



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE SIMULACIÓN DE OPERACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN CON ESQUEMA DE BARRA PRINCIPAL Y BARRA DE TRANSFERENCIA Y ELABORACIÓN DE PROTOCOLOS PARA PROCEDIMIENTOS DE MANIOBRAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO”

**AUTORES: AMANCHA GUANGASI, SONIA ELIZABETH
RAMÍREZ CHANGO, JESSICA MIREYA**

**ING. MULLO QUEVEDO, ÁLVARO SANTIAGO
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación detalla la implementación de un módulo didáctico de simulación de operación de una subestación con esquema de barra principal y barra de transferencia mediante el cual se podrá simular los protocolos y procedimientos de operación y mantenimiento de una subestación que constituirá en una herramienta de aprendizaje para los estudiantes.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- La necesidad de fortalecer los conocimientos de los estudiantes de Ingeniería Electromecánica en la parte práctica en lo que se refiere al funcionamiento de subestaciones eléctricas, la correcta ejecución de maniobras de operación y mantenimiento.
- Esta necesidad surge debido a la dificultad que tienen los estudiantes para visualizar el procedimiento para ejecutar las maniobras de operación y mantenimiento de una subestación.
- Al exponer este problema se plantea la implementación de un módulo didáctico para con finalidad que los estudiantes de Ingeniería Electromecánica reproduzcan una ejecución real de las maniobras de operación, y le permita reconocer el correcto funcionamiento de una subestación con esquema de barra principal y transferencia.



OBJETIVO GENERAL

Implementar un módulo didáctico de una subestación con esquema de barra principal y transferencia mediante la programación lógica de operación para la simulación de protocolos y procedimientos de maniobras y mantenimiento.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una investigación bibliográfica de una subestación con esquema de barra principal y transferencia, así como también identificar los elementos característicos técnicos y operativos.
- Establecer protocolos y procedimientos de maniobras de operación y mantenimiento de la subestación según diferentes condiciones de operación.
- Aplicar técnicas y herramientas necesarias de la dinámica computacional para la simulación de los protocolos de maniobras de operación y mantenimiento, acorde a las condiciones de operación en estado real.
- Implementar un módulo didáctico de una subestación con esquema de barra principal y transferencia, así como también una pantalla hmi para la visualización de las variables de dicho módulo para posteriormente realizar pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.



SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Una subestación eléctrica es un nodo de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), compuesto por un conjunto de equipos, estructuras y mecanismos, los mismos que cumplen funciones de dirección y distribución de bloques de energía eléctrica, por medio de equipos automáticos de corte, control y de protección; además sirven de punto de interconexión para facilitar la transmisión y distribución de energía eléctrica garantizando flexibilidad, confiabilidad, seguridad, y modularidad al sistema nacional de transmisión.



OPERACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN

Una subestación eléctrica opera en condiciones normales siempre y cuando durante el proceso de diseño se seleccione el equipo adecuado para la operación de la misma, es decir; en base a los diferentes eventos eléctricos que se presentan durante el proceso de operación, y lo más importante sin presentar en lo mínimo interrupciones en el servicio salvo que el caso lo amerite o por fuerza mayor



CONFIGURACIONES TÍPICAS DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

- Subestación eléctrica con barra simple o sencilla.
- Subestación eléctrica de barra simple partida
- Subestación eléctrica de barra simple con bypass
- Subestación eléctrica con barra principal y barra de transferencia
- Subestación eléctrica con doble barra
- Subestación eléctrica interruptor y medio
- Subestación eléctrica doble barra y seccionador by-pass



EQUIPOS DE CORTE Y SECCIONAMIENTO

- **Seccionador**

El seccionador es un equipo que permite separar físicamente un circuito en dos, además permite aislar los equipos a los que se encuentra asociado. Este equipo debe ser operado sin carga y a su vez no puede abrir corrientes de cortocircuito.

Según el código numérico para esquemas eléctricos los seccionadores de línea se designan con el número 89.



EQUIPOS DE CORTE Y SECCIONAMIENTO

- **Disyuntor**

El disyuntor permite la apertura y reconexión de circuitos, este equipo se puede ser operado bajo carga, en condiciones normales o de corto circuito siendo capaces de trabajar bajo varias condiciones.

Según el código numérico para esquemas eléctricos los disyuntores se designan con el número 52



NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS DE CORTE Y SECCIONAMIENTO

- Los 2 primeros determinan si se trata de un disyuntor (52) o un seccionador (89).
- El tercer dígito determina el nivel de voltaje siendo:
69 kV (0), 138 kV (1), 230 kV: (2) y para el banco de capacitores (7).
- El cuarto dígito o letra, indica la posición del equipo en la subestación:
1,2, 3....n para línea 1,2,3 o línea n;
T, U, V..... para la posición del transformador;
W, X para banco de capacitores y
 φ para la bahía de acoplamiento.



NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS DE CORTE Y SECCIONAMIENTO

- El último dígito indica la función del equipo en la subestación:
 - 1: Seccionador de bahía cercano a la barra.
 - 3: Seccionador de bahía lejano a la barra.
 - 4: Seccionador de puesta a tierra de línea.
 - 5: Seccionador de by-pass.
 - 6: Seccionador de puesta a tierra de la barra 1.

