



Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería eléctrica

Trabajo de titulación
Modalidad Proyecto Técnico

TEMA:

Diseño de un sistema de control para sistema de bombeo de agua cruda con una estación de bombeo captadora, una estación intermedia y tanques reservorios para riego de zona agrícola, utilizando PLC LOGO en red de comunicación ethernet.

Autores:

Paredes Fernández Yandry Vladimir
Salvador Vera Bryan Alexander

Tutor:

Ing. Milton Enrique Moreano Alvarado, M.Sc.

Manta – Ecuador

2025 (1)

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Carrera de Electricidad de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Paredes Fernández Yandry Vladimir, legalmente matriculado/a en la carrera de electricidad, período académico 20252026, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto “Diseño de un sistema de control para sistema de bombeo de agua cruda con una estación de bombeo captadora, una estación intermedia y tanques reservorios para riego de zona agrícola, utilizando PLC’s LOGO en red de comunicación ethernet”

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 19 de agosto de 2025.

Lo certifico,

Ing. Milton Moreano Alvarado, M.Sc.

Docente Tutor(a)

Área: Automatización Industrial

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	CERTIFICADO DE TUTOR(A).	
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Carrera de Electricidad de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Salvador Vera Bryan Alexander, legalmente matriculado/a en la carrera de electricidad, período académico 20252026, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto “Diseño de un sistema de control para sistema de bombeo de agua cruda con una estación de bombeo captadora, una estación intermedia y tanques reservorios para riego de zona agrícola, utilizando PLC’s LOGO en red de comunicación ethernet”

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 19 de agosto de 2025.

Lo certifico,

Ing. Milton Moreano Alvarado, M.Sc.

Docente Tutor(a)

Área: Automatización Industrial

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Quien suscribe Paredes Fernandez Yandry Vladimir y Salvador Vera Bryan Alexander, con cédula de identidad N° 1315292290 y N° 0803742832 egresado de la Carrera de Electricidad de la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí", declaró que el presente proyecto de titulación: "Diseño de un sistema de control para sistema de bombeo de agua cruda con una estación de bombeo captadora, una estación intermedia y tanques reservorios para riego de zona agrícola, utilizando PLC's LOGO en red de comunicación ethernet" es de autoría propia, el contenido, resultados y conclusiones obtenidas son de estricta responsabilidad del autor, teniendo como respaldo citas bibliográficas necesarias para el desarrollo del proyecto, respetando el derecho intelectual de cada autor citado. El patrimonio intelectual de este proyecto de titulación corresponderá a la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí".



Paredes Fernandez Yandry Vladimir



Salvador Vera Bryan Alexander



ASESOR ACADEMICO

Ing. Milton Moreano Alvarado, M.Sc.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, ya que son mi base primordial, por todo el apoyo incondicional que me han brindado, empezando por mis padres Arturo y Janeth que siempre han estado para mí para que no me falte nada, preocupándose por mí y mis estudios. A mis hermanos Tatiana y Adrián que al igual que mis papas han sido mi fortaleza, mi apoyo, mi soporte por siempre creer en mí. A mi tía Francisca que como siempre se lo digo es mi segunda mamá, dándome su apoyo y su confianza, motivándome para continuar, con sus consejos. A mi novia Karen, que ha hecho de mí una mejor persona, con su amor, cariño, y apoyo incondicional ha sido mi motor fundamental para culminar con esta etapa universitaria. A mis sobrinos Arleth, Santiago, Emmanuel e Itzayana, a mi compadre Jesús, mi cuñada Denisse y mis abuelos, les dedico este logro porque de alguna u otra forma ha sido parte de esta meta que es tanto mía como de todos a los que he nombrado en estas líneas. Solo palabras de agradecimiento.

Yandry Paredes Fernández

Dedico este trabajo a mis padres, por ser la base de todo lo que soy y por su amor inquebrantable.

A mi hermano, por su apoyo fraternal y por creer siempre en mis capacidades.

Y a mi novia, por acompañarme en cada paso, animarme a seguir adelante y ser mi fuente de inspiración.

Este logro es tan mío como suyo.

Bryan Salvador Vera.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este proceso académico, deseo reconocer a quienes han sido parte esencial de este recorrido. Durante noches de desvelo y momentos de cansancio, encontré en mi fe la calma y la motivación para continuar; esa fuerza interior fue determinante para no rendirme.

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí fue el escenario donde pude formarme no solo como profesional, sino también como ser humano. Recuerdo con gratitud las conversaciones con mis docentes fuera del aula, los consejos compartidos en medio de proyectos exigentes y las oportunidades de aprendizaje que me ayudaron a comprender que el conocimiento va más allá de los libros.

A mis padres, Arturo Paredes y Janeth Fernández, quiero dedicarles este logro. Ellos no solo me apoyaron con palabras, sino también con sacrificios silenciosos: madrugadas en las que me esperaban despiertos, gestos de ánimo cuando pensaba en rendirme y la confianza constante en mis capacidades. A mis hermanos, Adrián y Tatiana, por sus ejemplos, motivaciones, confianza a ojos cerrados, agradezco las bromas que aliviaron la presión de los exámenes y su compañía en los días más tensos; detalles pequeños que hicieron más llevadero el camino.

A mi tía Francisca por ser parte importante de mi vida y formación, por ser apoyo y brindarme su confianza en cada una de mis metas.

A mi compañera de vida, Karen, quien con su apoyo en todo este proceso ha sido pilar fundamental para no dejarme caer. Agradecido siempre.

Mi agradecimiento total a Ing. Milton Moreano, tutor de dicho trabajo de investigación. Por ser guía principal en cada revisión y corrección para que este proyecto se lleve a cabo, su paciencia y dedicación fueron de gran ayuda.

Asimismo, al Ing. Raul Villavicencio por confiar en mi formación y seguir brindándome herramientas y experiencias nuevas dentro del ámbito preprofesional.

Gracias a todos, por ser pieza clave en este logro.

Yandry Paredes Fernández

A Dios, por guiar mis pasos, darme la fuerza y la sabiduría para superar cada reto en este camino académico.

A mis padres, por ser el ejemplo de esfuerzo, perseverancia y amor incondicional; por enseñarme que los sueños se alcanzan con dedicación y disciplina.

A mi hermano, por su apoyo, compañerismo y por recordarme que nunca estoy solo en este recorrido.

A mi novia, por su paciencia, comprensión y motivación constante, incluso en los momentos más difíciles.

A mi tutor y docentes, por compartir su conocimiento y orientar mi formación profesional.

Y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este logro, les extiendo mi más sincera gratitud.

Bryan Salvador Vera.

RESUMEN

Este proyecto tuvo como objetivo diseñar un sistema de control automatizado para el bombeo de agua cruda, el cual está compuesto por una estación captadora, una estación intermedia y tanques reservorios destinados al riego agrícola. Para su posterior desarrollo se utilizó un PLC LOGO de Siemens como controlador principal de todo el sistema, el cual está enlazado a una HMI Siemens KTP700 Basic de 7 pulgadas y esta comunicada mediante comunicación Ethernet bajo protocolo S7, lo cual permitió implementar un esquema de control seguro y fácil de poder operar.

La metodología se basó en un enfoque descriptivo y proyectivo, apoyado en la revisión bibliográfica, el análisis técnico y las pruebas de simulación, se definieron las variables críticas del proceso, bombas, niveles de los tanques, electroválvulas, temporizadores y se definieron los parámetros de conexión y comunicación que garantizaron la interacción entre dispositivos. La programación se realizó en Logo Soft Comfort y la interfaz gráfica en TIA Portal, lo que facilitó la validación del sistema en un entorno simulado.

Los resultados evidenciaron que el sistema de control respondió de manera adecuada a las condiciones de operación previstas. El sistema funcionó con eficiencia el arranque y paro de bombas, el control de válvulas y la activación de alarmas en situaciones críticas. Además, la HMI ofreció una ilustración clara e intuitiva de las tres etapas de bombeo, los horarios de riego, los tiempos de rebose y un registro de eventos, lo que mejoró la interacción del operador con el sistema.

En conclusión, el proyecto resultó ser viable. Ofrece ser una solución eficiente, ahorrativa y de mejora para la gestión del agua en entornos agrícolas. Asimismo, la integración de tecnologías de automatización mediante PLC y HMI, junto con la comunicación Ethernet, no solo optimiza el control del bombeo, sino que también abre la puerta a futuras ampliaciones o a la incorporación de sistemas de monitoreo remoto.

Tabla de contenido

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1. Título.....	12
2. Antecedentes.....	12
3. Justificación	13
4. Propuesta.....	15
5. Objetivo general.....	16
6. Objetivos específicos	16
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	17
7. Marco Teórico.....	17
7.1. Agua como recurso para el agro.	17
7.2. Sistema de bombeo y riego	18
7.2.1. Sistema de bombeo	18
7.2.1.1. Bombas	21
7.2.1.2. Tanques reservorios	22
7.2.1.3. Estaciones de bombeo.....	23
7.2.1. Sistema de riego.....	26
7.2.1.1. Tipos sistemas de riego.....	26
7.2.1.2. Aparatos de control y medición en un sistema de riego	27
7.3. Automatización industrial para sistema de bombeo	27
7.3.1. PLC	28
7.3.2. PLC LOGO	28
7.3.3. La red de comunicación Ethernet	29
7.3.4. HMI.....	31
7.3.5. TIA Portal	32
CAPITULO III: DISEÑO DE PROYECTO.....	34
8. METODOLOGÍA	34

8.1. Tipo de Investigación.....	34
8.2. Tipo de estudio.....	34
8.3. Métodos e instrumentos.	35
CAPITULO IV	42
9. Presentación, procesamiento y análisis de los resultados	42
10. Discusión de resultados	48
11. Conclusiones.....	49
12. Recomendaciones	50
13. Cronograma de actividades- Primera fase	51
14. Cronograma de actividades- segunda Fase	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Esquema de los componentes de un sistema de bombeo industrial.....	19
Ilustración 2 Bombas de desplazamiento positivo	22
Ilustración 3 Bomba rotodinámica	22
<i>Ilustración 4 Estación de bombeo captadora</i>	24
Ilustración 5 Estación de bombeo intermedia	25
Ilustración 6 PLC LOGO y accesorios.....	30
Ilustración 7 La estructura de LOGO!	31
Ilustración 8 PLC Logo y HMI	32
Ilustración 9 Accionamiento bomba 1 y 2	36
Ilustración 10 Accionamiento bomba 3 y 4	37
Ilustración 11 Accionamiento de bombas 5 y 6.....	38
Ilustración 12 Accionamiento de electroválvulas 1 y 2	38
Ilustración 13 Alarmas fallas térmicas.....	40
Ilustración 14 ETAPA 1: bombeo de agua- cisterna principal	43
Ilustración 15 ETAPA 2: bombeo de agua- estación intermedia.....	43
Ilustración 16 ETAPA 3: bombeo de agua- Estación de riego	44
Ilustración 17 Operación bombas 1, 2, 3 y 4.....	45

Ilustración 18 Operación bombas 5 y 6- Electroválvulas.	45
Ilustración 19 Días/horas de riego- Modo automático.....	46
Ilustración 20 Registro de alarmas.....	47

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Título

Diseño de un sistema de control de bombeo de agua cruda con una estación de bombeo captadora, una estación intermedia y tanques reservorios para riego de zona agrícola, utilizando PLC LOGO en red de comunicación ethernet.

