



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE  
PURIFICACIÓN DEL AGUA EN LA EMPRESA AGUALUZ”.**

**CÁCERES BÁEZ, ESTEBAN ANDRÉS;**  
**CHUNGA QUINDE, PEDRO ANDRÉS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

**Previa a la obtención del título de:**  
**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**Riobamba- Ecuador**  
**2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2017-11-30

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**CÁCERES BÁEZ ESTEBAN ANDRÉS**

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE PURIFICACIÓN DE  
AGUA EN LA EMPRESA AGUA LUZ”.**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo  
**DIRECTOR**

---

Ing. Julio Eduardo Cajamarca Villa  
**ASESOR**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2017-11-30

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**CHUNGA QUINDE PEDRO ANDRÉS**

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE PURIFICACIÓN DE  
AGUA EN LA EMPRESA AGUA LUZ”.**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo  
**DIRECTOR**

---

Ing. Julio Eduardo Cajamarca Villa  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CÁCERES BÁEZ ESTEBAN ANDRÉS

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA AGUA LUZ”.

**Fecha de Examinación:** 2017-11-30

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO PRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Julio Cajamarca Villa <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CHUNGA QUINDE PEDRO ANDRÉS

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE PURIFICACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA AGUA LUZ”.

**Fecha de Examinación:** 2017-11-30

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO PRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Julio Cajamarca Villa <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Chunga Quinde Pedro Andrés**

---

**Cáceres Báez Esteban Andrés**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Chunga Quinde Pedro Andrés y Cáceres Báez Esteban Andrés, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente consultados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Cáceres Báez Esteban Andrés**

Cédula de Identidad: 060394882-9

---

**Chunga Quinde Pedro Andrés**

Cédula de Identidad: 094079391-2

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera especial a mi madre Rosario Quinde Eras, pues ella fue el principal pilar para la construcción de mi vida profesional.

A mis abuelitos por creer siempre en mí, durante mi etapa universitaria.

A Goku por enseñarme que nunca debemos rendirnos a pesar de las dificultades.

**Pedro Chunga Quinde**

Dedico a Dios por alcanzar mi título universitario.

A mi familia que me han acompañado en esta ardua lucha sin dejarme caer, enseñándome a vencer los obstáculos que se pongan en mi camino hasta llegar a conseguir lo que yo me proponga.

Y a mis amados abuelitos, quien con su ejemplo de esfuerzo, trabajo y honradez ha inculcado en mí estos valores.

**Esteban Cáceres Báez**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la existencia.

A mi familia por el apoyo brindado durante mi carrera.

Agradezco al Ing. Pablo Montalvo e Ing. Julio Cajamarca, quienes con la ayuda de su conocimiento y asesoramiento se realizó el presente proyecto tecnológico.

Mi agradecimiento también va dirigido al Gerente Propietario de la Empresa AGUALUZ, el Ing. Juan Báez por haber aceptado que se realice mi tesis en su prestigiosa empresa.

**Pedro Chunga Quinde**

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida.

Agradezco al Ing. Pablo Montalvo e Ing. Julio Cajamarca, por brindarme su amistad y asesoramiento de la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento.

**Esteban Cáceres Báez**

# CONTENIDO

Pág.

## CAPÍTULO I

1.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Planteamiento del problema .....	2
1.3.	Justificación.....	2
1.4.	Objetivos .....	3
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	3

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1.	Plantas purificadoras de agua .....	4
2.1.1	<i>Agua purificada envasada</i> .....	4
2.2.	Métodos de purificación .....	4
2.2.1	<i>Planta purificadora de agua sin osmosis inversa.</i> .....	4
2.2.2	<i>Planta purificadora con osmosis inversa</i> .....	5
2.3.	Proceso de purificación .....	5
2.3.1	<i>Recepción de agua potable</i> .....	6
2.3.2	<i>Bombeo a los equipos de filtración.</i> .....	6
2.3.3	<i>Filtro de sedimentos.</i> .....	6
2.3.4	<i>Filtro de carbón activado</i> .....	6
2.3.5	<i>Suavizador</i> .....	6
2.3.6	<i>Sistema de osmosis inversa.</i> .....	6
2.3.7	<i>Captación de agua purificada</i> .....	7
2.3.8	<i>Bombeo final</i> .....	7
2.3.9	<i>Esterilizador de luz ultravioleta</i> .....	7
2.3.10	<i>Filtro pulidor.</i> .....	7
2.3.11	<i>Envasado.</i> .....	7
2.4.	Automatización de procesos industriales. ....	7
2.4.1	<i>PLC SIEMENS S7-1200</i> .....	8
2.4.1.1	<i>Ventajas del PLC</i> .....	8
2.4.2	<i>SIMATIC HMI.</i> .....	9
2.4.3	<i>Touch Panel KTP400 Basic</i> .....	9
2.4.4	<i>Sensores</i> .....	10
2.4.4.1	<i>Importancia del uso de la tecnología de sensores.</i> .....	10
2.4.4.2	<i>Sensores ON / OFF.</i> .....	11
2.4.4.3	<i>Sensores analógicos.</i> .....	13

## CAPÍTULO III

3.	<b>ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL PURIFICADORAS DE AGUA.</b> .....	14
----	---	----

3.1.	Planta purificadora de agua 1 .....	14
3.1.1	<i>Análisis del estado inicial de la Planta Purificadora 1</i> .....	14
3.1.1.1	<i>Estado inicial del tablero eléctrico de control</i> .....	15
3.1.1.2	<i>Elementos para la purificación de agua.</i> .....	16
3.1.2	<i>Determinación de problemas existentes</i> .....	18
3.2.	Planta purificadora de agua 2 .....	18
3.2.1	<i>Análisis del estado inicial de la Planta Purificadora 2</i> .....	18
3.2.1.1	<i>Elementos principales para la purificación de agua en la planta 2.</i> .....	19
3.2.1.2	<i>Estado inicial de la placa electrónica.</i> .....	20
3.2.2	<i>Determinación de problemas existentes</i> .....	20
3.3.	Planta envasadora 1 .....	20
3.3.1.	<i>Análisis del estado inicial de la Planta Envasadora 1</i> .....	20
3.3.1.1	<i>Estado inicial de los elementos de control</i> .....	21
3.3.1.2	<i>Estado inicial de los elementos para el envasado de agua.</i> .....	22
3.3.2.	<i>Determinación de problemas existentes</i> .....	23

## **CAPITULO IV**

4.	<b>DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	24
4.1.	Acondicionamiento de las Plantas Purificadora 1 y Envasadora 1. ....	24
4.1.1.	<i>Rediseño del sistema eléctrico de control con nuevos componentes.</i> .....	24
4.1.2.	<i>Dimensionamiento del tablero.</i> .....	27
4.1.3.	<i>Protecciones eléctricas.</i> .....	27
4.1.4.	<i>Diagrama de bloques del proceso.</i> .....	27
4.1.5.	<i>Beneficios obtenidos con el nuevo sistema de control.</i> .....	28
4.1.5.1	<i>Botones emergentes de aviso.</i> .....	31
4.2.	Acondicionamiento de la planta purificadora 2. ....	36
4.2.1.	<i>Protección de la placa electrónica.</i> .....	36
4.2.2.	<i>Ósmosis inversa.</i> .....	37
4.3.	Plan de mantenimiento. ....	39
4.3.1.	<i>Descripción de equipos del tablero eléctrico.</i> .....	39
4.3.1.1.	<i>Tareas de mantenimiento dispositivos electrónicos.</i> .....	39
4.3.2.	<i>Descripción equipos plantas purificadoras de agua y envasadora.</i> .....	41
4.3.2.1.	<i>Tareas de mantenimiento equipos de planta purificadora.</i> .....	41

## **CAPITULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	45
5.1.	CONCLUSIONES. ....	45
5.2.	RECOMENDACIONES .....	46

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 2-1</b> Especificaciones DPSP1-10020.....	11
<b>Tabla 3-1</b> Elementos Circuitos eléctricos de mando y potencia.....	15
<b>Tabla 3-2</b> Elementos principales Planta Purificadora 1 .....	17
<b>Tabla 3-3</b> Elementos principales Planta Purificadora 2 .....	19
<b>Tabla 3-4</b> Elementos Circuitos eléctricos de mando y potencia Planta Envasadora. ....	21
<b>Tabla 3-5</b> Elementos principales Planta Envasadora 1 .....	23
<b>Tabla 4-1</b> Variables Físicas PLC.....	24
<b>Tabla 4-2</b> Detalle de Protecciones Instaladas Tablero de control eléctrico.....	27
<b>Tabla 4-3</b> Botones emergentes pantalla OSMOSIS. ....	31
<b>Tabla 4-4</b> Detalle de protecciones instaladas Planta Purificadora 2.....	37
<b>Tabla 4-5</b> Equipos y componentes principales para Ósmosis inversa.....	38
<b>Tabla 4-6</b> Elementos principales tablero eléctrico de control. ....	39
<b>Tabla 4-7</b> Tareas de mantenimiento dispositivos electrónicos.....	39
<b>Tabla 4-8</b> Tarea Limpiar y ajustar equipo PLC.....	40
<b>Tabla 4-9</b> Tarea limpiar y revisar KTP 400. ....	40
<b>Tabla 4-10</b> Elementos principales plantas.....	41
<b>Tabla 4-11</b> Tareas mantenimiento equipos de purificación. ....	41
<b>Tabla 4-12</b> Plan de mantenimiento.....	42
<b>Tabla 4-13</b> Check List Planta Purificadora 1 y Envasadora 1.....	42
<b>Tabla 4-14</b> Check List planta purificadora 2.....	43

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 2-1</b> Diagrama de planta purificadora de agua. ....	5
<b>Figura 2-2</b> PLC S7 1200 1214 AC/DC/RL.....	8
<b>Figura 2-3</b> HMI Funciones Básicas .....	9
<b>Figura 2-4</b> Componentes KTP400 Basic. ....	10
<b>Figura 2-5</b> Presostato DPSP1-10020 .....	11
<b>Figura 2-6</b> Interfaz de instrucciones de usuario DPSP1-10020.....	12
<b>Figura 2-7</b> Control de flujo de agua HFS-25. ....	12
<b>Figura 2-8</b> Sensor de nivel de agua de flotador flexible (RCS-FLEX). ....	13
<b>Figura 2-9</b> Sensor PPM CS-51 .....	13
<b>Figura 3-1</b> Logo AGUALUZ.....	14
<b>Figura 3-2</b> Circuito Mando y potencia 110v Sistema de purificación.....	15
<b>Figura 3-3</b> Circuito de mando a 24VAC para el Sistema de purificación .....	16
<b>Figura 3-4</b> Circuito de Potencia Bomba Purificación.....	16
<b>Figura 3-5</b> Proceso de purificación de agua Planta 1 .....	17
<b>Figura 3-6</b> Proceso de purificación de agua planta 2.....	18
<b>Figura 3-7</b> Tablero de control y mando Planta Purificadora 2 .....	19
<b>Figura 3-8</b> Placa Electrónica Planta Purificadora 2.....	20
<b>Figura 3-9</b> Proceso envasado Agualuz .....	21
<b>Figura 3-10</b> Circuito de Mando Envasadora.....	22
<b>Figura 3-11</b> Circuito Potencia Bomba Envasado.....	22
<b>Figura 4-1</b> Conexión de sensores al PLC .....	24
<b>Figura 4-2</b> Diagrama de alimentación eléctrica de los dispositivos electrónicos.....	25
<b>Figura 4-3</b> Circuito de mando 24v Salidas PLC a dispositivos. ....	25
<b>Figura 4-4</b> Circuito de potencia dispositivos a 110 VAC.....	26
<b>Figura 4-5</b> Circuito de mando para Bombas de llenado y osmosis. ....	26
<b>Figura 4-6</b> Circuito de potencia Bomba de llenado y osmosis. ....	27
<b>Figura 4-7</b> Diagrama de bloques.....	28
<b>Figura 4-8</b> Diagrama conexión PLC y Touch Panel.....	28
<b>Figura 4-9</b> Pantallas agregadas en el Touch Panel KTP400.....	29
<b>Figura 4-10</b> Imagen Raíz Touch Panel. ....	30
<b>Figura 4-11</b> Imagen Touch Panel MODO OPERATIVO.....	30

<b>Figura 4-12</b> Imagen Touch Panel OSMOSIS. ....	31
<b>Figura 4-13</b> Botón emergente Tanque lleno en pantalla OSMOSIS. ....	32
<b>Figura 4-14</b> Botón emergente Presión Baja en pantalla OSMOSIS. ....	33
<b>Figura 4-15</b> Posibles causas de baja presión en el sistema. ....	33
<b>Figura 4-16</b> Botón emergente Bomba sin fluido en pantalla OSMOSIS.....	34
<b>Figura 4-17</b> Posibles causas de Bomba sin fluido. ....	34
<b>Figura 4-18</b> Imagen Touch Panel PLANTA ENVASADORA. ....	35
<b>Figura 4-19</b> Botón Alerta en pantalla Imagen Raíz Inicio.....	35
<b>Figura 4-20</b> Botón Alerta en pantalla Planta Envasadora.....	36
<b>Figura 4-21</b> Botón Alerta en pantalla Modo Operativo.....	36
<b>Figura 4-22</b> Placa electrónica con protecciones. ....	37

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>PLC</b>	Controlador Lógico Programable
<b>E/S</b>	Entradas y Salidas
<b>HMI</b>	Interfaz hombre máquina
<b>LAN</b>	Red de área Local
<b>TCP/IP</b>	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet
<b>INEN</b>	Servicio Ecuatoriano de Normalización
<b>NTE</b>	Norma Técnica Ecuatoriana
<b>PPM</b>	Partículas por millón
<b>PSI</b>	Libra-fuerza pulgada cuadrada

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Programación PLC
- B** Datasheet KTP 400
- C** Tabla resumen índice de protecciones (IP)

## RESUMEN

Se realizó el análisis técnico para la optimización del proceso tecnológico en la empresa AGUALUZ para las dos plantas purificadoras de agua y la planta envasadora. Para el desarrollo de este trabajo, se identificó los diferentes elementos eléctricos, electromecánicos y electrónicos que participan en el proceso, entre ellos sensores de nivel, flujo, presión y partículas por millón (ppm), como actuadores electroválvulas, contactores para bombas, ultravioletas y osmosis, y como elementos de protección relés térmicos y fusibles, esto ayudó a la programación del PLC para el control y supervisión de las plantas. La programación fue esquematizada en el software TIA PORTAL V13 Profesional, agregando el autómata PLC S7-1200 y una pantalla táctil KTP 400 Basic Color que permiten la transferencia de datos para control y monitoreo de la planta purificadora y envasadora; para la planta purificadora N°2 se colocaron las protecciones eléctricas requeridas para la seguridad de operación de la placa electrónica que controla el proceso. Se realizaron las pruebas de funcionamiento de las plantas purificadoras y envasadora en sus respectivas líneas de producción, cabe recalcar que, con la optimización de estas plantas, los fallos imprevistos disminuirán drásticamente como también la ejecución de acciones correctivas, y en caso de presentarse fallos será más fácil localizarlos para su posterior corrección. El aporte de la carrera en este proyecto se materializa en la automatización, la que optimiza el proceso industrial, formando parte de un Mantenimiento Mejorativo por medio de un traslado tecnológico, además del desarrollo de un plan de mantenimiento y seguridad que garantizarán la duración de los equipos. Se recomienda que las nuevas funciones agregadas al sistema y el plan de mantenimiento se socialicen con operarios, técnicos y administrativos de la empresa para su correcta utilización y aplicación.

