

PLAN DE PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua para la Empresa FORTIDEX S.A. Especializada en la Producción de Harina de Pescado y Camarón

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en Electrónica

Autor: RODRÍGUEZ FIGUEROA JOSÉ FERNANDO

Tutor: ING. CÉSAR ANDRÉS MINAYA

**MARZO, 2025
SANGOLQUI – ECUADOR**

Autor: José Fernando Rodríguez Figueroa	Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electrónica Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: josefernando.rodriguez@ister.edu.ec
	Dirigido por: César Andrés Minaya Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: cesar.minaya@ister.edu.ec
	

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui

SANGOLQUÍ – ECUADOR

RODRÍGUEZ FIGUEROA JOSÉ FERNANDO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PRESIÓN CONSTANTE DE AGUA PARA LA EMPRESA FORTIDEX S.A. ESPECIALIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE PESCADO Y CAMARÓN.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por **Rodríguez Figueroa José Fernando** con CC: **0923652879** para optar por el Título de Tecnólogo Superior en Electrónica; cuyo título es: **Tecnólogo Superior en Electrónica**, se considera que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que fuere designado.

Sangolquí, a los 17 días del mes de marzo de 2025



César Andrés Minaya Andino

DOCENTE-TUTOR

C.I. 0604887919



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 18 de marzo del 2025

Ing. Ricardo Rosero
DIRECTORA DE DOCENCIA

Ing. Cesar Minaya
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, **José Fernando Rodríguez Figueroa**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua para la Empresa FORTIDEX S.A. Especializada en la Producción de Harina de Pescado y Camarón**, de la Tecnología Superior en Electrónica; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,

José Fernando Rodríguez Figueroa
C.I.: 0923652879

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
f i t i d www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA: TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRÓNICA

AUTOR:

JOSÉ FERNANDO RODRÍGUEZ FIGUEROA

TUTOR:

ING. CÉSAR ANDRES MINAYA

CONTACTO ESTUDIANTE:

0997070815

CORREO ELECTRÓNICO:

jfrodriquez-86@hotmail.es

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PRESIÓN CONSTANTE DE AGUA PARA LA EMPRESA FORTIDEX S.A. ESPECIALIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE PESCADO Y CAMARÓN.

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema automatizado de presión constante de agua para FORTIDEX S.A., empresa dedicada a la producción de harina de pescado y camarón. La estabilidad en la presión del agua es fundamental para garantizar la eficiencia en los procesos industriales, evitando fluctuaciones que puedan generar desperdicio de recursos o afectar la calidad del producto final. Actualmente, la empresa enfrenta problemas derivados de variaciones en la presión del agua, lo que ocasiona fallas operativas y un alto consumo energético. Para solucionar esta situación, se propone la instalación de un sistema automatizado basado en sensores de presión, variadores de frecuencia y un controlador lógico programable (PLC), que regulará de manera eficiente el funcionamiento de las bombas, asegurando un suministro de agua estable y optimizado.

Los beneficios de este proyecto incluyen una reducción del consumo energético, disminución del desgaste de los equipos, optimización del uso del agua y mejoras en la eficiencia operativa. Además, contribuirá a la sostenibilidad de los procesos industriales al minimizar el desperdicio de recursos y mejorar la confiabilidad del sistema de abastecimiento

PALABRAS CLAVE:

Automatizado, proyecto, bombas de agua, eficiencia.

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

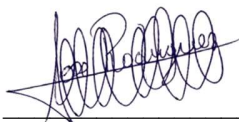
    www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

ABSTRACT:

The objective of this project is the design and implementation of an automated constant water pressure system for FORTIDEX S.A., a company dedicated to the production of fish and shrimp meal. Stability in water pressure is essential to guarantee efficiency in industrial processes, avoiding fluctuations that could generate waste of resources or affect the quality of the final product. Currently, the company faces problems derived from variations in water pressure, which causes operational failures and high energy consumption. To solve this situation, the installation of an automated system based on pressure sensors, frequency converters and a programmable logic controller (PLC) is proposed, which will efficiently regulate the operation of the pumps, ensuring a stable and optimized water supply. The benefits of this project include a reduction in energy consumption, reduced equipment wear, optimization of water use and improvements in operational efficiency. In addition, it will contribute to the sustainability of industrial processes by minimizing resource waste and improving the reliability of the supply system.

KEYWORDS:

Automated, project, water pumps, efficiency.



Firma del Estudiante

José Fernando Rodríguez Figueroa

C.I.: 0923652879



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 18 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo, JOSÉ FERNANDO RODRÍGUEZ FIGUEROA, con C.I.: 0923652879 alumno de la Carrera TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRONICA, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante

José Fernando Rodríguez Figueroa

C.I.: 0923652879

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

f i t y t i c www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

DEDICATORIA

Con gran respeto y admiración, dedico este trabajo a aquellas personas que, con su ejemplo y apoyo incondicional, han sido fuente de inspiración en mi vida. A mi familia, por ser mi pilar y brindarme siempre su confianza y motivación en cada paso de este camino. A mis amigos y seres queridos, por sus palabras de aliento y por recordarme que todo esfuerzo tiene su recompensa.

También dedico este logro a quienes, con su conocimiento y sabiduría, me guiaron en este proceso, fomentando en mí el deseo constante de aprender y mejorar. Que este esfuerzo sea un reflejo del compromiso y la dedicación con los que afronto cada desafío.

José Fernando Rodríguez Figueroa.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo. En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia para enfrentar cada reto con determinación.

A mi familia, por su apoyo incondicional, su paciencia y por creer en mí en cada etapa de este proceso. A mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento y por su valiosa orientación, que ha sido clave en mi formación. A mis compañeros y amigos, por su colaboración, ideas y por hacer de este recorrido una experiencia enriquecedora.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a que este proyecto se haga realidad. Su apoyo ha sido un motor fundamental para alcanzar esta meta.

José Fernando Rodríguez Figueroa.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema automatizado de presión constante de agua para FORTIDEX S.A., empresa dedicada a la producción de harina de pescado y camarón. La estabilidad en la presión del agua es fundamental para garantizar la eficiencia en los procesos industriales, evitando fluctuaciones que puedan generar desperdicio de recursos o afectar la calidad del producto final. Actualmente, la empresa enfrenta problemas derivados de variaciones en la presión del agua, lo que ocasiona fallas operativas y un alto consumo energético. Para solucionar esta situación, se propone la instalación de un sistema automatizado basado en sensores de presión, variadores de frecuencia y un controlador lógico programable (PLC), que regulará de manera eficiente el funcionamiento de las bombas, asegurando un suministro de agua estable y optimizado. Los beneficios de este proyecto incluyen una reducción del consumo energético, disminución del desgaste de los equipos, optimización del uso del agua y mejoras en la eficiencia operativa. Además, contribuirá a la sostenibilidad de los procesos industriales al minimizar el desperdicio de recursos y mejorar la confiabilidad del sistema de abastecimiento.

PALABRAS CLAVE

Automatizado, proyecto, bombas de agua, eficiencia.



Ing. Cesar Andrés Minaya
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ABSTRACT

The objective of this project is the design and implementation of an automated constant water pressure system for FORTIDEX S.A., a company dedicated to the production of fish and shrimp meal. Stability in water pressure is essential to guarantee efficiency in industrial processes, avoiding fluctuations that could generate waste of resources or affect the quality of the final product. Currently, the company faces problems derived from variations in water pressure, which causes operational failures and high energy consumption. To solve this situation, the installation of an automated system based on pressure sensors, frequency converters and a programmable logic controller (PLC) is proposed, which will efficiently regulate the operation of the pumps, ensuring a stable and optimized water supply. The benefits of this project include a reduction in energy consumption, reduced equipment wear, optimization of water use and improvements in operational efficiency. In addition, it will contribute to the sustainability of industrial processes by minimizing resource waste and improving the reliability of the supply system.

KEYWORDS

Automated, project, water pumps, efficiency.

ÍNDICE GENERAL

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTO	x
RESUMEN EJECUTIVO	xi
PALABRAS CLAVE	xi
ABSTRACT	xii
KEYWORDS	xii
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xvii
Lista de Anexos.....	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
1. CAPITULO I	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Preguntas Directrices.....	3
1.3 Objetivo General	3
1.4 Objetivos Específicos	3
1.5 Justificación.....	3
1.6 Alcance.....	4
2. CAPÍTULO II	5
2.1 Casos de estudio	5
2.1.1. Sistemas automatizados	6
2.1.2. Sistemas de presión de agua	6
2.1.3. Sensores de Presión y su Función en la Automatización	6
2.1.4. Transductor de presión.....	7
2.1.5. Sensor de nivel.....	7
2.1.6. PLC (Controlador Lógico Programable).....	8
2.1.7. HMI (Interfaz Humano Maquina).....	9
2.1.8. Variador de Frecuencia	10

2.1.9.	Módulo de comunicación Profinet	10
2.1.10.	Switch Industrial Profinet	11
2.1.11.	Bombas Centrifugas.....	12
3.	CAPÍTULO III: Diseño metodológico	13
3.1	Tipo y diseño de investigación.....	13
3.1.1.	Tipos de Investigación.....	13
3.1.2.	Métodos teóricos de investigación.....	14
3.1.3.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	14
3.1.4.	Tratamiento de la información	15
4.	CAPÍTULO IV.....	16
4.1.	Diseño de la propuesta	16
4.1.1.	Estudios de requerimientos.....	16
4.1.2.	Diseño de módulo eléctrico	25
4.1.3.	Diseño de planos eléctricos	26
4.2.	Implementación.....	27
4.2.1.	Montaje de componentes en modulo.	27
4.2.2.	Cableado de fuerza y control en módulo.....	29
4.2.3.	Soporte y acometidas eléctricas	30
4.2.4.	Conexión de motores y sensores.....	32
4.2.5.	Programación de elementos para la automatización.....	33
4.2.6.	Manual de usuario	41
4.3.	Pruebas.....	42
4.4.	Resultados	44
4.4.1.	Capacitación a los operarios	44
4.4.2.	Encuesta.....	45
5.	CAPÍTULO V	47
5.1	Conclusiones	47
5.2	Recomendaciones.....	48

Bibliografia	49
--------------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1. Comparativa del sistema tradicional vs sistema con transductor variador ...	23
Tabla 2. Listado de equipos eléctricos y electrónicos.....	24
Tabla 3. Comparativa entre metros y mA	42
Tabla 4. Comparativa entre psi y mA	43
Tabla 5. Pruebas en automático	43
Tabla 6. Resultados de la encuesta después de la capacitación y entrega del proyecto.	46

Índice de Figuras

Figura 1. Transductor de presión	7
Figura 2. Sensor de Nivel	8
Figura 3. PLC Siemens S7 1200.....	9
Figura 4. Interfaz HMI.....	9
Figura 5. Variador de Frecuencia G120.....	10
Figura 6. Unidad de Control CU240.....	11
Figura 7. SCALANCE XC208G	12
Figura 8. Bomba Centrífuga	12
Figura 9. Manómetro	16
Figura 10. Sistema actual de bombeo de agua.....	17
Figura 11. Sistema de bombas de agua anterior	17
Figura 12. Modelo de la bomba de agua.....	18
Figura 13. Curva de rendimiento de bomba de agua	18
Figura 14 Tubería de succión de la bomba con relación al manifold	19
Figura 15 descarga y válvulas.....	20
Figura 16. Relación de diámetro tubería-caudal.....	20
Figura 17. Sistema de presión en FORTIDEX	21
Figura 18. Análisis de pérdida de tubería en 100 m	21
Figura 19. Análisis de pérdida de tubería en 200 m	21
Figura 20. Mediciones en descarga.....	22
Figura 21. Curva de rendimiento H/m vs gpm	23
Figura 22. Auto CAD Electrical 2024	26
Figura 23. Planos Eléctricos	27
Figura 24. Calado y perforaciones.....	28
Figura 25. Instalación de componentes en puerta.....	28
Figura 26. Instalación de canaletas plásticas y rieles DIN	29
Figura 27. Instalación de componentes en lámina de montaje	29
Figura 28. Cableado de fuerza	30
Figura 29. Cableado de control.....	30
Figura 30. Montaje de soportes.....	31
Figura 31. Acometidas eléctricas.....	31
Figura 32. Placa del motor.....	32

Figura 33. Conexión de sensores	32
Figura 34. TIA PORTA V17 de SIEMENS	33
Figura 35. Creación de Proyecto y Generar IP	34
Figura 36. Configuración variadores de frecuencia.....	34
Figura 37. Diagrama de Flujo Programación PLC	35
Figura 38. Bloques de programas y variables.....	36
Figura 39. Bloque organizacional Main [OB1]	37
Figura 40. Bloque CONTROL_AUTO [FC1].....	37
Figura 41. Bloque VDF_CONTROL [FB1].....	38
Figura 42. Bloque BOMBA SUMERGIBLE [FC2].....	38
Figura 43. Diseño de pantallas.....	40
Figura 44. Manual de Usuario	41
Figura 45. Capacitación	44
Figura 46. Formato de encuesta.....	45

Lista de Anexos

Anexo 1. Lista de elementos eléctricos electrónicos	52
Anexo 2. Caratula	54
Anexo 3. Información	55
Anexo 4. Vistas frontales exterior e interior.....	56
Anexo 5. Distancia entre elementos.	57
Anexo 6. Breaker principal, Fuerza Bomba # 1.	58
Anexo 7. Fuerza Bomba # 2.	59
Anexo 8. Fuerza Bomba # 3	60
Anexo 9. Transformador 440-220vac, breaker de control y fuente.....	61
Anexo 10. Lampara tablero, Sirena y luz Giratoria.....	62
Anexo 11. Alimentación 24vdc HMI, switch, PLC, Módulo.....	63
Anexo 12. Entradas digitales	64
Anexo 13. Salidas digitales.....	65
Anexo 14. Entradas Analógica	66
Anexo 15. Direcciones IP	67
Anexo 16. Pantalla Principal	68
Anexo 17. Pantalla Mandos Manuales	69
Anexo 18. Pantalla configuración.....	70
Anexo 19. Pantalla Alarmas	71
Anexo 20. Manual de Usuario	72
Anexo 21. Encuesta 1	78
Anexo 22. Encuesta 2	79
Anexo 23. Encuesta 3	80

INTRODUCCIÓN

El priorizar procesos industriales se ha convertido en una estrategia para las empresas que persiguen maximizar la eficiencia operativa, minimizando costos sin perder garantía de calidad de los productos. En este contexto, el incorporar sistemas automatizados se ha convertido en una solución efectiva, en especial en industrias que necesitan un suministro permanente y confiable de recursos esenciales como el agua.

FORTIDEX S.A. es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción de harina de pescado y camarón, sin embargo, enfrenta desafíos importantes relacionados con la gestión del suministro de agua, como resultado del crecimiento continuo de sus operaciones productiva, lo que ha motivado la propuesta de diseñar e implementar un sistema automatizado de presión constante de agua. Un sistema técnico que tiene como objetivo fundamental garantizar la disponibilidad de agua en condiciones de presión óptimas, al mismo tiempo promueve la eficiencia energética y mejora la operatividad de la planta.

El proyecto contempla la integración de herramientas como controles lógicos programables (PLC), variadores de frecuencia, sensores de nivel y presión, interfaces humano-máquina (HMI) y módulos de comunicación PROFINET. Herramientas que permiten el control y monitoreo eficiente del sistema, lo que genera mejoras importantes en términos de ahorro de energía y optimización de recursos, en especial el uso de bombas centrífugas, que se convierten en elementos fundamentales por su capacidad para garantizar un funcionamiento confiable en procesos industriales que requieren la movilización de grandes volúmenes de agua.

Para el desarrollo de este proyecto de integración curricular se va a emplear el método científico como eje principal, considerando un enfoque experimental que facilite la modificación y control de variables claves en el sistema, como velocidad de las bombas y nivel de presión, para buscar optimizar los recursos energéticos. Siendo en este caso una investigación de carácter explicativo, que se enfoca en analizar y comprender las relaciones causales entre las variables analizadas, evaluando su función en condiciones controladas y el impacto en la eficiencia del sistema.

De esta manera, la presente investigación no solo se enfoca en los desafíos concretos de FORTIDEX S.A., sino que se enfoca en la importancia de la automatización en la transformación de procesos industriales, lo que promueve un enfoque que combina la eficiencia, sostenibilidad y modernización tecnológica.

CAPITULO I

1.1 Planteamiento del problema

En la búsqueda constante de mejorar los procesos y adaptarse a las necesidades de las industrias, los sistemas de presión constante se han destacado como una solución eficiente y confiable para el suministro de agua en diversos tipos de edificaciones, ya sean residenciales, comerciales o industriales. Estos sistemas están diseñados para mantener una presión de agua estable, evitando las fluctuaciones que suelen ocurrir según la demanda de los usuarios de las principales ventajas de estos sistemas es que eliminan las pérdidas de presión, lo que garantiza un suministro de agua continuo y sin interrupciones, lo que resulta especialmente importante en instalaciones donde la presión varía de acuerdo con el consumo.

Gracias a su capacidad para ajustar automáticamente la presión en función de la demanda, estos sistemas no solo proporcionan comodidad y confiabilidad a los usuarios, sino que también permiten una reducción significativa de costos energéticos, ya que operan de manera más eficiente y el desperdicio de energía.

Actualmente el sistema que suministra agua desde el tanque principal de almacenamiento hacia la planta y sus diferentes áreas está conformado de una sola bomba de agua, comandada por un presostato y arranque directo generando varios problemas en el suministro de agua a esto se suma el crecimiento de la demanda de agua ocasionada por la ampliación de la planta en sus diferentes procesos. En innumerables ocasiones la productividad se ha visto perjudicada por las deficiencia y mal funcionamiento de estos equipos ocasionando paradas inesperadas que afectan a la eficiencia de la producción generando pérdidas económicas. Debido a la deficiencia con el sistema hídrico de la fábrica se cita a gerencia a una reunión planteando por parte del departamento de mantenimiento eléctrico-electrónico, un sistema de presión constante para el suministro de agua en la cual se mencionan los beneficios que genera dicho proyecto.

Bajo la aprobación de gerencia y en conjunto con el departamento de mantenimiento mecánico se procede a levantar información detallada del sistema actual para determinar lista de materiales que se necesita para dicho proyecto, en la cual se decide implementar 3 bombas de agua, 3 variadores de frecuencia con comunicación profinet, 1 plc S7-1200, pantalla hmi, sensor de presión y nivel, con la finalidad de que las bombas trabajen de forma alternada lo cual permitirá monitorear los equipos en tiempo real y posterior almacenar datos de amperajes, niveles, presiones, frecuencias, para determinar eficiencias de las bombas.

1.2 Preguntas Directrices

- ¿Cuáles son las condiciones actuales del suministro de agua en términos de presión y caudal?
- ¿Qué factores afectan la variabilidad del suministro de agua en el sistema?
- ¿Qué sensores son necesarios para monitorear y controlar el sistema de bombeo?
- ¿Cuáles son los criterios para seleccionar los componentes eléctricos adecuados en función de la potencia, voltaje y presiones requeridas?
- ¿Cómo puede una lógica de control PID optimizar la regulación de los variadores de frecuencia en función de la demanda de agua?
- ¿Qué parámetros deben ajustarse en el control PID para mejorar la estabilidad y eficiencia del sistema?