2. Antecedentes

Durante la historia, la humanidad ha puesto en funcionamiento herramientas y máquinas para poder mejorar la eficiencia de las actividades cotidianas. Desde las primeras herramientas de piedra hasta las tecnologías modernas de la actualidad, cada progreso ha hecho que estas tareas sean rápidas y mejores. Además, la automatización nos permite que las tareas que son repetitivas y complejas se puedan realizar de una manera exacta y ágil, dejando libre a trabajadores de las tareas manuales y permitiéndoles que se concentren en tareas tácticas para obtener mejores resultados.

Franklin Fernando Cando Herrera y Giovanny Fernando Medina Lescano (2021) desarrollaron el proyecto “Implementación de un sistema de control y monitoreo de nivel de agua para el sistema de riego Chambo-Guano en la provincia de Chimborazo”, con el objetivo de mejorar el uso del recurso hídrico en más de 5000 hectáreas de cultivos. Este sistema automatizado, basado en tecnologías de medición y comunicación, permitió una gestión más eficiente del agua, beneficiando directamente a 11,000 usuarios. Como resultado, se logró optimizar la distribución del recurso, mejorar la productividad agrícola y promover un uso sostenible del agua, favoreciendo tanto a los agricultores como al medio ambiente.

Alvaro Patricio Maldonado Samaniego. (2022) Desarrolló el proyecto “Diseño del sistema automatizado de alimentación y control de bombas para agua potable en la cabecera Parroquial de Limonal” con el fin de abastecer el servicio de agua potable, brindándole a la comunidad mediante un sistema automatizado, innovador y eficaz para

solventar la deficiencia de agua potable, además se implementaron tecnologías como PLC Modicon 241 y HMI GTO de la marca Schneider, los cuales se programaron para el control y visualización de datos en tiempo real. Con la propuesta planteada, se logró diseñar un sistema de bombeo completo para la parroquia El Limonal utilizando el PLC Modicon 241 y la HMI GTO5310. Estas herramientas permiten un control eficiente en la captación de agua potable en la estación, mejorando su distribución. Siendo los principales beneficiarios los habitantes de El Limonal, quienes disfrutarán de un suministro constante de agua potable, sin importar la hora o el día. Además, el municipio de Daule también se ve favorecido al reducir costos al evitar gastos en alquiler de tanqueros, conductores, reparaciones de vehículos, personal para la distribución y combustible, entre otros.

Los casos anteriormente mencionados presentan condiciones de trabajo similares, lo que permite establecer una base comparativa sólida. Esto se debe a que disponemos de abundante información sobre el desarrollo de nuestro proyecto, el cual está enfocado en la automatización tanto de procesos domésticos como industriales. Esta información no solo beneficia nuestro análisis, sino que también brinda una orientación clara y fundamentada para el desarrollo de nuestra investigación, permitiéndonos detectar soluciones factibles y que son aplicables en contextos reales.

3. Justificación

El agua es un recurso importante para la producción del sector agrícola. Un sistema de bombeo no automatizado presenta diversas problemáticas que impactan negativamente en un sistema de riego en cuanto a su eficiencia y fiabilidad. El funcionamiento manual involucra un alto valor de dependencia de personas, por lo tanto, se aumenta la probabilidad de error, como por ejemplo, no apagar las bombas en el momento preciso, ya que puede provocar desgastes de los equipos, continuos consumos

energéticos que puedan causar pérdidas económicas, en reparación o mantenimiento de equipos.

La falta de un buen sistema de monitoreo en una fase actual puede complicar identificar errores, lo cual convierte su conservación en una labor inmediata en vez de poderse prevenir a tiempo. Por lo tanto, este tipo de sistemas no optimizan sus recursos, en consecuencia, se puede producir un gran desperdicio del líquido vital y fluidos, modificando costos de manera significativa o un fuerte impacto ambiental.

Por lo que, un sistema automatizado eficiente de bombeo y distribución asegura el suministro adecuado para su riego, es de suma importancia para el sector agrícola debido a que, optimiza el uso del agua, ahorra tiempo y mano de obra, mejora la productividad y permite un control preciso y remoto. Por lo tanto, se aumenta la eficiencia, se reduce costos y existe una mejora notable en la sostenibilidad de la producción agrícola.

Por lo que se plantea en este proyecto de investigación el diseño de un sistema de riego mediante el uso de una red de comunicación Ethernet en un sistema de riego automatizado, debido a que permite la transmisión rápida y confiable de datos entre los componentes, como bombas, sensores y tanques. Lo cual garantiza una integración fluida y facilita la toma de decisiones en tiempo real, mejorando la eficiencia y el control del sistema. Se plantea que para garantizar el riego de manera correcta se toma como primordial la estabilidad, estabilidad y seguridad, reduciendo fallas para una mejora en la productividad.

Se pretende el uso de PLC debido a que nos permite diseñar un sistema en el cual se pueda adaptar a necesidades futuras, con la finalidad de que se puedan agregar más estaciones de bombeo, sensores y otros dispositivos sin necesidad de reconstruir el sistema, con la implementación de aquellos sensores y un sistema de control de red se

pueden obtener ciertos datos en tiempo real como el nivel, presión y flujo del agua, lo cual reducirá complicaciones en cuanto al sistema de riego y ayudará a la mejora de toma de decisiones.

4. Propuesta

La propuesta se centra en el diseño de un sistema automatizado de bombeo de agua cruda, que incluye una estación captadora, intermedia y tanques reservorios, con el objetivo de optimizar el riego en zonas agrícolas. Es por esto, que se plantea la implementación de dicho sistema a partir de un controlador lógico programable (PLC) LOGO y una red de comunicación Ethernet.

El estudio se proyectará para que exista una correcta distribución de agua cruda mediante la automatización de un sistema de riego que cuente con tanques reservorios para mejorar el control del sistema de bombeo de agua, integrando tecnologías de comunicación que nos permitan inspeccionar y examinar.

Se realizará una revisión detallada en fuentes bibliográficas con estudios previos del tema planteado, así mismo, nuevas tecnologías que puedan brindar aportes significativos a la investigación, para así poder sustentar lo planteado como es en este caso el diseño de un sistema de control avanzado, para el bombeo de agua cruda, que pueda integrar estaciones como captadora o intermedia, contando con tanques reservorios. Con el fin de lograr este sistema con un bombeo eficiente y sostenible, dando respuesta a la problemática por la que fue creada.

5. Objetivo general

Diseñar un sistema de control automatizado para un sistema de bombeo de agua cruda que integre una estación de bombeo captadora, una estación intermedia y tanques reservorios, utilizando PLC LOGO en una red de comunicación Ethernet.

6. Objetivos específicos

- ✓ Identificar las variables que intervienen en el sistema de bombeo tales como: bombas, estación de bombeo captadora, estación intermedia, tanques reservorios.
- ✓ Programar los controladores PLC para la comunicación de variables entre ellos.
- ✓ Establecer los parámetros y elementos de conexión a través de protocolo ETHERNET de los diferentes elementos del sistema.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

7. Marco Teórico

7.1. Agua como recurso para el agro.

Desde la antigüedad, el agua ha sido valorada como símbolo sagrado y fuente de vida. A pesar de su importancia, el agua dulce representa solo el 0,3% del total disponible en el planeta, siendo un recurso limitado. La agricultura es la actividad que más la consume, especialmente en cultivos como arroz, trigo y algodón, que ejercen gran presión sobre las fuentes hídricas. Además, el agua que se va a utilizar en el sector proviene de algunas fuentes tanto superficiales como subterráneas e inclusive fuentes residuales tratadas, es por esto, que su disponibilidad y cualidad están siendo modificadas por actividades humanas y por factores naturales.

Las acciones causadas por la humanidad, como la agricultura, industrialización y el derramamiento de las aguas residuales o servidas, afectan directamente las condiciones del agua. Sin embargo, los procesos naturales como cambios climáticos e hidrológicos, pueden variar condiciones como el pH o presencia de los minerales y sales. Usar agua contaminada en la agricultura representa riesgos importantes: puede afectar la salud del suelo, reducir la productividad de los cultivos y comprometer la seguridad alimentaria, al introducir agentes patógenos, metales pesados y residuos de plaguicidas. (Serrano, Herrera, & Jiménez, 2024)

De acuerdo con los datos y cifras sobre el estado de los recursos de agua dulce del mundo del Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Aguas de las Naciones Unidas: Agua para la prosperidad y la paz (2024). A nivel mundial, el 70% del agua extraída se destina a la agricultura. En Ecuador, la situación es crítica: el 82% del agua autorizada se dirige a actividades agropecuarias, pero más de la mitad del agua usada para riego no cumple con los estándares de calidad establecidos, principalmente debido a la descarga

de aguas residuales y contaminantes de origen minero, agrícola e industrial como se menciona en el informe de Plan Nacional de riego y drenaje 2021-2026 en Ecuador (2022), así mismo, como en la Información ambiental y tecnificación agropecuaria del ESPAC (2024), en 2023 se regaron efectivamente 1,13 millones de hectáreas, lo que representa el 24% de la superficie cultivada. A pesar de que, existe una infraestructura para asperjar 1,54 millones, solo se utiliza el 65,6% de la capacidad.

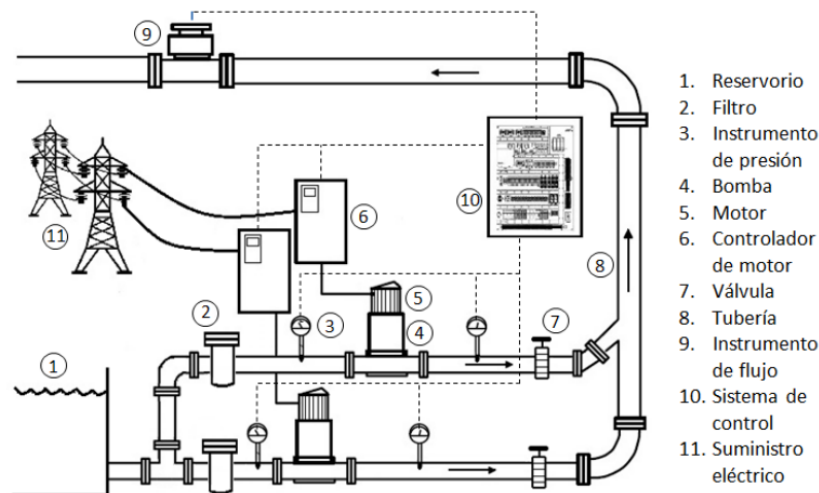
Ante este panorama, el uso de los sistemas de bombeo se vuelve fundamental para así poder asegurar el suministro y una presión apropiada del agua en las zonas agrícolas. Asimismo, estos sistemas permiten sustraer agua de los ríos, lagunas, embalse y también de pozos profundos, para que se pueda repartir de una forma efectiva hacia los terrenos de cultivo, particularmente cuando se incorporan sistemas de riego que son tecnificados como el goteo o aspersión. La automatización de estas estaciones de bombeo, además, facilita el control del caudal y reduce pérdidas energéticas e hídricas.

