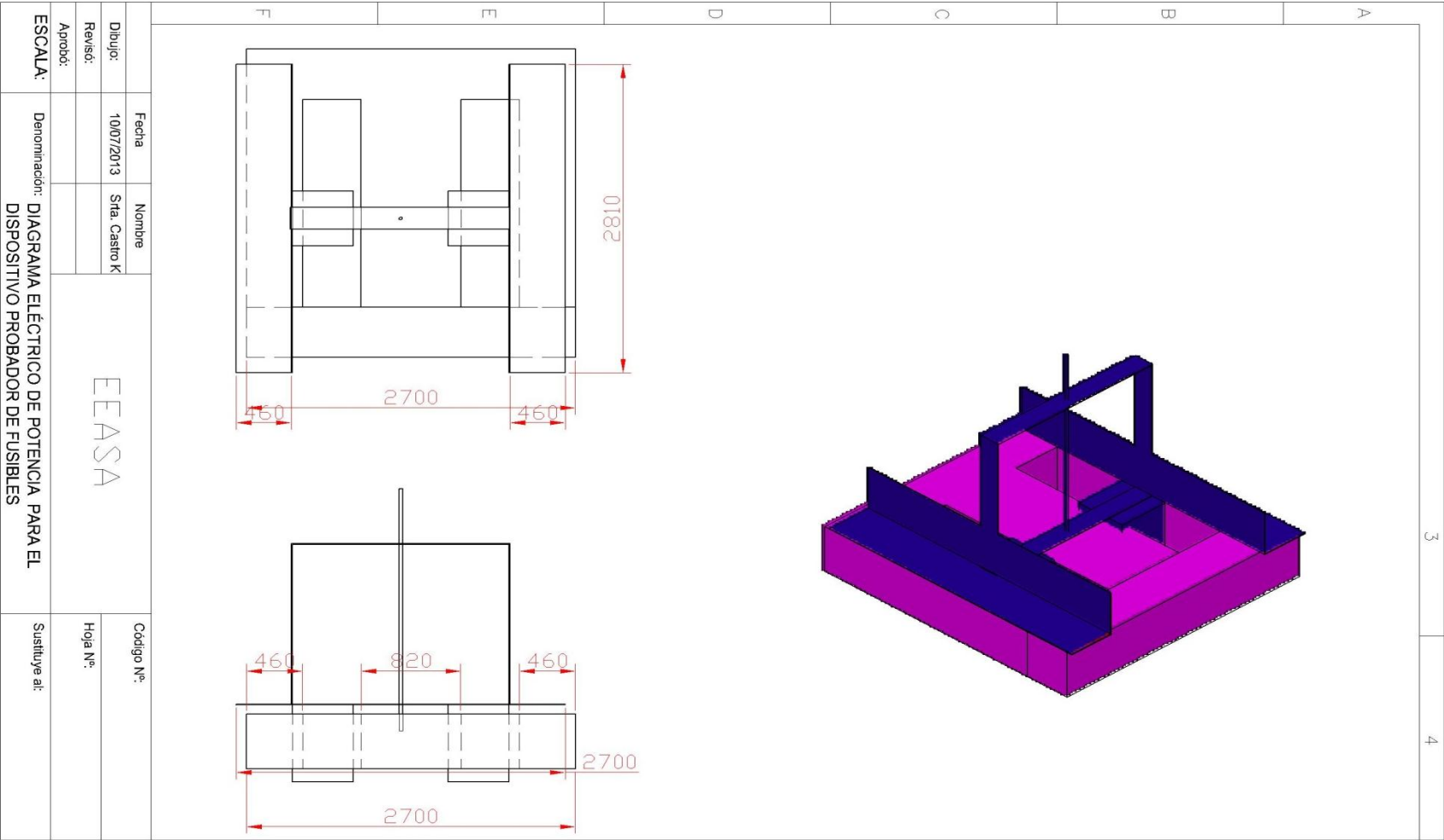
11. COORDINACION DE PROTECCIONES

- a. <http://blog.espol.edu.ec/econde/files/2012/08/coordinacion-de-protecciones.pdf>