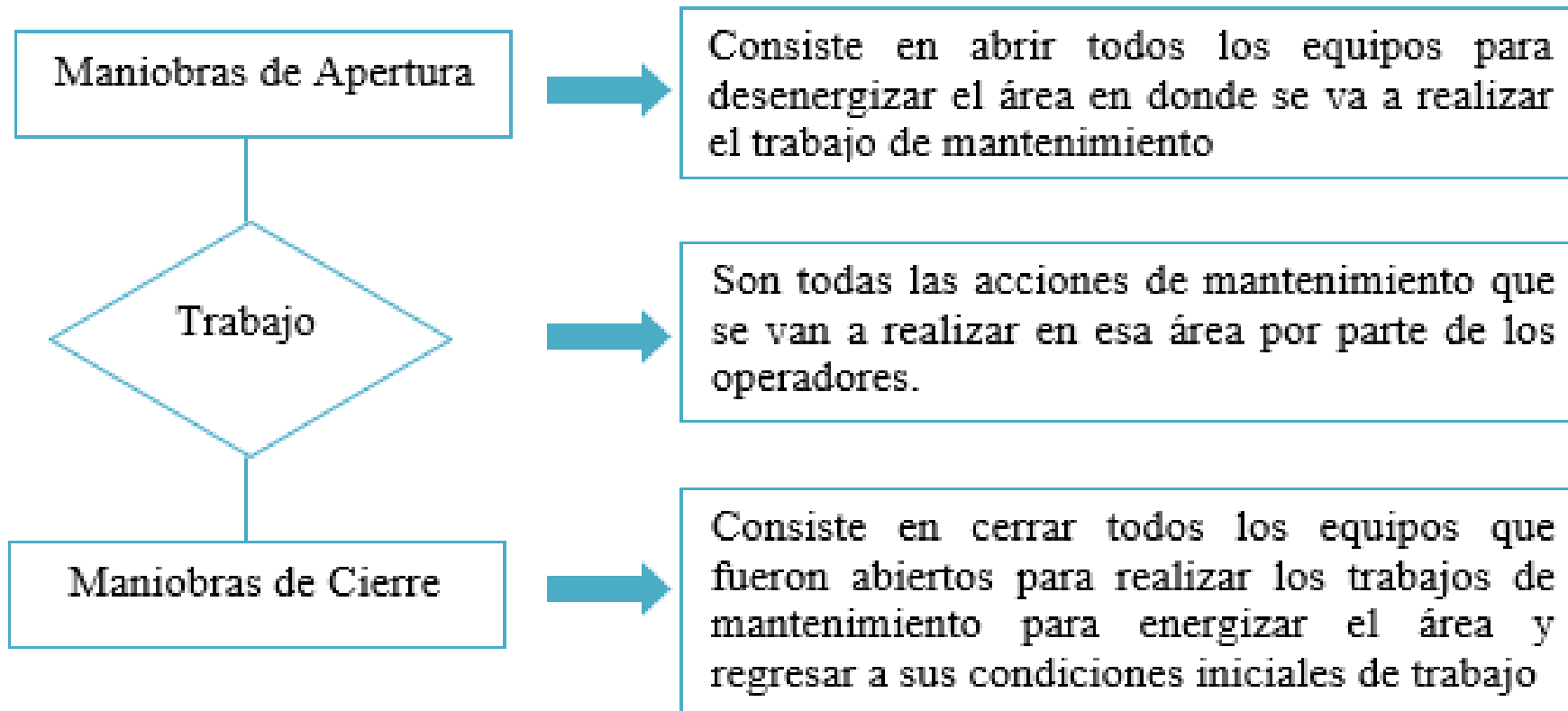


ENCLAVAMIENTOS

- El enclavamiento básico consiste en evitar que los seccionadores operen cuando se encuentren bajo carga, a menos que exista un camino paralelo por el que pueda circular la corriente que evite que se produzca un arco eléctrico el mismo que provocaría la destrucción del equipo y su vez pondría en riesgo la seguridad del operador.

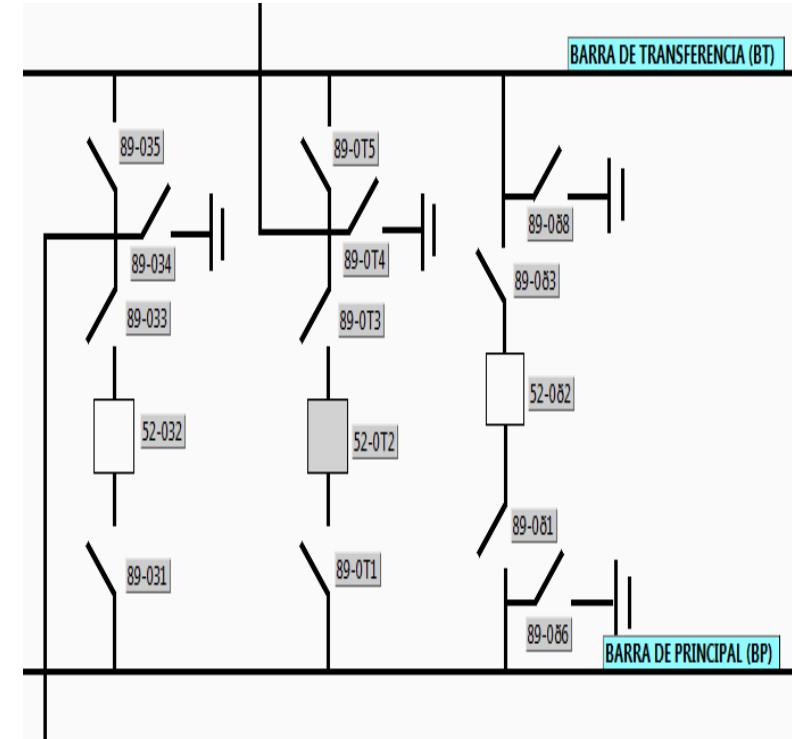
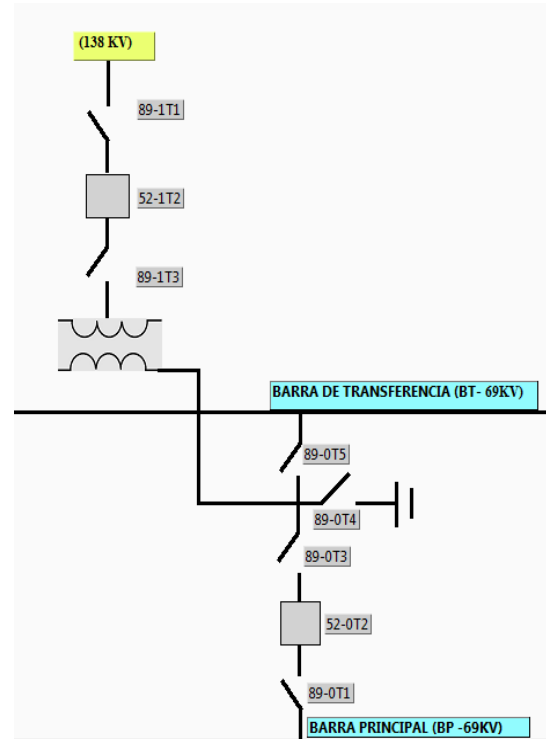


SECUENCIAS DE OPERACIÓN



SECUENCIAS REQUERIDAS PARA LA OPERACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN

- Maniobras de energización de una línea desde una de las barras
- Maniobras de desconexión de una línea
- Secuencia de maniobras para transformadores
- Secuencias requeridas para la operación de la barra de transferencia.



PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS TCP/IP

- Facilita un conjunto de funciones para leer y escribir datos en los dispositivos conectados a una red, soportando transferencias de datos bit o word. Modbus TCP/IP utiliza Ethernet como medio de transmisión de datos para aplicaciones de automatización, la ventaja de este protocolo Modbus es que permite el encapsulamiento del Modbus serie en tramas Ethernet TCP/IP de forma sencilla



PROPUESTA

Implementación de un módulo didáctico módulo didáctico de simulación de operación de una subestación con esquema de barra principal y barra de transferencia y elaboración de protocolos para procedimientos de maniobras de operación y mantenimiento.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un módulo didáctico de simulación que permita ejecutar protocolos de procedimientos de maniobras de operación y mantenimiento de una subestación con esquema de barra principal y barra de transferencia



PROPUESTA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los componentes que intervienen en el diseño del módulo didáctico de simulación para una subestación con esquema de barra principal y barra de transferencia.
- Determinar las maniobras de operación que se pueden ejecutar en base al diseño de la subestación que se va a implementar.
- Implementar el módulo didáctico para la ejecución de maniobras de operación y mantenimiento de la subestación.
- Desarrollar un programa que permita la visualización de los estados de los elementos, procesamiento de datos, comunicación con la interfaz gráfica en la que se puedan visualizar las maniobras de operación y mantenimiento que se van ejecutando en la subestación de barra principal y barra de transferencia.