7.2. Sistema de bombeo y riego

7.2.1. Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo es un conjunto de dispositivos diseñados para mover fluidos a través de tuberías y almacenarlos de manera temporal, garantizando que se cumplan los requisitos de caudal y presión necesarios para diferentes aplicaciones. Las bombas que forman parte de estos sistemas pueden configurarse en serie o en paralelo, según las demandas del proceso. (Arias Ramos et al., 2021).

Ilustración 1 Componentes de un sistema de bombeo industrial.



Nota: Obtenido de Andrade (2018)

Un sistema de bombeo convencional está compuesto por bombas, motores, controladores de motobombas, un reservorio, válvulas, tuberías, filtros y dispositivos de medición. En los sistemas más avanzados se incorporan además instrumentos electrónicos y un sistema de control de procesos, lo que facilita la automatización y supervisión del bombeo. En ciertos casos, incluso se pueden implementar estrategias de optimización.

De acuerdo con Andrade (2018), la función principal de la bomba es transformar la energía mecánica de rotación en energía hidráulica, generando caudal, velocidad y presión. Por su parte, el motor se encarga de convertir la energía eléctrica en energía mecánica para accionar la bomba. Los manómetros instalados en las líneas de succión y descarga permiten supervisar el rendimiento de la bomba. Asimismo, el medidor de flujo no solo facilita el seguimiento del comportamiento hidráulico del sistema, sino que también proporciona información sobre el volumen de fluido utilizado.

Un sistema de bombeo utilizado en agricultura está conformado esencialmente por una bomba (ya sea centrífuga, sumergible o de desplazamiento positivo), un motor que le proporciona la energía necesaria, tuberías tanto de succión como de descarga,

válvulas reguladoras y diversos accesorios. Además, incorpora un sistema de control que puede ir desde simples temporizadores hasta tecnologías más avanzadas como sensores que miden presión, caudal o humedad del suelo. La elección del tipo de sistema depende de las características del entorno: por ejemplo, se emplean bombas superficiales cuando el agua está próxima a la superficie, y bombas sumergibles cuando se requiere extraer agua de pozos profundos.

En el ámbito agrícola, estas soluciones son fundamentales para operar sistemas de riego tecnificado como el goteo, la microaspersión y la aspersión. Estos métodos necesitan un suministro de agua continuo y con presión controlada, lo cual solo se logra mediante una infraestructura de bombeo eficaz. Implementar estos sistemas adecuadamente contribuye significativamente al aumento del rendimiento de los cultivos, al uso eficiente del recurso hídrico, a la disminución de pérdidas por evaporación o infiltración, y a la aplicación precisa de nutrientes y agroquímicos mediante fertirriego. (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica Ecuador, 2022).

En el Ecuador, los sistemas de bombeo tienen un avance importante, por ejemplo, el proyecto Las Mercedes, donde se ejecutaron bombas eléctricas que suplieron a las de combustibles fósiles, puesto que, se redujeron costos y vertidos contaminantes. No obstante, las empresas como Riego Ecuador implementaron estas tecnologías con un sistema de riego tecnificado para cultivos especiales, con motivo de, mejorar la eficacia agrícola y el uso eficiente del agua (El Productor, 2021).

De acuerdo a la FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021), la relevancia de los sistemas de bombeo es aún más clara cuando se analiza su impacto directo en la vida rural, especialmente en América Latina y el Caribe, donde el acceso al agua en zonas agrícolas depende en gran medida de la

infraestructura de distribución, dado que las lluvias por sí solas no garantizan una provisión constante.

7.2.1.1. **Bombas**

Las bombas son máquinas impulsoras o generadoras que convierten la energía mecánica a hidráulica, autorizando el movimiento del fluido desde una menor presión hasta una mayor presión dentro de un sistema. Por consiguiente, esta conversión de energía posibilita la circulación y transporte de los líquidos para el sistema de riego, capacidad de agua, los mismos procesos industriales y sistemas de climatización (Power & Motion, 2021).

Por otro lado, utilizar bombas y motores eléctricos para los sistemas de bombeo tiene ventajas tanto ambientales como económicas que son muy esenciales. Por un lado, se eliminan las emisiones de gases contaminantes y se reduce la generación de desechos peligrosos asociados al uso de combustibles fósiles. Por otro lado, este tipo de tecnología permite a las familias beneficiadas obtener un ahorro cercano al 38% en los costos de operación, en comparación con sistemas que funcionan con motores diésel, lo que mejora la eficiencia y sostenibilidad del sistema. (El Productor, 2021).

Las bombas hidráulicas se clasifican en bombas de desplazamiento positivo y bombas rotodinámicas, según cómo transfieren energía al fluido. Las primeras (Ilustración 1), desplazan un volumen fijo de líquido mediante un mecanismo mecánico, lo que permite un flujo constante incluso con fluidos viscosos o a alta presión. Entre ellas se encuentran las bombas de pistón, engranajes, diafragma y peristálticas (Sutec, 2023).

Ilustración 2 Bombas de desplazamiento positivo



Nota: Obtenido de HIDROPUMPS (2022)

Por su parte, las bombas rotodinámicas (ilustración 2), como las centrífugas, transfieren energía mediante un impulsor giratorio que acelera el fluido, siendo ideales para manejar grandes caudales a presiones moderadas, como en sistemas de riego o agua potable. También existen bombas especializadas como las sumergibles, autocebantes y solares, que se adaptan a diferentes entornos y necesidades (Sutec, 2023).

Ilustración 3 Bomba rotodinámica



Nota: Obtenido de Indestan (2021).

7.2.1.2. Tanques reservorios

De acuerdo con Suárez (2020), Los tanques reservorios desempeñan un papel fundamental en el proceso de abastecimiento de agua, ya que su principal función es actuar como un depósito que almacena agua y la distribuye cuando la demanda es superior al caudal que el tanque recibe. Esta situación ocurre especialmente durante los períodos de mayor consumo, como en las horas de la mañana, cuando la demanda de agua aumenta

considerablemente. Durante este tiempo, el tanque suministra el agua necesaria para compensar la diferencia entre la demanda y el caudal de entrada.

Por otro lado, durante la noche, cuando la demanda disminuye notablemente, el tanque recibe más agua de la que suministra, lo que permite que se recargue. Este ciclo de almacenamiento y distribución es clave para asegurar un suministro constante y adecuado de agua, especialmente en momentos en que la demanda fluctúa. Los tanques reservorios, por tanto, no solo garantizan la disponibilidad de agua en picos de consumo, sino que también ayudan a mantener el equilibrio del sistema de abastecimiento.

7.2.1.3. Estaciones de bombeo

Una estación de bombeo de agua está compuesta por un conjunto de estructuras y sistemas diseñados específicamente para impulsar y transportar agua desde una fuente hacia un tanque de almacenamiento o directamente a una red de distribución, dependiendo de las necesidades del sistema de suministro. En realidad, el propósito principal es poder asegurar que el suministro pueda llegar de manera eficaz a los puntos de requerimiento, ya sea para poder satisfacer las demandas de consumo o también para poder almacenar los recursos en los tanques o depósitos de reserva. Estas estaciones de bombeo incluyen bombas de varios tamaños, capacidades, sistemas de monitoreo y control, también mecanismos donde se regule la presión y el fluido ya que esto garantiza que el flujo pueda ser constante y adecuado. Además, estas estaciones de bombeo simbolizan una solución inmejorable para así poder suministrar de agua a ciertas áreas, en especial cuando los terrenos o las distancias complican el flujo natural del líquido. Por ejemplo, son esenciales en casos donde el agua debe ser transportada a zonas elevadas o remotas. Al adaptarse a diferentes configuraciones y requerimientos, las estaciones permiten una distribución eficiente y controlada del agua hacia los lugares donde más se

necesita, contribuyendo al buen funcionamiento de los sistemas de abastecimiento. (Montesinos & Waswaldo, 2022).

- **Estación de bombeo captadora**

Las estaciones de bombeo captadoras se describen como instalaciones que extraen agua de fuentes naturales como nacientes y pozos. Además, se utilizan para equilibrar una impulsión adicional al agua mediante el bombeo repetido, permitiendo así obtener áreas distantes. Estas estaciones comúnmente incluyen una o varias máquinas de bombeo que están equipadas por medidores de caudal, junto con sistemas que son requeridos para poder operar.

Por lo tanto, la captación es el proceso de poder desviar un caudal de una fuente de agua que pueda cumplir con los requisitos que están establecidos por la normativa actual para el posterior tratamiento y distribución. El tipo de captación varía según la fuente, pudiendo ser superficial, subterránea o de agua de lluvia. De acuerdo con el Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C.), el caudal de la fuente de abastecimiento debe ser al menos el doble del caudal máximo diario futuro estimado. Además, el sistema de captación debe tener la capacidad de suministrar al sistema de agua potable un caudal mínimo equivalente a 1.2 veces el caudal máximo diario correspondiente al periodo de diseño final. (Suárez, 2021).

Ilustración 4 Estación de bombeo captadora



Nota: obtenido de Infraestructura Urbana- Carlos Acosta

- **Estación de bombeo intermedia**

Una estación de bombeo intermedia es una instalación hidráulica que se implementa dentro de una red de conducción de agua para mantener el caudal y la presión del fluido cuando la distancia, las pérdidas por fricción o los desniveles topográficos hacen inviable el transporte eficiente desde la estación captadora hasta el punto de consumo final. Estas estaciones incorporan bombas centrífugas, válvulas de control, sensores de presión y sistemas automatizados, ya que estos son importantes para poder realizar una operación segura y continua en los sistemas de riego, pudiendo abastecer la zona urbana o la conducción de aguas residuales.

Según Suministros Sanitarios (2024), las estaciones deben de estar ubicadas de manera estratégica según los estudios topográficos del terreno y los diseños hidráulicos, ya que estos nos permiten poder optimizar el sistema en términos de eficiencia energética como así también en los costos de operación.

Además, su integración en sistemas modernos con tecnologías de monitoreo remoto, como SCADA o redes PLC, facilita la gestión inteligente de recursos hídricos en zonas rurales o urbanas de gran extensión.

Ilustración 5 Estación de bombeo intermedia



Nota: Obtenido de NETJET (2023)

7.2.1. Sistema de riego

De acuerdo con Zapata Sierra (2020), desde la perspectiva de la Agronomía, el riego se puede definir como el proceso mediante el cual se suministra agua a las plantas. Además, este proceso tiene como objetivo principal incrementar o garantizar la producción agrícola, o bien dirigir el desarrollo fisiológico de la planta hacia una condición específica. Un sistema o perímetro de riego se refiere al conjunto de infraestructuras que permiten abastecer de agua a una superficie cultivable, garantizando el suministro hídrico requerido por las plantas. Este sistema puede estar compuesto por diversos elementos, cuya presencia varía según el tipo de riego implementado, ya sea superficial (como el riego por inundación), por aspersión o por goteo. (Almeida & Montoya 2023).

7.2.1.1. Tipos sistemas de riego.

De acuerdo con Medina Carrasco & Coral Ygnacio (2022), los tipos de sistema de riego automatizado son riego por goteo y riego por aspersión:

El riego por goteo es uno de los métodos más eficientes y ampliamente utilizados a nivel mundial. Este sistema transporta el agua a través de una red de tuberías que la distribuyen en pequeñas cantidades por toda la parcela de manera periódica, funciona conectando una red de tuberías a lo largo de la parcela, abasteciendo directamente a cada planta con un flujo constante y lento de agua. Es un método eficiente debido a que permite hidratar y alimentar a las plantas de manera directa sin la necesidad de regar manualmente la totalidad del terreno. A pesar de eso, el costo inicial de la instalación es alto, este mismo se compensa con la reducción en el desaprovechamiento de agua.

