



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

AUTOR:

OROZCO RUÍZ, HÉCTOR HUGO

ENERO - 2015



TEMA:

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO MULTIPUNTO,
PARA LA EXTRACCIÓN DE GASES E INGRESO DE ACEITE DIELECTRICO A
LOS TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS EN LA EMPRESA ECUATRAN S.A.,
CONTROLADO A TRAVÉS DE UN HMI.**



Doy infinitas gracias a Dios, quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a Él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar exitosamente mi carrera universitaria.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mi madre por todo el esfuerzo que hizo para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, enseñándome que la vida no es fácil pero que es muy fácil ser buenos con la vida, Madre gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraste todos estos años.

Agradezco a mi esposa por estar siempre a mi lado, impulsándome en todo momento con sus consejos llenos de sabiduría e infinito amor y darme la oportunidad de amarla, cumpliendo objetivos en común. He alcanzado mis metas junto a ella y nunca a dejando de darme fuerzas, apoyándome desde el inicio hasta el final para poder lograr lo que en este día he hecho, gracias por amarme como solo tú lo sabes hacer.

Gracias a mi cuñado y hermanas quienes han sido mis amigos más fieles y sinceros, quienes pasaron mucho tiempo ayudándome en el desarrollo de esta meta ya cumplida, gracias por el inmenso amor que existe entre nosotros y la ayuda que siempre obtendré de ustedes desinteresadamente.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como personas y como profesional.

Agradezco también de manera especial a mi director y codirector de tesis quiénes con sus conocimientos y apoyo supieron guiar el desarrollo de la presente, desde el inicio hasta su culminación.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.



La automatización de este proceso permitirá controlar la extracción de gases y llenado de aceite dieléctrico purificado, por medio de la apertura y cierre de electroválvulas a través de señales emitidas por los sensores de nivel, las mismas que serán recibidas y procesadas por un PLC.

A través de un touch panel se seleccionan las salidas de vacío y llenado. También se ajustan los tiempos de vacío de acuerdo a la potencia del transformador, con esto se garantiza el vacío aplicado a los mismos. Al ser este, un proceso multipunto con salidas independientes, el sistema será capaz de tener más de un transformador conectado a sus salidas, facilitando las labores de mantenimiento.

Por tanto con la automatización del sistema se pretende disminuir los tiempos de vacío y llenado, disminuir las pérdidas de aceite dieléctrico, evitar fallo de la bomba de vacío, mejorar la producción y lograr aumentar la eficiencia del proceso.



ANTECEDENTES

Desde sus inicios hasta la actualidad la mayor parte del proceso de construcción de transformadores se lo realiza de forma manual, incluyendo el sistema de vacío y llenado para transformadores trifásicos; sin tener el control de la cantidad de aceite dieléctrico que se ocupa como aislante en el transformador, ni el tiempo necesario para lograr el vacío requerido para la extracción de gases.

Este proceso es utilizado en transformadores desde 15KVA hasta 5MVA.

Cabe señalar que al ser un proceso netamente controlado por un operador esta propenso a fallas humanas, como:

- El ingreso del aceite dieléctrico a la bomba de vacío en seco ocasionando inmediatamente su fallo.
- Contaminación de aceite dieléctrico purificado al ingresar a la bomba de vacío.
- Llenado excesivo de aceite dieléctrico en los transformadores, ocasionando pérdidas económicas a la empresa y aumentando tiempos de trabajo.



Ante el pedido realizado por la Empresa ECUATRAN S.A. para realizar la “Automatización de un sistema de vacío y llenado multipunto, para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en los transformadores”, se realizó un análisis previo, con la finalidad de conocer las condiciones en las que el sistema de vacío y llenado opera, concluyendo que en la actualidad el sistema presenta deficiencias de acuerdo a los parámetros que están involucrados en el proceso, debido a que en la actualidad no cuentan con un sistema apropiado de medición y corrección de las variables que intervienen en esta etapa.

Haciendo referencia al análisis de la situación actual, se consideran los siguientes problemas:

- El sistema de vacío, para la extracción de gases se opera manualmente realizándose vacío solo a un transformador.
- No se tiene control sobre el tiempo de vacío, ya que depende del operador y se rige a una instrucción de trabajo.

- El sistema de vacío no es apagado cuando el nivel de aceite cubre la parte activa del transformador, por esta razón el aceite ingresa a la bomba de vacío continuamente y sufre averías produciendo el fallo inmediato de la misma.
- Es necesario establecer dos niveles de aceite dieléctrico, el nivel que cubra la parte activa realizándose el vacío y el sobre nivel (*máximo nivel que puede tolerar el transformador*) para el llenado final sin vacío.
- No existen sensores que detecten el nivel, ni la cantidad de aceite que ingresa al transformador, el nivel de aceite en el transformador es asumido solo por un visor y a criterio del operario.
- El proceso de llenado y vacío no es multipunto y el operador solo puede realizar el proceso de vacío y llenado a un solo transformador.
- Continúa la bomba de vacío falla y sufre averías debido al ingreso de aceite.