PROPUESTA

JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

- La implementación del módulo didáctico permite desarrollar las habilidades prácticas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, en la manipulación de módulos de subestaciones, con lo cual se logrará que el estudiante reconozca los protocolos y procedimientos de maniobra y mantenimiento que realiza un operador en una subestación eléctrica real.



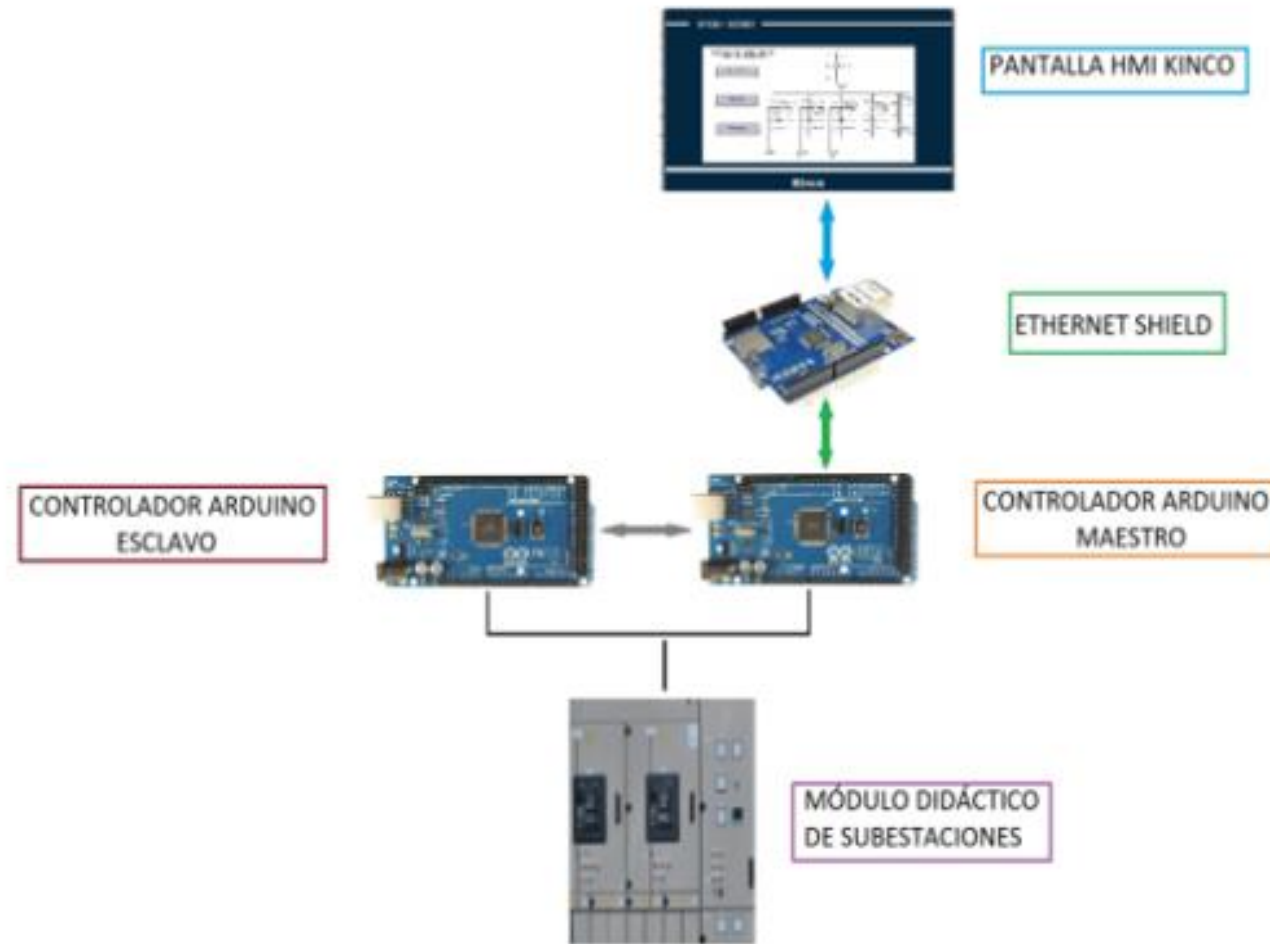
Diseño de la Propuesta

Para el desarrollo de la propuesta planteada; a continuación se indican los pasos y actividades consideradas para la implementación del módulo didáctico.



- Selección de equipos
- Diseño del circuito de control del módulo
- Comunicación Ethernet entre HMI Kinco y arduino
- Programación de los procesos de operación y mantenimiento en subestaciones
- Resultado final





Arquitectura del proyecto



Selección de equipos

EQUIPO	ARDUINO MEGA 2560	PLC SIEMENS S7-1200 1212AC/DC/RLY
PARÁMETROS		
ALIMENTACIÓN	5V	120V AC
ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES	54	14 Entradas/ 10 Salidas
ENTRADAS ANALÓGICAS	16	2 En el rango 0-10V
PUERTOS DE COMUNICACIÓN	Se puede conectar un shield de ethernet arduino	PROFINET

EQUIPO	HMI KINCO GL070E 7"	HMI SIEMENS KTP400 Basic color PN
PARÁMETROS		
ALIMENTACIÓN	24VC	24VC
ETHERNET	Si	Si
PUERTO DE COMUNICACIÓN	COM2: RS232 COM0: RS485/RS422	RS422 / RS485
PROTECCIÓN	IP65	IP65
DESCARGA DEL PROGRAMA	USB Slave/U Disk/Ethernet	Ethernet/Utilizando un medio de almacenamiento externo