El riego por aspersión o rociado emula el efecto de la lluvia, el cual es importante porque tiene un alcance amplio en este sistema, es por esto que, se emplean diferentes tipos de rociadores que van a distribuir el agua de una manera semejante y programada

sobre las áreas determinadas del terreno, pudiendo así cubrir grandes superficies en tan poco tiempo.

Para su implementación, los aspersores se colocan estratégicamente después de evaluar el área y se conectan a las tuberías, las cuales recorren todo el campo. El agua fluye a través de estas tuberías hasta los aspersores. Aunque este sistema requiere tuberías adicionales, lo que implica mayores costos.

7.2.1.2. Aparatos de control y medición en un sistema de riego

Citando a Vega (2022), los aparatos de control y medición en un sistema de riego incluyen componentes esenciales que optimizan su rendimiento. Como, por ejemplo, el medidor de flujo permite dar seguimiento al caudal de agua y así poder encontrar problemas como obstrucciones o el rompimiento en las líneas. Las válvulas que regulan la presión afirman una emisión uniforme de agua en los sistemas por goteo, en cambio, la válvula de regulación de presión mantiene una presión continua en las tuberías aguas abajo. Las válvulas de alivio rápido resguardan al sistema contra los aumentos de presión peligrosos, y las válvulas de control de campo, estas permiten encender o apagar grupos del riego manual o automático. Por último, la válvula de purga de aire/alivio de vacío, elimina el aire atrapado que puede causar daños o succión de contaminantes, mejorando la seguridad y eficiencia del sistema.

7.3. Automatización industrial para sistema de bombeo

La automatización industrial aplicada a sistemas de bombeo consiste en la implementación de tecnologías de control y monitoreo que permiten operar bombas de manera automática, eficiente y segura, sin intervención constante del operador. Este tipo de automatización inserta el uso de sensores de nivel, presión y caudal, junto con los controladores lógicos programables (PLC) que ejecutan el encendido, apagado y regulación del sistema en función de las condiciones del proceso. Debido a estos

elementos, se mejora el consumo energético, así mismo, se previenen daños por operación en seco o sobrepresión, y se mejora la vida útil de los equipos (García et al., 2021).

En aplicaciones como el riego agrícola, las plantas de agua potable y los procesos industrializados, los sistemas de bombeo automatizados deben de mantener una presión continua, programar los horarios de funcionamiento y producir reportes de desempeño. Además, su integración con interfaces HMI o plataformas SCADA facilita la visualización en tiempo real y la toma de decisiones remotas, reduciendo costos operativos y tiempos de respuesta ante fallas. Esta automatización no solo mejora la productividad del sistema, sino que también promueve una gestión más sostenible del recurso hídrico y energético (Sánchez & Molina, 2022).

7.3.1. PLC

Como afirma Gómez (2024), un Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo electrónico diseñado para automatizar diversos procesos industriales, como los electromecánicos, electroneumáticos o electrohidráulicos, entre otros. Estos dispositivos, como su nombre indica, son programables y se pueden ajustar a las necesidades específicas de la aplicación en la que se utilicen. En el mercado, existen múltiples fabricantes de PLC, y la elección del adecuado depende principalmente del propósito del proceso que se quiere automatizar.

Conocido como el "cerebro" del sistema, el PLC coordina y activa otros componentes para ejecutar acciones automáticas y repetitivas, que en algunos casos pueden ser peligrosas para los seres humanos o ineficientes si se realizan manualmente. Hoy en día, los PLC son muy utilizados en la automatización de procesos industriales, aunque también pueden emplearse en entornos domésticos o comerciales, siendo estos últimos menos comunes.

7.3.2. PLC LOGO

Es un controlador lógico programable de Siemens, creado para automatizar aplicaciones simples en contextos industriales, domésticos o comerciales. Se caracteriza por su diseño compacto, facilidad de manejo y gran versatilidad, permitiendo llevar a cabo tareas básicas como temporización, conteo y activación de relés. Su interfaz de programación es intuitiva, lo que facilita su configuración sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. Además, puede integrarse en redes más grandes y gestionarse a distancia, ofreciendo una solución flexible y eficiente para la automatización de procesos de pequeña o mediana escala. (Atiaga Rueda & Loayza Camino, 2021).

7.3.3. La red de comunicación Ethernet

De acuerdo con (González-Quíñonez et al., 2022). La red Ethernet es un método de transmisión de datos que utiliza un procedimiento que se conoce como acceso variado con detección de portadora y de colisiones. Este dispositivo actúa de la siguiente manera: antes de que un nodo envíe la información, lo primero que se debe de hacer es verificar si la línea de transmisión está llena por otro nodo que esté enviando datos en ese instante. Si por cualquier motivo se descubre que el canal está libre de transmisión, el nodo envía los datos al receptor. Por si acaso, de que varios nodos intenten transmitir al mismo tiempo, se encuentra una colisión y se activa un procedimiento de resolución para así evitar la pérdida de datos, garantizando de este modo comunicación autentica y eficiente dentro de la red.

Ethernet es una ciencia o tecnología que se utiliza en redes LAN ya que permite la transmisión de datos a velocidades máximas desde 1 Mb/s. Este protocolo funciona en las capas de enlace de datos y física de los modelos TCP/IP y OSI, y está normalizado por el estándar IEEE 802.3. En cuanto a su soporte físico, Ethernet es compatible con distintos tipos de cables, como el par trenzado de cobre, el cable coaxial y la fibra óptica.

A través de estos medios se envían las tramas Ethernet, transmitidas desde el bit menos significativo hasta el más significativo. (Narváez, 2021).

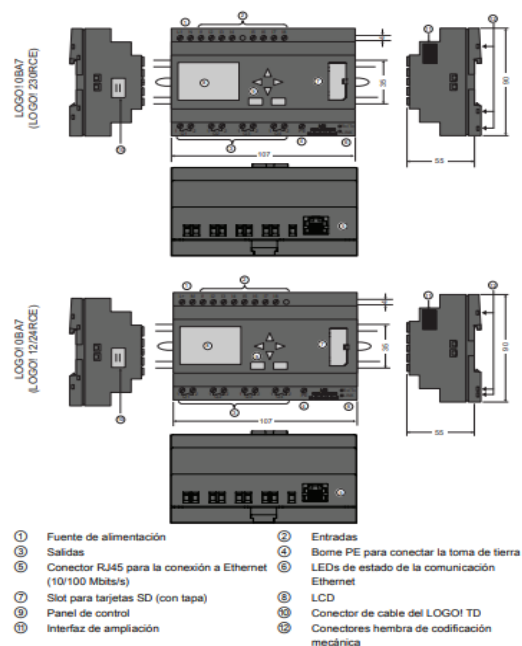
Además, es un sistema que no facilita la expansión de redes de comunicación a largas distancias. Sin embargo, la tecnología Ethernet permite a los usuarios ajustar y optimizar el rendimiento de su red de manera precisa, según sus necesidades. La velocidad de transmisión de datos se puede seleccionar en función de los requisitos específicos, ya que su compatibilidad facilita la integración progresiva de nuevas tecnologías. (López & Vargas, 2021)

Ilustración 6 PLC LOGO y accesorios



Nota: Obtenido de Siemens. (2008). *Logo Manual del Producto*. SIEMENS.

Ilustración 7 La estructura de LOGO!



Nota: Obtenido de Siemens. (2008). *Logo Manual del Producto*. SIEMENS.

7.3.4. HMI

Un HMI (Human-Machine Interface), o interfaz hombre-máquina, es un dispositivo que permite la comunicación directa entre un operador y un sistema automatizado, facilitando la supervisión y control de variables del proceso como presión, temperatura, caudal o estados de equipos. A través de esta interfaz, el usuario puede percibir la información del proceso en tiempo real y ejecutar atributos mediante las pantallas táctiles, botones y paneles físicos, que permiten una intercomunicación más sutil y eficiente con el sistema (Rockwell Automation, 2021).

Los HMIs se utilizan ampliamente en sectores industriales, agrícolas y de infraestructura crítica, ya que optimizan la eficiencia operativa, permiten el control centralizado y mejoran la seguridad del sistema. Su integración con tecnologías como PLC o plataformas SCADA permite automatizar tareas, reducir errores humanos y

generar reportes, alarmas o acciones correctivas en tiempo real, contribuyendo así a una gestión inteligente de los procesos (Siemens, 2022).

Ilustración 8 PLC Logo y HMI



Nota: Conexión de un PLC logo con un HMI. Obtenido de YouTube @blajavsetin (2021)

7.3.5. TIA Portal

De acuerdo con Mejía y Alvarez (2017), el TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) se conoce como una plataforma que une a diversos softwares de Siemens, entre ellos está SIMATIC STEP 7, WinCC y módulos o componentes para soluciones de automatización basadas en PC con SIMATIC. El objetivo es mejorar la planificación, el desarrollo y la operación de proyectos de automatización. El TIA Portal de Siemens compone de funciones tecnológicas que son avanzadas y que facilitan la instauración de aplicaciones de control PID con sus salidas tanto analógicas como las digitales, así como el control de movimiento a través de servomotores o motores paso a paso.

El software TIA Portal, denominado por Siemens, se presenta como un concepto que reúne diversas herramientas de automatización en una sola plataforma, siendo aplicable a PLC, paneles de operador, redes de comunicación y otros dispositivos (Vásquez, 2014). Para los procedimientos descritos, se emplea la versión 13 Professional, utilizando principalmente el PLC CPU 1214C/DC/DC/DC, referencia 6ES7 214-1AE30-0XB0 con firmware 2.2.

Según Siemens (2023), esta solución reúne en un mismo paquete software como SIMATIC STEP 7 para programación de PLC, WinCC para visualización y supervisión de procesos, y Startdrive para parametrización de variadores y accionamientos. Esta integración elimina la necesidad de trabajar con múltiples plataformas separadas, reduciendo tiempos de ingeniería y errores en la configuración.

El TIA Portal también incorpora funciones avanzadas como:

- Simulación y validación de proyectos mediante Digital Twin y PLCSIM Advanced, lo que permite probar la lógica y la interfaz de usuario antes de la puesta en marcha física (SolisPLC, 2023).
- Ingeniería colaborativa (Multiuser Engineering), donde varios ingenieros pueden trabajar simultáneamente sobre el mismo proyecto con control de versiones
- Integración en entornos de Industria 4.0, conectando con plataformas en la nube como MindSphere y sistemas de gestión de ciclo de vida del producto (PLM) como Teamcenter.
- Compatibilidad con estándares internacionales, garantizando seguridad funcional, comunicación industrial (PROFINET, PROFIBUS) y protocolos de ciberseguridad industrial.

De acuerdo con Siemens (2023), el TIA Portal permite trabajar con controladores de la serie S7-1200, S7-1500, así como PLC modulares de las series S7-300 y S7-400. También es compatible con paneles HMI de distintas gamas, módulos de E/S distribuidos, sistemas de control de movimiento con servomotores y motores paso a paso, y soluciones de medición y control energético.