**PALABRAS CLAVES:** <PURIFICACIÓN AGUA>, <ENVASADO>, <OSMOSIS (PROCESO DE FILTRADO AVANZADO)>, <AUTOMATIZACIÓN>, <CONTROL INDUSTRIAL>, <PROFINET (COMUNICACIÓN DE RED ETHERNET)>, <TIA PORTAL (SOFTWARE)>.

## ABSTRACT

A technical analysis was carried out for the optimization of the technological process in the company AGUALUZ for the two water purification plants and the packing plant. For the development of this work: different electrical, electromechanical and electronic elements, that participate in the process were identified, among them: level, flow, pressure and particulate sensors per million (ppm), as electro valve actuators, contactors for pumps, ultraviolet and osmosis, and as elements of thermal protection and fuses that helped the programming of the PLC for the control and supervision of the plants. The programming was schematized in the software TIA PORTAL V13 Professional, adding the automata PLC S7-1200 and a tactile screen KTP 400 Basic Color that allowed the transfer of data for control and monitoring of the purifying and packing plants; for the purifying plant number 2, the electrical protections required for the operation safety of the electronic board that controls the process were placed. The performance tests of purifying and packing plants in their respective production lines were carried out, with the optimization of these plants, unforeseen failures will drastically decrease as well as the execution of corrective actions, and in case of failures it will be easier to locate them for its correction. The contribution of the career in this project is materialized in the automation, which optimizes the industrial process, forming part of an Improvement Maintenance by means of a technological transfer, besides the development of a maintenance and safety plan that will guarantee the duration of the equipment. The contribution of the race in this project is materialized in the automation, which optimizes the industrial process, forming part of an Improvement Maintenance by means of a technological transfer, besides the development of a maintenance and safety plan that will guarantee the equipment duration. It is recommended that new functions added to the system and maintenance plan be socialized with company operators, technicians and administrative staff for its correct use and application.

**KEYWORDS:** <PURIFICATION OF WATER>, <PACKAGING>, <OSMOSIS>, <PROCESS OF ADVANCED FILTRATION>, <AUTOMATION>, <INDUSTRIAL CONTROL>, <PROFINET (COMMUNICATION OF ETHERNET NETWORK)>, <TIA PORTAL (SOFTWARE)>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La empresa AGUALUZ dedicada a la purificación de agua, se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba, en el sector del parque industrial en la avenida Antonio Santillán, como misión de la empresa es ser una empresa líder en producir agua natural purificada libre de bacterias, algas, microorganismos, cloro y minerales con el fin de proporcionar un producto apto para el consumo, bajo la norma TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 200:2008 de Agua Purificada Envasada.

El agua suministrada por la Empresa Pública Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP-EMAPAR) es tratada por la empresa AGUALUZ con tecnología extranjera, toda el agua pasa por plantas purificadoras con el objetivo de purificar el agua.

La línea de tratamiento del agua consta principalmente de dos plantas purificadoras instaladas en paralelo las cuales son activos críticos, todo el proceso conlleva los siguientes pasos: ablandamiento, filtración, ultra violeta, microfiltración ultra violeta, osmosis inversa y finalmente inyección de ozono.

AGUALUZ siendo una empresa establecida y reconocida que lleva 18 años en el mercado ha incrementado su oferta por lo que requiere tener dos plantas purificadoras para poder abastecer su demanda, dichas plantas fueron adquiridas en Estados Unidos hace algunos años atrás, bajo la supervisión de WaterScienceTechnology, empresa líder en purificación de agua.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Las plantas purificadoras se encuentran actualmente funcionando en la empresa AGUALUZ, con respecto a la primera planta, su tecnología de funcionamiento se basa en un control por relés, temporizadores, contactores, cableado inapropiado, tiene muchos dispositivos lo que genera dificultad de determinar el elemento de falla.

La segunda planta tiene un sistema de funcionamiento gobernada por una tarjeta electrónica, la cual no se puede modificar los tiempos operativos para aumentar o disminuir la producción, dependiendo la necesidad de la empresa y el riesgo inminente de una falla provocaría el paro indeterminado de la planta debido que la tarjeta electrónica no existe en stock y ha dejado de producirse en el mercado.

Con estos antecedentes las plantas purificadoras por su tecnología son de baja confiabilidad, en vista de esto uno de los sistemas amigables para realizar la optimización, es la implementación de un PLC y una pantalla táctil donde se van a visualizar por medio del interfaz hombre maquina (HMI) los parámetros operacionales y alertará la falla de alguno de los elementos antes mencionados, permitiendo así que el proceso tenga una mayor confiabilidad. Además, con la ayuda del PLC se podrá programar el proceso con tiempos y parámetros que desee la empresa.

## **1.3. Justificación**

El desarrollo de esta propuesta tecnológica se justifica desde el punto de vista técnico para garantizar que el sistema aumente su confiabilidad por medio de la optimización de estas dos plantas purificadoras, y por ende la continuidad de la operación de la línea de producción.

Con la optimización de estas plantas, los fallos imprevistos disminuirán drásticamente como también la ejecución de acciones correctivas. Los nuevos dispositivos generaran mayor rentabilidad al proceso y mayor seguridad al trabajador dentro de su turno laboral. Desde el punto de vista económico esta propuesta tecnológica, garantiza el hecho de modificar el proceso de acuerdo con la necesidad de producción de la empresa, acelerar

o disminuir la capacidad de producto terminado, por cual es muy ventajoso ya que se da mayor maniobrabilidad al proceso.

Con respecto a la seguridad de los operarios, no tendrán que maniobrar los dispositivos en caso de una falla, ya que en la pantalla táctil alertara donde está y rápidamente se llamará al equipo técnico correspondiente.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 *Objetivo general***

Optimizar el proceso tecnológico de purificación del agua en la empresa AGUALUZ.

### **1.4.2 *Objetivos específicos***

Analizar el funcionamiento operativo de las plantas purificadoras de agua.

Rediseñar los sistemas eléctricos, electrónicos y electro-neumáticos que comandan los actuadores.

Diseñar los planos eléctricos de las plantas purificadoras de agua.

Programar en el PLC el control y la operación de las plantas purificadoras de agua.

Implementar el plan de mantenimiento de las plantas purificadoras de agua.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Plantas purificadoras de agua

Una planta purificadora de agua es un sistema completo para el proceso de esterilización y filtración, tubos anti bacterias, osmosis inversa y procesos complementarios que cumplen con estándares tanto en la operación y producción para generar agua de la más alta calidad. “Las plantas embotelladoras y purificadoras de agua son un excelente negocio, la tecnología de purificado ha evolucionado al grado que ahora poner una planta de purificado de agua es más económico y se tiene una mayor seguridad de la producción del agua purificada.” Es de vital importancia conocer las condiciones del agua a purificar y la calidad de agua que deseo ya sea baja en sales o purificado tradicional. (AGUASISTEC, 2017)

**2.1.1 Agua purificada envasada.** En este grupo ingresan las aguas destinadas al consumo humano que sean sometidas a procesos fisicoquímicos como destilación, desionización, ósmosis inversa, de desinfección u otros procesos; sea carbonatada o no, que cumplan los requisitos establecidos en esta norma. (NTE INEN 2200, 2017)

#### 2.2. Métodos de purificación

Una planta purificadora de agua puede realizar el tratamiento de las aguas extraídas de dos distintas formas.

**2.2.1 Planta purificadora de agua sin osmosis inversa.** Este método puede aplicarse sobre el agua potable, empezado con el almacenamiento del agua en tanques de plástico sometiéndola a tratamiento con cloro para eliminar gran cantidad de los organismos presentes en el agua. Tras un tiempo de la reacción del producto con el cloro, el agua sigue un proceso de filtración, pasando primero por un filtro de arena que impide el paso de las impurezas de mayor tamaño, luego continúa el recorrido hacia un filtro de carbón

activo que eliminará los olores y sabores existentes, el siguiente paso será un filtro pulidor, este retendrá una gran cantidad de las impurezas más pequeñas que puedan estar presentes en el agua. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

Finalmente se utiliza luz ultravioleta y ozono para eliminar los microorganismos que puedan existir.

**2.2.2 Planta purificadora con osmosis inversa.** El proceso de tratado de agua es similar al descrito anteriormente, con la diferencia que este proceso incluye un proceso de osmosis inversa, el mismo que es necesario cuando el agua de la fuente tenga una dureza mayor a 200 partículas por millón (PPM.) (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

El producto final de este proceso estará libre de todos aquellos solidos que estuviesen disueltos en el agua de la fuente, todo ello gracias al uso de membranas filtrantes a altas presiones.

### 2.3. Proceso de purificación

El proceso de purificación empieza desde la recepción del agua potable a la planta hasta la obtención del producto terminado al ser envasado y almacenado para su distribución.



**Figura 2-1** Diagrama de planta purificadora de agua.

Fuente: Autores

**2.3.1 *Recepción de agua potable.*** Se recibe el agua suministrada por la red municipal, la misma que posee una elevada carga mineral por lo cual es justificable una mayor purificación para la venta y el consumo humano. Esta agua se capta en una cisterna que a su vez es lavada y sanitizada periódicamente. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.2 *Bombeo a los equipos de filtración.*** Una bomba sumergible suministra el agua a los equipos de filtración, pero primero pasa por un tanque de presión para lograr proporcionar el caudal y la presión necesarios para que el proceso se ejecute eficientemente. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.3 *Filtro de sedimentos.*** La finalidad de este filtro es detener las impurezas de mayor tamaño (sólidos de hasta 30 micras) que el agua posee al llegar a las camas de arena. Este filtro se regenera periódicamente a través de un proceso de retro lavado a presión que purga las impurezas retenidas. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.4 *Filtro de carbón activado.*** Al momento que el agua circula por columnas con Carbón Activado se eliminan eficientemente la presencia de cloro, sabores y olores existentes en el agua almacenada, además se excluyen contaminantes químicos orgánicos, entre ellos pueden existir en el agua la presencia de pesticidas, herbicidas o hidrocarburos clorinados. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.5 *Suavizador.*** Tiene el propósito de remover del agua minerales disueltos en forma de Calcio, Magnesio, y Hierro. Esta remoción se logra gracias a un proceso de intercambio iónico al hacer circular el agua en un tanque de resina. Las sales disueltas disminuyen para ser casi totalmente eliminadas posteriormente por un proceso de osmosis inversa. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.6 *Sistema de osmosis inversa.*** “Separa los componentes orgánicos e inorgánicos del agua por el uso de presión en una membrana. La presión conduce al agua pura a través de la membrana semipermeable, dejando atrás los sólidos disueltos. El resultado es un flujo de agua pura, esencialmente libre de minerales, coloides, partículas de materia y bacterias.” (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.7 Captación de agua purificada.** El agua ya purificada se almacena en un tanque de polietileno para su posterior uso. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.8 Bombeo final.** “El agua purificada se bombea mediante un equipo hidroneumático a la lámpara de luz ultravioleta, luego al filtro pulidor y finalmente a los llenadores.” (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.9 Esterilizador de luz ultravioleta.** Todos los microorganismos mueren al contacto con esta luz logrando así evitar su futura proliferación. Es decir, esta luz funciona como germicida, exterminando con bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas presentes en el agua. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.10 Filtro pulidor.** Detiene el paso de impurezas de menor tamaño (sólidos de hasta 5 micras), por lo general se fabrican en polipropileno grado alimenticio (FDA). Luego de este filtro se obtiene un agua cristalina, brillante y verdaderamente purificada. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

**2.3.11 Envasado.** Una vez que el agua pasa por el último filtro puede depositarse en los garrafones de 20 litros, botellas de 330 ml o recipientes de diferentes volúmenes de acuerdo con las exigencias de la empresa. A dichos recipientes con agua se les coloca sus respectivas tapaderas, se seca su exterior y se envía al proceso de almacenamiento y distribución. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

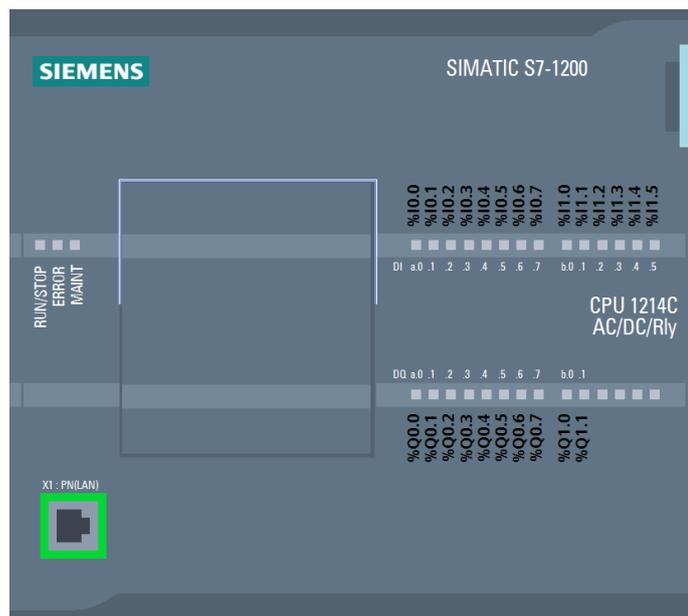
Independiente del proceso de purificación y antes del llenado se debe realizar las acciones de preparación de los garrafones para su llenado que son un lavado exterior con agua suavizada y jabón biodegradable, y un lavado interior con una solución sanitizante a presión. (CEVALLOS ROBALINO, y otros, 2010)

## **2.4. Automatización de procesos industriales.**

“La automatización de los procesos industriales constituye uno de los objetivos más importantes de las empresas en la siempre incesante tarea de la búsqueda de la competitividad en un entorno cambiante y agresivo.” (Garcia, 1999)

La automatización de una máquina, conjunto o equipo industrial se basa en la incorporación de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren el control y buen comportamiento del equipo o sistema frente a situaciones previstas de antemano y frente a eventos no esperados, beneficiando favorablemente al proceso y a los recursos humanos que lo asisten. (García, 1999)