Shields Arduino



Shield Ethernet

Relés electrónicos



Módulos de Relé Arduino

Sensores



Sensor SCT013

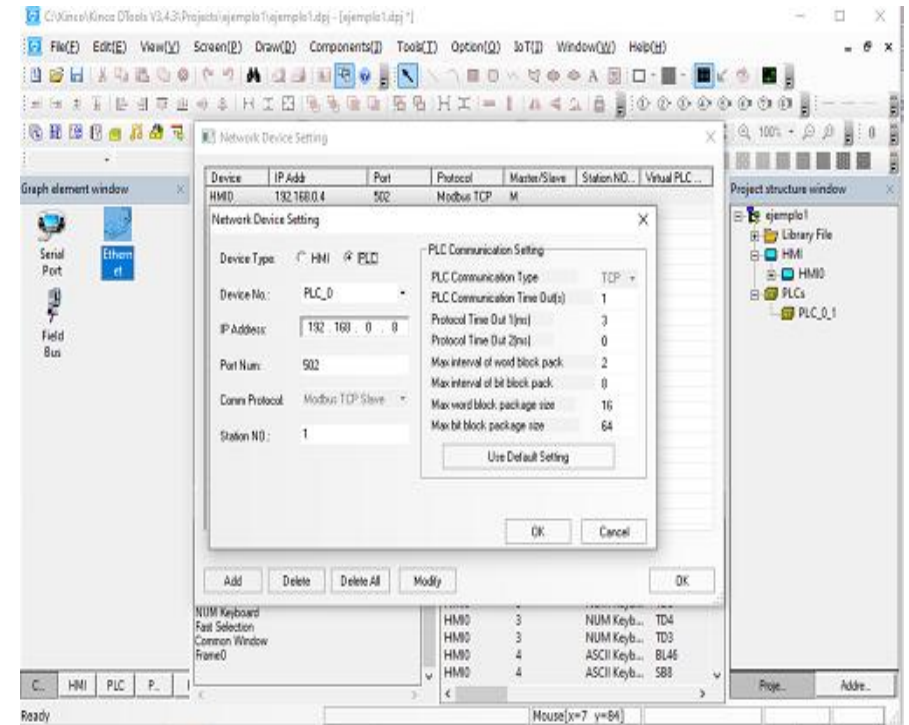


Sensor ZMPT101B

Configuración del HMI

Para la configuración de este dispositivo se utiliza el Software Kinco Dtools que es propio de la pantalla y se realiza los siguientes pasos:

- Selección de modelo y características del HMI
- Configuración de la dirección IP del HMI Kinco
- Selección del PLC(en este caso se selecciona Modbus TCP Slave)
- Configuración el IP del controlador Modbus Slave



Diseño de interfaz gráfica

The image shows the title page of a thesis project. At the top, there are three logos: the coat of arms of Ecuador on the left, the ESPE (Escuela Superior Politécnica del Ejército) logo in the center, and the logo of the Faculty of Engineering (Facultad de Ingeniería) on the right. Below the logos, the text reads: "UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS" and "INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA". The main title of the project is "INGENIERIA ELECTROMECANICA". Below this, it says "PROYECTO DE TITULACION" followed by the project description: "IMPLEMENTACION DE UN MODULO DIDACTICO DE SIMULACION DE OPERACION CON ESQUEMA DE BARRA PRINCIPAL Y BARRA DE TRANSFERENCIA Y ELABORACION DE PROTOCOLOS PARA PROCEDIMIENTOS DE MANIOBRAS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO". The authors are listed as "AUTORES: AMANCHA GUANGASI SONIA ELIZABETH" and "RAMIREZ CHANGO JESSICA NIREYA". The director is "DIRECTOR: MULLO QUEVEDO ALVARO SANTIAGO". At the bottom, it says "LATACUNGA 2020". In the bottom right corner, there is a button labeled "MENU".

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INGENIERIA ELECTROMECANICA


PROYECTO DE TITULACION
IMPLEMENTACION DE UN MODULO DIDACTICO DE SIMULACION DE OPERACION
CON ESQUEMA DE BARRA PRINCIPAL Y BARRA DE TRANSFERENCIA Y ELABORACION DE
PROTOCOLOS PARA PROCEDIMIENTOS DE MANIOBRAS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

AUTORES
AMANCHA GUANGASI SONIA ELIZABETH
RAMIREZ CHANGO JESSICA NIREYA


DIRECTOR
MULLO QUEVEDO ALVARO SANTIAGO

LATACUNGA 2020

MENU



SUBESTACION DE BARRA PRINCIPAL Y BARRA DE TRANSFERENCIA

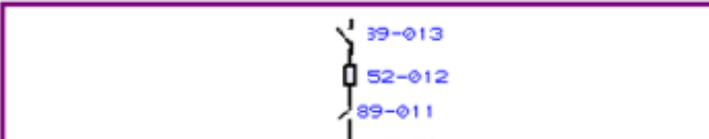


MENU

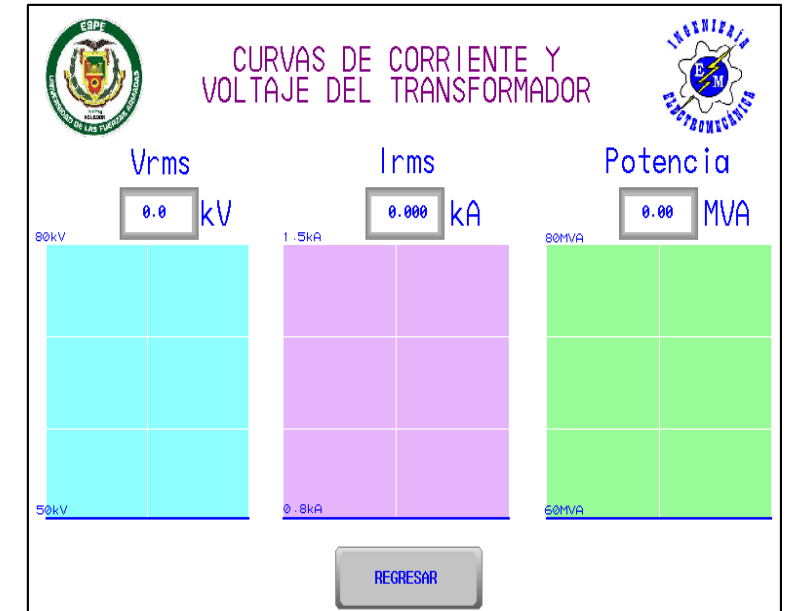
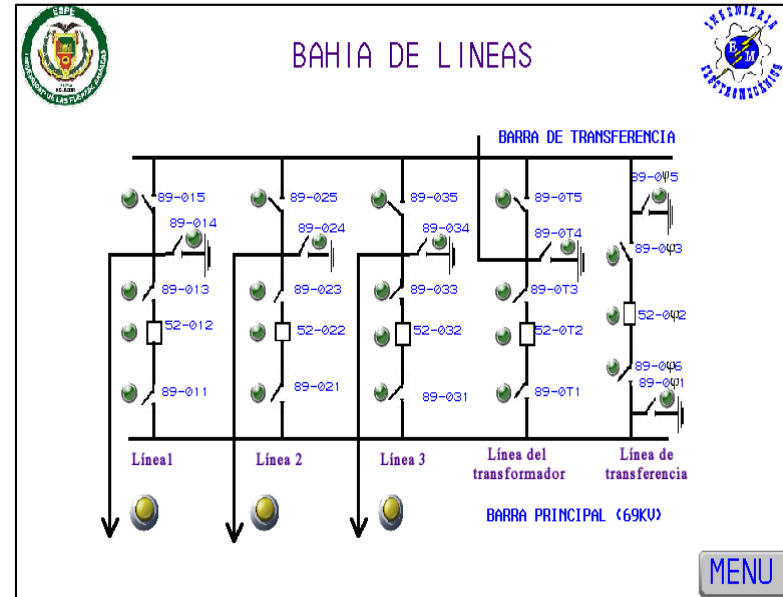
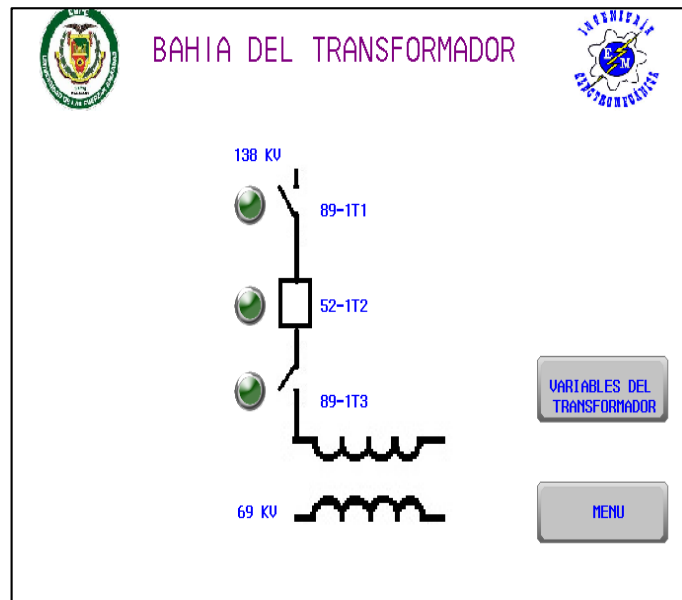
BAHIA
LINEAS