CAPITULO III: DISEÑO DE PROYECTO

8. METODOLOGÍA

8.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva y proyectiva, con enfoque tecnológico e investigativo. Se considera descriptiva ya que, permite analizar las características, funcionamiento y requerimientos técnicos de un sistema de bombeo de agua cruda compuesto por una estación captadora, una estación intermedia y tanques reservorios, todo ello dentro de un entorno agrícola. En esta parte del capítulo se detallarán los componentes que se utilizarán en la programación para la automatización, como son los sensores, actuadores, PLC logo y comunicación Ethernet.

De esta manera, se hace referencia que es proyectiva, puesto que, a partir del análisis técnico y teórico, se desarrolla un diseño de un sistema de control automatizado para dicho sistema de bombeo. Esta investigación busca sustentar técnicamente el diseño del sistema sin requerir su inmediata implementación, aunque deja sentadas las bases para una futura aplicación práctica.

Tiene un enfoque cuantitativo, porque se fundamenta en datos medibles como niveles de agua y tiempos de operación, los cuales son necesarios para definir y validar el comportamiento esperado del sistema automatizado.

8.2. Tipo de estudio

Este estudio se clasifica como proyectivo, ya que se orienta al planteamiento de una solución técnica enfocada en el diseño de un sistema de control automatizado. Aunque no contempla la implementación inmediata del sistema en el campo, su desarrollo se apoya en criterios técnicos bien fundamentados que permitirían llevarlo a la práctica en una etapa posterior.

El estudio combina una parte teórica con el uso de simulaciones virtuales. Para ello se revisaron manuales de fabricantes, normas técnicas y literatura académica que aportaron la parte conceptual. Así mismo, se emplearon programas de software que permitieron simular el funcionamiento del sistema de bombeo y verificar su desempeño antes de pensar en una aplicación real.

8.3. Métodos e instrumentos.

Uno de los métodos aplicados fue el bibliográfico. Este método permitió consultar libros, artículos científicos, informes técnicos, proyectos previos y páginas especializadas. Con esa información se construyó el marco teórico y se reforzó el análisis de las variables de estudio. También se tomaron como referencia normas internacionales (IEC e ISO) y manuales de fabricantes relacionados con sistemas de bombeo, automatización y redes de comunicación.

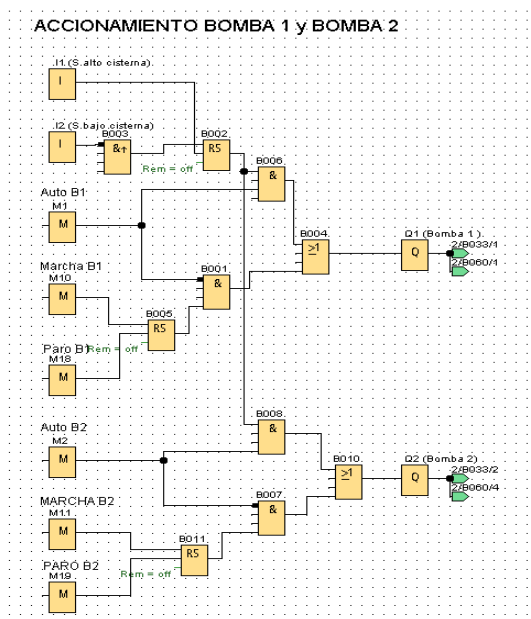
El instrumento principal del proyecto es el PLC LOGO de Siemens, este equipo recibe las señales del sistema, las procesa según la lógica de control diseñada y gestiona el trabajo de las estaciones de bombeo, adicional a él se utiliza una pantalla HMI Siemens KTP700 Basic de 7 pulgadas, que facilita la supervisión del sistema en tiempo real. Desde esta interfaz se pueden ver alarmas, parámetros de operación, estados de funcionamiento y hacer ajustes de manera sencilla e interactiva.

La programación del PLC se realiza a través del software LOGO Soft Comfort, mientras que la configuración y diseño de la interfaz gráfica se desarrolla mediante el entorno TIA Portal, que también facilita la integración entre la HMI y el PLC a través de comunicación Ethernet, mediante el protocolo de comunicación S7 de Siemens. Para respaldar el diseño del sistema se consultaron fichas técnicas de los componentes involucrados, manuales del fabricante y normativas técnicas aplicables.

Programación en PLC

En este apartado se detalla la lógica de control implementada para el accionamiento de las bombas del sistema, organizadas en tres grupos: Bomba 1 y Bomba 2, Bomba 3 y Bomba 4, y Bomba 5 y Bomba 6. Cada grupo cuenta con modos de operación automático y manual, integrando señales de sensores de nivel y controles manuales, así como elementos de seguridad y enclavamiento que garantizan un funcionamiento seguro y eficiente

Ilustración 9 Accionamiento bomba 1 y 2



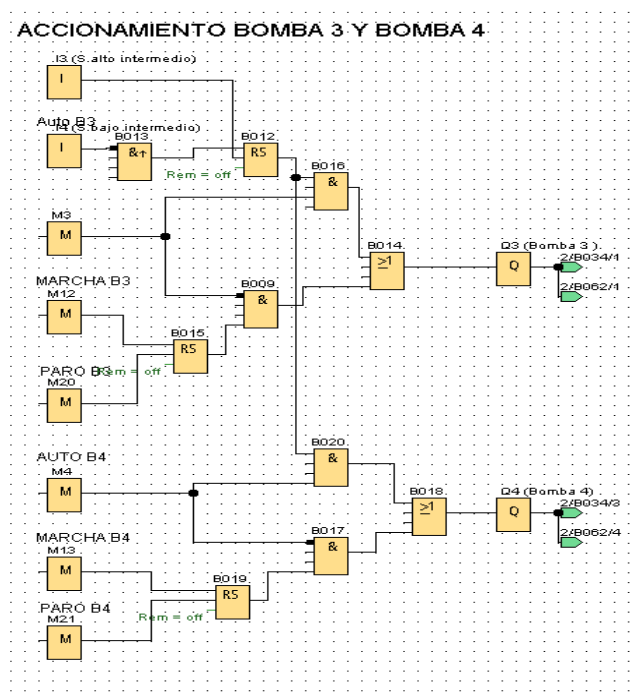
Nota: Elaboración de autores

En el grupo de Bomba 1 y Bomba 2, el control se realiza en dos modalidades: automático y manual. En el modo automático, la operación está gobernada por sensores de nivel alto y bajo (I1 e I2) instalados en la cisterna. Cuando el nivel desciende por debajo del umbral establecido, la lógica de control habilita el arranque de la bomba correspondiente siempre que el selector de modo automático, ya sea Auto B1 o Auto B2, se encuentre activado.

En el modo manual, el operador tiene la posibilidad de encender o apagar cada bomba utilizando pulsadores de “Marcha” (M10, M11) y “Paro” (M18, M19), prescindiendo de la señal de los sensores de nivel. Sin embargo, se mantienen las seguridades mediante enclavamientos para evitar arranques no deseados o condiciones inseguras. La programación emplea compuertas lógicas AND y elementos de retención tipo R-S latch para conservar la orden de marcha hasta que se cumpla la condición de paro.

Las salidas Q1 y Q2 corresponden a la activación física de cada bomba, y están asociadas a indicadores visuales que permiten su supervisión tanto en el HMI como en el tablero de control.

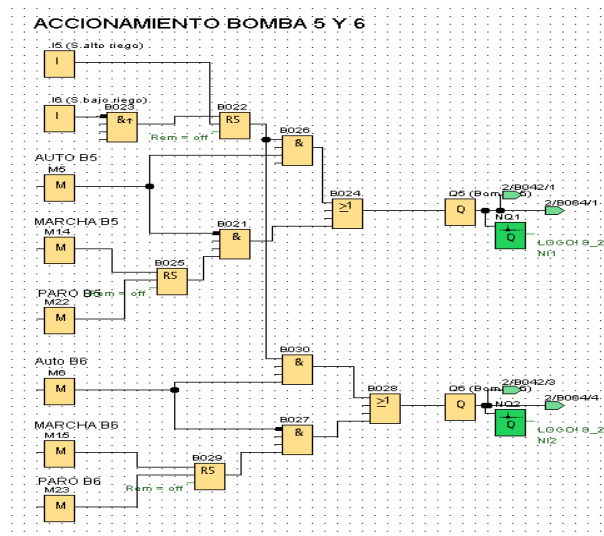
Ilustración 10 Accionamiento bomba 3 y 4



Nota: elaboración por autores.

Este patrón de control se repite en el grupo de Bombas 3 y 4, donde los sensores (I3 e I4) están ubicados en el tanque intermedio.

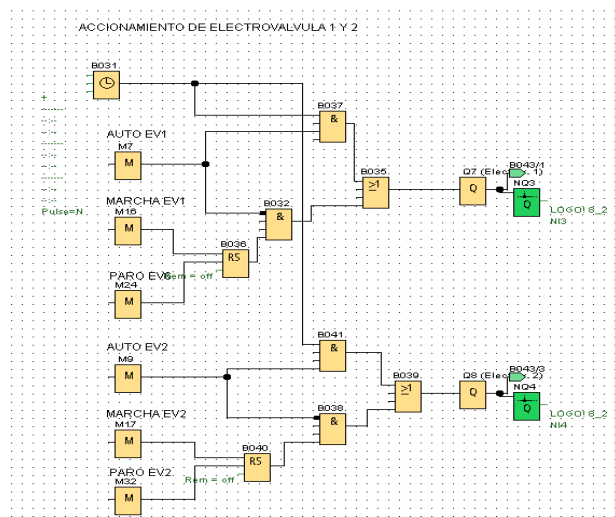
Ilustración 11 Accionamiento de bombas 5 y 6



Nota: Elaboración propia

Así mismo, en el grupo de **Bombas 5 y 6**, controladas por sensores (I5 e I6) en el tanque de riego.

Ilustración 12 Accionamiento de electroválvulas 1 y 2



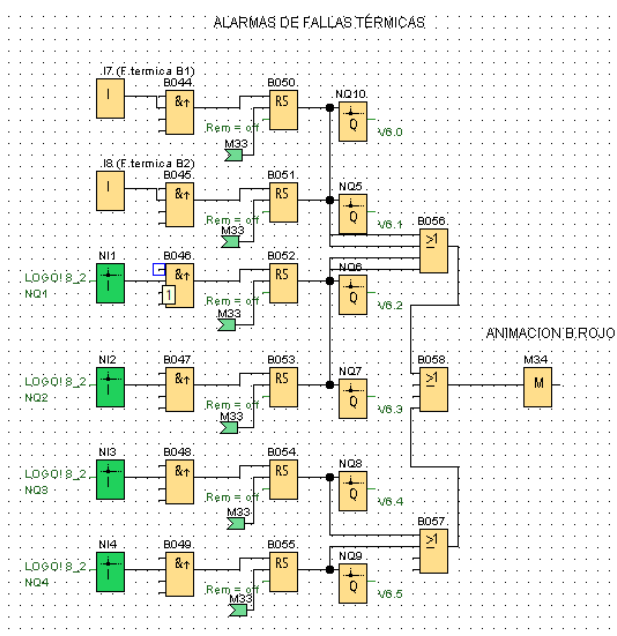
Nota: Elaboración por autores

La imagen corresponde al control y accionamiento de dos electroválvulas, identificadas como EV1 y EV2. El esquema presenta tanto el modo de operación automático como el manual, incluyendo elementos de seguridad y retención para cada una.

