



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

**AUTORES: ALBUJA SÁNCHEZ, BYRON MAURICIO
SÁNCHEZ GÓMEZ, ELIZABETH VERÓNICA**

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA LA PURIFICADORA DE ACEITE DE LA UNIDAD 3 DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO

**DIRECTOR: ING. ORTIZ, HUGO
CODIRECTOR: ING. GORDILLO, RODOLFO**

SANGOLQUÍ, FEBRERO 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS -ESPE

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

CERTIFICADO

Ing. Hugo Ortiz

Ing. Rodolfo Gordillo

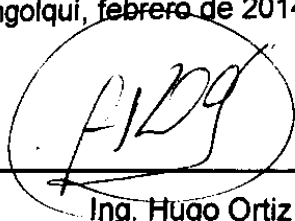
CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización y Control para la Purificadora de Aceite de la Unidad 3 de Generación de la Central Termoeléctrica Guangopolo”, realizado por Elizabeth Verónica Sánchez Gómez y Byron Mauricio Albuja Sánchez, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación si recomiendan su publicación.

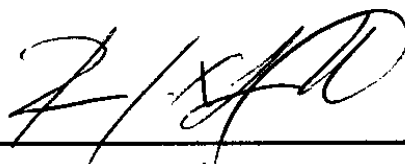
El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf.). Autorizan a Elizabeth Verónica Sánchez Gómez y Byron Mauricio Albuja Sánchez que lo entregue al Ingeniero Luis Orozco en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, febrero de 2014



Ing. Hugo Ortiz

DIRECTOR



Ing. Rodolfo Gordillo

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS -ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

ELIZABETH VERÓNICA SÁNCHEZ GÓMEZ
BYRON MAURICIO ALBUJA SÁNCHEZ

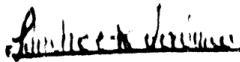
DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “*Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización y Control para la Purificadora de Aceite de la Unidad 3 de Generación de la Central Termoeléctrica Guangopolo*”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

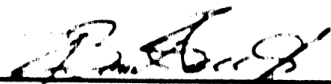
Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, febrero de 2014



Elizabeth Verónica Sánchez Gómez



Byron Mauricio Albuja Sánchez

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS -ESPE

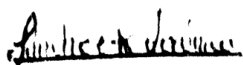
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Elizabeth Verónica Sánchez Gómez y Byron Mauricio Albuja Sánchez

Autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización y Control para la Purificadora de Aceite de la Unidad 3 de Generación de la Central Termoeléctrica Guangopolo”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, febrero de 2014



Elizabeth Verónica Sánchez Gómez



Byron Mauricio Albuja Sánchez

Dedicatoria

Con todo cariño le doy gracias a Dios por permitirme cumplir mi sueño de ser profesional, por darme a mi familia y amigos que son parte importante en mi vida especialmente a mi madre, a ellos les dedico cada página de este proyecto de grado, a mi padre que desde arriba me mira le agradezco y dedico este proyecto por cuidarme y estar a mi lado. También a mi novio Mauricio que ha sido una persona incondicional y ha estado a mi lado dándome su amor y apoyo le dedico este proyecto de grado.

Elizabeth Sánchez

Quiero dedicar este proyecto de grado especialmente a mis padres, familia y amigos por brindarme su apoyo durante todos mis años de vida enseñándome a crecer como persona. Se la dedico a mi madre por su sacrificio y dedicación y a mi padre por su compromiso y apoyo. A mi novia Elizabeth le dedico este proyecto por estar a mi lado brindándome su apoyo.

Byron Albuja

Este proyecto se lo dedicamos a nuestras familias, amigos y maestros por animarnos a seguir adelante con la realización de este proyecto.

Nosotros

Agradecimiento

De todo corazón agradezco a mi madre y familia por ser un soporte en mi vida profesional y permitirme lograr una parte de mis sueños, a mi madre por motivarme a seguir adelante cumpliendo mis metas y objetivos como estudiante. También agradezco la paciencia, comprensión y el sacrificio de su tiempo a Mauricio por estar siempre a mi lado apoyándome.

Elizabeth Sánchez

Quiero agradecer especialmente a mis padres por haberme guiado todo este tiempo brindándome su amor y comprensión, también a mi abuelito Aníbal por sus consejos y palabras de aliento y a toda mi familia por su confianza y apoyo. Un agradecimiento especial a Elizabeth por ser siempre un apoyo y una fuente de inspiración para seguir adelante.

Byron Albuja

Queremos dar gracias a nuestras familias por apoyarnos incondicionalmente en el desarrollo de este proyecto y a nuestro director y codirector del proyecto por guiarnos y estar pendientes en la realización del mismo.

Damos un sincero agradecimiento al personal de la Central Guangopolo por su colaboración y apoyo durante el desarrollo del proyecto de grado, ya que este no hubiese sido posible sin su aporte.

Gracias a nuestros amigos que nos han sabido dar ánimos y apoyo para continuar con la realización del proyecto.

Nosotros

Índice

CAPÍTULO 1.....	1
PRELIMINARES	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4. ALCANCE DEL PROYECTO.....	5
1.5. OBJETIVOS.....	6
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
2.1. PURIFICADORA CENTRÍFUGA DE ACEITE.....	7
2.1.1. DEFINICIÓN	7
2.1.2. PARTES DE LA PURIFICADORA	7
2.2. PROCESO DE PURIFICACIÓN DE ACEITE	10
2.2.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA PURIFICADORA CENTRÍFUGA DE ACEITE. (ALFA LAVAL, 1970, PÁGS. 12 - 24).....	10
2.2.2. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.....	18
CAPÍTULO 3.....	21
DISEÑO	21
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE OPERACIÓN MANUAL	21
3.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OPERACIÓN DE LA PURIFICADORA DE ACEITE	21
3.1.2. LIMITACIONES Y PUNTOS DÉBILES	29
3.1.3. DIAGRAMA DE PUESTA EN MARCHA.	30
3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL.....	32

	vii
3.2.1. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL DISEÑO	32
3.2.2. DIAGRAMAS P&ID DEL DISEÑO	33
3.2.3. ESPECIFICACIONES DE LA INSTRUMENTACIÓN.....	33
CAPÍTULO 4.....	39
SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL.....	39
4.1. SOFTWARE DEL CONTROLADOR (SCHNEIDER ELECTRIC, 2011), (SCHNEIDER ELECTRIC, 2011).....	39
4.1.1. LÓGICA DE CONTROL	40
4.1.2. MATRIZ CAUSA EFECTO	44
4.1.3. SIMULACIÓN.....	52
4.2. INTERFAZ REMOTA Y LOCAL	53
4.2.1. SOFTWARE DE PANTALLA TÁCTIL (SCHNEIDER ELECTRIC, 2010).....	53
4.2.1.1. <i>Diseño de Interfaz HMI en el software Vijeo Designer (Ponsa & Granollers)</i>	54
4.2.2. SOFTWARE INTOUCH (FESTO, 2013), (WONDERWARE, 2007 - 2009).....	61
4.2.2.1. <i>Diseño de Interfaz HMI en software Intouch (Ponsa & Granollers)</i>	62
4.2.3. SIMULACIÓN.....	66
CAPÍTULO 5.....	68
IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS.....	68
5.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES	68
5.1.1. LISTADO DE EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN	68
5.1.2. DIMENSIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	73
5.1.3. PLANOS DE LA INSTALACIÓN.....	84
5.2. IMPLEMENTACIÓN.....	84
5.3. PRUEBAS	96
5.4. RESULTADOS.....	99
CAPÍTULO 6.....	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
6.1. CONCLUSIONES	100

6.2. RECOMENDACIONES	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
GLOSARIO	105

Índice de Figuras

Figura. 2. 1. Vista frontal de la purificadora	8
Figura. 2. 2. Vista lateral derecha de la purificadora.....	8
Figura. 2. 3. Vista posterior de la purificadora.	9
Figura. 2. 4. Esquema de la bola de la purificadora.....	12
Figura. 2. 5. Válvula de 4 posiciones.	14
Figura. 2. 6. Esquema de apertura y cerrado de la bola de la purificadora.....	16
Figura. 2. 7. Esquema del dispositivo de emergencia.....	18
Figura. 3. 1. Tablero de Control de la Purificadora.	22
Figura. 3. 2. Diagrama básico de la purificadora.....	25
Figura. 3. 3. Diagrama de operación de la purificadora.	31
Figura. 4. 1. Estado de la lógica en tiempo real.....	52
Figura. 4. 2. Forzado de las entradas del autómeta.....	53
Figura. 4. 3. Esquema de la arquitectura para el sistema de purificación.....	56
Figura. 4. 4. Botón de navegación en la interfaz de la pantalla táctil.	56
Figura. 4. 5. Distribución de las pantallas en la pantalla táctil.....	57
Figura. 4. 6. Distribución de la pantalla de alarmas.	58
Figura. 4. 7. Esquema de la arquitectura en el software Intouch.	62
Figura. 4. 8. Botón de navegación en la interfaz en Intouch.	63
Figura. 4. 9. Distribución de las pantallas del Intouch.....	63
Figura. 4. 10. Configuración del MBENET.	66
Figura. 4. 11. Comunicación del PLC con el Intouch.	67

Figura. 5. 1. Instalación de switch de Flujo y Transmisor de temperatura.	85
Figura. 5. 2. Instalación de switch de Flujo en la tubería de bypass.	86
Figura. 5. 3. Instalación de switch de Flujo en la tubería de descarga de lodos.	87
Figura. 5. 4. Instalación de switch de Flujo en la salida de aceite.	88
Figura. 5. 5. Instalación de Transmisor de presión y válvula de globo.	89
Figura. 5. 6. Instalación del Sensor Inductivo.	90
Figura. 5. 7. Instalación de la Electroválvula para agua de maniobra.	91
Figura. 5. 8. Instalación de la Electroválvula para Llenado de bola.	92
Figura. 5. 9. Instalación de la Electroválvula de 5 vías.	93
Figura. 5. 10. Instalación de la Válvula de 3 vías.	94
Figura. 5. 11. Instalación de la Unidad de Mantenimiento y válvula de bola.	95
Figura. 5. 12. Resultados registro de lavados.	99

Índice de Tablas

Tabla. 2. 1. Partes principales de la purificadora.	9
Tabla. 2. 2. Funciones de la válvula de 4 posiciones.	15
Tabla. 3. 1. Descripción de elementos del tablero de Control de la Purificadora.	23
Tabla. 3. 2. Descripción de válvulas manipuladas.	25
Tabla. 4. 1. Matriz causa efecto.	50
Tabla. 4. 2. Características del texto en la interfaz de la pantalla táctil.	59
Tabla. 4. 3. Características del texto en la interfaz en Intouch.	64
Tabla. 5. 1. Elementos de módulos de control y alimentación.	68

	x
Tabla. 5. 2. Elementos de instrumentación.....	69
Tabla. 5. 3. Válvulas y electroválvulas.....	69
Tabla. 5. 4. Actuador neumático y unidad de mantenimiento.....	70
Tabla. 5. 5. Elementos para montaje y armado de tablero.....	70
Tabla. 5. 6. Elementos de instalación de instrumentación.....	72
Tabla. 5. 7. Principales características técnica del Autómata.....	73
Tabla. 5. 8. Principales características técnicas del Módulo de Entadas Analógicas.....	74
Tabla. 5. 9. Principales características técnicas del Módulo de Entadas Analógicas.....	75
Tabla. 5. 10. Principales características técnicas del Sensor Inductivo.....	76
Tabla. 5. 11. Principales características técnicas del Sensor y Transmisor de Presión.....	76
Tabla. 5. 12. Principales características técnicas del Sensor de Temperatura.....	77
Tabla. 5. 13. Principales características técnicas del Transmisor de Temperatura.....	77
Tabla. 5. 14. Principales características técnicas del termopozo.....	78
Tabla. 5. 15. Principales características técnicas del Sensor de Flujo.....	78
Tabla. 5. 16. Principales características técnicas de la Electroválvula de 1/2".	79
Tabla. 5. 17. Principales características técnicas de la Electroválvula de 1/4" ..	80
Tabla. 5. 18. Principales características técnicas de la Válvula de 1 1/2".....	80
Tabla. 5. 19. Principales características técnicas de la Válvula de 1/4 ".....	81
Tabla. 5. 20. Principales características técnicas de la Válvula de Globo.....	82
Tabla. 5. 21. Principales características técnicas de la Válvula de 3/8".....	82
Tabla. 5. 22. Principales características técnicas del Actuador Neumático.....	83
Tabla. 5. 23. Principales características técnicas del FRL.....	83
Tabla. 5. 24. Tiempos obtenidos en las Pruebas en Modo Manual.....	96
Tabla. 5. 25. Tiempos obtenidos en Modo Automático.....	97

Índice de Anexos

ANEXO 1	A
SIMBOLOGÍA DE LOS DIAGRAMAS P&ID	A
ANEXO 2	B
P&ID DEL SISTEMA PREVIO A LA AUTOMATIZACIÓN.....	B
ANEXO 3	C
DIAGRAMA P&ID DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	C
ANEXO 4	D
SIMBOLOGÍA DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS	D
ANEXO 5	E
DIAGRAMA DE CABLEADO DE FUERA DEL TABLERO DE CONTROL DEL SISTEMA PREVIO A LA AUTOMATIZACIÓN	E
ANEXO 6	F
DIAGRAMA DE LA LÓGICA DE CONTACTOS DEL TABLERO DE CONTROL DEL SISTEMA PREVIO A LA AUTOMATIZACIÓN.....	F
ANEXO 7	G
PLANOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	G
ANEXO 8	H
PROGRAMA DEL AUTÓMATA	H
ANEXO 9	QQ
DESCRIPCIÓN DE LAS PALABRAS DE MEMORIA DEL AUTÓMATA.....	QQ
ANEXO 10	RR
MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.....	RR
ANEXO 11	SS
ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	SS

RESUMEN

La purificadora de aceite forma parte del proceso de generación eléctrica porque este ayuda a purificar el aceite que lubrica el motor de generación, actualmente la empresa tiene solo tres motores funcionando que necesitan del buen funcionamiento de estas máquinas. Se analiza por medio de una matriz causa efecto el impacto que tendrá dentro del proceso la automatización del sistema. Para la automatización se tomaron en cuenta las siguientes variables: presión en la salida de aceite purificado, velocidad del motor de la purificadora y la temperatura del aceite a purificar, también el procedimiento de operación, fallas y puntos débiles del sistema. Posteriormente se define las características de la instrumentación como entorno de trabajo, fluido con el que estarán en contacto, tipo de protección y temperatura de trabajo. Para la lógica de control se usó un autómata, se consideró tres modos de operación los cuales son manual, semiautomático y automático. En el autómata se programó los modos automático y semiautomático, la configuración de parámetros del sistema, las alarmas y alertas del sistema. Con el fin de supervisar el sistema se cuenta con interfaces humano máquina, estas son intuitivas, permiten operar el sistema (modo semiautomático y automático), configurar los parámetros del proceso, visualizar estados del proceso, alertas y alarmas. Finalmente se enuncian las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado.

Palabras clave: Purificadora, automatización, aceite, Termopichincha Guangopolo.

ABSTRACT

The oil purifier is part of the power generation process because it helps to purify the oil that lubricates the engine - generation; the company currently has only three engines running that need the proper operation of these machines. By a cause and effect matrix the impact that the system automation will have within the process is analyzed. For the automation the following variables were taken into account: pressure at the purified oil exit pipe, purifier's engine speed and the temperature of the oil to purify, also the operating procedure, failures and weaknesses of the system. Subsequently the characteristics of the instrumentation are defined, such as: working environment, fluid with which come into contact, type of protection and workplace temperature. For control logic an automaton was used, three operating modes were considered which are: manual, semiautomatic and automatic. In the PLC is the programming for automatic and semi-automatic modes, the configuration of system parameters, alarms and alerts the system. In order to monitor the process there are human machine interfaces, these are intuitive, allow the operation of the system (semi-automatic and automatic mode), configure the process parameters, display process states, alerts and alarms. Finally, conclusions and recommendations of the project are mentioned.

Keywords: Purifier, automation, oil, Termopichincha, Guangopolo

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA LA PURIFICADORA DE ACEITE DE LA UNIDAD 3 DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO

La Central Termoeléctrica Guangopolo se encuentra ubicada en el Valle de los Chillos, Provincia de Pichincha, inició su operación en generación termoeléctrica en abril de 1977. Actualmente cuenta con una potencia instalada de 33MW, distribuida en 6 unidades marca Mitsubishi MAN y una unidad de marca Wartsila; de las cuales solo se encuentran en funcionamiento las unidades 1, 3, 4 y la unidad Wartsila.

La central utiliza diésel y residuo de petróleo como combustible para la generación de energía eléctrica, este último proviene de los residuos de la refinería Shushufindi. La central entrega la energía producida a través de la Subestación La Vicentina.

Las purificadoras dentro de la generación eléctrica son fundamentales ya que permiten reutilizar el aceite y alargar el tiempo de vida del mismo. En el proceso de combustión tanto el aceite como sus aditivos se queman por lo que el aceite se torna un aceite básico y se contamina con los residuos de la combustión.

CAPÍTULO 1

PRELIMINARES

1.1. ANTECEDENTES

La energía potencial del combustible se transforma en energía calorífica mediante el uso de motores de combustión interna lo cual produce una energía de movimiento rectilíneo para después convertirse en energía giratoria. El aceite que circula por los pistones del motor hace que en la etapa de explosión se produzcan partículas de carbón, al bajar el pistón las partículas de carbón se quedan en el aceite contaminándolo.

Cada motor cuenta con su propio tanque contenedor de aceite y con su propia purificadora centrífuga de aceite para eliminar las impurezas y cualquier fluido con mayor densidad que el aceite lubricante como es el caso del agua.

Las máquinas de purificación centrífuga se encienden conjuntamente con el motor de generación eléctrica al que están asociadas; es decir que funcionan a la par. Un generador puede pasar encendido hasta 3000 horas de forma

continua y de igual manera las purificadoras, esas últimas cuentan con un ciclo de trabajo repetitivo que consta de 2 horas de purificación y posteriormente de 15 a 30 minutos en los cuales un operador debe realizar el lavado de la purificadora y la preparación para el reinicio del ciclo.

Al realizar el proceso de purificación las piezas que conforman la purificadora se cubren de una especie de laca a causa del aceite quemado, esta laca afecta el funcionamiento de la purificadora y en ocasiones hasta puede dañarla.

El manejo de la máquina purificadora se realiza mediante el prendido o apagado de motores eléctricos y la apertura o cierre de válvulas, todas estas acciones se realizan manualmente.

La purificadora aumenta el tiempo de vida útil del aceite y del motor del generador además de permitir un ahorro en la compra de aceite. Cada motor consume unos 200 litros de aceite cuando se le ha hecho el over-hall (mantenimiento completo a las 8000 horas de trabajo) y puede llegar hasta 500 litros cuando está cerca al over-hall, con esto se ve claramente que la purificación es vital dentro del proceso de generación eléctrica ya que no solo mantiene la calidad del aceite sino que disminuye costos de generación.

Las purificadoras centrífugas no están exentas de fallas ya sean de tipo mecánico o de tipo humano; una mala operación de las válvulas puede llevar a un mal funcionamiento de la máquina e inclusive puede provocar la pérdida de varios litros de aceite. Si la válvula que controla la apertura y cierre de la bola centrífuga no se opera adecuadamente la bola puede no cerrarse provocando

que el aceite sea desechado hacia el tanque de desechos de donde ya no es posible recuperarlo; este tipo de fuga solo puede ser detectada si el operador observa una disminución anormal en el nivel del tanque contenedor de aceite.

Otra falla muy común es que el sello de agua de la purificadora centrípeta no se realice correctamente provocando que el aceite se deseche por donde debería desecharse el agua, este tipo de falla solo puede detectarse si el operador observa por una mirilla de la tubería el escape de aceite o si un dispositivo mecánico detiene la purificadora por fuga de aceite. Este dispositivo mecánico depende en gran medida del personal que lo calibra, si no está bien calibrado no detectará la fuga de aceite.

La automatización de este tipo de sistemas permitirá liberar a los operadores de la tarea de supervisión constante de estas máquinas, asegurará un buen funcionamiento del proceso de purificación y evitará las fugas de aceite.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de la purificadora demanda una constante supervisión y manipulación de la misma, al ser una tarea repetitiva su operación no está libre de posibles fallas y errores como es el caso de una mala operación y de la fuga no deseada de aceite hacia el tanque de cieno (desechos).

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El proyecto se justifica por las siguientes razones:

- El proceso de purificación de aceite es repetitivo y requiere de constante supervisión para verificar su correcta ejecución.
- El desecho de aceite por un mal sello de la purificadora o por su mala operación representa un costo elevado para la empresa.
- Si ocurre una fuga de aceite y el sistema de parada mecánico no funciona o está mal calibrado la única forma de detectar la fuga es que un operador visualice el mal funcionamiento.
- No se cuenta con un sistema de aviso de eventos y alarmas en el proceso de purificación.

El proyecto llega a ser importante debido a los siguientes puntos:

- Reducirá la dependencia que tiene la purificadora de los operadores humanos tanto en su operación como en la supervisión.
- Se optimizará el proceso de purificación al reducir el riesgo de un mal funcionamiento.
- Permitirá reducir la cantidad de aceite que es desechado durante el proceso de purificación.
- Permitirá la prevención y la reacción de la purificadora ante fugas no deseadas de aceite hacia el tanque de cieno (desecho).
- Permitirá la supervisión y la operación de la purificadora de forma local y remota.
- Permitirá visualizar y recolectar de forma rápida los datos importantes del proceso de purificación.
- Informará de forma oportuna e inmediata a los operadores de las alarmas y eventos que se presenten en el proceso de purificación.
- Se contará con un sistema de detección de fugas de aceite alternativo al sistema de detección mecánico.