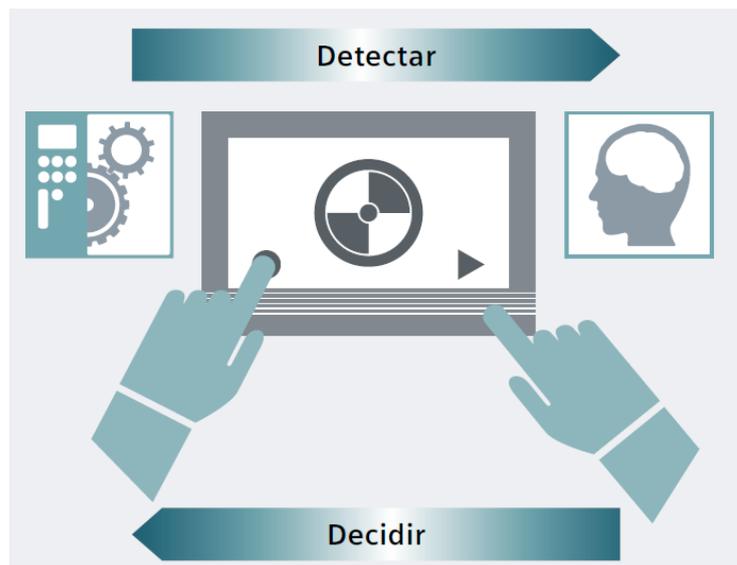
**2.4.1 PLC SIEMENS S7-1200.** Es un dispositivo electrónico que el usuario puede programar para ser utilizado para el control de la maquinaria que realiza los procesos de fabricación en líneas de manufactura. Los PLC están diseñados con inmunidad al ruido eléctrico, resistencia a la vibración y al impacto. “El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.” (SIEMENS, 2015)



**Figura 2-2** PLC S7 1200 1214 AC/DC/RL.  
Fuente: (SIEMENS, 2015)

**2.4.1.1 Ventajas del PLC.** Menor tiempo empleado en su elaboración. Se puede realizar modificaciones sin cambiar cableado. Mínimo espacio de aplicación. Menor costo. Menor costo de mantenimiento (SIEMENS, 2015)

**2.4.2 SIMATIC HMI.** El manejo y visualización de procesos son la única interfaz entre el hombre y la máquina, cuya interacción óptima conlleva una valiosa aportación. Los principales puntos en los que contribuye un HMI son productividad, eficiencia y facilidad de uso. Estos tres parámetros son sinónimos de competitividad, ventaja económica y ahorro de tiempo. (SIEMENS, 2015)



**Figura 2-3** HMI Funciones Básicas  
Fuente: (SIEMENS, 2015)

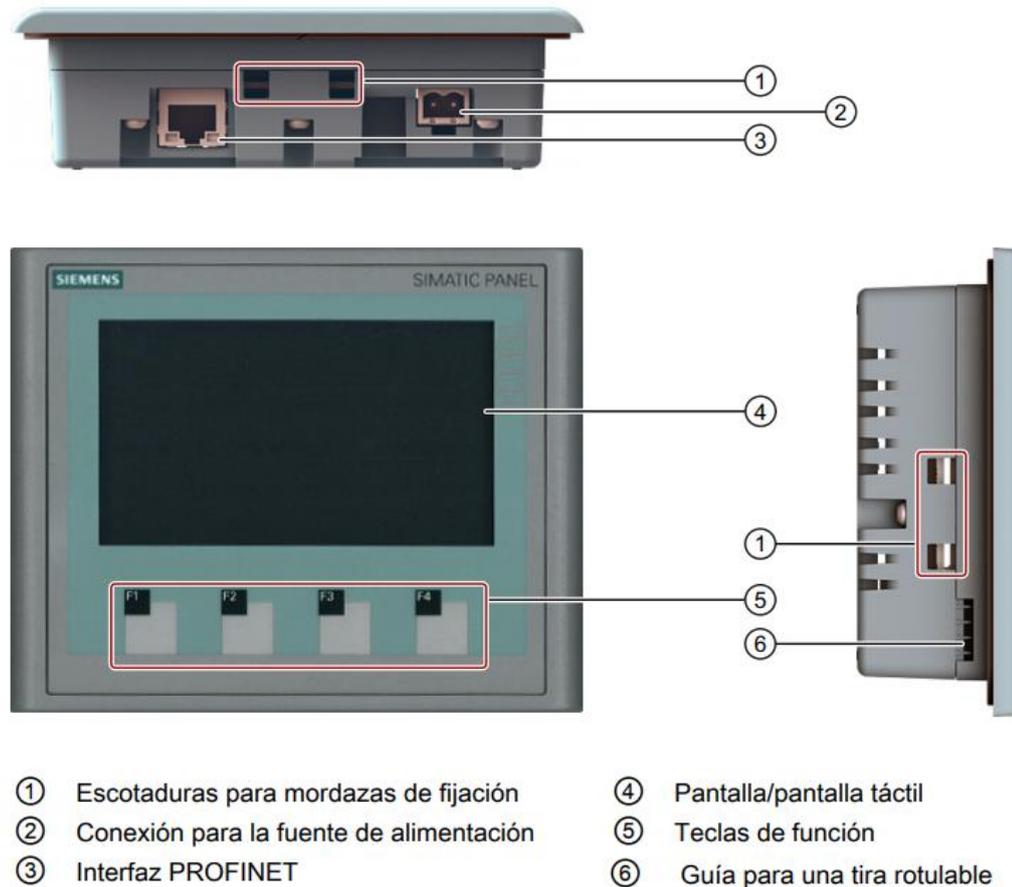
“Para aplicaciones sencillas con capacidades funcionales limitadas, en las que lo importante es un manejo rápido e intuitivo y una buena relación calidad-precio, se recomienda usar Basic HMI.” (SIEMENS, 2015)

Un equipo HMI conviene aplicarlo por su excelente calidad de imagen y potente visualización, lo que de por sí facilita enormemente el manejo de máquinas e instalaciones poco complejas.

Con soluciones flexibles y listas para conectar se gana, además, un tiempo muy valioso en las tareas de montaje e ingeniería.” (SIEMENS, 2015)

**2.4.3 Touch Panel KTP400 Basic.** Es un panel táctil de 4 pulgadas con pantalla a color y 4 teclas de función, para tareas HMI de complejidad limitada. Todos los dispositivos de la familia SIMATIC HMI Basic Panel se caracterizan por el mismo conjunto de funciones

básicas independientemente del tamaño elegido del dispositivo. El KTP400 Basic está diseñado para su uso en redes PROFINET para condiciones de espacio estrecho directamente en la máquina y en combinación con controladores SIMATIC S7-1200, pero también con otros controladores. (SIEMENS, 2015)



**Figura 2-4** Componentes KTP400 Basic.

Fuente: (SIEMENS, 2015)

**2.4.4 Sensores.** “Son dispositivos para detectar y señalar una condición de cambio con frecuencia se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material. También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color.” (IHMC Public CMAP, 2015)

**2.4.4.1 Importancia del uso de la tecnología de sensores.** La automatización de sistemas de producción necesita la utilización de componentes capaces de adquirir y transmitir información relacionada con el proceso. Los sensores cumplen con estos requerimientos, y por ello se han convertido en componentes cada vez más importantes en la tecnología de medición y control proporcionando la información necesaria en forma de variables

individuales del proceso. Las variables de estado del proceso pueden ser variables físicas como temperatura, presión, fuerza, longitud, ángulo de giro, nivel, caudal, etc. reaccionando con cada una de ellas y transfiriendo las correspondientes señales. (F.EBEL, 1993)

Se pueden clasificar los sensores por el tipo de señal de salida en dos grupos que son los sensores binarios y los sensores analógicos.

2.4.4.2 *Sensores ON / OFF*. “Convierten una magnitud física en una señal binaria, principalmente en una señal eléctrica con los estados “ON” o “OFF” (conectado o desconectado).” (F.EBEL, 1993).

**Presostato**. Es un elemento que abre o cierra un contacto cuando se ejerce en el mismo la presión para la cual ha sido diseñado o configurado previamente. (Sanchez, 2013)

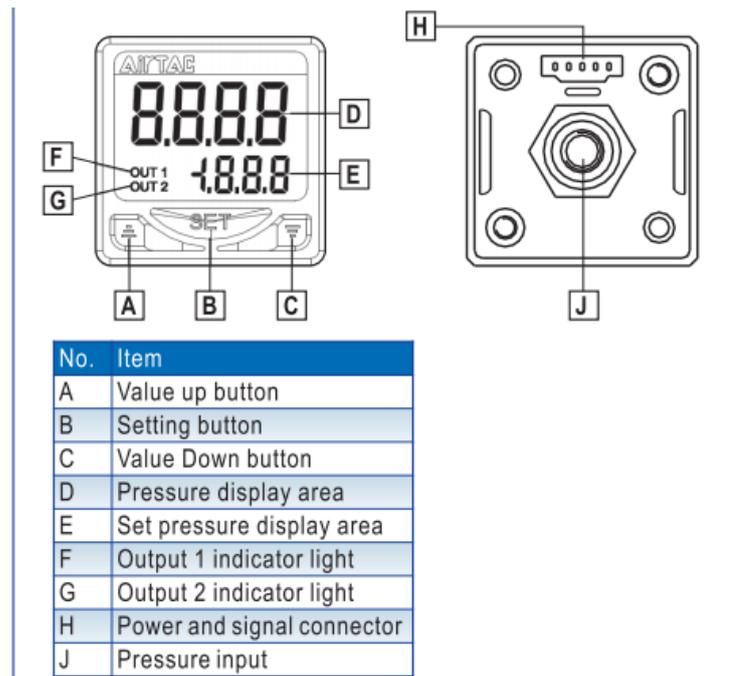


**Figura 2-5** Presostato DPSP1-10020  
Fuente: (AIRTAC, 2016)

**Tabla 2-1** Especificaciones DPSP1-10020

Entrada de poder	Voltaje	12-24 VDC
	Intensidad	45mA
Rango de presión	Tipo de fluido	No corrosivo
	Rango de medida	100 – 1000 KPA
Display	Tipo	LCD
	Salida	Doble salida LCD Display
	Color	2 color LCD(red/Green)
	Periodo	100, 250, 500, 1000 ms
Resistencia a la vibración		10-500Hz / 10mm amplitud
Unidades de presión		MPa, kPa, kgf/cm <sup>2</sup> , bar, psi, mmHg
Temperatura de operación		0 – 50 °C

Fuente: (AIRTAC, 2016)



**Figura 2-6** Interfaz de instrucciones de usuario DPSP1-10020  
**Fuente:** (AIRTAC, 2016)

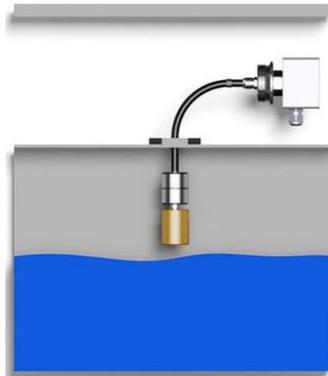
*Sensor de flujo de agua de paletas HFS-25.* Se cablean para cerrar un circuito y abrir un segundo circuito cuando el flujo de líquido excede o cae por debajo del caudal ajustado. Las paletas están diseñadas para proporcionar un rendimiento excelente donde se requieren precisión, confiabilidad y construcción robusta (IP54) en líneas de flujo de líquidos que transportan agua o cualquier fluido no dañino para el bronce, ni clasificados como fluidos peligrosos. (IHC, 2017)



**Figura 2-7** Control de flujo de agua HFS-25.  
**Fuente:** (IHC, 2017)

*Sensor de nivel de agua de flotador flexible (RCS-FLEX).* Es conveniente para su instalación en recipientes con espacio limitado en la tapa. Es un interruptor que se puede instalar horizontalmente sobre el tanque, colocando el tubo de desplazamiento flexible

con la abertura del tanque, además posee un peso que garantiza que el tubo de desplazamiento flexible siga siendo vertical. (REED Electronics AG, 2017)



**Figura 2-8** Sensor de nivel de agua de flotador flexible (RCS-FLEX).  
**Fuente:** (REED Electronics AG, 2017)

2.4.4.3 *Sensores analógicos.* “Son sensores que convierten una magnitud física en una señal analógica, principalmente una señal eléctrica de tensión o de intensidad.” (F.EBEL, 1993).

**Sensor de partículas por millón.** Es un sensor de conductividad de contacto, ideal para equipos de osmosis inversa y otras aplicaciones sin aguas aceitosas. Este accesorio puede instalarse en una línea o tanque, o puede invertirse y conectarse a un tubo vertical para su uso en una configuración de inmersión. (MYRON L COMPANY, 2017)



**Figura 2-9** Sensor PPM CS-51  
**Fuente:** (MYRON L COMPANY, 2017)

## CAPITULO III

### 3. ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL PURIFICADORAS DE AGUA.



**Figura 3-1** Logo AGUALUZ.  
Fuente: (AGUALUZ, 2016)

La empresa Agualuz desde el año 1998 empezó con la producción y distribución de sus productos al contar con una Planta Purificadora de Agua 1 y Envasadora 1, estas plantas desde sus inicios han funcionado con sistemas de mando y potencia mecánicos o electromecánicos, conforme paso el tiempo y con el incremento de demanda en el año 2011 se incorporó a su proceso una segunda planta purificadora controlada a través de tarjeta electrónica.

Los productos ofertados por esta empresa se detallan a continuación:

- Agualuz botellón (20 litros)
- Agualuz botella personal (500 cc)
- Agualuz galón (5 litros)

#### 3.1. Planta purificadora de agua 1

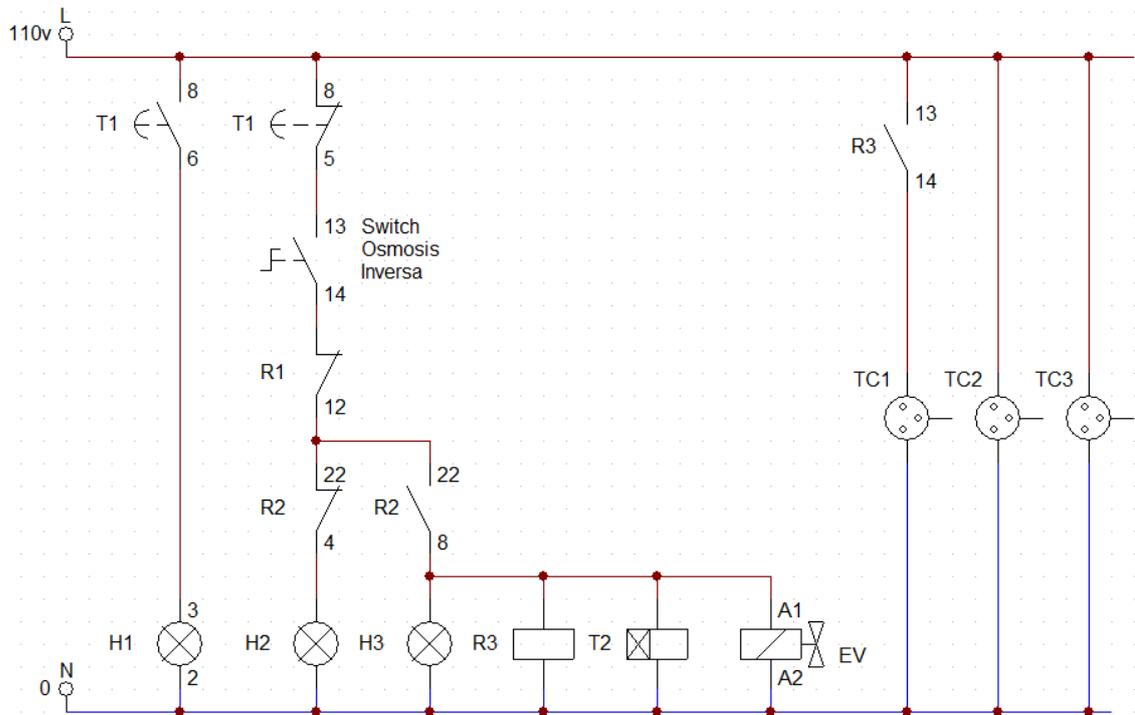
**3.1.1 Análisis del estado inicial de la Planta Purificadora 1.** Se determinará el estado de cada elemento que interviene, como punto de partida para establecer las actividades de mantenimiento y las mejoras a realizar. Este análisis se centrará en los elementos que controlan el proceso y después en los elementos que lo conforman.