BAHIA
TRANSFORMADOR

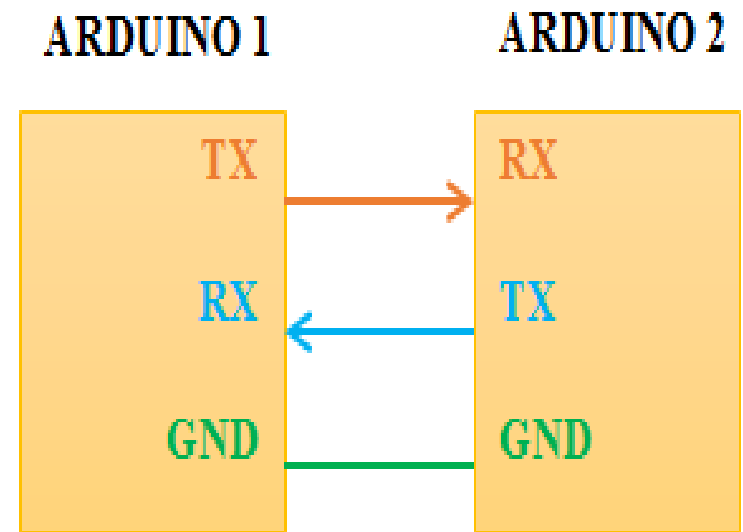
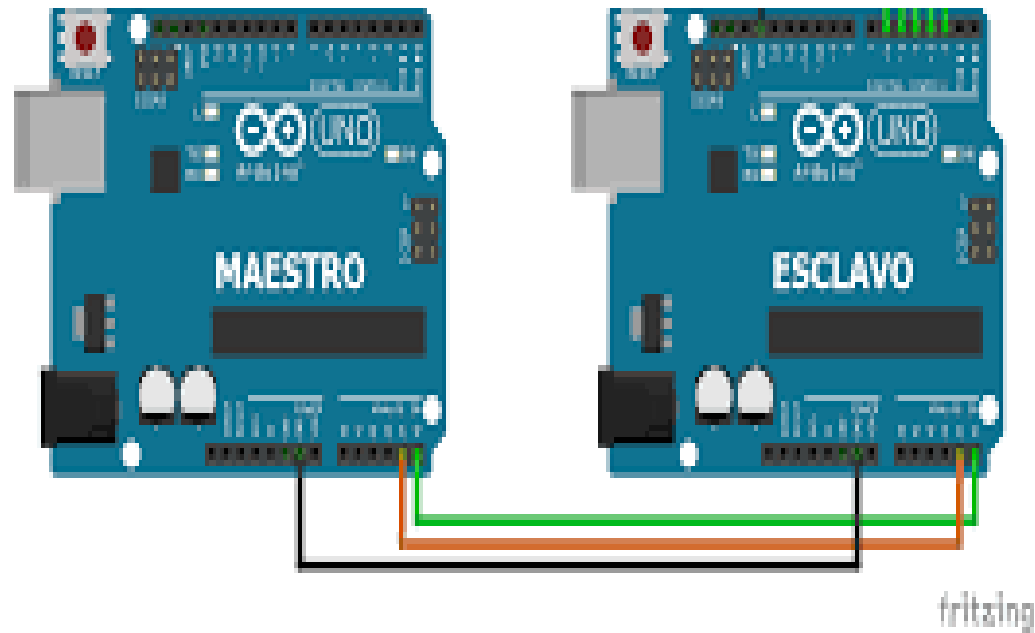
INICIO