1.4. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto planteado consiste en el diseño e implementación del sistema de automatización de la purificadora de aceite correspondiente a la unidad 3 de generación; para ello se realizarán las siguientes acciones:

- Estudiar las características de la purificadora además de las especificaciones, condiciones y procedimientos de puesta en marcha y parada.
- Diseño de la automatización del sistema purificador.
- Dimensionamiento de la instrumentación necesaria para el control y supervisión de la máquina.
- Elaboración de los diagramas: P&ID de la purificadora con la nueva instrumentación, los esquemas de interconexión eléctrica, electrónica y de control.
- Diseño de las HMI que permita el manejo y la supervisión de la purificadora de forma local y remota. Para el control local se usará una pantalla táctil y para el control remoto se agregará una ventana de control de la purificadora en el sistema SCADA que ya posee la empresa.
- Programación del PLC a utilizar en el control del módulo purificador, este tendrá acceso al sistema SCADA de la empresa mediante el protocolo Modbus / TCP (tecnología implementada dentro de la empresa).
- Implementación del sistema de automatización y control diseñado, es decir las conexiones eléctricas y de tubería necesarias para la nueva instrumentación y para el sistema en sí. Para ello se usarán las normas que utiliza la empresa en cuanto a sistemas de cableado.
- Realización de pruebas al sistema implementado para asegurar su funcionalidad.

- Creación de un manual de usuario del sistema implementado y entrega de los planos a la empresa.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de automatización y control para la purificadora de aceite de la unidad 3 de Generación de la Central Termoeléctrica Guangopolo.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el accionamiento y condiciones de operación de la purificadora centrífuga de aceite.
- Definir los parámetros de supervisión y control.
- Definir las especificaciones de la instrumentación a utilizar.
- Diseñar el sistema de supervisión y control.
- Crear el algoritmo para controlar la purificadora centrífuga de aceite.
- Desarrollar las interfaces HMI utilizando los indicadores de la guía GEDIS.
- Implementar el sistema de automatización y control dentro de la Unidad de Negocio Termopichincha Central Guangopolo.
- Proporcionar la documentación del proyecto (planos y manuales).

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. PURIFICADORA CENTRÍFUGA DE ACEITE

2.1.1. Definición

Dispositivo electromecánico que basa su funcionamiento en la fuerza centrífuga para separar dos líquidos de diferentes densidades o para eliminar residuos sólidos de un fluido. (ALFA LAVAL, 1970)

2.1.2. Partes de la purificadora

Las partes principales dentro de la estructura de la purificadora se muestran en las figuras, cada parte está identificada por medio de un número y su respectiva descripción se indica en la Tabla 2. 1.

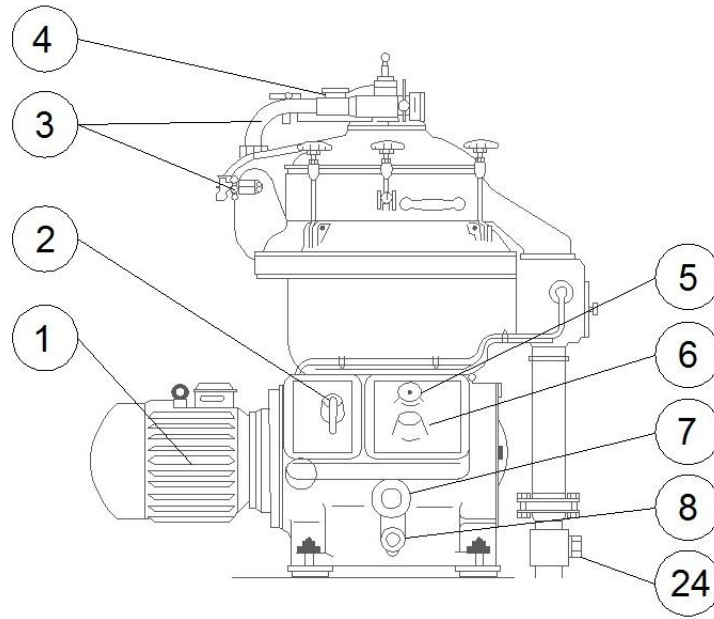


Figura. 2. 1. Vista frontal de la purificadora

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

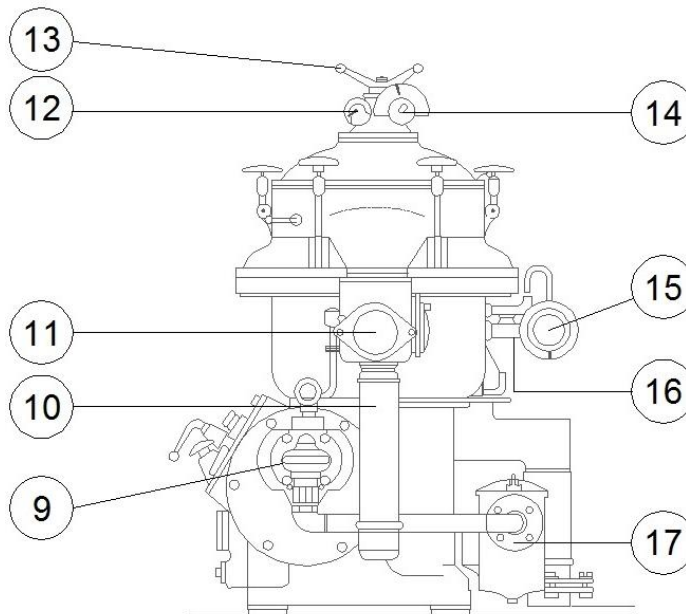


Figura. 2. 2. Vista lateral derecha de la purificadora

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

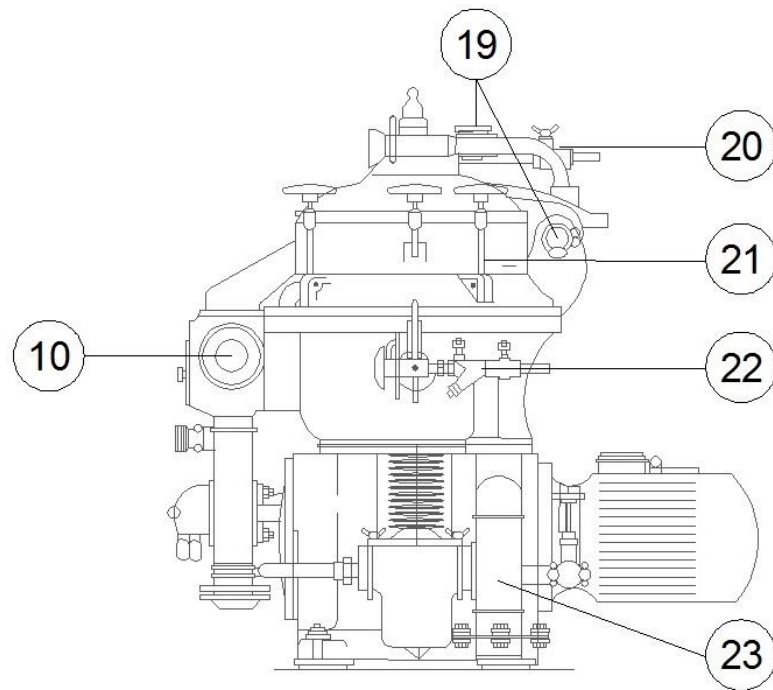


Figura. 2. 3. Vista posterior de la purificadora.

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Tabla. 2. 1. Partes principales de la purificadora¹.

#	ELEMENTO
1	Motor eléctrico
2	Empuñadura del freno manual
3	Tubería de salida de aceite purificado
4	Indicador de flujo de la tubería de salida de aceite purificado
5	Indicador de movimiento en el eje
6	Tornillo que cubre la abertura para el llenado de aceite
7	Mirilla para visualizar el nivel de aceite
8	Tornillo que cubre la abertura para el vaciado de aceite
9	Bomba del módulo purificador

¹ Continúa Tabla. 2. 1 →

-
- 10 Tubería de descarga de agua
 - 11 Mirilla
 - 12 Termómetro
 - 13 Regulador de caudal
 - 14 Manómetro
 - 15 Válvula de operación de cuatro posiciones
 - 16 Tubería para paso de agua de maniobra
 - 17 Filtro incorporado en la tubería
 - 18 Bombilla para iluminación de la cavidad de la mirilla
 - 19 Tubería para ingreso del aceite a la purificadora
 - 20 Tubería para ingreso de agua de llenado
 - 21 Bola de la purificadora
 - 22 Filtro "y"
 - 23 Tubería de descarga de lodos
 - 24 Dispositivo de emergencia
-

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

2.2. PROCESO DE PURIFICACIÓN DE ACEITE

2.2.1. Principios básicos de funcionamiento de la Purificadora centrífuga de aceite. (ALFA LAVAL, 1970, págs. 12 - 24)

El propósito de usar una purificadora centrífuga en el proceso de generación es el de eliminar las partículas de agua y los sólidos ajenos al aceite que lubrica los mecanismos del motor de generación. Durante el funcionamiento del generador, el aceite se contamina con residuos de la combustión conocidos como carbonilla los cuales reducen la vida útil del aceite y además pueden producir daños en las partes móviles de la máquina. Si el aceite llega a

absorber humedad esto ocasiona una disminución de su rendimiento además de aumentar los riesgos de sobrecalentamiento y corrosión.

La purificación consiste en la separación de dos líquidos insolubles el uno del otro y de diferentes pesos específicos, a su vez se elimina partículas sólidas de peso específico mayor al de los líquidos a separar.

Con la purificadora centrífuga de aceite se obtienen los mismos resultados que con los métodos de separación por gravedad. Cuando se usa la fuerza de gravedad para separar líquidos de diferentes densidades o para purificar líquidos se debe esperar a que lentamente la acción de esta fuerza realice el trabajo de llevar las partículas más densas hacia la base del recipiente, mientras que el líquido menos denso ascenderá a la parte superior, de esta manera se puede separar dos líquidos de diferentes densidades y además se pueden sedimentar en el fondo del residuos sólidos no deseados.

En nuestro caso la fuerza de gravedad es reemplazada por la fuerza centrífuga la cual llega a ser mayor en magnitud a la fuerza de gravedad, de esta forma la separación de líquidos y la sedimentación ya no tarda horas sino que pueden llegar a realizarse en tan solo segundos. Para llegar a obtener la magnitud de la fuerza centrífuga necesaria para realizar este trabajo la bola de la purificadora debe girar a altas revoluciones entre 4000 a 9000 rpm, la separadora ALFA LAVAL tipo MPAX 207S -20 que se utiliza para este proyecto, hace girar la bola (contenedor de la mezcla a purificar) a 6000 rpm por medio de un motor eléctrico de 1800 rpm y una transmisión multiplicadora de velocidad.

El módulo de purificación fue diseñado para permitir la separación de dos líquidos en forma de mezcla y a la vez para remover de un líquido partículas de cualquier especie, por esta razón la bola de la purificadora tiene 2 salidas para la mezcla que ingresa, la primera destinada a la salida del líquido más denso y la segunda para la expulsión del líquido liviano. La acción de la fuerza centrípeta permite separar los líquidos ingresados llevando al líquido liviano a la parte central de la bola, al líquido más denso hacia las paredes, es decir que este último estará rodeando al líquido liviano, y a las partículas sólidas contra las paredes de la bola como se observa en la Figura. 2. 4 y la Figura. 2. 5.

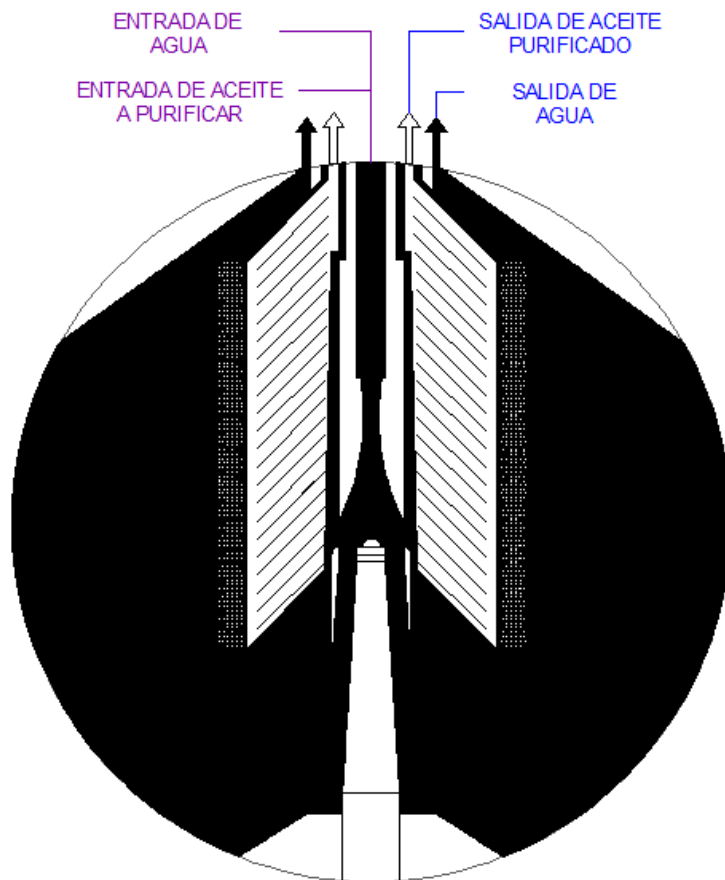


Figura. 2. 4. Esquema de la bola de la purificadora.

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

En el interior de la bola se debe colocar primero un líquido de densidad mayor a los fluidos de la mezcla a purificar, a este fluido se lo conoce como líquido de cierre, por cumplir la función de impedir que el líquido liviano llegue a la periferia de la bola donde podría escapar por la tubería de descarga de líquido más denso y separar al líquido pesado de las paredes de la bola donde se encuentran las partículas sólidas.

Como en el caso de la purificación de aceite de motor PDVSA SAE 40-20, el fluido no es una mezcla de líquidos que deban separarse se usa agua como líquido de cierre y como el líquido pesado de la mezcla para evitar que el aceite fluya por la tubería destinada a la salida del líquido pesado.

Condiciones de líquido de cierre

Entre las consideraciones para el líquido que se usará para realizar el sello u obturación líquida dentro de la bola purificadora se tiene:

- Debe ser insoluble en el líquido liviano.
- Puede o no ser soluble en el líquido pesado.
- Debe tener un peso específico igual o mayor al del líquido pesado.

Cerrado y abertura de la bola de la purificadora

Una vez que una cantidad considerable de partículas sólidas se ha acumulado en la periferia de la bola por motivo de la purificación es necesario limpiarla, para ello se debe abrir la bola purificadora para dejar escapar con ayuda de la fuerza centrípeta las impurezas. Esta operación de apertura y cerrado de la bola se realiza a través de la manipulación de la válvula de cuatro

posiciones mostrada en la Figura. 2. 5 la cual deja pasar agua a través de unas aberturas en el fondo de la bola para realizar estas acciones, es por esta razón que a esta válvula también se la llama válvula de agua de operación.

En la Figura. 2. 5 se puede observar las distintas posiciones de la válvula de agua de operación y en la Tabla 2. 2 se detallan las acciones que realiza dicha válvula en cada una de las posiciones. En la Figura. 2. 6 podemos apreciar las aberturas que permiten el desplazamiento de la parte inferior de la bola o el fondo deslizante como también se lo llama.

La parte superior de la bola posee unas aberturas a través de las cuales se descarga el contenido de la misma cuando el fondo deslizante se desplaza hacia baja es por esto que cerrar la bola antes de ingresar cualquier fluido es de vital importancia.

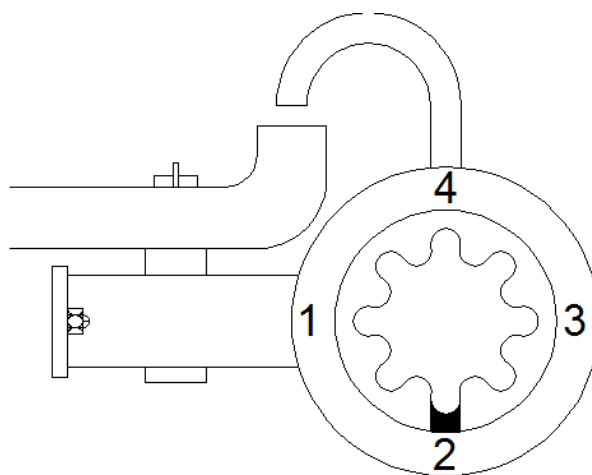


Figura. 2. 5. Válvula de 4 posiciones.

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Tabla. 2. 2. Funciones de la válvula de 4 posiciones.

OPERACIONES DE LA VÁLVULA DE CUATRO POSICIONES	
POSICIÓN	ACCIÓN
1	Abre la bola de la purificadora.
2	No realiza ninguna acción, se la conoce como posición de descanso.
3	Cierra la bola de la purificadora.
4	Mantiene cerrada la bola durante el proceso de purificación.

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970, págs. 61, 62, 70)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

La parte inferior de la bola mantiene cerrada la misma por acción del agua que se ubica bajo el fondo deslizante al ingresar a través de la válvula de cuatro posiciones por la tubería interna de menor diámetro (Figura. 2. 6). Al ubicarse el agua bajo el fondo deslizante crea una presión con dirección ascendente por acción de la fuerza centrífuga lo cual mantiene cerrada la bola; cabe recalcar que si demasiado líquido es ingresado por esta tubería la bola se abrirá.

Para abrir la bola se ingresa agua a través de la tubería externa de mayor diámetro (Figura. 2. 6) lo cual produce que una corredera se desplace hacia abajo abriendo las válvulas de descarga, las cuales dejan escapar el líquido que mantenía anteriormente el fondo deslizante presionado hacia arriba, al descender la parte inferior de la bola se realiza la descarga.

Al abrirse la bola todo el contenido de la misma es arrojado por acción de la fuerza centrífuga hacia el espacio existente entre el cuerpo de la bola y la bola misma, para posteriormente descender por la tubería de descarga de lodos. La presión a la cual debe estar el agua que ingresa por las tuberías que controlan el fondo deslizante es de 1 bar.

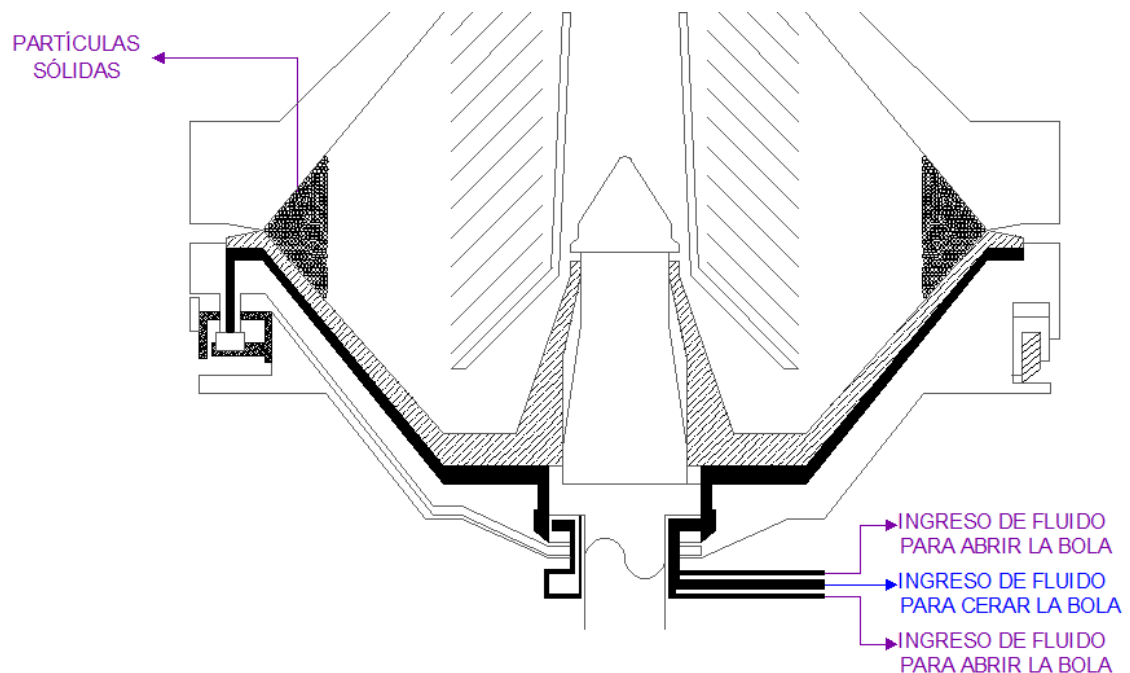


Figura. 2. 6. Esquema de apertura y cerrado de la bola de la purificadora.

Fuente: (ALFA LAVAL, 1970)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Factores que influyen en la separación

Se debe tomar en cuenta los siguientes factores que influyen en la separación:

- **Diferencia de peso específico:** La fuerza centrífuga influye en las partículas en proporción a su peso específico, esto se aplica a las

partículas sólidas o líquidas; cuanto mayor es la diferencia en el peso específico más fácil será la separación.

- **Tamaño y forma de las partículas:** Entre mayor sea el tamaño de las partículas más fácil será la separación, si son muy pequeñas el tiempo para efectuar la separación aumenta. Las partículas livianas y redondas (en forma de gota) son más fáciles de separar.
- **Viscosidad:** Una baja viscosidad facilita la separación y da mejores resultados, por este motivo se calienta el aceite para disminuir su viscosidad.
- **Tiempo en el dominio centrifugo:** Un caudal bajo da un mejor resultado de separación.
- **Temperatura de Separación:** Las altas temperaturas favorecen la separación de los minerales del aceite, pero esta debe mantenerse uniforme y en un rango de 70° a 80° C debido a que a mayores temperaturas el aceite se degrada y además el agua se evapora por sobre los 90°C. Para aceites lubricantes de motores diésel se recomienda una temperatura de aproximadamente 75°C para el proceso de purificación. (ALFA LAVAL, 1975)

Detección de pérdida de fluido (ALFA LAVAL, 1970, pág. 25)

Una pérdida o caída de presión en la tubería de salida de aceite puede significar que el aceite se está fugando ya sea por la tubería de descarga de lodos por motivo de una falla en el cerrado de la bola o por la tubería de descarga de agua por motivo de una ruptura del sello que proporciona el líquido de cierre, esto último puede ocurrir por un exceso de flujo de entrada de aceite el cual ocasiona un aumento en la turbulencia de los fluidos en el interior de la bola.