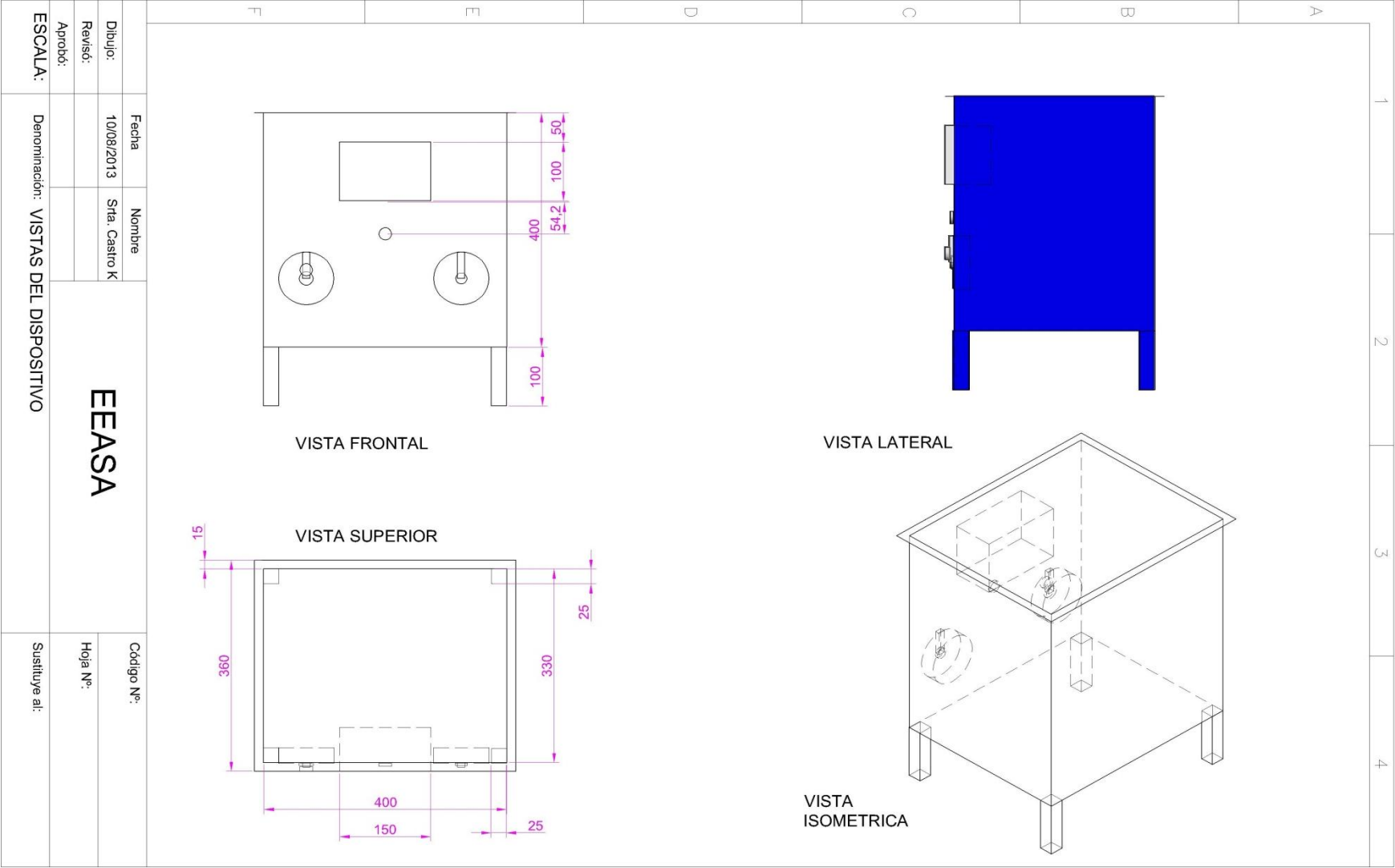
2013-04-08

ANEXOS

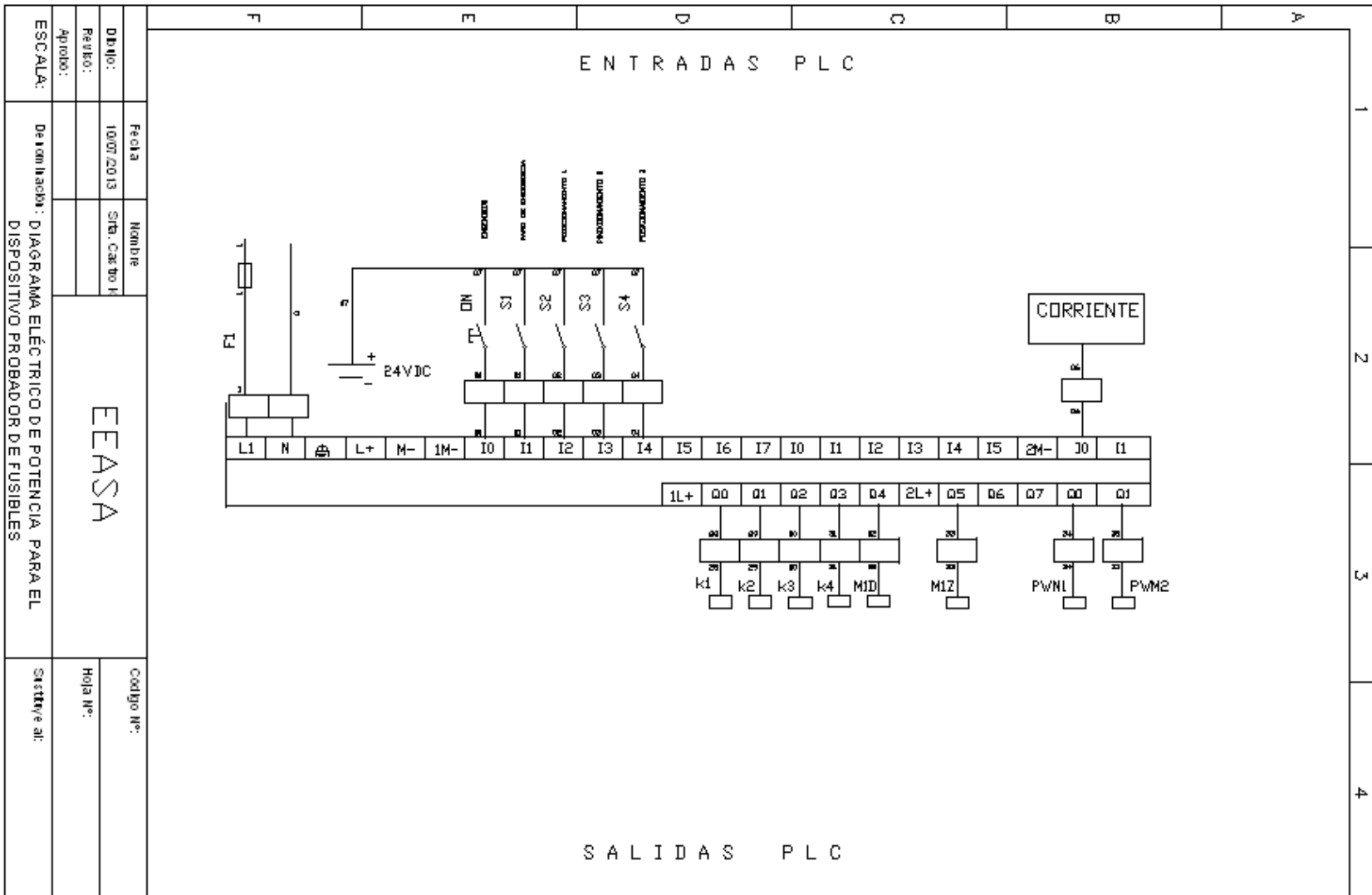
Anexo 1. Estructura del núcleo del transformador