1.3 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de presión constante de agua utilizando elementos, sensores, plc S7-1200, hmi, variadores de frecuencia, motores, para garantizar y mejorar el sistema actual que suministra agua a las diferentes áreas de la fábrica.

1.4 Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades del suministro actual de agua para determinar los requisitos de presión y caudal necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos.
- Seleccionar y definir los componentes eléctricos del sistema de bombeo, incluyendo sensores, potencia, voltaje y presiones requeridas para el proyecto.
- Diseñar e implementar una lógica de control PID que regule la velocidad de los variadores de frecuencia en función de la demanda de agua.

1.5 Justificación

La implementación de un sistema de presión constante en la industria permite una mayor confiabilidad ya que está comprobado que garantiza una operación sin interrupciones, reduce costos energéticos, contribuye a la calidad del producto final. Al evaluar y determinar la deficiencia del suministro de agua en la empresa FORTIDEX S.A. es de vital importancia presentar como **departamento de mantenimiento eléctrico-electrónico** y estudiante de la carrera **Tecnología Superior en Electrónica del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui**, una solución técnica y estratégica hacia la problemática del suministro de agua.

Al hacer partícipe al personal técnico de FORTIDEX S.A. En este proyecto, es una estrategia acertada ya que se utiliza las capacidades técnicas del departamento Eléctrico-Electrónico, también se ve beneficiado el personal técnico fortaleciendo su perfil profesional al adquirir experiencia en este tipo de proyectos ya que se lo realizara desde el diseño e implementación hasta las pruebas y puesta en marcha de los equipos, respetando normativas y estándares técnicos. Teniendo como proyección contar con personal capacitado para futuros proyectos, contribuyendo en el crecimiento organizacional de la empresa.

En empresas como FORTIDEX S.A. donde se dedican al procesamiento de productos y requieren condiciones de presión óptimas es importante realizar este proyecto para así garantizar la calidad y eficiencia de sus operaciones.

1.6 Alcance

Se desarrollará un sistema de presión constante de agua que incluirá la selección e integración de elementos eléctricos, como variadores de frecuencia, sensores de presión y nivel, bombas, PLC y HMI. Se llevará a cabo la programación del PLC Siemens S7-1200 en el software TIA Portal, así como la configuración de los variadores de frecuencia y la creación de interfaces entre el PLC y el HMI. Además, se realizará el montaje de sensores de presión y nivel, la instalación de canalización y soportes para acometidas de fuerza y control, y el armado del tablero de fuerza y control de acuerdo con el diseño establecido. Finalmente, se validará el funcionamiento del sistema para garantizar su correcto desempeño según lo planificado.

La implementación de este sistema permitirá: mantener una presión de suministro de agua constante, evitar variaciones que puedan afectar la producción, prolongar la vida útil de los equipos eléctricos y electrónicos, y aumentar la productividad gracias a la automatización y confiabilidad del sistema. Además, se contará con un plan de mantenimiento preventivo, se optimizará el consumo eléctrico mediante el uso de variadores de frecuencia, y se facilitará el monitoreo en tiempo real del funcionamiento de los equipos. También se incorporarán alarmas e historiales del sistema para identificar y prevenir fallas, junto con la reducción del desperdicio de agua.

CAPÍTULO II

2.1 Casos de estudio

Los autores (Silva Conde, León Muñoz, & Flores Bonilla, 2023) mencionan sobre la implementación de un sistema automatizado de presión constante en procesos industriales de bombeo de agua para optimizar el consumo energético: Este estudio se centra en el diseño y construcción de un módulo demostrativo que permite realizar prácticas de simulación en procesos industriales de bombeo de agua y automatización. El objetivo es optimizar el consumo energético mediante la implementación de un sistema automatizado de presión constante.

Por otra parte, los autores (Cortijo Leyva & Lumiquinga Sanguano, 2019). Mencionan sobre el control automático para bombeo de agua con variadores de velocidad para obtener presión constante: Este trabajo de titulación aborda el diseño de un sistema de control automático que utiliza variadores de velocidad para mantener una presión constante en el suministro de agua. Se destaca la importancia de los variadores de velocidad en la regulación eficiente de la presión y el ahorro energético en sistemas de bombeo.

Para el autor (León Guerrero, 2015). Menciona que los sistemas de automatización de una estación de bombeo de agua potable: Este informe técnico presenta el diseño de un sistema de automatización para dos estaciones de bombeo de agua potable. El sistema está diseñado para mantener una presión constante en la red de distribución, garantizando un servicio continuo y eficiente a los usuarios.

Los autores (Díaz, Trujillo, & Román Gonzalez, 2019). Hacen referencia a que el diseño de un sistema de control para obtener presión constante de agua: Este estudio se enfoca en el diseño de un sistema de control automático que permite mantener una presión constante en la red de distribución de agua de una institución educativa. Se analizan los requerimientos del sistema y se dimensionan los materiales necesarios para su implementación.

Para el autor (Vargas Montero, 2019). Hace referencia sobre el diseño e implementación de un sistema hidráulico de presión constante: Este informe describe el proceso de diseño e implementación de un sistema de control automático para mantener una presión constante en la red de distribución de agua de un hotel. Se utiliza un controlador

lógico programable y un controlador PD para regular la velocidad de las bombas y lograr la presión establecida.

2.1.1. Sistemas automatizados

Los sistemas automatizados son aquellos procesos de trabajo que se pueden realizar de forma automática y sin la intervención humana. Dichos sistemas están compuestos por maquinas, sensores y sistemas de control que pueden ejecutar tareas repetitivas, ayudando en la eficiencia y eficacia de los procesos (Arellano Jiménez & Mocha Astudillo, 2023).

Los sistemas automatizados pueden ser considerados una opción muy viable dentro del campo industrial debido a que ayuda a optimizar los procesos ya sean de fabricación o producción masiva. Generalmente están compuestos por componentes ya sean; electromecánicos, electroneumáticos, electrohidráulicos teniendo mucha versatilidad al momento de ser aplicados (Saldaña Calderon, 2023).

2.1.2. Sistemas de presión de agua

Un sistema de presión constante de agua es una tecnología diseñada para mantener la presión del agua estable dentro de una red de distribución, sin importar los cambios en la demanda. Su funcionamiento se basa en la regulación de bombas a través de variadores de velocidad y sensores de presión, permitiendo que el flujo de agua sea uniforme y eficiente. Estos sistemas son esenciales en edificaciones comerciales, industrias y sistemas de abastecimiento urbano, donde las variaciones en el consumo pueden generar problemas en la red hidráulica. La estabilidad de la presión no solo mejora el rendimiento de los equipos conectados, sino que también evita daños en tuberías y accesorios debido a cambios bruscos de presión (Gurovich, 1985).

Los sistemas de presión de agua no es más que el uso de bombas ya sea una o más dependiendo de la demanda necesitada para cumplir con la presión requerida. Existen varios métodos para conseguir una presión contante, se debe tener en consideración que la presión en los sistemas es diferente al caudal (Medina Pico, 2022).

2.1.3. Sensores de Presión y su Función en la Automatización

Los sensores de presión son dispositivos fundamentales en los sistemas de presión constante, ya que permiten medir la presión del agua y enviar señales al controlador del

sistema. Existen distintos tipos de sensores, como los piezorresistivos, capacitivos e inductivos, que varían en su precisión y aplicación. Su integración en los sistemas automatizados permite monitorear en tiempo real el comportamiento de la red hidráulica y ajustar la velocidad de las bombas según sea necesario. Gracias a estos sensores, se pueden evitar sobrepresiones y fluctuaciones que podrían dañar la infraestructura del sistema (Canales & Martínez, 2010).

2.1.4. Transductor de presión

El transductor de presión se encarga de poder convertir la presión en una señal eléctrica. La señal eléctrica puede ser; digital o analógica, dicha señal es utilizada por otro tipo de dispositivos tales como; controladores, alarmas y otros sistemas de circuitos cerrados. Los transductores de presión tienen un campo de aplicación muy extenso siendo una parte en áreas residenciales y comerciales como HVAC, bombas, vehículos, aeronaves, entre otros. Donde, se requiera la medición de presión. También se puede conocer como sensores de presión o transmisores de presión. Dichos dispositivos son cruciales debido a su exactitud al momento de realizar mediciones que son necesarias para controlar y garantizar la eficiencia de los sistemas en tiempo real (Zapata Clavijo, 2022).

Figura 1

Transductor de presión



Nota. La figura representa a un transductor de presión. Tomado de (Kolstad, 2025)

2.1.5. Sensor de nivel

El sensor de nivel o también conocido como interruptores de nivel o sensores de boya, son aquellos dispositivos que funcionan mediante un Contactor o también conocido como red switch y flotador magnético. El movimiento del flotador ocasiona la apertura y cierre del contactor eléctrico. Los sensores pueden tener mucha versatilidad al momento de

ser instalados en sistemas automatizados y también son accesibles en temas de costos (Vargas Ortega, 2022).

La función principal de los sensores de nivel es poder determinar el nivel de líquidos que se encuentra en un tanque o deposito desde el punto donde se instalan. Al emitir una señal de ON/OFF generada por el llenado o vaciado de un recipiente. Las ventajas de utilizar los sensores de nivel es que no se ven afectadas mayormente por vibraciones de equipos u ondulaciones lo que, garantiza mayor fiabilidad con otro tipo de sensores de nivel (Luque Huaman, 2023).

Los sensores de nivel son capaces de conmutar cargas de hasta 20W. dicha carga es suficiente para poder activar algún tipo de lámpara indicadora u otros dispositivos de alarma. Cuentan con la versatilidad de poder ajustarse a sistemas de control programados con Arduino, microcontroladores, variadores de frecuencia, relés, PLC, contactores, entre otros. Debido a su baja potencia no son capaces de accionar directamente bombas que en sus especificaciones requieran mayor corriente y potencia (Vargas Ortega, 2022).

Figura 2

Sensor de Nivel



Nota. La figura representa a un sensor de nivel. Tomado de (Luque Huaman, 2023).

2.1.6. PLC (Controlador Lógico Programable)

El PLC o controlador lógico programable no es más que una computadora industrial que, tiene como objetivo poder automatizar procesos dentro de una línea de producción. Por lo que, el PLC está a cargo del control de los sistemas de las maquinas (Araníbar Huancapaza, González Peña, & Nuñez Pereyra, 2022).

Los PLC tienen un amplio campo de acción ya sean para diferentes tipos de industrias tales como; fabricación, control de líneas, monitorear sistemas complejos y mejora de la eficiencia operativa. Los sistemas que utilizan PLC pueden permitir ejecutar tareas múltiples de manera automática dejando atrás las tareas manuales, teniendo mayor precisión, rapidez y constancia en la producción (Palma Vergara, 2022).

Los PLC son considerados herramientas inteligentes. Por ende, tiene la capacidad de poder ejecutar de manera electromecánica procesos basados en las necesidades del control y programación por parte de la empresa. Los PLC tienen mucha versatilidad dentro del campo industrial (Araníbar Huancapaza, González Peña, & Nuñez Pereyra, 2022).

Figura 3

PLC Siemens S7 1200



Nota. La figura representa a un PLC de marca Siemens. Tomado de (ingenieria, 2024)

2.1.7. HMI (Interfaz Humano Maquina)

HMI o también conocida como Interfaz hombre-máquina, es considerado el interfaz en el proceso donde se ve involucrado el operador, siendo la principal herramienta utilizada por operadores y supervisores de líneas para poder coordinar y controlar los procesos industriales o de fabricación. El HMI puede traducir las variables complejas dentro de los procesos y brindar información útil y procesable (Becolve, 2024).

El HMI ayuda con mostrar la información operativa en tiempo real y proporciona gráficos de procesos visuales que ayudan a interpretar el significado y contexto del estado de algún equipo, motor, válvula o niveles de depósitos con sus respectivos parámetros del proceso (Izquierdo Sánchez & Valarezo Sánchez, 2024).

Figura 4

Interfaz HMI



Nota. La figura representa a un interfaz HMI de pantalla táctil de marca Siemens. Tomado de (indiamart, 2016)

2.1.8. Variador de Frecuencia

Los variadores de frecuencia pueden desarrollarse inicialmente para controlar los procesos, pero con respecto al tiempo y generar un ahorro en energía. El dispositivo electrónico puede permitir gestionar y ajustar la velocidad de los motores eléctricos y regular la frecuencia. Se puede controlar la velocidad de los motores y su velocidad de operación (Erazo, 2012).

Las máquinas eléctricas pueden trabajar a velocidades constantes o variables, dependiendo del tipo de alimentación, las características del motor y los requisitos específicos del proceso. Para asegurar que el motor opere a la velocidad adecuada, se utilizan controladores de velocidad, comúnmente denominados variadores de frecuencia o variadores de velocidad (Barral Tudela, 2024).

Figura 5

Variador de Frecuencia G120



Nota. La figura representa a un variador de frecuencia de marca siemens. Tomado de (Sagant, 2024)

2.1.9. Módulo de comunicación Profinet

Es un protocolo que ayuda con la comunicación específicamente en el intercambio de datos entre dispositivos, sensores, módulos de entrada/salida y controladores PLC. Mediante un cable de Ethernet industrial puede combinar los elementos de los protocolos PROFIBUS y Ethernet doméstico, que están diseñados para entornos industriales (Valero, 2019)

Utiliza tres canales de comunicación diferentes que pueden operar simultáneamente:

- **TCP/IP estándar (NRT):** Ideal para comunicaciones generales entre dispositivos y para la transferencia de grandes volúmenes de datos (Valero, 2019).

- **Tiempo Real (Profinet RT):** Omite las capas TCP/IP del protocolo, permitiendo velocidades de transmisión elevadas, en un rango de 1 a 10 ms. Es particularmente eficiente para gestionar señales de entrada y salida (Valero, 2019).
- **Tiempo Real Isócrono (Profinet IRT):** Incorpora mecanismos adicionales que posibilitan una sincronización de alta precisión, siendo especialmente útil en aplicaciones como el control de movimientos (Valero, 2019).

Figura 6

Unidad de Control CU240



Nota. La figura representa a una unidad de control. Tomado de (S.A.C, 2022)

2.1.10. Switch Industrial Profinet

El SCALANCE XC208G es un switch industrial gestionable de capa 2, certificado bajo la norma IEC 62443-4-2. Dispone de ocho puertos RJ45 compatibles con velocidades de 10/100/1000 Mbps, un puerto de consola y diagnóstico mediante indicadores LED.

Este dispositivo admite alimentación redundante y opera en un amplio rango de temperaturas, de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Su instalación es flexible, ya que es compatible con perfiles DIN, soportes S7 y montajes en pared (SIEMENS, 2022).

Entre sus funciones avanzadas destacan la redundancia, las características de oficina como RSTP y VLAN, y la compatibilidad con PROFINET IO Device y EtherNet/IP. Además, cuenta con una ranura para C-PLUG y admite la sincronización de tiempo mediante el protocolo IEEE 1588v2 PTP.

Figura 7

SCALANCE XC208G



Nota. La figura representa a una scalance de marca siemens. Tomado de (SIEMENS, 2022).

2.1.11. Bombas Centrifugas

La bomba centrífuga, también conocida como bomba rotodinámica, es actualmente la más utilizada para el bombeo de líquidos en aplicaciones generales. Este tipo de bomba convierte la energía mecánica en energía cinética y de presión en un fluido, lo que le permite incrementar la velocidad de los líquidos para transportarlos a largas distancias (Cerna Estrella & Chito Rubio, 2023).

Las bombas centrífugas tienen la capacidad de mover entre 120 y 156 litros por minuto. Funcionan de manera eléctrica y se caracterizan por ser silenciosas, lo que minimiza las molestias a los usuarios. Además, requieren un mantenimiento mínimo y, con la incorporación de variadores de frecuencia, su eficiencia se incrementa significativamente.

Gracias a estas características, las bombas centrífugas forman parte de la categoría de bombas hidráulicas más empleadas en la industria, ya que su diseño permite movilizar grandes volúmenes de agua de manera eficiente y confiable.

Figura 8

Bomba Centrifuga



Nota. La figura representa a una bomba centrifuga. Tomado de (Fluideco, 2019).

CAPÍTULO III: Diseño metodológico

3.1 Tipo y diseño de investigación

Antes de adentrarse en el vasto mundo de la exploración, es fundamental comprender que, según (Mousalli, 2015) “cuando se alude a la investigación, es usual referirse a la metodología como ese conjunto de aspectos operativos indispensables en la realización de un estudio” (p. 59). Siguiendo un orden lógico, desde la planificación del lugar de indagación hasta el análisis de los datos obtenidos, este autor considera la metodología investigativa como un conjunto de técnicas y procedimientos que permiten recopilar y examinar información con el propósito de generar o fortalecer el conocimiento existente.

Es un proceso sistemático y metodológico que busca generar conocimiento nuevo a partir de la observación, la experimentación y el análisis de fenómenos. Este tipo de investigación sigue un enfoque riguroso y objetivo, basado en la recolección de datos verificables, la formulación de hipótesis y la prueba de estas mediante experimentos controlados, con el fin de obtener resultados que puedan ser reproducidos y validados por otros científicos (Tafur & Izaguirre, 2022).

Es el conjunto de pasos ordenados que los investigadores siguen para abordar un problema o pregunta de investigación. Este proceso incluye la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación, la recolección de datos y la interpretación de los resultados. El método científico se basa en la objetividad y la reproducibilidad, permitiendo que otros investigadores puedan verificar los hallazgos obtenidos.

3.1.1. Tipos de Investigación

El desarrollo de la metodología de investigación en el presente proyecto requirió de un estudio bibliográfico, descriptivo, exploratorio, aplicado, explicativo e interpretativo (Grajales, 2000). A continuación, se describe la aplicación de cada una de ellas:

Bibliográfico. – La información se recopila a partir de la consulta de diversas fuentes como textos electrónicos, páginas web y estudios que sean relevantes para el tema que se desarrolla ya que promueve el desarrollo de una fundamentación teórica.

Aplicado. – Se enfoca en desarrollar soluciones concretas para mejorar la eficiencia del sistema de bombeo. Puede incluir el diseño de un sistema automatizado o el uso de sensores inteligentes para optimizar el consumo energético y reducir costos operativos en la planta industrial.

Explicativo. – Analiza las causas y efectos de los problemas en el sistema de bombeo, como el desgaste prematuro de componentes o el alto consumo energético. Busca establecer relaciones entre variables para implementar estrategias de mantenimiento o mejoras en la infraestructura.

Interpretativo. – Examina la percepción y el impacto del sistema de bombeo en los operarios y responsables del mantenimiento. Analiza cómo comprenden su funcionamiento y qué dificultades enfrentan en su operación, lo que puede ayudar a mejorar la capacitación y la gestión del sistema.

Descriptivo. – Se centra en caracterizar el funcionamiento actual del sistema de bombas de agua en la planta industrial, identificando su capacidad, eficiencia y posibles fallas. Se recopilan datos sobre su desempeño sin intervenir en su operación, permitiendo un diagnóstico detallado.