En base a lo expuesto anteriormente, la Empresa ECUATRAN S.A., propone realizar un sistema automatizado multipunto que permita tener un control sobre el sistema de llenado y vacío de transformadores de la siguiente manera:

- Se habilitará la infraestructura que actualmente no se encuentra en uso, dotándola con un sistema de control moderno que facilitará las labores del operador.
- Con la automatización del sistema se pretende disminuir los tiempos de vacío y llenado, disminuir pérdidas de aceite dieléctrico y evitar fallo de la bomba de vacío logrando de esta manera aumentar la eficiencia del proceso.
- La implementación al sistema de un HMI le permitirá al usuario tener mayor flexibilidad en cuanto a las tareas que desee realizar, facilitando de esta manera el uso y manejo del sistema de vacío y llenado.
- Se controlará el nivel de aceite dieléctrico en el transformador mediante la implementación de un sensor de nivel.

GENERAL:

Realizar un sistema automático multipunto de vacío y llenado para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en los transformadores trifásicos de la Empresa ECUATRAN S.A.



ESPECÍFICOS:

- Implementar un sistema de tomas multipunto para el vacío y el llenado de transformadores trifásicos.
- Desarrollar el programa de automatización del sistema de vacío y llenado, mediante un PLC y un TOUCH PANEL, de tal manera que facilite la interface entre el operador y el proceso.
- Implementar circuitos eléctricos de control comandados a través de un PLC.
- Realizar pruebas de funcionamiento en el sistema de vacío y llenado, para comprobar que todo el sistema funcione de acuerdo a las necesidades del operador.
- Implementar un sistema que tenga la capacidad de elegir el modo de operación en el que va a trabajar el sistema de vacío y llenado multipunto, es decir se puede seleccionar manual o automático.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electromecánica en la elaboración de este proyecto.

ACEITE DIELECTRICO

El Aceite para Transformadores, por su calidad de aceite básico libre de cera y filtrado por un catalizador, su riguroso proceso de elaboración es un aceite extremadamente limpio y estable, con excepcionales propiedades dieléctricas, alta estabilidad térmica y elevada resistencia a la oxidación.

Por las cualidades propias que le otorga su aceite base y las técnicas de manufactura, éste aceite provee una resistencia extraordinaria al óxido y una insuperable estabilidad térmica.

Es recomendado para aplicación en transformadores, interruptores y otros equipos eléctricos auxiliares con baño de aceite que requieran un aceite mineral que se desempeñe como dieléctrico, refrigerante, disipador del calor, desplazador del aire o gases atrapados, extintor en contactos eléctricos y que cumpla con los límites de las especificaciones.



BENEFICIOS DEL ACEITE DIELECTRICO EN LOS TRANSFORMADORES

- Mayor estabilidad a la oxidación.
- Tiene excelente fluidez a baja temperatura.
- Está libre de humedad y partículas.
- Alta resistencia eléctrica y gran estabilidad térmica.
- Alto punto de inflamación.
- No contienen ningún tipo de azufre corrosivo

VACÍO DE TRANSFORMADORES

Por definición, el término “vacío” significa un espacio cuyo contenido de aire o gases es teóricamente cero; con el concepto anterior se define el “vacío absoluto”. En la práctica el término vacío se aplica a cualquier espacio cuyo contenido de aire o gases provocan una presión absoluta, menor que la atmosférica medida a nivel del mar, el rango de variación de la presión de los gases debajo de la atmosférica es lo que determina los diferentes “grados” de vacío.

El objetivo de realizar el proceso de eliminación de gases a un transformador es minimizar la humedad y los gases que permanecen en el bobinado y el núcleo, logrando que estos elementos se encuentren dentro de los límites normativos y confiables para la correcta operación del transformador.

Normalmente los aislamientos sólidos de los transformadores de potencia, están compuestos principalmente por papel, cartón o madera, los cuales llegan a representar el 95% de los aislamientos. Estos materiales en sus diferentes tipos y variantes son altamente higroscópicos conteniendo hasta 8 o 10 % de su peso en humedad en malas condiciones de operación.



LLENADO DE TRANSFORMADORES

Los transformadores se llenan con aceite dieléctrico para lograr el medio aislante y evita la formación de arcos eléctricos, la ruptura eléctrica de los gases acompañados por la descarga y la ionización resultante conocida como corona. Además, el aceite se utiliza como refrigerante.

PROPÓSITO DEL LLENADO

Alcanzar alta resistencia dieléctrica, excelente factor de potencia, buena tensión interfacial, baja acidez y elevado punto de inflamación.