3.1.1.1 *Estado inicial del tablero eléctrico de control.* En este elemento podemos encontrar dispositivos que funcionan en diferentes rangos de voltaje 24V, 110V y 220V AC. Estos dispositivos se determinan a continuación en el plano de conexión eléctrica.

**Tabla 3-1** Elementos Circuitos eléctricos de mando y potencia.

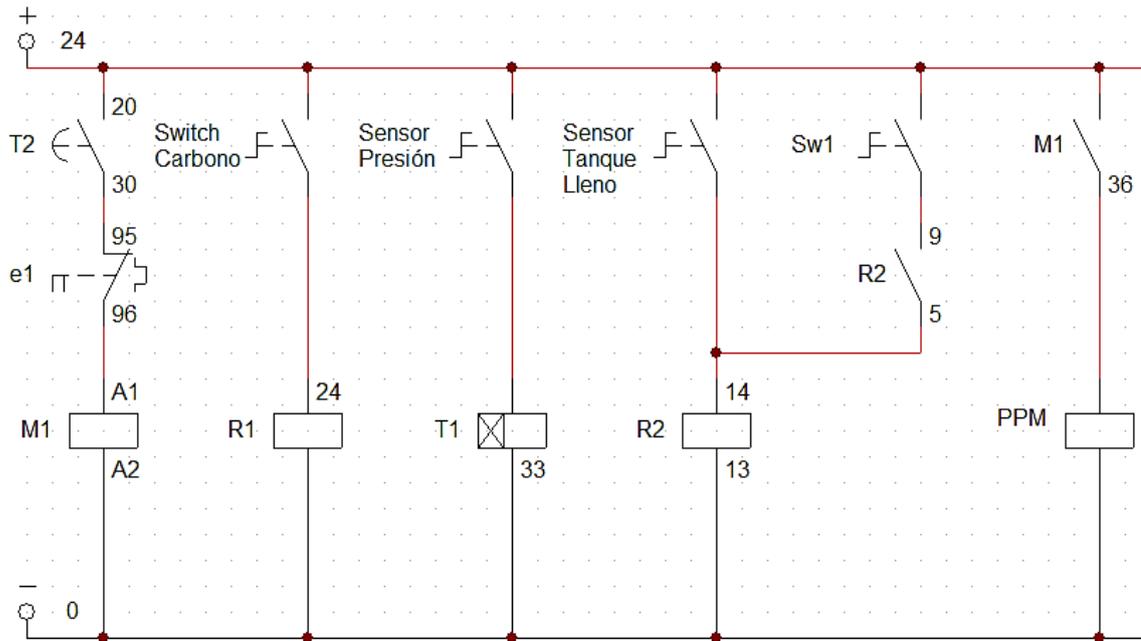
Símbolo	Nombre
R1	Relé 1
R2	Relé 2 Encendido de bomba
R3	Relé 3
T1	Temporizador 1
T2	Temporizador 2
EV	Electroválvula
H1	Lámpara baja presión
H2	Lámpara tanque lleno
H3	Lámpara bomba de operación
H4	Lámpara bomba envasado
M1	Bomba Osmosis
PPM	Bobina Placa Electrónica Partículas Por Millón
Sw1	Switch auxiliar tanque lleno
TC1	Tomacorriente 1: Alimentación bomba química
TC2	Tomacorriente 2: Alimentación inyector de ozono, ultravioleta 02 y ultravioleta 03
TC3	Tomacorriente 3: Alimentación ablandadores, carbono, ultravioleta 01.

Fuente: Autores



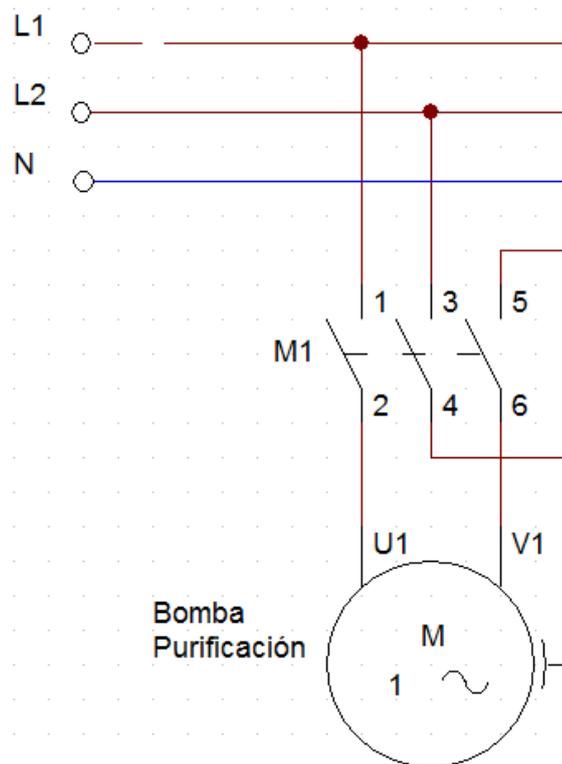
**Figura 3-2** Circuito Mando y potencia 110v Sistema de purificación

Fuente: Autores



**Figura 3-3** Circuito de mando a 24VAC para el Sistema de purificación

Fuente: Autores



**Figura 3-4** Circuito de Potencia Bomba Purificación

Fuente: Autores

3.1.1.2 *Elementos para la purificación de agua.* La planta y sus elementos fueron provistos por la empresa “Water Science Technology”. El mantenimiento de los mismos es ejecutado a condición y por lo general correctivo no planificado.



**Figura 3-5** Proceso de purificación de agua Planta 1  
Fuente: Autores

**Tabla 3-2** Elementos principales Planta Purificadora 1

Elemento	Gráfico	Parámetros eléctricos	
		Voltaje	Intensidad
Electroválvula		Voltaje	110/120 VAC
		Intensidad	0.2 A
		Frecuencia	50/60 Hz
Bomba Osmosis 1		Voltaje	208 - 230 VAC
		Intensidad	10.2 - 9.4 A
		Frecuencia	60 Hz
Ultravioleta 1		Voltaje	120 VAC
		Intensidad	1 A
		Frecuencia	60 Hz
Bomba Química		Voltaje	120 VAC
		Intensidad	1.4 A
		Frecuencia	50/60 Hz

Fuente: Autores

**3.1.2 Determinación de problemas existentes.** El mayor problema existente en esta planta es respecto al sistema eléctrico de mando y potencia, ya que los mismos en su totalidad se encuentran desarrollados con elementos de accionamiento electromecánico sujeto a desgaste, y que limitan la supervisión de la ejecución correcta del proceso. En lo que respecta a los elementos propios para la purificación el mayor problema es el funcionamiento continuo de varios de ellos a pesar de que el proceso no esté en uso, sea el caso para los elementos ultravioleta, este problema se puede atribuir al diseño del sistema eléctrico de control.

## 3.2. Planta purificadora de agua 2

**3.2.1 Análisis del estado inicial de la Planta Purificadora 2.** Se determinará el estado de cada elemento que interviene, como punto de partida para establecer las actividades de mantenimiento y las mejoras a realizar. Este análisis se centrará en los elementos que conforman el proceso y se conectan a las salidas o entradas de la placa electrónica provista por la empresa “La Casa Del Filtro”.



**Figura 3-6** Proceso de purificación de agua planta 2

Fuente: Autores

Esta planta cuenta con un presostato que solo permite que la bomba se active cuando la presión en la tubería se encuentre en un rango de 30 a 60 PSI.



**Figura 3-7** Tablero de control y mando Planta Purificadora 2  
Fuente: Autores

3.2.1.1 *Elementos principales para la purificación de agua en la planta 2.* Los elementos fueron provistos por la empresa “La Casa Del Filtro”. Su mantenimiento es ejecutado a condición y por lo general correctivo.

**Tabla 3-3** Elementos principales Planta Purificadora 2

Elemento	Gráfico	Parámetros eléctricos	
		Voltaje	Intensidad
Electroválvula 2		Voltaje	220VAC
		Intensidad	0.1 A
		Frecuencia	50/60 Hz
Bomba Osmosis 2		Voltaje	220VAC
		Intensidad	13A
		Frecuencia	50/60 Hz
Ultravioleta 4		Voltaje	100 - 240 VAC
		Intensidad	0.6 A max
		Frecuencia	50/60 Hz

Fuente: Autores

3.2.1.2 *Estado inicial de la placa electrónica.* La placa electrónica en este caso se encarga del control y manipulación de todos los elementos que componen el proceso, en caso de presentarse alguna irregularidad en las señales captadas por el sistema dicha placa cancela el proceso hasta que los sensores capten las señales aptas para el funcionamiento correcto, la limitación presente en dicha placa es la ausencia de protecciones adecuadas en caso de los distintos fallos que se puedan presentar en los actuadores conectados a la misma.



**Figura 3-8** Placa Electrónica Planta Purificadora 2  
**Fuente:** Autores

3.2.2 *Determinación de problemas existentes.* El mayor problema existente en esta planta es respecto a las protecciones eléctricas que deberían accionarse en caso de fallos para evitar consecuencias mayores a la placa o a los equipos conectados a la misma, respecto al mantenimiento se establecerá un cronograma para su realización ya que las actividades de mantenimiento casi en su totalidad se realizan sujetas a fallos, es decir mantenimiento correctivo no planificado.

### 3.3. Planta envasadora 1

3.3.1. *Análisis del estado inicial de la Planta Envasadora 1.* Se determinará el estado de cada elemento que interviene, como punto de partida para establecer las actividades de mantenimiento y las mejoras a realizar. Este análisis se centrará en los elementos que controlan el proceso y después en los elementos que lo conforman.



**Figura 3-9** Proceso envasado Agualuz  
**Fuente:** Autores

3.3.1.1 *Estado inicial de los elementos de control.* Estos elementos se encuentran dentro del tablero eléctrico de la Planta purificadora de agua 1, funcionan con voltajes de 24V y 220V AC. Estos dispositivos se determinan a continuación en el plano de conexión eléctrica.

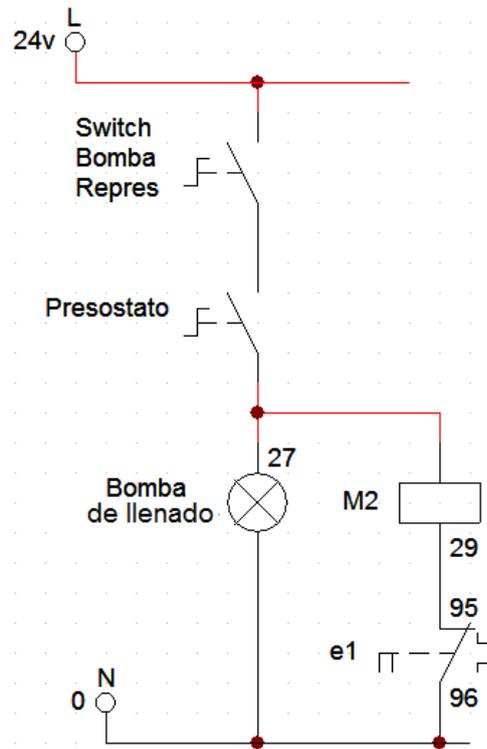
**Tabla 3-4** Elementos Circuitos eléctricos de mando y potencia Planta Envasadora.

Símbolo	Nombre
M2	Contactador Bomba envasado
H4	Lámpara Bomba envasado
e1	Protección térmica

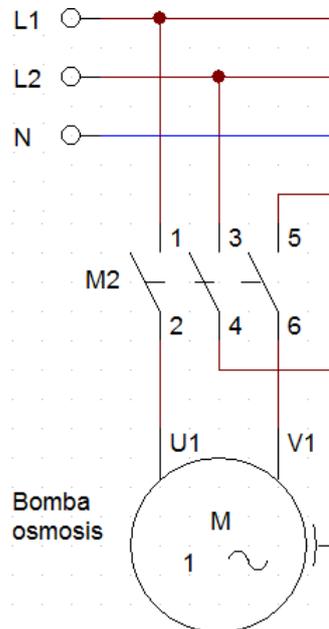
**Fuente:** Autores

El circuito que está instalado trabaja de manera que solo se encenderá la bomba al accionar un interruptor, y solo si el presostato recibe el valor de presión para el cual ha sido regulado.

El proceso de envasado tiene como elemento principal una bomba que trabaja en un rango de presión de 15 a 45 PSI.



**Figura 3-10** Circuito de Mando Envasadora  
**Fuente:** Autores



**Figura 3-11** Circuito Potencia Bomba Envasado  
**Fuente:** Autores

3.3.1.2 *Estado inicial de los elementos para el envasado de agua.* Los elementos fueron provistos por la empresa Water Science Technology. Su mantenimiento es ejecutado a condición y por lo general correctivo.

**Tabla 3-5** Elementos principales Planta Envasadora 1

Elemento	Gráfico	Parámetros eléctricos	
Bomba de llenado		Voltaje	220 VAC
		Intensidad	7 A
		Frecuencia	60 Hz
Ultravioleta 2		Voltaje	110 VAC
		Intensidad	0.69 A
		Frecuencia	50/60 Hz
Ultravioleta 3		Voltaje	120 VAC
		Intensidad	1 A
		Frecuencia	50/60 Hz
Ozono		Voltaje	120 VAC
		Intensidad	1.7 A
		Frecuencia	60 Hz

Fuente: Autores

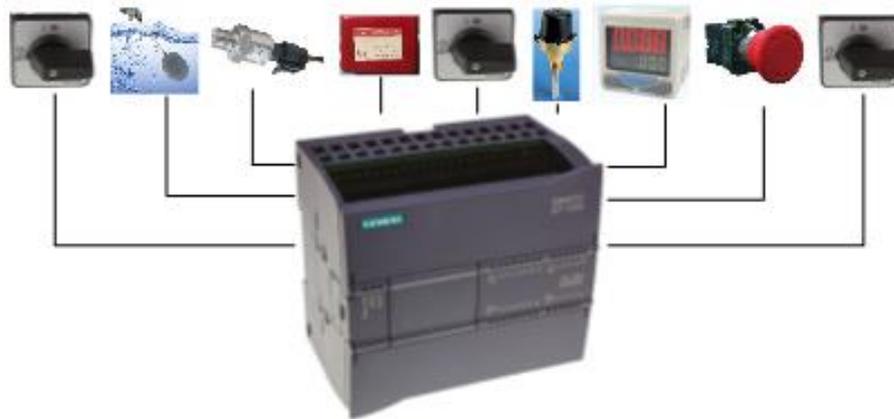
**3.3.2. Determinación de problemas existentes.** El mayor problema existente en esta planta corresponde al sistema eléctrico de mando y potencia que limitan la supervisión de la ejecución correcta del proceso y están sujetos a desgaste al ser en su mayoría elementos electromecánicos.