Exploratorio. – Busca comprender los problemas y desafíos del sistema de bombeo mediante un análisis preliminar. Se investigan nuevas tecnologías o métodos de optimización para mejorar el rendimiento del sistema. Es útil cuando hay poca información previa sobre fallas o eficiencia.

3.1.2. Métodos teóricos de investigación

Mediante la utilización de este método se pudo realizar un análisis de manera sintetizada de la información que se recolectó en el trabajo de campo.

3.1.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Entrevista: Se realiza con operarios y técnicos de mantenimiento para recopilar información sobre el funcionamiento, fallas recurrentes y mejoras necesarias en el sistema de bombas de agua. Permite conocer experiencias directas y sugerencias de optimización.

Observación: Consiste en inspeccionar directamente el sistema de bombeo en operación, identificando anomalías, patrones de uso y eficiencia en el consumo energético. Ayuda a detectar problemas que pueden pasar desapercibidos en los reportes técnicos.

Registros: Se analizan datos históricos de mantenimiento, consumo de energía y fallas previas en las bombas. Estos registros permiten evaluar la fiabilidad del sistema y proponer estrategias para mejorar su rendimiento.

Reportes estructurados: Documentos técnicos elaborados por el personal de mantenimiento que detallan incidentes, reemplazos de piezas y ajustes realizados en las bombas. Facilitan un análisis sistemático del estado del sistema y sus necesidades de mejora.

Prueba objetiva: Se aplican cuestionarios técnicos a operarios y encargados de mantenimiento para evaluar sus conocimientos sobre el sistema de bombeo, permitiendo detectar áreas donde se requiere capacitación o ajustes en los procedimientos operativos.

Análisis de documentos: Se revisan manuales técnicos, normativas de seguridad y especificaciones del fabricante para garantizar que el sistema de bombas de agua cumpla con los estándares de eficiencia y seguridad requeridos en la planta industrial.

3.1.4. Tratamiento de la información

Los datos obtenidos a través del instrumento aplicado fueron tabulados y resumidos en planos eléctricos desarrollados en diversos programas. Posteriormente, la información se presentó de forma escrita, tabulada y graficada. Para el análisis de los resultados, se utilizaron gráficos circulares junto con otras herramientas de visualización de datos, permitiendo una interpretación clara y detallada.

CAPÍTULO IV

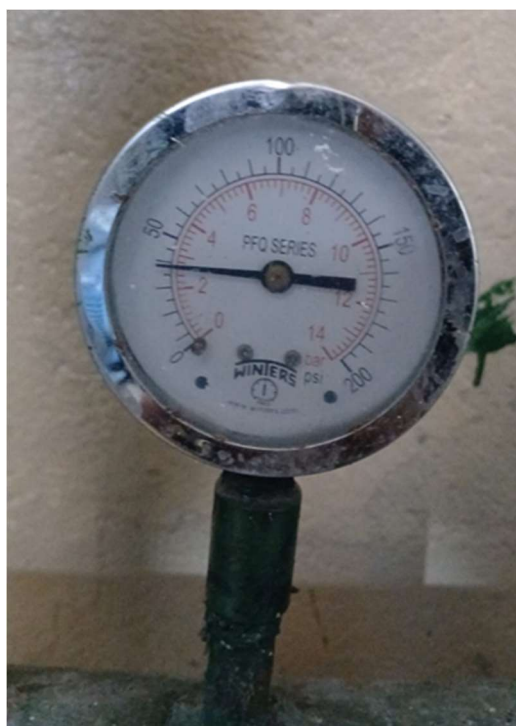
4.1. Diseño de la propuesta

4.1.1. Estudios de requerimientos

Para el estudio de requerimientos se realizará un tipo de estudio descriptivo en la cual se determina que el sistema actual de presión constante no cumple con las necesidades que requiere la empresa Fortidex S.A. cómo se puede observar la **(Figura 9)**, la presión mínima para que sus equipos funcionen correctamente es 75 psi y actualmente oscila entre 40 y 50 psi, debido al mal estado de los equipos, tuberías e instalaciones eléctricas **(Figura 10)** provocando que las áreas y equipos de la empresa no funcionen correctamente como: calderos de vapor, planta evaporadora, planta de tratamiento de aguas residuales y consumo diario de las instalaciones.

Figura 9

Manómetro



Nota: Manómetro que refleja presión actual del sistema de bombeo de agua. Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Sistema actual de bombeo de agua



Nota: sistema de bombeo de agua. Fuente: Elaboración propia

Análisis de sistema de bomba

Se realiza la revisión en la planta de Fortidex, se revisa el actual sistema de alimentación de la torre, este se encuentra funcionando con 1 bomba que tienen las siguientes características:

Figura 11

Sistema de bombas de agua anterior



Nota: sistema de bombas. Fuente: Elaboración propia

Modelo de la bomba de agua

En la Figura 12. Se presenta el modelo de la bomba de agua que se encontraba instalada en el sistema.

Figura 12

Modelo de la bomba de agua



Nota: B1- 1/2ZPL. Fuente: Elaboración propia

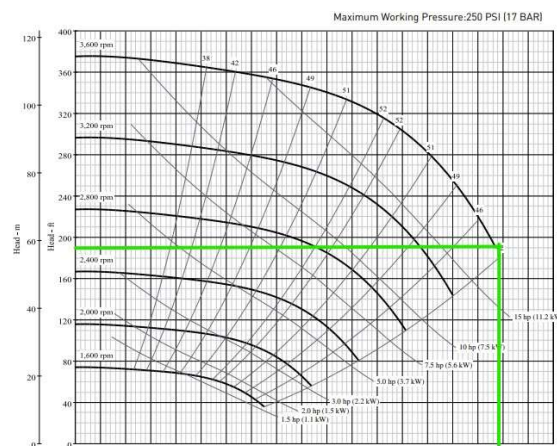
Análisis de rendimiento de bomba de agua

En el sistema de bombeo de agua se pudo realizar un análisis de la curva de rendimiento basados en las características del fabricante siendo las siguientes:

- Caudal actual: 48 m³/h
- Presión actual: 80 PSI

Figura 13

Curva de rendimiento de bomba de agua



Nota: Análisis de curva de rendimiento de presión de bomba de agua. Fuente: Elaboración propia

Conclusiones sobre la configuración actual del equipo:

Análisis del sistema de succión:

Se han identificado las siguientes oportunidades de mejora:

- El manifold debe tener un diámetro mínimo de al menos el doble del diámetro de la tubería de succión de la bomba. Actualmente, esta condición no se está cumpliendo.

Figura 14

Tubería de succión de la bomba con relación al manifold



Nota: Tubería de succión de la bomba con relación al manifold. Fuente: Elaboración propia

Análisis del sistema de descarga:

Las siguientes mejoras pueden optimizar el rendimiento del sistema:

- El manifold de descarga tiene el mismo diámetro que la descarga de una sola bomba, lo que incrementa las pérdidas en la tubería.
- No se ha instalado una válvula check en la descarga de las bombas, lo que impide el funcionamiento simultáneo de dos bombas.
- Las líneas de descarga tampoco cuentan con válvulas check. Dado que el sistema se divide en diferentes líneas, estas válvulas son necesarias para evitar el retorno del fluido al tanque principal y prevenir golpes de ariete al apagar los equipos.

Figura 15

Manifold de descarga y válvulas



Nota: Manifold de descarga y válvulas. Fuente: Elaboración propia

Análisis de Caudal

En la Figura 16. Se puede observar una tabla estandarizada sobre la relación del diámetro de tuberías y caudal. Donde, nos servirá como guía para cuando se obtengan los valores referenciales.

Figura 16

Relación de diámetro tubería-caudal

RELACIÓN DIÁMETRO TUBERÍA – CAUDAL				
DIÁMETRO TUBERÍA		CAUDAL		
m	pulg.	m ³ /h	l/s	gal/min.
0,050	2	11 – 14	3 – 4	40 – 70
0,075	3	25 – 40	7 – 11	110 – 175
0,100	4	50 – 79	14 – 22	225 – 350
0,125	5	90 – 140	25 – 38	400 – 600
0,150	6	140 – 230	38 – 63	600 – 1.000
0,175	7	220 – 340	60 – 95	950 – 1.500
0,200	8	290 – 470	80 – 130	1.300 – 2.100
0,250	10	500 – 790	140 – 220	2.200 – 3.500
0,300	12	790 – 1.260	220 – 350	3.500 – 5.500
0,350	14	1.150 – 1.800	320 – 500	5.000 – 8.000
0,500	20	2.950 – 4.540	820 – 1.260	13.000 – 20.000
0,750	30	7.920 – 13.680	2.200 – 3.800	35.000 – 60.000

Nota: Relación diámetro tubería-caudal. Fuente: (Méndez, 1995)

Caudales máximos por tubería en la planta

En la Figura 17. Se puede observar la pérdida en tuberías basados en el diámetro de las tuberías y distancia.

Figura 17

Sistema de presión en FORTIDEX

SISTEMA DE PRESION CONSTANTE - FORTIDEX				
	CAUDAL (GPM)	DIAMETRO DE TUBERIA (pulg)	DISTANCIA (m)	PERDIDAS EN TUBERIA
CALDERAS Y SISTEMA SPRAY	100	2	100	22.91
PLANTA - TUBERIA VERDE	100	2	200	39.82
PLANTA - TUBERIA PLATEADA	100	2	200	39.82

Nota: Relación de. Fuente: Elaboración propia

Sistema de Tuberías actual

La tubería que se tiene actualmente tanto para las calderas y parte de la planta Spray se tiene tubería de 2 pulgadas con un recorrido aproximado de 100 metros, si analizamos que el consumo de la caldera de 800 bhp es de 80 gpm, se debería considerar un consumo mayor, por esta razón se contempla 100 gpm aproximado el consumo a full carga, si hacemos el cálculo de pérdidas tendremos como resultado lo siguiente:

Figura 18

Análisis de pérdida de tubería en 100 m

Pump Flow Rate	Pipe Diameter(ID)	Pipe Length	Differential Elevation	Pipe Material	Total Dynamic Head (TDH)
US GPM ▼	in. ▼	m ▼	m ▼	Plastic ▼	m ▼
100	2	100	6	Results-->	22.914493472949086
Compute Total Dynamic Head (TDH)					Reset Values

Nota: Cálculo en programa la pérdida de tubería. Fuente: Elaboración propia

La tubería que entrega agua a la planta tanto verde y plateada tiene un recorrido aproximado de 200 metros, el consumo de cada línea debería ser el máximo que sea 100gpm, con esto tenemos que en el punto más lejano las pérdidas de tubería son las siguientes:

Figura 19

Análisis de pérdida de tubería en 200 m

Pump Flow Rate	Pipe Diameter(ID)	Pipe Length	Differential Elevation	Pipe Material	Total Dynamic Head (TDH)
US GPM ▼	in. ▼	m ▼	m ▼	Plastic ▼	m ▼
100	2	200	6	Results-->	39.82898694589817
Compute Total Dynamic Head (TDH)					Reset Values

Nota: Cálculo en programa la pérdida de tubería. Fuente: Elaboración propia

Conclusión

Se concluye que, la presión a vencer son aproximadamente 60 PSI, pero hay que tener en cuenta que al tener solo tubería de 2 pulgadas y varias derivaciones, se debe contemplar estas posibles caídas de presión.

Análisis con Flujometro Ultrasónico

Con una confiabilidad del 80% el sensor determina que existe flujo máximo de 13 m³/h, en el ingreso al tanque que entrega caudal a las 3 líneas, cabe destacar que actualmente se está trabajando con una bomba con la succión reducida.

Figura 20

Mediciones en descarga



Nota: Equipo para medir el flujo mediante ultrasonido. Fuente: Elaboración propia

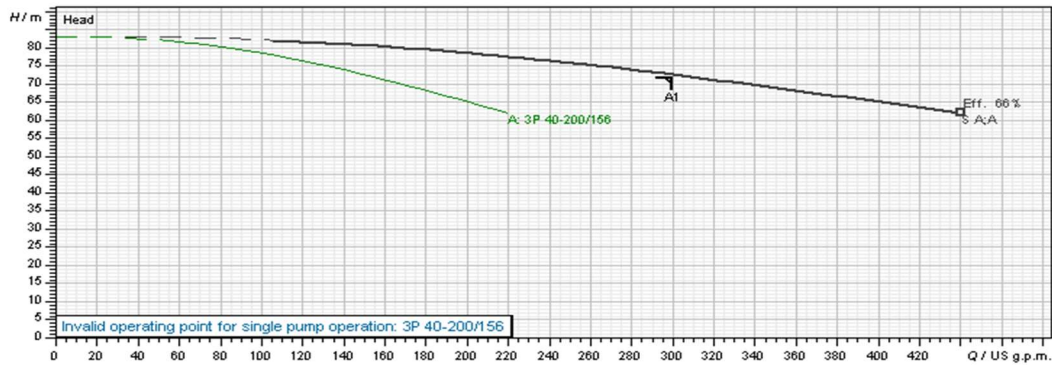
Análisis de presión constante

Se plantea colocar un sistema de presión constante con las siguientes características:

Se pretende un sistema de 300 gpm se presenta el caso de que las pérdidas en tubería si la tubería es de 2 pulgadas alcanza los 39.8 mca, pero para evitar pérdidas en tubería por apertura de llaves se debe trabajar a aproximadamente 75 PSI.

Figura 21

Curva de rendimiento H/m vs gpm



Nota: Análisis en programa para el rendimiento en gpm para el sistema. Fuente: Elaboración propia

Análisis del sistema tradicional vs sistema automatizado

Para el sistema de presión actualmente el equipo está funcionando a 75 PSI el sistema tradicional, la bomba funciona a su velocidad nominal todo el tiempo, independientemente de la demanda de flujo o presión. Esto significa que la bomba está consumiendo energía innecesaria cuando no se necesita tanta agua o presión. En el sistema con transductor de presión y variadores de frecuencia, la bomba solo funciona a la velocidad necesaria para satisfacer la demanda. Esto significa que la bomba está consumiendo menos energía y, por lo tanto, el costo energético es menor.

Si haremos un resumen podemos realizarlo de esta manera:

Tabla 1

Comparativa del sistema tradicional vs sistema con transductor de presión y variador

Característica	Sistema tradicional	Sistema con transductor de presión y variador de frecuencia
Consumo de energía	Constante	Variable
Eficiencia energética	Menor	Mayor
Costo energético	Mayor	Menor

Nota: Cuadro comparativo de ambos sistemas de bombeo de agua. Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Después de lo demostrado anteriormente como propuesta nuestro sistema debe trabajar de la siguiente manera: 3 bombas líderes, capaces de intercalar entre ellas, quien es líder y quien es esclava, esta configuración es conocida como 3 Bombas Maestras, esto nos

permite controlar la frecuencia de cada una de ellas mediante el PLC, y con esto controlar de mejor manera el flujo, adicional como se trabajará con un transductor de presión si en algún momento el sensor determina que una bomba es suficiente para satisfacer la presión requerida mandará a desacelerar la bomba 2 hasta apagarla.

Listado de equipos eléctricos y electrónicos

En la Tabla 2. Se presenta el listado de equipos eléctricos y electrónicos requeridos para la ejecución del proyecto previo al levantamiento de información y análisis de datos obtenidos en campo.

Tabla 2

Listado de equipos eléctricos y electrónicos

Nº	DESCRIPCIÓN	TIPO DE UNIDAD	CANTIDAD
1	MOTOR ELECTRICO 20HP/RPM3520/230-460V (12930798)	UND	3
2	PLC CPU 1214C DC/DC/RLY (6ES7 214-1HG40-0XB0)	UND	1
3	CANAleta PLASTICA RANURADA 80 x 60 CSC	UND	3
4	BREAKER 3P/ 44-63 AMP. 440VAC 3VA SIEMENS (3VA1163-5EE32-0AA0)	UND	1
5	BREAKER 3P/ 56-80 AMP. 440VAC 3VA SIEMENS (3VA1180-5EE32-0AA0)	UND	2
6	RIEL DIN	UND	1
7	VARIADOR SINAMICS G120 - PM240-2 30HP 380/480 VAC - SIEMENS 6SL3210-1PE26-0UL0	UND	3
8	TRANSFORMADOR DE CONTROL DE 1KVA DE 440V/220V-110V (9T58K2812)	UND	1
9	BREAKER 3P/ 100-250 AMP. 440VAC 3VA SIEMENS 3VA2225-5HL32-0AA0	UND	1
10	BORNA SENSORES 4 COND. CON LED 28-12AWG 280-588	UND	5
11	SWITCH SCALANCE XC108 6GK5108-OBA00-2AC2	UND	1
12	PLACA FINAL E INTERMEDIA 280-323 1MM BORNAS 4 PISOS	UND	5
13	BORNERA PARA CABLE # 4 PARA RIEL	UND	9
14	TERMINAL COMPRESION LARGO #2/0 - EBC	UND	20
15	SEPARADORES DE BORNAS 8WH9150-0CA00	UND	6
16	TERMINAL PUNTERA #18-16 AMARILLO-EBC	UND	200
17	CANAleta PLASTICA RANURADA 60 x 60 x 2 - CSC	UND	5
18	SOPORTE INCLINADO WAG 210-148	UND	3
19	PLATINA DE COBRE 2" X 1/4"	UND	2
20	PERNO A/INOX DE 1/4" x 1-1/4" COMPLETO	UND	12
21	TERMINAL COMPRESION 8 (SC10-6)	UND	100
22	CABLE FLEXIBLE # 6	M	115
23	MODULO SEÑAL ENTRADA 6ES7231-4HF32-0XBO ANALOGICO	UND	1
24	TERMINAL COMPRESION 4 (SC25-6)	UND	20
25	TOPE P/BORNERA 8WA1808 SIEMENS	UND	4
26	PLACA FINAL E INTERMEDIA WAGO COLOR NARANJA 280-343	UND	4
27	UNIDAD DE CONTROL CU240 E-2 PROFINET/ETHERNET IP 6SL3244-0BB12-1FA0	UND	3
28	PANEL DE PROGRAMACIÓN IOP SINAMICS G120- SIEMENS 6SL3255-0AA00-4JA2	UND	3
29	CABLE FLEXIBLE #18	M	100
30	FUENTE DE PODER SITOP 10 AMP 120 230V 24VDC 6EP1334-3BA10 COD: S18481	UND	1
31	PULSADOR NEGRO DE 22 (XB4-BP21)	UND	1