2.2.2. Condiciones de funcionamiento

Previo al encendido de la purificadora se debe verificar que la bomba encargada de llevar el aceite lubricante desde su contenedor hacia el intercambiador de calor se encuentre encendida, esta debe permanecer funcionando durante la operación de la máquina de purificación.

Dispositivo de emergencia

La purificadora de aceite cuenta con un dispositivo de emergencia (ver Figura. 2.7) para detección de fugas de aceite por la tubería de descarga de agua.

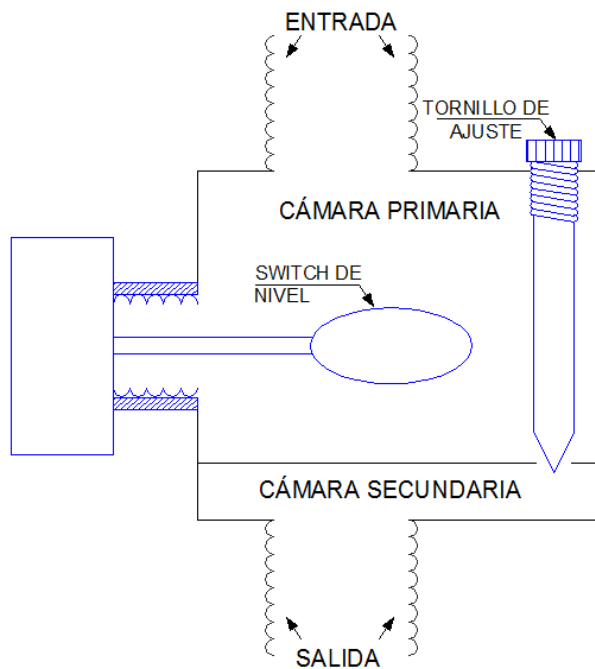


Figura. 2. 7. Esquema del dispositivo de emergencia.

Fuente: (Central Termoeléctrica Guangopolo, 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

El proceso de detección es sencillo, el tornillo de ajuste debe estar regulado por un número de vueltas de acuerdo con el criterio del operador por ello la abertura entre la cámara principal y la cámara secundaria llega a ser muy pequeña. El propósito de dicha abertura es restringir el paso de aceite para que el switch de nivel llegue a activarse, el agua por su baja viscosidad atraviesa con mayor rapidez el orificio y a pesar que el nivel del agua llegue a subir no es suficiente para levantar el switch, mientras que el aceite por ser más viscoso fluye más lentamente permitiendo que la cámara primaria se llene activando así el switch de nivel enviando la señal para que se apague la purificadora y la bomba.

La señal del dispositivo de emergencia no es considerada en dos ocasiones que son el momento del lavado de la bola y al momento de llenar la bola con agua para crear el sello con el propósito de evitar que se dispare la maquina cuando grandes cantidades de agua atraviesen el dispositivo de emergencia y en el caso del lavado como conjuntamente con el agua se desechan pequeñas cantidades de aceite, este puede ocasionar que se active el dispositivo de emergencia al retardar la velocidad del flujo de agua.

Condiciones de Arranque

Antes de ingresar cualquier fluido a purificar se debe esperar a que el motor eléctrico llegue a las 1800 rpm con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la máquina. Además la temperatura del aceite debe estar en un rango de 70° a 80° C de no estarlo se debe esperar a que el calentador lleve al aceite al rango de temperatura deseado.

Condiciones de Operación

Cuando el motor de la purificadora llega a su velocidad nominal, se procede a realizar el proceso de purificación, para lo cual primero ingresará agua para crear un sello u obturación líquida, este no permitirá que salga aceite por la tubería asignada al fluido más denso.

Condiciones de apagado

Para el apagado de la purificadora esta no debe contener aceite ni agua, es decir debe estar vacía.

CAPÍTULO 3

DISEÑO

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE OPERACIÓN MANUAL

3.1.1. Descripción general de la operación de la purificadora de aceite

Para la descripción de la operación de la purificadora se debe tener conocimiento de los dispositivos eléctricos y mecánicos involucrados dentro del proceso tales como el tablero de control de la máquina y las válvulas involucradas en el proceso.

En la presente sección se describirá las acciones llevadas a cabo para el tablero de control, y el funcionamiento de los elementos principales del sistema de purificación, los pasos detallados para la operación de la máquina, las consideraciones de seguridad instaladas en la máquina y la lógica de control implementada.

Se comenzará con la explicación básica y descripción general de los componentes del tablero de Control de Purificadora y sus acciones:

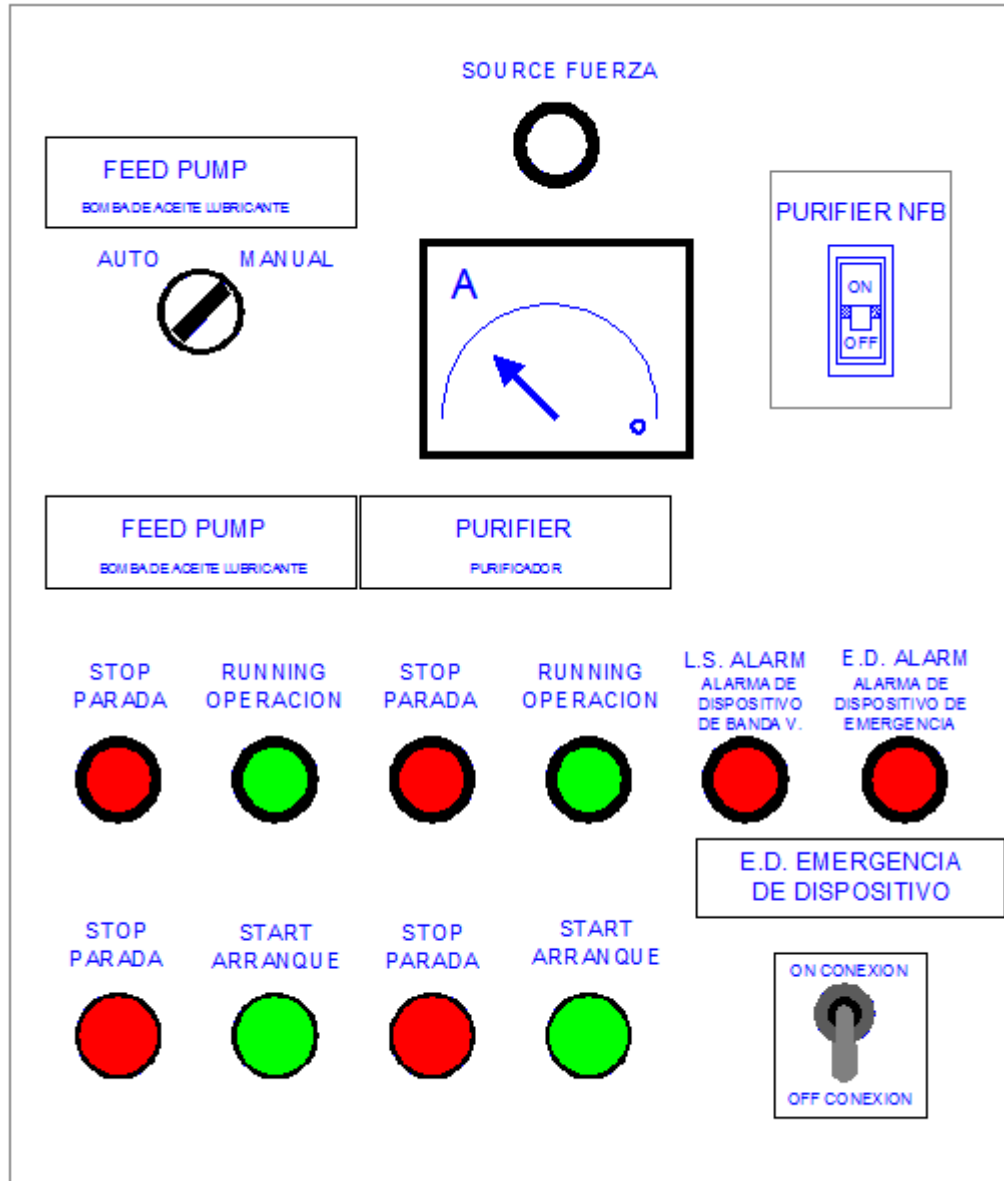


Figura. 3. 1. Tablero de Control de la Purificadora.

Fuente: (Central Termoeléctrica Guangopolo, 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

En la Figura. 3. 1 se muestra el tablero del Control de la purificadora, en la Tabla. 3. 1 se describe cada uno de los elementos.

Tabla. 3. 1. Descripción de elementos del tablero de Control de la Purificadora².

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
FEED PUMP	Selector consta de modo manual y automático de la bomba de aceite lubricante.
SOURCE FUERZA	Luz piloto es de color blanco, se enciende si existe energía en una de las fases.
Amperímetro analógico	Muestra la medida del valor RMS de la corriente que circula por una de las fases.
Disyuntor térmico	Disyuntor trifásico con corriente nominal de 30 Amperios.
STOP PARADA de la bomba	La luz piloto es de color verde, muestra cuando la bomba está apagada.
RUNING OPERATION de la bomba	Luz piloto es de color rojo, muestra cuando la bomba está encendida.
STOP PARADA de la Purificadora	La luz piloto de Stop de la Purificadora es de color verde, muestra cuando la purificadora está apagada.
RUNING OPERATION de la Purificadora	La luz piloto es de color rojo, muestra cuando la purificadora está encendida.
L.S. ALARM	Conocido también como del alarma de dispositivo de banda, la luz piloto es de color rojo, no utilizada.
E. D. ALARM	Se le conoce también como dispositivo de

² Continúa Tabla. 3. 1 →

emergencia, la luz piloto es de color rojo, muestra cuando el dispositivo de emergencia dispara la máquina.

Pulsador de STOP PARADA de la Bomba	De color verde, permite apagar la bomba de aceite
Pulsador de START ARRANQUE de la Bomba	De color rojo, permite encender la bomba de aceite
Pulsador de STOP PARADA de la Purificadora	De color verde, permite apagar la purificadora
Pulsador de START ARRANQUE de la Purificadora	De color rojo, permite encender la purificadora
Switch	Permite o no el paso de la señal de activación del dispositivo de emergencia

Fuente: (Central Termoeléctrica Guangopolo, 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Otros equipos que se manipulan dentro del proceso de purificación son las válvulas, estos permiten el paso de fluido y se abren o se cierran de acuerdo a al proceso a realizar.

En la Figura. 3.2 se muestra el esquema básico de la máquina, y en la Tabla. 3. 2 se describen las válvulas que se manipulan en el proceso de purificación. El intercambiador de calor usa vapor de agua para elevar la temperatura del aceite, se usa una válvula auto controlada por temperatura (V8 en el Anexo 2) para mantener al aceite dentro del rango de 70 a 80°C necesarios para el proceso de purificación.

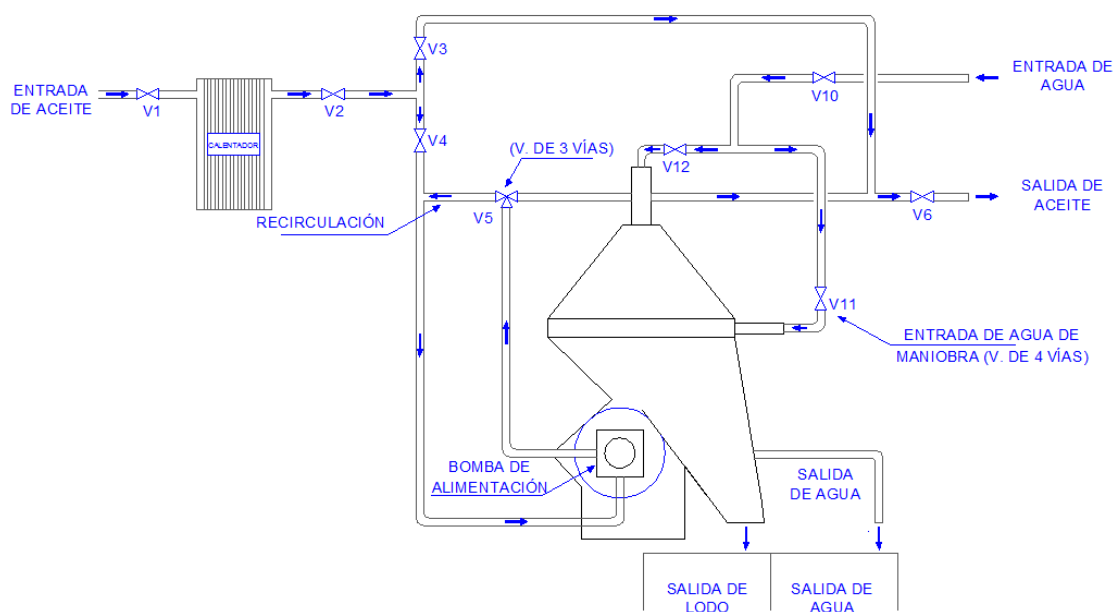


Figura. 3. 2. Diagrama básico de la purificadora.

Fuente: (ALFA LAVAL, 1975)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Tabla. 3. 2. Descripción de válvulas manipuladas.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
V3	Válvula de bypass, pasa el aceite sin purificarlo.
V4	Válvula de ingreso de aceite, permite ingresar el aceite a la purificadora.
V5	Válvula de tres vías, permite ingresar el aceite a la purificadora o recircular.
V11	Válvula de cuatro vías, permite realizar abrir y cerrar la bola de la purificadora.
V12	Válvula de agua de llenado permite llenar la bola para realizar el sello.

Fuente: (Central Termoelectrica Guangopolo, 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

En el Anexo 1 y en el Anexo 2 se encuentra el diagrama P&ID de la purificadora y en los anexos: Anexo 4 (Simbología de acuerdo a la norma IEC), Anexo 5 y Anexo 6 se muestra la lógica de contactos implementada dentro del tablero de control de la misma, ambos previo a la automatización del sistema. Del tablero de control se pueden destacar las siguientes características:

- Cuenta con una alimentación trifásica para el encendido de los motores de la bomba de aceite y de la máquina purificadora.
- La tensión de línea es de 320V.
- La frecuencia de las fases es de 60Hz.
- Para la alimentación de la lógica de contactos se toma 2 de las fases y se reduce la tensión entre estas por medio de un transformador hasta los 220V a 60Hz.
- La principal protección del tablero es un disyuntor térmico de corriente nominal de 30A.
- El motor de la bomba de aceite se enciende por medio de la activación del contactor llamado Mgcctt-3 el cual cuenta con un relé térmico de sobrecarga para corrientes mayores a los 8A.
- El motor de la purificadora de aceite cuenta para su encendido con dos contactores, llamados Mgcctt-2 y Mgcctt-1. Ambos contactores realizan la función de enviar energía al motor eléctrico de la máquina solo difieren en el valor de la protección de sus relés térmicos de sobrecarga la cual es de 24A y 15A respectivamente.
- Al encender la máquina el contactor Mgcctt-2 es el primero en encenderse y se apaga luego de 150segundos, la corriente durante el encendido del motor es elevada hasta que alcance su velocidad nominal de 1800 rpm.
- El contactor Mgcctt-1 se enciende a los 148 segundos de encendido el contactor Mgcctt-2 y permanece encendido hasta que se apague el módulo purificador.

- Como protección adicional dentro del tablero se cuenta con cuatro fusibles de corriente nominal 3A.
- El selector del tablero en la posición manual permite el apagado del motor de la bomba de aceite mientras que en la posición de automático no lo permite.
- Para el encendido de los motores la lógica de contactos considera el estado de los relés térmicos de sobrecarga.
- Los elementos T1 y T2 son relés con retardo a la activación con tiempos de 150 segundos y 2 segundos respectivamente.

Para iniciar el proceso de operación se debe cumplir con las condiciones mencionadas en el Capítulo 2. La operación consta de 4 etapas las cuales se describen a continuación:

Arranque

En esta etapa comienza el encendido de la parte de fuerza de la purificadora, de esto dependerá su óptimo funcionamiento.

- **Paso1:** Colocar el selector del tablero de control de la purificadora en la posición manual, y el switch del dispositivo de emergencia en la posición off.
- **Paso2:** Encender la bomba de aceite pulsando “*Runninig Operation*” y esperar aproximadamente 1.5 minutos hasta que el motor de la bomba se encienda completamente. Verificar que las válvulas V3 (*Válvula de bypass*) y V6 (*Válvula de salida de aceite*) estén abiertas.
- **Paso3:** Esperar que la temperatura del aceite alcance los 75°C (se *purifica de 70°C a 80°C*).
- **Paso4:** Encender la purificadora pulsando “*Runing Operation*” y esperar el encendido completo del motor durante aproximadamente 3 minutos (*hasta que este encendido el contactor Mgcctt-1*).

- **Paso5:** Poner en la posición 3 (*posición de cerrado inicial de la bola*) la V11 (*Válvula de 4 vías*) y esperar unos 10 segundos, cerrar V3 (*Válvula de bypass*).
- **Paso6:** Poner en la posición 4 (*posición para mantener cerrada la bola durante el funcionamiento*) la V11 (*Válvula de 4 vías*).
- **Paso7:** Abrir la V12 (*Válvula de agua de llenado*) hasta observar el paso de agua por la mirilla (*aproximadamente 2 minutos*).
- **Paso8:** Dejar entrar aceite a la purificadora, abrir V5 (*Válvula de 3 vías*).

Purificación

Una vez completado el arranque se debe realizar la purificación del aceite con los siguientes pasos:

- **Paso1:** Luego de 3 minutos de haber finalizado el “*paso 8*” del arranque se debe asegurar que no se escape agua hacia el tanque de cieno (a través de la mirilla) porque esto puede activar el dispositivo de emergencia.
- **Paso2:** Pasar el switch a la posición de automático y encender el dispositivo de emergencia.

Lavado

Después de un tiempo aproximado de 2 horas de purificación el módulo purificador debe ser limpiado para quitar las partículas sólidas que se pegan en las paredes de la bola, estos desechos se descargan por la tubería de lodos, para ello se sigue los siguientes pasos:

- **Paso1:** Poner el selector en modo manual y apagar el switch del dispositivo de emergencia.
- **Paso1:** Cerrar válvula 5 de paso de aceite a la máquina.
- **Paso2:** Poner en la posición 1 (*posición para abrir la bola durante el lavado*) la válvula de 4 vías.
- **Paso3:** Esperar que el agua lave la bola de la purificadora, poner en posición 2 (*posición de descanso*) la válvula de 4 vías por 2 minutos.
- **Paso4:** Poner en la posición 3 (posición de cerrado de bola) la V11 (*Válvula de 4 vías*).
- **Paso5:** Si se desea continuar purificando ir al “paso 6” del arranque, caso contrario realizar el proceso de apagado.

Apagado

Cuando la máquina ya no va hacer usada, se debe cumplir con los siguientes pasos para apagarla:

- **Paso1:** Realizar el lavado hasta el “*paso 4*”.
- **Paso2:** Apagar la purificadora pulsando “*Stop Parada*”.
- **Paso3:** Apagar la bomba de aceite pulsando “*Stop Parada*”.

3.1.2. Limitaciones y puntos débiles

Se puede considerar como limitaciones y puntos débiles a partes de la purificadora que son mecánicas y difíciles de automatizar como:

- En el proceso existen válvulas de 1 ½ pulgadas, debido a su tamaño son costosas y difíciles de automatizar por ser elementos muy robustos; dentro del proceso abrir o cerrarlas implica una gran fuerza.

- Dentro de la descarga de agua existe el dispositivo de emergencia como se puede ver en la Figura. 2 .7 este consta de un tornillo de ajuste el cual permite regular el flujo que va pasar, si no está con el número de vueltas correctas y si en el momento de purificación sale aceite, por la descarga de agua, el dispositivo de emergencia no va funcionar.
- No se cuenta con un sistema de detección de fugas de aceite alternativo al anteriormente mencionado.
- No se cuenta con un dispositivo para detectar fugas por la tubería de descarga de logos, cuando no se cierra correctamente la bola
- No es muy común el mantenimiento preventivo por lo cual se realiza mantenimiento cuando la máquina sufre alguna falla, como desgaste de la porta zapatas que está dentro de la caja de engranajes, desgaste de rodamientos, etc.
- No se cuenta con un sistema de alarma cuando la temperatura del aceite esta fuera de rango de purificación.
- Para el accionamiento manual de válvulas no se tiene un sistema de aviso de operación incorrecta.
- Si la bomba de aceite está en funcionamiento pero el aceite no fluye hacia ningún lugar por motivo de que las válvulas están cerradas empieza a actuar una válvula de alivio de presión, sin embargo bajo estas condiciones la bomba se sobrecalienta y no se dispone de un sistema de alerta para estos sucesos.
- No existe un sistema de monitoreo remoto del sistema.

3.1.3. Diagrama de puesta en marcha.

En la Figura. 3. 3 se muestra un diagrama del orden en el que se llevan a cabo las etapas de operación de la máquina purificadora.