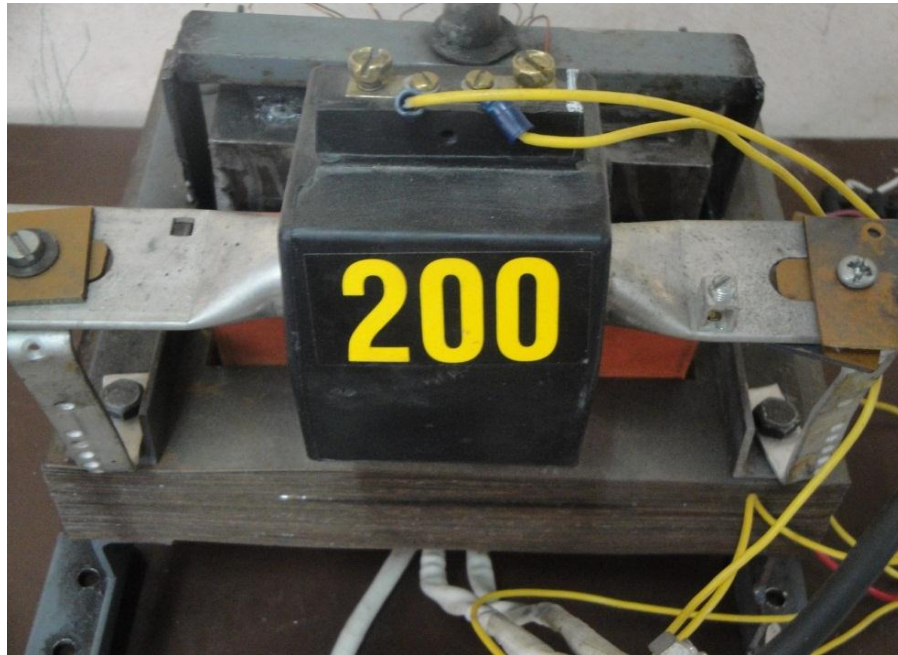
Anexo 2. Estructura del módulo de pruebas



Anexo 3. Diagrama de conexión de PLC



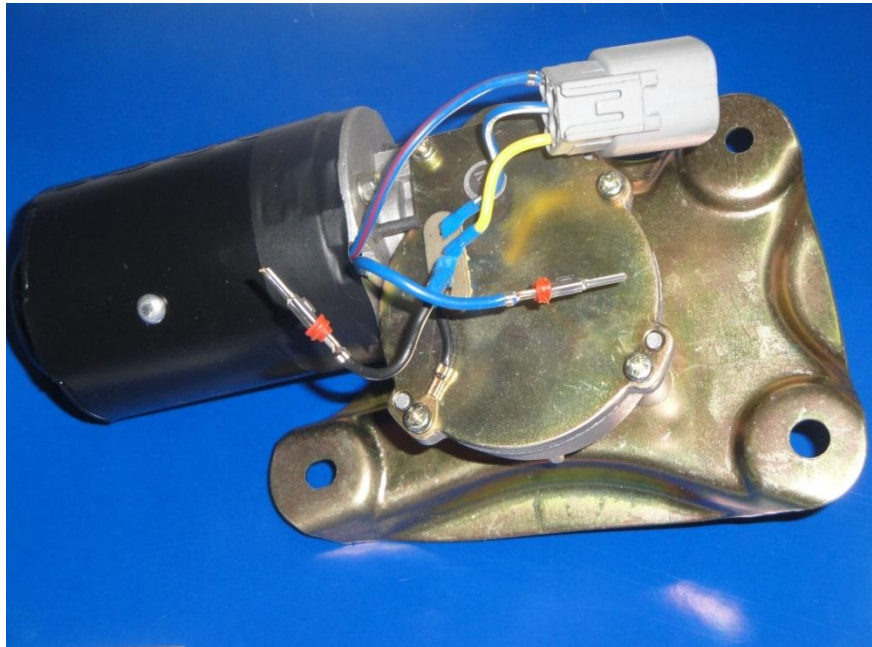
Anexo 4 Foto del transformador de corriente.