32	CONECTOR RJ45 ROBUSTO METALICO 180° 6GK1901-1BB10-2AA0	UND	10
33	PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA DE GIRO (XB5-AS542)	UND	1
34	RELE AUXILIAR ENCHUFE DE 5 A 3 CONM.24 VDC PT370024	UND	3
35	SELECTOR DE 2 POSICIONES XB4-BJ21/BD21 (3SU1100-2BF60-1BA0)	UND	1
36	LICUADORA COLOR ROJO DE 110/220V	UND	1
37	CABLE SUPERFLEXIBLE #2/0 MCM AWG	M	300
38	CABLE FLEXIBLE # 8	M	100
39	TEE GALV. P/CANAleta 30 - COMPLETO	UND	1
40	CODO EXTERNO GALV. P/CANAleta DE 30 - COMPLETO	UND	1
41	SIMATIC HMI, KTP900 - 6AV2123-2JB03-0AX0	UND	1
42	SENSOR DE NIVEL RADAR G1 ASEPTOFLEX 10M PNP-NPN (LW2120)	UND	1
43	JUEGO DE MONTAJE P/LW2XXX (E33706)	UND	1
44	EXTENSION DE ANTENA LW2120 (E33705)	UND	1
45	CABLE P/COMUNICACION PROFINET INDUST. ETHERNET - SIEMENS	M	15
46	BORNERA 8WH SIEMENS 1P - 26-10AWG P/TIERRA	UND	3
47	BORNA DE DOBLE PISO WAGO 280 - 530	UND	13
48	BREAKER DE 2P x 4AMP. PARA RIEL	UND	5
49	BREAKER DE 2P x 50AMP. PARA RIEL	UND	1
50	LUMINARIA LED 6W 110-230VAC P/TABLERO	UND	1
51	AISLADOR T/ESCAL 4P 41MM 5/8 S/TORNILLO - CSC	UND	2
52	CONDULET EN "LB" DE 2" PARA FUNDA SELLADA	UND	2
53	CONDULET EN "T" DE 2" PARA FUNDA SELLADA	UND	2
54	TUBERIA RIGIDA 2"	UND	8
55	CONDULET TIPO "LR" DE 2"	UND	3
56	ABRAZADERA DE TUBO DE 2" PARA CHANEL	UND	12
57	RIEL CHANEL DE 40 x 20 x 3000	UND	2
58	TUBO CUADRADO H/N DE 3 x 2 x 2 x 6MTS	UND	1
59	TUBERIA RIGIDA 3/4"	UND	6
60	ADAPTADOR CONEXION ASEPT VARIO G1 A G1/2 (IFM)	UND	1
61	ACCESORIO SERPENTIN P/SENSOR PRESION 1/2 (IFM)	UND	1
62	CABLE CONCENTRICO 4 x 8	M	100
63	CONECTOR DE 1/2" PARA FUNDA SELLADA	UND	10
64	ABRAZADERA DE TUBO DE 1/2" PARA CHANEL	UND	10
65	CABLE CONECTOR HEMBRA ANGULAR APANTALLADO M12 5PIN 20M (IFM)	UND	2
66	CABLE CONECTOR HEMBRA RECTO APANT M12 5PIN 50M (IFM)	UND	1
67	BUSHING A/INOX DE 2" x 1-1/4"	UND	2
68	CONECTOR CURVO DE 1-1/4" PARA FUNDA SELLADA	UND	4
69	PRENSA ESTOPA PLASTICA DE 1/2"	UND	3
70	CONECTOR CURVO DE 1/2" PARA FUNDA SELLADA	UND	2

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Diseño de módulo eléctrico

En esta fase se desarrolla el diseño del módulo eléctrico utilizando el software AutoCAD Electrical 2024 (Figura 22) en la cual se realizan 4 páginas correspondientes a:

- **Caratula:** Incluye logos de la institución educativa, empresa dónde se está efectuando el proyecto, identificación del proyecto, datos generales, fecha, y demás información relevante. (Anexo 2)
- **Información técnica:** Presenta de forma detallada los componentes eléctricos, especificaciones técnicas, Normativas, diagrama de circuitos y leyenda de símbolos. (Anexo 3)
- **Vistas frontales exterior e interior:** Muestra el diseño estético de la fachada y detalla la organización interna de los elementos. (Anexo 4).
- **Distancia entre elementos:** Se detalla las separaciones y distancias requeridas entre los componentes dentro y fuera del módulo, asegurando el cumplimiento de normativas de seguridad y facilitando el mantenimiento. (Anexo 5).

Figura 22

Auto CAD Electrical 2024



Nota: Programa que se va a utilizar para el diseño eléctrico. Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Diseño de planos eléctricos

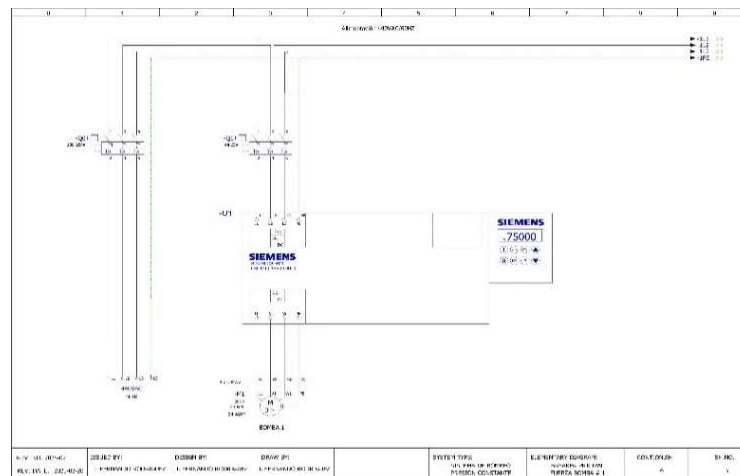
Se realizó el diseño de planos eléctricos (Figura 23) en el software Auto CAD Electrical 2024 donde se podrá observar las conexiones de fuerza y control dando una visión clara y detallada de cada sección en la cual se diseñan 10 páginas correspondientes a:

- **Breaker principal, Fuerza Bomba # 1** (Anexo 6)
- **Fuerza Bomba # 2** (Anexo 7)
- **Fuerza Bomba # 3** (Anexo 8)
- **Transformador 440-220vac y breaker de control** (Anexo 9)

- Lámpara tablero, Sirena y luz Giratoria (Anexo 10)
- Alimentación 24vdc de plc, switch, hmi, modulo (anexo 11)
- Entradas digitales (Anexo 12)
- Salidas digitales (Anexo 13)
- Entradas Analógica (Anexo 14)
- Direcciones IP (Anexo 15)

Figura 23

Planos Eléctricos



Nota: Módulo de planos eléctricos. Fuente: Elaboración Propia

4.2. Implementación

4.2.1. Montaje de componentes en modulo.

En el proceso del armado del módulo eléctrico se empieza revisando el diseño y planos eléctricos para asegurar que las ubicaciones y medidas de los componentes sean precisas para su correcto montaje. Una vez revisado el diseño se procede con la instalación de los componentes en las siguientes partes del módulo eléctrico:

Puerta frontal izquierda: Se realiza el calado y perforaciones (Figura 24) para la instalación de los elementos como: Hmi, selector de control, reset alarma, parada de emergencia. Posteriormente se procede a instalación los componentes (Figura 25).

Figura 24

Calado y perforaciones



Nota: Se utilizó herramientas y mediciones para realizar un corte exacto. Fuente: Elaboración Propia

Figura 25

Instalación de componentes en puerta.



Nota: Se colocó con delicadeza pantalla HMI. Fuente: Elaboración Propia

Lamina de montaje: se realiza la instalación de canaletas plásticas y rieles Din (Figura 15) de acuerdo a las dimensiones establecidas en los planos, Se fijan con tornillos autoperforantes cabeza de lenteja M4x13mm. Se instalan componentes como: breaker, transformador, aislador tipo escalera, PLCs, modulo entrada analógica; switch, fuente de poder, borneras de fuerza y control, variadores de frecuencia. (Figura 26 y Figura 27)

Figura 26

Instalación de canaletas plásticas y rieles DIN



Nota: Revisión de medidas para la estructuración del tablero. Fuente: Elaboración Propia

Figura 27

Instalación de componentes en lámina de montaje.



Nota: Montaje de los componentes eléctricos y electrónicos. Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Cableado de fuerza y control en módulo

Se identifican y seleccionan cables utilizando el cable Unifilar #8 AWG THHN para el cableado de fuerza (Figura 28) y cable Unifilar # 18 AWG THHN para el cableado de control (Figura 29).

Figura 28

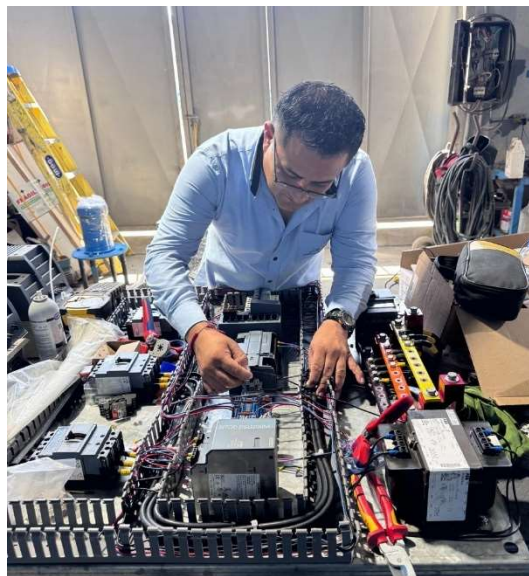
Cableado de fuerza



Nota: Colocación del cableado dentro del tablero eléctrico. Fuente: Elaboración Propia

Figura 29

Cableado de control



Nota: Colocación del cableado al PLC. Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Soporte y acometidas eléctricas

Se realizó montaje de soportaría (Figura 30) utilizando accesorios como: tubería rígida, condulet tipo LB, condulet tipo T, abrazaderas, reducciones, fundas selladas, conectores para fundas y riel Chanel.

Figura 30

Montaje de soportes



Nota: Montaje de soportes para el cableado de conexión de las bombas. Fuente: Elaboración Propia

Se mide la cantidad de cable a pasar por las tuberías para posteriormente cortarlas y marcarlas en sus extremos para que faciliten la identificación al momento de conectar a bornas o motores (Figura 31).

Figura 31. Acometidas eléctricas

Acometidas eléctricas



Nota: Se identifica cableado para evitar confusiones al momento de ejecutar conexiones. Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. Conexión de motores y sensores

Se procede a conectar los motores de las bombas respetando el diagrama de conexión que se encuentra en la placa del motor. (Figura 32)

Figura 32

Placa del motor



Nota: Lectura de la placa del motor para posterior conexión. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la (Figura 33) se procede a la conexión de los sensores

Figura 33

Conexión de sensores



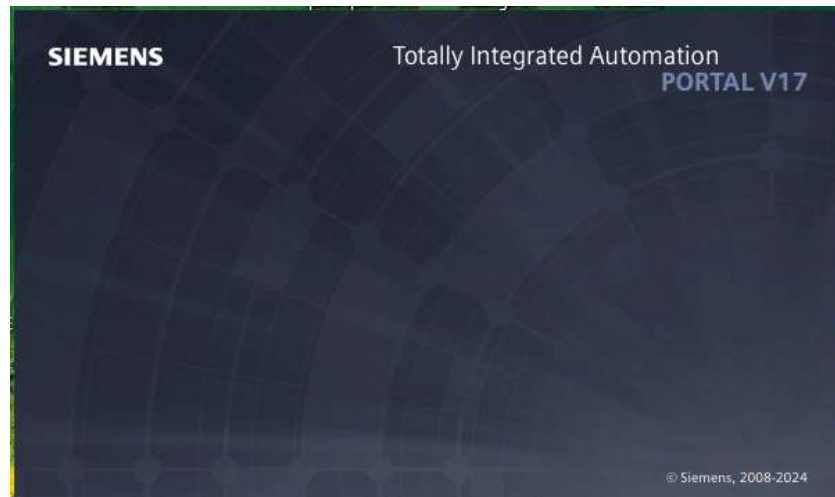
Nota: Se instalaron sensores de presión para mediciones. Fuente: Elaboración Propia

4.2.5. Programación de elementos para la automatización

Para la programación de los elementos como HMI, PLC, variadores de frecuencia se utilizó el software TIA PORTA V17 de SIEMENS (Figura 34)

Figura 34

TIA PORTA V17 de SIEMENS

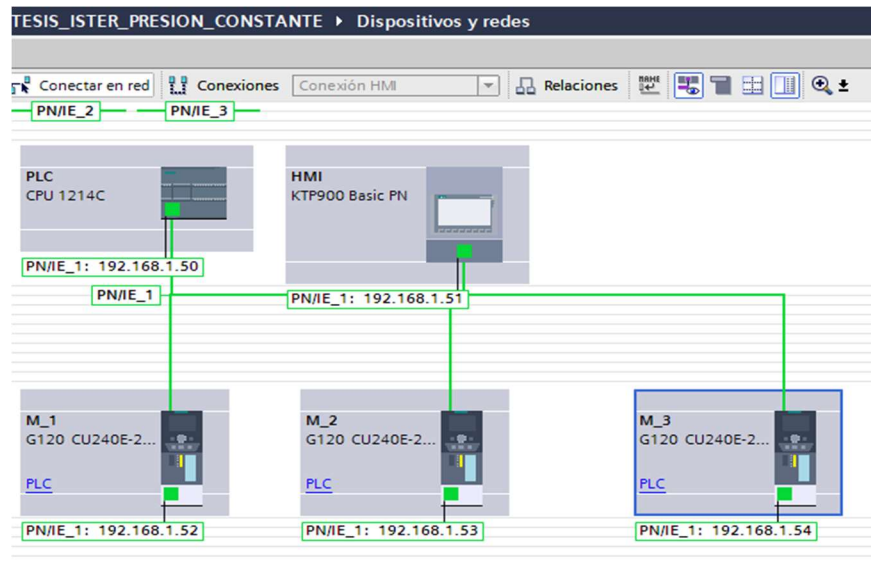


Nota: Programa que se va a utilizar para el diseño eléctrico. Fuente: Elaboración propia

Se procede a crear el proyecto sistema de presión constante en el software TIA Portal V17 Se cargan los componentes con sus respectivas especificaciones esto implicará que se llevaran varias etapas para programar el sistema y gestionar la comunicación, para lo cual se asigna con una dirección IP única para permitir su comunicación en la red. (Figura35).

Figura 35

Creación de Proyecto y Generar IP



Nota: Se crea direcciones IP a cada uno de los elementos a programar. Fuente: Elaboración Propia

Se realiza la configuración de los variadores de frecuencia cargando información importante como los datos del motor, esto se replicará en los 3 variadores ya que son de las mismas características y los motores de la misma potencia (Figura 36)

Figura 36

Configuración variadores de frecuencia

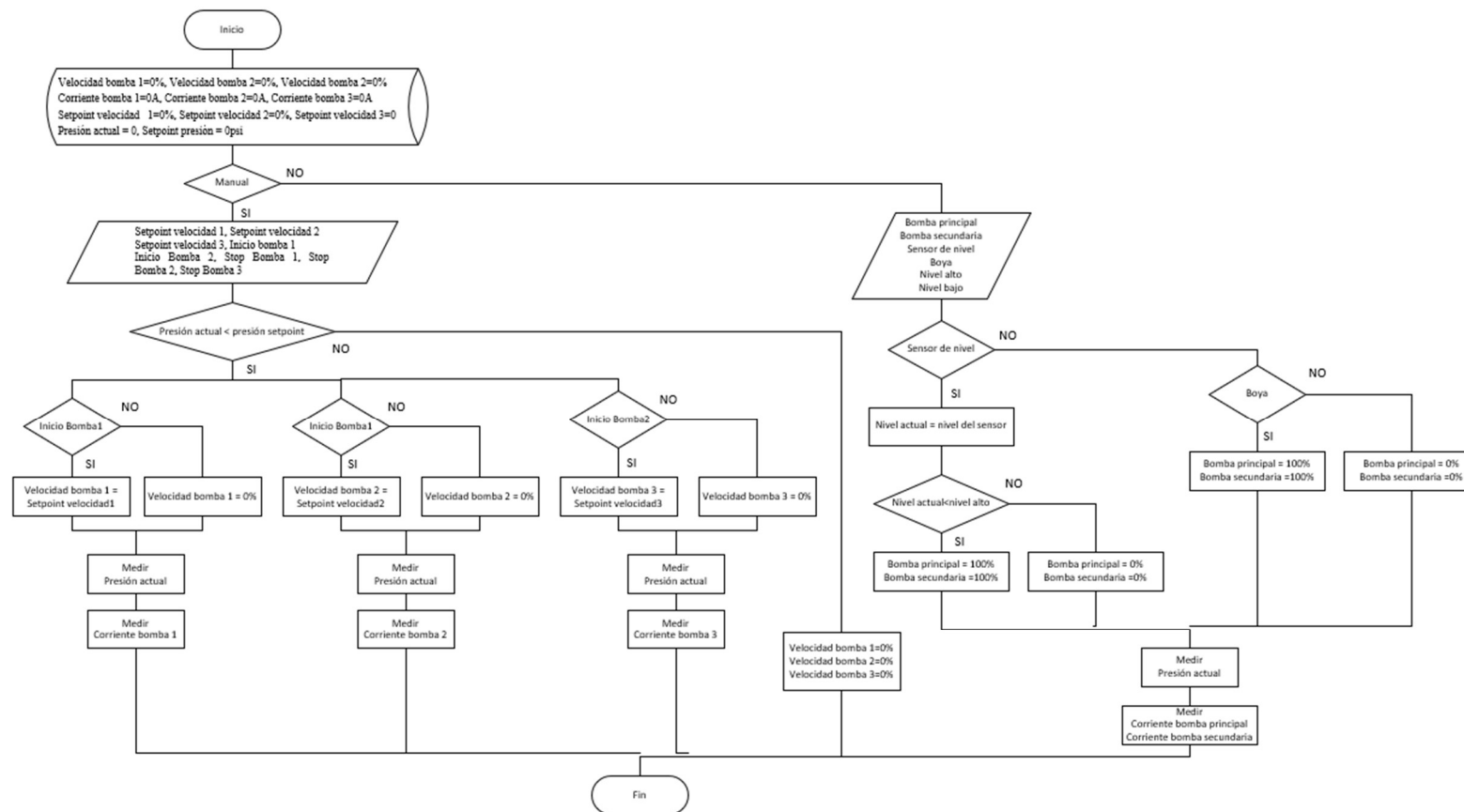
Exportar	
Control Unit	
Nombre del dispositivo:	M_1
Nombre abreviado:	G120 CU240E-2 PN
Referencia:	6SL3244-0BB12-1FA0
Firmware:	4.7.13
Número de serie:	
Tipo de regulación:	[0] Control por U/f con característica lineal
Configuración de E/S actual:	[7] Bus de campo con conmutación de juego d
Telegrama PROFIdrive:	[20] Telegrama estándar 20, PZD-2/6
Telegrama PROFIsafe:	[998] Modo de compatibilidad (como con la ve
Safety Integrated Functions:	Sin Safety Integrated Function
Etapas de potencia	
Power Module:	[114] PM240 (SINAMICS G120S120)
Referencia:	6SL3210-1PE26-0ULx
Tensión de entrada:	400 Vef
Potencia:	40,23 HP
Motor	
Tipo motor Selec.:	[1] Motor asíncrono
Velocidad de giro asignada del motor:	3545,0 1/min
Intensidad asignada del motor:	24,90 Aef
Potencia asignada del motor:	20,00 HP
Tensión asignada del motor:	440 Vef
Frecuencia asignada del motor:	60,00 Hz

Nota: Se configura variadores con sus respectivos datos de placa del motor. Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se detalla mediante un diagrama de flujo la programación del PLC.