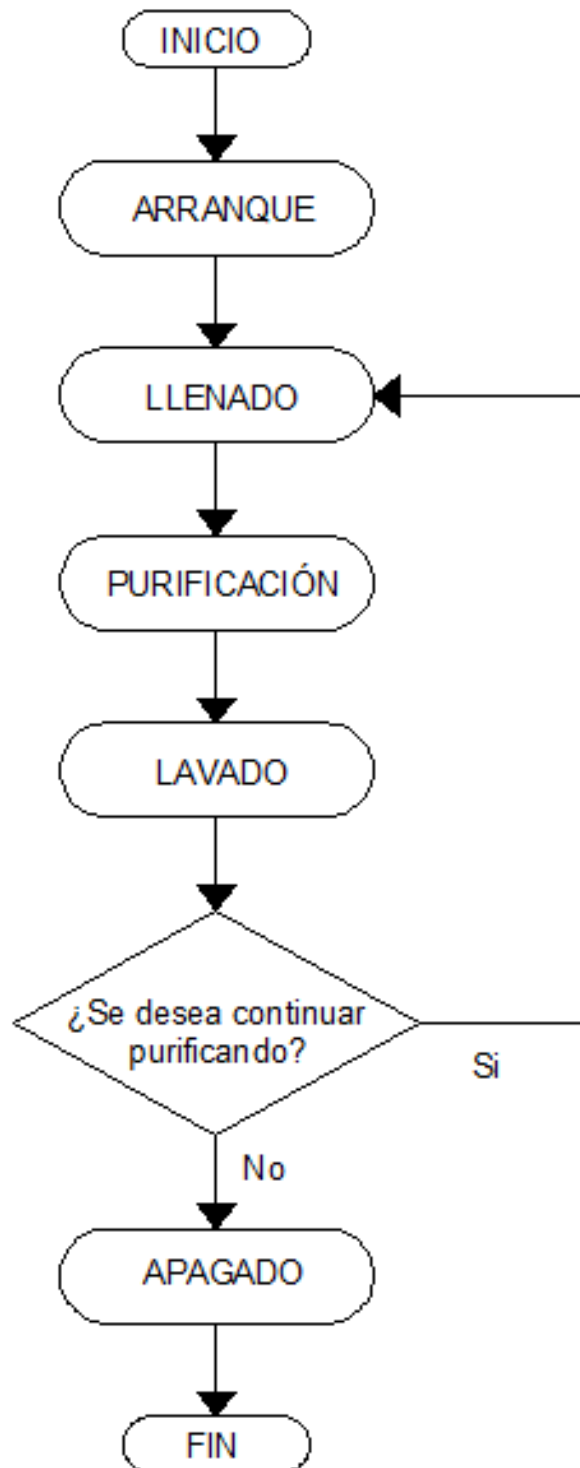


Figura. 3. 3. Diagrama de operación de la purificadora.

Elaborado por: Los autores del proyecto.

3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

3.2.1. Especificaciones generales del diseño

Para empezar con el diseño del sistema automatizado se menciona a continuación las variables presentes dentro del proceso y sus respectivas consideraciones:

- Temperatura del aceite al purificar: Debe mantenerse en un rango entre 70° y 80° C, debido a esto se debe acoplar un instrumento que permita obtener el valor de la temperatura del aceite en la tubería de ingreso a la purificadora.
- También la presión de agua y aceite por la tubería, se considera para los instrumentos y elementos que es involucrado en el proceso. Presión de salida de aceite: La bomba de aceite mantiene la tubería de aceite alrededor de los 2 bares de presión, si a la salida de la purificadora la presión del aceite es muy baja esto indica una posible fuga debida a que el sello entre líquido liviano y pesado se ha roto o a que la bola no cerro adecuadamente y que el aceite está fugándose por la tubería de descarga de agua, por este motivo se debe acoplar un instrumento que permita tener conocimiento de la presión de salida de aceite.
- Posición de las válvulas manuales (V3, V4 y V6 ver en Anexo 1 y el Anexo 3): Es necesario conocer su posición para asegurar una correcta operación del sistema además de prevenir el sobre calentamiento de la bomba de aceite, por este motivo se debe acoplar un instrumento que permita tener conocimiento de la posición de las válvulas.
- Velocidad del motor de la purificadora: Para un correcto funcionamiento de la máquina el motor debe superar los 1700 rpm,

caso contrario la fuerza centrífuga generada no será suficiente para mantener la bola cerrada, por este motivo se debe acoplar un instrumento que permita tener conocimiento de la velocidad del motor asegurando así el correcto funcionamiento además de alertar sobre posibles fallas en el motor.

- Fugas por la tubería de descarga de lodos: la purificadora en su diseño original no cuenta con un dispositivo que alerte sobre fugas por la tubería de descarga de lodos, razón por la cual se debe colocar un dispositivo capaz de alertar sobre esta condición.
- Dependencia del operador: Para disminuir la dependencia que tiene el sistema de los operadores se busca implementar un control capaz de realizar el proceso de purificación de forma automática y que además permita el aviso de fallas y advertencias al personal de forma oportuna e inmediata. El sistema de control considerará los puntos mencionados anteriormente y se enfocará en mejorar las fallas y limitaciones del sistema para hacerlo más confiable, además permitirá el manejo del sistema de forma local y remota.

3.2.2. Diagramas P&ID del diseño

Para los esquemas se usó la simbología de la norma ISA-S5.3, la simbología usada para el diagrama se encuentra en el Anexo 1 y el diagrama P&ID se muestra en el Anexo 3.

3.2.3. Especificaciones de la instrumentación

Para el desarrollo de la automatización se tomó en cuenta las partes que influyen en el proceso de purificación, la factibilidad de ser estas reemplazables y los puntos débiles del sistema actual. Para cada instrumento es necesario

definir la temperatura ambiente del entorno en el cual se instalará, las características del entorno y sus condiciones de trabajo.

A continuación se detallan el uso y las características requeridas para la instrumentación del diseño de la automatización propuesto anteriormente:

V16 y V17: Electroválvula 2-2, con bobina de 24VDC, retorno por resorte, normalmente cerrada, conexión de ½ pulgada de diámetro NPT con rosca hembra, para paso de agua desmineralizada, temperatura de trabajo entre 20 a 60°C, presión de trabajo de hasta 2 bar, presión mínima de trabajo (presión diferencial) requerida 0 bar. La válvula V16 se usará para el manejo del agua de maniobra que abre y cierra la bola de la purificadora, la válvula 17 se usará para el control de paso del agua de llenado. El agua de maniobra y el agua de llenado provienen de la mismo tanque y bajo condiciones normales se encuentra a 40°C y a una presión de 1 bar.

V14: Electroválvula 5-2, bobina de 24VDC, retorno por resorte normalmente cerrada, conexión de ¼ de pulgada de diámetro NPT con rosca hembra, para paso de aire comprimido, temperatura de trabajo entre 20 a 60 °C, presión de trabajo de hasta 10 bar, presión mínima de trabajo (presión diferencial) requerida 5 bar. Se usará para el manejo del actuador neumático de la válvula V5, la línea de aire se encuentra a una presión de 7 bar.

V5: Válvula de bola tipo L, conexión 1 ½ pulgada de diámetro NPT con rosca hembra, para paso de aceite de motor y de chaquetas de motor (PDVSA SAE

40-20 y PDVSA SAE 40-40, low fuel oil), presión del aceite en el proceso hasta 3 bar, temperatura de trabajo entre 20 a 100°C, con posibilidad de acople de actuador neumático. La válvula original de la purificadora no permite el acople de actuadores neumáticos presentes en el mercado razón por la cual se reemplazará con la válvula descrita.

Actuador neumático: Para válvula de bola tipo L de 1 ½ pulgada, de doble efecto, conexión de entrada de aire de ¼ de pulgada NPT con rosca hembra, temperatura de trabajo entre 20 a 60°C, presión del aire de control del actuador de máximo 7 bar. Se pidió a los proveedores incluir el costo de las piezas mecánicas necesarias para el acople entre el actuador y la válvula.

V13: Válvula de bola con activación manual a 90°, conexión de 1/4 de pulgada de diámetro NPT con rosca hembra, para paso de aire comprimido hasta 7 bar, temperatura de trabajo entre 20 a 60°C. Se usará para permitir o impedir el paso de aire comprimido hacia la unidad de mantenimiento, su acción es manual ya que se la cerrará solo para dar mantenimiento a los equipos neumáticos.

V15: Válvula de globo, conexión de 1 ½ de pulgada de diámetro NPT con rosca hembra, para paso de aceite de motor y de chaquetas de motor (PDVSA SAE 40-20 y PDVSA SAE 40-40, low fuel oil), temperatura de trabajo entre 20 a 100°C, presión del aceite en el proceso de hasta 3 bar. Se la colocará en la tubería de salida de aceite purificado para regular el caudal de salida facilitando así la detección de caída de presión en la tubería por motivo de fugas.

V18: Válvula de instrumentación, válvula de bola 3/8 de pulgada de diámetro NPT con rosca hembra, para paso de aceite de motor y de chaquetas de motor (PDVSA SAE 40-20 y PDVSA SAE 40-40, low fuel oil), temperatura de trabajo entre 20 a 100°C, de acero inoxidable, presión del aceite en el proceso es de hasta 3 bar. Se colocará entre la tubería de salida de aceite purificado y el transmisor de presión con el fin de poder retirar el transmisor para darle mantenimiento sin producir fugas o detener el proceso.

Unidad de mantenimiento: Filtro, regulador de presión y lubricador para aire comprimido, con conexiones de ¼ de pulgada de diámetro NPT, presión de entrada 7 bar, regulación de 0 a 7 bar, temperatura de trabajo de 20 a 60°C, con manómetro indicador de la magnitud de la presión regulada.

Instrumentación

SE: Sensor inductivo, distancia de detección de 4mm, alimentación 24 VDC, salida de 3 cables tipo PNP, frecuencia de conmutación del contacto 50Hz o mayor, temperatura de trabajo 20 a 100 °C. Se lo ubicará en el porta zapatas del motor eléctrico de la purificadora el cual gira a 1800 rpm (30 revoluciones por segundo).

PT01: Sensor y transmisor de presión relativa, alimentación de 24VDC, rango de medición entre 0 a 10 bar, temperatura de trabajo 20 a 60 °C para medición de presión en tubería con paso de aceite de motor y de chaquetas de motor (PDVSA SAE 40-20 y PDVSA SAE 40-40, low fuel oil), transmisor acoplado en la cabeza del sensor con señal de salida de 4 a 20 mA, transmisor sin display.

TT01: Transmisor de Temperatura, tipo PT100 de 3 hilos, transmisor acoplado en la cabeza del sensor con señal de salida de 4 a 20 mA, diámetro de bulbo $\frac{1}{4}$ de pulgada, largo del bulbo máximo 6 pulgadas, transmisor sin display, conexión a proceso $\frac{1}{2}$ pulgada NPT rosca macho.

Termopozo: para el transmisor de temperatura, estará sumergido en aceite de motor y de chaquetas de motor (PDVSA SAE 40-20 y PDVSA SAE 40-40, low fuel oil), de acero inoxidable, diámetro interno $\frac{1}{4}$ de pulgada, longitud máximo 2 pulgadas mayor a la longitud del RTD, acople con el sensor de $\frac{1}{2}$ de pulgada NPT rosca hembra y conexión al proceso $\frac{1}{2}$ pulgada NPT rosca macho. Se escogió un RTD tipo PT100 ya que es el más usado en mediciones de temperatura de rangos bajos, es decir entre -100 a 200°C y su precisión está alrededor de las décimas de grado, se prefirió uno de 3 hilos ya que elimina los errores de medición debido a las distancias de los cables de conexión al RTD.

FS1, FS2, FS3 y FS4: Switch de Flujo para instalación en tubería de 2 pulgadas con flujo de agua y de aceite de motor y de chaquetas de motor (PDVSA SAE 40-20 y PDVSA SAE 40-40, low fuel oil), Contacto normalmente abierto (NO), acople al proceso de $\frac{1}{2}$ pulgada NPT rosca macho. Se usarán para detectar la posición de las válvulas de entrada de aceite, de bypass y de salida de aceite y también para detectar fugas por la tubería de descarga de lodos.

Controlador, módulo de entradas analógicas y Alimentación

PLC: 20 Entradas digitales tipo sink, 16 Salidas digitales tipo relé de 24VDC hasta 2A, Comunicación protocolo MODBUS TCP/IP (puerto Ethernet), voltaje

de alimentación 24VDC o 220 VAC a 60Hz.

Módulo de entradas analógicas: 4 entradas de 4 a 20 mA, alimentación 24 VDC.

Fuente de voltaje: Fuente de 24VDC tipo switch de hasta 5A de salida, alimentación 100 a 240 VAC 60 Hz.

CAPÍTULO 4

SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

4.1. SOFTWARE DEL CONTROLADOR (Schneider Electric, 2011), (Schneider Electric, 2011)

El controlador a utilizar es un PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF, el cual contiene un puerto de comunicación serie y un puerto RJ45 Ethernet a través de los cuales se permite la comunicación con el software de programación “TwidoSuite”.

Para administrar al controlador, es decir configurarlo y programar la lógica de control, se utilizará el software “TwidoSuite”, para la comunicación entre este y el controlador se usará el puerto Ethernet bajo el protocolo Modbus TCP/IP.

TwidoSuite es un software basado en Windows de 32 bits y se ejecuta en los sistemas operativos Microsoft Windows. Entre sus funcionalidades permite la configuración, programación y creación de aplicaciones para los controladores

lógicos programables de la gama Twido de Schneider Electric. También permite utilizar distintos tipos de lenguaje de programación, entre ellos ladder, list (lenguaje de lista de instrucciones) y grafcet. Entre las características generales del software podemos recalcar:

- Posee una interfaz intuitiva.
- Soporte de programación y configuración (corrección de errores durante la programación y documentación de ayuda).
- Comunicación con el autómata.

4.1.1. Lógica de control

La lógica de control fue implementada en lenguaje ladder y posee las siguientes funcionalidades:

- Permite el manejo en modo automático y en modo manual de la bomba de aceite, de la purificadora y del actuador neumático de la válvula de entrada de aceite.
- Considera las condiciones de encendido de la bomba de aceite; entre ellas la parada de emergencia, el estado del relé térmico de la bomba y la existencia de alarmas no reconocidas.
- Considera las condiciones de encendido de la purificadora; entre ellas la parada de emergencia, el estado de los relés térmicos de del motor de la máquina y la existencia de alarmas no reconocidas.
- Permite el encendido y apagado del motor de la bomba de aceite.
- Permite el encendido y apagado del motor de la máquina purificadora.
- Ante un disparo del relé térmico de la bomba esta se apaga la misma y si se encuentra la máquina en proceso de purificación se realiza el lavado y apagado de la misma, caso contrario si la purificadora no

posee líquidos en su interior es apagada directamente. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.

- Ante un disparo de cualquiera de los relés térmicos del motor de la purificadora apaga tanto la máquina como el motor de la bomba de aceite. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Ante una activación del dispositivo de emergencia durante la purificación se realizan las acciones de lavado y apagado de la máquina purificadora y se apaga la bomba de aceite en el modo automático, mientras que en el semiautomático se pone la válvula de 3 vías en reflujo. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Ante una caída de presión en la tubería de salida de aceite purificado por más de 15 segundos durante la purificación se realizan las acciones de lavado y apagado de la máquina purificadora y se apaga la bomba de aceite en el modo automático, mientras que en el semiautomático se pone la válvula de 3 vías en reflujo. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Si la temperatura se encuentra fuera de rango por más de 10 segundos durante la purificación se realizan las acciones de lavado y apagado de la máquina purificadora y se apaga la bomba de aceite en el modo automático, mientras que en el semiautomático se pone la válvula de 3 vías en reflujo. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Ante una caída de la velocidad del motor de la purificadora luego del tiempo de arranque por más de 10 segundos a menos de 1000 rpm se realizan las acciones de lavado y apagado de la máquina purificadora y se apaga la bomba de aceite en el modo automático, mientras que en el semiautomático se pone la válvula de 3 vías en

reflujo. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.

- Si durante el funcionamiento de la purificación se detecta la presencia de flujo a través de la tubería de bypass por más de 2 minutos se activa una variable que comunicará el evento al operador a través de las interfaces HMI.
- Si durante la purificación se detecta la ausencia de flujo por la tubería de entrada de aceite se realizan las acciones de lavado y apagado de la máquina purificadora y se apaga la bomba de aceite en el modo automático, mientras que en el semiautomático se pone la válvula de 3 vías en reflujo. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Si durante la purificación se detecta la ausencia de flujo por la tubería de salida de aceite purificado por más de 15 segundos se realizan las acciones de lavado y apagado de la máquina purificadora y se apaga la bomba de aceite en el modo automático, mientras que en el semiautomático se pone la válvula de 3 vías en reflujo. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Si cuando la bola de la purificadora se supone cerrada se detecta flujo por la tubería de descarga de lodos se realizan las acciones de lavado y apagado de la máquina purificadora y se apaga la bomba de aceite por motivo de mal cerrado de la bola en el modo automático, mientras que en el semiautomático se pone la válvula de 3 vías en reflujo. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Si durante el calentamiento de aceite se detecta la ausencia de flujo por la tubería de salida de aceite purificado por más de 3 minutos se apaga la bomba de aceite para evitar su sobrecalentamiento por posible válvula cerrada. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.

- Si durante el calentamiento de aceite se detecta la ausencia de flujo por la tubería de bypass por más de 3 minutos se apaga la bomba de aceite para evitar su sobrecalentamiento por posible válvula cerrada. Además se activa una variable para dar aviso al operador de esta alarma.
- Permite la inhibición de las alarmas anteriormente mencionadas.
- Permite la configuración de los tiempos de: Apertura de la bola, cerrado de la bola, intervalo del pulso de refresco, duración del pulso de refresco que mantiene cerrada la bola, llenado de la bola, adelgazamiento de la capa de aceite antes del lavado y lavado.
- Permite configurar el tiempo de persistencia de las condiciones de alarma antes de activarlas para los siguientes casos: Alarma de caída de presión, alarma de temperatura fuera de rango, alarma de baja velocidad y alarma de sobrecalentamiento de la bomba.

En el modo automático se tienen las siguientes consideraciones:

- El operador puede comandar el encendido y apagado de la bomba de aceite y de la purificadora, pero el programa se encarga de realizar el lavado de la purificadora antes de apagarla y evita que la bomba de aceite se apague durante el funcionamiento de la purificadora.
- Una vez encendida la purificadora la purificación se realizará automáticamente de forma periódica hasta que el operador apague la máquina.
- La válvula de cuatro posiciones debe estar colocada en todo momento en la posición dos.

En el modo manual se tienen las siguientes consideraciones:

- El operador puede comandar el encendido y apagado de la bomba de aceite y de la purificadora, pero el programa evita que la bomba de aceite se apague si la purificadora se encuentra encendida.
- El operador puede activar o desactivar el actuador neumático de la válvula de entrada de aceite sin restricción.
- La apertura y el cerrado de la bola de la purificadora se realizan usando la válvula de cuatro posiciones instalada originalmente en la máquina.
- La purificación ya no es llevada a cabo por el programa sino que se realiza como si el sistema de control no estuviera presente.
- Se considera dos alarmas que son el dispositivo de emergencia y parada de emergencia, las dos apagan la purificadora y bomba y cambian la posición de la válvula de 3 vías a reflujo.

El programa realizado se encuentra en el Anexo 8 y la descripción de las palabras de memoria usadas están en el Anexo 9

4.1.2. Matriz causa efecto

En la matriz causa efecto se evalúa el impacto que tendrá el desarrollo del presente proyecto de grado en el sistema de purificación de aceite. Para ello se analizarán cada una de las acciones a llevar a cabo y su efecto sobre los aspectos más relevantes que se espera del proceso de purificación de aceite; los efectos pueden ser positivos, nulos o negativos. Los aspectos afectados a ser considerados son los siguientes:

- **Operatividad:** Hace referencia al nivel de dificultad al que debe enfrentarse el operador para poder manejar la máquina bajo los parámetros y procedimientos establecidos con el fin de obtener un

resultado óptimo. Un efecto positivo sobre este aspecto facilita la operación, mientras que por el contrario un efecto negativo complica el manejo del equipo.

- **Confiabilidad:** Es una forma de medir de manera relativa la seguridad de que la purificadora llevará a cabo su trabajo sin inconvenientes o mal funcionamientos, los mismos que pueden deberse tanto a las condiciones de la máquina y sus elementos como a la experiencia del operador al manejar el sistema. Un efecto positivo sobre este aspecto aumenta la confiabilidad de que el trabajo de purificación se llevará a cabo bajo las condiciones adecuadas, con un mínimo de errores y con cantidades mínimas de desperdicio de aceite, mientras que por el contrario un efecto negativo disminuye la confiabilidad del equipo.
- **Detección de fallas:** Tener la capacidad de detectar fallas de forma temprana es indispensable para llevar a cabo mantenimientos preventivos en lugar de tener que realizar mantenimientos correctivos. Un efecto positivo sobre este aspecto significa que se aumentará la capacidad de determinar el momento de realizar mantenimientos preventivos tanto en equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos, mientras que por el contrario un efecto negativo disminuye la capacidad de detectar fallas de forma temprana.
- **Seguridad:** Se refiere a la capacidad de defenderse o protegerse contra elementos o fenómenos que puedan dañar la infraestructura, equipos o el bienestar y la vida de las personas. Un efecto positivo sobre este aspecto aumenta la seguridad del sistema, mientras que por el contrario un efecto negativo la disminuye.
- **Supervisión:** Engloba las acciones de verificar parámetros, analizar cifras y resultados, constatar un buen funcionamiento y conocer de forma oportuna las alertas, fallas y alarmas. En el sistema de purificación de aceite la supervisión es muy necesaria para verificar

ciertos parámetros como la temperatura que debe estar dentro del rango de purificación, que no estén ocurriendo fugas y que las válvulas sean operadas correctamente. Un efecto positivo sobre este aspecto facilita la supervisión del sistema, mientras que por el contrario un efecto negativo la complica.