Anexo 5 Foto del multímetro digital



Anexo 6 Foto Motor de corriente Continua



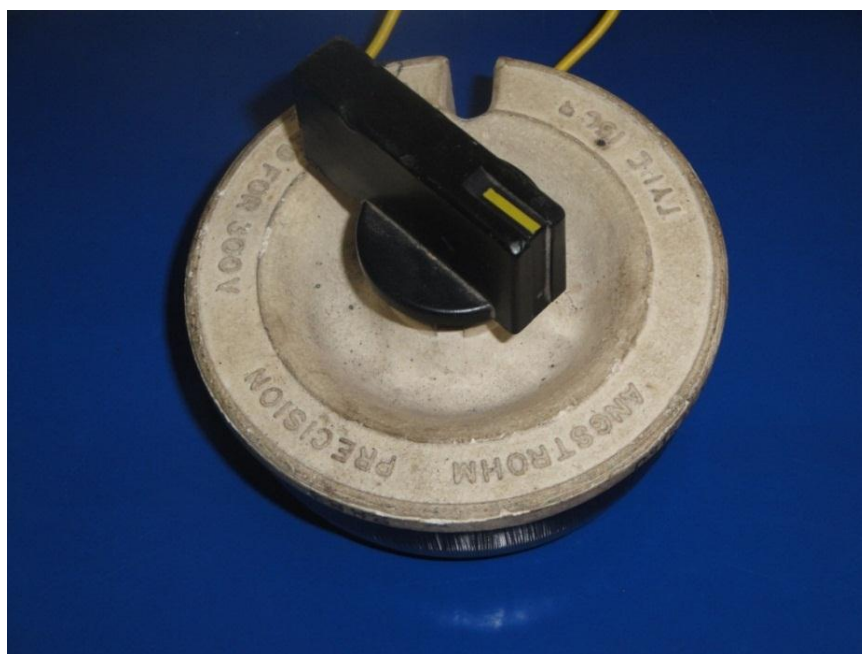
Anexo7 Foto Relés



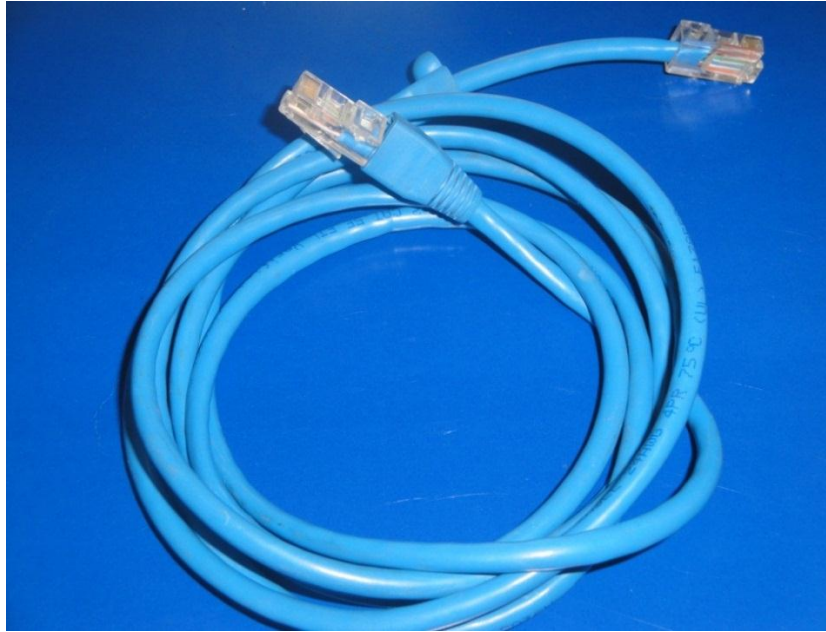
Anexo 8 Foto Reóstato 30Ω



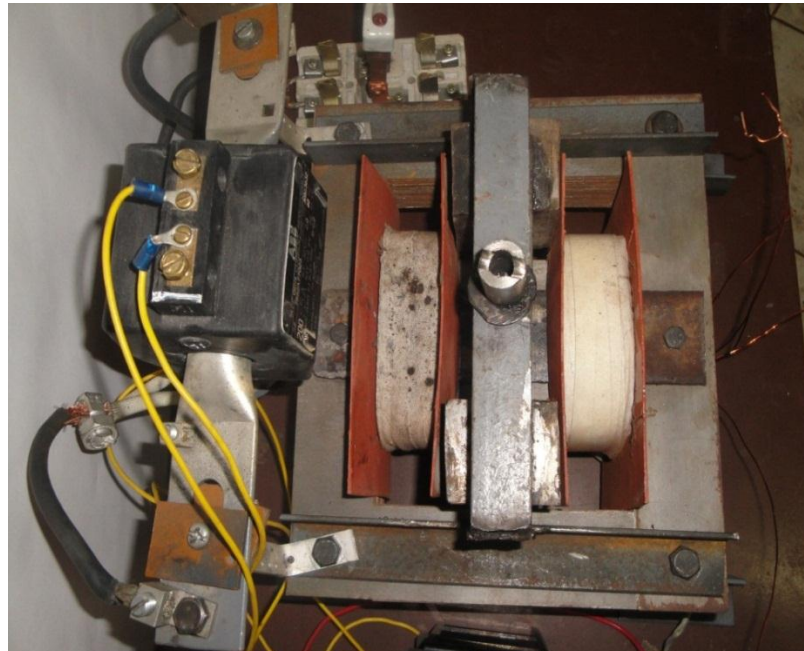
Anexo 9 Foto Reóstato 1000Ω



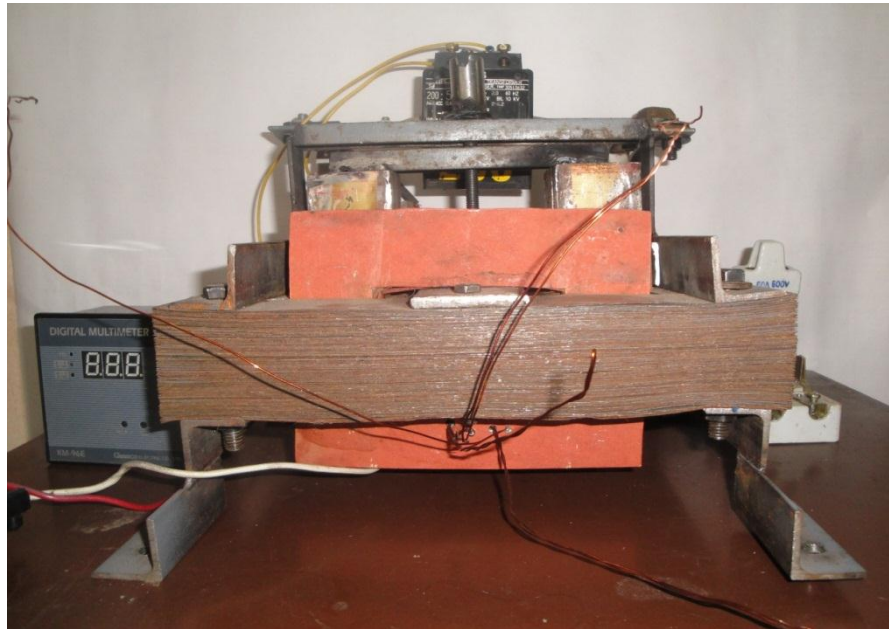
Anexo 10 Cable Ethernet



Anexo 11. Transformador



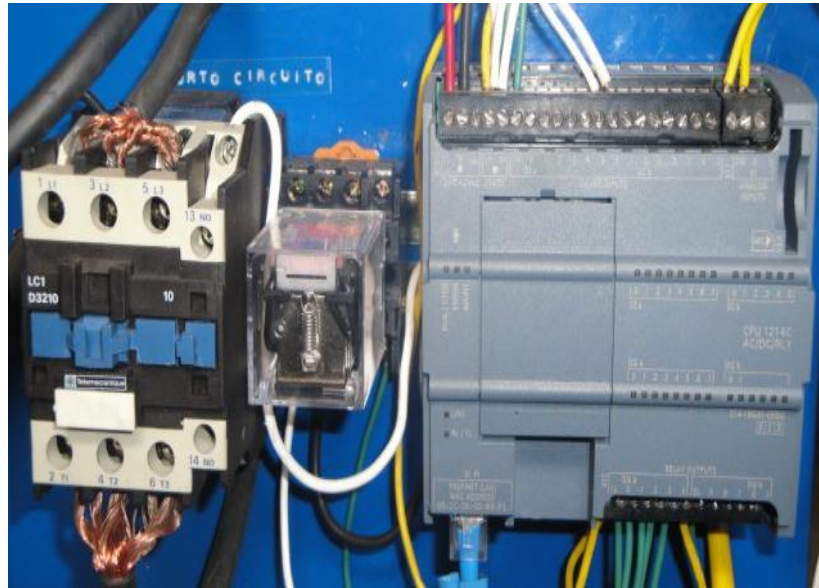
Anexo 12. Terminales del Tap del Transformador



Anexo 13 Proyecto integrado



Anexo 14 Elemento de control



Anexo 15 Seccionador fusible.



Anexo 16 Proyecto puesto en marcha



MANUAL DE USUARIO DEL
DISPOSITIVO DE PRUEBAS DE
FUSIBLES QUE SE UTILIZAN EN LAS
REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
EN LAS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Contenido

INTRODUCCIÓN	- 12 -
INSTRUCCIONES A TENER EN CUENTA	- 13 -
VESTIMENTA NECESARIA	- 14 -
PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.....	- 15 -
HERRAMIENTAS NECESARIAS	- 16 -
EQUIPOS NECESARIOS.....	- 16 -
CONSIDERACIONES ANTES DE REALIZAR LAS PRUEBAS.	- 17 -
CARACTERISTICAS FISICAS DEL EQUIPO	- 20 -
DISPOSITIVO PUESTA EN MARCHA	- 20 -
CONFIGURACION DEL SOFTWARE.....	- 21 -
CARACTERISTICAS DE LA PANTALLA DE PREBAS.....	- 23 -
EJECUCION DE LA PRUEBA	- 25 -
OBSERVACIONES	- 27 -

INTRODUCCIÓN

El presente manual tiene como objetivo el brindar un material de apoyo para el personal de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. de las normas de seguridad y los

parámetros a considerarse para poder en funcionamiento el dispositivo para probar fusibles que se utilizan en las redes de distribución eléctrica en las líneas de media tensión, que tiene como objetivo principal el de comprobar el correcto funcionamiento de los fusibles según las características de comportamiento tiempo versus corriente.