PLC

PLC moderno, fácil de encontrar en el mercado para el remplazo en caso de daño. SIEMENS S7-1200-1214C

- ✓ Número de entradas y salidas digitales de alta velocidad
- ✓ Tipo de conexión interface (Ethernet).
- ✓ Tamaño de memoria.
- ✓ Tipo de programación.
- ✓ Restricciones físicas y ambientales.
- ✓ Escalabilidad – expansión.
- ✓ Comunicación fácil con otros controladores y equipos HMI
- ✓ Tipo de alimentación.
- ✓ Tipo de salidas – relé.



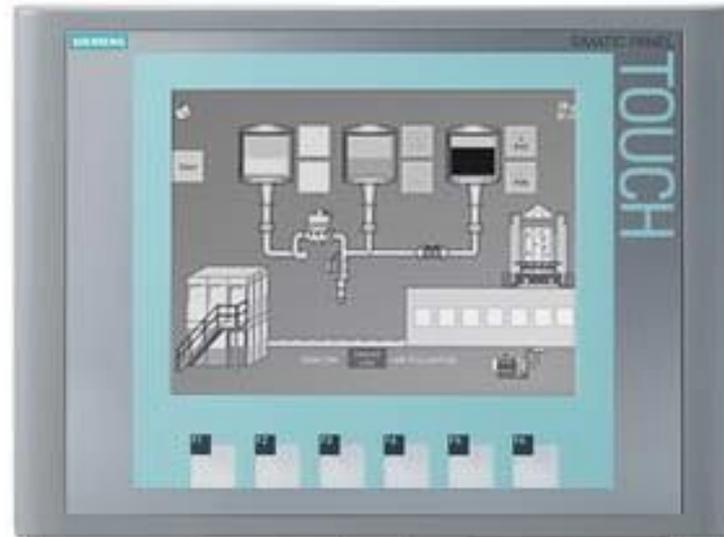
MÓDULO DIGITAL Y ANALOGO

Módulo SM 1223: Este módulo es del tipo salidas a relé, estas son utilizadas para enviar señales de mando emitidas desde y hacia el PLC, este dispositivo controla todos los mandos digitales que posee el proceso, por ejemplo, activación de las electroválvulas de llenado y vacío, activación de los motores de las bombas, activación del vacuómetro y enfriador; de igual manera recibe las señales emitidas por los sensor de nivel de aceite de ubicado en el transformador.



SELECCIÓN DE TOUCH PANEL

Para seleccionar el Touch Panel, es necesario verificar que posea conexión Ethernet y tenga compatibilidad con el PLC SIEMENS S7-1200; además debe ser fácil de configurar y tener una interfaz amigable, que permita mejorar la interacción entre el operador del equipo y el proceso.



SENSORES DE NIVEL

Para la selección de los sensores de nivel se debe tomar en cuenta todos los parámetros físicos del aceite, con el objetivo que el sensor emita una señal adecuada hacia el PLC, el mismo que posteriormente realizará el control sobre dicha variable en el proceso de llenado y vacío.

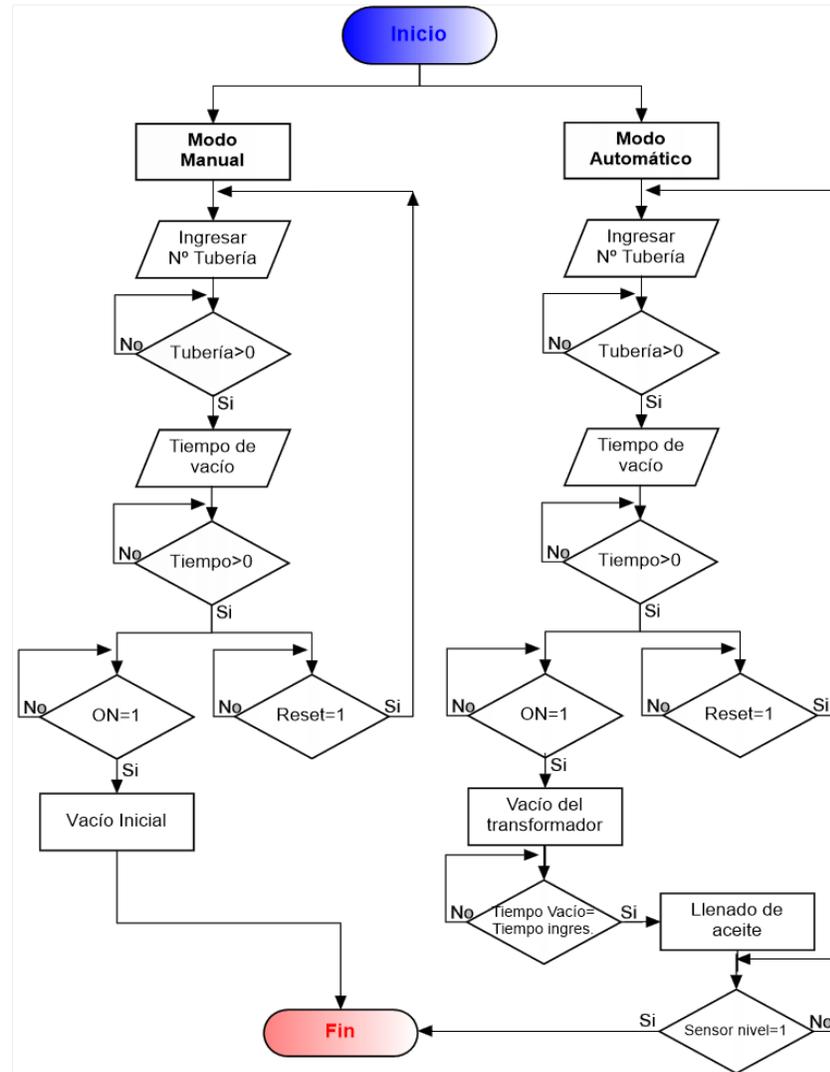
Luego de estudiar al proceso detenidamente, se decidió utilizar sensores tipo boya, ya que estos dispositivos nos permiten sensor el nivel de aceite en el interior del transformador a altas temperaturas y altas presiones.