Las acciones a llevar a cabo se listan a continuación con una breve explicación de sus efectos y acciones sobre el sistema:

- **Colocar un pulsador de parada de emergencia:** Su accionamiento es fácil y rápido. Permite detener de forma inmediata la bomba de aceite y la purificadora de aceite en caso de emergencia.
- **Colocar un transmisor de temperatura a la entrada de aceite:** Proporciona una lectura de la temperatura del aceite para el conocimiento de los operadores. Permite asegurar que la temperatura este dentro del rango para la purificación. Puede prevenir acerca de posibles fallas en el sistema de calentamiento de aceite.
- **Colocar un transmisor de presión a la salida de aceite purificado:** Permite detectar fugas de aceite debidas a un mal sello de la bola o a una rotura de la faz de contacto entre el agua y el aceite.
- **Colocar un sensor inductivo para adquirir la velocidad del motor de la purificadora:** Permite programar mantenimientos preventivos del motor. Permite conocer la velocidad del mismo para evitar que la bola se abra a causa de una disminución en la cantidad de revoluciones por minuto.
- **Colocar un switch de flujo en la tubería de bypass:** Permite conocer de forma indirecta la posición de la válvula de la tubería de bypass. Se usa para evitar el sobrecalentamiento de la bomba de

aceite. Permite detectar la operación indebida de esta válvula durante la purificación. Facilita el diagnóstico del estado de la válvula.

- **Colocar un switch de flujo en la tubería de entrada de aceite:** Permite conocer de forma indirecta la posición de la válvula de la tubería de entrada de aceite. Se usa para detectar la ausencia de flujo de aceite hacia la purificadora. Permite detectar la operación indebida de esta válvula durante la purificación. Facilita el diagnóstico del estado de la válvula.
- **Colocar un switch de flujo en la tubería de salida de aceite:** Permite conocer de forma indirecta la posición de la válvula de la tubería de salida de aceite. Se usa para detectar la ausencia de flujo de aceite fuera del proceso de purificación. Ayuda a prevenir el sobrecalentamiento de la bomba de aceite. Permite detectar la operación indebida de esta válvula. Facilita el diagnóstico del estado de la válvula.
- **Colocar un switch de flujo en la tubería de descarga de lodos:** Se usa para detectar la presencia de flujo por la tubería de descarga de lodos durante la purificación. Permite detectar un mal sello de la bola o una apertura repentina. Facilita la programación del mantenimiento preventivo de la purificadora.
- **Sustituir la lógica de contactos por un PLC:** Facilita la adquisición y procesamiento de las señales analógicas y digitales. Reduce significativamente el tiempo que lleva realizar un cambio en la lógica de control. Aumenta la confiabilidad al incorporar nuevas condiciones de funcionamiento de forma sencilla y rápida. Permite visualizar estados y variables en tiempo real a través del sistema SCADA. Reduce el tiempo de implementación del sistema de control. Es fácilmente expandible.
- **Automatización del proceso de purificación de aceite:** Reduce el tiempo de supervisión empleado para el sistema de purificación.

Informa de manera oportuna sobre los eventos, fallas y alarmas. Toma acciones de forma inmediata y autónoma ante fallos. Aumenta la confiabilidad y seguridad de la máquina. Permite planificar mantenimientos preventivos. Facilita la supervisión del sistema. Facilita la operación de la purificadora de aceite.

- **Poseer una interfaz gráfica para el manejo del sistema:** Agrupa los controles y el valor de las variables del proceso en un solo lugar. Permite mostrar mensajes de alerta y de alarma. Facilita la reconfiguración del proceso de purificación programado en el PLC. Muestra de manera comprensible y amigable el estado del proceso y el accionamiento de actuadores. Facilita la supervisión del proceso de purificación.
- **Llevar la información del proceso de purificación al sistema SCADA:** El sistema SCADA está en continua supervisión por lo que no se pasarían por alto las alertas y alarmas. Las purificadoras son parte importante del proceso de generación ya que se enciende conjuntamente con los generadores a los que sirven, por lo que conocer su estado es de alta importancia.
- **Informar sobre alarmas y fallas:** El operador conocerá las razones por las cuales la máquina fue disparada o detenida. Se puede usar la información de las alarmas para programar mantenimientos preventivos aumentando así la confiabilidad del sistema.
- **Mantener una posibilidad de manejo completamente manual en caso de falla del PLC:** En sistemas controlados por un solo cerebro; en este caso un PLC, existe siempre la posibilidad de que queden inutilizados si este llega a dañarse. Por esta razón se optó por implementar un mecanismo de encendido de forma manual para los contactores de los motores eléctricos y para el manejo de la electroválvula que permite el movimiento del actuador neumático de

la válvula de entrada de aceite a la purificadora. Este sistema solo tendrá efecto cuando el PLC se encuentre apagado o ausente.

Habiendo definido las acciones principales que se llevarán a cabo y los aspectos más importantes a los que afectan podemos construir la matriz causa efecto como se muestra en la Tabla. 4. 1.

Con la ayuda de este método de análisis se concluye que el sistema a implementar tiene repercusiones positivas sobre los aspectos analizados y que no afectará negativamente a los equipos ni a las personas involucradas en el proceso de purificación de aceite.

Tabla. 4. 1. Matriz causa efecto³

	Operativa d	Confiabilidad d	Detección de fallas	Seguridad d	Supervisión n
Colocar un pulsador de parada de emergencia	Nulo	Nulo	Nulo	Positivo	Nulo
Colocar un transmisor de temperatura a la entrada de aceite	Positivo	Positivo	Positivo	Nulo	Positivo
Colocar un transmisor de presión a la salida de aceite purificado	Positivo	Positivo	Positivo	Nulo	Positivo
Colocar un sensor inductivo para adquirir la velocidad del motor de la purificadora	Positivo	Positivo	Positivo	Nulo	Positivo
Colocar un switch de flujo en la tubería de bypass	Positivo	Positivo	Positivo	Nulo	Positivo
Colocar un switch de flujo en la tubería de entrada de aceite	Positivo	Positivo	Positivo	Nulo	Positivo
Colocar un switch de flujo en la tubería de salida de aceite	Positivo	Positivo	Positivo	Nulo	Positivo
Colocar un switch de flujo en la tubería de descarga de lodos	Positivo	Positivo	Positivo	Nulo	Positivo

³ Continúa Tabla. 4. 1 →

Sustituir la lógica de contactos por un PLC	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Automatización del proceso de purificación de aceite	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Poseer una interfaz gráfica para el manejo del sistema	Positivo	Nulo	Nulo	Nulo	Positivo
Llevar la información del proceso de purificación al sistema SCADA	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Positivo
Informar sobre alarmas y fallas	Nulo	Positivo	Nulo	Nulo	Positivo
Mantener un posibilidad de manejo completamente manual en caso de falla del PLC	Nulo	Positivo	Nulo	Nulo	Nulo

Elaborado por: Los autores del proyecto.

4.1.3. Simulación

Para la simulación de la lógica de control implementada se cargó el programa en el PLC y se simularon los valores de las variables medidas por los sensores de presión, velocidad y temperatura usando tanto la HMI remota desarrollada en el software Intouch como la HMI local desarrollada en el software Vijeo Designer. Con esto se aseguró que las salidas de relé del PLC se activaran y además con el software Twido Suite se visualizó el correcto funcionamiento de la lógica implementada ya que este software permite leer el estado de las entradas, salidas y variables de memoria del autómatas en tiempo real como se observa en la Figura. 4.1

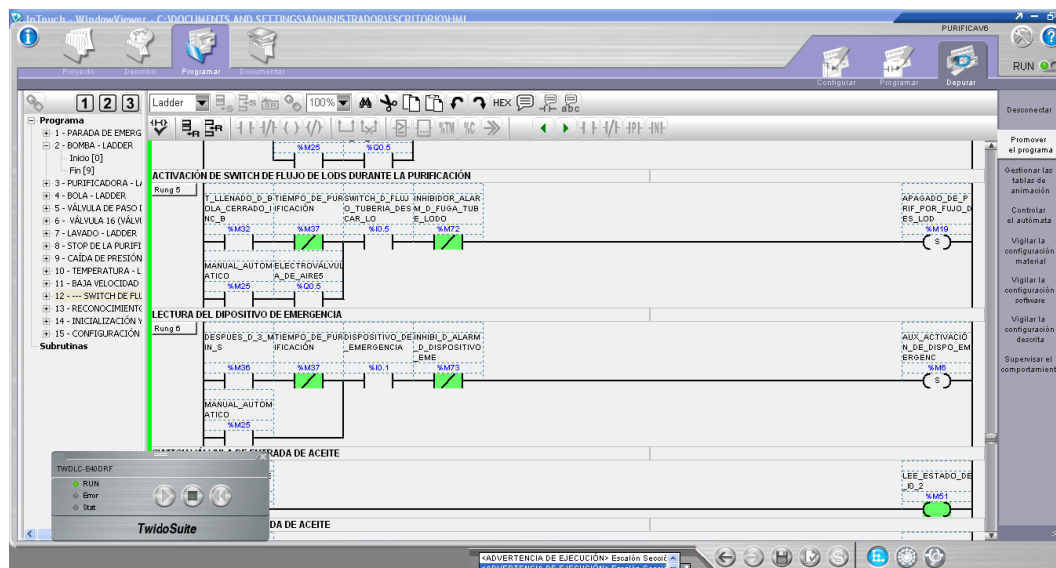


Figura. 4. 1. Estado de la lógica en tiempo real.

Como el PLC no permite una escritura del estado de las entradas del mismo, se usó el software Twido Suite para forzar su estado durante la simulación de

acuerdo a las necesidades como se muestra en la Figura. 4. 2. El uso de las interfaces HMI en la simulación se describirá en el punto 4.4.3.

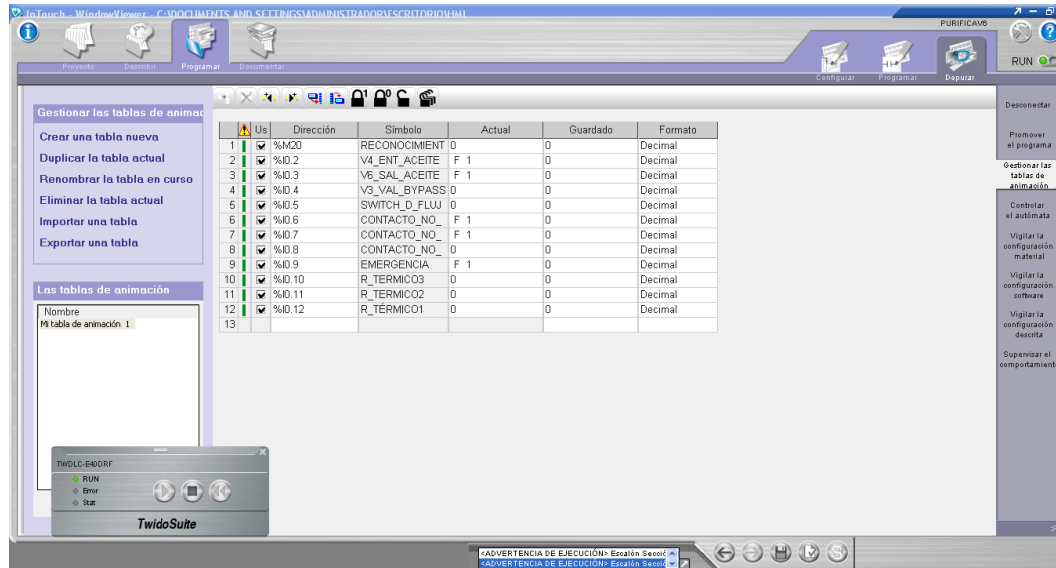


Figura. 4. 2. Forzado de las entradas del autómata.

4.2. INTERFAZ REMOTA Y LOCAL

4.2.1. Software de pantalla táctil (Schneider Electric, 2010)

Para la programación de la pantalla táctil “Magelis” modelo XBT GT5230 se utiliza el software Vijeo Designer, este permite desarrollar los proyectos para supervisión y control de un proceso por medio de interfaces HMI.

Estos proyectos elaborados en este software son compatibles a partir de la versión de Vijeo Designer 4.1.0, es decir que solo a partir de esta versión se pueden abrir proyectos de versiones anteriores.

El software Vijeo Designer puede comunicarse con los controladores por medio del puerto Ethernet, usando el puerto serie (RS-232C / RS-422) o a través de los módulos o tarjetas de comunicación de los mismos. Para esto utiliza controladores específicos para cada fabricante y tipo de comunicación.

4.2.1.1. Diseño de Interfaz HMI en el software Vijeo Designer (Ponsa & Granollers)

Para el diseño del HMI en el software Vijeo Designer se siguió los indicadores de la Guía Ergonómica de Diseño de Interfaces de Supervisión (GEDIS).

La Guía Gedis permite desarrollar la interfaz HMI especificando los principales elementos que la componen los cuales son:

- **Arquitectura:** En este indicador se definen: las pantallas que el operador usará para interactuar, supervisar y controlar el sistema, y la relación o jerarquía entre las diferentes interfaces. La arquitectura de la interfaz a implementar se muestra en la Figura. 4. 3, el contenido y la función de cada pantalla se detallan a continuación:
 - **DIAGRAMA_P3:** Es la pantalla principal la cual permite controlar el sistema de purificación y para un mejor

entendimiento del proceso esta pantalla permitirá visualizar el diagrama P&ID de la purificadora con los datos de los sensores y actuadores instalados.

- **INHIBIDORES_P3:** En esta pantalla están los inhibidores de las alarmas, los cuales permiten ignorar las alarmas para seguir con el proceso.
 - **ALARMAS_P3:** Esta pantalla permite visualizar la descripción de las alarmas ocurrida y reconocerlas.
 - **CONFIGURACIÓN_P3:** En esta pantalla se pueden configurar los valores para la activación de alarmas de temperatura, velocidad y presión, y los tiempos de activación de las distintas alarmas.
 - **CONFIGURACIÓN2_P3:** En esta pantalla se pueden configurar los tiempos del proceso de purificación.
 - **REGISTRO_P3:** En esta pantalla se puede visualizar el número de lavados realizados, el número de horas de trabajo de la purificadora, el tiempo de purificación establecido y el que está transcurriendo.
- **Navegación:** Para definir la navegación es necesario tener clara la arquitectura y la interrelación entre las pantallas. En la Figura. 4. 3 el sentido de las flechas indican la posibilidad de navegación entre las pantallas. Para el manejo de la navegación se utilizan botones (ver Figura. 4. 4) que al ser pulsados muestran la pantalla correspondiente.
 - **Distribución:** Se refiere al desarrollo de un plantilla base para la creación de las diferentes pantallas, donde se definen parámetros como la ubicación de los elementos de acuerdo a su utilidad y al uso equitativo del espacio. La arquitectura a seguir para el desarrollo de las pantallas se muestra en la Figura. 4. 5 y para la pantalla de “Alarmas” en la Figura.4. 6.

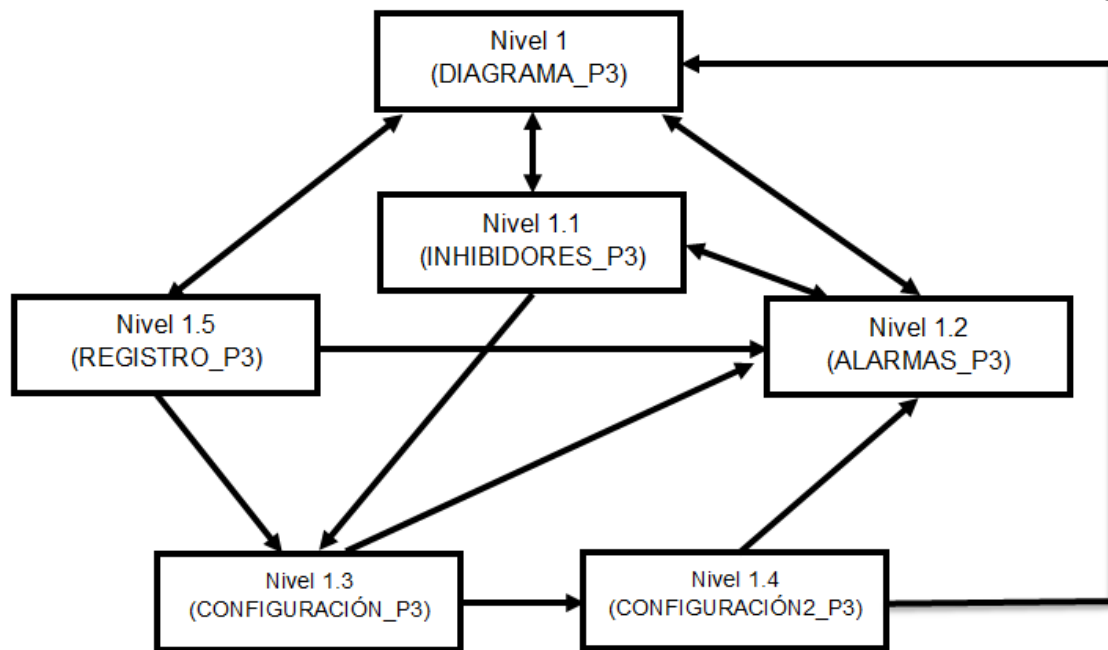


Figura. 4. 3. Esquema de la arquitectura para el sistema de purificación.

Elaborado por: Los autores del proyecto.

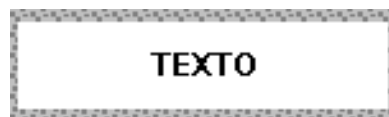


Figura. 4. 4. Botón de navegación en la interfaz de la pantalla táctil.

- **Color:** Para este indicador se debe procurar el uso adecuado de colores para una mejor visualización de los elementos y sus estados en las pantallas. Para el caso de la pantalla táctil se usó los parámetros de color que estaban definidos previamente para las pantallas para supervisión del generador. Los parámetros definidos fueron los siguientes:
 - Color de fondo de pantalla negro, para resaltar su contenido.
 - Texto del nombre de la empresa en color blanco.

- Texto descriptivo de la pantalla en color amarillo.
- Texto de descripción de conjunto de botones en color amarillo.
- Texto de descripción de funcionalidad en color blanco.
- Texto de botones de navegación en color negro.
- Texto de valores analógicos y de configuración en color amarillo.
- Texto explicativo del diagrama del proceso en color negro.
- Color rojo claro para indicar estado de encendido, parada de emergencia activada y presencia de alarmas.
- Color verde claro para indicar estado de apagada.
- Color rojo oscuro indica estado de no pulsado, alarma de emergencia desactivada y ausencia de alarmas.
- Color verde oscuro indica estado de no pulsado.

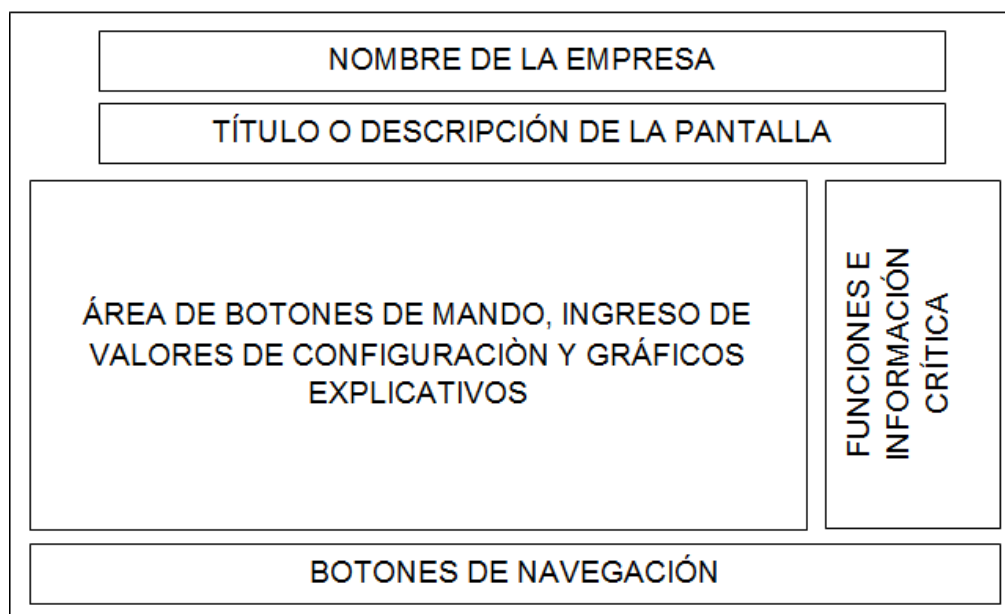


Figura. 4. 5. Distribución de las pantallas en la pantalla táctil.

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Texto:** Aquí se definen las características de la información textual como el tipo de fuente, el tamaño, etcétera; dependiendo de su uso y tipo de información. En la Tabla. 4. 2 se describen las características de los textos utilizados.

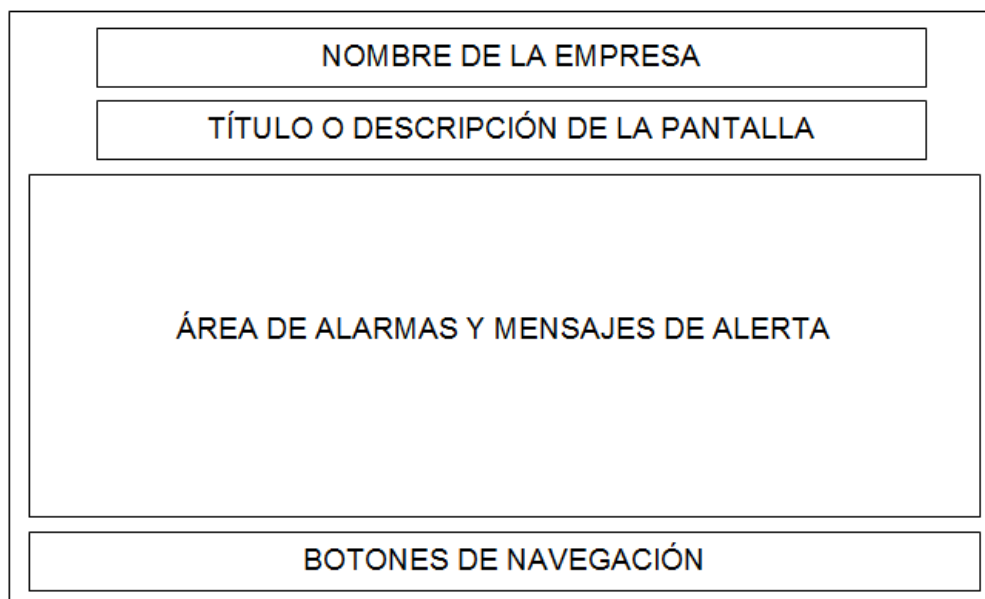


Figura. 4. 6. Distribución de la pantalla de alarmas.