Figura 37

Diagrama de Flujo Programación PLC

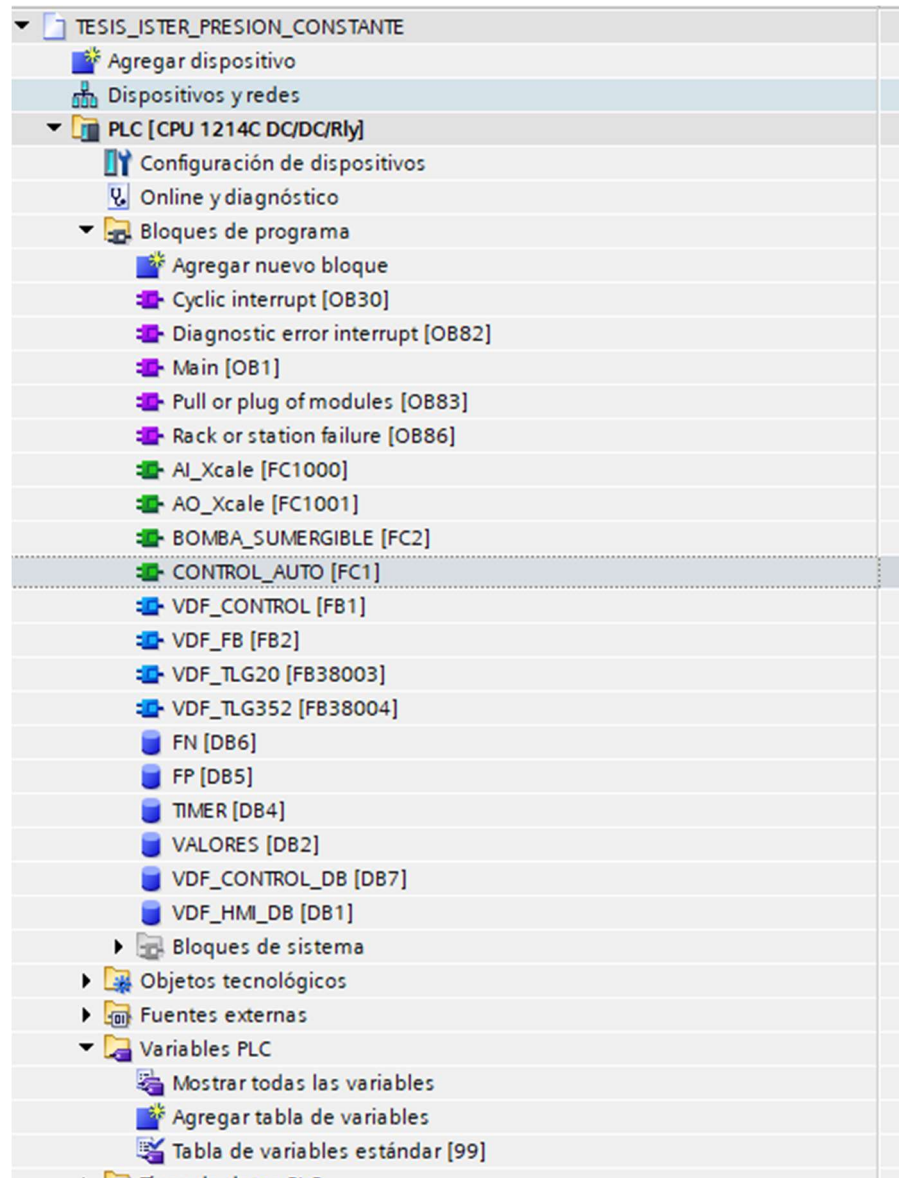


Nota: Se crea diagrama de flujo de la programación del PLC y variadores de frecuencia. Fuente: Elaboración Propia

Se realiza la programación del Plc S7-1200 CPU 1214C DC/DC/RLy en la cual se agregan bloques de programas como: OB, FC, FB, DB y las variables que se declararan dentro de los bloques antes mencionados. (Figura 38)

Figura 38

Bloques de programas y variables

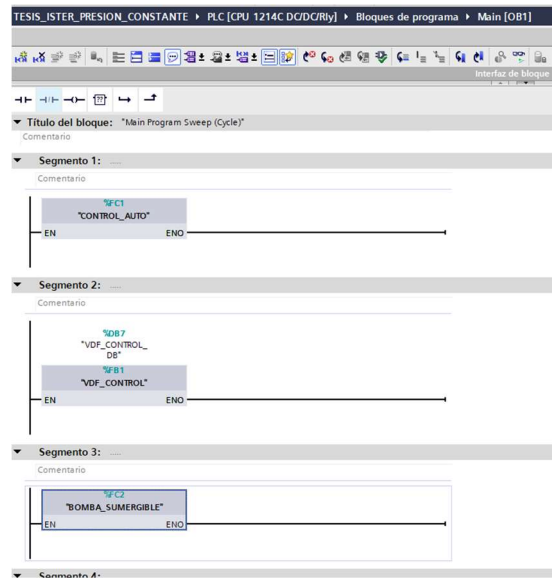


Nota: Creación de bloques y variables. Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar en la (Figura 39) en el bloque organizacional Main [OB1] se cargan los bloques: CONTROL_AUTO [FC1], VDF_CONTROL [FB1], BOMBA SUMERGIBLE [FC2].

Figura 39

Bloque organizacional Main [OB1]

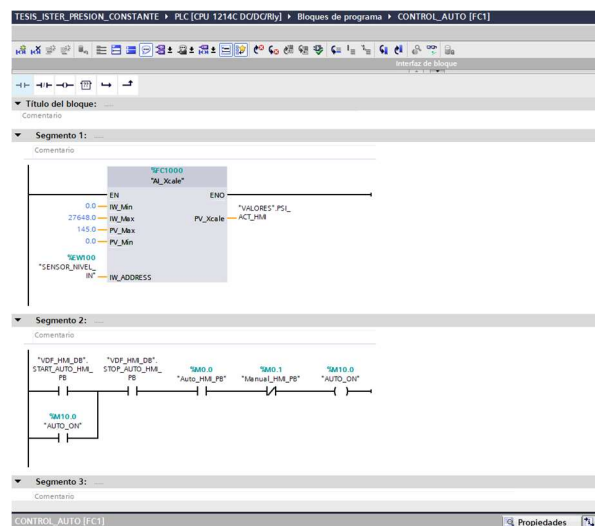


Nota: Se carga los bloques FC1, FB1 y FC2. Fuente: Elaboración Propia

En el bloque CONTROL_AUTO [FC1] se programan el escalamiento de los sensores de nivel y presión, y el control de encendido manual y automático del sistema (Figura 40).

Figura 40

Bloque CONTROL_AUTO [FC1]

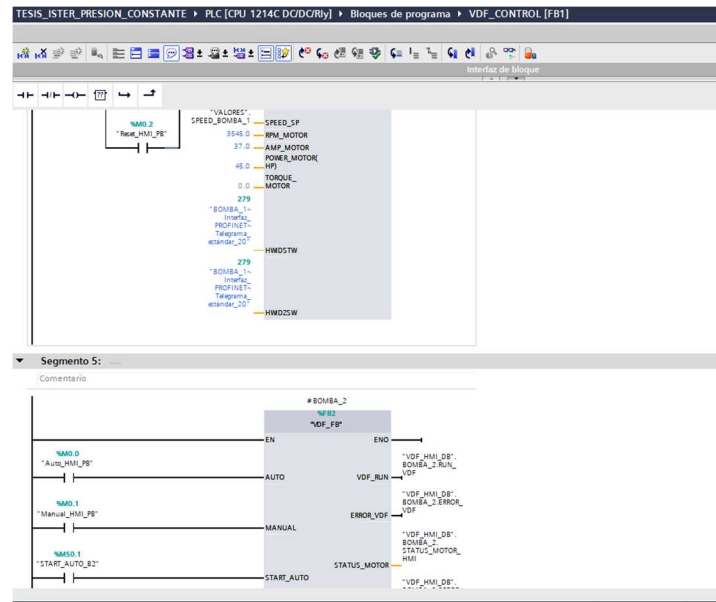


Nota: Se programa señales de entrada y salida. Fuente: Elaboración Propia

En el bloque VDF_CONTROL [FB1] se programan el arranque de variadores que comandaran las bombas y telegrama que servirá para la comunicación entre el plc y los vdf. (Figura 41).

Figura 41

Bloque VDF_CONTROL [FB1]

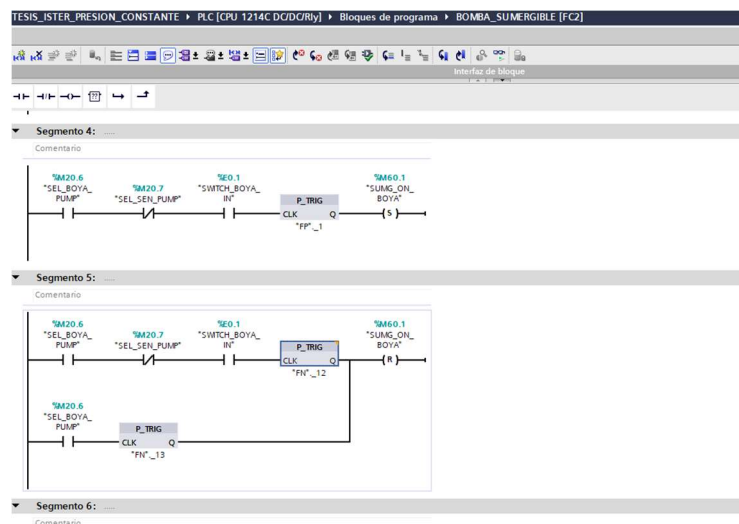


Nota: Se programa bloques de arranque para los variadores. Fuente: Elaboración Propia

En el bloque BOMBA SUMERGIBLE [FC2]. (Figura 42).se programan el arranque de la bomba sumergible que abastecerá de agua a los tanques de almacenamiento.

Figura 42

Bloque BOMBA SUMERGIBLE [FC2]

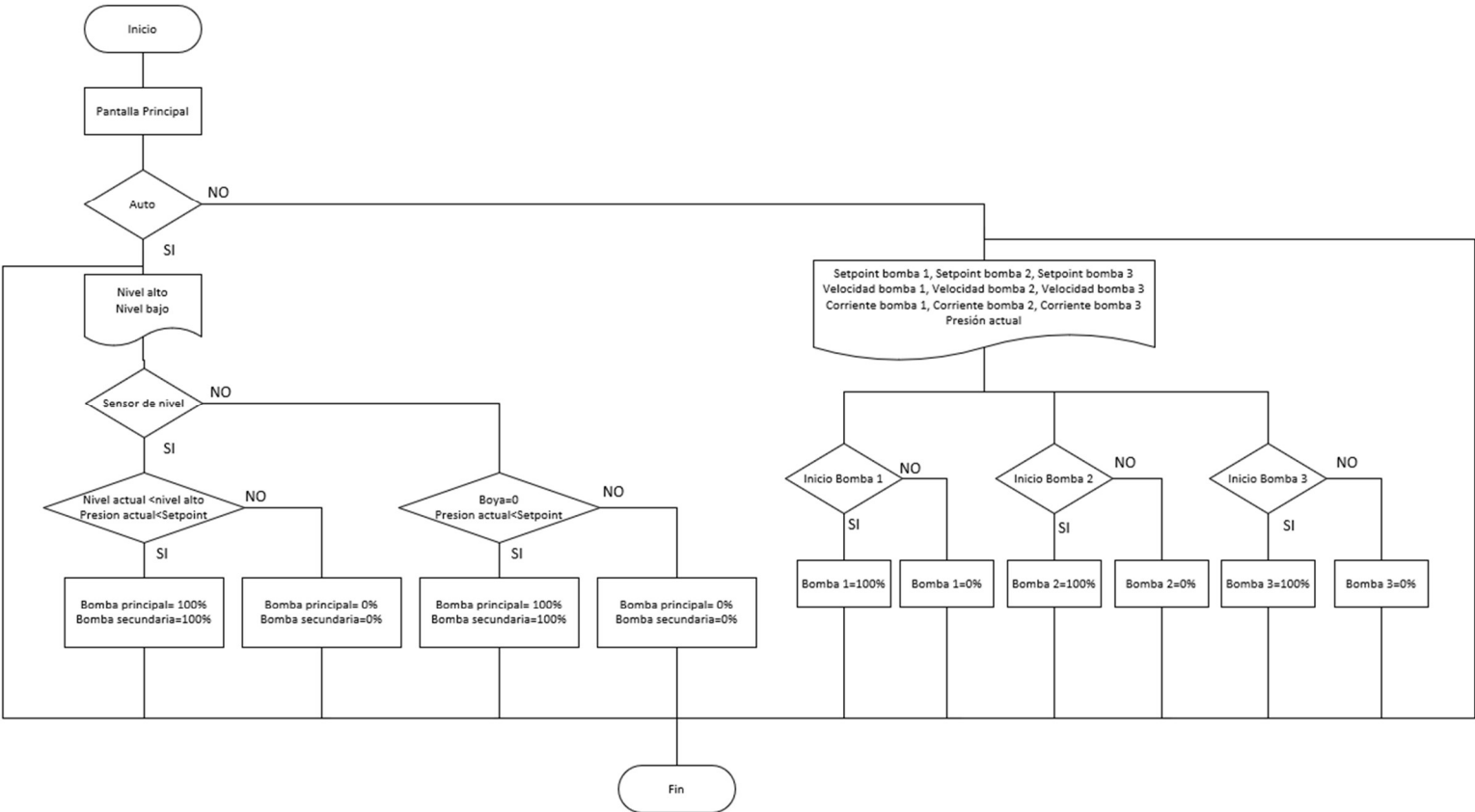


Nota: Se programa el funcionamiento de bomba sumergible para el llenado del tanque de almacenamiento. Fuente: Elaboración Propia

Se presenta mediante un diagrama de flujo en diseño de la pantalla hmi.

Figura 43

Diagrama de flujo diseño Hmi



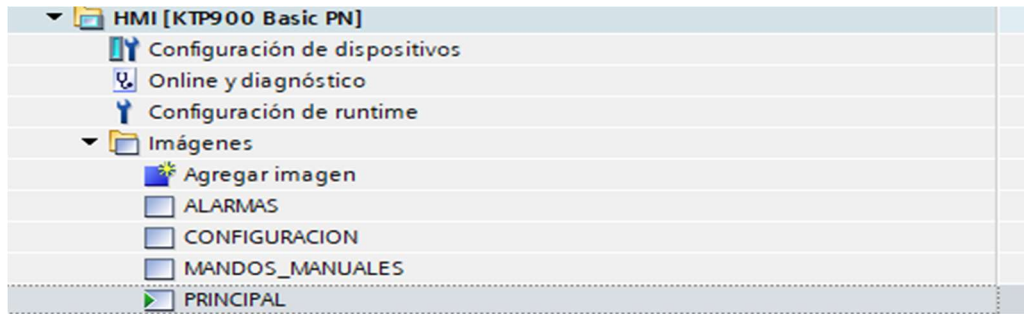
Nota: SE crea diagrama de flujo para la configuración de la pantalla. Fuente: Elaboración Propia

En el diseño de la pantalla HMI KTP900 (Figura 43) se agregan 4 imágenes denominadas:

- PRINCIPAL
- MANDOS MANUALES
- CONFIGURACION
- ALARMAS

Figura 43

Diseño de pantallas



Nota: Colocación de imágenes para la pantalla HMI. Fuente: Elaboración Propia

En la pantalla PRINCIPAL (Anexo 16) se muestra una visión general del sistema en donde el operario podrá observar y acceder a diferentes secciones del sistema como:

- Mostrar si el sistema está en funcionamiento o en falla
- Indicadores de estados como presión, nivel, estado de variadores.
- Acceso a otras pantallas

En el diseño de la pantalla MANDOS_MANUALES (Anexo 17) se crean botones con el propósito de encender los equipos para realizar pruebas antes de colocarlos en modo automático.

En esta pantalla denominada como CONFIGURACION (Anexo 18) se incluyen botones para que el operario asigne las siguientes funciones:

- Selección de bomba principal, secundaria y backup.
- Selección del control de llenado de los tanques de almacenamiento en la cuales el sistema puede trabajar con las opciones de boya o sensor de radas este último se pueden Setear los niveles mínimo y máximo de llenado.

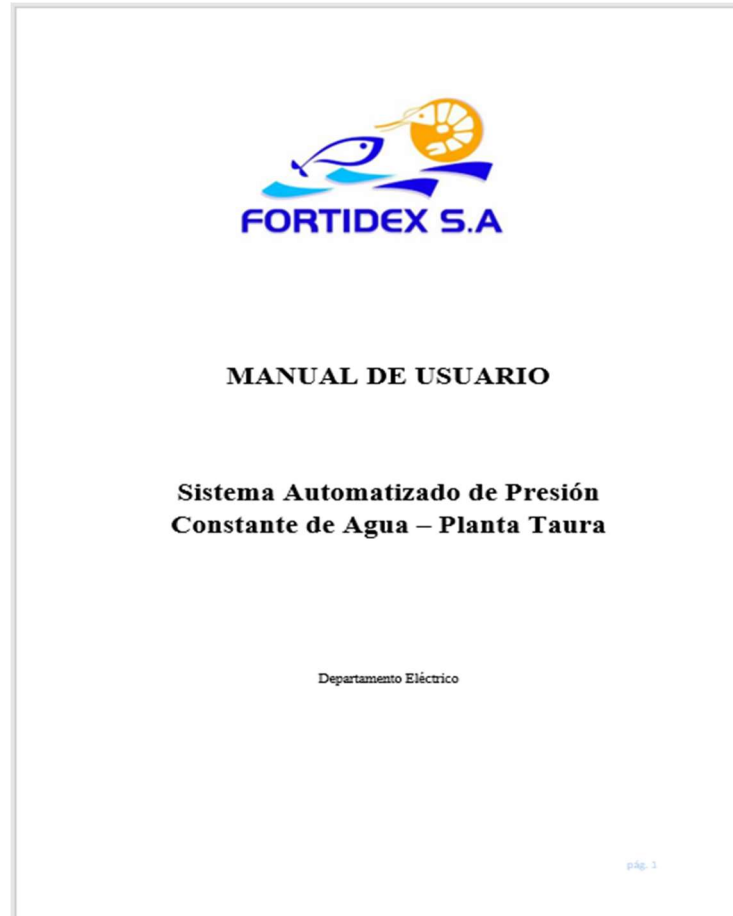
La pantalla de ALARMAS (Anexo 19) se diseña con la finalidad de visualizar las alarmas activas sus causas y tomar acciones, estas alarmas tendrán fechas y horas en las cuales se suscitan los eventos y un botón de Reset para eliminar las alarmas resueltas.

4.2.6. Manual de usuario

El manual de usuario (Figura 44).de este sistema de presión constante tiene como objetivo esencial proporcionar a los operadores y al personal técnico las instrucciones necesarias para que el sistema trabaje en forma eficiente y segura. Esta información se podrá observar en el (Anexo 20)

Figura 44

Manual de Usuario



Nota: Diseño de un manual de usuario que sirve de guía para las partes interesadas. Fuente: Elaboración Propia

4.3. Pruebas

En esta etapa se comprueba que todos los componentes del sistema de presión constante estén conectados correctamente sin ningún tipo de errores. Para los equipos como sensores de presión y nivel se necesita comprobar que los valores medidos sean correctos se utiliza la siguiente formula:

$$VM \text{ (mA)} = \frac{LRV}{URV} PV + 4$$

Donde:

Vm = Valor en miliamperios

LRV = Valor superior de proceso

URV = Valor superior de proceso

PV = Variable de proceso

Se realiza el llenado del tanque de almacenamiento para que el sensor de nivel responda de forma precisa a cada uno de los niveles para la cual se toman los valores en miliamperios (mA) con las alturas de nivel en metros (m).

Tabla 3

Comparativa entre metros y mA

LECTURAS DE NIVEL		
Altura de tanque		4.28 m
Rango del sensor		4-20 mA
#	Altura de tanque (m)	Sensor (mA)
1	0	4
2	0.20	4.74
3	0.48	5.79
4	0.51	5.90
5	1.20	8.48
6	2.20	12.22
7	3.25	16.14
8	3.80	18.20
9	4.10	19.32
10	4.28	20

Nota: Se realizan mediciones con multímetro para medir señal en miliamperios. Fuente: Elaboración Propia

Se cierran todas las válvulas de descarga y se enciende el variador en forma manual para generar presión en el sistema y poder tomar valores en cuanto a psi y posteriormente

mediciones de señal analógica como se ilustra en la siguiente tabla tomando en consideración que la presión máxima de la bomba es 80psi.

Tabla 4
Comparativa entre psi y mA

LECTURAS DE PRESION		
Presión máxima bomba		80 psi
Rango del sensor		4-20 mA
#	Presión del sistema (psi)	Sensor (mA)
1	0	4
2	12	5.28
3	21	6.24
4	28	6.98
5	47	9.01
6	54	9.76
7	61	10.50
8	67	11.14
9	73	11.78
10	80	12.53

Nota: Se realizan mediciones con el multímetro para obtener señales en miliamperios. Fuente: Elaboración Propia

Se realizan pruebas del sistema de presión constante en estado automático en donde se obtienen los siguientes resultados ilustrados en la siguiente tabla

Tabla 5
Pruebas en automático

VALORES DE PRESION EN AUTOMÁTICO	
Set point (Psi)	Valor actual (Psi)
50	48-51
60	59-61
70	69-71
74	73-75

Nota: Se trabaja con el sistema en automático para obtener estas lecturas. Fuente: Elaboración Propia

4.4. Resultados

4.4.1. Capacitación a los operarios

Para asegurar que el sistema de Presión constante de agua trabaje de forma correcta es de vital importancia que el personal operativo este capacitado, (Figura 45) con el objetivo de que comprendan el funcionamiento del sistema y puedan mantener y solucionar problemas de la forma más eficiente.

Figura 45

Capacitación



Nota: Se capacita al personal in situ. Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Encuesta

Esta encuesta (Figura 46) tiene como propósito obtener información detallada sobre la comprensión del sistema de presión constante de agua y evaluar si cumple con los objetivos establecidos del proyecto en términos de desempeño, confiabilidad y seguridad.

Se realiza una encuesta a 2 supervisores y 1 operario de la fábrica (Anexo 21,22,23)

Figura 46

Formato de encuesta

ENCUESTA

Proyecto: Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua para la Empresa FORTIDEX S.A.

Objetivo: Evaluar la satisfacción de los usuarios con el sistema implementado y su impacto en la eficiencia operativa de la empresa.

Instrucciones: Marque con una (✓) la opción que mejor refleje su nivel de satisfacción.

1. **¿Cómo evalúa la rapidez y efectividad del sistema en la regulación de la presión de agua?**
 - ☐ Muy rápida y efectiva
 - ☐ Adecuada
 - ☐ Lenta pero funcional
 - ☐ Ineficiente
2. **¿Ha percibido una reducción en los costos operativos debido a la automatización del sistema?**
 - ☐ Si, se ha reducido notablemente
 - ☐ Si, pero en menor medida
 - ☐ No ha habido cambios
 - ☐ No, los costos han aumentado
3. **¿Qué tan fácil es el uso y monitoreo del sistema automatizado?**
 - ☐ Muy fácil e intuitivo
 - ☐ Fácil, pero requiere capacitación
 - ☐ Complejo, pero manejable
 - ☐ Muy difícil de usar
4. **¿Recomendaría la implementación de este sistema en otras empresas o sectores?**
 - ☐ Si, sin duda
 - ☐ Si, pero con algunas mejoras
 - ☐ No estoy seguro/a
 - ☐ No, no lo recomendaría

Nota: Formato de encuesta con preguntas específicas del funcionamiento del sistema. Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se tiene los resultados de la encuesta a las tres personas que se le realizó, se puede comprobar que el resultado es positivo, debido que el sistema de regulación de la presión del agua es muy rápida y efectiva, también se comprueba que se ha reducido los costos operativos por medio de la automatización del sistema, hay la facilidad del uso y del monitoreo del sistema automatizado y ellos si recomiendan para otros operarios.

Resultados de la encuesta después de la capacitación y entrega del proyecto.

Tabla 6

Resultados de la encuesta después de la capacitación y entrega del proyecto.

¿Cómo evalúa la rapidez y efectividad del sistema en la regulación de la presión de agua?	
3	Muy rápida y efectiva
0	Adecuada
0	Lenta pero funcional
0	Ineficiente
¿Ha percibido una reducción en los costos operativos debido a la automatización del sistema?	
3	Sí, se ha reducido notablemente
0	Sí, pero en menor medida
0	No ha habido cambios
0	No, los costos han aumentado
¿Qué tan fácil es el uso y monitoreo del sistema automatizado?	
3	Muy fácil e intuitivo
0	Fácil, pero requiere capacitación
0	Complejo, pero manejable
0	Muy difícil de usar
¿Recomendaría la implementación de este sistema en otras empresas o sectores?	
3	Sí, sin duda
0	Sí, pero con algunas mejoras
0	No estoy seguro/a
0	No, no lo recomendaría

Nota: Se muestra resultados de las 3 encuestas. Fuente: Elaboración Propia

Para el llenado del tanque es importante considerar la regulación de la presión del agua, para controlar el tiempo de llenado del tanque principal, también para disminuir las turbulencias en las instalaciones del sistema. Los costos operativos tienen su impacto favorable en la eficiencia económica de la empresa. La facilidad de uso está relacionada con el manejo de las bombas desde la pantalla, ya que tiene una interfaz gráfica donde el usuario puede controlarlo de forma intuitiva y fácil monitoreo. Es recomendable hacer esta implementación en otras empresas manufactureras.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- La evaluación del suministro de agua permitió determinar con precisión los requisitos de presión y caudal necesarios para el correcto desempeño de los equipos. Contar con estos datos es fundamental para evitar fallos operativos, optimizar el consumo de energía y garantizar una distribución eficiente del agua en la planta industrial. Además, esta información sirve como base para futuras mejoras en la infraestructura.
- La evaluación de los requerimientos de presión y caudal demostró que la infraestructura actual no está diseñada para responder eficazmente a los cambios en la demanda. Esto implica que, sin una regulación adecuada, podrían presentarse problemas como caídas de presión en momentos de alto consumo o sobrepresión en períodos de baja demanda, afectando la durabilidad de las tuberías y los equipos de bombeo.
- La correcta selección de los componentes eléctricos garantiza la operatividad y seguridad del sistema de bombeo, asegurando su compatibilidad con los requerimientos de presión y caudal. Además, la elección adecuada de sensores y dispositivos de control permite una mejor automatización y optimización del proceso, reduciendo costos de operación y mantenimiento.
- La integración de dispositivos de control automático en el sistema de bombeo permite reducir el consumo energético y minimizar las fallas operativas. Se evidenció que la implementación de equipos con tecnología de eficiencia energética no solo mejora el desempeño del sistema, sino que también reduce los costos operativos y el impacto ambiental del consumo de electricidad en la empresa.
- La implementación de un control PID permite una regulación eficiente de los variadores de frecuencia, ajustando automáticamente la velocidad de las bombas según la demanda de agua. Esto no solo optimiza el consumo energético, sino que también prolonga la vida útil del sistema al reducir el desgaste mecánico y minimizar fluctuaciones en la presión.
- La regulación automatizada mediante la lógica de control PID mejoró significativamente la respuesta del sistema ante cambios en la demanda de agua. Se observó que el tiempo de reacción del sistema ante variaciones en el consumo se redujo considerablemente, evitando sobrepresiones o caídas de presión abruptas.

Esto garantizó un suministro de agua estable y confiable, minimizando riesgos de daños en la infraestructura hidráulica.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo en tiempo real que registre y analice continuamente los parámetros de presión y caudal. Esto permitirá anticipar problemas operativos y realizar ajustes oportunos. Asimismo, es importante realizar mantenimientos preventivos y auditorías periódicas para asegurar la estabilidad y eficiencia del suministro.
- Se recomienda realizar mediciones periódicas del caudal y la presión en diferentes horarios y condiciones de operación para obtener datos más precisos sobre el comportamiento del sistema. Esto permitirá ajustar los parámetros del sistema de bombeo y mejorar la eficiencia en el suministro de agua, evitando desperdicios y sobrecargas en la red.
- Se recomienda priorizar el uso de componentes certificados y compatibles entre sí para garantizar un funcionamiento estable y eficiente. Asimismo, es fundamental realizar pruebas de validación antes de la instalación definitiva y capacitar al personal encargado del mantenimiento, asegurando que puedan operar y solucionar posibles fallas en el sistema eléctrico.
- Es necesario establecer un plan de mantenimiento preventivo para los componentes eléctricos, incluyendo revisiones periódicas de sensores, variadores de frecuencia y conexiones eléctricas. Esto permitirá detectar y corregir posibles fallas antes de que afecten el funcionamiento del sistema de bombeo, asegurando su operatividad y evitando interrupciones en el suministro de agua.
- Se recomienda realizar un ajuste y calibración periódica de los parámetros del controlador PID para mejorar su precisión y respuesta ante cambios en la demanda de agua. Además, es clave monitorear su desempeño a través de software especializado y capacitar al personal técnico en su configuración y mantenimiento, garantizando un control óptimo del sistema.
- Es importante integrar un sistema de monitoreo remoto que permita visualizar en tiempo real el comportamiento del controlador PID y detectar posibles anomalías en la operación del sistema de bombeo. Esto facilitará la supervisión continua del rendimiento del sistema y permitirá tomar decisiones oportunas para mejorar su eficiencia y prevenir fallas inesperadas.

Bibliografía

- Araníbar Huancapaza, C. E., González Peña, J. P., & Nuñez Pereyra, E. K. (2022). Diseño automático con PLC para suministro de agua a presión constante para mejorar unidades de cuidados intensivos en la clínica providencia.
- Cortijo Leyva, R., & Lumiquinga Sanguano, M. (2019). Control automatico para bombeo de agua con variadores de velocidad para obtener una presion constante. UISRAEL.
- Díaz, H., Trujillo, G., & Román Gonzalez, A. (2019). Diseño De Un Sistema De Control Para Obtener Presión Constante de agua. UCH.
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. *14*, 112-116.
- ingenieria, A. y. (2024). PLC S7 - 1200. Obtenido de <https://aycingenieria.com/plc-s7-1200/>
- Izquierdo Sánchez, R. A., & Valarezo Sánchez, A. F. (2024). Implementación de un módulo mecatrónico de un sistema de llenado de envases galoneros con control de flujo mediante PLC y simulación HMI.
- León Guerrero, S. (2015). Sistema de automatizacion de una estacion de bombeo de agua potable. ESPOL.
- Luque Huaman, J. A. (2023). Propuesta de implementación de sensores de nivel de agua con macromedidor en reservorio R-2 para la identificación temprana de fallos operacionales, Arequipa-2021.
- Mousalli, G. (2015). Métodos y diseños de investigación cuantitativa.
- Palma Vergara, A. L. (2022). Sistema de riego controlado por PLC para la entrega uniforme y precisa de agua en agricultura hidropónica.
- S.A.C, A. C. (2022). UNIDAD DE CONTROL CU240E-2 PN. Lima.
- Sagant. (2024). Los Olivos – Lima – Lima.
- SIEMENS. (2022). SCALANCE XC208G 6GK5208-0GA00-2AC2. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6GK5208-0GA00-2AC2>
- Silva Conde, Á., León Muñoz, K., & Flores Bonilla, C. (2023). Implementación de un sistema automatizado de presión constante en procesos industriales de bombeo de agua para optimizar el consumo energético. Ecuador: UNACH.
- Tafur, R., & Izaguirre, M. (2022). Cómo hacer un proyecto de investigación. Alpha Editorial.
- Valero, D. E. (2019). PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN COORDINADA DE DOS PROTOTIPOS DE ROBOT MANIPULADOR CON DOS AUTOMATAS SIEMENS S7 1200 MEDIANTE COMUNICACION PROFINET, DESARROLLO

DE APLICACIONES SCADA EN MATLAB Y PANTALLA HMI. Valencia: Escuela Técnica Superior Ingeniería Industrial Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/160647/Juan%20San%20Valero%20-%20Proyecto%20de%20automatizaci%3%b3n%20coordinada%20de%20dos%20prototipos%20de%20robot%20manipulador%20con%20dos%20aut%3%b3matas%20Siemens%20S7%201200%20mediante%20comunicaci%3>

Vargas Montero, D. (2019). Diseño e implementación de un sistema hidráulico de presión constante. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Vargas Ortega, G. A. (2022). Sistema de control de manufactura y gestión de producción del bocadillo (bocata) por medio de un proceso de automatización e instrumentación industrial.

Zapata Clavijo, S. (2022). Instrumentación de transductores de presión para medición de gas natural y aguas. Obtenido de <https://tameson.es/pages/transductores-de-presion-como-funcionan#:~:text=Un%20transductor%20de%20presi%C3%B3n%20transforma,presi%C3%B3n%20y%20produce%20una%20se%C3%B1al>.

ANEXOS

Anexo 1. Lista de elementos eléctricos electrónicos

Nº	DESCRIPCION	TIPO DE UNIDAD	CANT.	VALOR UNITARIO	COSTO TOTAL
1	MOTOR ELECTRICO 20HP/RPM3520/230-460V (12930798)	UND	3	\$ 1.610,00	\$ 4.830,00
2	PLC CPU 1214C DC/DC/RLY (6ES7 214-1HG40-0XB0)	UND	1	\$ 591,43	\$ 591,43
3	CANAleta PLASTICA RANURADA 80 x 60 CSC	UND	3	\$ 11,00	\$ 33,00
4	BREAKER 3P/ 44-63 AMP. 440VAC 3VA SIEMENS (3VA1163-5EE32-0AA0)	UND	1	\$ 121,28	\$ 121,28
5	BREAKER 3P/ 56-80 AMP. 440VAC 3VA SIEMENS (3VA1180-5EE32-0AA0)	UND	2	\$ 129,38	\$ 258,75
6	RIEL DIN	UND	1	\$ 1,76	\$ 1,76
7	VARIADOR SINAMICS G120 - PM240-2 30HP 380/480 VAC - SIEMENS 6SL3210-1PE26-0UL0	UND	3	\$ 3.167,38	\$ 9.502,14
8	TRANSFORMADOR DE CONTROL DE 1KVA DE 440V/220V-110V (9T58K2812)	UND	1	\$ 362,96	\$ 362,96
9	BREAKER 3P/ 100-250 AMP. 440VAC 3VA SIEMENS 3VA2225-5HL32-0AA0	UND	1	\$ 487,20	\$ 487,20
10	BORNA SENSORES 4 COND. CON LED 28-12AWG 280-588	UND	5	\$ 9,51	\$ 47,55
11	SWITCH SCALANCE XC108 6GK5108-OBA00-2AC2	UND	1	\$ 679,20	\$ 679,20
12	PLACA FINAL E INTERMEDIA 280-323 1MM BORNAS 4 PISOS	UND	5	\$ 0,53	\$ 2,65
13	BORNERA PARA CABLE # 4 PARA RIEL	UND	9	\$ 4,30	\$ 38,66
14	TERMINAL COMPRESION LARGO #2/0 - EBC	UND	20	\$ 1,86	\$ 37,12
15	SEPARADORES DE BORNAS 8WH9150-OCA00	UND	6	\$ 3,26	\$ 19,58
16	TERMINAL PUNTERA #18-16 AMARILLO-EBC	UND	200	\$ 0,01	\$ 2,94
17	CANAleta PLASTICA RANURADA 60 x 60 x 2 - CSC	UND	5	\$ 8,22	\$ 41,10
18	SOPORTE INCLINADO WAG 210-148	UND	3	\$ 4,21	\$ 12,63
19	PLATINA DE COBRE 2" X 1/4"	UND	2	\$ 24,56	\$ 49,11
20	PERNO A/INOX DE 1/4" x 1-1/4" COMPLETO	UND	12	\$ 0,20	\$ 2,39
21	TERMINAL COMPRESION 8 (SC10-6)	UND	100	\$ 0,19	\$ 19,00
22	CABLE FLEXIBLE # 6	M	115	\$ 2,02	\$ 231,96
23	MODULO SEÑAL ENTRADA 6ES7231-4HF32-0XBO ANALOGICO	UND	1	\$ 567,24	\$ 567,24
24	TERMINAL COMPRESION 4 (SC25-6)	UND	20	\$ 0,39	\$ 7,80
25	TOPE P/BORNERA 8WA1808 SIEMENS	UND	4	\$ 0,81	\$ 3,23
26	PLACA FINAL E INTERMEDIA WAGO COLOR NARANJA 280-343	UND	4	\$ 0,54	\$ 2,16
27	UNIDAD DE CONTROL CU240 E-2 PROFINET/ETHERNET IP 6SL3244-0BB12-1FA0	UND	3	\$ 324,80	\$ 974,40
28	PANEL DE PROGRAMACION IOP SINAMICS G120- SIEMENS 6SL3255-0AA00-4JA2	UND	3	\$ 173,42	\$ 520,26
29	CABLE FLEXIBLE #18	M	100	\$ 0,15	\$ 14,67
30	FUENTE DE PODER SITOP 10 AMP 120 230V 24VDC 6EP1334-3BA10 COD: S18481	UND	1	\$ 334,08	\$ 334,08
31	PULSADOR NEGRO DE 22 (XB4-BP21)	UND	1	\$ 11,12	\$ 11,12
32	CONECTOR RJ45 ROBUSTO METALICO 180° 6GK1901-1BB10-2AA0	UND	10	\$ 32,48	\$ 324,80
33	PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA DE GIRO (XB5-AS542)	UND	1	\$ 19,91	\$ 19,91
34	RELE AUXILIAR ENCHUFE DE 5 A 3 CONM.24 VDC PT370024	UND	3	\$ 6,48	\$ 19,44
35	SELECTOR DE 2 POSICIONES XB4-BJ21/BD21 (3SU1100-2BF60-1BA0)	UND	1	\$ 14,00	\$ 14,00

36	LICUADORA COLOR ROJO DE 110/220V	UND	1	\$ 22,95	\$ 22,95
37	CABLE SUPERFLEXIBLE #2/0 MCM AWG	M	300	\$ 9,03	\$ 2.708,70
38	CABLE FLEXIBLE # 8	M	100	\$ 1,31	\$ 130,54
39	TEE GALV. P/CANAleta 30 - COMPLETO	UND	1	\$ 26,54	\$ 26,54
40	CODO EXTERNO GALV. P/CANAleta DE 30 - COMPLETO	UND	1	\$ 23,13	\$ 23,13
41	SIMATIC HMI, KTP900 - 6AV2123-2JB03-0AX0	UND	1	\$ 2.103,80	\$ 2.103,80
42	SENSOR DE NIVEL RADAR G1 ASEPTOFLEX 10M PNP-NPN (LW2120)	UND	1	\$ 2.089,05	\$ 2.089,05
43	JUEGO DE MONTAJE P/LW2XXX (E33706)	UND	1	\$ 216,12	\$ 216,12
44	EXTENSION DE ANTENA LW2120 (E33705)	UND	1	\$ 185,72	\$ 185,72
45	CABLE P/COMUNICACION PROFINET INDUST. ETHERNET - SIEMENS	M	15	\$ 3,91	\$ 58,65
46	BORNERA 8WH SIEMENS 1P - 26-10AWG P/TIERRA	UND	3	\$ 2,21	\$ 6,62
47	BORNA DE DOBLE PISO WAGO 280 - 530	UND	13	\$ 3,22	\$ 41,86
48	BREAKER DE 2P x 4AMP. PARA RIEL	UND	5	\$ 15,35	\$ 76,76
49	BREAKER DE 2P x 50AMP. PARA RIEL	UND	1	\$ 16,26	\$ 16,26
50	LUMINARIA LED 6W 110-230VAC P/TABLERO	UND	1	\$ 72,89	\$ 72,89
51	AISLADOR T/ESCAL 4P 41MM 5/8 S/TORNILLO - CSC	UND	2	\$ 6,69	\$ 13,38
52	CONDULET EN "LB" DE 2" PARA FUNDA SELLADA	UND	2	\$ 11,91	\$ 23,82
53	CONDULET EN "T" DE 2" PARA FUNDA SELLADA	UND	2	\$ 11,06	\$ 22,12
54	TUBERIA RIGIDA 2"	UND	8	\$ 21,94	\$ 175,53
55	CONDULET TIPO "LR" DE 2"	UND	3	\$ 13,00	\$ 39,00
56	ABRAZADERA DE TUBO DE 2" PARA CHANEL	UND	12	\$ 0,62	\$ 7,44
57	RIEL CHANEL DE 40 x 20 x 3000	UND	2	\$ 6,50	\$ 13,00
58	TUBO CUADRADO H/N DE 3 x 2 x 2 x 6MTS	UND	1	\$ 30,16	\$ 30,16
59	TUBERIA RIGIDA 3/4"	UND	6	\$ 6,00	\$ 35,97
60	ADAPTADOR CONEXION ASEPT VARIO G1 A G1/2 (IFM)	UND	1	\$ 164,97	\$ 164,97
61	ACCESORIO SERPENTIN P/SENSOR PRESION 1/2 (IFM)	UND	1	\$ 105,74	\$ 105,74
62	CABLE CONCENTRICO 4 x 8	M	100	\$ 5,17	\$ 517,19
63	CONECTOR DE 1/2" PARA FUNDA SELLADA	UND	10	\$ 0,84	\$ 8,43
64	ABRAZADERA DE TUBO DE 1/2" PARA CHANEL	UND	10	\$ 0,24	\$ 2,35
65	CABLE CONECTOR HEMBRA ANGULAR APANTALLADO M12 5PIN 20M (IFM)	UND	2	\$ 122,13	\$ 244,26
66	CABLE CONECTOR HEMBRA RECTO APANT M12 5PIN 50M (IFM)	UND	1	\$ 269,04	\$ 269,04
67	BUSHING A/INOX DE 2" x 1-1/4"	UND	2	\$ 3,72	\$ 7,43
68	CONECTOR CURVO DE 1-1/4" PARA FUNDA SELLADA	UND	4	\$ 3,93	\$ 15,71
69	PRENSA ESTOPA PLASTICA DE 1/2"	UND	3	\$ 0,41	\$ 1,23
70	CONECTOR CURVO DE 1/2" PARA FUNDA SELLADA	UND	2	\$ 0,92	\$ 1,83
SUBTOTAL					\$ 29.663,72
DESCUENTO					2%
IVA					15%
TOTAL, DE LA COTIZACIÓN					\$ 33.520,00

Anexo 2. Caratula

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



INSTITUTO UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI - FORTIDEX S.A.

DIAGRAMAS ELECTRICOS

Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua para la Empresa FORTIDEX S.A. Especializada en la Producción de Harina de Pescado y Camarón.

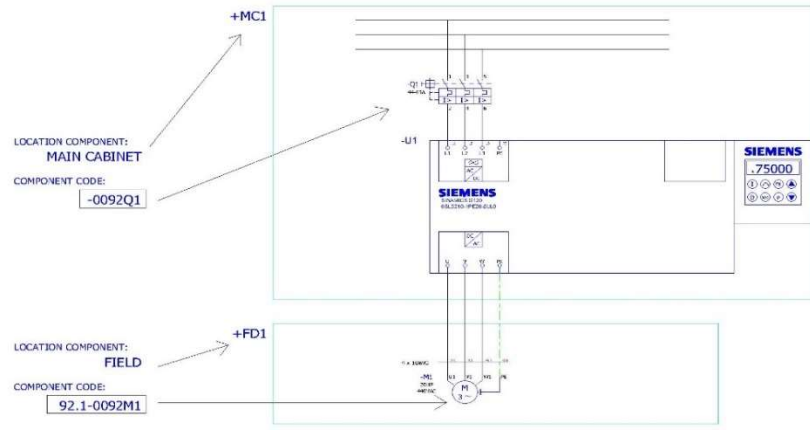


Número de Proyecto : FTD_TAU_0005

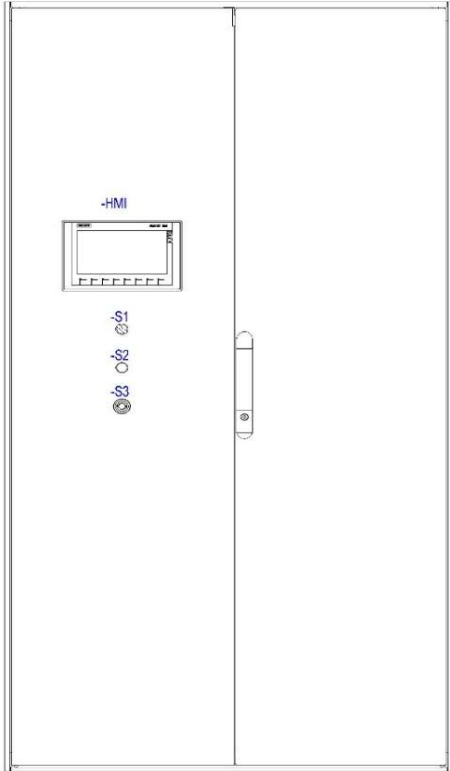
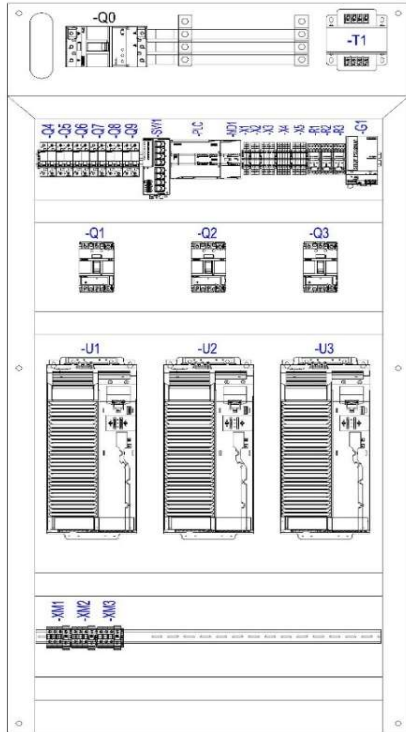
Año de Fabricación : Año 2025

REV. NO. 2025-02	ISSUED BY:	DESIGN BY:	DRAW BY:		SYSTEM TYPE:	ELEMENTARY DIAGRAM:	CONT.ON.SH	SH.NO.
REV. DATE. 2025-02-20	J. FERNANDO RODRIGUEZ	J. FERNANDO RODRIGUEZ	J. FERNANDO RODRIGUEZ		SISTEMA DE BOMBEO PRESIÓN CONSTANTE	CARATULA	2	1

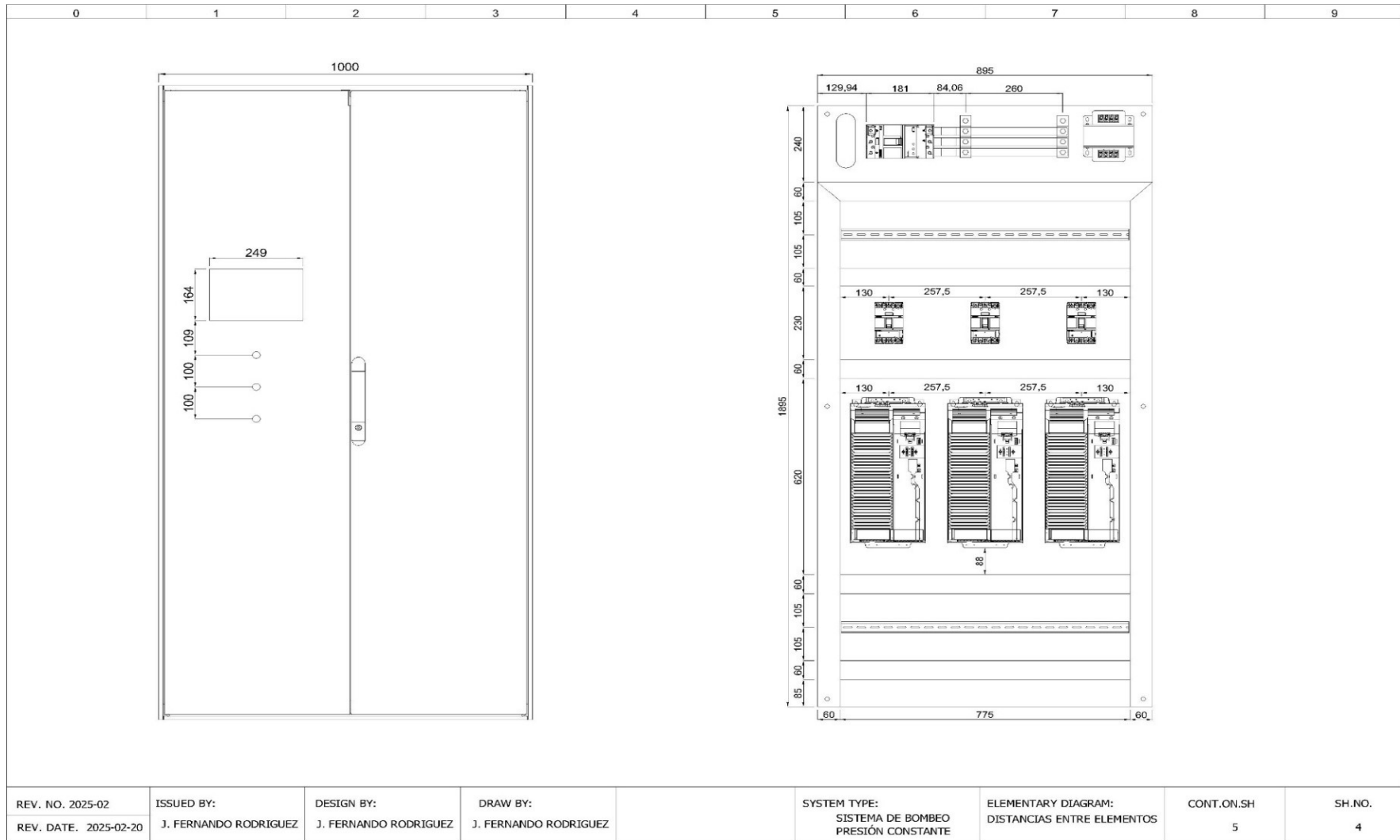
Anexo 3. Información

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																												
CABINET COMPONENT CODING : - PPPFX.S where: PPPPPage of the diagramm where the component is represented FIdentification letter of the component type (see list) X SPROGRESSIVE NUMBER					COMPONENT TYPE LIST: <table><thead><tr><th colspan="5">MAIN CABINET BILL OF MATERIAL</th></tr><tr><th>ITEM</th><th>TAGS</th><th>MFG</th><th>CATALOG</th><th>DESCRIPTION</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>-Q1</td><td>SIEMENS</td><td>3VA2225-5HL32-0AA0</td><td>BREAKER 3P/ 100-250 AMP</td></tr><tr><td rowspan="3">2</td><td>-Q1</td><td rowspan="3">SIEMENS</td><td rowspan="3">3VA1180-5EE32-0AA0</td><td rowspan="3">BREAKER 3P/ 56-80 AMP</td></tr><tr><td>-Q2</td></tr><tr><td>-Q3</td></tr><tr><td rowspan="6">3</td><td>-Q4</td><td rowspan="6">SCHNEIDER</td><td rowspan="6">A9F74204</td><td rowspan="6">BREAKER DE 2P x 4AMP</td></tr><tr><td>-Q5</td></tr><tr><td>-Q6</td></tr><tr><td>-Q7</td></tr><tr><td>-Q8</td></tr><tr><td>-Q9</td></tr><tr><td rowspan="3">4</td><td>-U1</td><td rowspan="3">SIEMENS</td><td rowspan="3">6SL3210-1PE26-0UL0</td><td rowspan="3">VARIADOR SINAMICS G120 - PM240-2 30HP 380/480 VAC</td></tr><tr><td>-U2</td></tr><tr><td>-U3</td></tr><tr><td rowspan="3">5</td><td>-M1</td><td rowspan="3">WEG</td><td rowspan="3">12930798</td><td rowspan="3">MOTOR ELECTRICO 20HP/RPM3520/230-460V</td></tr><tr><td>-M2</td></tr><tr><td>-M3</td></tr><tr><td>6</td><td>-G1</td><td>SIEMENS</td><td>6EP1334-3BA10</td><td>FUENTE DE PODER SITOP 10 AMP 120 230V 24VDC</td></tr><tr><td>7</td><td>-T1</td><td>ABB</td><td>9T58K2812</td><td>TRANSF. 1KVA 240-480/120-240 V</td></tr><tr><td>8</td><td>-SW1</td><td>SIEMENS</td><td>6GK5108-0BA00-2AC2</td><td>SWITCH SCALANCE XC108</td></tr><tr><td>9</td><td>-PLC</td><td>SIEMENS</td><td>6ES7 214-1HG40-0XB0</td><td>PLC CPU 1214C DC/DC/RL</td></tr><tr><td>10</td><td>-MD1</td><td>SIEMENS</td><td>6ES7231-4HF32-0XB0</td><td>MODULO ENTRADAS ANALOGICAS</td></tr><tr><td>11</td><td>-HMI</td><td>SIEMENS</td><td>6AV2123-2JB03-0AX0</td><td>HMI KTP900</td></tr><tr><td>12</td><td>-S1</td><td>SIEMENS</td><td>3SU1100-2BF60-1BA0</td><td>SELECTOR 2 POSICIONES 22MM</td></tr><tr><td>13</td><td>-S2</td><td>SCHNEIDER</td><td>XB4-BP21</td><td>PULSADOR NEGRO 22MM</td></tr><tr><td>14</td><td>-S3</td><td>SCHNEIDER</td><td>XB5-AS542</td><td>PARADA DE EMERGENCIA 22MM</td></tr><tr><td rowspan="3">15</td><td>-R1</td><td rowspan="3">SIEMENS</td><td rowspan="3">PT370024</td><td rowspan="3">RELE AUXILIAR ENCHUFE DE 5 A 3 CONM.24 VDC</td></tr><tr><td>-R2</td></tr><tr><td>-R3</td></tr><tr><td>16</td><td>-BT1</td><td>IFM</td><td>PG2458</td><td>SENSOR DE PRESION</td></tr><tr><td>17</td><td>-BT2</td><td>IFM</td><td>LW2120</td><td>SENSOR DE NIVEL RADAR G1 ASEPTOFLEX 10M PNP-NPN</td></tr></tbody></table>					MAIN CABINET BILL OF MATERIAL					ITEM	TAGS	MFG	CATALOG	DESCRIPTION	1	-Q1	SIEMENS	3VA2225-5HL32-0AA0	BREAKER 3P/ 100-250 AMP	2	-Q1	SIEMENS	3VA1180-5EE32-0AA0	BREAKER 3P/ 56-80 AMP	-Q2	-Q3	3	-Q4	SCHNEIDER	A9F74204	BREAKER DE 2P x 4AMP	-Q5	-Q6	-Q7	-Q8	-Q9	4	-U1	SIEMENS	6SL3210-1PE26-0UL0	VARIADOR SINAMICS G120 - PM240-2 30HP 380/480 VAC	-U2	-U3	5	-M1	WEG	12930798	MOTOR ELECTRICO 20HP/RPM3520/230-460V	-M2	-M3	6	-G1	SIEMENS	6EP1334-3BA10	FUENTE DE PODER SITOP 10 AMP 120 230V 24VDC	7	-T1	ABB	9T58K2812	TRANSF. 1KVA 240-480/120-240 V	8	-SW1	SIEMENS	6GK5108-0BA00-2AC2	SWITCH SCALANCE XC108	9	-PLC	SIEMENS	6ES7 214-1HG40-0XB0	PLC CPU 1214C DC/DC/RL	10	-MD1	SIEMENS	6ES7231-4HF32-0XB0	MODULO ENTRADAS ANALOGICAS	11	-HMI	SIEMENS	6AV2123-2JB03-0AX0	HMI KTP900	12	-S1	SIEMENS	3SU1100-2BF60-1BA0	SELECTOR 2 POSICIONES 22MM	13	-S2	SCHNEIDER	XB4-BP21	PULSADOR NEGRO 22MM	14	-S3	SCHNEIDER	XB5-AS542	PARADA DE EMERGENCIA 22MM	15	-R1	SIEMENS	PT370024	RELE AUXILIAR ENCHUFE DE 5 A 3 CONM.24 VDC	-R2	-R3	16	-BT1	IFM	PG2458	SENSOR DE PRESION	17	-BT2	IFM	LW2120	SENSOR DE NIVEL RADAR G1 ASEPTOFLEX 10M PNP-NPN
MAIN CABINET BILL OF MATERIAL																																																																																																																					
ITEM	TAGS	MFG	CATALOG	DESCRIPTION																																																																																																																	
1	-Q1	SIEMENS	3VA2225-5HL32-0AA0	BREAKER 3P/ 100-250 AMP																																																																																																																	
2	-Q1	SIEMENS	3VA1180-5EE32-0AA0	BREAKER 3P/ 56-80 AMP																																																																																																																	
	-Q2																																																																																																																				
	-Q3																																																																																																																				
3	-Q4	SCHNEIDER	A9F74204	BREAKER DE 2P x 4AMP																																																																																																																	
	-Q5																																																																																																																				
	-Q6																																																																																																																				
	-Q7																																																																																																																				
	-Q8																																																																																																																				
	-Q9																																																																																																																				
4	-U1	SIEMENS	6SL3210-1PE26-0UL0	VARIADOR SINAMICS G120 - PM240-2 30HP 380/480 VAC																																																																																																																	
	-U2																																																																																																																				
	-U3																																																																																																																				
5	-M1	WEG	12930798	MOTOR ELECTRICO 20HP/RPM3520/230-460V																																																																																																																	
	-M2																																																																																																																				
	-M3																																																																																																																				
6	-G1	SIEMENS	6EP1334-3BA10	FUENTE DE PODER SITOP 10 AMP 120 230V 24VDC																																																																																																																	
7	-T1	ABB	9T58K2812	TRANSF. 1KVA 240-480/120-240 V																																																																																																																	
8	-SW1	SIEMENS	6GK5108-0BA00-2AC2	SWITCH SCALANCE XC108																																																																																																																	
9	-PLC	SIEMENS	6ES7 214-1HG40-0XB0	PLC CPU 1214C DC/DC/RL																																																																																																																	
10	-MD1	SIEMENS	6ES7231-4HF32-0XB0	MODULO ENTRADAS ANALOGICAS																																																																																																																	
11	-HMI	SIEMENS	6AV2123-2JB03-0AX0	HMI KTP900																																																																																																																	
12	-S1	SIEMENS	3SU1100-2BF60-1BA0	SELECTOR 2 POSICIONES 22MM																																																																																																																	
13	-S2	SCHNEIDER	XB4-BP21	PULSADOR NEGRO 22MM																																																																																																																	
14	-S3	SCHNEIDER	XB5-AS542	PARADA DE EMERGENCIA 22MM																																																																																																																	
15	-R1	SIEMENS	PT370024	RELE AUXILIAR ENCHUFE DE 5 A 3 CONM.24 VDC																																																																																																																	
	-R2																																																																																																																				
	-R3																																																																																																																				
16	-BT1	IFM	PG2458	SENSOR DE PRESION																																																																																																																	
17	-BT2	IFM	LW2120	SENSOR DE NIVEL RADAR G1 ASEPTOFLEX 10M PNP-NPN																																																																																																																	
FIELD COMPONENT CODING : XX.N - PPPFX.S where: XX.NIdentification abbreviation of the machine to wich the component belongs PPPPPage of the diagramm where the component is represented FIdentification letter of the component type (see list) XColumn of the page of the diagram where the component is represented SPROGRESSIVE NUMBER																																																																																																																					
REGULATIONS : IEC 																																																																																																																					
REV. NO. 2025-02	ISSUED BY:	DESIGN BY:	DRAW BY:		SYSTEM TYPE:	ELEMENTARY DIAGRAM:	CONT.ON.SH	SH.NO.																																																																																																													
REV. DATE. 2025-02-20	J. FERNANDO RODRIGUEZ	J. FERNANDO RODRIGUEZ	J. FERNANDO RODRIGUEZ		SISTEMA DE BOMBEO PRESIÓN CONSTANTE	INFORMACION	3	2																																																																																																													