El funcionamiento del dispositivo se basa en la generación de una corriente de acuerdo a las características del fusible a ser probado y posterior a este, determinar la corriente y el tiempo de fusión del fusible, reportándose los datos en la pantalla del computador, los elementos principales que constituyen al dispositivo son un transformador de voltaje reductor, resistencias variables que son las que permiten regular la corriente necesaria, un transformador de corriente que nos permite sentir la corriente que está generando el dispositivo, un PLC que permite realizar el control y la adquisición de datos, y el software desarrollado en WinCC que permite la manipulación y la visualización de los datos que maneja el dispositivo.

Es muy importante revisar este manual antes y durante la utilización del dispositivo debido a que ayudará en la realización de las pruebas y la correcta configuración del equipo.

Antes de la utilización del dispositivo considerar las respectivas precauciones, y normativas de seguridad que se describen a continuación

INSTRUCCIONES A TENER EN CUENTA

Lea las instrucciones

Conserve las instrucciones

Preste atención a las advertencias

No modifique las conexiones realizadas

No instale el equipo cerca de fuentes de calor

Proteja los cables de tal forma que no sean estropeados

VESTIMENTA NECESARIA



- Botas con protecciones dieléctricas.
- Guantes con aislamiento dieléctrico.
- No utilizar camisas ni pantalones cortos.
- No utilizar ropa húmeda

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD



Para reducir y evitar inconvenientes y poder crear un ambiente de trabajo seguro se requieren prácticas de seguridad en el trabajo y la identificación de peligros comunes. Las características a tener en cuenta para un desarrollo de la actividad de manera segura se detallan a continuación.

- Evitar trabajar con el dispositivo, cuando los alrededores, herramientas o ropa estén mojados.
- Asegurar que se tiene una buena conexión de puesta tierra en caso de cualquier eventualidad.
- Reducir peligros atmosféricos como polvo, vapores inflamables o exceso de oxígeno, manteniendo el área de trabajo limpia.
- Mantenga un ambiente limpio y ordenado, libre de peligros
- Ordenar adecuadamente las herramientas y equipos, colocando todo en su debido lugar después de cada uso

- Mantenga el área de trabajo libre de trapos, basura y otros escombros o desechos
- En caso de derramar líquidos limpiar puntualmente mantenga los pisos completamente secos
- Procure descargar la corriente estática de su cuerpo.
- Asegúrese de que las tres patillas del enchufe estén intactas en todos los cables de extensión
- Proteja todos los cables eléctricos cuando los utilice en o alrededor de los pasillos
- Nunca use un cable de extensión con el aislante dañado
- Tener precaución y revisar los cables eléctricos e interruptores para determinar si tienen cortes, el aislante desgastado, terminales expuestos y conexiones sueltas
- Las herramientas siempre deben estar limpias, secas y libres de partículas grasosas o depósitos de carbón
- No cargue, almacene o cuelgue las herramientas eléctricas por el cable.

HERRAMIENTAS NECESARIAS

- Playo con aislante
- Desarmador
- Cable Ethernet cruzado
- Extensión polarizada

EQUIPOS NECESARIOS

- Amperímetro
- Dispositivo de pruebas

CONSIDERACIONES ANTES DE REALIZAR LAS PRUEBAS.

Antes de realizar las pruebas con el dispositivo se deben considerar las siguientes características

- Introducir el fusible en el portafusible



- Asegurar el fusible a los terminales del portafusible



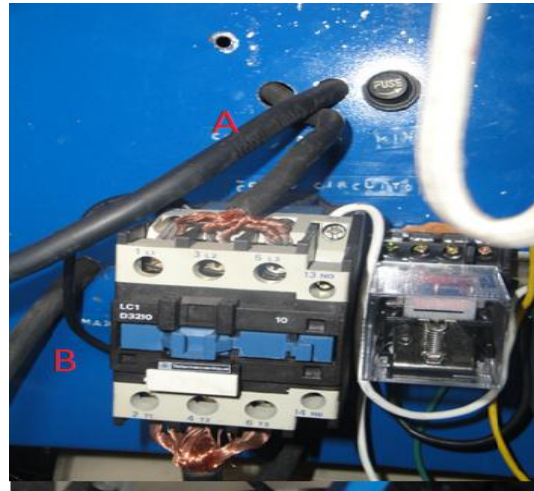
- Colocar y ajustar bien el fusible



- Ubicar el fusible en el seccionador fusible



- Asegúrese que los A y B del dispositivo estén conectados en los terminales A y B del seccionador fusible.



Cables A B en el dispositivo



Terminales A B del seccionador fusible

Asegúrese de que Antes de empezar la prueba la caña del seccionador fusible este baja.

CARACTERISTICAS FISICAS DEL EQUIPO



- Como se observa en la figura anterior para alimentar al sistema tenemos el selector**1**
- Para realizar la regulación para corrientes en rangos menores a 50 A se tiene la resistencia variable**2**.
- Para realizar la regulación para corrientes en rangos mayores a 50 A se tiene la resistencia variable**3**.