SENSORES DE NIVEL

Estructura:	Diafragma
Presión:	Presión media
Energía:	Solenoide
Material:	Acero inoxidable
Temperatura de medios:	-5~185C
Medios:	Agua/aire/vacío
Tamaño del Puerto:	1 1/2" NPT
Número de Modelo:	SUS-40
Voltaje:	220 vac / 24 vcd
Frecuencia:	60Hz [22]





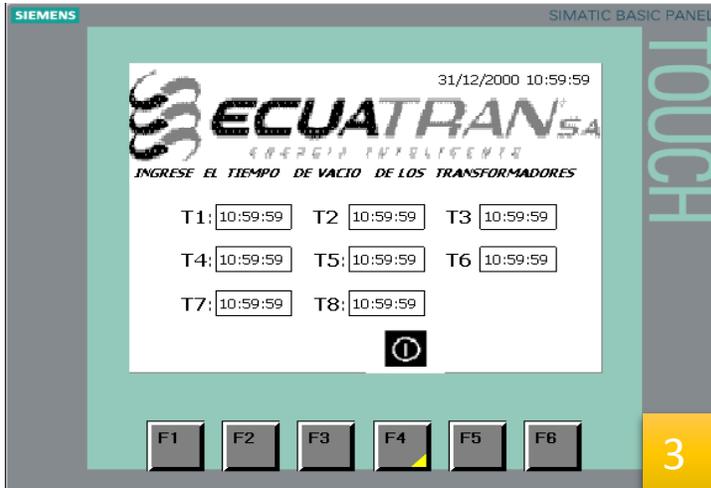


1

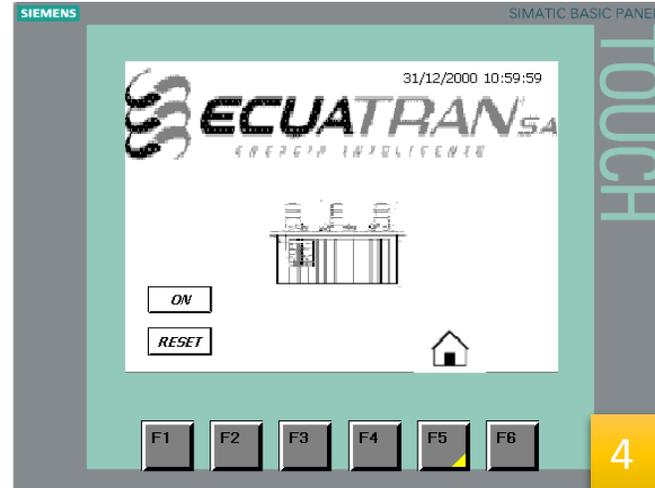


2

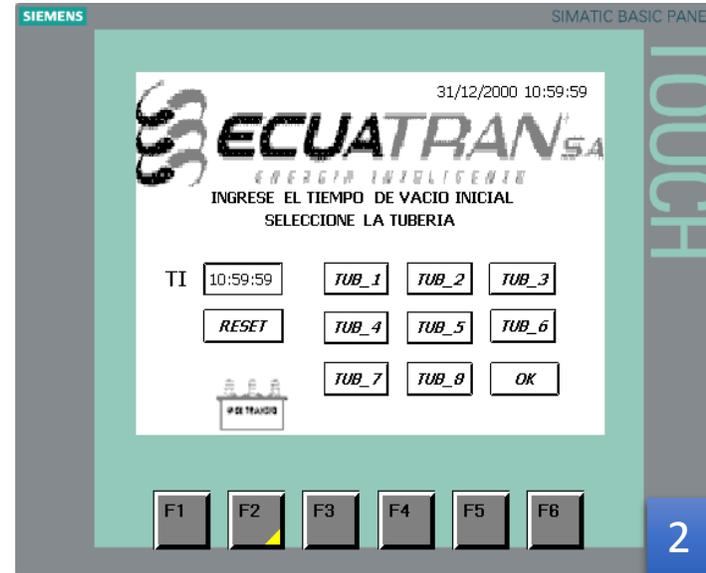
MODO AUTOMATICO