## CAPITULO IV

### 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 4.1. Acondicionamiento de las Plantas Purificadora 1 y Envasadora 1.

**4.1.1. Rediseño del sistema eléctrico de control con nuevos componentes.** Se incluyó un PLC y un TOUCH Panel que brindará como característica principal la integración de la manipulación y supervisión de los procesos de la Planta Purificadora 1 y de la Planta Envasadora 1, contando con nuevos sensores para mejorar la ejecución del proceso.



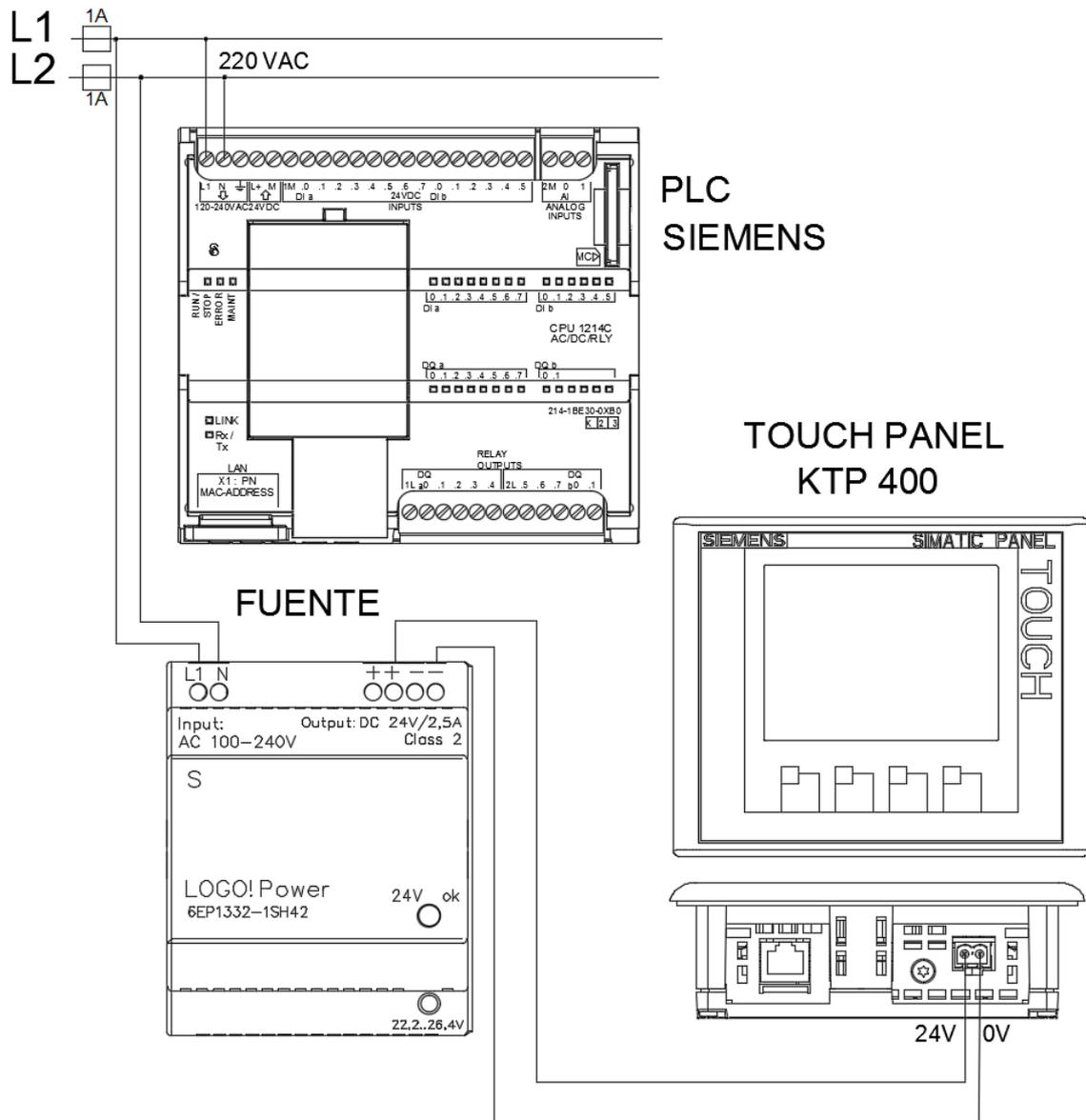
**Figura 4-1** Conexión de sensores al PLC

Fuente: Autores

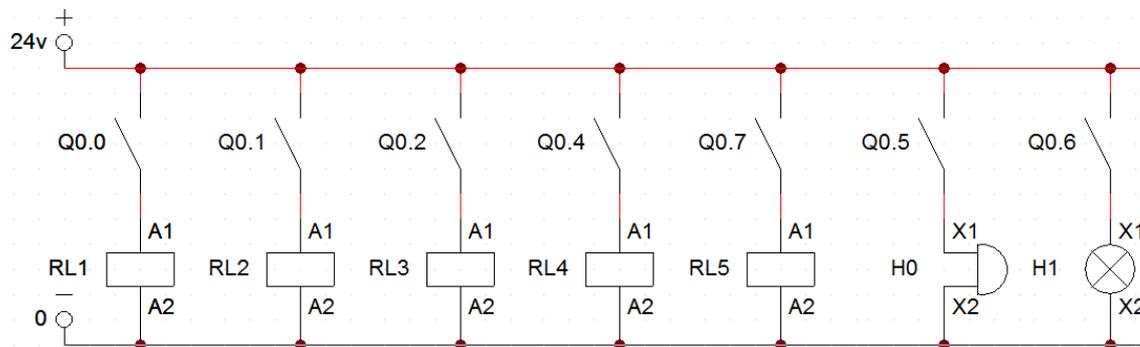
**Tabla 4-1** Variables Físicas PLC

Entradas		Salidas	
Elemento	Dirección	Elemento	Dirección
Switch Bomba osmosis	I 0.0	Contactador Bomba de llenado	Q 0.0
Sensor de tanque lleno	I 0.1	Contactador Bomba Osmosis	Q 0.1
Sensor de retro-lavado	I 0.2	Bomba Química	Q 0.2
Sensor de baja presión.	I 0.3	Electroválvula	Q 0.4
Sensor de flujo	I 0.4	Alarma	Q 0.5
Switch Bomba de llenado	I 0.5	Indicador de Tanque Lleno	Q 0.6
Sensor de presión.	I 0.6	Ultravioleta	Q 0.7
Paro de emergencia.	I 1.0		
Switch ultravioleta.	I 1.1		

Fuente: Autores

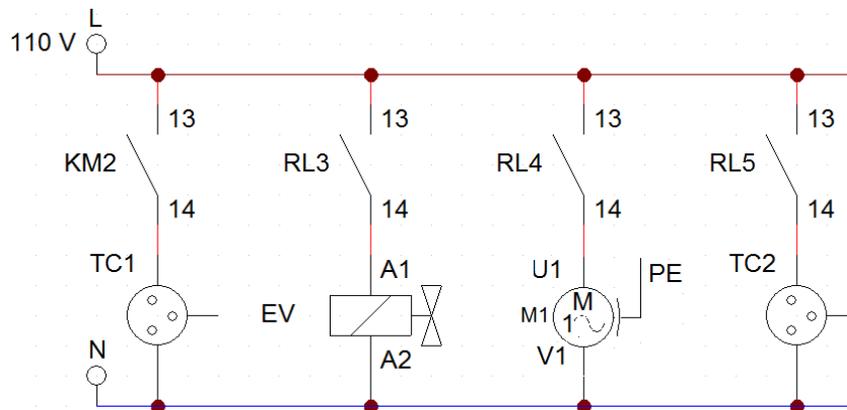


**Figura 4-2** Diagrama de alimentación eléctrica de los dispositivos electrónicos.  
**Fuente:** Autores



**Figura 4-3** Circuito de mando 24v Salidas PLC a dispositivos.  
**Fuente:** Autores

Las salidas del PLC se tomaron directamente al elemento H0 que es una sirena de alarma, y al elemento H1 que es un indicador de tanque lleno. Las demás salidas energizan relés que a su vez conectarán los dispositivos que trabajan tensiones de corriente alterna de 110 y 220 VAC.

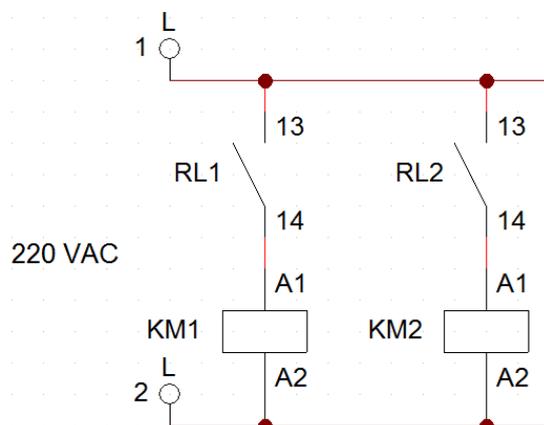


**Figura 4-4** Circuito de potencia dispositivos a 110 VAC.

Fuente: Autores

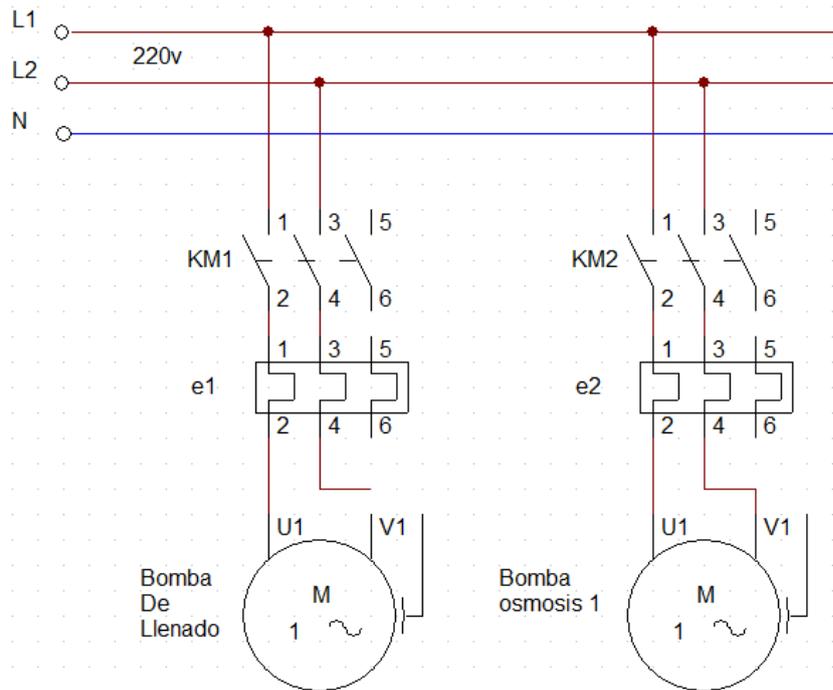
En el tomacorriente TC1 se conecta el dispositivo “Ozono”, mientras que en el elemento TC2 se conectan los tres dispositivos “Ultravioletas” de las plantas purificadora y envasadora. Los otros dos relés de la Figura 4-5 encienden una bomba química y una electroválvula. Todos estos dispositivos antes mencionados trabajan a 110 v y con la frecuencia de la red.

Para el accionamiento de las bombas principales de osmosis y de llenado se realizaron circuitos de mando y potencia a 220VAC con las respectivas protecciones eléctricas.



**Figura 4-5** Circuito de mando para Bombas de llenado y osmosis.

Fuente: Autores



**Figura 4-6** Circuito de potencia Bomba de llenado y osmosis.  
**Fuente:** Autores

**4.1.2. Dimensionamiento del tablero.** Se tomaron en cuenta las dimensiones de todos los dispositivos eléctricos, electromecánicos y electrónicos, dejando el espacio necesario para realizar su montaje y conexiones, dando como resultado un tablero metálico de 40 x 60 x 20 cm.

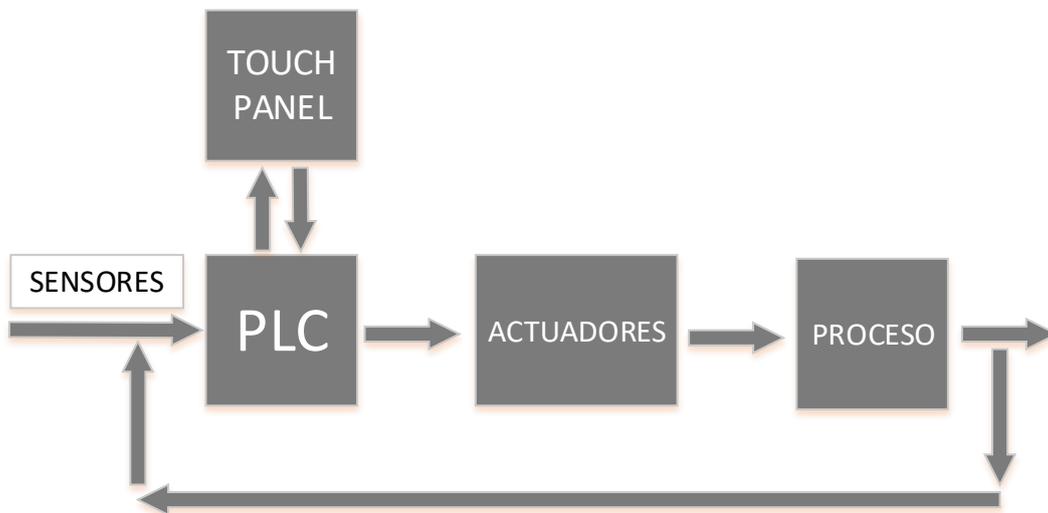
**4.1.3. Protecciones eléctricas.** Se dimensionaron correctamente las protecciones para los elementos y dispositivos del tablero eléctrico.

**Tabla 4-2** Detalle de Protecciones Instaladas Tablero de control eléctrico.

Elemento	Descripción	Intensidad máxima	Valor protección
Relé 1	Contactador 1	0.2 A	6 A
Relé 2	Contactador 2	0.2 A	6 A
Relé 3	Bomba Química	1.4 A	6 A
Relé 4	Electroválvula	0.2 A	6 A
Relé 5	Ultravioleta	3.69 A	6 A
Contactador 1	Bomba de llenado	7 A	7 A
Contactador 2	Bomba Osmosis	10.4 A	13 A

**Fuente:** Autores

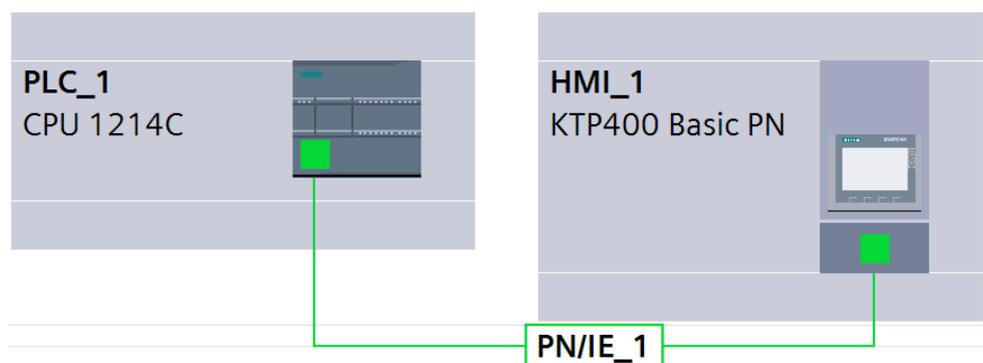
**4.1.4. Diagrama de bloques del proceso.** Describe gráficamente el funcionamiento del sistema automatizado, sus elementos y la manera en que se realiza su flujo de datos.



**Figura 4-7** Diagrama de bloques.  
Fuente: Autores

La conexión entre el Touch Panel y PLC se realiza sobre una red Ethernet IP a través de un conector RJ45, esta conexión en el campo industrial proporciona comunicación entre dispositivos con un óptimo rendimiento y además permite su control.

Esta conexión incorpora a sus beneficios la fiabilidad, durabilidad, velocidad, costos reducidos e integración con internet. Siendo la última muy importante cuando se tratan de procesos remotos.

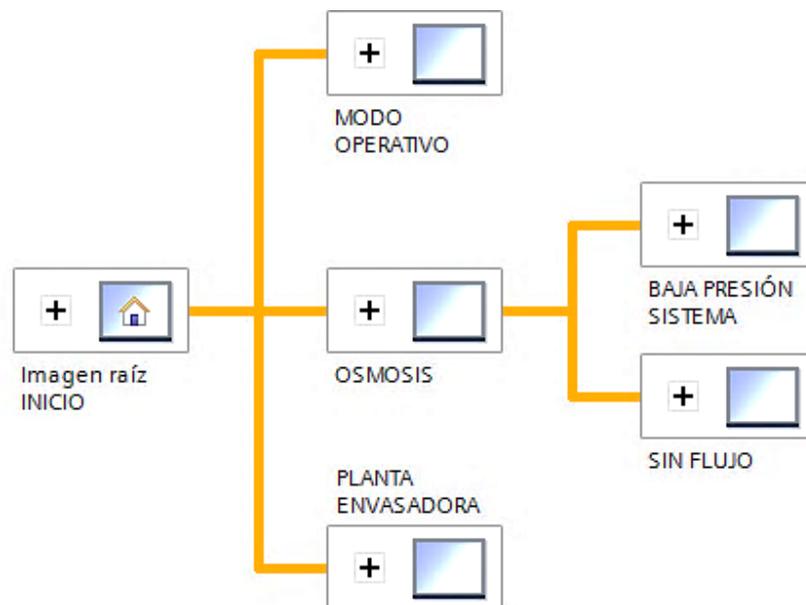


**Figura 4-8** Diagrama conexión PLC y Touch Panel.  
Fuente: Autores

**4.1.5. Beneficios obtenidos con el nuevo sistema de control.** Como principal beneficio a parte de una mejor manipulación y supervisión del proceso, se obtiene la detección fallos localizados o errores en el sistema, sus posibles causas y soluciones mediante el Touch Panel KTP400.

La ventaja de contar con un HMI es que ya no se realiza la conexión física de los elementos al PLC, sino ya se transfieren los datos a través de la red, lo que implicaría incluso la supresión de elementos como pulsadores o interruptores para procesos, así como de indicadores tales como lámparas, aunque la presencia de un paro de emergencia siempre será imprescindible en caso de presentarse alguna condición anómala no considerada en el sistema.

Dentro del Touch Panel se agregó una pantalla principal, la que muestra el logo de la empresa y posee tres botones, el botón llamado PLANTA ENVASADORA lo dirigirá a un esquema que visualiza mediante animaciones el proceso de envasado, el botón llamado OSMOSIS similarmente mediante animaciones de elementos permite visualizar el proceso de purificación y el botón llamado MODO OPERATIVO lo lleva a una pantalla con interruptores para manipular desde botones ON/OFF cualquiera de los dos procesos mencionados anteriormente.

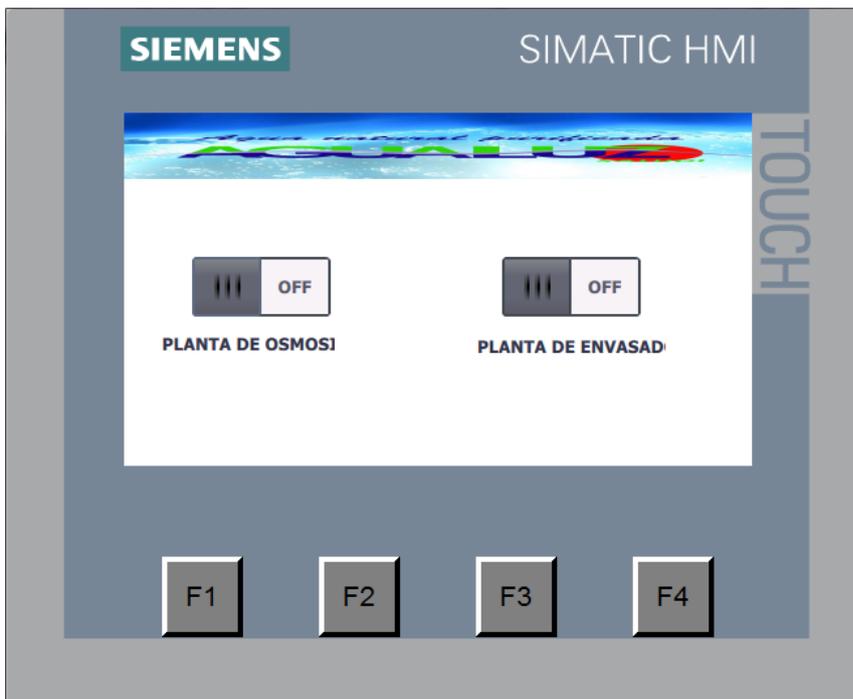


**Figura 4-9** Pantallas agregadas en el Touch Panel KTP400.  
**Fuente:** Autores



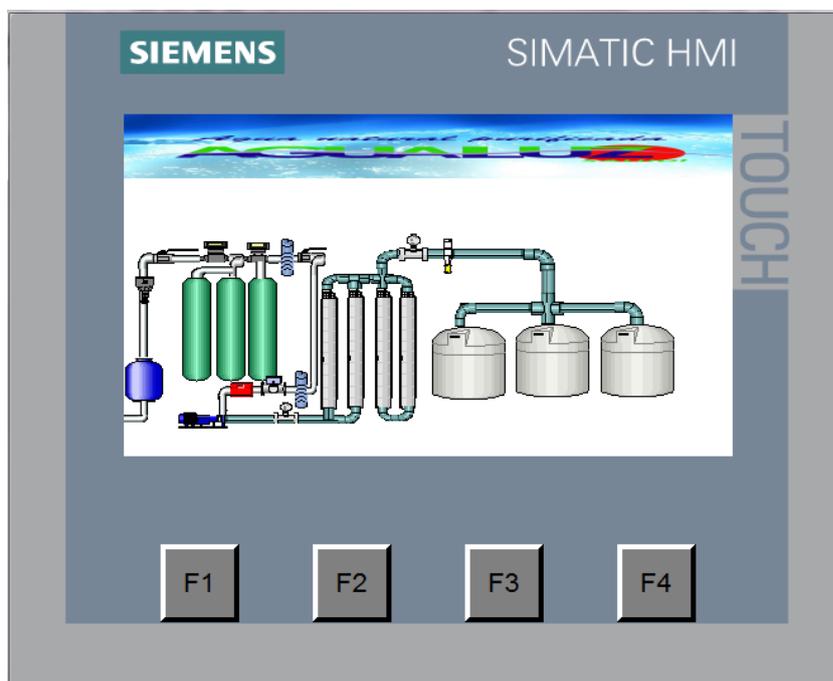
**Figura 4-10** Imagen Raíz Touch Panel.  
**Fuente:** Autores

En la Imagen del Touch panel llamada “Modo Operativo” los botones ON/OFF se encuentran vinculados a la variable de entrada del PLC que permite el encendido y apagado de los procesos.



**Figura 4-11** Imagen Touch Panel MODO OPERATIVO.  
**Fuente:** Autores

En la pantalla llamada OSMOSIS se supervisará la ejecución del proceso, además se visualizarán en la misma mensajes de aviso y de emergencia cuando se suscite una situación anómala fuera de los parámetros configurados para el funcionamiento correcto de las plantas.



**Figura 4-12** Imagen Touch Panel OSMOSIS.

Fuente: Autores

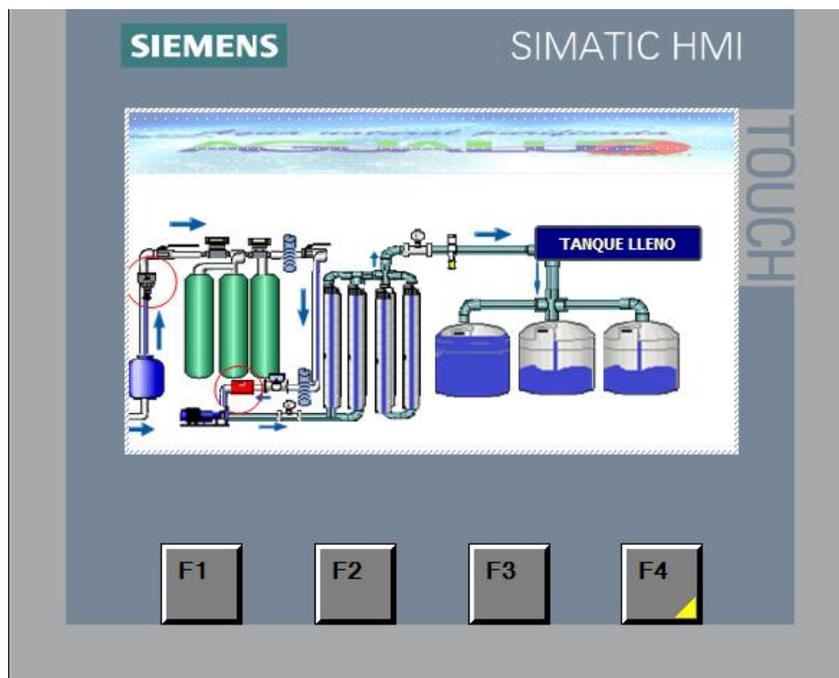
**Tabla 4-3** Botones emergentes pantalla OSMOSIS.

	Tipo de señal	Descripción	Botón Touch panel
<b>Botones Emergentes</b>	Aviso	Tanque lleno	<b>TANQUE LLENO</b>
	Emergencia	Bomba sin fluido	<b>BOMBA SIN FLUIDO</b>
		Presión baja	<b>PRESION BAJA</b>

Fuente: Autores

4.1.5.1. *Botones emergentes de aviso.* Estos elementos aparecerán en el Touch Panel sin importar la pantalla en el que este se encuentre, y significará que el proceso de osmosis se detuvo por alguna causa anómala previamente considerada, o se detuvo por que se llenaron al tope de la capacidad los tanques de almacenamiento de producto. En el caso de situaciones anómalas estos elementos emergentes se mantendrán activos y al presionarlos lo dirigen a otra pantalla que contiene las posibles causas del problema y soluciones, lo que facilitará eliminar el fallo y la inmediata puesta en marcha del proceso.

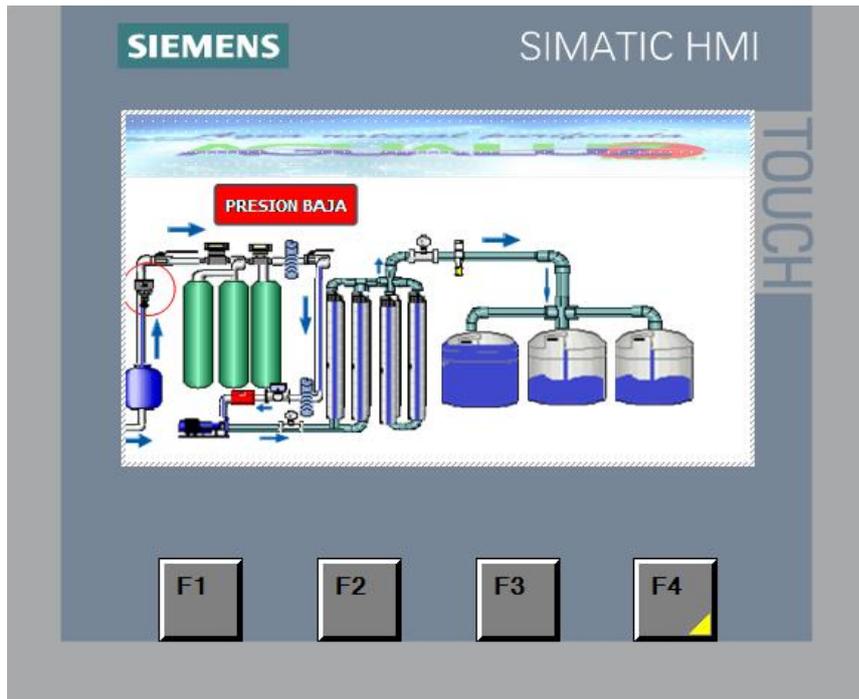
**Aviso Emergente “Tanque Lleno”.** Este elemento se activará cuando el sensor de nivel de los tanques de pre almacenamiento tenga contacto con el fluido en el nivel más alto del recipiente. Existen dos sensores de este tipo, uno para cada planta purificadora de agua, estos sensores están colocados a una distancia de 30 centímetros entre ellos y a 15 cm del borde superior del recipiente, esto implica que cuando el fluido alcance el primer sensor, se apaga la planta purificadora 2 disminuyendo la capacidad de producción y un tiempo después cuando el nivel alcance al segundo sensor desconecta la planta purificadora 1.



**Figura 4-13** Botón emergente Tanque lleno en pantalla OSMOSIS.  
**Fuente:** Autores

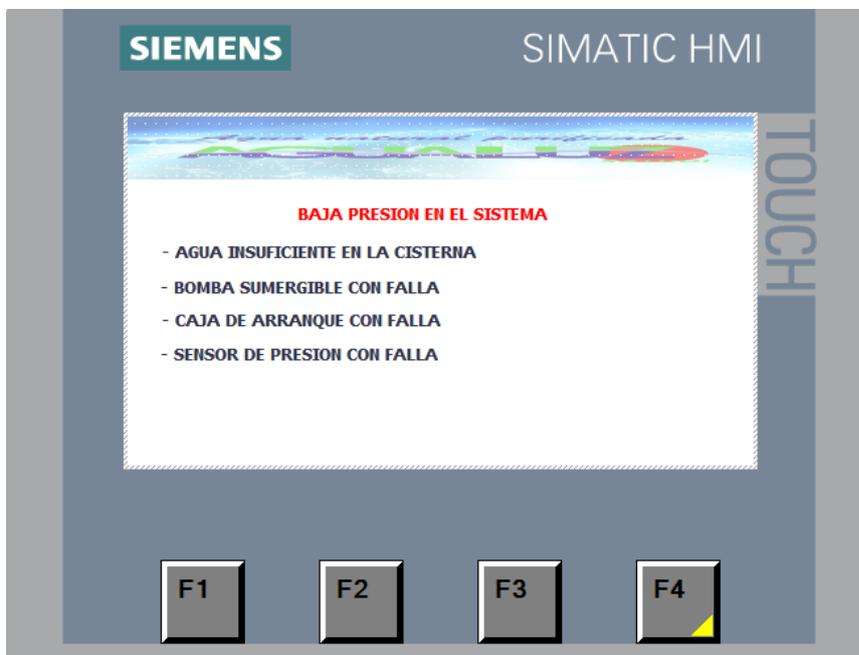
**Aviso Emergente “Baja Presión”.** Este elemento aparecerá cuando el PLC no capte la presión requerida para el proceso, bloqueando el inicio del mismo o deteniéndolo si está operando hasta que la presión alcance rangos recomendados.

El proceso se reguló para que la bomba de Osmosis solo trabaje cuando exista en el sistema una presión en el rango de 30 a 60 PSI, presiones inferiores o superiores a este rango son dañinas para los elementos del activo.



**Figura 4-14** Botón emergente Presión Baja en pantalla OSMOSIS.  
**Fuente:** Autores

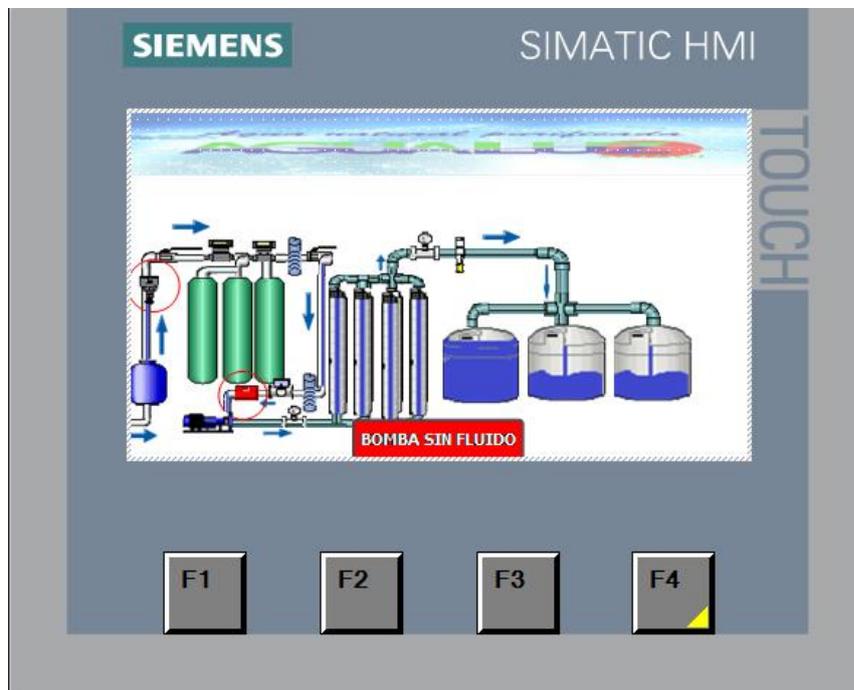
Al pulsar el botón “Presión Baja” en la pantalla Osmosis se desplegará la pantalla que contiene los posibles fallos.



**Figura 4-15** Posibles causas de baja presión en el sistema.  
**Fuente:** Autores

**Aviso Emergente “Bomba sin Fluido”.** Este elemento aparecerá cuando el PLC no capte la señal del sensor de flujo colocado después de la electroválvula y antes de la bomba de

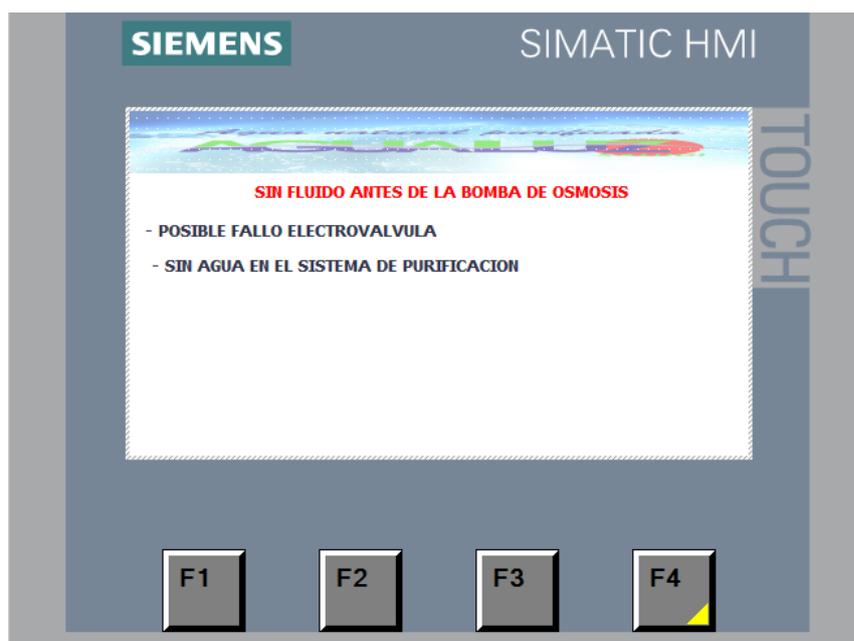
osmosis, este sensor de flujo se reguló para no partir el inicio del proceso y para apagarlo automáticamente en caso de inexistencia de flujo.



**Figura 4-16** Botón emergente Bomba sin fluido en pantalla OSMOSIS.

**Fuente:** Autores

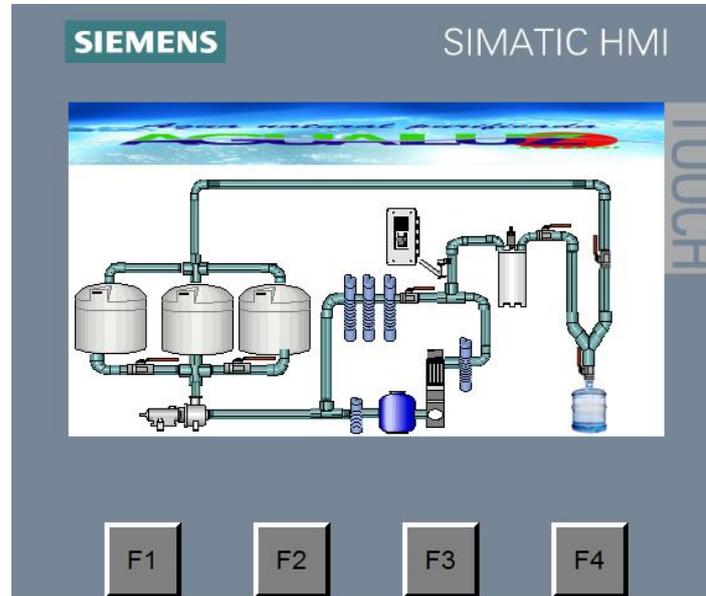
Al pulsar el botón “Bomba sin fluido” de la pantalla Osmosis se desplegará la pantalla que contiene los posibles fallos.



**Figura 4-17** Posibles causas de Bomba sin fluido.

**Fuente:** Autores

En la pantalla “Planta Envasadora” se visualizará el llenado de botellones empezando el proceso desde los tanques de pre almacenamiento hasta llegar al recipiente que se sellará y se pondrá a la venta.

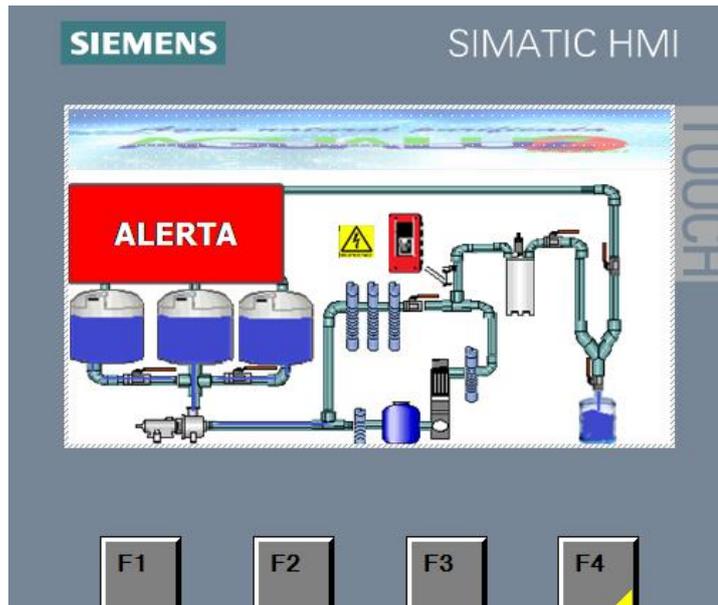


**Figura 4-18** Imagen Touch Panel PLANTA ENVASADORA.  
**Fuente:** Autores

Se muestra a continuación las pantallas “Planta Envasadora”, “Modo Operativo” y “Imagen Raíz Inicio” en las que aparecerá el botón llamado ALERTA cuando se presente un fallo y se detenga el proceso.



**Figura 4-19** Botón Alerta en pantalla Imagen Raíz Inicio  
**Fuente:** Autores



**Figura 4-20** Botón Alerta en pantalla Planta Envasadora  
 Fuente: Autores



**Figura 4-21** Botón Alerta en pantalla Modo Operativo  
 Fuente: Autores

## 4.2. Acondicionamiento de la planta purificadora 2.

**4.2.1. Protección de la placa electrónica.** Se colocó fusibles y térmicos en las salidas por relé de la placa electrónica, estos se calcularon en base al consumo de cada actuador conectado, para así evitar daños en la misma en caso de fallo de los elementos que pudieran causar sobre intensidades y sobretensiones que tendrían consecuencias graves para el sistema.

**Tabla 4-4** Detalle de protecciones instaladas Planta Purificadora 2.

<b>Elemento</b>	<b>Intensidad máxima</b>	<b>Tipo de protección</b>	<b>Valor nominal</b>
Electroválvula	0.69 A	Fusible	1 A
Bomba Alta Presión 2	13 A	Fusible	16 A

Fuente: Autores



**Figura 4-22** Placa electrónica con protecciones.

Fuente: Autores

**4.2.2. Ósmosis inversa.** Cabe recalcar que dentro del proceso de purificación la parte más importante es el proceso de osmosis inversa, ya que es ahí donde se separa el producto terminado y el agua de rechazo.

El osmosis inversa es una tecnología de purificación de agua mediante la cual se logra un elevado porcentaje de retención de contaminantes, disueltos y no disueltos (hasta un 99% de retención de sales disueltas). (SEFILTRA S.A, 2017)

Este procedimiento se desarrolla cuando dos líquidos, con distinta concentración salina, están separados por una membrana semipermeable, estableciendo una diferencia de presión entre una y otra parte de la membrana que es función de la diferencia de

concentraciones. Esta presión, denominada osmótica, hace pasar agua pura del lado de menos concentración hacia el lado de más concentración, hasta que las concentraciones se igualen. Inversamente, si se aplica al sistema una presión superior a la osmótica y de sentido contrario, es el agua pura del lado de mayor concentración la que pasa hacia el de menor concentración. En conclusión, podemos decir que el fenómeno de la Ósmosis está basado en la búsqueda del equilibrio. (SEFILTRA S.A, 2017)

Este fenómeno, que juega un papel fundamental en el metabolismo de todas las células vivas, puede utilizarse como método de desalinización o desmineralización, utilizando además medios muy simples. (SEFILTRA S.A, 2017)

Así, con equipos cuya sofisticación podemos incrementar en función de la calidad de agua requerida, o del tipo de controles que se desee aplicar, podemos obtener agua para riego a partir de aguas residuales, agua potable a partir de agua salobre o incluso marina, agua purificada a partir de agua de red potable, etc. (SEFILTRA S.A, 2017)

Cabe recalcar que para este proceso el agua ya debe pasar por un proceso previo que acondicione el agua para que ingrese al ósmosis inversa y no afecte los equipos y el proceso de purificación sea efectivo.

**Tabla 4-5** Equipos y componentes principales para Ósmosis inversa.

Equipos	Fuente de presión
	Pretratamiento acondicionador
	Contenedores y membranas de ósmosis inversa
	Sistema de regeneración
	Instrumentación
	Cuadro de protección, mando y control
Componentes	Bombas dosificadoras para adición de productos químicos con sensor de bajo nivel.
	Pre filtración a 5 micras.
	Membranas de ósmosis tipo TFC arrollada en espiral.
	Bombas de alta presión de tipo multi-etapa.
	Válvulas reguladoras de flujo en Inox.
	Medidores de flujo y conductividad.
	Control de presión en membrana y en agua tratada.
	Sistema de limpieza automático y flushing con tanque de almacenamiento.
Cuadro de mando con sinóptico, comandado por autómatas programables.	

**Realizado por:** (autores)

**Fuente:** Autores

### 4.3. Plan de mantenimiento.

4.3.1. *Descripción de equipos del tablero eléctrico.* Ya que no existen una gran cantidad de elementos electrónicos dentro de la empresa se han codificado los elementos solo por su nombre o siglas.

**Tabla 4-6** Elementos principales tablero eléctrico de control.

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>
PLC S7 1200	1
Fuente LOGO!	1
Contactores electromagnéticos	2
Relés 24V DC	5
Lámparas 24 V DC	2
Lámparas 220 V AC	2
Placa PPM	1
Presostato digital	1
Sirena alarma 24 V DC	1

**Fuente:** Autores

4.3.1.1. *Tareas de mantenimiento dispositivos electrónicos.* Se establecieron actividades a realizar para los elementos principales que se encuentran dentro del tablero eléctrico. Empezaremos describiendo las actividades preventivas comunes para el PLC y para el Touch Panel que son los activos más importantes.

Por lo general estos elementos tienen protecciones internas y son casi completamente cerrados por lo que su mantenimiento se limita a acciones de rutina, especialmente para evitar acumulación de suciedades y para verificar ajuste en sus terminales.

**Tabla 4-7** Tareas de mantenimiento dispositivos electrónicos.

<b>Equipo: PLC</b>	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Inspección (incluye limpieza y ajuste)	Trimestral
Revisión de software	Anual
<b>Equipo: Touch panel KTO 400</b>	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Inspección (incluye limpieza y ajuste)	Trimestral
Revisión de software	Anual

**Fuente:** Autores

**Tabla 4-8** Tarea Limpiar y ajustar equipo PLC.

<b>Equipo:</b>		PLC Siemens s7 1200	
<b>Tarea:</b>	Limpiar y ajustar.	<b>Frecuencia:</b>	Trimestral
			
<p><b>PROCEDIMIENTO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconectar la alimentación de voltaje del PLC.</li> <li>• Quitar todas las conexiones, terminales U y conectores RJ45, desatornillar y desmontar el PLC del riel DIN.</li> <li>• Inspeccionar y limpiar los contactos y terminales de la fuente, CPU y módulos de entrada y salida digitales.</li> <li>• Probar continuidad a los cables de las conexiones de entrada y salida.</li> <li>• Montar nuevamente sobre el perfil.</li> <li>• Ajustar los tornillos de borneras de entrada y salida.</li> <li>• Revisar que los cables no queden tensionados y estén dentro de la canaleta. Conectar las fuentes de alimentación del PLC.</li> </ul>			
<p><b>MATERIALES:</b> Jabón líquido, limpiador de contactos, soplador de aire.</p>		<p><b>HERRAMIENTAS:</b> Brocha, guaípe, franela, destornillador plano</p>	

Fuente: Autores

**Tabla 4-9** Tarea limpiar y revisar KTP 400.

<b>Equipo:</b>		Touch Panel KTP 400	
<b>Tarea:</b>	Limpiar y revisar.	<b>Frecuencia:</b>	Trimestral
			
<p><b>PROCEDIMIENTO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconectar la alimentación de voltaje.</li> <li>• Inspeccionar de forma visual los contactos y terminales.</li> <li>• Reajustar los tornillos de borneras de entrada y salida de la pantalla y conector RJ45 que viene desde el PLC.</li> <li>• Ajustar los tornillos que sostienen a la pantalla con el tablero.</li> <li>• Revisar que no exista golpes ni fisuras en la pantalla.</li> <li>• Limpiar el polvo de la pantalla con la ayuda del soplador de aire.</li> <li>• Utilizar agua con jabón líquido para limpiar la pantalla.</li> <li>• Verificar que no haya fisuras</li> </ul>			
<p><b>MATERIALES:</b> Jabón líquido, limpiador de contactos, soplador de aire.</p>		<p><b>HERRAMIENTAS:</b> Brocha, guaípe, franela, destornillador plano</p>	

Fuente: Autores

**4.3.2. Descripción de los equipos principales de las plantas purificadoras de agua y envasadora.** Se enlistarán a continuación todos los equipos principales del proceso que se consideraron para la planificación del mantenimiento.

**Tabla 4-10** Elementos principales plantas.

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>
Bomba Osmosis	2
Bomba Química	2
Bomba de llenado	1
Filtro de carbono	2
Membranas	8
Ozono	2
Ultravioleta	4

**Fuente:** Autores

**4.3.2.1. Tareas de mantenimiento equipos de planta purificadora.** Se detallan las actividades de mantenimiento principales para cada equipo.

**Tabla 4-11** Tareas mantenimiento equipos de purificación.

<b>Equipo:</b> Bombas de agua de alta presión y bomba envasado.	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Verificación parámetros eléctricos	Semanal
Inspección (incluye limpieza y ajuste)	Mensual
Mantenimiento general.	Semestral
<b>Equipo:</b> Carbón activo	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Inspección (incluye limpieza y ajuste)	Semestral
Cambio carbón	Anual
<b>Equipo:</b> Filtro de carbón	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Cambio filtro	Mensual
<b>Equipo:</b> Membranas	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Inspección (incluye limpieza y ajuste)	Semestral
Cambio membrana interna LP40-40	Anual
<b>Equipo:</b> Ozono	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Inspección (limpieza)	Semestral
Cambio reactores	Tres años
<b>Equipo:</b> Ultravioleta	
<b>Tareas:</b>	<b>Frecuencia:</b>
Inspección (incluye limpieza y ajuste)	Semestral
Cambio lámparas UV	Trimestral

**Fuente:** Autores

**Tabla 4-12** Plan de mantenimiento

Ítem	Tarea	Herramientas y Materiales, repuestos.	Frecuencia				
			S	M	T	SM	A
1	Inspección de los componentes de las plantas (incluye limpieza y ajuste)	Guaípe, Aire comprimido, Aerosol Limpiador de contactos, Kit de destornilladores				X	
2	Verificación de parámetros eléctricos en las bombas.	Multímetro	X				
3	Revisión de software PLC y Touch Panel.	PC Cable de red					X
4	Mantenimiento general bombas de osmosis y bomba de envasado.	Mantenimiento externo Cambio de rodamientos, sellos, mantenimiento turbinas.				X	
5	Cambio de carbón del equipo de carbón activo.	Carbón, Juego de llaves.					X
6	Cambio de filtros de 1, 5 y 10 micras.	Filtros, Juego de llaves		X			
7	Cambio membrana interna LP40-40.	Membranas, juego de llaves.					X
8	Cambio de reactores del ozono.	Reactores, juego de llaves, destornilladores.					
9	Cambio lámparas UV.	Lámparas, destornilladores			X		

Fuente: (Autores, 2017)

Para ayudar a la ejecución del plan de mantenimiento se puede utilizar la herramienta Check List en la que se establece las características o parámetros básicos a revisar en la tarea de inspección.

**Tabla 4-13** Check List Planta Purificadora 1 y Envasadora 1.

CHECKLIST						
Equipo: Planta Purificadora 1			Frecuencia:			
Fecha			T. Estimado:			
Realizado por:			T. Real:			
Ítem	Descripción	Cumple		Acción	Observaciones	
		Si	No			
1	Ajuste de terminales de las bombas.					
2	Ausencia de Grietas o agujeros en la carcasa de la bomba de osmosis.					
3	Ausencia de fugas pequeñas en las entradas de los componentes.					
4	Funcionamiento de indicadores análogos de caudal y presión.					
5	Buen estado de carcasa de los componentes.					
6	Funcionamiento correcto de sensores					

7	El PLC recibe las señales de todos los sensores.				
8	Ajuste correcto en los terminales de los contactores electromagnéticos de las bombas.				
9	Funcionamiento correcto de todos los botones y mensajes del Touch Panel.				
10	Intensidad y tensión eléctrica dentro de los parámetros óptimos de funcionamiento en electroválvula, bomba osmosis, bomba química y bomba de envasado.				
<b>Firma:</b>					
<b>Responsable</b>					

Fuente: (Autores, 2017)

**Tabla 4-14** Check List planta purificadora 2

<b>CHECKLIST</b>					
<b>Equipo:</b> Planta Purificadora 2			<b>Frecuencia:</b>		
<b>Fecha</b>			<b>T. Estimado:</b>		
<b>Realizado por:</b>			<b>T. Real:</b>		
Ítem	Descripción	Cumple		Acción	Observaciones
		Si	No		
1	Ajuste de terminales de las bombas				
2	Ausencia de Grietas o agujeros en la carcasa de la bomba de osmosis.				
3	Ausencia de fugas pequeñas en las entradas de los componentes				
4	Funcionamiento de indicadores análogos de caudal y presión				
5	Buen estado de carcasa de los componentes				
6	Funcionamiento correcto de sensores de presión.				
7	Ajuste correcto en los terminales de los contactores electromagnéticos de las bombas.				
8	Intensidad y tensión eléctrica dentro de los parámetros óptimos de funcionamiento en electroválvula, bomba osmosis, bomba química.				
<b>Firma:</b>					
<b>Responsable</b>					

Fuente: (Autores, 2017)

**Tabla 4-15** Agenda de mantenimiento.

<b>Agenda de mantenimiento preventivo</b>															
<b>Empresa</b>		AguaLuz	<b>Área</b>	Producción											
<b>Responsable</b>															
<b>Fecha de inicio</b>		Enero 2018	<b>Periodo</b>	2017-2018											
<b>N°</b>	<b>Equipo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Calendario</b>											
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Plantas purificadoras y envasadora.	Inspección de los componentes de las plantas (incluye limpieza y ajuste)	Semestral			X							X		
2	Bombas	Verificación de parámetros eléctricos en las bombas.	Semanal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	PLC, Touch panel	Revisión de software PLC y Touch Panel	Anual					X						X	
4	Bombas	Mantenimiento general bombas de osmosis y bomba de envasado.	Semestral	X							X				
5	Carbón activo	Cambio de carbón del equipo de carbón activo.	Anual									X			
6	Filtros	Cambio de filtros de 1, 5 y 10 micras.	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Membranas osmosis	Cambio membrana interna LP40-40	Anual									X			
8	Ozono	Cambio de reactores del ozono.	3 años									X			
9	UV	Cambio lámparas UV	Trimestral		X			X				X			X

**Fuente:** Autores

## **CAPITULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Los sistemas electromecánicos de control que utilizaban antiguamente las plantas purificadora y envasadora han disminuido su calidad con relación a los sistemas automáticos actuales como es el PLC, por lo que al generar un cambio de control electromecánico a un control automático hemos mejorado los tiempos para detección de falla, así como la solución de ellas.

Las plantas purificadora 1 y envasadora es prácticamente controlada por el PLC y HMI con el objetivo de precautelar a los equipos.

Con la ayuda del PLC y HMI la empresa AGUALUZ ha reducido las pérdidas por producción debido a que la planta purificadora 1 y envasadora han disminuido drásticamente sus tiempos de indisponibilidad, por lo cual ha generado más ganancias. Y con respecto a la segunda planta purificadora se colocó las respectivas protecciones a la placa electrónica, con lo cual se garantizara la vida útil del mismo.

La empresa AGUALUZ no disponía internamente de un folleto para el control del mantenimiento preventivo-correctivo, por lo que se generó un documento el cual explica todo el mantenimiento que se debe realizar a las plantas purificadora 1 y purificadora 2; y así prevenir los paros o fallos imprevistos.

El aporte de la carrera en este proyecto se materializa en la automatización, la que optimiza el proceso industrial, formando parte de un mantenimiento mejorativo por medio de un traslado tecnológico.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Dar a conocer a los operarios de las plantas que trabajan con el PLC y el Touch Panel las nuevas funcionalidades agregadas al sistema, para la correcta utilización de los dispositivos y para que los avisos de alerta cumplan con la función para la cual se agregaron.

Socializar el plan de mantenimiento con los técnicos y con el ente mandante de la empresa para el abastecimiento de materiales y repuestos, correcta programación de actividades y ejecución de las mismas.

Cambiar la placa electrónica de la planta purificadora 2 encargada del control y manipulación de todos los elementos que componen el proceso de la planta, por un sistema de manipulación y supervisión automática mediante el PLC y HMI como se lo realizó en la planta purificadora 1.

Se podría aprovechar aún más la capacidad del PLC agregando nuevos sensores y actuadores que permitan dosificar la cantidad exacta de producto dependiendo los diferentes recipientes, y calcular la cantidad de producto total envasado y perdido en procesos y agua de rechazo.

Se recomienda a la empresa mejorar todo el cableado eléctrico existente debido a que se encuentran en un ambiente húmedo, como sugerencia se debería usar cables aislados contra la humedad como puede ser un cable THHN y estos introducidos en mangueras helicoidales para prever la corrosión de los mismos. También que los cables lleguen con prensa estopa directamente a las bombas para que no exista ingreso de humedad a la parte eléctrica y así asegurar riesgos a los operarios.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUALUZ.** *Agua Natural Purificada* . [En línea] 2016. [Consulta: 19 de Noviembre de 2017.] Disponible en: <http://www.distribamba.com/agualuz.html>.

**AGUASISTEC.** *Solución En Tratamiento De Agua*. [En línea] 2017. [Consulta: 05 de NOVIEMBRE de 2017.] Disponible en: <http://www.aguasistec.com/planta-embotelladora-de-agua-de-mesa.php>.

**AIRTAC.** *Preparation Unit DPS Series*. [En línea] 2016. [Consulta: 19 de 11 de 2017.] Disponible en: <https://trimantec.com/wp-content/uploads/2016/03/Airtac-Pressure-Switches.pdf>.

**CEVALLOS ROBALINO, Lenin Estuardo & ASTUDILLO MARTÍNEZ, Washington Javier.** Estudio de la factibilidad para la creación de una empresa de tratamiento, purificación y envasado de agua para el consumo humano. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería Industrial. Riobamba, Ecuador*. [En línea] (tesis) (ingeniería) 2010. pp. 10-20. [Consulta: 04 de Noviembre de 2017.] Disponible en: <http://dspace.espolch.edu.ec/bitstream/123456789/1448/1/85T00164.pdf>.

**FEBEL.** *Sensores para la técnica de procesos y manipulación*. Festo Didatic KG, 1993. ISBN 3-8127-3047-2.

**GARCÍA, Emilio.** *Automatización de procesos Industriales*. Valencia : Universidad Politecnica de Valencia, 1999. ISBN: 978-84-7721-759-1999.

**IHC.** WATER FLOW SWITCH. [En línea] 2017. [Consulta: 19 de Noviembre de 2017.] Disponible en: <http://www.myungji.co.kr/pdf/1353653623.pdf>.

**IHMC Public CMAP.** *Sensores Fundamentos, Tipos y Características*. [En línea] AUGUST de 2015. [Consulta: 05 de 11 de 2017.] Disponible en: <http://cmappublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas.pdf>.

**MYRON L COMPANY.** *Conductivity sensor CS51*. [En línea] 2017. [Consulta: 21 de Noviembre de 2017.] Disponible en: [http://www.myronl.com/PDF/Sensor\\_Data/cs51\\_sensor\\_sd.pdf](http://www.myronl.com/PDF/Sensor_Data/cs51_sensor_sd.pdf).

**NTE INEN 2200, INEN.** *Agua purificada envasada. Requisitos*. QUITO : INEN, 2017.

**REED Electronics AG.** *Flexible float switch*. [En línea] 2017. [Consulta: 21 de Noviembre de 2017.] Disponible en: [http://www.reed.ch/en/sensors/float\\_switches/flexible\\_float\\_switch/](http://www.reed.ch/en/sensors/float_switches/flexible_float_switch/).

**SÁNCHEZ, José Acedo.** *Instrumentación y control básico de procesos.* Madrid : Ediciones Díaz de Santos. S.A., 2013. ISBN: 978-84-9969-505-1.

**SIEMENS.** *PLC siemens.* [En línea] 2015. [Consulta: 15 de Mayo de 2017.] Disponible en : <http://www.siemens.com/>.