En el caso de la Electroválvula 1 (EV1), la lógica permite el funcionamiento en modo automático mediante la activación de la entrada “AUTO EV1” (M7), combinada con una condición de habilitación general y un temporizador (B031) que sincroniza la apertura o cierre de la válvula. Cuando el sistema se encuentra en el modo manual, el operador puede encender la electroválvula presionando el pulsador de marcha (M18) y apagarla con el pulsador de paro (M24). El enclavamiento se asegura mediante un bloque de retención tipo R-S (B036), que mantiene activa la orden de encendido hasta que se recibe la señal de apagado. La salida Q7 es la que acciona de forma física la electroválvula y al mismo tiempo muestra el estado en el sistema a través de su indicador.

La segunda electroválvula (EV2) trabaja bajo la misma lógica anterior, aunque cuenta con su propio selector de modo automático (M9), pulsadores de marcha (M17) y paro (M32), además de un enclavamiento R-S (B040) independiente. La salida Q8 corresponde a la activación de la electroválvula 2, también asociada a un indicador visual.

Ilustración 13 Alarmas fallas térmicas



Nota: Elaboración por autores

Este bloque de control de (Alarmas de fallas térmicas), supervisa la protección térmica de distintos elementos, como bombas y electroválvulas, y genera avisos visuales ante la detección de sobrecarga o disparo de la protección térmica.

Las entradas I7 y I8 corresponden a las protecciones térmicas de la Bomba 1 y la Bomba 2, respectivamente. Si se presenta un fallo térmico y se activa alguna de estas señales, el sistema mantiene la alarma encendida mediante los bloques de retención R-S (B050 y B051). La alarma solo se apaga cuando se realiza el restablecimiento manual con la señal M33. Las salidas Q10 y Q5 muestran el estado de fallo y pueden conectarse a luces indicadoras o bien a mensajes visibles en la HMI.

Por otro lado, las entradas digitales NI1, NI2, NI3 y NI4 cumplen la función de vigilar las protecciones térmicas de las electroválvulas y de otros equipos del sistema. En estos casos, también se utilizan bloques de retención para mantener la señal de fallo hasta

que el operador ejecute la reposición. Las salidas Q6, Q7, Q8 y Q9 registran el estado de cada alarma individual.

El bloque B056 agrupa las alarmas correspondientes a bombas y el bloque B057 las asociadas a electroválvulas, permitiendo una indicación conjunta de fallo por tipo de equipo. Finalmente, la señal combinada se envía al bloque B058, que activa la animación o indicador visual M34, identificado como “B. ROJO”, con el fin de advertir de manera global la existencia de una condición de fallo térmico en el sistema.

CAPITULO IV

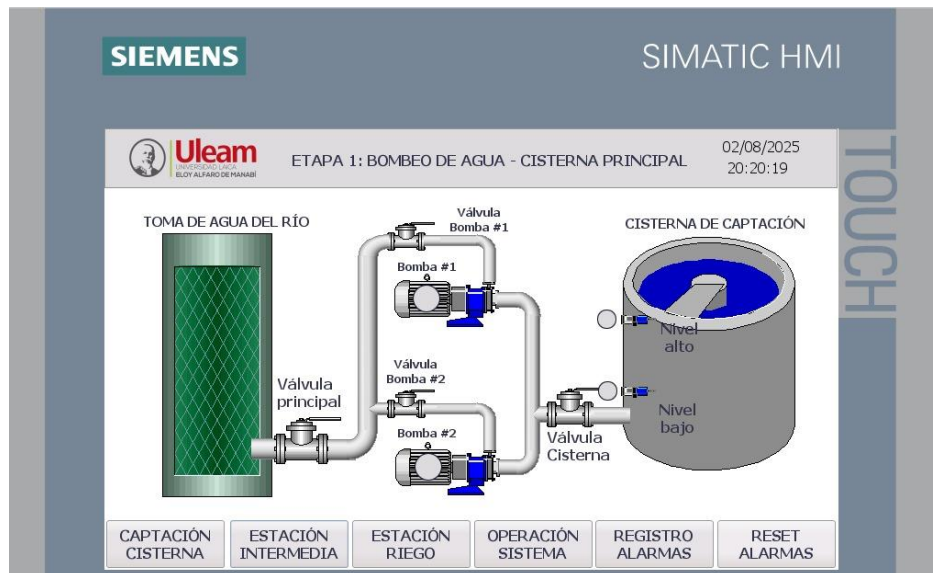
9. Presentación, procesamiento y análisis de los resultados

Los resultados de esta investigación se presentan mediante la programación y simulación funcional del sistema de bombeo automatizado, utilizando el entorno LOGO Soft Comfort para el desarrollo lógico, y TIA Portal para la configuración de la interfaz gráfica en la HMI Siemens KTP700 Basic. A través de estas herramientas se logró modelar virtualmente el sistema propuesto para una estación de bombeo compuesta por una estación captadora, una estación intermedia y una estación de riego.

En la simulación se representaron los elementos principales del sistema real: bombas centrífugas, tanques con sensores de nivel, válvulas de control, electroválvulas para la distribución de agua, botoneras para operar en modo manual o automático, indicadores de encendido y apagado y temporizadores para regular los ciclos de rebose y riego. Todos estos equipos fueron conectados a las entradas y salidas virtuales del PLC LOGO, lo que permitió reproducir sus estados y modos de operación.

La HMI brindó una visualización clara y práctica del sistema. En sus pantallas se muestran las etapas de bombeo, el estado de cada bomba, los niveles de los tanques, los horarios de riego, los tiempos de rebose y un registro activo de alarmas. Para comprobar el diseño, se realizaron pruebas lógicas en la simulación, verificando que las condiciones programadas respondieran de manera correcta a las variaciones de los sensores de nivel y que las acciones ejecutadas por el PLC se reflejaran adecuadamente en la interfaz.

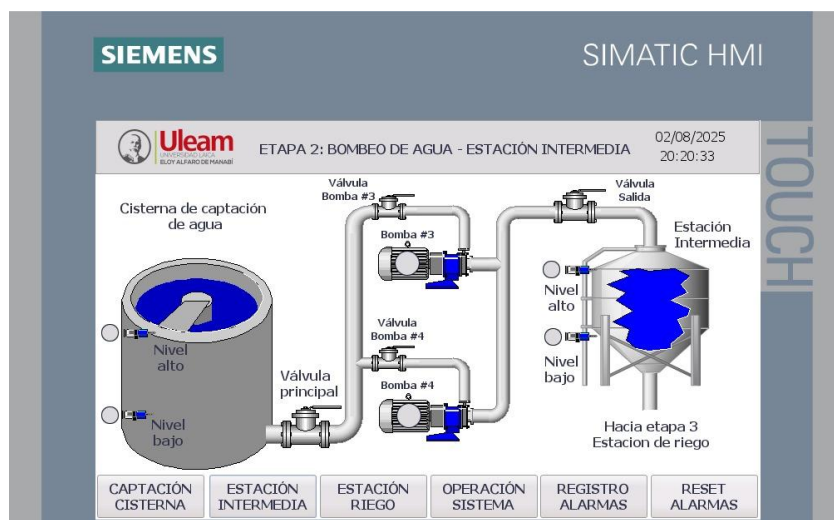
Ilustración 14 ETAPA 1: bombeo de agua- cisterna principal



Nota: Elaboración por autores

En una primera etapa del sistema, presenta la toma agua desde una fuente (por ejemplo, el río) hacia la cisterna de captación. Se muestran las bombas #1 y #2 y los sensores de nivel alto y bajo de la cisterna. Esta etapa inicia el proceso de bombeo y condiciona las etapas siguientes. La lógica del PLC activa estas bombas dependiendo del nivel en el tanque y de las horas programadas.

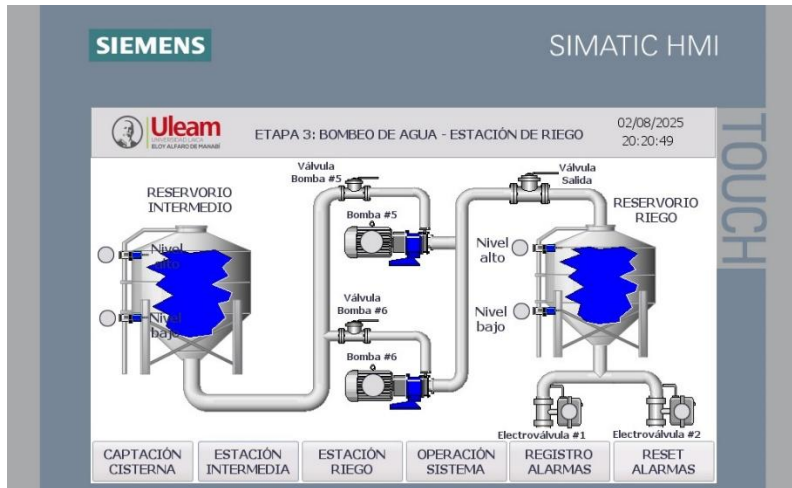
Ilustración 15 ETAPA 2: bombeo de agua- estación intermedia



Nota: Elaboración por autores

La segunda etapa de bombeo se muestra desde la cisterna de captación hasta el reservorio intermedio. Se visualiza el estado del nivel de la cisterna, las bombas #3 y #4, y el estado de llenado del tanque intermedio. El sistema muestra el proceso de transferencia desde el punto de captación hasta el intermedio, controlado por condiciones de nivel y tiempo programadas en el PLC.

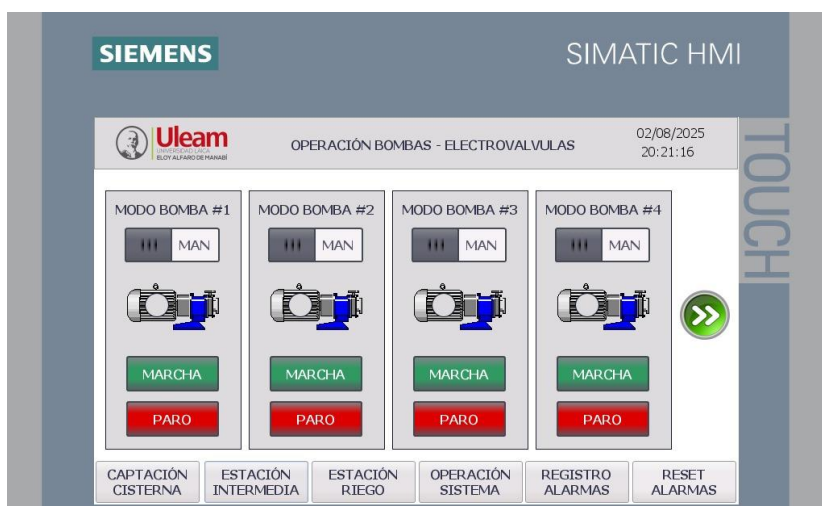
Ilustración 16 ETAPA 3: bombeo de agua- Estación de riego



Nota: Elaboración por autores

Esta pantalla representa la etapa final del sistema de bombeo, la tercera etapa, donde el agua llega desde el reservorio intermedio al reservorio de riego. Se muestran las bombas #5 y #6 y el estado de los niveles alto y bajo de ambos tanques. También se incluyen las electroválvulas que regulan la salida del agua para distribución. La animación refleja en tiempo real los estados de los elementos, basándose en señales del PLC.