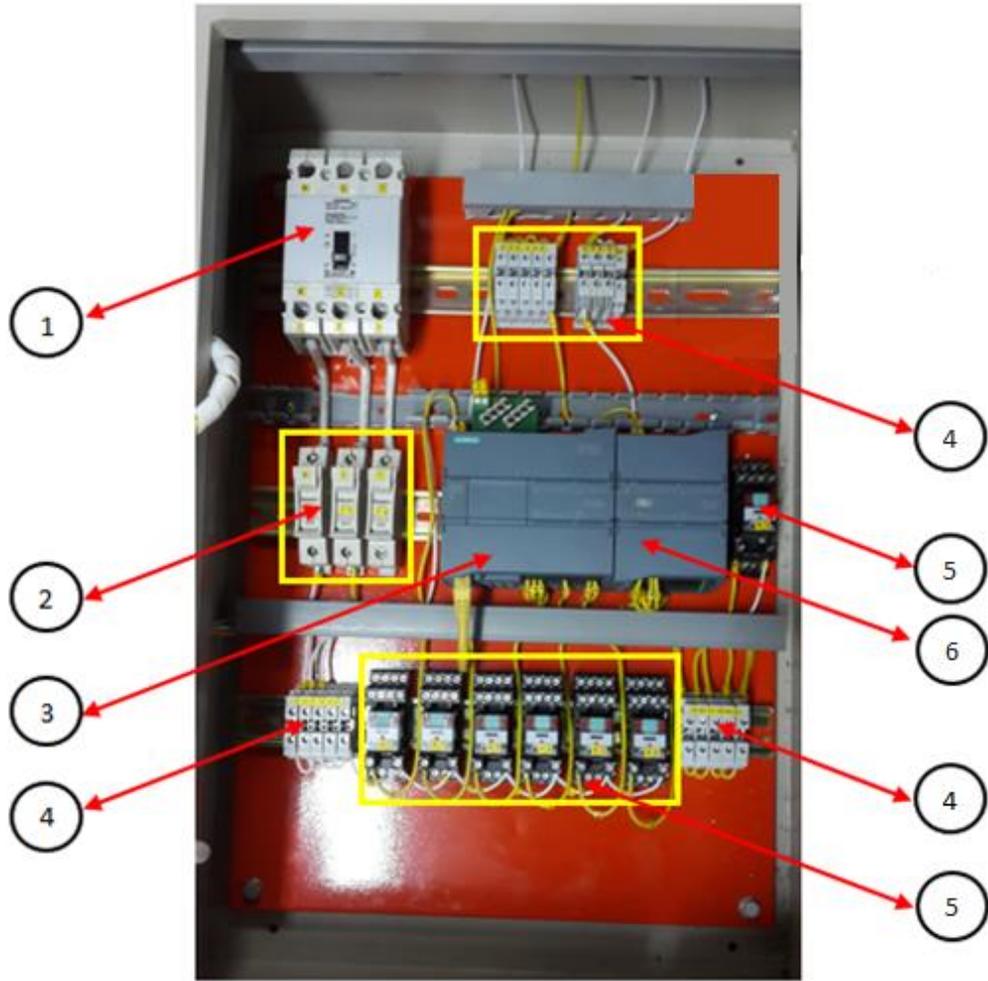
3



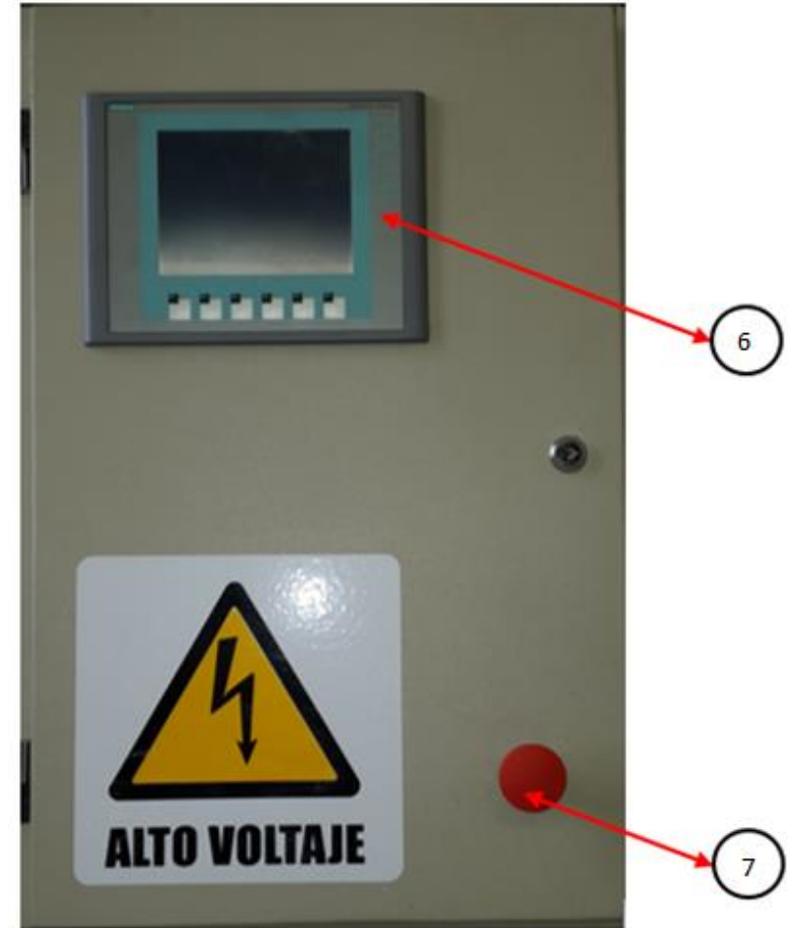
4

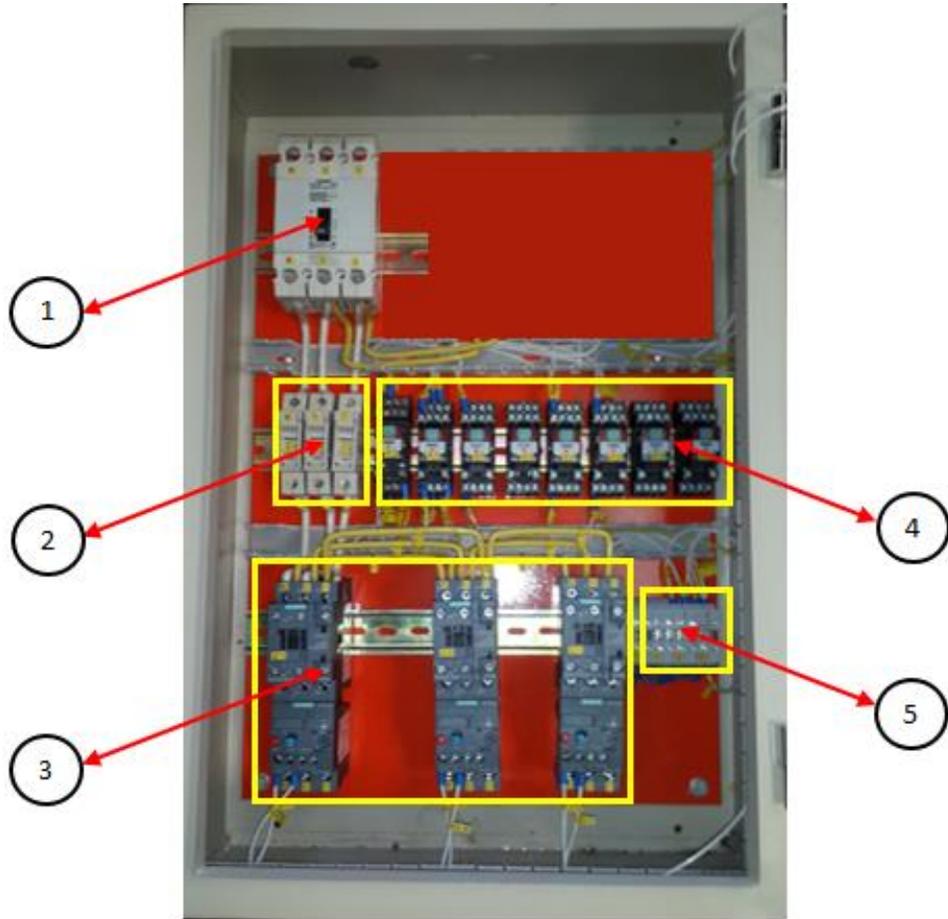


MODO
MANUAL



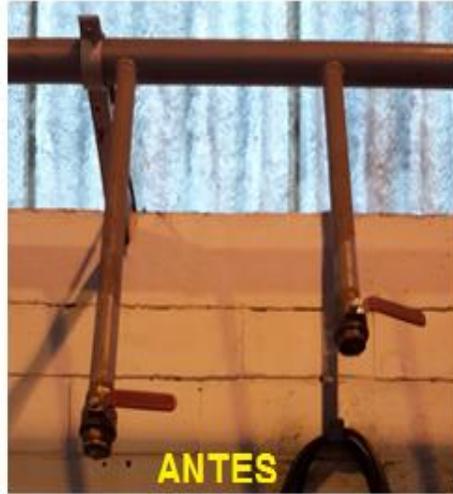
TABLERO DE CONTROL