DISPOSITIVO PUESTA EN MARCHA

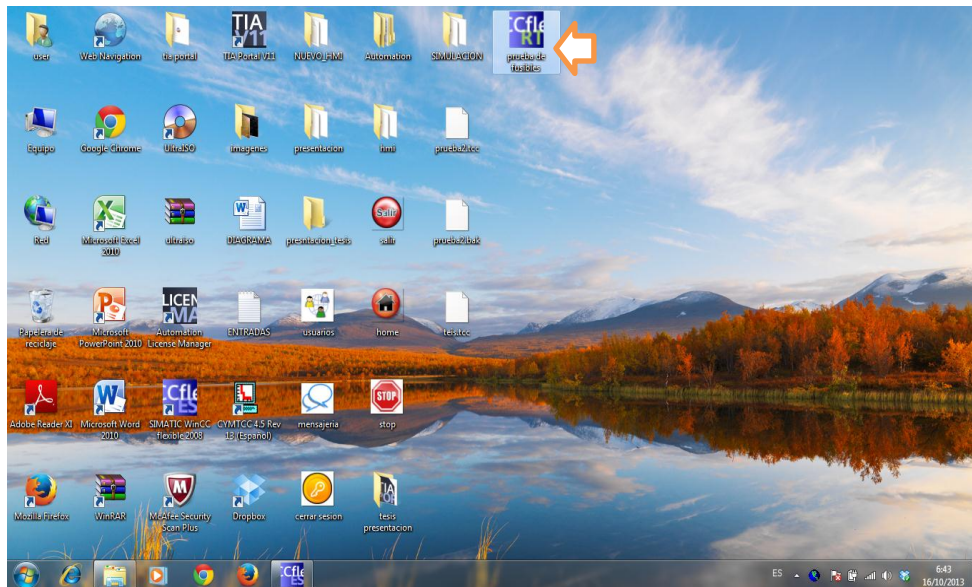
Con las precauciones mencionadas anteriormente proceda a realizar lo siguiente.

- Encender la computadora.
- Verificar que la dirección ip de la computadora sea 192.168.0.7.
- Ejecutar el runin time programa prueba de fusibles desarrollado en wincc.
- Conectar el cable de Alimentación a 110V.

- Conectar el cable Ethernet del PLC a la computadora.
- Mover el selector **1** a la posición ON
- Esperar mientras se genere la comunicación entre el dispositivo y la computadora.

CONFIGURACION DEL SOFTWARE

Una vez que el equipo esté preparado para la prueba con las características mencionadas anteriormente se procede a ejecutar el software.



En el icono que se encuentra en el escritorio llamado “Prueba de fusibles”



Damos doble click

En la pantalla inicial se procede a ingresar la contraseña y el nombre del usuario.



Se procede a visualizar la pantalla del menú principal donde se puede observar , las opciones que presenta el sistema



Siendo

1. FUSIBLES MAYORES A 50 A, Este botón habilita la ventana para realizar las pruebas en fusibles con corriente nominal mayores a la especificada hasta rangos de amperaje de 150A considerando la característica del fusible que trabaja en condiciones normales hasta 150% más de su corriente especificada, por lo tanto solo podrán realizarse pruebas en fusibles que su máximo rango de trabajo sea aproximadamente 80 A.
2. FUSIBLES MENORES A 50 A, Este botón habilita la ventana para realizar las pruebas en fusibles con corriente nominal menores a la especificada hasta rangos de amperaje de 50A considerando la característica del fusible
3. INCREMENTO DE CORRIENTE este botón habilita la opción de realizar la configuración de características internas del transformador en cuanto al posicionamiento del Shunt Magnético.

CARACTERISTICAS DE LA PANTALLA DE PREBAS



INICIAR

Alimenta de 110v al dispositivo

ARRANCAR

Selecciona el tap del transformador que debe ponerse en funcionamiento y genere el cortocircuito interno en el secundario del transformador. Permitiendo medir la corriente que se va a inyectar al fusible.

CALIBRADO

Una vez calibrada la corriente en el dispositivo, el botón calibrar abre el cortocircuito interno del transformador, permitiendo así inyectar la corriente en el fusible.

Los valores y características de corriente y tiempo pueden visualizarse en el cuadro siguiente

VALORES MEDIDOS			
CORRIENTE INY	CORRIENTE M	TIEMPO TRN	TIEMPO DE CO
0	0	0,000	0,000

Siendo:

1. Corriente medida a inyectarse en el fusible.
2. Corriente que se está inyectando al fusible el momento de la prueba.
3. El tiempo tomado para la realización de a prueba.
4. El tiempo que el fusible demora en actuar.