Diseño de interfaz gráfica



Esquema de conexión de placas de control



Programación HMI -Arduino

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <ModbusIP.h>
#include <Modbus.h>
//Modbus Registers Offsets (0-9999)
const int BOTON_IREG=100;
```

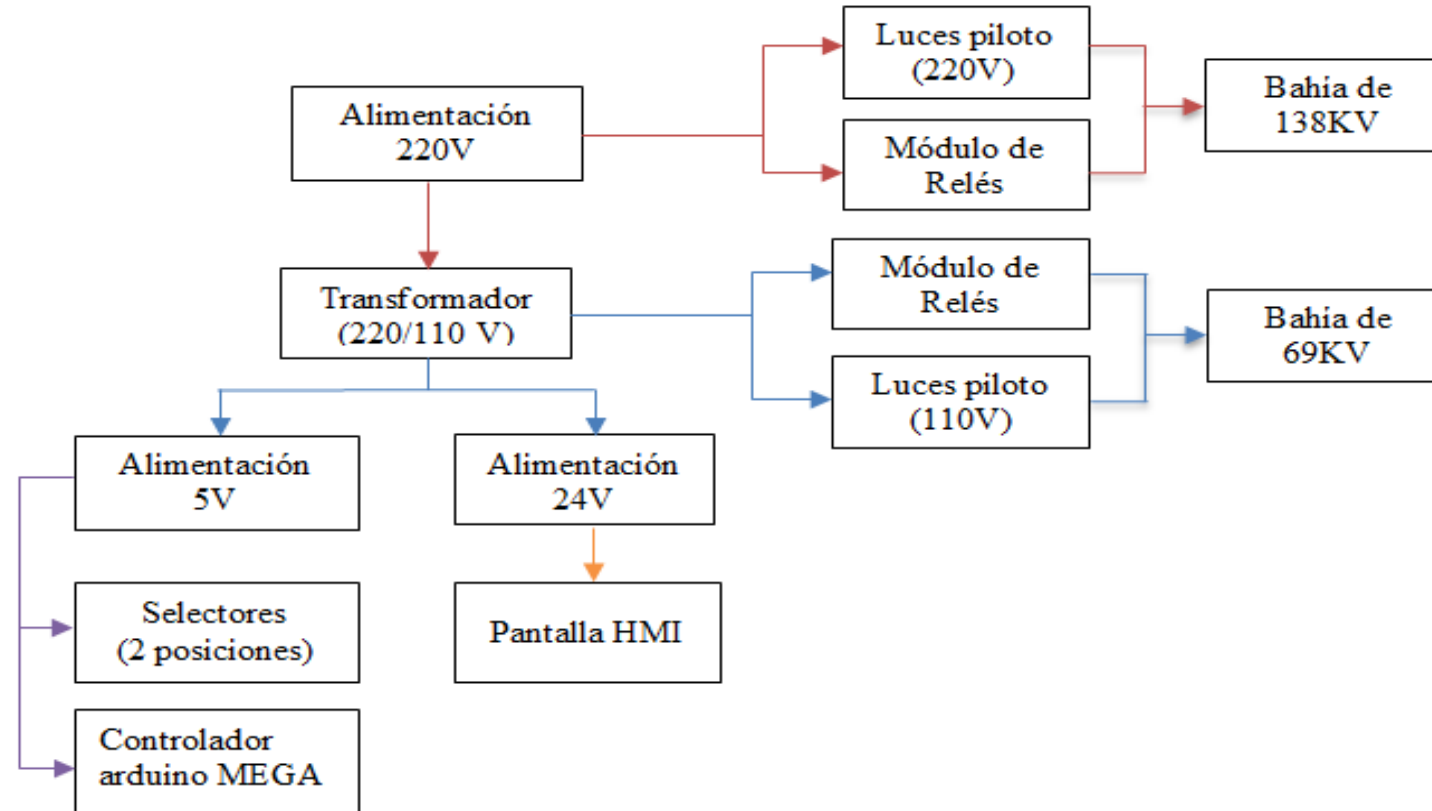
```
ModbusIP mb;
long ts;
IPAddress ip(192, 168, 1, 8 );
IPAddress gateway( 192, 168, 1, 8 );
IPAddress subnet( 255, 255, 255, 0 );
```