TABLERO DE FUERZA





ELECTROVÁLVULAS DE VACÍO

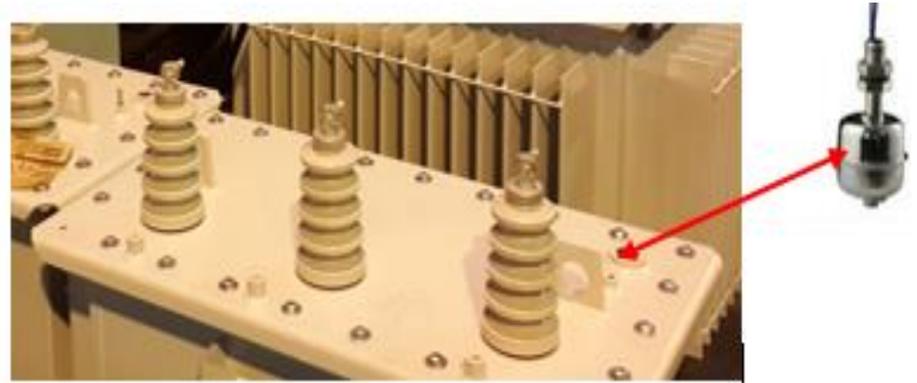
ELECTROVÁLVULAS DE LLENADO



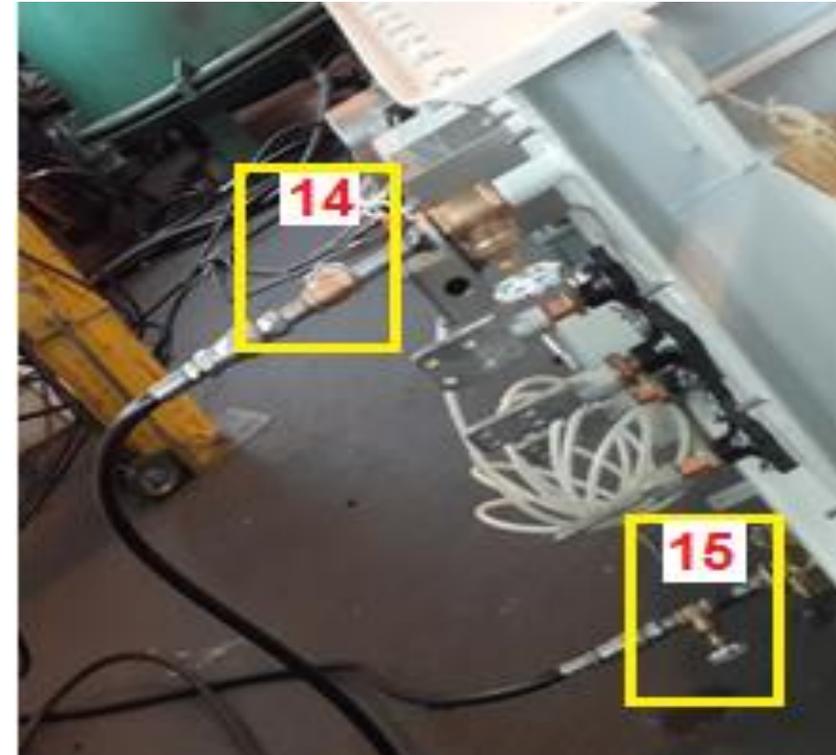
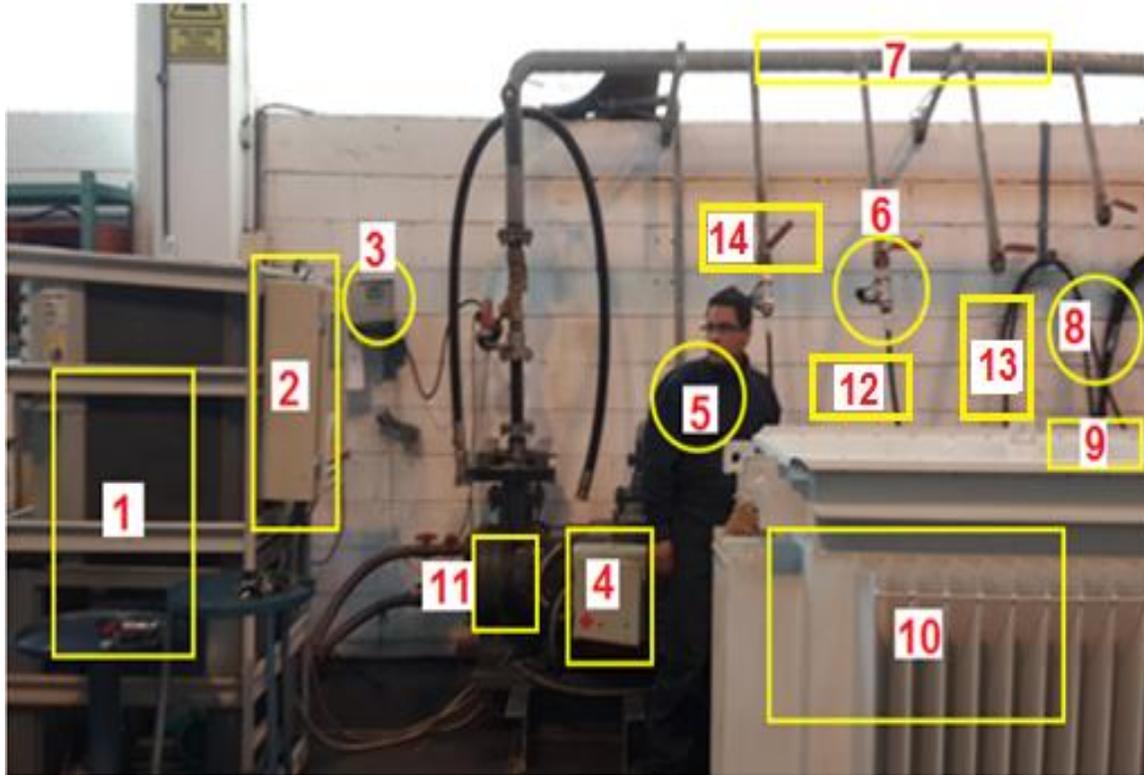


VACUÓMETRO

SENSOR DE NIVEL



MONTAJE FINAL



- Prueba # 1: Simulación del proceso de vacío y llenado a través del PLC, el módulo de expansión y touch panel.
- Prueba # 2: Encendido y apagado de la bomba de vacío.
- Prueba # 3: Encendido y apagado automático del enfriador.
- Prueba # 4: Encendido y apagado automático del vacuómetro.
- Prueba # 5: Apertura y cierre de electroválvulas de vacío.
- Prueba # 6: Apertura y cierre de electroválvulas de llenado.
- Prueba # 7: Actuación del sensor de nivel.
- Prueba # 8: Vacío inicial modo manual.
- Prueba # 9: Vacío y llenado modo automático.

CONCLUSIONES

- Se realizó un sistema automático multipunto de vacío y llenado para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en los transformadores trifásicos de la Empresa ECUATRAN S.A., cumpliendo con los requerimientos de la empresa y los objetivos propuestos en este proyecto
- Con la automatización del sistema multipunto para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico, se logró reducir los tiempos de trabajo de las bombas de vacío y llenado en un 50%.
- El proyecto de automatización realizado es viable, y ayudará en la reducción de costos de energía y mano de obra, por ende la inversión se recuperará aproximadamente en 1 año.
- Con la implementación de este proyecto, en la Empresa Ecuatran S.A. se logró habilitar la infraestructura multipunto que se encontraba sin ser utilizada por falta de un sistema automatizado.



- La automatización realizada es flexible, ya que permite al operador seleccionar el modo de trabajo; es decir automático o manual. Esto dependerá de los requerimientos de la empresa y la experiencia del operador.
- Al implementar tomas multipunto para el vacío y el llenado de transformadores trifásicos se realizó el proceso a más de un transformador a la vez, pudiendo realizarse hasta ocho transformadores con un solo operador.
- Se desarrolló el programa de automatización del sistema de vacío y llenado, mediante el software TIA PORTAL. Software muy amigable con el programador ya que permite programar tanto el PLC como el TOUCH PANEL a la vez.
- La interface realizada para la interacción entre el operador del sistema y el proceso de manufactura en general, es dinámico y de fácil operación, ya que a medida que se habilitan las ventanas se ingresan los requerimientos y finalmente se inicia el proceso.

RECOMENDACIONES

- Es importante realizar pruebas de funcionamiento en el sistema de vacío y llenado, para comprobar que todo el sistema funcione de acuerdo a las necesidades del operador.
- Se recomienda a los operadores del sistema de vacío y llenado seguir cuidadosamente el Manual del Usuario, para la normal operación y funcionamiento de la misma.
- Se recomienda al personal de mantenimiento no realizar modificaciones al sistema de vacío y llenado.
- Este proyecto puede ser el inicio de la automatización completa y más finita del sistema de vacío y llenado para transformadores trifásicos y monofásicos de la empresa ECUATRAN S.A.
- Para realizar un proyecto de automatización, se debe recolectar correctamente la información preferiblemente del área de ingeniería y estar en contacto permanente con el operador.





GRACIAS