Los botones que se encuentra en la parte inferior de la pantalla



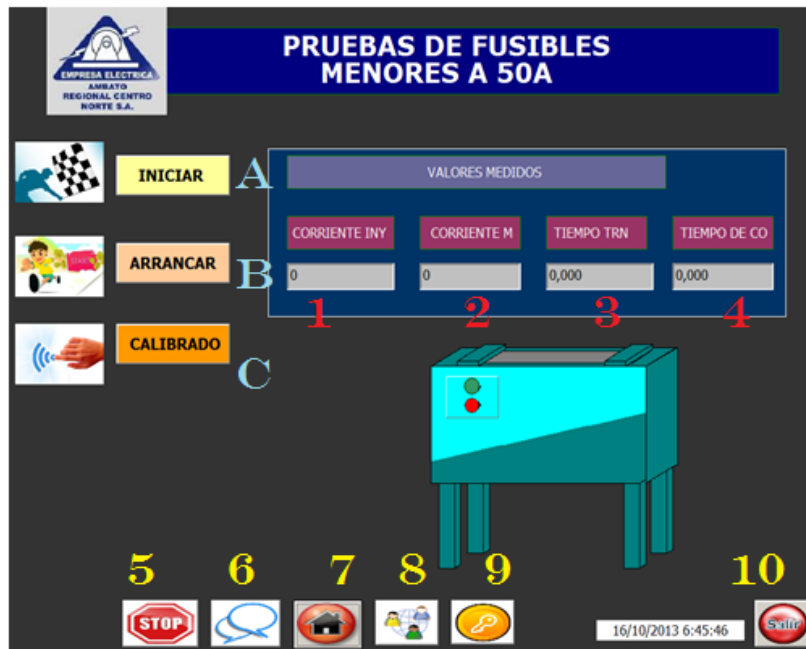
Determinan lo siguiente

5. Paro de emergencia corta la alimentación total al sistema.
6. Muestra los mensajes relacionados a la conexión del dispositivo.
7. Permite volver al menú principal, cuando se finalice la prueba.
8. Permite visualizar que persona ocupo el sistema.
9. Permite salir de la sección actual.
10. Salimos de la aplicación.

EJECUCION DE LA PRUEBA

Para empezar la prueba, se debieron realizar los pasos anteriormente especificados en cuanto a la configuración y conexiones del dispositivo.

- a) Ingresamos en el icono del escritorio Pruebas de fusibles
- b) Ingresamos la clave y el usuario del equipo.
- c) En la ventana del menú principal determinamos si las pruebas serán realizadas en fusibles mayores o menores a 50A.
- d) Para cualquiera de los casos se mostrara la siguiente pantalla con las características que a continuación son descritas.



- e) Alimentamos al sistema con 110v dando click en el botón INICIO
- f) Procedemos a arrancar la prueba generar el cortocircuito, para calibrar la corriente a inyectarse en el fusible, pudiendo este valor ser visualizado en los cuadros 1,2
- g) Una vez calibrada la corriente con los selectores 1 o 2 del dispositivo.
- h) Pulsamos el botón CALIBRAR, se abre el cortocircuito en el dispositivo.
- i) Cerramos el seccionador fusible determinado anteriormente
- j) Observamos el tiempo y la corriente que se está inyectando en el dispositivo, en los cuadros 3 y 4.
- k) Cuando el fusible ha actuado se procede a realizar el análisis y las características de funcionamiento del fusible.

OBSERVACIONES

Lo que se refiere al análisis y procesamiento de datos es necesario conocer previamente el funcionamiento del programa CYMETCC del que se dispone en la empresa eléctrica. Con el reporte del programa Prueba de fusibles se procede a introducir los datos en el CYMETCC, permitiendo así el análisis del fusible.

Para la selección de la corriente a ser inyectada en el fusible se utilizan las siguientes tablas especificadas por las normas NEMA independientemente de la marca del fusible

Tabla rango de fusión para fusibles tipo K

I NOMINAL	Mínimo (300 Seg)	Máximo (300 Seg)	Mínimo (10 Seg)	Máximo (10Seg)	Mínimo (0.1 Seg)	Máximo (0.1Seg)	Relación de velocidad
1	2	2,4		10		58	
2	4	4,8		10		58	
3	6	7,2		10		58	
6	12	14,4	13,5	20,5	72	86	6
8	15	18	18	27	97	116	6,5
10	19.5	23,4	22,5	34	128	154	6,6
12	25	30	29,5	44	166	199	6,6
15	31	37,2	37	55	215	258	6,9
20	39	47	48	71	273	328	7
25	50	60	60	90	350	420	7
30	63	76	77,5	115	477	546	7,1
40	80	96	98	146	565	680	7,1
50	101	121	126	188	719	862	7,1
65	128	153	159	237	918	1100	7,2
80	160	192	205	307	1180	1420	7,4
100	200	240	258	388	1520	1820	7,6
140	310	372	430	650	2470	2970	8
200	480	576	760	1150	3880	4650	8,1

Tabla rango de fusión para fusibles tipo T

I NOMINAL	Mínimo (300 Seg)	Máximo (300 Seg)	Mínimo (10 Seg)	Máximo (10Seg)	Mínimo (0.1 Seg)	Máximo (0.1Seg)	Relación de velocidad
1	2	2,4		11		100	
2	4	4,8		11		100	
3	6	7,2		11		100	
6	12	14,4	15,3	23	120	144	10,0
8	15	18	20,5	31	166	199	11,1
10	19,5	23,4	26,5	40	224	269	11,5
12	25	30	34,5	52	296	355	11,8
15	31	37,2	44,5	67	388	466	12,5
20	39	47	57	85	496	595	12,7
25	50	60	73,5	109	635	762	12,7
30	63	76	93	138	812	975	12,9
40	80	96	120	178	1040	1240	13,0
50	101	121	152	226	1310	1570	13,0
65	128	153	195	291	1650	1975	12,9
80	160	192	248	370	2080	2500	13,0
100	200	240	319	475	2620	3150	13,1
140	310	372	520	775	4000	4800	12,9
200	480	576	850	1275	6250	7470	13,0

Para el correcto funcionamiento del dispositivo se recomienda seguir todos los pasos mencionados anteriormente.

Considerando además que la corriente ha ser inyectada en el dispositivo según las tablas anteriores deben ser calibradas con un 15% más debido a los efectos térmicos del elemento conductor.