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Status de los Equipos:** Permite establecer las normas y estándares que se seguirán para representar los equipos o elementos del proceso así como su estado o condición. Para el desarrollo de la interfaz se usó la simbología de la norma ISA-S5.3 y para indicar el estado de equipos y sensores se mantiene el color rojo claro para encendido y verde claro para apagado. La simbología de los diferentes equipos e instrumentos se puede visualizar en el Anexo1.
- **Información y Valores del Proceso:** En este punto se analiza la relevancia de los valores analógicos involucrados en el proceso y las

alarmas que causen la finalización de la purificación de aceite. Una vez determinados los datos que le permitirán al operador tener el conocimiento del estado del proceso, se define como y cuando mostrarlos para no sobrecargar las pantallas de información. En la interfaz se podrá visualizar el estado del proceso y de los equipos además de los valores de datos como la velocidad, temperatura y presión en la pantalla “DIAGRAMA_P3”, en la pantalla “REGISTRO_P3” se puede visualizar el tiempo transcurrido de la purificación y las horas de trabajo de la purificadora, mientras que toda alarma o alerta será mostrada en la pantalla de “ALARMAS_P3”.

Tabla. 4. 2. Características del texto en la interfaz de la pantalla táctil.

DESCRIPCIÓN	TIPO DE LETRA	TAMAÑO
Texto del nombre de la empresa	Vijeo-S Coreano	28
Texto descriptivo de la pantalla	Vijeo-S Hebreo	24
Texto de descripción de conjunto de botones	Vijeo-S Hebreo	14
Texto de descripción de funcionalidad	Vijeo-S Hebreo	12
Texto de botones de navegación	Vijeo-S Hebreo	12
Texto de valores analógicos y de configuración	Vijeo-S Hebreo	18
Texto explicativo del diagrama del proceso	Vijeo-S Hebreo	9

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Comandos e Ingreso de Datos:** Dentro de este punto se toma en cuenta consideraciones clave para el diseño de los botones o elementos que permitirán el ingreso de comandos y datos. Se analizan características como su visibilidad, tamaño, respuesta a la acción ejecutada, etcétera; con el fin de que el operador encuentre amigable el manejo de la interfaz y reciba respuestas sobre las acciones realizadas. En la pantalla “DIAGRAMA_P3” se distribuyeron los botones que permiten encender y apagar la máquina con sus respectivas etiquetas identificadoras, avisos y retroalimentación del estado de los motores, de esta forma los comandos tienen el tamaño e identificación adecuado para facilitar el entendimiento y manejo del sistema. Además en la pantalla “ALARMAS_P3” se encuentra el botón que permite reconocer las alarmas para reiniciar el funcionamiento del sistema, la retroalimentación del reconocimiento de alarmas se da al limpiar la información de alarmas ocurridas del histórico de alarmas. También si el usuario requiere realizar un cambio de configuración en los parámetros de tiempo de activación de alarmas o en los valores para las alarmas de temperatura, velocidad y presión lo puede realizar a través de la pantalla “CONFIGURACIÓN_P3” y la configuración de los tiempos del proceso de purificación se puede realizar a través de la pantalla “CONFIGURACIÓN2_P3”.
- **Alarmas:** En este indicador se toma en cuenta el grado de criticidad de los eventos anormales para clasificarlos como alarmas, advertencias o mensajes y posteriormente definir la forma de darlas a conocer al usuario con su respectiva información de detalle de los sucesos. Dentro del proceso de purificación las alarmas son del tipo críticas es decir que amenazan la purificación de aceite por lo que se da a conocer al operador la explicación del porque se activó la alarma, de esta manera se podrá proceder a rectificar la falla antes de reiniciar el sistema.

4.2.2. Software Intouch (FESTO, 2013), (Wonderware, 2007 - 2009)

El software InTouch permite desarrollar interfaces humano máquina para supervisar, visualizar y recopilar datos en un proceso industrial, este software ofrece múltiple gráficos para realizar interfaces interactivas que permitan al operador manejar de forma fácil e intuitiva un sistema.

El software InTouch consta de dos entornos: el primero llamado WindowMaker el cual es un software de desarrollo que permite realizar las interfaces gráficas, modificarlas, insertar animaciones y programar scripts; el segundo entorno es llamado WindowViewer, este permite la supervisión, el control y la adquisición de datos usando en tiempo real las interfaces desarrolladas en el WindowMaker.

Los Requisitos que debe tener el sistema operativo donde se va instalar el software InTouch son:

- Windows XP SP3, Server2003 o VISTA
- PC con procesador de al menos 1,2 GHz
- 512 MB RAM o más
- Mínimo 4 GB de espacio libre en el disco duro
- Tarjeta gráfica y pantalla con resolución Super VGA (1024x768) o superior.
- Unidad de disco CD-ROM o DVD para la instalación.

4.2.2.1. Diseño de Interfaz HMI en software Intouch (Ponsa & Granollers)

De igual manera para el diseño del HMI en el software Intouch se siguió los indicadores de la Guía GUEDIS que se detallan a continuación:

- **Arquitectura:** Las pantallas que se manipularan se muestran en la Figura. 4.7 y son las siguientes:
 - **DIAGRAMA P&ID:** Esta pantalla permitirá controlar el sistema y para un mejor entendimiento del proceso permite visualizar el diagrama P&ID de la purificadora con los datos de los sensores y actuadores.
 - **CONFIGURACIONES:** En esta pantalla se pueden configurar los valores para la activación de alarmas de temperatura, velocidad y presión, y los tiempos de activación de las distintas alarmas. Además se pueden configurar los tiempos de proceso de purificación e inhibir y activar las distintas alarmas.
 - **ALARMAS:** En esta pantalla se muestran las alarmas activadas y permite reconocerlas para restablecer el PLC.

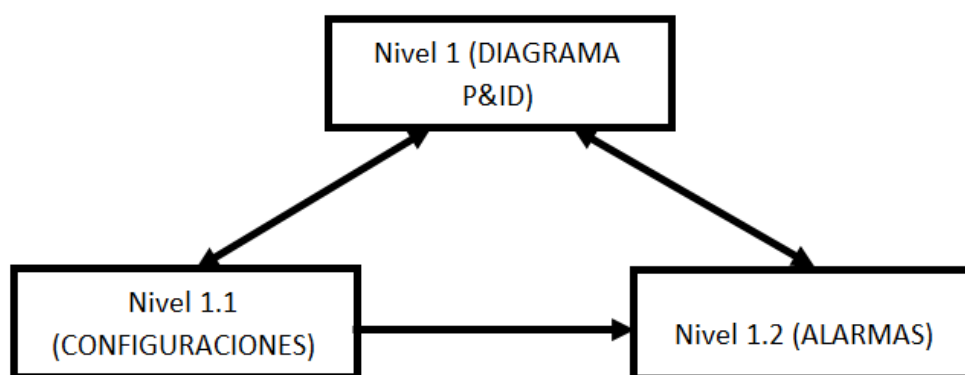


Figura. 4. 7. Esquema de la arquitectura en el software Intouch.

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Navegación:** En la Figura. 4. 7 el sentido de las flechas indican la posibilidad de navegación entre las pantallas. Para el manejo de la navegación se utilizan botones (ver Figura. 4. 8) que al ser pulsados muestran la pantalla correspondiente.



Figura. 4. 8. Botón de navegación en la interfaz en Intouch.

- **Distribución:** La distribución de las pantallas se muestra en la Figura. 4. 9.

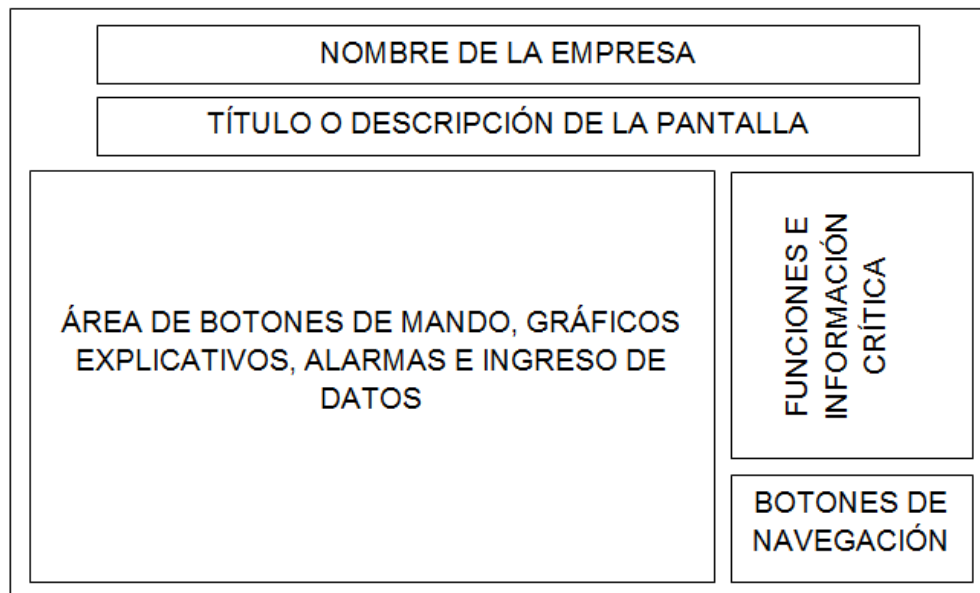


Figura. 4. 9. Distribución de las pantallas del Intouch.

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Color:** Los colores usados son los siguientes:
 - Color de fondo de pantalla gris, para resaltar su contenido.
 - Texto del nombre de la empresa en color negro.
 - Texto descriptivo de la pantalla en color azul.
 - Texto de descripción de conjunto de botones en color azul.
 - Texto de descripción de funcionalidad en color negro.
 - Texto de botones de navegación en color negro.
 - Color rojo claro para indicar estado de apagado, parada de emergencia activada y presencia de alarmas.
 - Color verde claro para indicar estado de encendido.
 - Color rojo oscuro indica estado de no pulsado y encendido, alarma de emergencia desactivada y sin alarmas.
 - Color verde oscuro indica estado de no pulsado.
- **Texto:** En la Tabla. 4. 3 se describen las características de los textos utilizados.

Tabla. 4. 3. Características del texto en la interfaz en Intouch.

DESCRIPCIÓN	TIPO DE LETRA	TAMAÑO
Texto del nombre de la empresa	Tahoma	14
Texto descriptivo de la pantalla	Tahoma	12
Texto de descripción de conjunto de botones	Tahoma	10
Texto de descripción de funcionalidad	Tahoma	10
Texto de botones de navegación	Tahoma	10

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Status de los Equipos:** Igual que en el Vijeo Designer para la interfaz se usó la simbología de la norma ISA-S5.3 para indicar el estado de equipos y sensores, además se mantiene el color rojo claro para apagado y el color verde claro para encendido. La simbología de los diferentes equipos e instrumentos se puede visualizar en el Anexo1.
- **Información y Valores del Proceso:** En la interfaz se podrá visualizar el estado del proceso y de los equipos, las alarmas, las alertas y los valores de datos como la velocidad, temperatura y presión en la pantalla “DIAGRAMA P&ID”.
- **Comandos e Ingreso de Datos:** En la pantalla “DIAGRAMA P&ID” se distribuyeron los botones que permiten encender y apagar la máquina con sus respectivas etiquetas identificadoras, avisos y retroalimentación del estado de los motores, de esta forma los comandos tienen el tamaño e identificación adecuado para facilitar el entendimiento y manejo del sistema. Además en la pantalla de “ALARMAS” se encuentra el botón que permite reconocer las alarmas para reiniciar el funcionamiento del sistema, la retroalimentación del reconocimiento de alarmas se da al limpiar la información de alarmas ocurridas del histórico de alarmas. También si el usuario requiere realizar un cambio de configuración en los parámetros de tiempo de activación de alarmas, inhibir o activar alarmas, modificar los límites de los valores para las alarmas de temperatura, velocidad y presión o modificar los tiempos para el proceso de purificación lo puede realizar a través de la pantalla “CONFIGURACIONES”.
- **Alarmas:** Dentro del proceso de purificación las alarmas son del tipo críticas es decir que amenazan la purificación de aceite por lo que se da a conocer al operador la explicación del porque se activó la

alarma, de esta manera se podrá proceder a rectificar la falla antes de reiniciar el sistema.

4.2.3. Simulación

Para la simulación tanto del HMI remota como local se utilizó el PLC comunicado con una computadora a través de cable Ethernet. El software Intouch para comunicarse con el autómatas necesita del software MBENET, que es un driver que permite realizar la comunicación entre el PLC y el Intouch, mientras que el software VijeoDesigner puede comunicarse directamente.

The image shows a dialog box titled "MBENET Topic Definition". It contains the following fields and options:

- Topic Name:
- IP Address:
- Dest_Index or Unit_ID:
- Slave Device Type:
- Use Concept Data Structures
- Communication Channels:
 - Unsolicited Messages
- String Variable Style:
 - Full length
 - C style
 - Pascal style
- Register Type:
 - Binary
 - BCD
- Block I/O Sizes:
 - Coil Read:
 - Coil Write:
 - Register Read:
 - Register Write:
- Update Interval: msec
- Reply Timeout: sec

Buttons: OK, Cancel

Figura. 4. 10. Configuración del MBENET.

La configuración de MBNET es sencilla, en la pestaña “Configure”, seleccionamos “TopicDefinition” y se muestra la ventana de configuración de la Figura. 4. 10 en donde se ingresa el TopicName que es el nombre que se le va poner a la comunicación entre el software Intouch y un equipo, la IP Adress que es la dirección IP del equipo y demás parámetros de la comunicación.

Cuando se ejecute el WindowViewer del software Intouch, la ventana del MBNET se visualizará como se muestra en la Figura 4. 11.

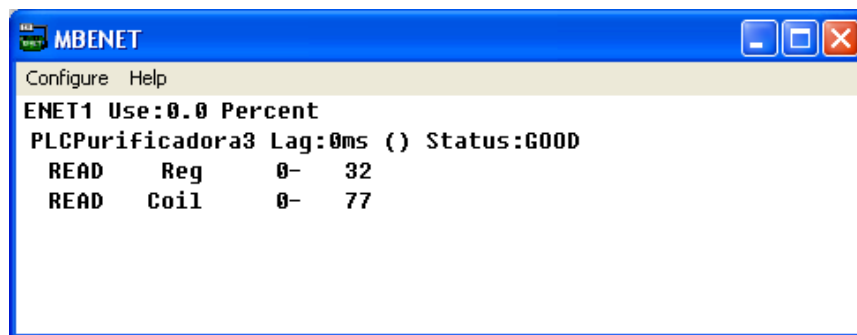


Figura. 4. 11. Comunicación del PLC con el Intouch.

Con las interfaces ejecutándose y el programa corriendo en el autómata se realizaron todas las pruebas correspondientes a la funcionalidad de los elementos de cada pantalla desarrollada en los dos software, así como la correcta visualización del reconocimiento de alarmas. Con las interfaces HMI se facilitó la verificación de las funcionalidades de la lógica de control mencionadas en la sección 4.1.1.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES

5.1.1. Listado de equipos e instrumentación

El listado de componentes para la implementación del presente proyecto se distribuyó en las siguientes categorías:

- **Módulos de control y alimentación:** Los equipos de esta categoría se encuentran descritos en la Tabla. 5.1.

Tabla. 5. 1. Elementos de módulos de control y alimentación.

EQUIPO	CANTIDAD
PLC	1
Fuente de Voltaje	1
Módulo de entradas analógicas	1

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Sensores y Transmisores:** En la Tabla. 5. 2 se listan los sensores y transmisores que se ocupan en el control.

Tabla. 5. 2. Elementos de instrumentación.

EQUIPO	CANTIDAD
Sensor Inductivo	1
Sensor y transmisor de presión	1
Sensor y transmisor de temperatura	1
Switch de flujo	4

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Válvulas y electroválvulas:** En la Tabla. 5. 3 se listan las válvulas y electroválvulas requeridas para la automatización

Tabla. 5. 3. Válvulas y electroválvulas.

EQUIPO	CANTIDAD
Electroválvula, 1/2", 2-2	2
Electroválvula, 1/4", 5-2	1
Válvula de bola, 1 1/2", 3-2	1
Válvula de bola, 1/4", 2-2	1
Válvula de globo, 1 1/2", 2-2	1
Válvula de instrumentación (bola), 3/8", 2-2	1

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Actuador neumático y unidad de mantenimiento:** En la Tabla. 5. 4 se encuentran los equipos que usan energía neumática.

Tabla. 5. 4. Actuador neumático y unidad de mantenimiento.

EQUIPO	CANTIDAD
Actuador neumático para válvula de bola de 1 ½" de 3-2	1
Unidad de mantenimiento (FRL)	1

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Elementos para montaje y armado del tablero:** En la Tabla. 5.5 se encuentran enumerados los elementos para el armado del tablero eléctrico, su montaje y los accesorios para el paso del cable.

Tabla. 5. 5. Elementos para montaje y armado de tablero⁴.

EQUIPO	CANTIDAD
Botón tipo hongo 1 NC y 1 NA	1
Luz piloto roja 22mm	5
Luz piloto verde 22mm	3
Luz piloto blanca 22mm	2
Disyuntor Térmico tripolar 30 A	1
Relé térmico tripolar 30 A	1
Relé térmico tripolar 20 A	1
Relé térmico tripolar 10 A	1
Relé 220VAC 3 contactos conmutados	20
Cinta para marquillar blanca	5 rollos
Cinta para marquillar amarilla	5 rollos
Contactador tripolar 32 A	1
Contactador tripolar 25 A	1

⁴ Continúa Tabla. 5. 5 →

Contactador tripolar 12 A	1
Bloque de contactos para contactador	1
Contacto auxiliar para guarda motor	3
Conector RJ45 Hembra	4
Caja porta enchufes	2
Faceplate doble	4
PatchCord	2
Borneras porta fusible	4
Borneras 18 a 22 AWG	130
Topes de bornera	120
Tapas de bornera	40
Puentes de bornera	10
Borneras de tierra	9
Terminales tipo U de 10 a 12 AWG	10
Terminales tipo punteras 14 a 16 AWG	100
Terminales tipo punteras 18 a 22 AWG	300
Amarras plásticas 10cm	100
Breaker tripolar 3A	2
Cable 10 AWG rojo	20 m
Cable 10 AWG blanco	20 m
Cable 10 AWG azul	20 m
Cable 12 AWG rojo	20 m
Cable 12 AWG blanco	20 m
Cable 12 AWG azul	20 m
Rollo de cable 18 AWG rojo	100m
Rollo de cable 18 AWG blanco	100m
Rollo de cable 18 AWG negro	100m
Cable sucre multipar12x16 AWG	50 m
Cable sucre multipar4x18 AWG	50 m ⁵

Selector 2 posiciones fijas	5
Caja de paso o revisión (40x30x20 cm)	1
Tablero eléctrico (110x60x25 cm)	1
Tubo conduit 1"	3 tubos
Codos conduit 1"	3
Manguera BX de 1/2"	50 m
Conectores de 1/2" para manguera BX	22
Uniones de 1"	4
Conectores de 3/4"	4
Tacos F10	20
Tirafondos 1/4" x 1 1/2"	20
Alambre galvanizado 18 AWG	1 libra

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Elementos de instalación de la instrumentación:** En la Tabla. 5.6 se listan los elementos para el montaje de los sensores, transmisores, actuadores neumáticos, válvulas y electroválvulas que permiten automatizar el proceso.

Tabla. 5. 6. Elementos de instalación de instrumentación.⁶

EQUIPO	TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD
Unión para soldar de 1/2"	Acero al carbón	5
Unión de 1/4"	Acero galvanizado	3
Unión de 1/2"	Acero galvanizado	3
Universal de 3/8"	Acero al carbón	1
Neplo corrido de 3/8"	Acero al carbón	1
Neplo corrido de 1/4"	Acero galvanizado	3

⁶ Continúa Tabla. 5. 6 →

Codo de 1 ½" a 90°	Acero al carbón	2
Neplo corrido 1 ½"	Acero al carbón	2
Neplo de 1 ½" x 2"	Acero al carbón	1
Abrazaderas para manguera de 2"	Aluminio	10
Abrazaderas para manguera de 3/4"	Aluminio	10

Elaborado por: Los autores del proyecto.


5.1.2. Dimensionamiento y especificaciones técnicas de los equipos

A continuación se describirán las características técnicas de los equipos eléctricos y electrónicos necesarios para la automatización:

PLC

El autómata utilizado tiene las características técnicas descritas en la Tabla. 5. 7.

Tabla. 5. 7. Principales características técnica del Autómata.⁷

Equipo	Características Técnicas
	Número de Entradas discretas: 24
	Número de Salidas discretas: 2 tipo Transistor y 14 tipo relé.
	Voltaje de alimentación: 100 – 240 VAC

⁷ Continúa Tabla. 5.7 →

	Tipo de conexión: Ethernet TCP/IP RJ45
	Comunicación: Modbus messaging Ethernet TCP/IP
	Grado de protección IP: IP20


Fuente: (Schneider Electric, 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Módulo de Entradas Analógicas

Las principales especificaciones del módulo de entradas analógicas se muestran en la Tabla. 5. 8.