```
void setup() {
  byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
  Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet);
  //ADICION DE VALORES PARA ENVIO AL HMI
  mb.config(mac, ip);
  mb.addIreg(BOTON_IREG);|
  mb.addIreg(BOTON_IREG1);
```

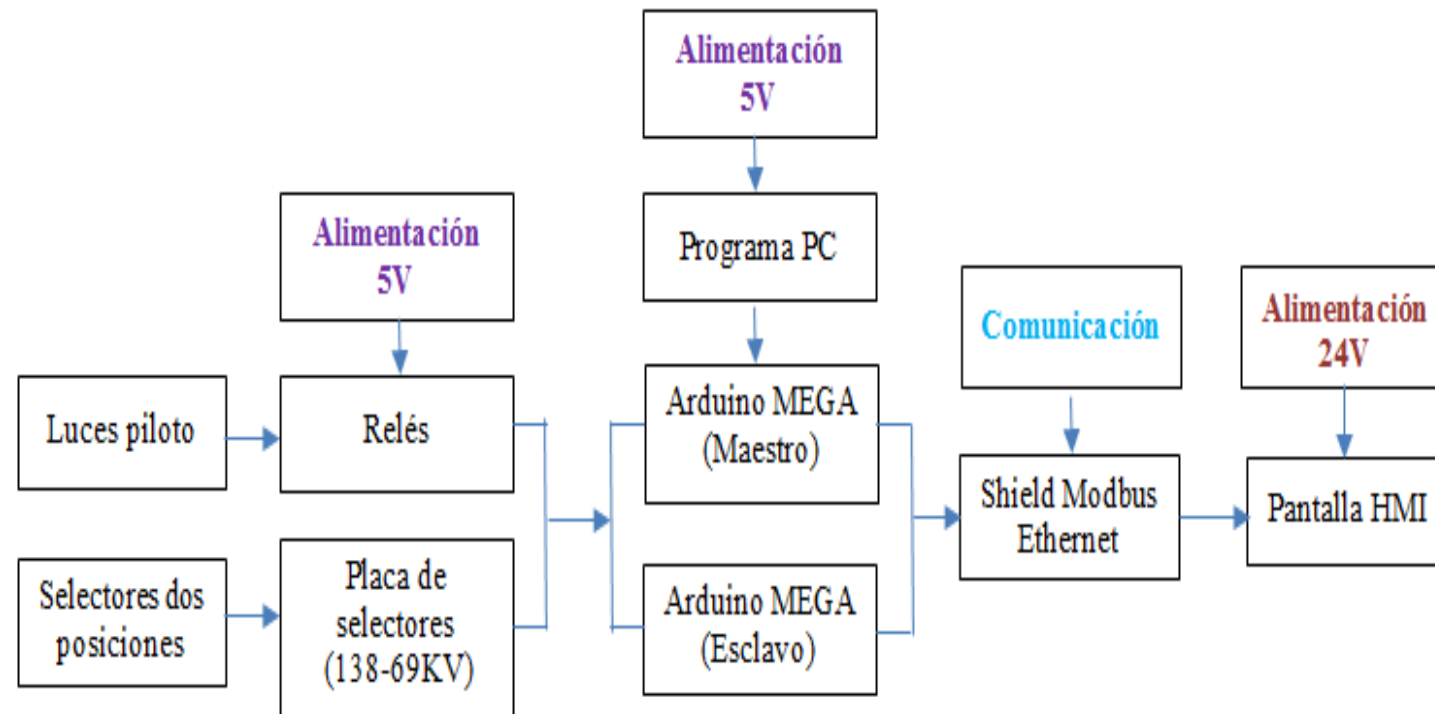
```
void loop() {
  //INICIO TRANSMISION DE DATOS AL HMI
  mb.task();
  if(millis()>ts+2000){
    ts=millis();
    mb.Ireg(BOTON_IREG,digitalRead(bot));
    mb.Ireg(BOTON_IREG1,digitalRead(bot1));|
```



Esquema de conexión de los componentes eléctricos

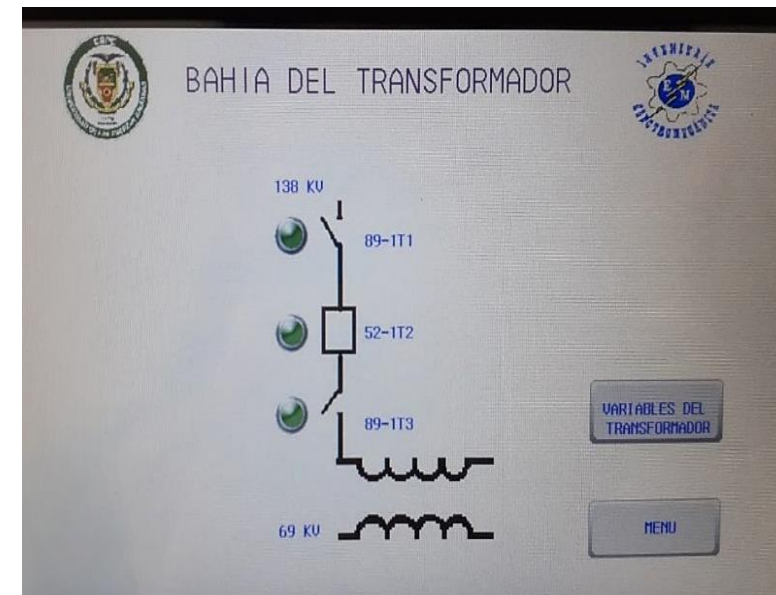
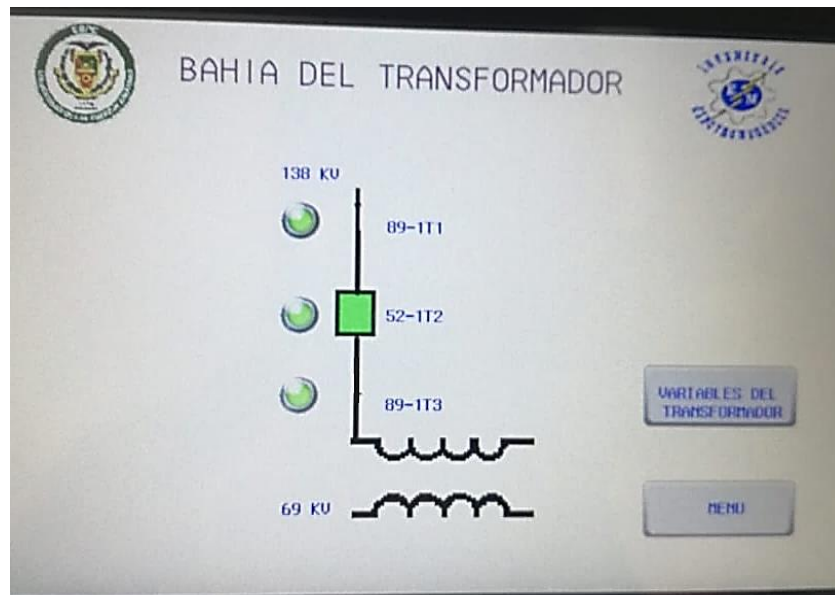


Esquema de conexión de los componentes electrónicos

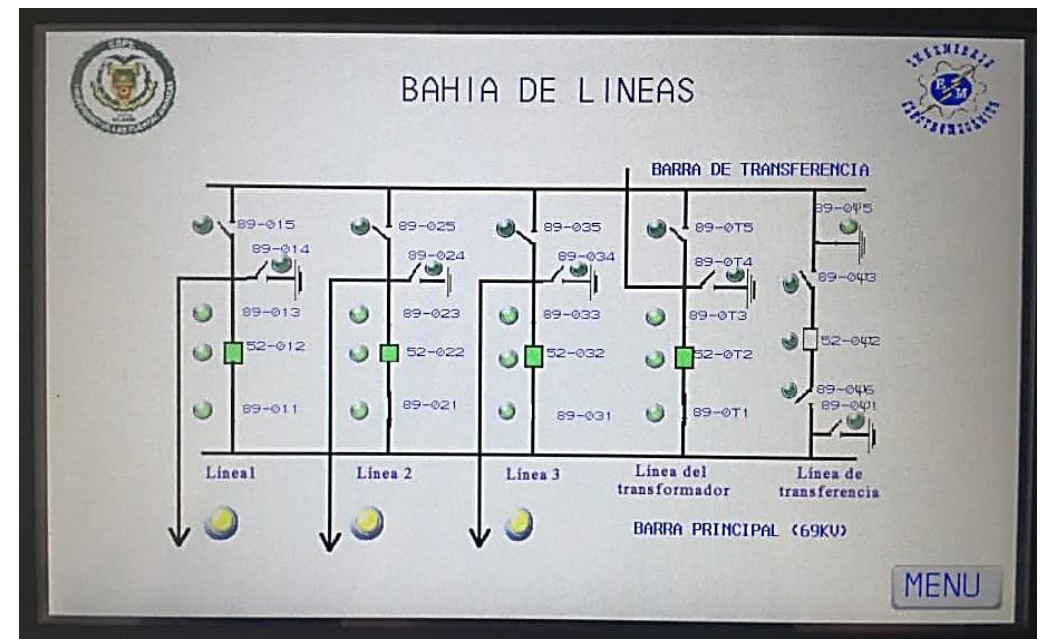
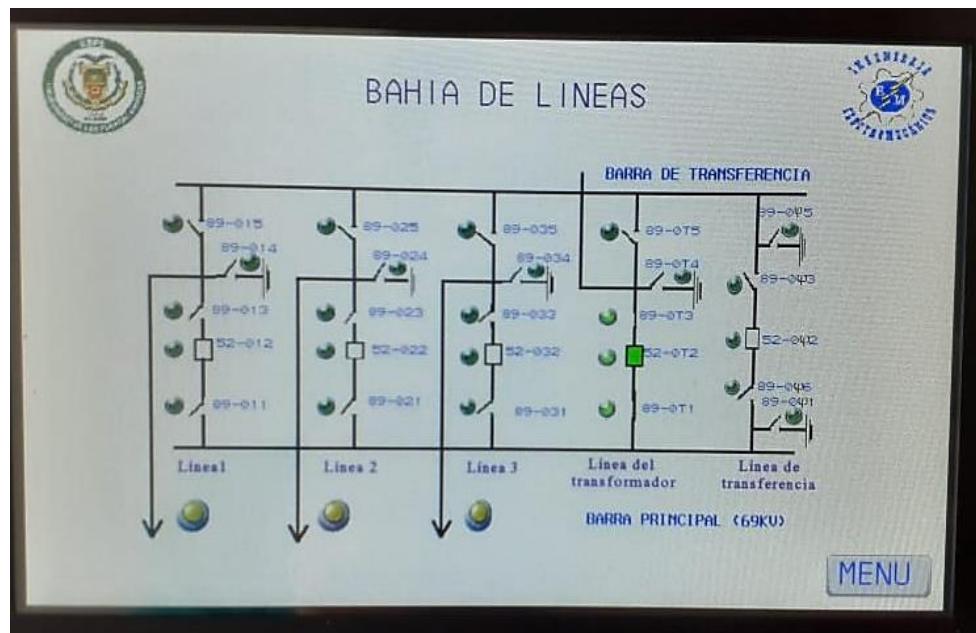


Pruebas experimentales del módulo

Energización y desenergización del transformador

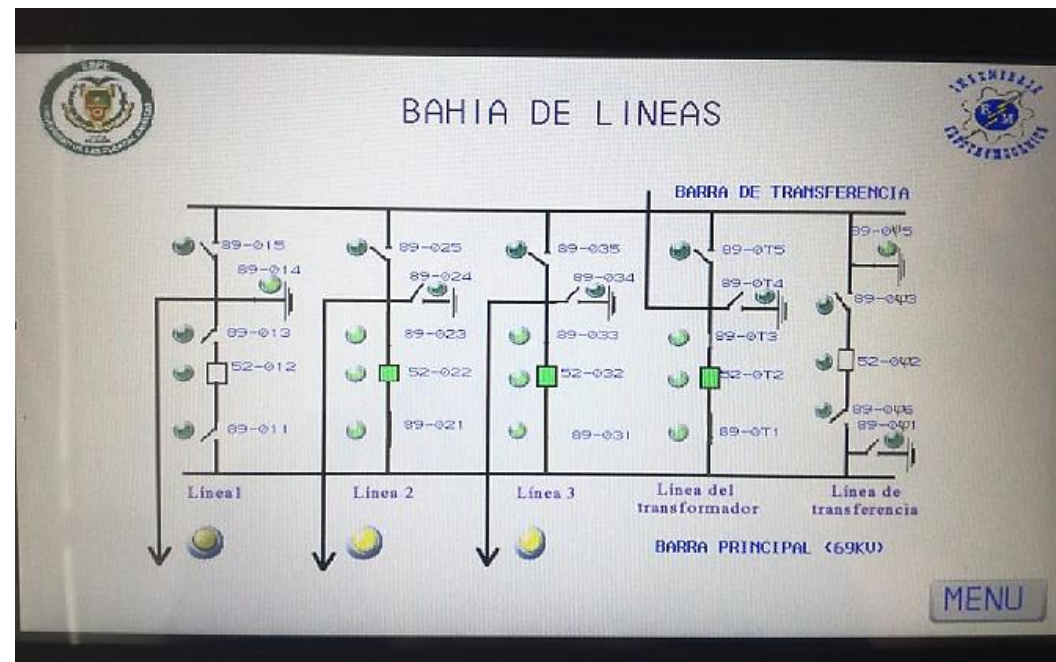


Pruebas experimentales del módulo



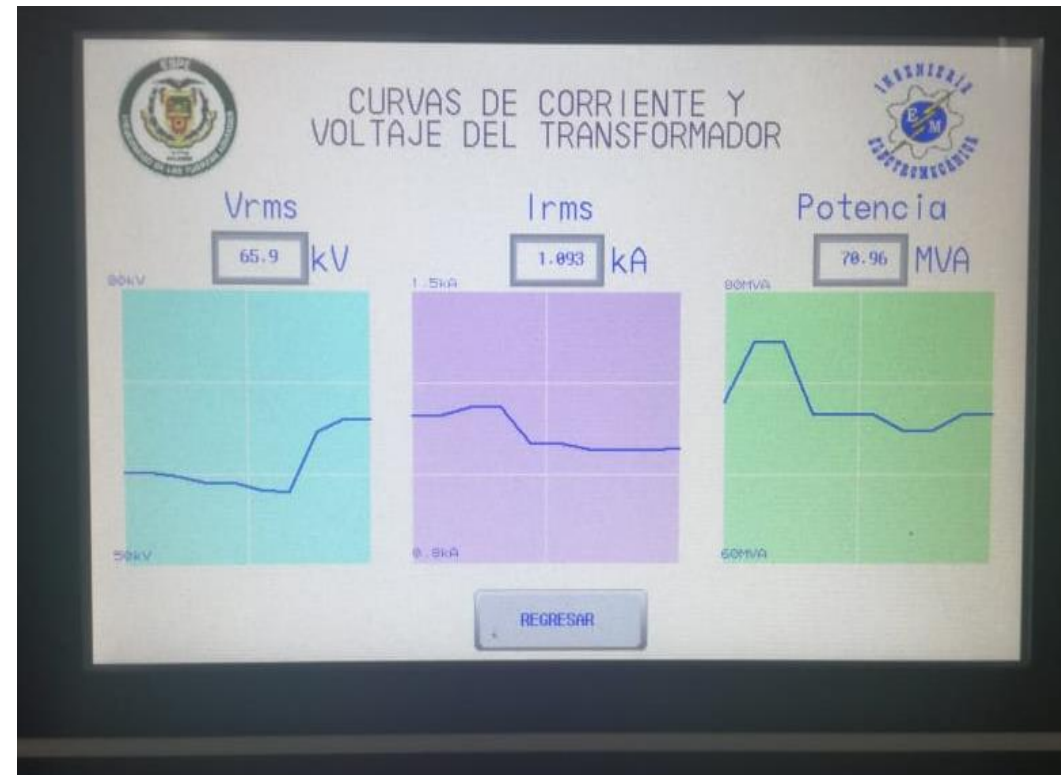
Pruebas experimentales del módulo

Cierre de seccionadores para energización de líneas mediante la barra de transferencia



Pruebas experimentales del módulo

Comportamiento de variables eléctricas



CONCLUSIONES

- Se evidencio que la ventaja principal de una subestación de barra principal y barra de transferencia es que este esquema permite garantizar el suministro eléctrico a cada una de las líneas de la subestación ya que se pueden alimentar de cada juego de barras, facilitando el mantenimiento y limpieza de los equipos, a excepción de los interruptores que para su mantenimiento deben desconectarse las barras correspondientes.
- El objetivo principal de este trabajo se ha cumplido satisfactoriamente puesto que el modulo implementado permite realizar protocolos de maniobras de operación de una subestación con esquema de barra principal y barra transferencia, complementando de esta manera el estudio de subestaciones y sus maniobras de operación.
- Mediante la implementación de sensores de corriente y voltaje se logró adquirir datos de corriente, voltaje y potencia, los cuales fueron necesarias para realizar las curvas que muestran el comportamiento de las variables cuando se realizan maniobras de operación y mantenimiento en la subestación de barra principal y barra de transferencia.
- En la pantalla hmi KINCO se logró evidenciar las maniobras ejecutadas en el módulo pudiendo observar el estado de cada uno de los equipos de corte y seccionamiento.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar este módulo como herramienta de aprendizaje práctico en el estudio de maniobras de operación de subestaciones eléctricas.
- Se recomienda a los estudiantes antes de realizar prácticas en el módulo didáctico de simulación conocer el funcionamiento del mismo ya que de no tener conocimientos previos de su funcionamiento pueden ocasionar daños irreversibles que comprometan el correcto funcionamiento.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA