



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

ESTUDIO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EFICIENTE DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRICIDAD

AUTOR(ES):

Cadena Guanoluisa Brayan Alexander
Chuquitarco Rodríguez Christian Hernán

TUTOR:

PhD. Secundino Marrero Ramírez

LATACUNGA – AGOSTO 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **CADENA GUANOLUISA BRAYAN ALEXANDER Y CHUQUITARCO RODRÍGUEZ CHRISTIAN HERNÁN** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación “**ESTUDIO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EFICIENTE DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE**”, siendo el **PhD. SECUNDINO MARRENO RAMÍREZ** el tutor del presente trabajo: y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsable.

.....

Cadena Guanoluisa Brayan Alexander Chuquitarco Rodríguez Christian Hernán

C.C 050408718-0

C.C 180443381-9

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ESTUDIO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EFICIENTE DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE”, de **CADENA GUANOLUISA BRAYAN ALEXANDER Y CHUQUITARCO RODRÍGUEZ CHRISTIAN HERNÁN**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto, 2024

.....

Tutor de la Titulación

PhD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ

C.C 059173123-8

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **CADENA GUANOLUISA BRAYAN ALEXANDER Y CHUQUITARCO RODRÍGUEZ CHRISTIAN HERNÁN** con el título de Proyecto de titulación **“ESTUDIO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EFICIENTE DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto,2024

Para constancia firman:

.....

Ing. MSc. Castillo Fiallos Jessica Nataly

C.C. 0604590216

.....

Ing.MSc. Corrales Bastidas Byron Paúl

C.C. 0502347768

.....

Ing.Msc León Segovia Marco Aníbal

C.C 0502305402

TEMA: “ESTUDIO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EFICIENTE DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE”

Autores: Cadena Guanoluisa Brayan Alexander

Chuquitarco Rodríguez Christian Hernán

RESUMEN

El presente trabajo aborda el problema de la dependencia manual en el proceso de dosificación de reactivos químicos en la estación de bombeo de agua potable de la Parroquia La Victoria, lo que puede comprometer la calidad del suministro. El objetivo es proponer un sistema automatizado que controle de manera precisa la dosificación de estos reactivos, asegurando que el agua cumpla con estándares requeridos. Para ello, se diseñó una solución basada en un Controlador Lógico Programable (PLC) y una interfaz gráfica HMI, permitiendo un manejo eficiente y supervisión en tiempo real. La metodología incluyó la recopilación de información, selección de equipos y simulación del sistema propuesto mediante herramientas especializadas. Los resultados de la simulación confirmaron que el sistema automatizado es viable y mejora significativamente la operación de la estación, minimizando la intervención manual y garantizando un suministro constante de agua potable. Aunque se trata de una propuesta teórica, se establece una base sólida para futuras implementaciones que busquen modernizar la infraestructura de tratamiento de agua en la comunidad.

Palabras claves: PLC, dosificación, reactivos, automatizado.

TOPIC: "STUDY OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE EFFICIENT CONTROL OF A DRINKING WATER PUMPING STATION"

Authors: Cadena Guanoluisa Brayan Alexander
Chuquitarco Rodríguez Christian Hernán

ABSTRACT

This work addresses the issue of manual dependency in the chemical reagent dosing process at the potable water pumping station in La Victoria Parish, which may compromise the quality of the supply. The objective is to propose an automated system that precisely controls the dosing of these reagents, ensuring that the water meets the required standards. To achieve this, a solution was designed based on a Programmable Logic Controller (PLC) and a Human-Machine Interface (HMI), allowing for efficient management and real-time supervision. The methodology included information gathering, equipment selection, and simulation of the proposed system using specialized tools. The simulation results confirmed that the automated system is viable and significantly improves the station's operation by minimizing manual intervention and ensuring a constant supply of potable water. Although this is a theoretical proposal, it establishes a solid foundation for future implementations aimed at modernizing the water treatment infrastructure in the community.

Keywords: PLC, dosing, reagents, automated.

INDICE

1	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1	Problema	2
2.1.	Situación Problemática.....	2
2.1.2	Formulación del Problema	3
2.2	Objeto y campo de acción	3
2.2.1	Objeto de Investigación.....	3
2.2.2	Campo de acción	3
2.3	Beneficiarios	3
2.3.1	Directo.....	4
2.3.2	Indirecto	4
2.4	Justificación.....	4
2.5	Hipótesis.....	5
2.6	Objetivos	5
2.6.1	General.....	5
2.6.2	Específicos	5
2.7	Sistema de actividades	6
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1	ANTECEDENTES.....	7
3.2	Ubicación	7
3.3	Identificación y descripción de proceso para sistemas de bombeo y potabilización de agua potable	8
3.4	¿Qué contiene el agua potable?.....	8
3.4.1	Contaminantes orgánicos.....	8
3.4.2	Contaminantes Inorgánicos.....	9
3.4.3	Contaminantes Biológicos.....	9
3.5	Componentes del Sistema	9
3.5.1	Tanque de Almacenamiento Principal	9
3.5.2	Tanques Auxiliares para Potabilización.....	9
3.5.3	Tanque de Hipoclorito de Sodio.....	10

3.5.4	Tanque de Sulfato de Aluminio	10
3.5.5	Tanque de Hidróxido de Calcio	10
3.5.6	Tanque de Regulador de pH.....	10
3.6.1	Recepción y Almacenamiento del Agua Cruda	10
3.6.2	Dosificación de Sustancias Químicas.....	10
3.6.3	Mezcla y Reacción	10
3.7	Distribución del Agua Potable	11
3.8	Consideraciones Operativas	11
3.8.1	Sistemas de bombeo de agua potable	11
3.9	La importancia de la automatización de un sistema de bombeo	11
3.10	Tecnologías de automatización en sistemas de bombeo.....	12
3.11	Tipo de bombas	12
3.11.1	Bombas Centrífugas	12
3.11.2	Bombas sumergibles	13
3.11.3	Bombas tipo Booster o Verticales	14
3.11.4	Dispositivos aplicados a la automatización	14
3.11.5	Interfaces Hombre – Máquina (HMI)	15
3.12	Softwares.....	15
3.12.1	Etap	15
3.13	AutoCAD	16
3.14	Fluidsim.....	16
3.15	Tía Portal.....	17
4.	METODOLOGÍA	17
4.1	Métodos y Técnicas de investigación.....	19
4.1.1	Método bibliográfico.....	19
4.1.2	Método inductivo	19
4.1.3	Método cuantitativo	20
4.1.4	Método experimental	20
4.1.5	Método de campo.....	20
4.2	Técnicas de investigación.....	20
4.2.1	Simulación	20
4.2.2	Observación.....	21
4.2.3	Diseño conceptual	21

4.3	Diseño y descripción de sistema para la automatización y monitoreo local del sistema de bombeo y potabilización de agua.	22
4.3.1	Descripción del Diseño del Sistema.....	23
4.4	Selección de Sensores y Equipos	27
4.4.1	Selección de Sensores y Equipos.....	27
4.4.2	Sensores de nivel de líquidos compuestos.....	27
4.4.3	Sensor Nivel De Agua Liquido Sin Contacto Xkc Y25 Npn	28
4.5	Bomba para los compuestos.....	30
4.6	Controlador Lógico Programable.....	30
4.7	Procedimiento	33
4.8	Diseño de los parámetros de simulación.....	33
4.9	Diseño de la simulación del proceso.....	34
4.10	Diseño del control eléctrico.....	35
4.11	Diseño de las protecciones	39
4.12	Selección y dimensionamiento de calibre de conductor.....	41
4.13	Diseño de protección de sobre corriente o corto circuito.....	42
4.14	Diseño de protección para sobre carga del circuito.....	42
4.15	Propuesta de la programación a usar.....	44
4.16	Descripción de programa desarrollado en tía portal para el PLC.....	45
4.17	Diseño de la interfaz gráfica HMI.....	47
5.	ANALISIS DE RESULTADOS	49
5.1	Funcionamiento del Sistema Automático.....	49
5.2	Automatización del sistema de registro.....	49
5.3	Ahorro de recursos	50
5.4	Calidad del agua.....	51
5.5	Maniobras de la propuesta.....	51
6.	CONCLUSIONES	55
7.	REFERENCIAS	56

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Mapa Topográfico [5].	8
Figura. 2 Partes de una bomba centrífuga [14].	13
Figura. 3 Bombas sumergibles y sus partes [16].	13
Figura. 4 Bombas tipo Booster o verticales[18].	14
Figura. 5 PLC S7-1200 [19].	15
Figura. 6 Interfaces Hombre - Máquina (HMI) [20].	15
Figura. 7 Software ETAP [22].	16
Figura. 8 Software AutoCAD [24].	16
Figura. 9 Software Fluidsim.	17
Figura. 10 Software Tia Portal V17 [27].	17
Figura. 11 Estación de recepción y distribución de agua La Victoria.	18
Figura. 12 Reservorio de agua potable.	19
Figura. 13 Diseño de la propuesta en bloques.	21
Figura. 14 Diagrama PI&D del sistema de bombeo	27
Figura. 15 Módulo de control PLC para motores DC.	31
Figura. 16 Diseño de la distribución de la tubería.	34
Figura. 17 Tanques de reserva de compuestos.	34
Figura. 18 Gráfica de llaves de control para el líquido.	35
Figura. 19 Esquema del sistema eléctrico.	36
Figura. 20 Diagrama PLC S7-1200.	36
Figura. 21 Diagrama de conexiones de entradas	37
Figura. 22 Diagrama de conexiones de las luces piloto.	38
Figura. 23 Diagrama de conexiones de la pantalla con el PLC.	38
Figura. 24 Esquema del sistema eléctrico.	39
Figura. 25 Diagrama de potencia.	39
Figura. 26 Diagrama de protecciones en ETAP.	40
Figura. 27 Normativa NEC.	41
Figura. 28 Energización del diagrama en ETAP.	43
Figura. 29 Diagrama de flujo de la tentativa de programación.	44
Figura. 30 Segmentos del funcionamiento.	47
Figura. 31 Pantalla Informativa.	47
Figura. 32 Pantalla de Control.	48

Figura. 33 Pantalla de Configuración.	48
Figura. 34 Organigrama del proceso de dosificación.	52
Figura. 35 Tablero de control S7-1200.	53
Figura. 36 Motores en simulación de bombas.	53
Figura. 37 Visualización y control para la simulación.	54
Figura. 38 Maniobras de la simulación estación de Bombeo.	54
Figura. 39 Simulación de la interfaz gráfica Kinco.	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Componentes eléctricos.....	31
Tabla 2 Datos de la Bomba Principal.....	40
Tabla 3 Diferencia en la toma de datos del sistema.....	50

TEMA: “ESTUDIO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EFICIENTE DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE”

Autores: Cadena Guanoluisa Brayan Alexander

Chuquitarco Rodríguez Christian Hernán

RESUMEN

El presente trabajo aborda el problema de la dependencia manual en el proceso de dosificación de reactivos químicos en la estación de bombeo de agua potable de la Parroquia La Victoria, lo que puede comprometer la calidad del suministro. El objetivo es proponer un sistema automatizado que controle de manera precisa la dosificación de estos reactivos, asegurando que el agua cumpla con estándares requeridos. Para ello, se diseñó una solución basada en un Controlador Lógico Programable (PLC) y una interfaz gráfica HMI, permitiendo un manejo eficiente y supervisión en tiempo real. La metodología incluyó la recopilación de información, selección de equipos y simulación del sistema propuesto mediante herramientas especializadas. Los resultados de la simulación confirmaron que el sistema automatizado es viable y mejora significativamente la operación de la estación, minimizando la intervención manual y garantizando un suministro constante de agua potable. Aunque se trata de una propuesta teórica, se establece una base sólida para futuras implementaciones que busquen modernizar la infraestructura de tratamiento de agua en la comunidad.

Palabras claves: PLC, dosificación, reactivos, automatizado.

TOPIC: "STUDY OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE EFFICIENT CONTROL OF A DRINKING WATER PUMPING STATION"

Authors: Cadena Guanoluisa Brayan Alexander
Chuquitarco Rodríguez Christian Hernán

ABSTRACT

This work focuses on the development and simulation of an automated system for the operation of the water purification process at a drinking water pumping station in La Victoria Parish. The proposal is based on implementing a control system that manages four pumps responsible for the dosing of chemical compounds for water purification.

The objective of this system is to optimize the pumping operation and improve both the reliability of water supply and its quality, minimizing the need for manual intervention. The designed system will use a Programmable Logic Controller (PLC) to monitor and control the operation of the pumps and other actuators, while a Human-Machine Interface (HMI) allows non-specialized operators to intuitively manage the system. Through simulation techniques, the efficiency of the proposed design is verified, ensuring that the supplied water meets quality standards for consumption by all users.

The project not only improves operational efficiency and reduces costs associated with maintenance and daily operations but also establishes a solid foundation for future expansions and improvements in the La Victoria community.

Keywords: Potabilization, Interface, Specialized, Efficiency.

1 INFORMACIÓN GENERAL

Tema del Proyecto: Estudio de un sistema automatizado para el control eficiente de una estación de bombeo de agua potable.

Modalidad de Titulación:

Propuesta Tecnológica

Proyectos de Investigación

Lugar de ejecución:

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería Electricidad

Proyecto de investigación vinculado

Equipo de Trabajo

PhD. Secundino Marrero Ramírez

Sr. Cadena Guanoluisa Brayan Alexander

Sr. Chuquitarco Rodríguez Christian Hernán

Área de Conocimiento

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación el área de conocimiento se encuentra bajo 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación

Tecnología de la información y las comunicaciones, robótica, automatización y optimización del sistema.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sublínea 1: Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial. Grupos Temáticos:

2. INTRODUCCIÓN

El acceso a agua potable de calidad es fundamental para la salud de todos los habitantes y el bienestar de todas las comunidades. En la Parroquia La Victoria, la estación de agua potable juega un papel muy importante en el suministro de agua a los habitantes de la región. Sin embargo, el proceso de purificación y distribución del agua ha dependido tradicionalmente de la intervención manual, lo que no solo incrementa los costos operativos, sino que de otra manera puede comprometer la eficiencia y la consistencia del suministro. Un aspecto crítico en estos sistemas es la dosificación precisa de reactivos químicos, ya que una dosificación inadecuada puede afectar a la calidad del agua, poniendo en riesgo la salud de la población y la efectividad de la potabilización.

Ante estos desafíos, surge la necesidad de desarrollar un sistema automatizado que asegure la dosificación precisa de reactivos químicos esenciales para la potabilización del agua, reduciendo la dependencia en la intervención manual.

En el sistema propuesto no solo busca reducir la dependencia en la intervención manual, sino que también está destinado a modernizar la infraestructura existente utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC) y una interfaz gráfica HMI (Interfaz Hombre – Máquina).

Estas herramientas permitirán un control más eficiente y una supervisión en tiempo real, asegurando que el proceso de purificación del agua sea tanto efectivo como sostenible a largo plazo.

En este contexto, se explorará las bases teóricas y prácticas para el diseño y simulación del sistema automatizado, con el objetivo de ofrecer una solución innovadora que contribuya al desarrollo sostenible de la Parroquia La Victoria, proporcionando agua potable de manera eficiente.

2.1 Problema

2.1.1 Situación Problemática

En Cotopaxi, las estaciones de bombeo de agua potable enfrentan grandes desafíos debido a su baja calidad y eficiencia de infraestructura, además la carencia de tecnologías modernas de automatización.

Por lo general estas estaciones de bombeo operan con equipos antiguos que consumen más energía eléctrica de la necesaria y tienen una alta incidencia de fallos, lo que compromete la eficiencia del suministro de agua potable.

El principal problema se encuentra en la ineficiencia energética, donde las bombas operan sin una adecuada optimización, dando como resultado un uso excesivo de energía y elevados costos de operación. Además, la ausencia de sistemas de monitoreo en tiempo real dificulta la identificación y solución de los distintos problemas antes que se conviertan en fallas críticas.

Estas fallas que se presentan a lo largo del tiempo de funcionamiento no solo elevan los costos de mantenimiento, sino que también traen consecuencias como la interrupción en el suministro de agua afectando las comunidades enteras.

La estación de Bombeo La Victoria enfrenta todos los desafíos mencionados anteriormente esto debido a la variabilidad en la demanda de agua potable y el elevado consumo energético esto sumado a la falta de un sistema de control automatizado en el área de potabilización que han resultado en problemas operativos y elevados costos energéticos.

2.1.2 Formulación del Problema

¿Cómo se puede implementar un sistema automatizado en la Estación de Bombeo La Victoria para mejorar la operación, asegurar el uso de recursos y garantizar un suministro de agua adecuado para sus usuarios?

2.2 Objeto y campo de acción

2.2.1 Objeto de Investigación

Sistema de bombeo de agua potable

2.2.2 Campo de acción

Automatización y control de sistemas de agua potable

2.3 Beneficiarios

La propuesta de un sistema automatizado de control para una estación de bombeo de agua potable busca aprovechar recursos tecnológicos de nueva generación. Esta propuesta

tiene como objetivo evitar que una persona aplique manualmente los productos de purificación del agua, ya que el sistema automatizado se encargará de inyectar esos productos en intervalos regulares.

Esto permitirá automatizar la dosificación de productos para la potabilización del agua y, como resultado, disminuir la intervención humana. Además, se espera una mejora en la fiabilidad y calidad del suministro de agua potable, asegurando un acceso constante a los productos necesarios para su potabilización y garantizando el correcto funcionamiento del sistema de automatización.

2.3.1 Directo

Usuarios del sistema de bombeo de agua potable de la parroquia La Victoria, personas que consumen este recurso.

2.3.2 Indirecto

Operadores y técnicos responsables del sistema de bombeo y potabilización del agua.

2.4 Justificación

La modernización de las estaciones de bombeo de agua potable es una necesidad urgente en muchas provincias de la Región Sierra particularmente en la Parroquia de La Victoria. Actualmente estas estaciones funcionan con infraestructuras obsoletas que carecen de sistemas de control, lo que resulta en una operación ineficiente y en altos costos operativos. Además, estas deficiencias ponen en riesgo la calidad y constancia del suministro de agua potable, que es esencial para la salud y bienestar de la comunidad.

La implementación de un sistema automatizado en la Estación de Bombeo La Victoria permitirá eliminar la necesidad de intervención manual constante. El sistema automatizado inyectará los productos de purificación del agua en intervalos regulares, asegurando una dosificación precisa y constante. Esto no solo mejorará la eficiencia operativa, sin que también reducirá significativamente los costos operativos y la necesidad de intervención humana.

Además, la automatización facilitara los recursos humanos, ya que actualmente se requiere que los operadores recorran largas distancias y terrenos difíciles para supervisar el funcionamiento de las plantas de potabilización. Con la implementación del sistema

automatizado, se reducirá esta necesidad, incrementando la seguridad y eficiencia del sistema.

La modernización con tecnologías automatizadas no solo es viable, sino también necesaria para asegurar un suministro de agua potable constante y de alta calidad. Los beneficios económicos y sociales derivados de la modernización de las estaciones de bombeo justifican la inversión en esta iniciativa. Este modelo puede ser replicado en distintos lugares, proporcionando un marco eficiente y sostenible para la gestión del agua potable en la región.

2.5 Hipótesis

La propuesta del sistema automatizado de control de dosificación de reactivos en la estación de bombeo de agua potable de la Parroquia La Victoria, basado en el uso de un PLC y una interfaz HDMI, mejorará significativamente la eficiencia operativa, reducirá la necesidad de intervención manual y garantizará un suministro de agua potable de alta calidad.

2.6 Objetivos

2.6.1 General

- Diseño de la automatización del sistema de dosificación para el tratamiento de agua potable, en la estación de bombeo de la Parroquia La Victoria.

2.6.2 Específicos

- Analizar el estado del arte en relación a los sistemas automatizados de dosificación para el tratamiento de agua potable.
- Realizar el levantamiento de las variables y el proceso de la dosificación.
- Determinar la estructura del sistema automatizado y algoritmo de control para realizar la dosificación de los reactivos en la planta de agua potable.

2.7 Sistema de actividades

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Técnica e instrumentos
Analizar el estado del arte en relación a los sistemas automatizados de dosificación para el tratamiento de agua potable.	Revisar literaturas científicas, caso de estudios y tecnologías actuales aplicadas en el sistema de dosificación automatizada.	Informe de análisis del estado del arte que incluya las principales tecnologías y mejores prácticas realizadas en la automatización de dosificación	Revisión bibliográfica, consulta en base de datos académicas, biblioteca, fuentes digitales.
Realizar el levantamiento de las variables y el proceso de la dosificación.	Identificar y documentarlas variables del proceso de dosificación y su impacto en la calidad del agua.	Listado detallado de las variables de proceso, sus interacciones y requisitos para el sistema de automatización.	Recolección de datos, entrevista con expertos, análisis de procesos similares.
Determinar la estructura del sistema automatizado y algoritmo de control para realizar la dosificación de los reactivos en la planta de agua potable.	Diseñar el sistema de automatización incluyendo el algoritmo de control para la dosificación adecuada del sistema.	Diagrama de la estructura del sistema de automatización y desarrollo del control.	Herramientas de programación de PLCs, configuración en ETAP, TIA PORTAL, EDARWMAX.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

Según [1] el acceso a agua potable segura y confiable es uno de los desafíos más importantes para las comunidades rurales y urbanas a nivel mundial. La Parroquia La Victoria no es una excepción, ya que su sistema de distribución de agua potable ha enfrentado varios obstáculos, como la dependencia de procesos manuales que consumen recursos económicos importantes para la parroquia, además estos métodos tradicionales, aunque funcionales, son ineficientes, propensos a errores humanos y requieren una cantidad considerable de mano de obra, lo que puede impactar negativamente en la calidad del agua suministrada.

Álvaro Maldonado describe que, a lo largo de los años, las estaciones de bombeo de agua han ido evolucionando drásticamente con la llegada de nuevas tecnologías que permiten un control más preciso y eficiente de los procesos involucrados. La automatización ha demostrado ser una solución afectiva para mejorar la eficiencia operativa y reducir la necesidad de intervención manual. De esta forma Álvaro Maldonado describe que, en La Victoria, estas tecnologías aún no han sido plenamente implementadas [2].

La Unesco [3] describe que los estudios previos han demostrado que la automatización en estaciones de bombeo no solo mejora la eficiencia y reduce los costos, sino que también asegura que el suministro de agua cumpla con las normativas y reglamentos impuestas por las autoridades de turno. Estas mejoras son esenciales en comunidades donde los recursos son limitados y sostenibles a largo plazo del sistema de agua potable es una prioridad.

Por ello el estudio se basa en la necesidad urgente de modernizar el sistema de bombeo de agua potable de La Parroquia La Victoria para enfrentar los desafíos actuales que se han presentado de esta manera y enfoque permite contextualizar la necesidad del proyecto, basándose en la evaluación tecnológica en sistemas de bombeo y la importancia de mejorar los procesos de control y supervisión en esta comunidad.

3.2 Ubicación

La parroquia La Victoria conocida también como la capital de artesanos de Cotopaxi que forma parte del que ahora que se le conoce como nuevo Pujilí se encuentra localizado a 6 km. Desde Quizacumbe a 13 km de la ciudad de Latacunga, en la parte centro occidental

de la provincia de Cotopaxi, su altura varía entre los 2900 a 3300 msnm, políticamente pertenece al cantón Pujilí, limita al norte con la parroquia Poaló del cantón Latacunga, al sur y occidente por la parroquia Matriz del cantón Pujilí, al oriente por la parroquia 11 de noviembre del cantón Latacunga, cuenta con una superficie territorial de $21,6 \text{ km}^2$ que corresponde al 1.68% del área del cantón Pujilí, con un clima templado a temperaturas promedios de 7 a 15 C [4].

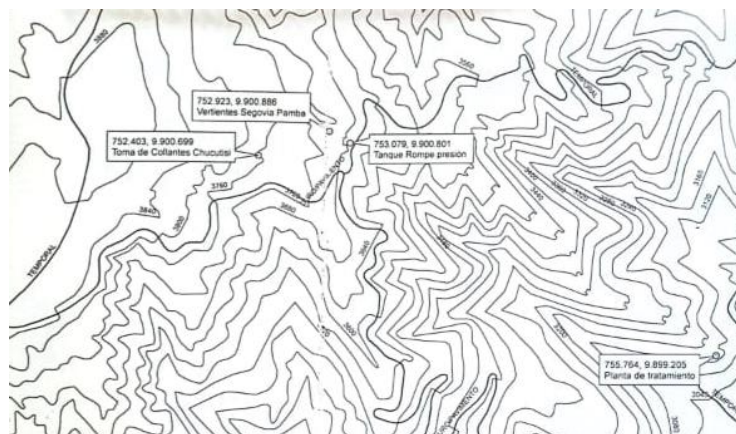


Figura. 1 Mapa Topográfico [5].

3.3 Identificación y descripción de proceso para sistemas de bombeo y potabilización de agua potable

El proceso de funcionamiento de un sistema de bombeo destinado a la distribución de agua potable en una zona con infraestructuras limitadas. El sistema está diseñado para garantizar la calidad del agua suministrada a la comunidad mediante un proceso de potabilización que incluye la dosificación manual de sustancias químicas esenciales. A continuación, se describen los componentes clave del sistema, el proceso de potabilización y las consideraciones operativas.

3.4 ¿Qué contiene el agua potable?

3.4.1 Contaminantes orgánicos

Estas principalmente derriban den petróleo como:

- Herbicidas
- Solventes
- Insecticidas
- Pesticidas

- Fenoles, etc.

3.4.2 Contaminantes Inorgánicos

Estos igualmente son nocivos para la salud y algunas veces son visibles para el ojo humano si se encuentran en el agua, los más destacados o conocidos son:

- Cloro
- Plomo
- Hierro
- Magnesio
- Mercurio
- Selenio, etc.

3.4.3 Contaminantes Biológicos

Esto hace referencia a macroorganismos que pueden llegar hacer mortales para la vida humana causando enfermedades como infecciones, fiebre, colera, tifoidea y más.

- Bacterias
- Virus
- Parásitos
- Gérmenes, etc.

3.5 Componentes del Sistema

El sistema de potabilización consta de varios componentes críticos, cada uno con un rol específico en el tratamiento del agua.

3.5.1 Tanque de Almacenamiento Principal

Función: Recibe y almacena el agua cruda que se va a tratar.

Capacidad de Flujo de Entrada: 10.43 litros por segundo.

Capacidad de Flujo de Salida: 8 litros por segundo.

3.5.2 Tanques Auxiliares para Potabilización

Existen cuatro tanques secundarios contienen las soluciones químicas necesarias para el tratamiento del agua.

3.5.3 Tanque de Hipoclorito de Sodio

Función: Desinfección del agua, eliminando bacterias, virus y otros patógenos.

Capacidad: 1000 litros de solución de hipoclorito de sodio.

3.5.4 Tanque de Sulfato de Aluminio

Función: Coagulación de partículas en suspensión, facilitando la sedimentación y clarificación del agua.

3.5.5 Tanque de Hidróxido de Calcio

Función: Ajuste de la alcalinidad del agua, mejorando la efectividad de la coagulación y reduciendo la corrosividad.

3.5.6 Tanque de Regulador de pH

Función: Ajuste del pH del agua para mantenerlo dentro de los parámetros óptimos para el consumo humano.

3.6 Proceso de Potabilización del Agua

El proceso de potabilización se realiza de la siguiente manera:

3.6.1 Recepción y Almacenamiento del Agua Cruda

El agua sin tratar ingresa al tanque de almacenamiento principal a un flujo constante de 10.43 litros por segundo. Este tanque actúa como depósito temporal, permitiendo la estabilización inicial del agua.

3.6.2 Dosificación de Sustancias Químicas

La dosificación de los agentes químicos se realiza de forma manual. Un operador capacitado abre y cierra las válvulas de los tanques auxiliares para incorporar las siguientes sustancias al tanque principal:

3.6.3 Mezcla y Reacción

Una vez incorporadas las sustancias químicas, el agua en el tanque de almacenamiento es separada en varias etapas. Este proceso permite que las reacciones químicas necesarias ocurran de manera eficiente:

Hipoclorito de Sodio Líquido

Esta sustancia tiene como objetivo eliminar malos olores, desinfección del agua y el blanqueamiento de la misma, es un bactericida de carácter oxidante [6].

Coagulante (Sulfato de aluminio)

Este compuesto permite clarificar el agua potable ya que es un coagulante, su función es de sedimentar los sólidos que se encuentran en el agua, esto ayuda cuando los sólidos son demasiados grandes de lo normal [7].

Hidróxido de Calcio

Se utiliza para añadir calcio al agua, mejorando la claridad del agua haciéndola más agradable para el consumo [8].

Regulador neutro de Ph.

Evita los cambios bruscos en el Ph del agua por la inyección de distintas sustancias.

3.7 Distribución del Agua Potable

Después de la potabilización, el agua tratada es extraída del tanque de almacenamiento a un flujo de 8 litros por segundo. El agua es entonces distribuida a la red de suministro, lista para el consumo seguro por parte de la comunidad.

3.8 Consideraciones Operativas

Monitoreo y Control: El sistema requiere la supervisión continua de un operador capacitado para asegurar que las sustancias químicas sean dosificadas en las proporciones correctas y en el momento adecuado.

3.8.1 Sistemas de bombeo de agua potable

Un sistema de bombeo de agua potable es un conjunto de equipos y dispositivos que fueron fabricados para transportar agua desde una fuente de abastecimiento hasta un punto de consumo, como familias, empresas, industrias y más. Estos sistemas hacen que se asegure una precisión y caudal adecuados [9].

3.9 La importancia de la automatización de un sistema de bombeo

La automatización permite un control preciso del funcionamiento de los distintos dispositivos optimizando el consumo de energía y reduciendo así los costos operativos

[10]. De igual manera estos sistemas pueden monitorear continuamente el estado de las bombas y predecir posibles fallas antes de que estas se presenten lo que también reduce el tiempo de inactividad [11].

Mejora la seguridad ya que minimiza la necesidad de intervención manual, evitando accidentes y desastres que llevan a pérdidas económicas, por otra parte facilita la integración de nuevos componentes mejorando su respuesta y su adaptividad [11] .

3.10 Tecnologías de automatización en sistemas de bombeo.

La automatización de sistemas de bombeo tiene que ver con la integración de tecnologías actualizadas para mejorar la eficiencia, la precisión y la seguridad de los procesos de bombeo. Estas tecnologías vienen incluyendo el uso de controladores programables, como los PLC, también sistemas de control inteligentes basados en algoritmos de redes de comunicación.

La optimización del diseño y la operación del sistema de bombeo tiene como objetivo disminuir en el ámbito económico. Esto incluyendo la selección optima de bombas, ya que la evolución hacia sistemas más inteligentes y conectados representan un avance significativo en la industria de tratamiento y distribución del agua [12].

3.11 Tipo de bombas

3.11.1 Bombas Centrífugas

Las bombas centrífugas operan transformando la energía cinética de un impulso en movimiento de energía depresión. El producto liquido ingresa por su centro y es lanzado radialmente hacia la parte exterior a través de las paletas del impulsor, lo que termina incrementando su velocidad. Estas son usadas en diversas aplicaciones como el bombeo de agua, sistema de riego, suministro de agua potable, sistemas de refrigeración, y en las distintas industrias químicas [13].

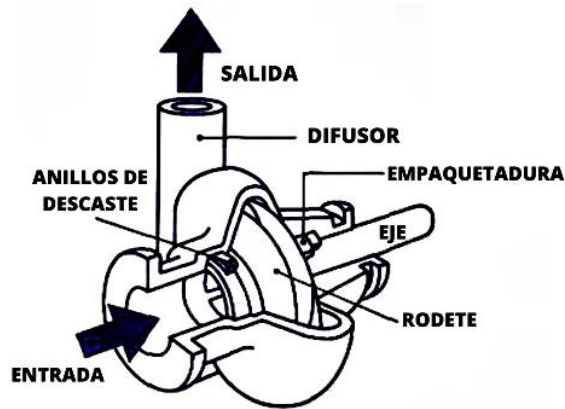


Figura. 2 Partes de una bomba centrífuga [14].

Estas bombas son conocidas por su eficiencia elevada, mantenimiento económico y su alta capacidad para manejar líquido de muy baja presión, sus desventajas radican en que no son muy buenos dispositivos para bombear líquidos viscosos o con partículas en suspensión, también su rendimiento puede verse afectado considerablemente con sus cambios en la velocidad del flujo [13].

3.11.2 Bombas sumergibles

Estas bombas están creadas para funcionar completamente sumergidas en el líquido que están por bombear. El motor de estas bombas es hermético y encapsulado para evitar que el agua entre en contacto con las partes eléctricas. Se utilizan más con el objetivo de extraer agua de pozos profundos, sistemas de drenaje, tratamiento de aguas residuales etc. [15].

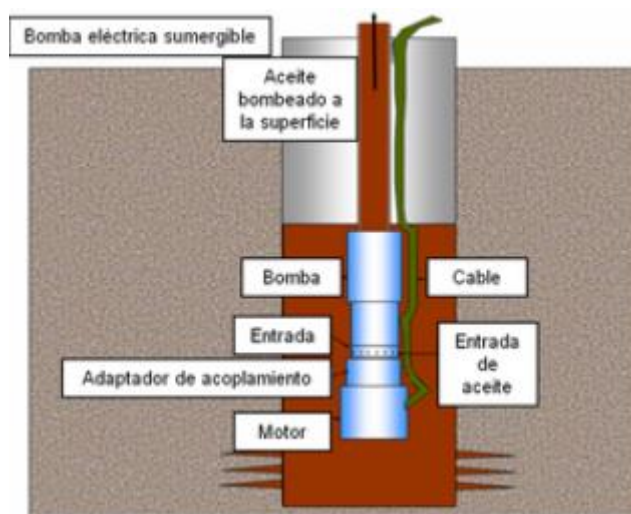


Figura. 3 Bombas sumergibles y sus partes [16].

Una de las ventajas de esta clase de bombas es evitar problemas de cavitación y son efectivas para transportar líquidos desde profundidades muy grandes.

El inconveniente con estas bombas es el mantenimiento complejo que necesitan, ya que cualquier falla puede requerir la extracción de la bomba del líquido y su funcionamiento se limita por la longitud del cable de alimentación [15].

3.11.3 Bombas tipo Booster o Verticales

Las bombas booster o verticales están diseñadas para aumentar la presión del agua en sistemas con presión muy baja. Operan introduciendo el agua en una serie de impulsadores dispuestos en un eje vertical, lo que eleva la presión del agua a medida que esta pasa por los impulsadores.

Se utiliza más en sistemas donde sea necesario aumentar la presión del agua en las tuberías o industrias donde se necesite refuerzo de presión[17].



Figura. 4 Bombas tipo Booster o verticales[18].

Son eficientes para gestionar la alta presión en espacios reducidos, fáciles de mantener y capaces de manejar altas temperaturas y presiones, además suelen ser mucho más cotosas que las bombas centrifugas horizontales y pueden ser más ruidosas en cuanto a su funcionamiento [17].

3.11.4 Dispositivos aplicados a la automatización

Controladores Lógicos (PLC) son considerados el cerebro de los sistemas automatizados, ya que su finalidad es la de controlar y supervisar múltiples tareas en varios tiempos. Dentro de las marcas de PLC el que más destaca entre todos es el Siemens S7-1200 ya que ofrece una flexibilidad y robustez en el control de bombas u otros actuadores [19].



Figura. 5 PLC S7-1200 [19].

3.11.5 Interfaces Hombre – Máquina (HMI)

Son sistemas que permiten interacciones entre los operarios y los procesos industriales automatizados. Funciona con una interfaz gráfica que hace que su funcionamiento sea casi intuitivo, con esto facilita la comunicación entre el operario y el sistema facilitando en control de varios procesos industriales [20].



Figura. 6 Interfaces Hombre - Máquina (HMI) [20].

3.12 Softwares

3.12.1 Etap

Es una plataforma de software líder en gestión de sistemas eléctricos, que abarca desde el diseño y la ingeniería hasta las operaciones y el mantenimiento. Utiliza un gemelo digital eléctrico que proporciona un lenguaje universal para todos sus usuarios.

Características principales

Permite el diseño de sistemas eléctricos de una manera clara y detallada, facilita la supervisión y el control en tiempo real de dichos sistemas eléctricos además de que implementa algoritmos avanzados para optimizar el mantenimiento de los sistemas [21].

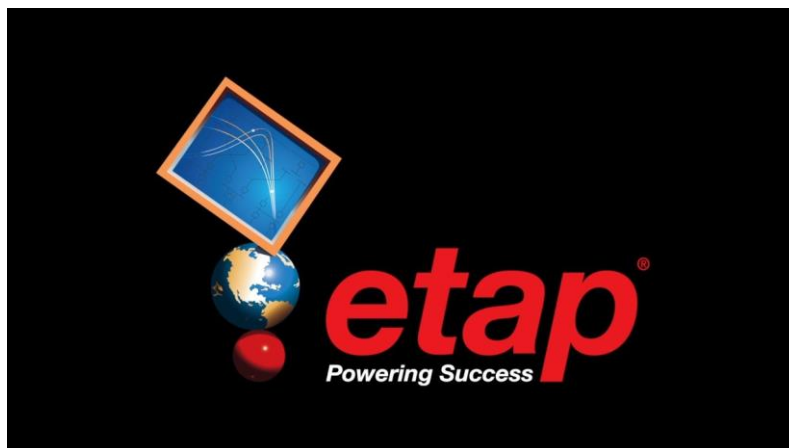


Figura. 7 Software ETAP [22].

3.13 AutoCAD

Es un software de diseño asistido por computadora permite dibujar y anotar geometrías 2D y crear modelos 3D, con esto se facilita diseñar y modificar documentos de sistemas de control eléctricos de manera rápida y eficiente [23].



Figura. 8 Software AutoCAD [24].

3.14 Fluidsim

Este software permite diseñar circuitos eléctricos de manera intuitiva, estos circuitos pueden ser en tiempo real y ofrece dispositivos con características reales para en análisis de rendimientos de circuitos ya que permite simular distintas fallas [25].



Figura. 9 Software Fluidsim.

3.15 Tía Portal

Es un software desarrollado por Siemens para la ingeniería de máquinas y sistemas innovadores, combinan diferentes herramientas como STEP 7, WinCC, SINAMICS Startdrive, SIMOCODE ES y SIMOTION, esto facilita la planificación y operación digital [26].



Figura. 10 Software Tia Portal V17 [27].

4. METODOLOGÍA

La propuesta para el control de una estación de bombeo de agua se la desarrollo aplicando varios procesos, métodos y técnicas de investigación esto con el fin de cumplir con la propuesta de automatizar la estación de bombeo y que esta pueda ser supervisada solo por una persona, además que esta posea una interfaz gráfica amigable, de tal forma que no se necesite de personal capacitado para el manejo de dicha estación.

Para el caso de estudio se tomó la estación de recepción y bombeo de la Junta Parroquia La Victoria, en esta estación se recolecta agua en un reservorio donde se capta el agua de las montañas a través de gravedad, de modo que para esta ser distribuida se dispone de una bomba centrífuga de medio uso que se manipula de manera manual a través de una persona que debe dirigirse todos los días a supervisar el nivel de agua de los tanques así como de la inyección de nutrientes y compuestos químicos para purificar el agua.



Figura. 11 Estación de recepción y distribución de agua La Victoria.

La propuesta se basa en automatizar todo el proceso de distribución y purificación de agua que se va a distribuir a los pobladores de La Victoria, de modo que a través de una interfaz gráfica HMI, se pueda controlar las variables tanto de control como los actuadores que conformaran la propuesta de diseño.

En la Figura.11 se observa la estación de captación de agua y distribución zonal de la misma hacia los pobladores de La Victoria, el líquido vital al provenir de fuentes naturales de agua esta no cuenta con los suficientes minerales y compuestos químicos para ser ingerida directamente de modo que esta debe ser tratada en un proceso previo antes de su distribución lo que conlleva a un sistema de bombeo de los compuestos hacia el agua y un sistema de bombeo general para enviar el agua hacia los pobladores. Según el presidente de la Junta Parroquial La Victoria se usan 4 compuestos químicos para la purificación del agua, de modo que para el sistema de purificación se necesita automatizar con 4 bombas también se deberá contar con sensores tanto de nivel como de calidad de agua todo esto con un sistema de control industrial. Para esto se usó herramientas computacionales en la parte de simulación, así como información de la parte teórica y fundamental de diferentes fuentes bibliográficas tales como: documentación de la estación de captación y bombeo, artículos científicos acerca de temas semejantes a la propuesta, sitios web relacionados con los elementos a usar y su captación.

4.1 Métodos y Técnicas de investigación

Para el diseño del sistema automatizado de la estación de bombeo de agua en La Victoria, se utilizaron diversas metodologías y técnicas de investigación. El objetivo es crear un sistema que controle y supervise el proceso de purificación y distribución de agua de forma eficiente, eliminando la necesidad de personal especializado, con el apoyo de herramientas de simulación y programación de tal forma que se pueda presentar una opción de modificación del sistema sin necesidad de recurrir a la experimentación o compra innecesaria de insumos que no cumplan con el objetivo de estudio.

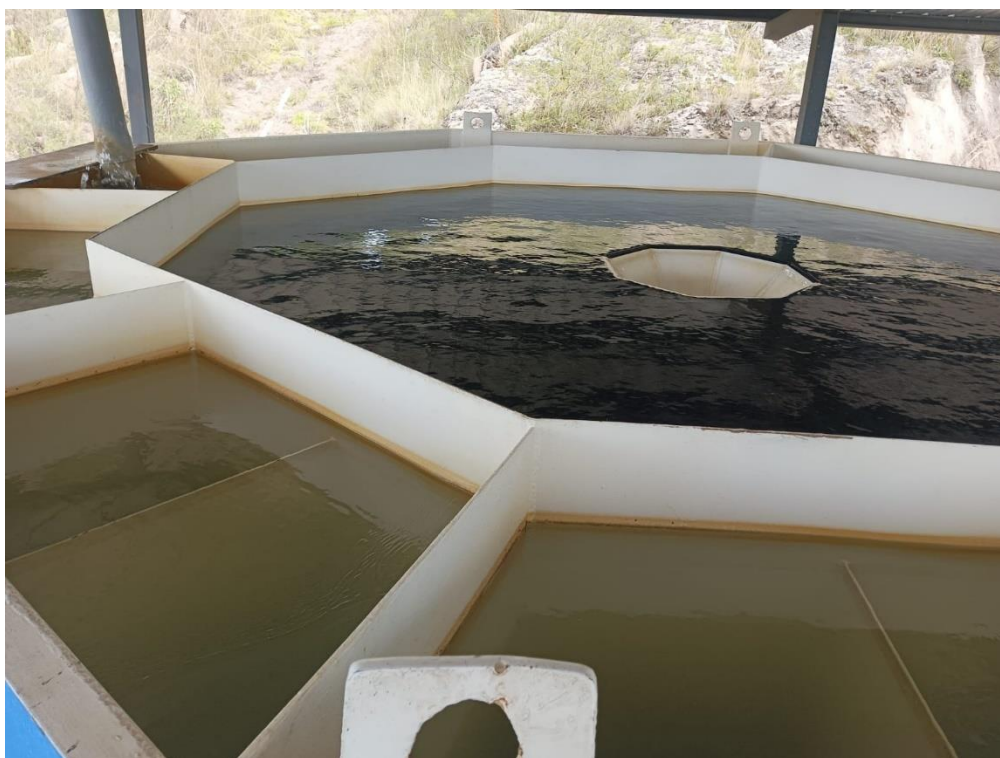


Figura. 12 Reservorio de agua potable.

4.1.1 Método bibliográfico

Para diseñar el sistema de automatización de bombeo y purificación del agua, se investigaron diferentes modelos y diseños aplicables. Las fuentes de información incluyeron libros, tesis, artículos científicos y sitios web, lo que permitió recopilar la información necesaria para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

4.1.2 Método inductivo

Para la simulación de los procesos y parámetros de control se usan aspectos fundamentales dentro del sistema de purificación y distribución de agua. Mediante una simulación en softwares de diseño, se puede asegurar que el agua cumpla con los

estándares de calidad para su consumo, así como la distribución de la misma hacia la comunidad. Esto se logra utilizando sensores y actuadores que regulan automáticamente el nivel del agua y la inyección de químicos.

4.1.3 Método cuantitativo

Este método es crucial en la investigación, ya que facilita la identificación de los parámetros de operación y control esenciales para el diseño y construcción del sistema automatizado. Estos parámetros abarcan el caudal del agua, las concentraciones de nutrientes y compuestos químicos, y las condiciones óptimas de funcionamiento de bombas y sensores, de tal forma que el sistema sea de fácil instalación y sobre todo que la selección de componentes esté dentro del mercado nacional para que, si en un futuro la junta decide acoger la presente tesis, esta sirva como información para la instalación.

4.1.4 Método experimental

Este método es importante en el proceso de diseño y simulación del sistema automatizado, ya que una vez que se haya diseñado y simulado las partes que lo conformaran el sistema este debe ser aprobado por la junta antes de su instalación, así como se deberá dar una inducción y presentación de que se pretende realizar en la estación de bombeo.

4.1.5 Método de campo

Este método ayuda en la visualización de sistemas similares que se encuentren instalados dentro de diferentes comunidades o ciudades donde ya se tengan implementadas o automatizado este proceso, permitiendo verificar los parámetros de funcionamiento y las condiciones operativas de otros sistemas. También facilita la elección de los componentes más adecuados para el sistema de La Victoria, asegurando que se adapten a las necesidades específicas de la comunidad, previo a su instalación si la comunidad acepta esta propuesta.

4.2 Técnicas de investigación

4.2.1 Simulación

Esta técnica ayuda a la verificación del diseño del sistema dentro de un software de simulación. Permite comprobar que el diseño de las partes fundamentales de la propuesta, así como los procesos electrónicos (como la adquisición de datos de los sensores y el

control de las bombas) se encuentren dentro de los parámetros adecuados para su correcto funcionamiento, asegurando la eficiencia y eficacia del sistema automatizado.

4.2.2 Observación

Esta técnica, al igual que lo estipulado dentro de la metodología de campo, ayuda a visualizar los parámetros técnicos que rigen en distintos sistemas de purificación y distribución de agua que se encuentran ya instalados en diferentes zonas dentro del país. Estas observaciones son fundamentales para el diseño y verificación de la simulación del sistema automatizado propuesto.

4.2.3 Diseño conceptual

El objetivo es diseñar una simulación para automatizar el proceso de purificación y distribución de agua en la estación de bombeo de La Victoria. Se busca construir una propuesta de un sistema que permita supervisar y controlar eficientemente el nivel de agua y la inyección de nutrientes y compuestos químicos, garantizando un suministro de agua de calidad para los pobladores.

Para alcanzar este objetivo, es esencial dimensionar adecuadamente la estructura del sistema, así como seleccionar los materiales, sensores y actuadores disponibles en el mercado nacional. De esta manera, se logrará implementar una solución robusta y eficiente.

Para cumplir con los objetivos planteados se puede reducir el diseño conceptual a un diagrama en donde se visualizará 4 etapas. La Figura.13 muestra la interacción entre los sensores, el PLC, los actuadores y la HMI. Los sensores monitorean las condiciones del agua y envían esta información al PLC, que procesa los datos y envía señales a los actuadores para ajustar las operaciones del sistema. La HMI permite al operador supervisar y controlar el sistema de manera sencilla y eficiente

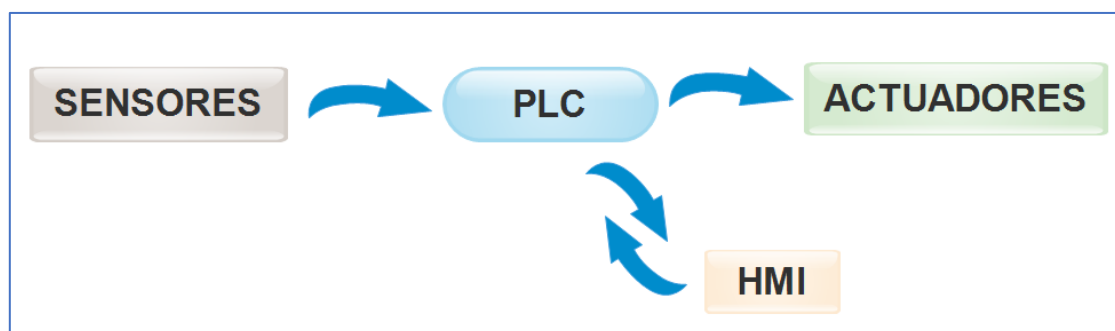


Figura. 13 Diseño de la propuesta en bloques.

la primera etapa será los sensores encargados de la adquisición de señales físicas que estén inmiscuidas dentro de la estación y transformarlas en señales comprensibles para el controlador lógico programable (PLC), de tal forma que se pueda tener un control de todos los sucesos que abarcan la estación de bombeo, desde el nivel de los tanques hasta la calidad del agua para que esta sea potable y se pueda distribuir en la comunidad.

La segunda etapa consiste en el controlador lógico programable (PLC), este se seleccionará dependiendo del número de entradas y salidas que actúen o que se deseen controlar en la estación de bombeo, además es el encargado de almacenar los datos obtenidos o crear registros de todos los sucesos importantes dentro de la estación.

La tercera etapa incluye los actuadores que forman parte del sistema, como el control de las bombas, válvulas de inyección de nutrientes y compuestos químicos, y la variación del motor. Estos actuadores aseguran que se cumpla con los objetivos del sistema, permitiendo un control preciso de todos los procesos involucrados, a fin de brindar de mejor forma el líquido vital a la comunidad.

La cuarta etapa es la interfaz gráfica HMI (interfaz humano maquina), que proporciona una plataforma intuitiva y fácil de usar para que una persona no especializada pueda supervisar y controlar el sistema. El HMI muestra claramente el estado del sistema, incluyendo el nivel de agua, la calidad del agua, y el funcionamiento de las bombas y válvulas.

4.3 Diseño y descripción de sistema para la automatización y monitoreo local del sistema de bombeo y potabilización de agua.

En el diseño de la propuesta se tomará en cuenta elementos reales que se puedan encontrar dentro del mercado nacional y que estos cumplan con el diseño de la automatización tanto para la parte de sensores, así como las bombas encargadas de los compuestos, así como la bomba principal para el bombeo de agua potable. Otra parte esencial será el control que se dará al proceso de automatización, esto a cargo de un PLC fácil de adquirir y que este posea las suficientes entradas, salidas y comunicaciones para el control de todas las variables a operar.

La propuesta busca mejorar la eficiencia y fiabilidad del sistema de bombeo y potabilización de agua mediante la automatización de procesos clave y la implementación de un sistema de monitoreo local basado en SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Donde se utilizará una interfaz gráfica HMI. Esta interfaz puede ser simple

o una pantalla programable que permita al operador monitorear y ajustar las variables del sistema en tiempo real. La HMI debe ser intuitiva y su uso debe ser lo más sencillo posible de modo que una persona no especializada pueda operar el sistema sin dificultad. Esto permitirá una operación más precisa, una reducción de la intervención manual, y una mejora en el control de calidad del agua suministrada

4.3.1 Descripción del Diseño del Sistema

El sistema automatizado de bombeo y potabilización de agua cuenta con un control preciso de las bombas y válvulas basado en las variables críticas del proceso, como el nivel de agua, caudal, concentración de sustancias químicas, Ph, y calidad del agua. Este control se realiza mediante un PLC que recibe datos en tiempo real de los sensores instalados en el sistema y, en función de estos datos, ejecuta acciones automáticas para mantener el proceso dentro de los parámetros establecidos.

Etapas del Sistema Automatizado

Recepción y Almacenamiento del Agua Cruda:

- **Entrada:**
 - **Caudalímetro:** Medirá el flujo de entrada de agua cruda al tanque principal (10.43 l/s).
 - **Sensor de Nivel:** Monitoreará el nivel de agua en el tanque de almacenamiento.
- **Salida:**
 - **Señal al PLC:** Los datos de caudal y nivel son enviados al PLC para su procesamiento.
- **Control Automático:**
 - **Válvula de Entrada:** Automatizada para abrir o cerrar en función del nivel del agua en el tanque de almacenamiento.
 - **Alarma de Nivel:** Activada si el nivel de agua supera o cae por debajo de los límites establecidos.

Dosificación de Sustancias Químicas:

- **Entrada:**
 - **Caudalímetro en Líneas de Dosificación:** Medirá la cantidad de sustancia química añadida (Hipoclorito de Sodio, Sulfato de Aluminio, Hidróxido de Calcio, Regulador de pH).
 - **Sensores de Concentración:** Medirán la concentración de químicos en el tanque principal.
- **Salida:**
 - **Señal al PLC:** Los datos de flujo y concentración son enviados al PLC.
- **Control Automático:**
 - **Bombas Dosificadoras:** Controladas por el PLC para dosificar con precisión cada sustancia química según la demanda y concentración en tiempo real.
 - **Válvulas de Control:** Aseguran que la dosificación sea precisa y eficiente.

Distribución del Agua Potable:

- **Entrada:**
 - **Caudalímetro de Salida:** Mide el flujo de agua tratada que sale del sistema (8 l/s).
 - **Sensor de Calidad:** Verifica la calidad del agua antes de su distribución.
- **Salida:**
 - **Señal al PLC:** Los datos de flujo y calidad son enviados al PLC.
- **Control Automático:**
 - **Bomba de Salida:** Controlada para mantener un flujo constante y eficiente.
 - **Alarma de Calidad:** Se activa si el agua no cumple con los estándares de potabilidad.

Monitoreo y Supervisión SCADA:

- **Interfaz de Usuario:**
 - **Pantallas SCADA:** Muestran en tiempo real el estado del sistema, incluyendo gráficos de tendencias, alarmas, y datos históricos.
 - **Notificaciones:** Alertas automáticas para situaciones anormales.

Resumen de Variables de Entrada y Salida

- **Variables de Entrada:**
 - Caudal de agua cruda.
 - Niveles de agua en los tanques.
 - Concentración de sustancias químicas.
 - Niveles de pH y ORP.
 - Parámetros de calidad del agua (turbidez, conductividad, etc.).
- **Variables de Salida:**
 - Ajuste de válvulas de entrada y salida.
 - Activación de bombas dosificadoras y agitadores.
 - Operación de la bomba de salida.
 - Generación de alarmas y notificaciones en SCADA.

Al final también se contará con softwares de simulación y diseño que nos ayudaran a anticipar problemas potenciales y a mejorar el rendimiento del sistema antes de su implementación para con esto lograr el objetivo.

Con todo lo expuesto se tiene el siguiente diagrama PI&D, que nos ayudara a visualizar las variables de control, así como los elementos a usar dentro de la automatización del sistema de agua potable.

En cuanto a la inyección de los compuestos para la dosificación es fundamental entender el proceso completo de potabilización del agua. Como se muestra en la Figura. 14, se han considerado cuatro de los siete procesos clave en la potabilización, ya que es en estas etapas donde se realiza la inyección de las sustancias necesarias para garantizar la calidad

y seguridad del agua, a continuación, se describirán estos procesos y la sustancia utilizada en cada una.

Etapa 1. Captación y Pretratamiento

El agua es captada de fuentes naturales en este caso de un río La Victoria, en esta etapa se realiza una filtración gruesa para eliminar sólidos grandes como ramas, hojas y sedimentos grandes.

En este apartado no es necesario inyectar ningún compuesto químico, ya que el principal objetivo es retirar todos esos materiales grandes.

Etapa 2. Coagulación y Floculación

En esta etapa el agua se dirige a un tanque reservorio donde se mezcla con un coagulante para agrupar partículas finas con el objetivo de facilitar su sedimentación. En este caso se usa Sulfato de Aluminio que también ayuda a clarificar el agua.

Etapa 3. Sedimentación

El agua que previamente se coagulo pasa a un tanque de sedimentación donde las sustancias pesadas se dirigen al fondo de este tanque gracias a la gravedad, al ser un proceso físico no se necesita de sustancias.

Etapa 4. Filtración

El agua pasa por distintos filtros donde estos pueden ser de arena y otros materiales evitando el paso de partículas restantes que se encuentran suspendidas y para ello no se necesita de ninguna sustancia.

Etapa 5. Desinfección y Eliminación de Olores.

En este punto es necesario la inyección del Hipoclorito de sodio con el objetivo de eliminar virus, bacterias y olores. Además de mejorar visualmente el agua.

Etapa 6. Ajuste de Ph y Mejora de la calidad del agua.

Esta etapa es muy importante ya que al mejorar el Ph del agua evito corrosiones en las tuberías, en este punto es necesario la inyección de Hidróxido de calcio que se lo usa principalmente para añadir calcio al agua y mejorar su calidad y hacer de este recurso agradable para el consumo, el Ph neutro ayuda a mantener su rango neutro.

Etapa 7. Almacenamiento y Distribución

El agua tratada y desinfectada se añade en almacenamientos grandes donde espera a ser consumida. No se añaden nuevas sustancias.

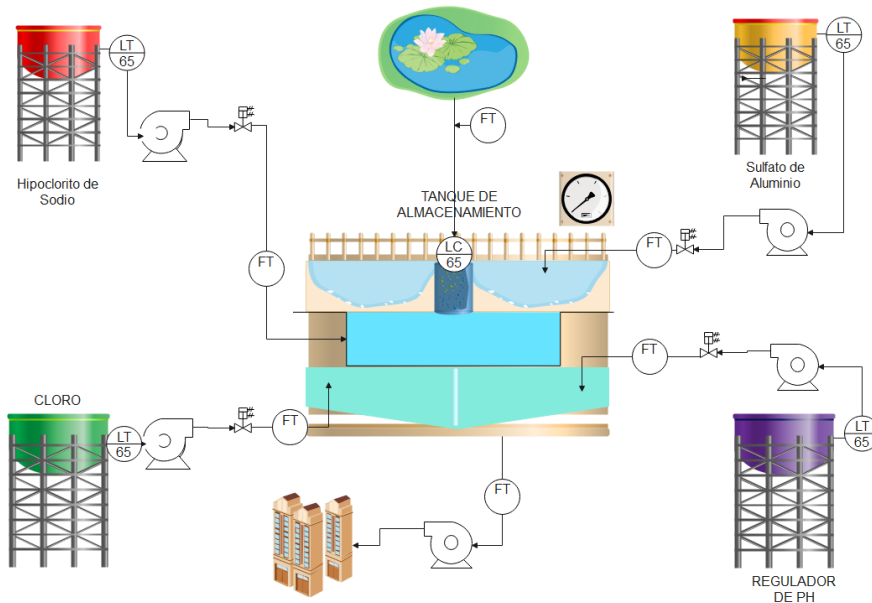


Figura. 14 Diagrama PI&D del sistema de bombeo

4.4 Selección de Sensores y Equipos

La selección de los equipos se ha realizado tomando en cuenta marcas reconocidas en la industria, pero que ofrecen productos de bajo costo sin comprometer la calidad y durabilidad. A continuación, se presenta una tabla detallada con la descripción, especificaciones y valores estimados de cada componente.

4.4.1 Selección de Sensores y Equipos

La selección de los equipos se ha realizado tomando en cuenta marcas reconocidas en la industria, pero que ofrecen productos de bajo costo sin comprometer la calidad y durabilidad. A continuación, se presenta una tabla detallada con la descripción, especificaciones y valores estimados de cada componente.

4.4.2 Sensores de nivel de líquidos compuestos

Para el control de nivel de cada uno de los tanques de productos químicos se usará sensores de nivel que no sufran daños o perturbaciones por este tipo de trabajo

seleccionado el sensor sin contacto XKC-Y25 debido a que es un sensor sin contacto que trabaja de forma capacitiva esto significa que reconoce el líquido sin entrar en contacto con el mismo, de esta forma protegemos al sensor de posibles daños o desgaste a causa de los compuestos químicos.

4.4.3 Sensor Nivel De Agua Liquido Sin Contacto Xkc Y25 Npn

El sensor de nivel XKC-Y25-T12V es un sensor de proximidad no invasivo de tipo capacitivo, detecta la presencia o ausencia del líquido al nivel que está instalado. No necesita estar en contacto con el líquido ya que mide su presencia desde afuera del envase, esto es útil cuando no se puede interferir con la sustancia por seguridad o para mantener la integridad del envase.

Cuando el líquido pasa al nivel del sensor, su capacitancia parásita se acopla al campo eléctrico generado por el sensor, esto es detectado por el sensor capacitivo y procesado como presencia de líquido. Se puede ajustar la sensibilidad retirando la tapa trasera y ajustando el potenciómetro con un destornillador, girar en sentido horario para disminuir la sensibilidad y en sentido antihorario para aumentar la sensibilidad. La salida del sensor de puede invertir (ver conexiones abajo).

El contenedor del líquido no debe ser de material metálico para no bloquear el campo eléctrico detectable, lo recomendable es utilizar envases de plástico o vidrio. Para pegar el sensor al envase se puede usar pegamento de mucílago.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de operación (VCC): 5-24 VDC
- Consumo de corriente: 5mA
- Voltaje de salida: 0 - VCC
- Corriente de salida: 1-50 mA
- Tiempo de respuesta: 500 ms
- Temperatura de funcionamiento: 0 - 100 °C
- Rango de censado: 0 - 15 mm
- Humedad de funcionamiento: 5% - 100%
- Material externo: Plástico ABS
- Protección: IP67
- Led indicador de detección

- Dimensiones: D28 x L16.9 mm

4.4.4 Sensor de nivel del tanque principal

Debido a que el nivel del líquido del tanque principal se encuentra en un envase sólido se utiliza un sensor de trabajo analógico que ayudan a controlar de manera más efectiva el nivel de líquido que posee el tanque principal, así como el tipo de lectura que entregara hacia el PLC. Para esto se elige el sensor de nivel de tipo microondas que aparte de poseer características alimenticias (construcción en acero inoxidable A304) también la conexión y la longitud lo hacen ideal para este tipo de trabajos.

4.4.5 Sensor de nivel de microondas NG 8100/8200

El sensor de radar guiado NG 8100 mide el nivel de líquidos o aceites de cualquier tipo. Por otra parte, además de medir el nivel total, el sensor TDR también puede detectar de forma fiable y precisa una interfaz de formación entre dos líquidos. Su puesta en marcha y diagnóstico sencillos, guiados por menús, con módulo de ajuste y pantalla, la alta fiabilidad de la medición, incluso en aplicaciones con vapor, formación de espuma o condensado, reduce los tiempos de inactividad no deseados, es capaz de trabajar sin darle mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS:

- Carcasa de aluminio (IP 68)
- Robusto acoplamiento de acero inoxidable
- Cono de condensación de PPS o PEEK
- Materiales de grado alimentario (conforme a la FDA | EG 1935/2004)
- Diferentes versiones de sonda: coaxial, de varilla, de cable
- Alcance de medición de hasta 75 m
- Alta precisión de medición (+- 2 mm)
- Área muerta baja
- Funciones de puesta en marcha y diagnóstico guiadas por menú
- Electrónica de 2 hilos con salida 4...20 mA/HART
- Versión de alta temperatura hasta 450°C
- Versión resistente a la presión hasta 400 bar

4.5 Bomba para los compuestos

Las bombas que se pueden usar dentro los compuestos químicos serán bombas centrifugas que son bombas que se usan para transportar líquidos a través de grandes alturas ya que mejoran la presión para alcanzar el objetivo.

De la misma forma el objetivo de colocar una bomba de tipo Booster es aumentar el caudal de distribución hacia la zona de la población y este tipo de bombas es ideal para este tipo de trabajos, también el control de este tipo de bomba se lo realizara a través de un control on/off mediante variador de frecuencia.

Estos parámetros de control se los podrá controlar desde la pantalla de control en donde este ubicado el HMI, que controlará todo el proceso de control.

4.6 Controlador Lógico Programable

También conocido como PLC, este se seleccionará con número de entradas de los sensores, así como los elementos de control como interruptores, paro de emergencia entre otros, con respecto a las salidas también dependerá del número de actuadores y visualizadoras que se desee colocar en el sistema a controlar en la estación de bombeo.

Para el caso de estudio se usará el PLC Siemens S7-1200, que es una de las familias de siemens que se puede adaptar a cualquier entorno y que nos permite acoplar diferentes tipos de señales, para las entradas y salidas el PLC cuenta con una gran cantidad de entradas y salidas que colaborara para cumplir el objetivo.

Características del PLC S7-1200

CPU 1214 FC, DC/DC/DC, 14DI/10DO/2AI - 6ES7214-1AF40- 0XB0

1. CPU compacta de seguridad, DC/DC/DC.
2. Memoria de programas/datos integrada de 200 kbytes, memoria de carga de 4 Mbytes.
3. Alimentación de 24 V DC.
4. Tiempo de ejecución booleano de 0,085µs por operación.
5. 14 entradas digitales, 10 salidas digitales, 2 entradas analógicas.
6. Ampliable con hasta 3 módulos de comunicación, 8 módulos de señales y 1 Signal Board/Communication Board.
7. Entradas digitales utilizables como HSC con 100 kHz.

8. Salidas digitales de 24 V DC utilizables como salidas de impulsos (PTO) o salidas con modulación de ancho de impulsos (PWM) con 100 kHz.



Figura. 15 Módulo de control PLC para motores DC

La selección de los equipos se ha realizado tomando en cuenta marcas reconocidas en la industria, pero que ofrecen productos de bajo costo sin comprometer la calidad y durabilidad. A continuación, se presenta una tabla detallada con la descripción, especificaciones y valores estimados de cada componente.

Tabla 1 Componentes eléctricos.

Componente	Marca/Modelo	Descripción	Especificaciones	Precio Aproximado (USD)
Sensor de Nivel	microondas NG 8100/8200	Sensor de nivel ultrasónico, ideal para tanques de almacenamiento	Rango: 20-750 cm, Precisión: ± 1 cm	\$30
Sensor de pH	Apera Instruments - PH20	Sensor de pH de bajo costo para monitoreo de agua.	Rango: 0-14 pH, Precisión: ± 0.1 pH	\$40
Caudalímetro	YF-S201	Sensor de flujo de agua para	Rango: 0.3-10 L/min, Precisión: $\pm 10\%$	\$15

		aplicaciones de bajo caudal.		
Bomba de Agua	Shurflo - 2088-554-144	Bomba de diafragma autocebante, eficiente y duradera.	Caudal: 10.6 L/min, Presión: 45 psi	\$75
Bomba Dosificadora	Jebao - DP-4	Bomba peristáltica de cuatro canales para dosificación de químicos.	Caudal: 1-9999 mL/min, Canales: 4	\$60
Controlador de Nivel	Autonics - F70-R2A	Controlador de nivel industrial para gestionar el nivel de líquidos.	Rango de operación: 110-240V AC	\$40
Controlador PLC	Siemens plc S7 1200 CPU 1214 FC	PLC compacto para control y automatización del sistema.	Entradas: 8, Salidas: 4	\$450
Sistema SCADA	Software Open Source	Implementación de un sistema SCADA basado en software libre.	Monitorización y control en tiempo real	\$0
Válvulas Solenoides	U.S. Solid - USS2-00078	Válvulas de solenoide para control automático del flujo de agua.	Tamaño: 1/2", Voltaje: 12V DC	\$15 cada una

4.7 Procedimiento

En el desarrollo de la automatización de la estación de bombeo de agua en La Victoria, se deben considerar aspectos cruciales de diseño y simulación. Una vez realizada la selección de materiales, estos deben funcionar correctamente dentro del sistema automatizado. A continuación, se procederá a exponer una opción de funcionamiento del sistema en donde se considerará los parámetros de trabajo de la estación de bombeo.

4.8 Diseño de los parámetros de simulación.

Para los parámetros de simulación se tomará en cuenta el funcionamiento que debería tener la estación de bombeo, así como los requerimientos otorgados por el presidente de la junta. De los cuales se tiene el siguiente proceso de trabajo.

1. Se dispone de un selector para encender o apagar el tablero de control en todo momento.
2. Se dispone de un paro de emergencia para apagar el sistema cuando este entre en falla.
3. Según requerimientos los sensores de nivel darán un aviso a la pantalla del producto que se esté por terminar de esta forma cuando el operador llegue, este pueda llenar el tanque vacío, también si no se tomara atención de este aviso la bomba deje de trabajar para evitar que esta se dañe por falta de líquido en su proceso.
4. Las bombas trabajaran por un intervalo de tiempo este mismo medido de acuerdo con los requerimientos del producto o a la cantidad acordada por el personal a cargo de modo que se cumpla con las cantidades adecuadas para la purificación del agua.
5. Según los requerimientos establecidos por el coordinador de la junta parroquial existe horas en donde la distribución del líquido vital escasea por el consumo grupal de la población, entonces se pretende encender la bomba principal por intervalos de tiempo a lo largo del día de modo que esta no va a trabajar constantemente.
6. Se dispondrá de visualizadores en el tablero de control para comprobar cuales son los actuadores que están trabajando en su momento.

4.9 Diseño de la simulación del proceso.

De lo planteado en las condiciones anteriores podemos diseñar una línea de transmisión de los compuestos químicos hacia el agua a través de un sistema de tuberías que se pueden desembocar en una sola tubería principal lo que ayudaría a economizar en la instalación de una sola tubería por donde transite los compuestos.

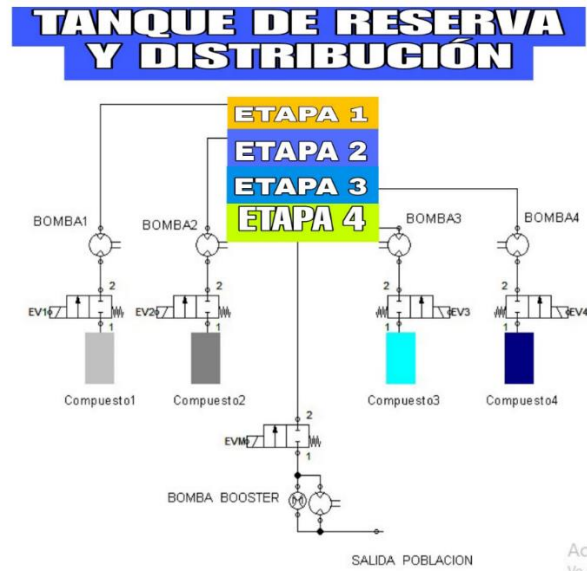


Figura. 16 Diseño de la distribución de la tubería.

Como se puede observar en la Figura. 16, se dispone de una tubería principal que lleva la cantidad de compuestos necesaria (estos compuestos viajarán por la tubería y su cantidad dependerá de la programación de los tiempos en los que programe las PLC), cada compuesto tiene su tanque de reserva en donde se colocará el producto y desde ahí a través de tuberías y de bombas se ingresará con estos al reservorio de agua para que esta sea purificada y esté lista para su distribución.



Figura. 17 Tanques de reserva de compuestos.

Para el control de las concentraciones de compuestos químicos o de la calidad de agua es necesario crear un sistema de laso cerrado en el mismo tanque de modo que si se tratase de realizar una inspección manual o pruebas de titulación de la calidad del líquido vital se disponga de una llave de paso en un lado de la tubería, para de esta forma evitar contaminar el agua antes de su distribución.

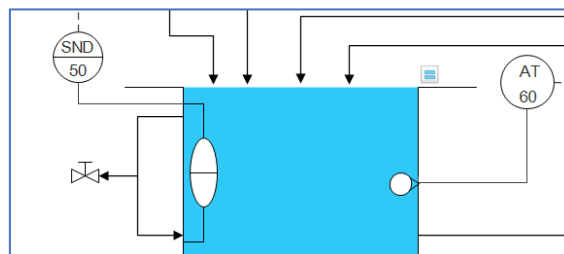


Figura. 18 Gráfica de llaves de control para el líquido.

Como se observa en la Figura. 18 en la actualidad se dispone de una llave de paso en donde se puede extraer cierta cantidad de líquido sin comprometer la distribución de este a lo largo de su distribución hacia la comunidad.

4.10 Diseño del control eléctrico

Para realizar el diagrama eléctrico es necesario conocer los parámetros de trabajo a los que debe operar la estación de bombeo La Victoria, para esto recurrimos a los apartados anteriores en donde se condiciona el trabajo de la estación, a continuación, se conocerá el diagrama de conexiones que debe tener la estación de bombeo en donde se visualizar los elementos a usar dentro del sistema de control.

También se tomará en cuenta que el sistema de conexiones debe contar con sistemas de conexión trifásicos para la bomba tipo booster, así como selector de inicio del sistema para mantenerle encendido y un paro de emergencia para cubrir el sistema ante cualquier posible falla, las temporizaciones se harán de forma interna puesto que el PLC, permite controlar varios de tipos de temporizadores para su trabajo.

Como se aprecia en la Figura.19 se tiene una visión general del sistema eléctrico diseñado, pero en este caso esta parte se dividirá al plano eléctrico en diferentes secciones como se observa en la Figura. 21 donde la primera sección será la del PLC que está conectado con una fuente de 24 V, puesto que se está trabajando con un PLC Siemens S7-1200 1212C y sus salidas son a relé de modo que estas activaran los contactores que comandaran las bombas para la distribución de los compuestos en el agua, de la misma forma para encender la bomba de tipo booster que nos ayudara a la distribución del agua. También

en la parte superior se puede observar el ingreso de los flotadores en las señales de entrada, así como el paro de emergencia que apagará el sistema ante cualquier eventualidad. Dentro de las entradas también se encuentra la señal análoga del flotador de nivel digital el mismo que evaluará la cantidad de agua potable que hay en el reservorio para su distribución. Por último, tenemos la conexión con la pantalla Kinco a través del conector ethernet.

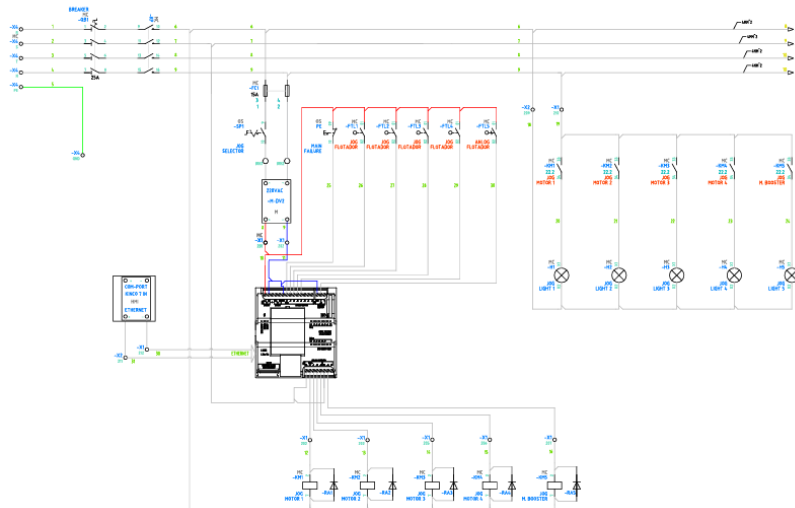


Figura. 19 Esquema del sistema eléctrico.

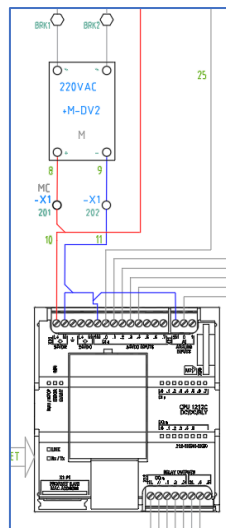


Figura. 20 Diagrama PLC S7-1200.

En la Figura. 22 se encuentran las entradas de los flotadores y el paro de emergencia que se nombró en la primera etapa, así como las demás variables de control que están inmiscuidas dentro de las entradas del PLC, como se puede observar las entradas del PLC

son de tipo On/Off a excepción de la entrada analógica que se conecta en el pin de lectura analógica del PLC. Como este último es de 24vdc, entonces se cablea la alimentación de los interruptores de control con el voltaje de trabajo, para habilitar la lectura de las entradas se debe conectar una línea negativa en los puntos M como indica el diagrama de control puesto que sin esta conexión el PLC no reconocerá las entradas que se instalen en él.

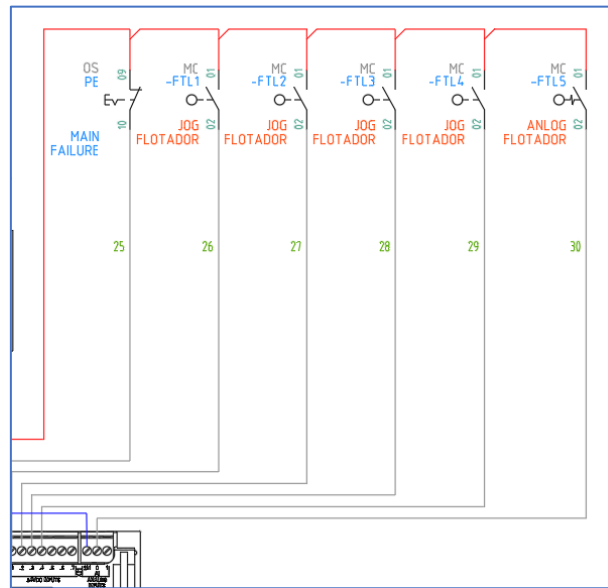


Figura. 21 Diagrama de conexiones de entradas

Los visualizadores al ser luces piloto se conectarán a una línea de tensión de 110v y serán activados a través de las salidas de tipo relé que comandan los contactores para el encendido de las bombas, en este caso como los contactores disponen de contactos abiertos y cerrados de tipo auxiliares que se usaran para el propósito mencionado tal como se muestra en la Figura 23.

También se debe tomar en cuenta que el sistema posee un paro de emergencia que el mismo al ser accionado emitirá una alarma visual de color roja indicando que existe una falla o posible desperfecto en el manejo de la estación de bombeo.

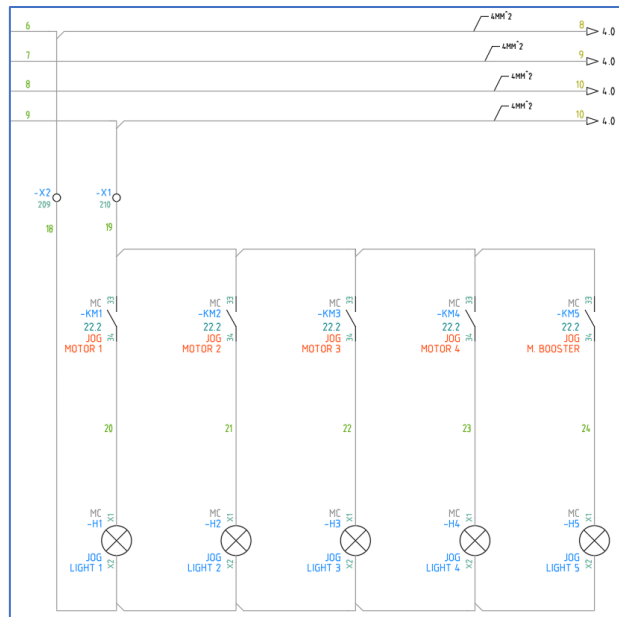


Figura. 22 Diagrama de conexiones de las luces piloto.

Por último, en la Figura.24, se tienen la conexión de la pantalla HMI a través de un conector ethernet que ayuda a que la pantalla cumpla con la programación que se le otorgo para comandar al PLC.

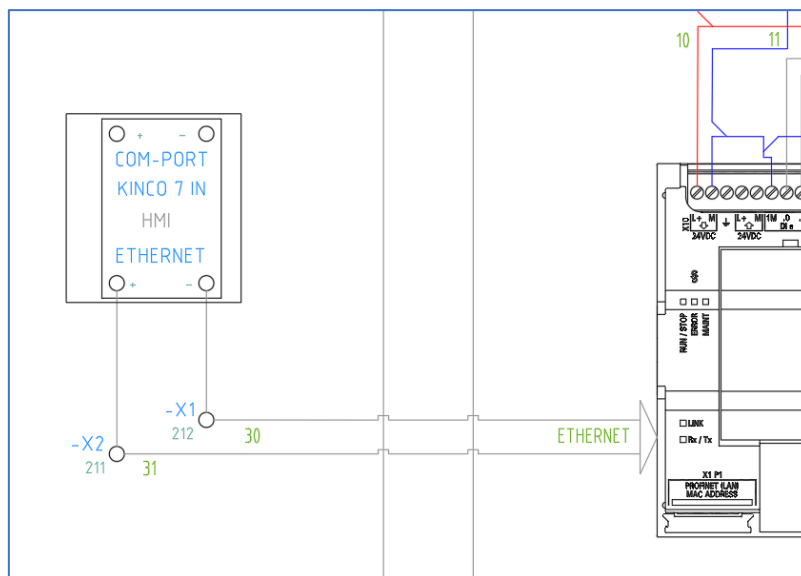


Figura. 23 Diagrama de conexiones de la pantalla con el PLC.

Para el diagrama de fuerza se tomará el ejemplo de uno de las bombas que se pretende comandar desde el PLC tal como se muestra en la Figura.20, esta tiene las protecciones necesarias para evitar que el motor se dañe o sufra fallas eléctricas por sobretensiones o una posible sobre corriente, estas magnitudes se calcularan el siguiente apartado, donde se seleccionara el tipo de cable. También al ser motores trifásicos se tiene la distribución

de la tensión a través de las líneas de alimentación que también disponen de protecciones para evitar fallas hacia la alimentación principal del sistema.

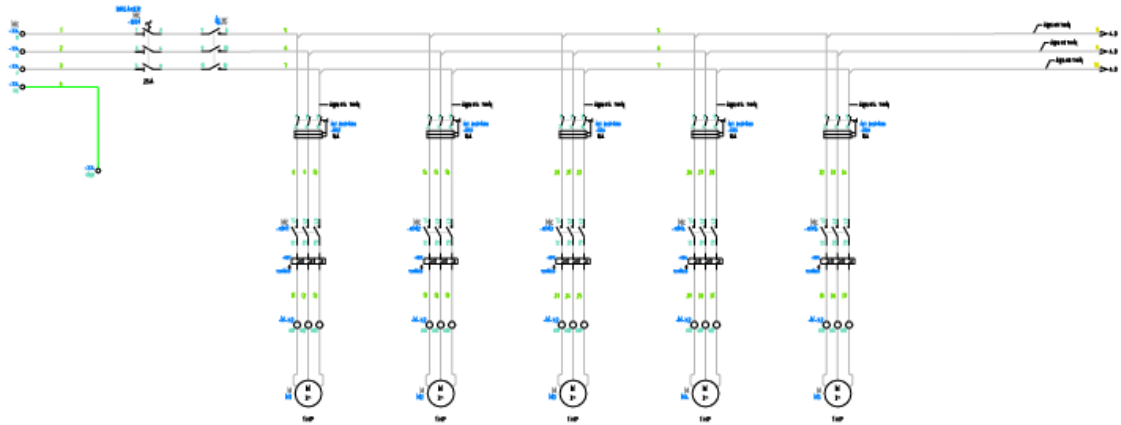


Figura. 24 Esquema del sistema eléctrico.

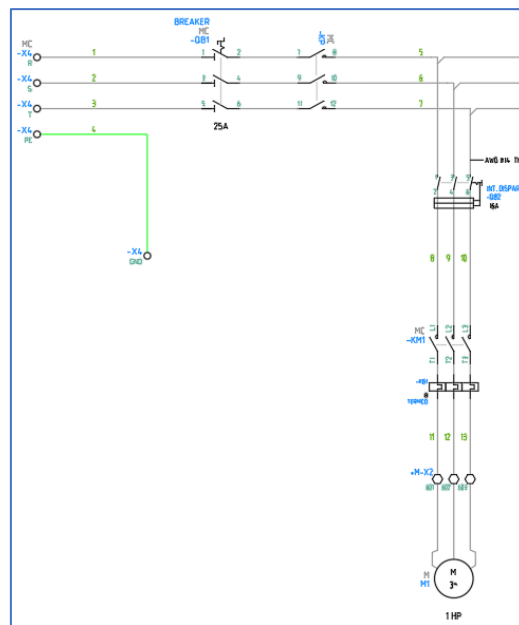


Figura. 25 Diagrama de potencia.

4.11 Diseño de las protecciones

En el sistema de la Figura. 26 se ha considerado diferentes protecciones, una como principal para todo el sistema, y para cada motor se provisto una protección de corto circuito y una protección contra sobre cargas.

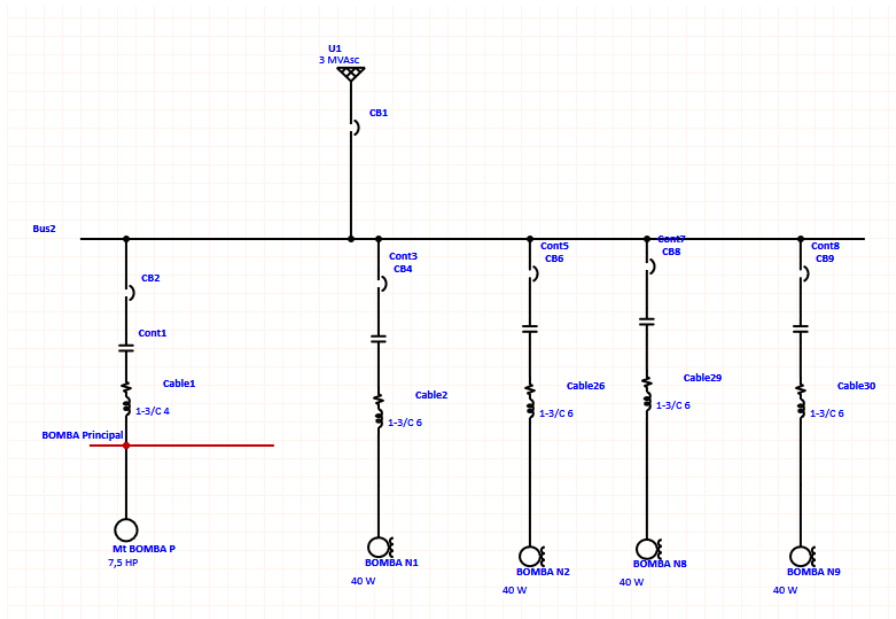


Figura. 26 Diagrama de protecciones en ETAP.

El sistema de carga consta con de 5 bombas que permiten, la bomba principal es quien alimentara al circuito de distribución de agua a los usuarios y 4 bombas que se encarga de alimentar al tanque de distribución distintos nutrientes las características de cada uno de estos dispositivos se las puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2 Datos de la Bomba Principal.

BOMBA PRINCIPAL	
Voltaje (V)	220V
Frecuencia (F)	60Hz
Potencia (P)	7.5 Hp
Eficiencia (EF)	81.5 %
Cosφ	0.78
BOMBAS DE NUTRIENTES	
Voltaje (V)	220 V
Frecuencia (F)	60 Hz
Potencia (P)	40 w
Eficiencia (EF)	81.5 %
Cosφ	0.78

Cálculo de corriente nominal (In) y selección de corriente a plena carga (Icpc)

$$I_n = \frac{Hp * 745.7}{V \cdot \cos\phi \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_n = \frac{7.5hp * 745.7}{220V * (0.78) * \sqrt{3}}$$

$$I_n = 18.81A$$

$$I_n = \frac{40W}{220V * (0.78) * \sqrt{3}}$$

$$I_n = 0.13A$$

4.12 Selección y dimensionamiento de calibre de conductor

El calibre del conductor debe soportar por los menos el 125% del valor de la corriente de protección del circuito según la normativa vigente NEC.

Para lo cual se determina de la tabla 430.250 la corriente a plena carga con los datos de cada motor.

Tabla 430.250. Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna.

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par. Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 voltios, 220 a 240 voltios, 440 a 480 voltios y 550 a 600 voltios.

Caballos de fuerza	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado (amperios)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperios)			
	115 voltios	200 voltios	208 voltios	230 voltios	460 voltios	575 voltios	2300 voltios	230 voltios	460 voltios	575 voltios	2300 voltios
1/2	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	--	--	--	--	--
3/4	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	--	--	--	--	--
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	--	--	--	--	--
1½	12	6.9	6.6	6	3	2.4	--	--	--	--	--
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	--	--	--	--	--
3	--	11	10.6	9.6	4.8	3.9	--	--	--	--	--
5	--	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	--	--	--	--	--
7½	--	25.3	24.2	22	11	9	--	--	--	--	--
10	--	32.3	30.8	28	14	11	--	--	--	--	--
15	--	48.3	46.2	42	21	17	--	--	--	--	--
20	--	62.1	59.4	54	27	22	--	--	--	--	--
25	--	78.2	74.8	68	34	27	--	53	26	21	--

Figura. 27 Normativa NEC.

De imagen propuesta se selecciona la corriente a plena carga para cada motor:

$$I_{cpcBP} = 22A$$

$$I_{cpcBN} = 2.2A$$

Calculo da ampacidad:

$$AmpacidadBP = 22A * 1.25 = 27.5A$$

$$AmpacidadBN = 2.2A * 1.25 = 2.75A$$

Para la selección de calibre de conductor se selecciona de la Tabla **310.16. de** Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de

0 a 2000 voltios y 60° C a 90° C (140° F a 194° F)

Para la bomba principal se obtiene un calibre AWG10 XHHW.

Para la bomba de nutrientes se obtiene un calibre AWG14 XHHW.

4.13 Diseño de protección de sobre corriente o corto circuito

Cada conexión del devanado del motor debe tener protección contra cortocircuitos y contra falla a tierra en el circuito ramal, con un valor nominal no mayor a la mitad de la especificada en la sección 430.52. donde es especifica un porcentaje de 800% de la corriente a plena carga para motores De jaula de ardilla: diferentes de los de diseño B energéticamente eficientes con un interruptor automático

$$I_{cBP} = 22A * 8 = 176A$$

$$I_{cBN} = 2.2A * 8 = 17.6A$$

4.14 Diseño de protección para sobre carga del circuito

Para mantener protegidos los motores por un dispositivo separado contra sobrecarga, se exige que los motores tengan protección contra sobrecarga con un valor nominal de, o ajustado para dispararse a un máximo del 125% de la corriente de plena carga de acuerdo con la placa de características nominales [véanse las secciones 430.6(A) y 430.32(A)(1)] de la norma NEC

Para el motor de 7.5 hp $22 A \times 1.25 = 40.0 A$

Para el motor de 40W $2.2 A \times 1.25 = 47.5 A$

Cuando el dispositivo separado de protección contra sobrecarga es un relé de sobrecarga (no es un fusible ni un interruptor automático) y dicho dispositivo seleccionado al 125% no es suficiente para dar arranque al motor o accionar la carga, se permite incrementar el ajuste de disparo de acuerdo con la sección 430.32(C).

De esta manera como se puede observar en la Figura. 28 el sistema está diseñado para desconectar automáticamente el dispositivo de alto riesgo, en este caso la bomba Booster, en caso de una sobrecarga. Esto asegura que la sobrecarga no afecte el funcionamiento de las demás bombas ni cause averías en el sistema, protegiendo así la integridad operativa del conjunto.

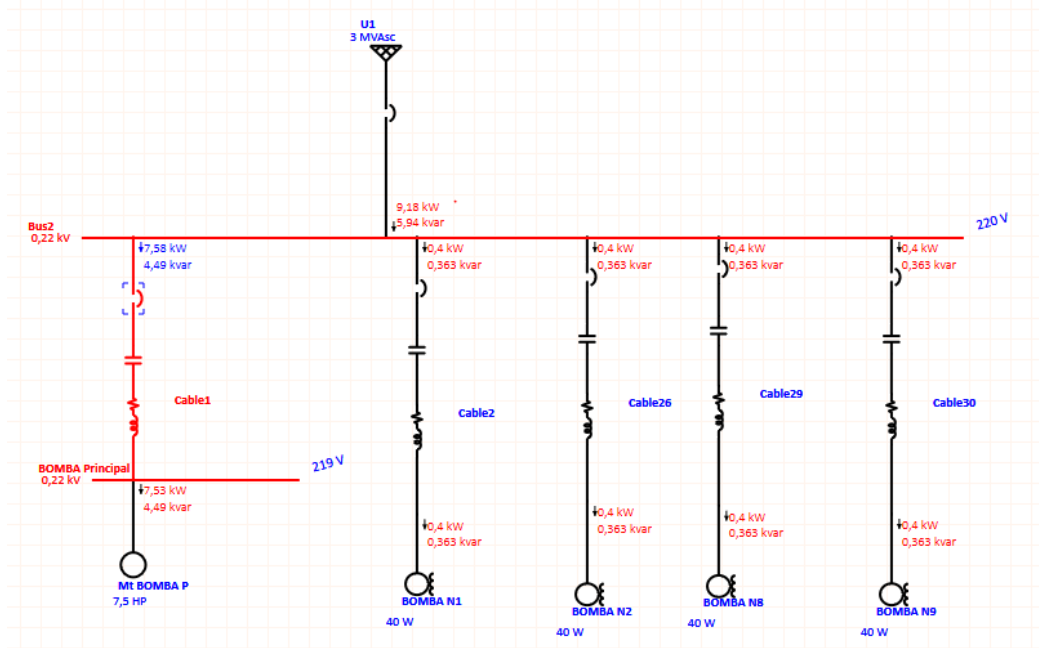


Figura. 28 Energización del diagrama en ETAP.

Datos de entrada:

- **Fuente (U1):** 3 MVA
- **Voltaje del bus (Bus2):** 0.22 kV (220 V)
- **Cargas conectadas:**
 - **Bomba Principal:** 7,58 kW, quedan 4,49
 - **Bombas N1, N2, N8, N9:** 0,4 kW, 0,363 kvar cada unidad
- **Voltajes en las cargas:**
 - **Bomba principal:** 219 V
 - **Otras Bombas:** 220 V

Calcular las corrientes en cada línea: Utilizando los valores de potencia activa (PAG) y reactiva (Q), podemos calcular la corriente usando la fórmula de la potencia aparente

$$I_{\text{Director de Bomba}} = \frac{7,58 + 4,49}{219 \times \sqrt{3}} = \frac{7,58 + 4,49}{379,63} \approx 0,020 + j 0,012 \text{ kA}$$

$$I_{\text{Bomba nutrientes}} = \frac{0,4 + j 0,363}{210 \times \sqrt{3}} = \frac{0,4 + j 0,363}{380,88} \approx 0,001 + j 0,001 \text{ kA}$$

$$I_{\text{total}} = I_{\text{Director de Bomba}} + I_{\text{Bomba N 1}} + I_{\text{B o sis N 2}} + I_{\text{Bomba N 8}} + I_{\text{Bomba N 9}}$$

$$I_{\text{total}} \approx 0,042 + j 0,028 \text{ kA}$$

Estos resultados nos indican que el sistema está manejando una potencia total de 20.16 kVA con una corriente de 53 A y una caída de tensión de aproximadamente 1 V en los cables.

La corriente total en el sistema es aproximadamente $0.042 + j0.028$ kA.

La potencia aparente total manejada por el transformador es aproximadamente 18.7 kVA.

Las diferencias de voltaje son mínimas, indicando que el sistema está bien balanceado.

4.15 Propuesta de la programación a usar

Para la programación que se va a usar se diseñará en diagrama de flujo representada en la Figura.29, donde se expondrá los pasos que se deberá seguir para lograr el objetivo de potabilizar el agua, así como su distribución hacia la población. Los parámetros de trabajo serán los expuestos en capítulos anteriores en donde se deberá colocar tiempos al trabajo de las bombas de distribución de productos químicos, así como también los tiempos de control de la bomba principal.

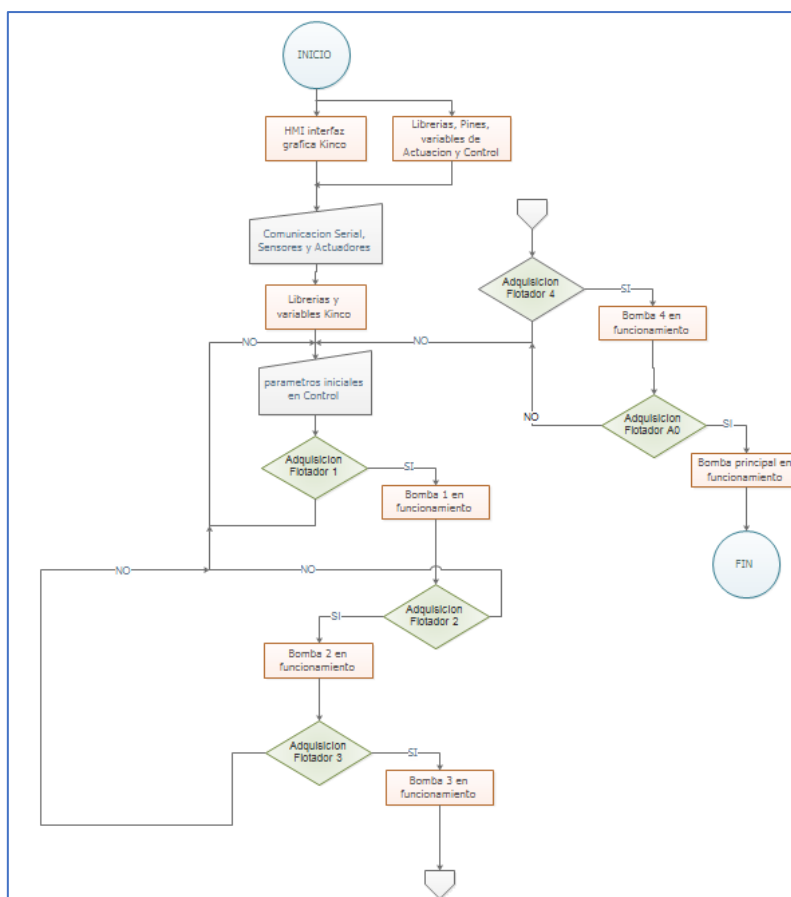


Figura. 29 Diagrama de flujo de la tentativa de programación.

En la programación se puede observar que primero se establece las librerías y la unión del PLC con la pantalla HMI, así como las variables de control y sensores que van a interactuar con el proceso, al mismo tiempo se ejecuta las librerías dentro de la pantalla para mientras el PLC empieza con el reconocimiento de las funciones a trabajar la pantalla avanza con la interfaz gráfica hasta llegar a la pantalla de control.

4.16 Descripción de programa desarrollado en TIA Portal para el PLC

El control se realizará mediante un Siemens PLC S7 1200 CPU 1214 FC, el cual cuenta con 8 entradas digitales un dos entradas analógicas y 4 salidas digitales y una analógica, suficientes para manejar las bombas dosificadoras y las válvulas solenoides. Este PLC será programado en el entorno TIA Portal.

Entradas

- **Entradas Digitales:**
 - Sensor de Nivel (para monitorear el nivel de agua en el tanque).
 - Sensor de pH (para monitorear el nivel de pH del agua).
 - Sensor de flujo (para verificar el caudal del agua).
 - Botón de inicio (para activar manualmente el proceso de dosificación).

Salidas

- **Salidas Digitales:**
 - Activación de las Bombas Dosificadoras (4 salidas, una por cada químico).
 - Activación de las Válvulas Solenoides (control para apertura/cierre de flujo).

Temporizador

- **Temporizador Secuencial:**
 - Se implementará un temporizador que activará las bombas dosificadoras en un orden específico y con un intervalo de tiempo determinado, permitiendo una dosificación secuencial controlada.

Lógica de Control

Control de las Bombas Dosificadoras

- **Secuencia de Activación:**
 - Las bombas dosificadoras se activarán de manera secuencial. El temporizador gestionará la duración de activación de cada bomba, permitiendo que cada químico sea dosificado en el orden y cantidad necesarios.

- La lógica incluirá condiciones basadas en el nivel del tanque (sensor de nivel) y en el pH del agua (sensor de pH), garantizando que solo se dosifique cuando el sistema lo requiera.

Control de Válvulas Solenoides

- **Apertura/Cierre de Válvulas:**

- Las válvulas se abrirán para permitir el flujo de agua durante la dosificación y se cerrarán una vez completado el proceso. La apertura de las válvulas estará sincronizada con la activación de las bombas dosificadoras para asegurar que el químico se mezcle adecuadamente en el agua.

Interrupciones y Paradas de Emergencia

- Se configurarán condiciones para detener el proceso si los sensores indican niveles fuera de los parámetros establecidos (por ejemplo, un nivel de pH fuera de rango o un nivel de agua demasiado bajo).

Programación del Temporizador

- **Temporizador Secuencial:**

- En TIA Portal, se utilizará un temporizador interno de PLC activado las marcas de ciclo de mismo y bloques de timer TON que controlará la duración de la activación de cada bomba dosificadora. El temporizador secuencial permitirá que las bombas se activen una tras otra, con intervalos programados como se muestra en la Figura.30.

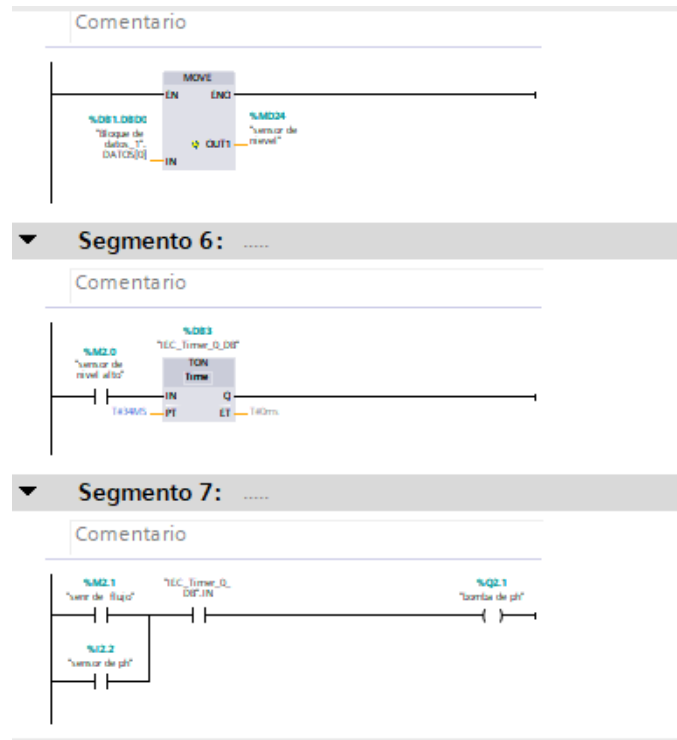


Figura. 30 Segmentos del funcionamiento.

4.17 Diseño de la interfaz gráfica HMI

Para el diseño de la interfaz gráfica se dispone de una pantalla HMI Kinco de 7 in la misma que tendrá dos interfaces graficas la primera será de carácter informativa donde se podrá visualizar información relevante acerca del proyecto como: Proceso, función, creador, institución.

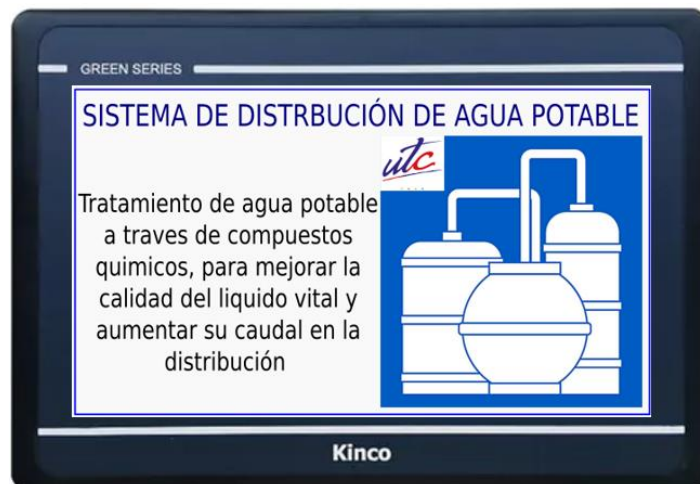


Figura. 31 Pantalla Informativa.

La segunda pantalla será en donde se disponga de la programación de cada bomba, esto quiere decir la función de encendido directo de las bombas que ayudará a drenar los líquidos y dejarlos funcional cuando estos se terminen de modo que no haya un falso positivo en la colocación de los compuestos químicos dentro de la cisterna captadora de agua potable.

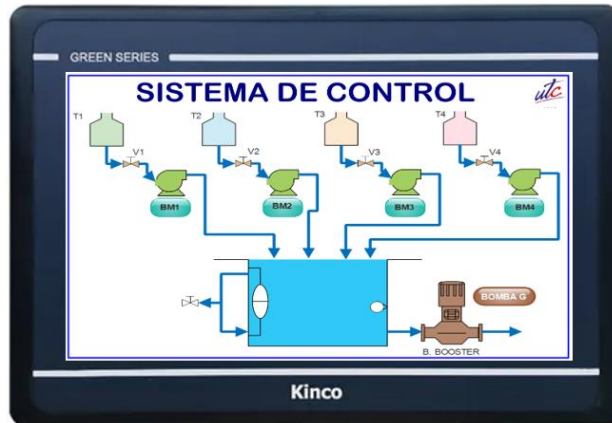


Figura. 32 Pantalla de Control.

También en esta se podrá colocar un botón en donde se pueda ingresar a una tercera ventana que posea un sistema de programación por tiempos para la bomba principal de modo que se pueda cumplir con el objetivo de regar esta por horas dentro del día cumpliendo con las necesidades expuestas por el presidente de la junta parroquial.



Figura. 33 Pantalla de Configuración.

En la tercera pantalla se desplegará un teclado numérico en donde se podrá escribir los tiempos que se requieren que las bombas trabajen así también para la última bomba se contara con 4 horarios programables para cumplir con las demandas de la sociedad, si se desea regresar a la pantalla de control se deberá aplastar en el logo de la universidad que funcionara como botón de regreso con eso no se perderá la simetría de la interfaz gráfica.

Los condicionales de trabajo son condicionales que representan las horas programadas en las que se pondrán a trabajar las bombas, así como si cumple con las funciones o las órdenes y si no cumplierse se mantiene a la espera de que inicie el proceso.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

El diseño de la automatización de la estación de bombeo de agua potable en la parroquia la Victoria, se centra en evaluar que tan factible es la instalación del sistema de bombeo mediante la bomba tipo booster hacia la población y el control de los productos químicos que se ingresaran dentro del agua potable para potabilizarla. De modo que se puede enfocar el análisis en algunos aspectos fundamentales para su verificación.

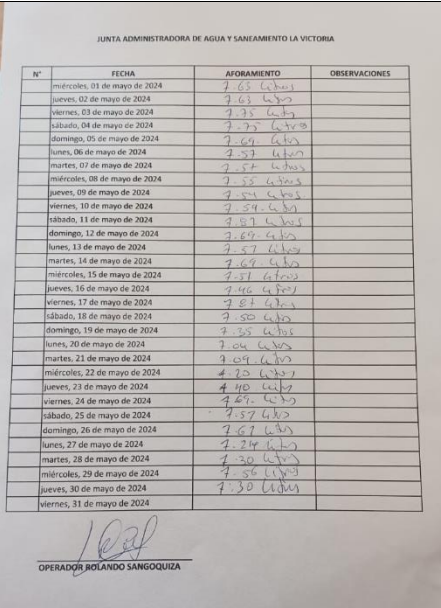
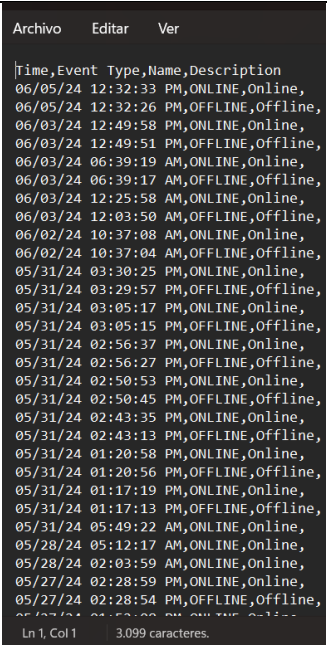
5.1 Funcionamiento del Sistema Automático

El sistema que se diseña y se simula para la estación de bombeo de la parroquia La Victoria y en base a los requerimientos del presidente de la junta se desarrolla un entorno basado en una manipulación por el usuario mínima, puesto que con este método el usuario ya no tendría que estar viajando a la estación y sobre todo colocando los compuestos químicos uno por uno de modo que aparte de lograr un riego eficiente de las bombas en un mismo tiempo también se logra que el usuario controle todo el proceso desde la pantalla de control y su único trabajo sea el mantener el líquido de cada compuesto a un nivel adecuado para que este no se termine. La implementación de sensores de nivel de control On/Off para las bombas de los compuestos químicos, así como el sensor análogo, permitirá controlar una buena gestión de los recursos hídricos, así como una buena calidad del líquido vital. Un controlador lógico programable (PLC), permitirá que el sistema sea robusto y que este no sufra fallas inherentes al sistema.

5.2 Automatización del sistema de registro

El uso de un sistema de control basado en PLC y una interfaz HMI (Interfaz Hombre Maquina) facilitará la supervisión y ajuste de las variables del sistema en tiempo real, lo que reducirá considerablemente la necesidad de intervención manual diaria así también la toma de datos del caudal y el aforamiento que se tiene en la estación de bombeo puesto que hoy en día eso se realiza de forma manual, esto será reemplazado por históricos dentro de la programación aumentando la eficiencia operativa.

Tabla 3 Diferencia en la toma de datos del sistema.

TOMA DE DATOS	
ANTES	DESPÚES
 <p>Handwritten data log from the station operator. The log is titled 'JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA Y SANEAMIENTO LA VICTORIA' and contains a table with columns for 'Nº', 'FECHA', 'AFORAMIENTO', and 'OBSERVACIONES'. The data spans from May 01 to May 31, 2024, with flow measurements ranging from approximately 2.57 to 4.40 l/s. The operator's signature 'OPERADOR ROLANDO SANGUQUIZA' is visible at the bottom.</p>	 <p>Screenshot of a PLC history application. The interface shows a menu with 'Archivo', 'Editar', and 'Ver' options. Below the menu is a table with columns for 'Time', 'Event Type', 'Name', and 'Description'. The table contains a list of events from May 01 to May 31, 2024, with timestamps and descriptions of pump status changes (e.g., '06/05/24 12:32:33 PM, ONLINE, Online'). The status alternates between 'ONLINE' and 'OFFLINE' throughout the period.</p>

Como se puede observar en la Tabla 3. Se tiene la toma de datos que realiza el operador actualmente en la estación y a la derecha se tiene el ejemplo de cómo se adquirirá los datos a través de históricos aplicados al PLC, en donde se visualizará el tiempo de trabajo de las bombas el caudal y posibles dentro del sistema. Por lo tanto, se tiene la siguiente conclusión:

- **HMI:** La interfaz gráfica fue diseñada para ser intuitiva, permitiendo a operadores no especializados supervisar y controlar el sistema sin dificultad, si tener mucha preparación.
- **Simulación:** Las herramientas de simulación permitieron verificar el diseño antes de la implementación, lo que ayudó a identificar y corregir posibles problemas, optimizando así el rendimiento del sistema.

5.3 Ahorro de recursos

La automatización del sistema de dosificación de reactivos en la estación de agua potable en la Parroquia La Victoria contribuirá a mejorar el uso de los recursos químicos empleados en la potabilización del agua, así como a facilitar la labor del personal

encargado. Gracias a esta automatización, el personal solo deberá intervenir en tareas de mantenimiento y en la verificación de la cantidad de reactivos en los reservorios.

- **Reducción de Errores Humanos:**

La supervisión automática reducirá la posibilidad de errores humanos tales como: el excesivo o el deficiente uso de los compuestos químicos para la purificación del agua, un control minucioso de las variables de control, comprobación manual del nivel de los compuestos en sus reservorios.

- **Mantenimiento:** La selección de materiales y componentes adecuados para la dosificación de sustancias en la estación de bombeo asegurara una mayor durabilidad y menor necesidad de mantenimiento entre los lapsos de control y manipulación del sistema de control.

5.4 Calidad del agua

La calidad del agua distribuida a la comunidad mejorara significativamente gracias a la automatización del proceso de purificación con ayuda de la regulación automática de la inyección de compuestos químicos garantizó que el agua siempre tuviera la correcta dosificación de nutrientes y químicos.

El sistema automatizado diseñado es escalable y puede adaptarse a las necesidades futuras de la comunidad de La Victoria. El modularidad del diseño permite la incorporación de nuevos componentes y ajustes según sea necesario.

5.5 Maniobras de la propuesta

Para evaluar el proceso de dosificación, se realizó una simulación utilizando el programa LabVIEW, el cual permite representar las cuatro etapas más importantes del proceso y la inyección de las variables de entrada que son las sustancias:

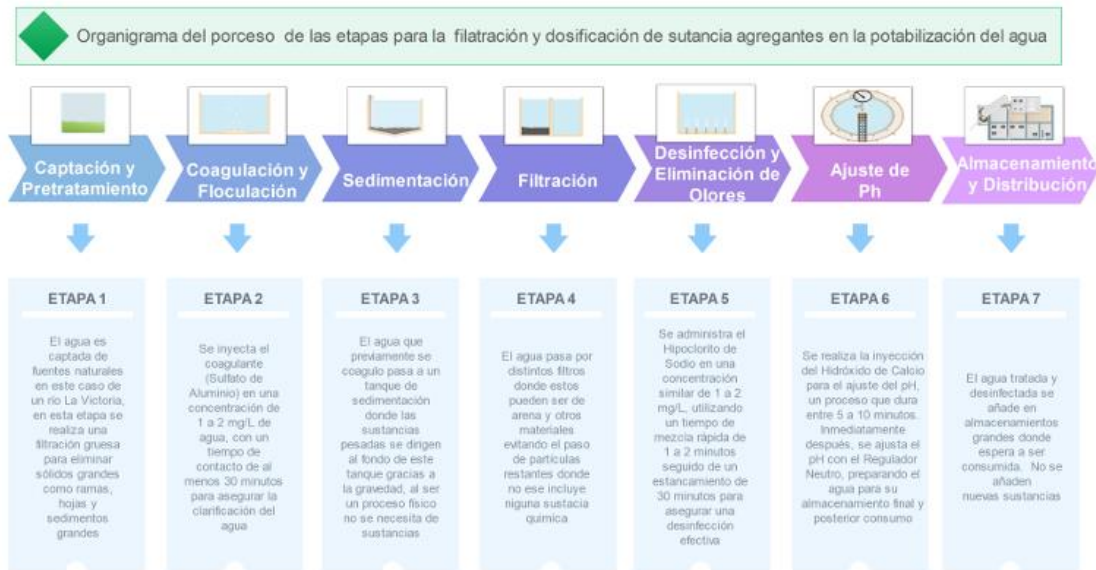


Figura. 34 Organigrama del proceso de dosificación.

Hipoclorito de sodio líquido

Sulfato de Aluminio

Hidróxido de calcio

Regulador neutro

En el Anexo 3. Se observa la dosificación específica en cada etapa. En la etapa 2, se inyecta el coagulante (Sulfato de Aluminio) en una concentración de 1 a 2 mg/L de agua, con un tiempo de contacto de al menos 30 minutos para asegurar la clarificación del agua. Luego, en la etapa 5, se administrará el Hipoclorito de Sodio en una concentración similar de 1 a 2 mg/L, utilizando un tiempo de mezcla rápida de 1 a 2 minutos seguido de un estancamiento de 30 minutos para asegurar su desinfección efectiva.

Finalmente, en la etapa 6 se realiza la inyección del hidróxido de Calcio para el ajuste del Ph, un proceso que dura entre 5 a 10 minutos. Inmediatamente después, se ajusta el Ph con el regulador neutro, preparando el agua para su almacenamiento final y posterior consumo. Esta secuencia asegura que cada compuesto cumple su función específica en el proceso de dosificación de la Figura 34.

Dentro del estudio de la propuesta de la estación de bombeo es importante las pruebas de funcionamiento antes de llegar a su instalación por lo que, al contar con los elementos de

control y actuadores dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se puede simular el funcionamiento que llegara a tener la estación de bombeo.

Como se habla en el presente escrito se usará un PLC S7-1200 el mismo que controlará todo el sistema de control.

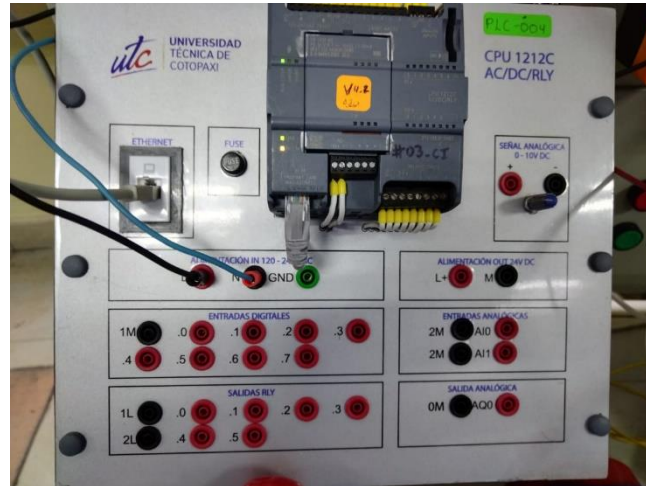


Figura. 35 Tablero de control S7-1200.

Para la simulación de las bombas incluso para la principal se tomará a los motores del laboratorio de tal forma que mediante contactores estos se activaran o se desactivaran cumpliendo con los requisitos del sistema a automatizar.



Figura. 36 Motores en simulación de bombas.

Para los sensores de nivel al ser estos de tipo interruptor o de control On/Off se pueden simular como pulsadores dentro del laboratorio, así como las luces piloto que demostraran cuál de las bombas están trabajando y el tiempo en el que se programen para cumplir con el objetivo.

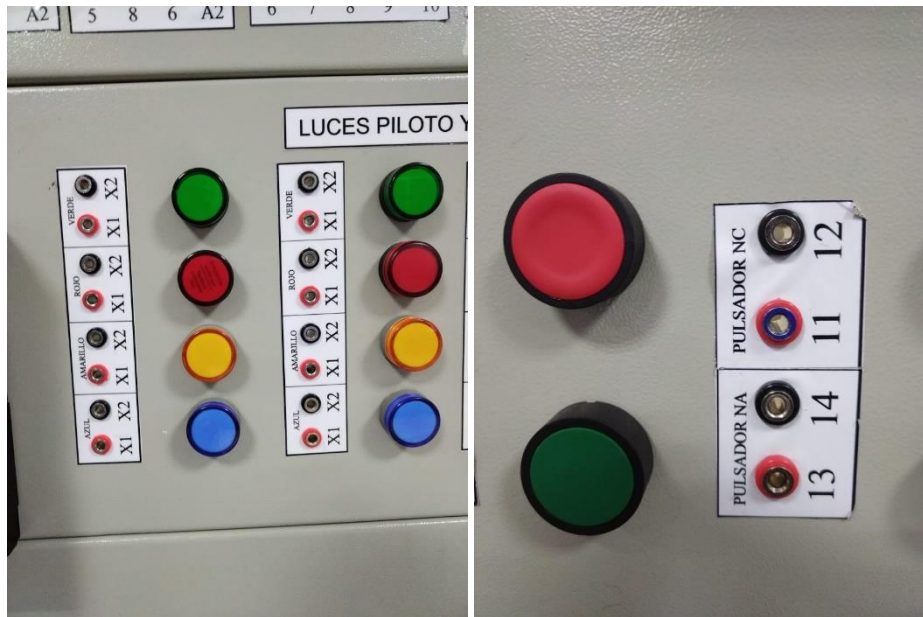


Figura. 37 Visualización y control para la simulación.

Una vez detallado los materiales se procede a la conexión y a las pruebas de manejo para verificar su cumplimiento dentro de la estación, dando como resultado pruebas satisfactorias de control para la estación.



Figura. 38 Maniobras de la simulación estación de Bombeo.

Para la simulación de los datos en la pantalla, se usó el mismo software de la pantalla está conectado a través de comunicación Ethernet con el PLC a fin de demostrar que si cumple, sin necesidad de adquirir aun la pantalla.

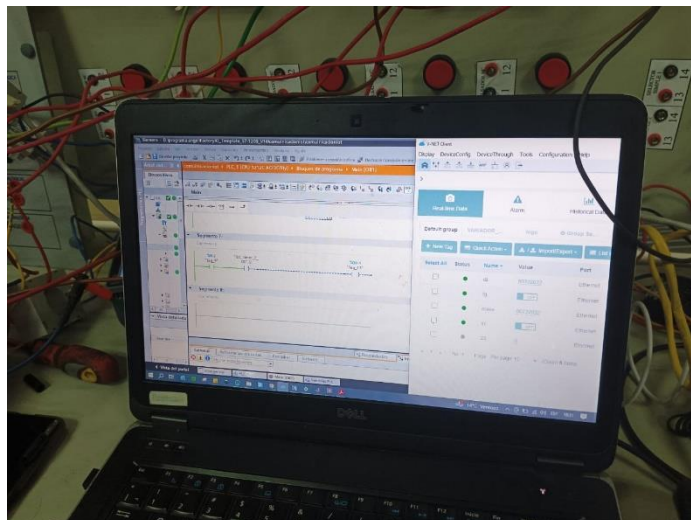


Figura. 39 Simulación de la interfaz gráfica Kinco.

6. CONCLUSIONES

- El análisis del estado del arte evidencio que la automatización es una tendencia clave en la modernización de los sistemas de bombeo de agua potable. La solución propuesta se alinea a las necesidades identificadas, al implementarse se podrían resolver cada una de estas necesidades.
- El levantamiento y análisis de las variables necesarias para la dosificación automatizada, específicamente Hipoclorito de Sodio líquido, Coagulante (Sulfato de Aluminio), Hidróxido de calcio y regulador neutro Ph, proporcionaron un marco claro para el desarrollo del sistema. Las simulaciones realizadas en el laboratorio de control y en los distintos softwares han mostrado que el sistema propuesto puede operar dentro de los parámetros deseados, aunque para determinar la fiabilidad final es necesario implementar todo este sistema físicamente. Aumentar las 4 variables
- La simulación realizada mediante el software ETAP permitió calcular que la potencia aparente total manejada por el transformador es de 18.7 kVA, con una corriente total de 53 A y una caída de tensión de 1V en los cables. Estos valores demuestran que el sistema está balanceado y que los componentes seleccionados son adecuados para asegurar una operación eficiente. Además, la selección de los fusibles, dimensionados para 66 A aplicando un factor de seguridad del 25% sobre la corriente nominal, cumple con las normativas de seguridad y garantiza que los componentes estarán protegidos contra riesgos de sobrecargas, asegurando una operación segura y confiable del sistema.

- El diseño propuesto para la automatización del sistema de dosificación se fundamenta en las necesidades específicas de la Parroquia La Victoria. A través de las simulaciones realizadas, se ha demostrado que la propuesta es viable y que tiene el potencial de sustituir la intervención humana en el proceso de dosificación.

7. REFERENCIAS

- [1] «Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- [2] M. Samaniego y Á. Patricio, «Diseño del Sistema Automatizado de Alimentación y Control de Bombas para Agua Potable en la Cabecera Parroquial de Limonal».
- [3] «Mejorar la eficiencia y productividad del agua - UNESCO Biblioteca Digital». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244428_spa
- [4] «Situación Geográfica», GAD parroquial La Victoria. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://lavictoria.gob.ec/cotopaxi/situacion-geografica/>
- [5] «Zotero | Your personal research assistant». Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.zotero.org/>
- [6] «Hipoclorito sódico, blanqueamiento y desinfección del agua». Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://neoquim.com/producto/hipoclorito-sodico-cloro-liquido/>
- [7] «Sulfato de Al.Sol. Libre de Fe(toda LIT).pdf». Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)
- [8] «Hidróxido de calcio | Fórmula, propiedades y aplicación». Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://material-properties.org/es/hidroxido-de-calcio/>
- [9] «Sistema de Bombeo de Agua». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.aqua.com.mx/blog/sistema-de-bombeo-de-agua>
- [10] «Automatización de la estación de bombeo | Festo ES». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:

- https://www.festo.com/es/es/e/soluciones/sectores-industriales/industria-de-proceso/tecnologia-del-agua/automatizacion-de-la-estacion-de-bombeo-id_4787/011145.pdf. Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
- [11] «011145.pdf». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://apps.ucsm.edu.pe/UCSMERP/Docs/Tesis/011145.pdf>
- [12] «Soluciones para el control de bombeo». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.se.com/es/es/work/solutions/machine-control/pumping/>
- [13] «Bombas centrífugas: Principios, partes, funciones, tipos y sus aplicaciones en la ingeniería: beneficios y limitaciones - Electrocenter». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://electrocentercol.com/blog/principios-partes-funciones-tipos-ventajas-y-desventajas-de-las-bombas-centrifugas-y-sus-aplicaciones/>
- [14] «13. BOMBAS CENTRIFUGAS DE EXTINCION DE INCENDIOS». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bomberos.info/2023/04/curso-online-bombas-centrifugas-extincion-de-incendios.html>
- [15] «BOMBAS DE POZO ROVATTI - Dinatex (El Amigo del Productor)». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dinatex.ec/producto/bombas-de-pozo-rovatti/>
- [16] «Bomba sumergible», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 28 de septiembre de 2022. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bomba_sumergible&oldid=146249601
- [17] «Bombas Booster verticales», Indupal. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://indupal.com/catalogo/producto/bombas-booster/>
- [18] «imagen de bombas tipo booster o verticales partes», Bing. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=MNw6ibSB&id=46AA14EBACC8BCE8ADB8FEFBEEC431931A5369E1&thid=OIP.MNw6ibSBA0NGC_sitnhJDwAAAA&mediaurl=https%3a%2f%2fbombassellosdemonterrey.com%2fwp-content%2fuploads%2f2019%2f08%2fverticales-1.jpg&cdnurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.30dc3a89b4810343460bfb22b678490f%3frik%3d4WITGpMxxO77%252fg%26pid%3dImgRaw%26r%3d0&exp=1016&expw=379&q=imagen+de+bombas+tipo+booster+o+verticales+

partes&simid=608026005420716692&FORM=IRPRST&ck=E04662B97B0FAE00
A0362727C0B185F4&selectedIndex=0&itb=0

- [19] «SIMATIC S7-1200 - Siemens Global». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- [20] «¿Qué significa HMI? Interfaz humano-máquina | COPA-DATA». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>
- [21] «ETAP | Solución de gestión de la energía | Plataforma gemela digital eléctrica». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://etap.com/es>
- [22] «etap», Bing. Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=yIlgSQOn4&id=8B0A8B3081AC925103B8B6DEF4557698AA750297&thid=OIP.yIlgSQOn4q4PW2gpHmV9aPwHaGL&mediaurl=https%3a%2f%2fi2.wp.com%2fpacbasics.org%2fwp-content%2fuploads%2f2019%2f12%2fETAP-Cover.png&cdnurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.ca581240e9f8ab83d6da0a47995f5a3f%3frik%3dlwJ1qph2VfTetg%26pid%3dImgRaw%26r%3d0&exph=846&expw=1015&q=etap&simid=608016084010798494&FORM=IRPRST&ck=84B68D197324FA585BF9EA3052ABB351&selectedIndex=6&itb=1>
- [23] «Conjunto de herramientas Electrical de Autodesk AutoCAD | Funciones». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.autodesk.com/es/products/autocad/included-toolsets/autocad-electrical>
- [24] «autocad - Buscar con Google». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en:
https://www.google.com/search?sca_esv=f4efe242ec4104b1&sca_upv=1&rlz=1C1SQJL_esEC1082EC1082&sxsrf=ADLYWIJ8dA_ceY0ilC94oVZUBkd5hKB4vg:1723194422826&q=autocad&udm=2&fbs=AEQNm0CbCVgAZ5mWEJDg6aoPVcBgWizR0-0aFOH11Sb5tlNhdzTfxpAVBoexMFZnKJBpl_OnTFfcge8advfRBIXE7C_RpBUjUsSBQ7gUT85kcjj132EeSyd9qyZ0gFp-Nkti9wf6L0stzo8w8_kTOqejfQyRwjkbBt_IwA9GVVDbCNF5W1JwWxpKHXJrgOEs5vbNxbf0YI6E&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwjdic67x-

eHAxWMRTABHUZINLIQtKgLegQIFRAB&biw=689&bih=612&dpr=1.1#vhid=KKGXhGztfWivoM&vssid=mosaic

- [25] «Software de simulación FluidSIM | Festo ES». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.festo.com/es/es/e/educacion/aprendizaje-digital/simulacion-virtual-y-modelado/fluidsim-id_1663056/
- [26] «Software», Siemens México. Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/industry-software/automation-software/tia-portal/software.html>
- [27] «tia portal», Bing. Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=WxAtNR%2fk&id=345F6B931A77AE42F68309C302EED7BBAD15F316&thid=OIP.WxAtNR_kxMDb1EQFaGR0UAHaEk&mediaurl=https%3a%2f%2fmasterplc.com%2fwp-content%2fuploads%2f2021%2f03%2fTIA-Portal-V17.png&cdnurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.5b102d351fe4c4c0dbd4440568647450%3frik%3dFvMVrbvX7gLDCQ%26pid%3dImgRaw%26r%3d0&exph=690&expw=1120&q=tia+portal&simid=608007683044412516&FORM=IRPRST&ck=443C6571A0997919EA84140C2B7D6C5F&selectedIndex=4&itb=0