Tabla. 5. 8. Principales características técnicas del Módulo de Entradas Analógicas.

Equipo	Características Técnicas
	Número de Entradas Analógicas: 4
	Resolución de entrada Analógica: 12bits
	Voltaje de alimentación: 24 VDC
	Tipo de entrada: <i>Voltaje</i> de 0 a 10 V no diferencial. <i>Corriente</i> 4 a 20 mA no diferencial.


Fuente: (Schneider Electric, 2011)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Fuente de 24 VDC

Para la alimentación de los sensores, transmisores y electroválvulas es necesario el uso de una fuente de voltaje de 24 VDC, en la Tabla. 5.9 se describen las principales características de la fuente de voltaje.

Tabla. 5. 9. Principales características técnicas del Módulo de Entradas Analógicas.

Equipo	Características Técnicas
	Voltaje de alimentación: 85 a 265 VAC
	Voltaje salida nominal: 24 VDC \pm 1%
	Voltaje de Salida: <i>Mínimo</i> es 22.5 VDC y <i>Máximo</i> es 29.5 VDC
	Corriente de Salida: 5 A
	Frecuencia de alimentación: 50/60 Hz
	Temperatura de Operación: 25 °C a + 70 °C

Fuente: (Weidmueller, 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Sensor Inductivo

Las principales características del sensor inductivo se describen en la Tabla. 5. 10, este sensor permitirá conocer el número de revoluciones por minuto del motor de la purificadora.

Tabla. 5. 10. Principales características técnicas del Sensor Inductivo.

Equipo	Características Técnicas
	Voltaje de alimentación: 10 a 30 VDC
	Frecuencia de Switch: 2000 Hz
	Salida: 3 hilos, PNP
	Montaje: Rasante
	Diámetro: 12 mm
	Grado de protección IP: IP67


Fuente: (Automationdirect , 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Sensor y transmisor de Presión

Las principales características técnicas del sensor y transmisor de presión se muestran en la Tabla. 5. 11.

Tabla. 5. 11. Principales características técnicas del Sensor y Transmisor de Presión.

Equipo	Características Técnicas
	Voltaje de alimentación: 9 a 30 VDC
	Corriente de salida: 4 a 20 mA
	Rango de medición: 0 – 17 bar
	Precisión: ± 0.13 %
	Conexión al proceso: 1/4." NPT

Fuente: (DWYER INSTRUMENTS, INC., 2002)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Sensor y transmisor de Temperatura


Las principales características del sensor de temperatura se muestran en la Tabla. 5. 12, las del transmisor de temperatura en la Tabla.5. 13 y las del termopozo en la Tabla 5. 14.

Tabla. 5. 12. Principales características técnicas del Sensor de Temperatura.

Equipo	Características Técnicas
	Tipo: PT100
	Salida: 3 hilos
	Rango de Temperatura: - 200 a 850 °C.
	Longitud: 4"
	Diámetro: ¼"
	Conexión al Proceso: ½" NPT

Elaborado por: Los autores del proyecto.


Tabla. 5. 13. Principales características técnicas del Transmisor de Temperatura.

Equipo	Características Técnicas
	Voltaje de alimentación: 24 VDC
	Rango de Temperatura (PT100): -200 a 850 °C.
	Corriente de salida: 4 a 20 mA

Fuente: (DWYER INSTRUMENTS, INC., 2005)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Tabla. 5. 14. Principales características técnicas del termopozo.


Equipo	Características Técnicas
	Longitud: 6"
	Diámetro interno: 1/4"
	Conexión al Proceso: 1/2" NPT
	Material: Acero inoxidable
	Fluido: Aceite de motor a 80°C

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Sensor de Flujo

Las principales características del sensor de Flujo se muestran en la Tabla. 5.15.

Tabla. 5. 15. Principales características técnicas del Sensor de Flujo.

Equipo	Características Técnicas
	Voltaje de alimentación: 24 VDC
	Límite de Temperatura: 93 °C
	Límite de Presión: cuerpo de latón 69 bar.
	Grado de protección IP: IP66
	Instalación: Para tubería de 1/2" a 2" de diámetro.
	Fluido: Aceite de motor y agua
Conexión al Proceso: 1/2" NPT	


Fuente: (W.E. ANDERSON DIV & DWYER INSTRUMENTS, INC, 2012)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Electroválvula 1/2", 2-2

En la Tabla. 5. 16 se describen las principales características de las electroválvulas para paso de agua.

Tabla. 5. 16. Principales características técnicas de la Electroválvula de 1/2".

Equipo	Características Técnicas
	Voltaje de alimentación: 24 VDC
	Presión de Trabajo: 20 bar
	Presión mínima: 0.1 bar
	Conexión al Proceso: 1/2" NPT
	Grado de Protección IP: IP65
	Fluido: Agua a 40°C

Fuente: (ODE, 2010)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Electroválvula 1/4", 5-2

Para la activación del actuador neumático se utiliza esta electroválvula, en la Tabla. 5. 17 se encuentran sus principales características técnicas.

Válvula de bola 1 1/2", 3-2

Para intercambiar entre la entrada y el reflujos de aceite se usa esta válvula cuyas principales características se encuentran descritas en la Tabla. 5. 18.


Tabla. 5. 17. Principales características técnicas de la Electroválvula de 1/4".

Equipo	Características Técnicas
	Voltaje de alimentación: 24 VDC
	Presión de Trabajo: Mínima 2 bar – Máxima 10 bar
	Presión mínima: 5 bar
	Conexión al Proceso: 1/4" NPT
	Grado de Protección IP: IP65
	Vías: 5
	Temperatura de trabajo: -20 a 70 °C
	Fluido: Aire comprimido hasta 7 bar

Fuente: (GENEBRE S.A., 2010)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Tabla. 5. 18. Principales características técnicas de la Válvula de 1 1/2".

Equipo	Características Técnicas
	Tipo: Válvula de bola tipo L
	Vías: 3
	Presión de Trabajo: 24.5 bar máximo
	Accionamiento: 90°
	Conexión al Proceso: 1 1/2" NPT
	Fluido: Aceite de motor a 80°C

Fuente: (GENEBRE S.A., 2011)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Válvula de bola 1/4", 2-2

Esta válvula se usa para permitir el ingreso de aire a la unidad de mantenimiento, sus las principales características técnicas se muestran en la Tabla. 5. 19

Tabla. 5. 19. Principales características técnicas de la Válvula de 1/4 ".

Equipo	Características Técnicas
	Tipo: Válvula de bola
	Material: Bronce cromado
	Accionamiento: 90°
	Conexión al Proceso: 1/4" NPT
	Fluido: Aire comprimido hasta 7 bar

Fuente: (GENEBRE S.A., 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.


Válvula de globo 1 1/2", 2-2

Esta válvula se encuentra a la salida de aceite purificado para regular la medida de presión, sus principales características se muestran en la Tabla. 5. 20.

Válvula de instrumentación (bola) 3/8", 2-2

La válvula es utilizada para posibilitar el mantenimiento del sensor y transmisor de presión sin interrumpir el proceso, sus las principales características de se encuentra en la Tabla. 5. 21.

Tabla. 5. 20. Principales características técnicas de la Válvula de Globo.

Equipo	Características Técnicas
	Tipo: Válvula de globo
	Presión de Trabajo: 10 bar
	Material: Bronce con recubrimiento interno de acero inoxidable.
	Conexión al Proceso: 1 ½" NPT
	Fluido: Aceite de motor a 80°C

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Tabla. 5. 21. Principales características técnicas de la Válvula de 3/8".

Equipo	Características Técnicas
	Tipo: Válvula de bola
	Material: Bronce cromado
	Accionamiento: 90°
	Conexión al Proceso: 3/8" NPT
	Fluido: Aceite de motor a 80°C


Fuente: (GENEBRE S.A., 2013)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Actuador neumático

El actuador neumático para el accionamiento de la válvula de 3-2 tiene como principales características las que se muestran en la Tabla. 5. 22.

Tabla. 5. 22. Principales características técnicas del Actuador Neumático.

Equipo	Características Técnicas
	Presión de trabajo: 15 bar
	Giro: 90° en sentido horario y 90° en sentido anti horario.
	Material: Acero inoxidable
	Tipo: Doble efecto.
	Configuración de la Esfera: en L.


Fuente: (GENEBRE S.A., 2012)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

Unidad de mantenimiento (FRL)

La unidad de mantenimiento permite que la presión sea regulable y además evita el ingreso de partículas hacia los mecanismos de accionamiento neumático, sus las principales características se encuentran descritas en la Tabla. 5. 23.

Tabla. 5. 23. Principales características técnicas del FRL.

Equipo	Características Técnicas
	Regulación: 1 a 10 bar
	Filtro: 5 µm
	Conexión al Proceso: ¼" NPT
	Capacidad de flujo: 2.2 m ³ /min

Fuente: (TPC PNEUMATICS, 2012)

Elaborado por: Los autores del proyecto.

5.1.3. Planos de la instalación

Los planos de instalación se muestran en el Anexo 11, en donde se puede observar la ubicación del tablero de control y la caja de paso, la distribución del tablero y dimensiones del mismo y la ubicación de la instrumentación (switch de flujos, transmisores y electroválvulas) acoplados a la purificadora.

5.2. IMPLEMENTACIÓN

Dentro de esta sección se explicará el acople de los diferentes elementos como válvulas, sensores, electroválvulas e instrumentos a la purificadora:

- **Swith de flujo y transmisor de temperatura en la entrada de aceite:** Para la instalación de estos elementos se utilizó uniones soldables de acero al carbón y neplo para soldar, el montaje de los mismos se puede observar en la Fotografía 5.1 y en la Figura 5.1 muestra el diagrama de la instalación.



Fotografía. 5. 1. Instalación de switch de Flujo y Transmisor de Temperatura.

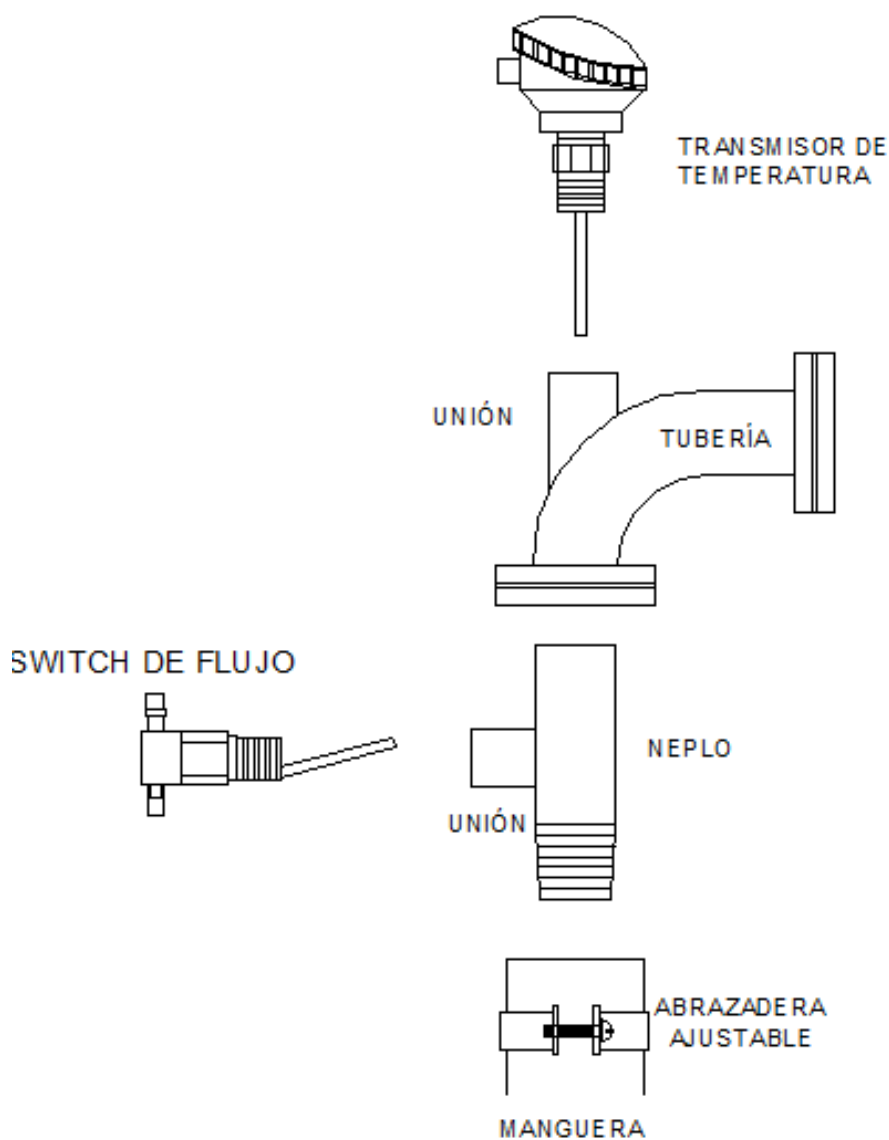


Figura. 5. 1. Instalación de switch de Flujo y Transmisor de temperatura.

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- **Swith de flujo en la tubería de bypass:** Para la instalación de este elemento se utilizó una unión soldable de acero al carbón, en la Fotografía 5.2 muestra el acople del elemento a la purificadora y en la Figura 5.2 se visualiza el diagrama de la instalación.

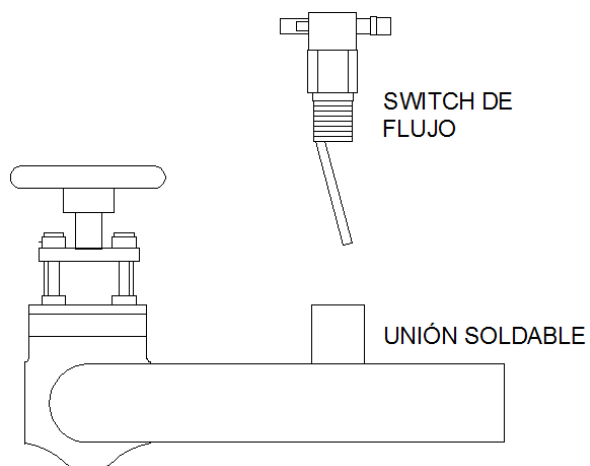


Figura. 5. 2. Instalación de switch de Flujo en la tubería de bypass.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 2. Instalación de switch de Flujo en la tubería de bypass.

- **Swith de flujo en la tubería de descarga de lodos:** Para este elemento se utilizó una unión soldable de acero al carbón, en la Fotografía 5.3 muestra el acople del elemento a la purificadora y en la Figura 5.3 se visualiza el diagrama de la instalación.

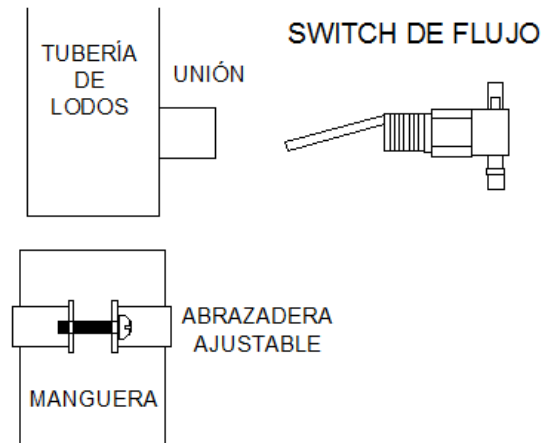


Figura. 5. 3. Instalación de switch de Flujo en la tubería de descarga de lodos.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 3. Instalación de switch de Flujo en la tubería de descarga de lodos.

- **Swith de flujo en la salida de aceite:** Para este elemento se utilizó una unión soldable de acero al carbón, en la Fotografía 5.4 muestra el acople del elemento a la purificadora y en la Figura 5.4 se visualiza el diagrama de la instalación.

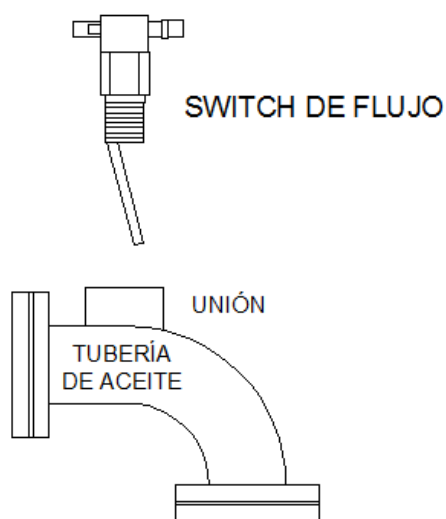


Figura. 5. 4. Instalación de switch de Flujo en la salida de aceite.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 4. Instalación de switch de Flujo en la salida de aceite.

- **Transmisor de presión y Válvula de globo en la salida de aceite:**
Para el transmisor de presión se colocó una válvula de bola manual para cuando se realice mantenimiento al instrumento no entre basura por esa tubería. Para el acople de estos elementos se utilizó una unión soldable de acero al carbón, una universal, una abrazadera

para manguera, un bushing, un neplo corrido y dos neplos. En la Fotografía 5.5 muestra el acople de los elementos a la purificadora y en la Figura 5.5 se visualiza el diagrama de la instalación.

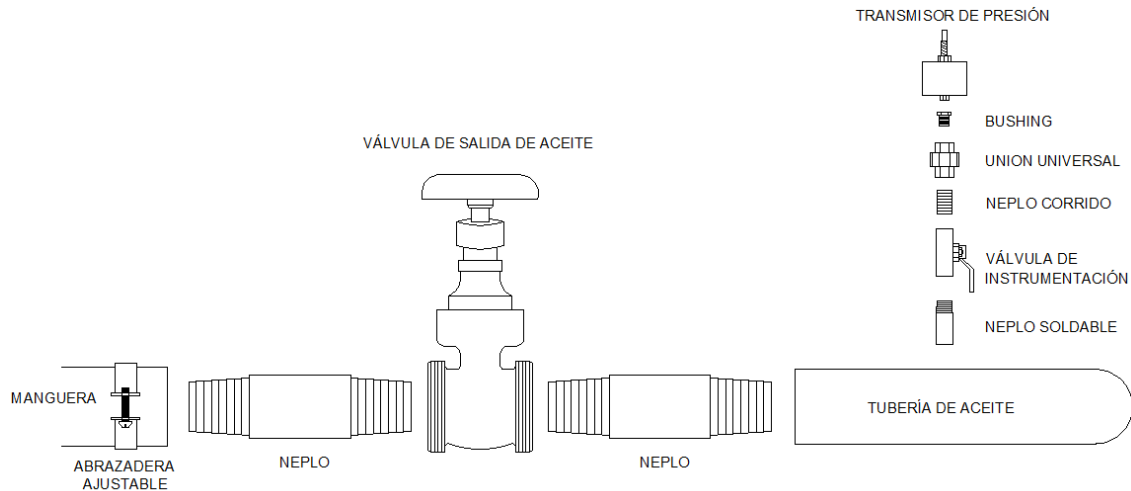


Figura. 5. 5. Instalación de Transmisor de presión y válvula de globo.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 5. Instalación de Transmisor de presión y válvula de globo.

- **Sensor de Inductivo:** Para este sensor se utilizó un soporte y tuercas, en la Fotografía 5.6 muestra el acople de los elementos a la purificadora y en la Figura 5.6 se visualiza el diagrama de la instalación.

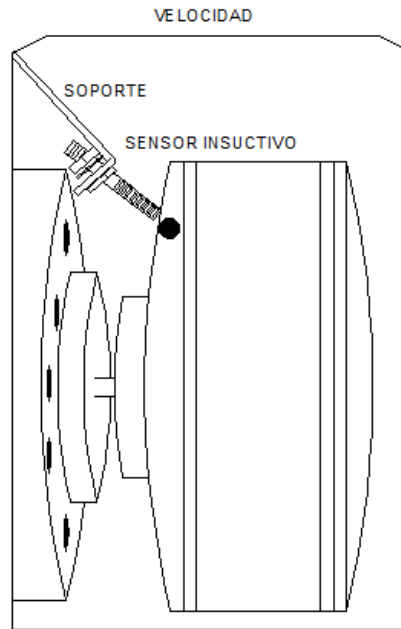
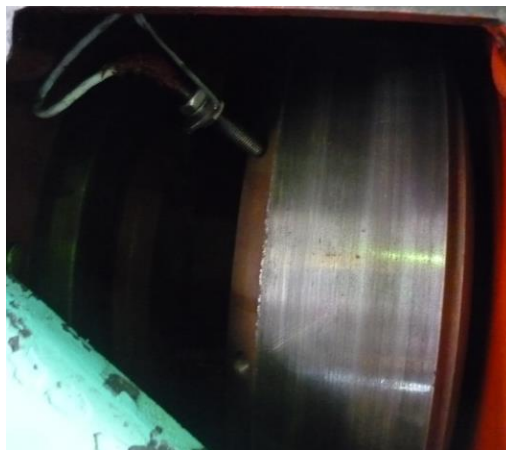


Figura. 5. 6. Instalación del Sensor Inductivo.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 6. Instalación del Sensor Inductivo.

- **Electroválvula para agua de maniobra:** Para esta electroválvula se utilizó un abrazadera, neplós y bushing, en la Fotografía 5.7 muestra el acople de los elementos la purificadora y en la Figura 5.7 se visualiza las partes de cómo se realizó la instalación.