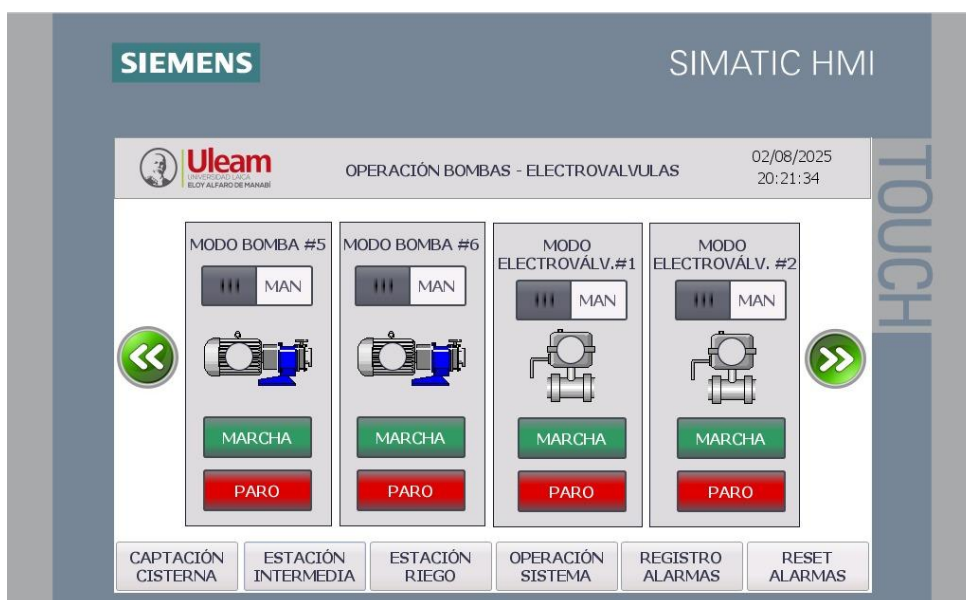
Ilustración 17 Operación bombas 1, 2, 3 y 4



Nota: Elaboración por autores

En esta ilustración se encuentra el panel de control individual con el selector de modo (manual/automático) y botones de marcha y paro para cada bomba de la #1 a la #4. El operador puede seleccionar el modo manual (MAN) y activar las bombas usando los botones “Marcha” o detenerlas con “Paro”. Esta función es útil para pruebas, mantenimiento o cuando se desea operar el sistema sin lógica automática. Esta pantalla interactúa directamente con el PLC a través de entradas digitales virtuales.

Ilustración 18 Operación bombas 5 y 6- Electroválvulas.

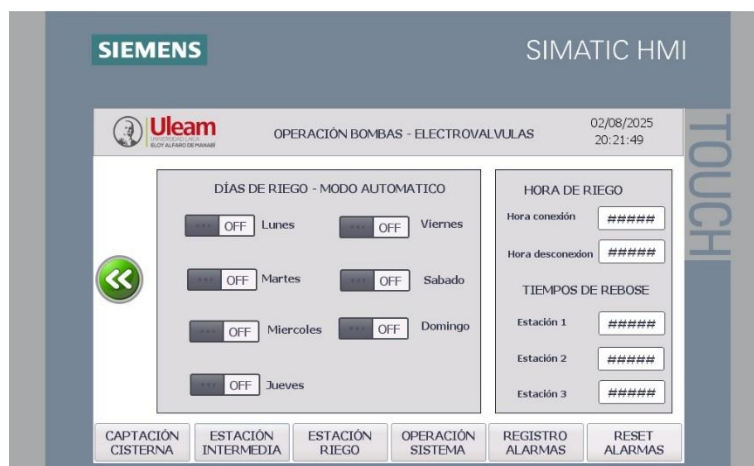


Nota: Elaboración por autores

Así mismo, esta pantalla incluye las bombas #5 y #6 con el selector de modo (manual/automático) y botones de marcha y paro, permitiendo comprobar su funcionamiento de forma individual sin depender de la lógica automática del sistema

Además, se incluyen los controles de las electroválvulas #1 y #2, encargadas de abrir o cerrar el paso de agua hacia las zonas de riego. Al igual que las bombas, cada electroválvula puede operarse de manera independiente, lo cual resulta útil para pruebas, mantenimiento o en casos donde se requiere intervención directa. Esta pantalla mejora la utilidad del sistema al ofrecer control completo y visualización clara de los componentes finales del proceso.

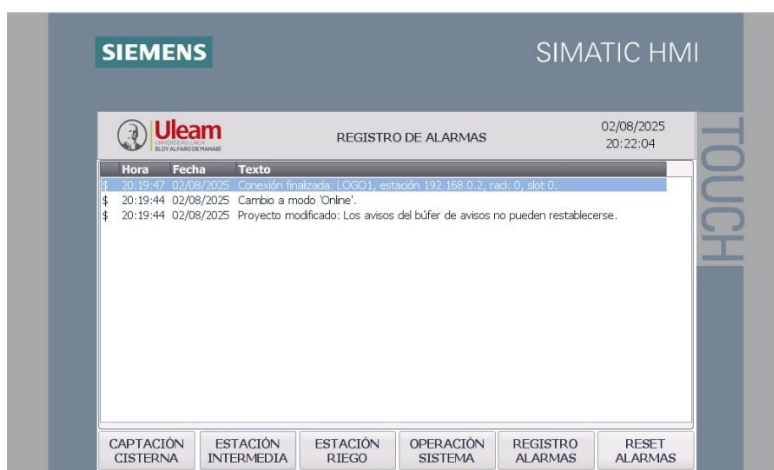
Ilustración 19 Días/horas de riego- Modo automático



Nota: Elaboración por autores.

En esta pantalla el operador tiene la opción de programar el riego automático. Puede seleccionar los días de la semana, fijar la hora de inicio y de fin, y definir el tiempo de rebose para cada estación. Los botones cambian de OFF a ON según la elección del usuario. Estas configuraciones sirven como condiciones dentro de la programación del PLC y permiten que las salidas se activen en los momentos definidos. La interfaz es fundamental para que el riego funcione de manera automática siguiendo un calendario y horarios establecidos.

Ilustración 20 Registro de alarmas



Nota: Elaboración por autores

Esta pantalla muestra el registro de eventos y alarmas del sistema. Permite visualizar la hora, fecha y descripción de cada evento importante, como conexión del PLC, cambio de modo, o modificaciones del proyecto. Su propósito es mantener un historial de lo que sucede en el sistema, facilitando el diagnóstico de fallas o seguimientos. Está conectada con la lógica del PLC para mostrar mensajes y avisos a través de bloques de texto en LOGO Soft Comfort y TIA Portal. La simulación permitió comprobar que el sistema automatizado funciona de acuerdo con la lógica definida, cumpliendo con los objetivos de operación, seguridad y supervisión planteados en el diseño. La integración entre el PLC LOGO y la HMI KTP700 garantizó una interacción fluida entre el operador y el sistema, ofreciendo una solución práctica y adaptable para el control de riego en entornos agrícolas.

Asimismo, la simulación sirvió como una herramienta de verificación previa que permitió anticipar posibles fallas lógicas, errores de diseño o inconsistencias en la interacción entre dispositivos. Al probar virtualmente el comportamiento del sistema, se logró perfeccionar la lógica de control antes de una implementación física, reduciendo los riesgos técnicos y facilitando el proceso de instalación futura en campo real.

10. Discusión de resultados

Al comparar los resultados de este proyecto con los antecedentes revisados, se observa una coincidencia en el objetivo principal: la implementación de sistemas automatizados para optimizar el uso de recursos hídricos. Tanto en el caso del sistema de riego Chambo-Guano como en el de la cabecera parroquial de Limonal, la automatización ha permitido una gestión más eficiente del agua, reduciendo desperdicios, mejorando la disponibilidad del recurso y beneficiando directamente a los usuarios finales. De manera similar, el sistema de control propuesto en esta investigación busca asegurar un suministro de agua eficiente, integrando estaciones de bombeo, tanques de reserva y una interfaz central para la supervisión. La diferencia principal está en la tecnología empleada. En los antecedentes se usaron controladores Modicon con sistemas de comunicación específicos, mientras que en este trabajo se eligió un PLC LOGO de Siemens junto con una HMI KTP700 Basic y comunicación Ethernet bajo protocolo S7. Esta combinación permite contar con un sistema compacto, modular y fácil de ampliar. Esta elección tecnológica permite una interfaz más amigable y una configuración de red más versátil, lo que puede representar una ventaja para futuras ampliaciones o adaptaciones a otros contextos agrícolas e industriales.

Otro punto a destacar es que, si bien los antecedentes se enfocaron en sistemas ya implementados físicamente, en este proyecto la validación se realizó mediante simulación, lo que permitió optimizar la lógica de control y la interfaz de usuario antes de la instalación real. Este enfoque reduce riesgos técnicos y costos iniciales, a la vez que proporciona un diseño probado y adaptable.

11. Conclusiones

Se puede concluir que este proyecto de investigación cumplió con los objetivos planteados, al lograr el diseño de un sistema de control automatizado para un sistema de bombeo de agua cruda compuesto por una estación captadora, una estación intermedia y tanques reservorios, orientado al riego agrícola. La programación del PLC LOGO de Siemens, junto con la integración de la HMI KTP700 Basic mediante comunicación Ethernet y el uso del protocolo de comunicación S7 de Siemens, permitió desarrollar una plataforma de operación y supervisión que garantiza un control preciso y en tiempo real de todos los elementos del proceso.

La simulación confirmó que la lógica de control implementada permite manejar de forma eficiente el arranque y paro de las bombas según los niveles de los tanques. También regula la apertura y cierre de las electroválvulas para distribuir el agua y activa alarmas en caso de presentarse condiciones críticas, garantizando así la continuidad y seguridad del sistema. Esta validación previa hizo posible ajustar y optimizar el funcionamiento antes de llevarlo a la práctica, reduciendo riesgos y aumentando la confiabilidad.

La interfaz gráfica creada en TIA Portal para la HMI resultó sencilla de usar y muy funcional. El operador puede visualizar con claridad el estado de cada etapa, los horarios programados, los tiempos de rebose, los niveles de agua y un registro de eventos. Esto facilita una gestión más rápida y ayuda a tomar decisiones oportunas, disminuyendo la necesidad de supervisión manual y aprovechando mejor el recurso hídrico.

En conclusión, los resultados muestran que la propuesta es viable tanto técnica como operativamente, y que constituye una solución segura, eficiente y adaptable a diferentes escenarios. Su diseño modular, la utilización de comunicación Ethernet y la implementación del protocolo S7 le otorgan la capacidad de integrarse con futuras

expansiones o nuevas tecnologías, lo que la convierte en una alternativa sostenible para la automatización de sistemas de bombeo en entornos agrícolas u otras aplicaciones similares.

12. Recomendaciones

Se recomienda que, en una futura implementación física del sistema, se realicen pruebas de campo que permitan validar el comportamiento del control automatizado en condiciones reales de operación, asegurando que los parámetros definidos en la simulación respondan de forma adecuada a las variaciones propias del proceso de bombeo.

Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo que incluya tanto el hardware de control (PLC, HMI, sensores y actuadores) como la red de comunicación Ethernet. Con ello se asegura la estabilidad y confiabilidad del sistema a largo plazo.

Además, es conveniente evaluar la incorporación de sistemas de monitoreo remoto mediante tecnologías IoT o supervisión web, lo que permitiría ampliar las funciones de control y gestión del sistema desde cualquier lugar.

Finalmente, se plantea la posibilidad de escalar el sistema para integrar más estaciones de bombeo o ampliar la red de riego, aprovechando el diseño modular y la comunicación bajo protocolo S7, que facilitan la adaptación del sistema a nuevas necesidades operativas sin requerir cambios estructurales significativos.

13. Cronograma de actividades- Primera fase

Mes Actividad	Año 2024																							
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Declaración de modalidad de la modalidad de titulación																								
Notificación de designación a los docentes tutores																								
Elaboración del anteproyecto																								
Revisión y coerción de anteproyecto con el tutor																								
Entrega de anteproyecto a la comisión académica																								
Revisión del par académico y correcciones																								
Aprobación de notificación del anteproyecto de titulación																								

14. Cronograma de actividades- segunda Fase

Mes Actividad	Año 2025																							
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Organización del capítulo III: diseño de proyecto																								
Elaboración de la metodología, tipo de investigación y estudio																								
Elaboración de la programación en PLC logo! Para la respectiva metodología																								
Revisión puesta en práctica de la programación en el laboratorio.																								
Elaboración de resultados																								
Análisis de los resultados, elaboración de discusión, conclusiones y recomendaciones																								
Revisión final y correcciones																								
Aprobación del trabajo final de titulación																								

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, M., & Barbery , D. (2023). Factores que inciden en la asignación de recursos para automatización de sistemas de riego de Cuenca, Ecuador. PACHA. Revista de Estudios Contemporáneos del Sur Global. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/da84996fcc1554116294ac1d79f0059b/1?cbl=5528576&pq-origsite=gscholar>
- Andrade, R. (2018). Gestión Energética de una Estación de Bombeo mediante el uso del Control Estadístico de Procesos. Estudio de Caso: Acueducto “La Esperanza” – Refinería del Pacífico. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v40n2/2477-8990-rpolit-40-02-00007.pdf>
- Arias Ramos, L. F., Olaya Idarraga, F., & Ardila Marín, J. G. (2021). Caracterización y redimensionamiento de sistema de bombeo de agua para cultivos acuícolas en finca el Rubí en Aipe-Huila. Ingeniería y Región, 25, 46-59. <https://doi.org/10.25054/22161325.2780>
- Atiaga Rueda, H. A., & Loayza Camino, F. H. (2021). DISEÑO DE UN SISTEMA INMÓTICO ROBUSTO USANDO EL PLC LOGO! CON CONEXIÓN A LA NUBE PARA OFICINAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/57107/1/T-113071%20%20Atiaga%20-%20Loayza.pdf>
- Automation Fair. (2024). What is TIA Portal from Siemens? Obtenido de <https://www.automation-fair.com/what-is-tia-portal-from-siemens>
- Barona López, G., & Velasteguí, L. E. (2021). Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. AlfaPublicaciones, 3(3.1), 84-101. <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80>
- El Productor. (2021). Ecuador: Primeras bombas de riego y drenaje con energía eléctrica se ubicarán en sistema de riego “Las Mercedes”. Obtenido de

<https://elproductor.com/2021/01/ecuador-primeras-bombas-de-riego-y-drenaje-con-energia-electrica-se-ubicaran-en-sistema-de-riego-las-mercedes/>

ESPAC. (2024). Información ambiental y tecnificación agropecuaria - Módulo métodos de producción y ambiente 2023. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC/2023/Plantilla_PPT_ESPAC_2024_29_04_2024.pdf

Franklin Fernando Cando Herrera, & Lescano Medina, G. F. (2021). “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE NIVEL DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO CHAMBO – GUANO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56415/1/T-112772%20Cando%20-%20Medina.pdf>

García , & Paredes. (2023). Implementación de sistemas automatizados de bombeo con PLC LOGO! en zonas agrícolas de Ecuador. Revista de Innovación Tecnológica, 78-85. Obtenido de <https://doi.org/10.56789/revtec.v12i2.456>

Gómez Rivera, R. G. (2024). Programación, configuración, implementación y puesta en marcha de equipos nuevos y existentes de la red de comunicaciones en las áreas de molinos y conversión de una planta industrial, con el fin de supervisar y controlar índices de funcionamiento. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/60555>

González-Quíñonez, L. A., Cevallos-Mina, M. G., Gresely-Santi, F. A., Quíñonez-Guagua, E. F., & Reyes-Vera, C. H. (2022). Implementación de un banco de prueba de redes industriales de tipo Profinet, Profibus mediante un sistema de

- comunicación ethernet industrial. *Sapientia: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(1), 1022-1029. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.281>
- Gustavo Barona López., & Luis Efraín Velasteguí. (2021). Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. *AlfaPublicaciones*, 3(3.1), 98-115. <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.77>
- Infraestructura Urbana- Carlos Acosta. (s.f.). Obras de captación y Estaciones de bombeo. Obtenido de <https://estanquesycaptacioncacosta.blogspot.com/p/obras-de-captacion-y.html>
- López Herrera, J. M., & Vargas Soria, L. E. (2021). “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE DOS HORNOS A TRAVÉS DE UNA RED ETHERNET”. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8106>
- Lucino, C., Liscia, S., & Galíndez, J. (2021). Bombas, estaciones de bombeo y acueductos. Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/153629/Documento_completo.pdf
- Machado Vallejo, L. G. (2020). Selección y Aplicaciones Industriales de Bombas. 1309-1320.
- Maldonado Samaniego, A. P. (2022). “DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ALIMENTACIÓN Y CONTROL DE BOMBAS PARA AGUA POTABLE EN LA CABECERA PARROQUIAL DE LIMONAL”. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23972/1/UPS-GT004130.pdf>
- Medina Carrasco, E. S., & Coral Ygnacio, M. A. (2022). Una revisión de procesos de implementación para sistemas de riego automatizado. <https://recibe.cucei.udg.mx/index.php/ReCIBE/article/view/216/182>

- Mejia , & Alvarez. (2017). Tia portal. aplicaciones de plc. Instituto Tecnológico Metropolitano. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=a0UzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=De+acuerdo+con+Mej%C3%ADa+y+Alvarez+\(2020\),+el+TIA+Portal+\(Totally+Integrated+Automation+Portal\)+&ots=BAxs2PRkfK&sig=lAOCgMUEVkJWaHxidM6DtCqeT7Hc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=a0UzDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=De+acuerdo+con+Mej%C3%ADa+y+Alvarez+(2020),+el+TIA+Portal+(Totally+Integrated+Automation+Portal)+&ots=BAxs2PRkfK&sig=lAOCgMUEVkJWaHxidM6DtCqeT7Hc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica Ecuador. (2022). PLAN NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE 2021-2026. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/PLAN-NACIONAL-DE-RIEGO-Y-DRENAJE-2021-2026-PARA-PUBLICAR.pdf>
- Montesinos Pérez, F. E., & Waswaldo Quispe, J. A. (2022). Diseño de una estación de bombeo automatizada para mejorar la disponibilidad de agua del Distrito de Caracoto — Puno. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/100776/Montesinos_PFE-Waswaldo_QJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Narváez Villota, A. I. (2021). SMART GRIDS: Una estrategia de conectividad para sus aplicaciones basada en la tecnología Ethernet. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79759/1053838217.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Néstor Agudelo, Giovanni Tano, & Carlos Andrés Vargas. (2020). Historia de la automatización. <https://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Historia%20de%20la%20Automatizacion.pdf>

- NETJET. (2023). Funcionamiento de una estación de bombeo. Obtenido de <https://www.netjet.es/articulo/caracteristicas-y-funcionamiento-de-una-estacion-de-bombeo/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). Sistema mundial de información sobre el agua en la agricultura. AQUASTAT. Obtenido de <https://www.fao.org/aquastat/es/>
- Power , & Motion . (2021). Principios ingenieriles básicos: Bombas hidráulicas. Obtenido de <https://www.powermotiontech.com/hp-en-espanol/article/21886594/principios-ingenieriles-basicos-bombas-hidraulicas>
- Rockwell Automation. (2021). What is an HMI? Obtenido de <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/blogs/what-is-an-hmi.html>
- Serrano Castillo, B., Herrera Morales, G., & Jiménez Gutiérrez, M. (2024). Tratamiento de aguas para uso agropecuario. Caso: Proyecto Agrosilvopastoril, Orellana, Ecuador. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar, 4-22. Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/agrecam/v6n10/2665-0290-agrecam-6-10-4.pdf>
- Siemens . (2023). TIA Portal highlights. Siemens Global. Obtenido de <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>
- Siemens. (2008). Logo Manual del Producto. SIEMENS. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/041/109741041/att_924629/v1/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- Siemens. (2022). LOGO! 8 Manual técnico: Automatización sencilla para pequeños proyectos. Obtenido de

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/logic-module/logo.html>

Siemens. (2022). SIMATIC HMI Overview. Obtenido de <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/human-machine-interface.html>

Singhal, A., Kohli, R., Dhamija, C., & Singh, N. (2018). RAIS - Remotely Accessible Irrigation System. 2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), 640-644. <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663181>

SolisPLC. (2023). A practical guide to Siemens TIA Portal programming. Obtenido de <https://www.solisplc.com/tutorials/a-practical-guide-to-siemens-tia-portal-programming>

Suárez Rodríguez, V. K. (2021). "ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORA DEL SISTEMA DE CAPTACION Y BOMBEO DE AGUA CRUDA A LA PLANTA DE AGUA POTABLE, AGUAPEN. EP UBICADA EN ATAHUALPA PROVINCIA DE SANTA ELENA". <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5971/1/UPSE-TIC-2021-0013.pdf>

Suárez Vargas, A. J. (2020). Diseño de estaciones modelo de telemetría como guía para su implementación en el sistema SCADA del AyA. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/195/su%c3%a1rez_vargas_alberto_jose.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Suministros Sanitarios. (2024). Estaciones de bombeo: ¿Qué son y para qué se utilizan? Obtenido de <https://www.suministrosanitarios.com/estaciones-de-bombeo-que-son-y-para-que-se-utilizan/>

- UNESCO. (2024). Datos y cifras sobre el estado de los recursos de agua dulce del mundo del Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Aguas 2024 de las Naciones Unidas: Agua para la prosperidad y la paz. Informe de la naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hibricos en el mundo. Obtenido de https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/2024/s?utm_source
- Vega, J. (2022). DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN VÍA REMOTA DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE PAPRIKA. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a962b502-3525-448d-8f20-9a3b268f82d9/content>
- Zambrano, X., Freire, L., Corrales, B., & Castillo, J. (2024). Sistema de bombeo de agua para riego mediante la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0. Maestro y Sociedad, 125-137. Obtenido de <https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/6424/7155>
- Zapata Sierra, A. J. (2020). Manual Práctico de sistemas de riego localizado. Ediciones Mundi-Prensa. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-8znDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=sistema+de+riego+que+es+&ots=8yFgvBOF_U&sig=VAIYHI3KzuicLAM4mljv4NA-GiA#v=onepage&q=sistema%20de%20riego%20que%20es&f=false