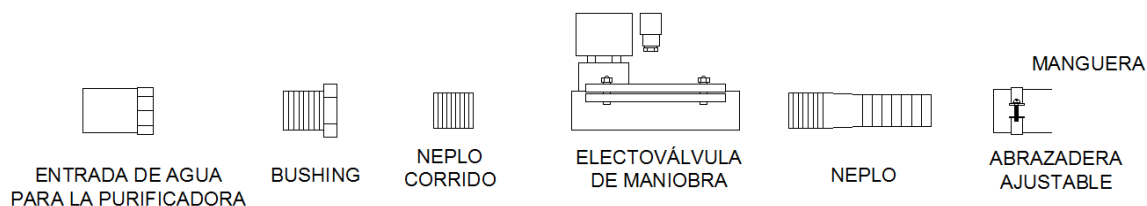


Figura. 5. 7. Instalación de la Electroválvula para agua de maniobra.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 7.Instalación de la Electroválvula para agua de maniobra.

- **Electroválvula para llenado de bola:** Para para esta electroválvula se utilizó neplós, codos, una unión universal y acoples tipo T como se visualiza en la Figura 5. 8 y en la Fotografía 5.8 se el diagrama de la instalación.

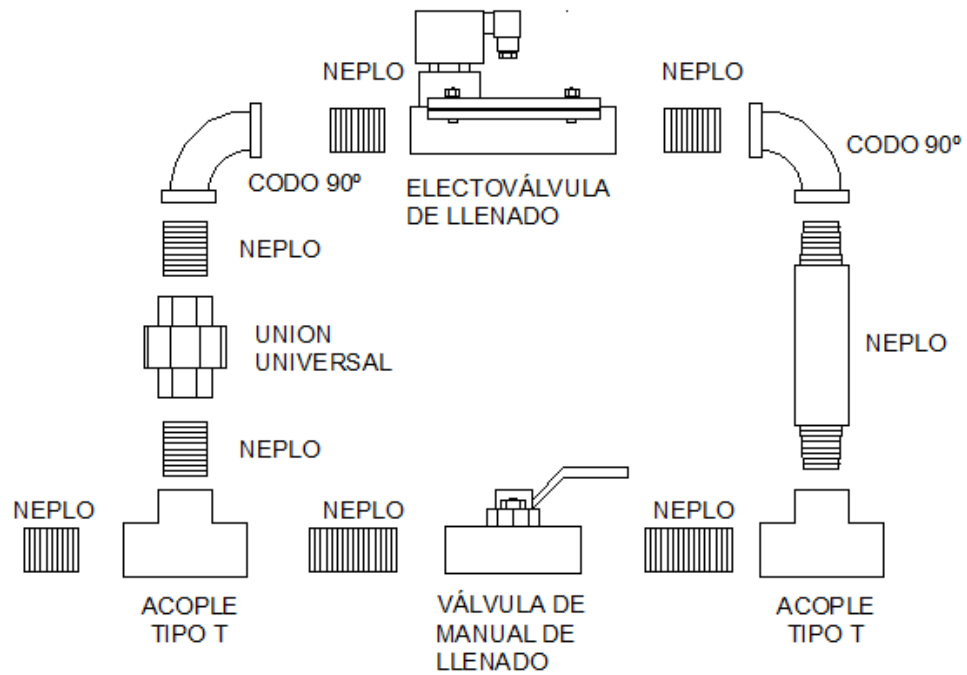


Figura. 5. 8. Instalación de la Electroválvula para Llenado de bola.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 8. Instalación de la Electroválvula para Llenado de bola.

- **Electroválvula de 5 vías** Para esta electroválvula se utilizó tornillos para unirla al actuador neumático, en la Fotografía 5.9 muestra el acople de los elementos la purificadora y en la Figura 5.9 se visualiza las partes de cómo se realizó la instalación.

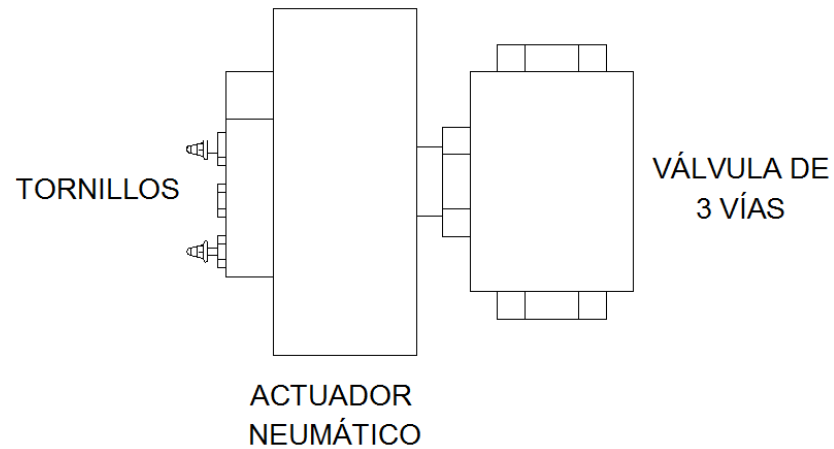
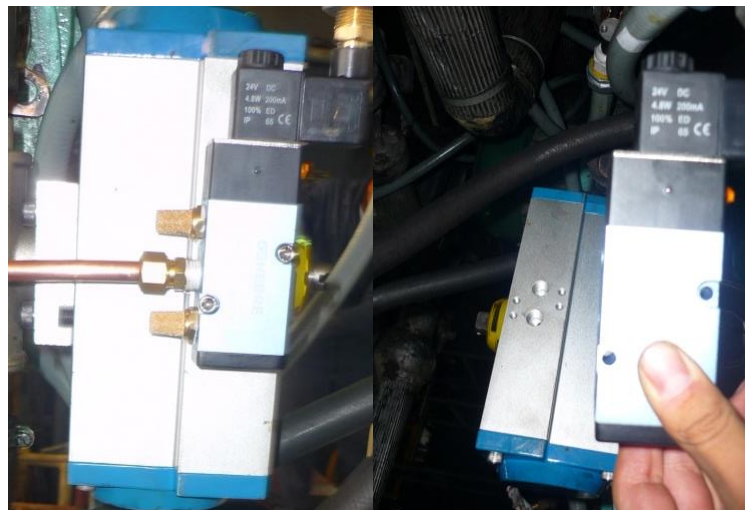


Figura. 5. 9. Instalación de la Electroválvula de 5 vías.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 9. Instalación de la Electroválvula de 5 vías.

- **Actuador neumático y válvula de 3 vías:** Para unir a estos dos elementos se utilizó los dados de conversión, posteriormente al acoplarlos la maquina se utilizó neplos y codos.

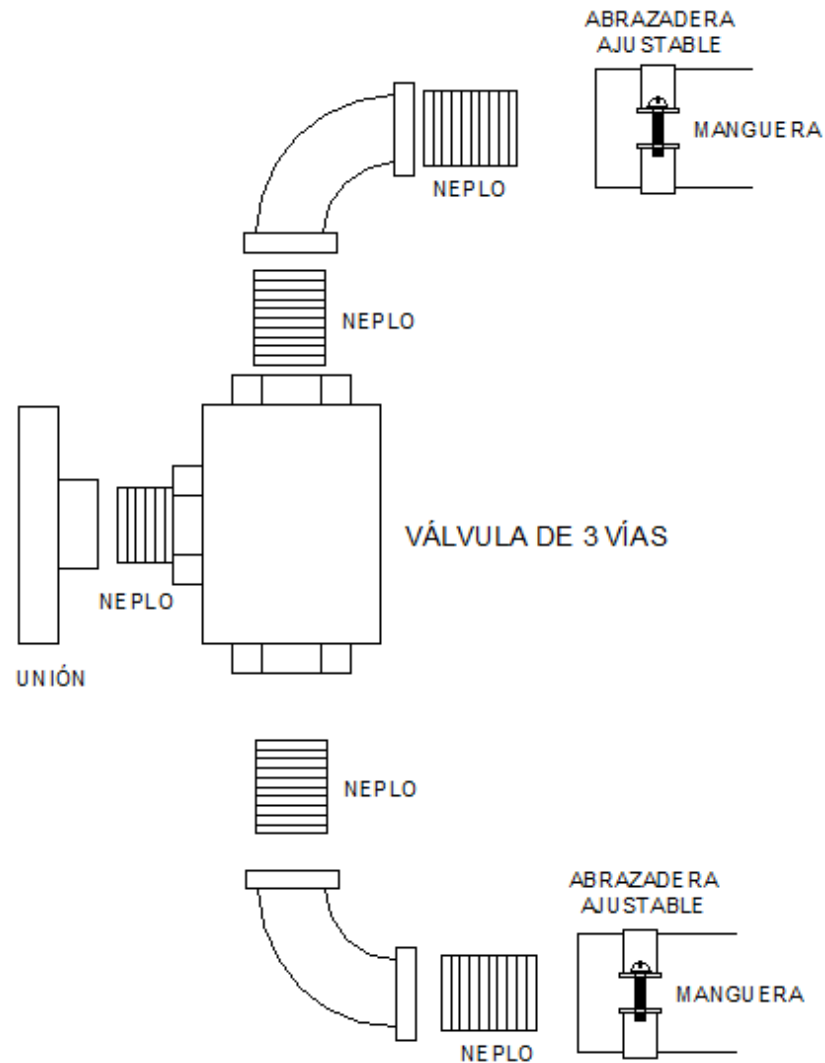


Figura. 5. 10. Instalación de la Válvula de 3 vías.

Elaborado por: Los autores del proyecto.



Fotografía. 5. 10. Instalación de la Válvula de 3 vías.

- **Unidad de mantenimiento:** Para este elemento se utilizó un soporte y tuercas, además en la entrada de aire consta con una válvula de bola para permitir o no el paso del aire, en la Fotografía 5.11 muestra el acople de los elementos.



Figura. 5. 11. Instalación de la Unidad de Mantenimiento y válvula de bola.

5.3. PRUEBAS

En primer lugar se realizaron pruebas en el modo manual para obtener los tiempos que se utilizan para realizar el proceso de purificación los cuales se resumen en la Tabla 5. 24 y se explican a continuación:

- El tiempo de arranque de la bomba de aceite se determinó observando el multímetro digital del tablero, en el arranque el consumo era de 4 A mientras que al llegar a las condiciones de operación se mantiene en 3 A.
- Para el tiempo de arranque de la purificadora se determinó a partir del multímetro digital ya que al encender el motor de la purificadora se elevaba hasta 32 A disminuyendo hasta llegar a mantenerse en los 10 A con la bola vacía.
- El Tiempo de adelgazamiento de aceite se determinó tomando el tiempo que demora en salir agua por la tubería de descarga de agua al abrir la válvula de agua de llenado cuando la bola se encontraba llena de aceite y el ingreso de aceite cerrado.

Tabla. 5. 24. Tiempos obtenidos en las Pruebas en Modo Manual.

Tiempos obtenidos en modo Manual	
Tiempo de arranque bomba	150 segundos
Tiempo de arranque purificadora	5 minutos
Tiempo de adelgazamiento del aceite.	30 segundos
Tiempo de llenado de la bola.	180 segundos
Tiempo de apertura de la Bola.	10 segundo
Tiempo de Lavado de la Bola.	120 segundos

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- El tiempo de llenado de la bola se realizó ingresando agua con la válvula de llenado hasta observar que salga agua por el visor de la descarga de agua.
- Para el tiempo de apertura de la bola se tomó el tiempo en que debe colocarse la válvula de 4 posiciones en la posición de apertura hasta que esta se abra. La apertura se comprobó visualizando la activación del switch de descarga de lodos.
- El tiempo de lavado de la bola es de 2 minutos ya que es el tiempo que los operadores dejan abierta la bola cuando realizan un lavado.

Con los tiempos determinados se prosiguió a probar en el modo automático sin considerar las alarmas los tiempos mostrados en la Tabla 5. 25 cuya explicación viene a continuación:

- Para el Tiempo de cierre de la bola se hizo pruebas con las electroválvulas de llenado y maniobra, se probó intervalos de 0 a 2 segundos para cerrar la bola, posteriormente se ingresaba agua de llenado si no llega a realizar el cierre se observaba la activación del switch de descarga de lodos.

Tabla. 5. 25. Tiempos obtenidos en Modo Automático.

	Tiempos obtenidos en modo Automático
Tiempo de cierre inicial de la bola.	3 segundos
Tiempo de pulso de Refresco.	20 milisegundos
Intervalo de Tiempo para pulso de Refresco.	15 minutos

Elaborado por: Los autores del proyecto.

- Para determinar el tiempo del pulso de refresco se dejó purificar a la máquina sin dicho pulso, se observó que a los 20 minutos dejaba escapar pequeñas gotas de aceite por la tubería de agua por lo que se dejó como intervalo para el pulso de refresco los 15 minutos.
- El tiempo de duración del pulso de refresco debía ser menor al tiempo de cierre inicial de la bola ya que de lo contrario al entrar demasiada agua se abriría la bola. Se hizo pruebas y se determinó su duración óptima.

Para determinar el rango de activación y tiempo de consideración de las alarmas por presión y velocidad, se comprobó por medio del modo automático inhibiendo las respectivas alarmas, el transmisor de presión cuando no se está purificando mide entre 0.3 y 0.4 bares, mientras que cuando se está purificando a los 10 segundos de haber empezado la purificación da un valor de 0.5 a 0.7 bares razón por la cual si no pasara aceite a los 15 segundos se activa la alarma. Para el sensor inductivo que permite medir la velocidad se pudo observar por medio del multímetro que cuando llega a 10 A la velocidad se mantiene entre 1740 a 1800 rpm, se apagó el motor y se observó que a los 1000 rpm se abre la bola ya que pasa agua por la descarga de lodos.

Finalmente se probaron una a una las alarmas y alertas del sistema tanto en el modo automático, semiautomático y manual para comprobar su correcta activación y la realización de las acciones programadas. Para activar las alarmas se forzaron los estados de las entradas del PLC y se cambiaron los límites que activan las alarmas de baja presión, temperatura fuera de rango y baja velocidad.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Las interfaces desarrolladas son amigables e intuitivas para facilitar su entendimiento.
- El sistema de purificación implementado facilita la supervisión del proceso y permite tener conocimientos de las fallas dentro del proceso.
- Una correcta documentación permite tener un mejor entendimiento de la funcionalidad de la purificadora después de la automatización.
- La automatización libera a los operadores de la tarea repetitiva de supervisar y manejar la máquina.
- La nueva instrumentación permite controlar el sistema y reduce el riesgo de pérdida de aceite.
- Las alarmas implementadas permiten tener mayor confiabilidad del sistema.
- Las pérdidas de aceite causan repercusiones económicas para la empresa, por lo cual este sistema automatizado disminuye estas pérdidas y considera todas las posibles fugas de aceite.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar los pasos indicados en el manual, para que el funcionamiento de esta máquina sea el correcto.
- Por causa de las vibraciones pueden desajustarse las borneras por lo cual se debe realizar un ajuste de las mismas cada cierto tiempo.
- Se recomienda limpiar el filtro de agua para purificadoras por lo menos una vez al mes.
- Considerar el número de horas de trabajo de la purificadora para verificar cuando se deberá realizar mantenimiento de la misma.
- Se debe observar el indicador de presión este en 0.5 bares al purificar, si se produce una alarma por caída de presión y no hay fugas de aceite, se debe ajustar el la posición correcta a la válvula de globo que se encuentra en la salida de aceite.
- Si uno de los transmisores, switches de flujo o sensor está en mal funcionamiento inhibir sus alarmas y pedir revisión del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFA LAVAL. (1970). *Libro de instrucciones Separadora MAPX 207S-20*. Tumba.
- ALFA LAVAL. (1975). *Manual de Instrucciones de manejo, Separadora de Aceites Minerales*. Tumba.
- Automationdirect . (2013). Obtenido de www.automationdirect.com:
www.automationdirect.com/proximity
- Central Termoeléctrica Guangopolo. (septiembre de 2013). Sangolquí, Pichincha, Ecuador.
- DWYER INSTRUMENTS, INC. (11 de noviembre de 2002). <http://www.dwyer-inst.com/>. Obtenido de http://www.dwyer-inst.com/PDF_files/682_iom.pdf
- DWYER INSTRUMENTS, INC. (mayo de 2005). Obtenido de <http://www.dwyer-inst.com>: http://www.dwyer-inst.com/PDF_files/659TH-1_iom.pdf
- FESTO. (2013). *FESTO*. Recuperado el 18 de 12 de 2013, de FESTO:
<http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/software-e-learning/software-de-visualizacion-de-procesos/intouch.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC41NzluMzg5MA>
- GENEBRE S.A. (29 de octubre de 2010). <http://www.genebre.es>. Obtenido de <http://www.transitflow.com.ar/Electrovalvula%20Genebre.pdf>

GENEBRE S.A. (2011). <http://www.genebre.es>. Obtenido de <http://www.suner.es/pdf/9/172.pdf>

GENEBRE S.A. (22 de mayo de 2012). <http://www.genebre.es>. Obtenido de http://www.tdm.rs/pdf_katalozi/armature/genebre/aktuatori.pdf

GENEBRE S.A. (16 de octubre de 2013). <http://www.genebre.es>. Obtenido de http://www.tress.cl/Tress/Listas_de_Precio_files/LPGE20131016m.pdf

ODE. (8 de febrero de 2010). Obtenido de <http://www.ode-france.fr>:
http://www.ld-gmbh.com/test_files/02%20Solenoid/01%20ODE/ODE%20pdf/High%20Pressure/21A2K0T12-XC.pdf

Ponsa , P., & Granollers, A. (s.f.). *UNIVERSIDAD DE CATALNIA*. Recuperado el 20 de 12 de 2013, de DISEÑO DE PANTALLA:
<http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/pantalla.pdf>

Schneider Electric. (2010). *Vijeo Designer Manual de Información*. Intituo Schneider Electric de Información.

Schneider Electric. (2011). *Módulo de comunicación, Guía de hardware*.

Schneider Electric. (2011). *TwidoSuite V2.3, Guía de programación*.

Schneider Electric. (22 de agosto de 2011). www.schneider-electric.com.

Obtenido de

<http://www.999hmis.com/media/downloadable/pdf/TM2AMI4LT%20datasheet.pdf>

Schneider Electric. (18 de septiembre de 2013). www.schneider-electric.com.

Obtenido de [http://www.ops-ecat.schneider-](http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?ft)

[electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?ft=get_element&env=publish&scp_id=Z046&lc=en&el_typ=product&cat_id](http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?ft=get_element&env=publish&scp_id=Z046&lc=en&el_typ=product&cat_id)

=BU_AUT_533_L1_Z073&maj_v=1&min_v=0&nod_id=0000000002&prd_id=TWDLCAE40DRF&frm=pdf

TPC PNEUMATICS. (7 de septiembre de 2012). <http://www.khinentpc.com>.

Obtenido de <http://www.khinentpc.com.vn/res/product/download/849-887-PC2-4.pdf>

W.E. ANDERSON DIV & DWYER INSTRUMENTS, INC. (noviembre de 2012).

<http://www.dwyer-inst.com>. Obtenido de http://www.dwyer-inst.com/PDF_files/V10.pdf

Weidmueller. (2013). www.weidmuller.com/. Obtenido de

http://cmswebdav.weidmuller.de/cms/gu_es/Producto/Electronics/Fuentes_Alimentacion/1366870000_CAT4-3_Fuentes_Alimentacion.pdf

Wonderware. (2007 - 2009). *Wonderware*. Recuperado el 18 de 12 de 2013, de

Wonderware:

<http://www.wonderware.es/contents/WonderwareInTouchHMI.asp>

GLOSARIO

Carbonilla: Partícula de carbón a medio quemar.

Central Termoeléctrica: Es una planta de generación de eléctrica a partir de la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón.

Decantar: Separar un líquido de elementos pesados. Se envía la mezcla a un recipiente o contenedor, cuando el líquido llega a un cierto nivel se desborda y sigue su camino pero en el fondo del recipiente se acumulan los desecho o sólidos. En el fondo se tiene un válvula de purga con la cual cada cierto tiempo se realiza un drenaje para desechar los elementos pesados.

Grado de Protección IP: Hace referencia a la norma DIN EN IEC 60529 e indica el grado de protección contra el ingreso de cuerpos sólidos y líquidos que posee un equipo.

HMI: Siglas en inglés para Interfaz Humano Maquina (Human Machine Interface), es una interfaz gráfica que permite a los humanos interactuar con una máquina.

MODBUS: Protocolo de comunicación público utilizado ampliamente en sistemas de control industriales, puede usarse en redes Ethernet, RS-485, RS-232, entre otros.

Peso específico: El peso específico de una sustancia es la relación entre su peso y su volumen.

PLC: Siglas en inglés para Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller), es un computador que permite controlar procesos o sistemas automatizados.

Purificar: Separar un líquido principal de otro y de elementos pesados.

RMS: Siglas en inglés para el Valor Cuadrático Medio (Root Mean Square). En corriente alterna se refiere a la magnitud equivalente de una corriente constante que al circular por una determinada resistencia óhmica pura produce los mismos efectos caloríficos o potencia disipada que la corriente alterna.

Rpm: Abreviatura para Revoluciones por Minuto, es una unidad de medida de frecuencia que comúnmente se usa como unidad de medida de velocidad angular.

SCADA: Siglas en inglés para el Adquisición de datos y supervisión de control (Supervisory Control and Data Acquisition) es un software que permite monitorear y proveer información de un sistema o proceso controlado.

Sensor: Dispositivo de medición que transforma una magnitud a medir en una magnitud más fácil de manipular y cuantificar.

Switch: Dispositivo electro mecánico con uno o más contactos eléctricos.


Transmisor: Dispositivo encargado de transmitir la información correspondiente a una variable hacia otro dispositivo que puede ser un controlador o indicad

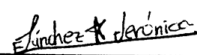
ACTA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado al departamento de Electrica y Electronica y reposa en la universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, desde:

Sangolqui, 26 de Marzo del 2014

ELABORADO POR:


Byron Mauricio Albuja Sánchez
171993845-6


Elizabeth Verónica Sánchez Gómez
172270802-9

AUTORIDAD


Ing. Luis Orozco MSc.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