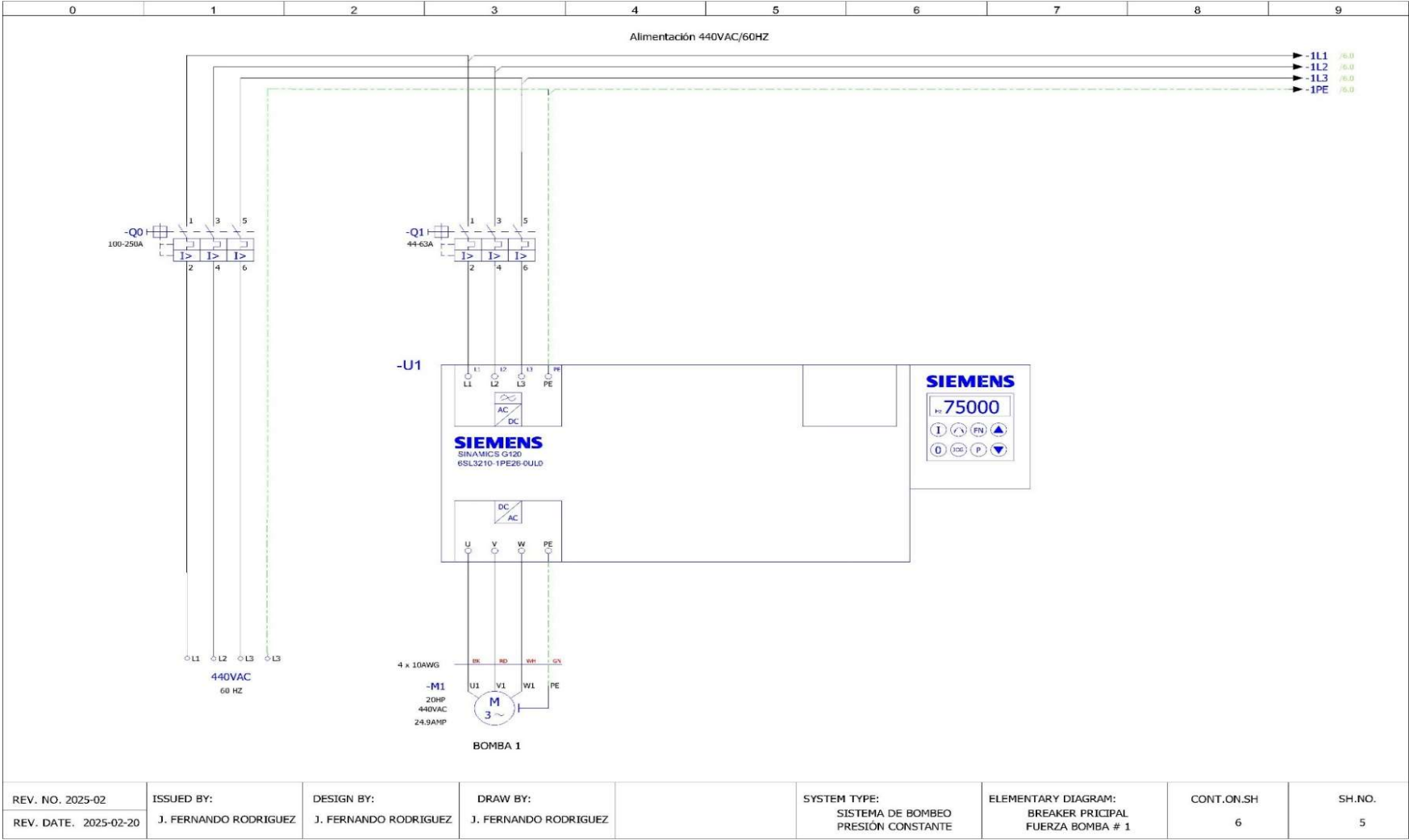
Anexo 4. Vistas frontales exterior e interior

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISTA FRONTAL EXTERIOR					VISTA FRONTAL INTERIOR				
									
REV. NO. 2025-02	ISSUED BY:	DESIGN BY:	DRAW BY:		SYSTEM TYPE:	ELEMENTARY DIAGRAM:	CONT.ON.SH	SH.NO.	
REV. DATE. 2025-02-20	J. FERNANDO RODRIGUEZ	J. FERNANDO RODRIGUEZ	J. FERNANDO RODRIGUEZ		SISTEMA DE BOMBEO PRESIÓN CONSTANTE	VISTA FRONTAL EXTERIOR Y FRONTAL INTERIOR	4	3	

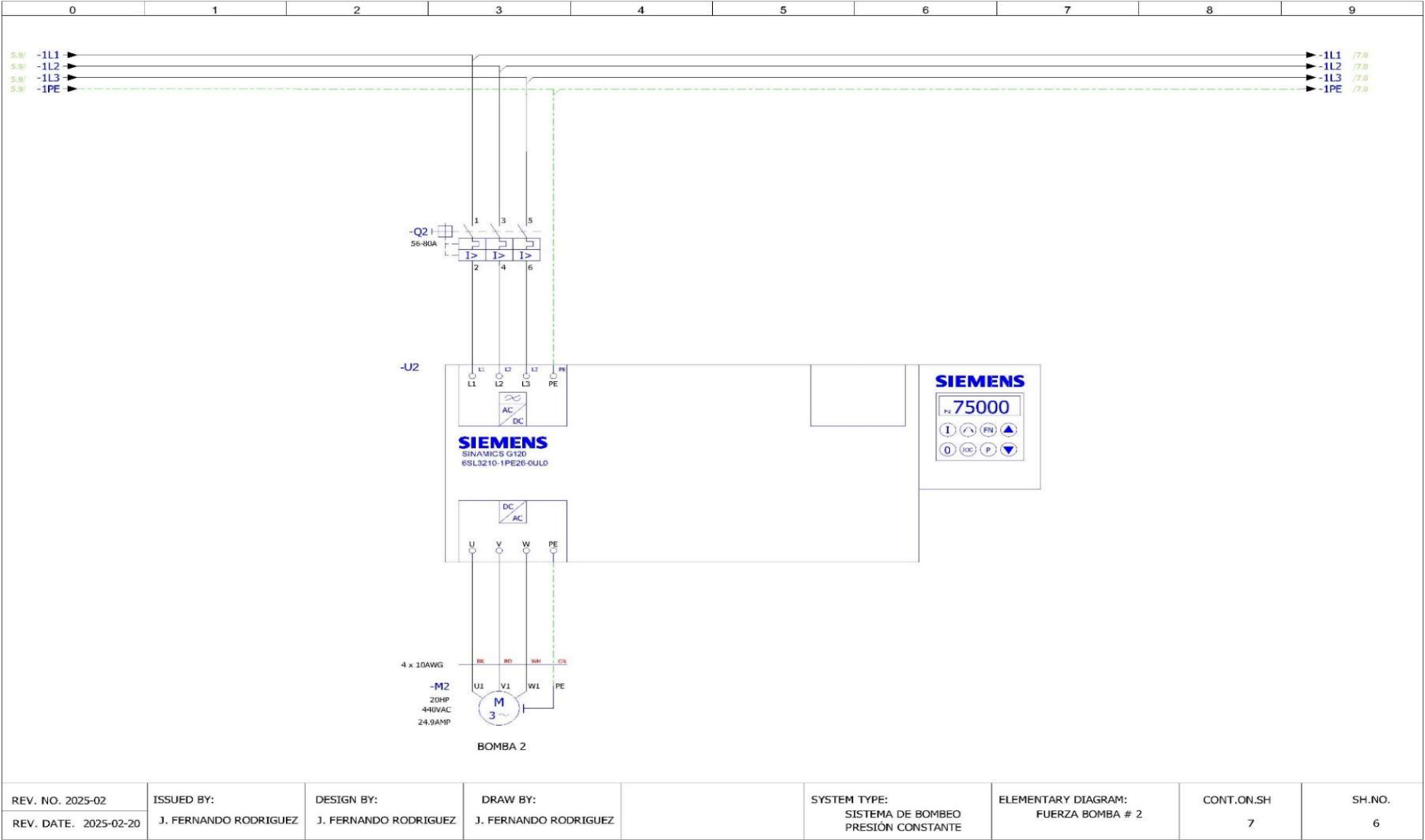
Anexo 5. Distancia entre elementos.



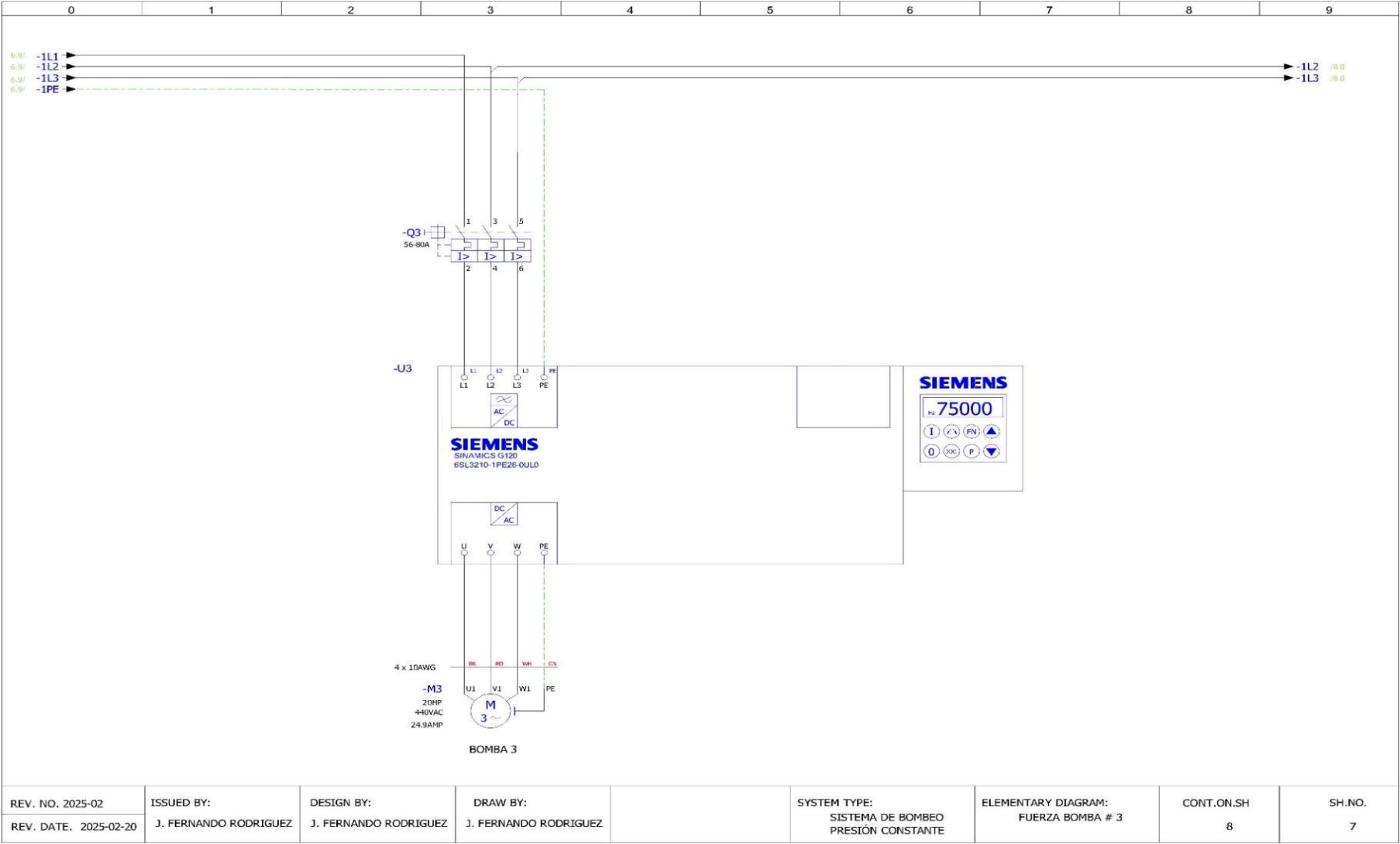
Anexo 6. Breaker principal, Fuerza Bomba # 1.



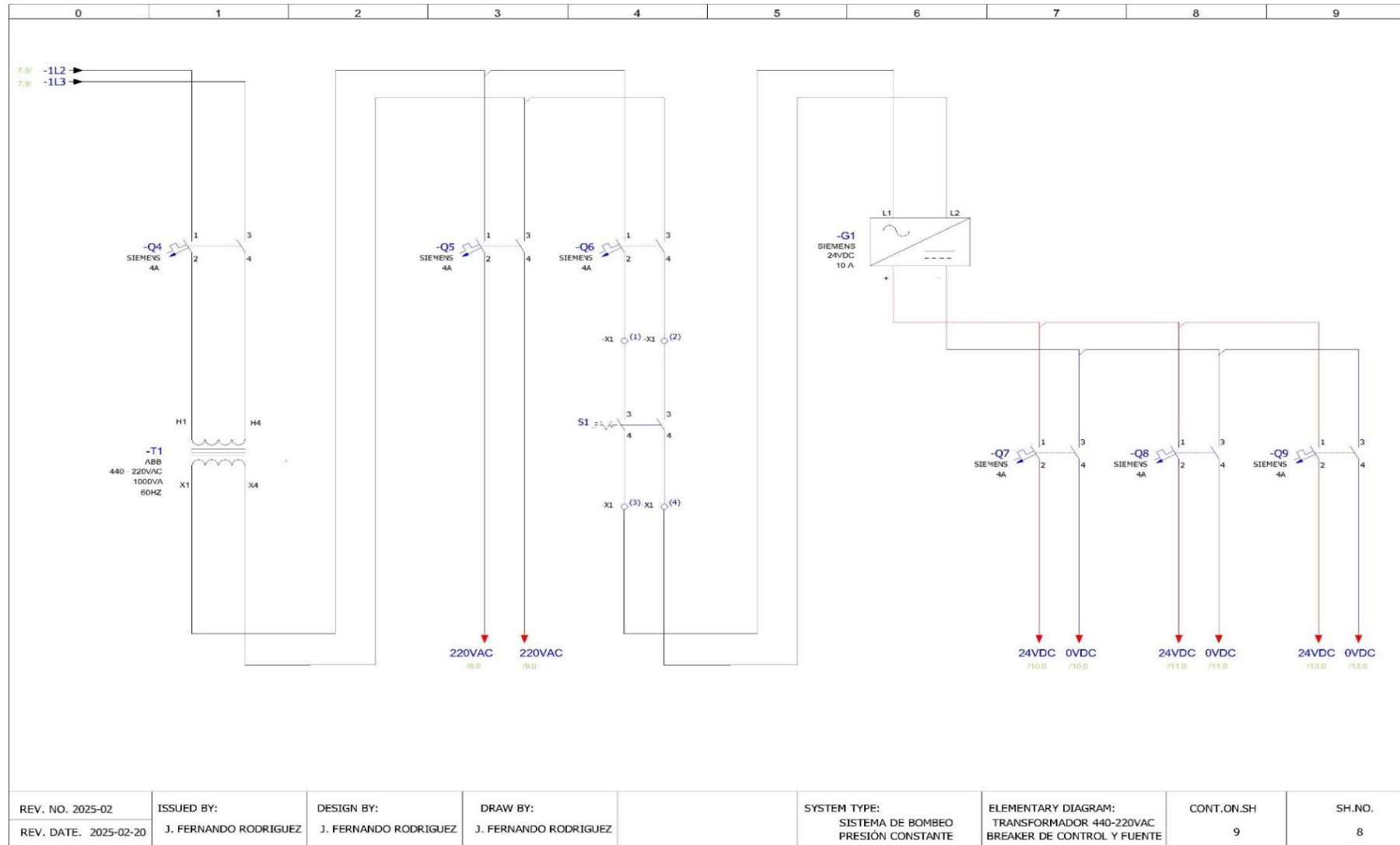
Anexo 7. Fuerza Bomba # 2.



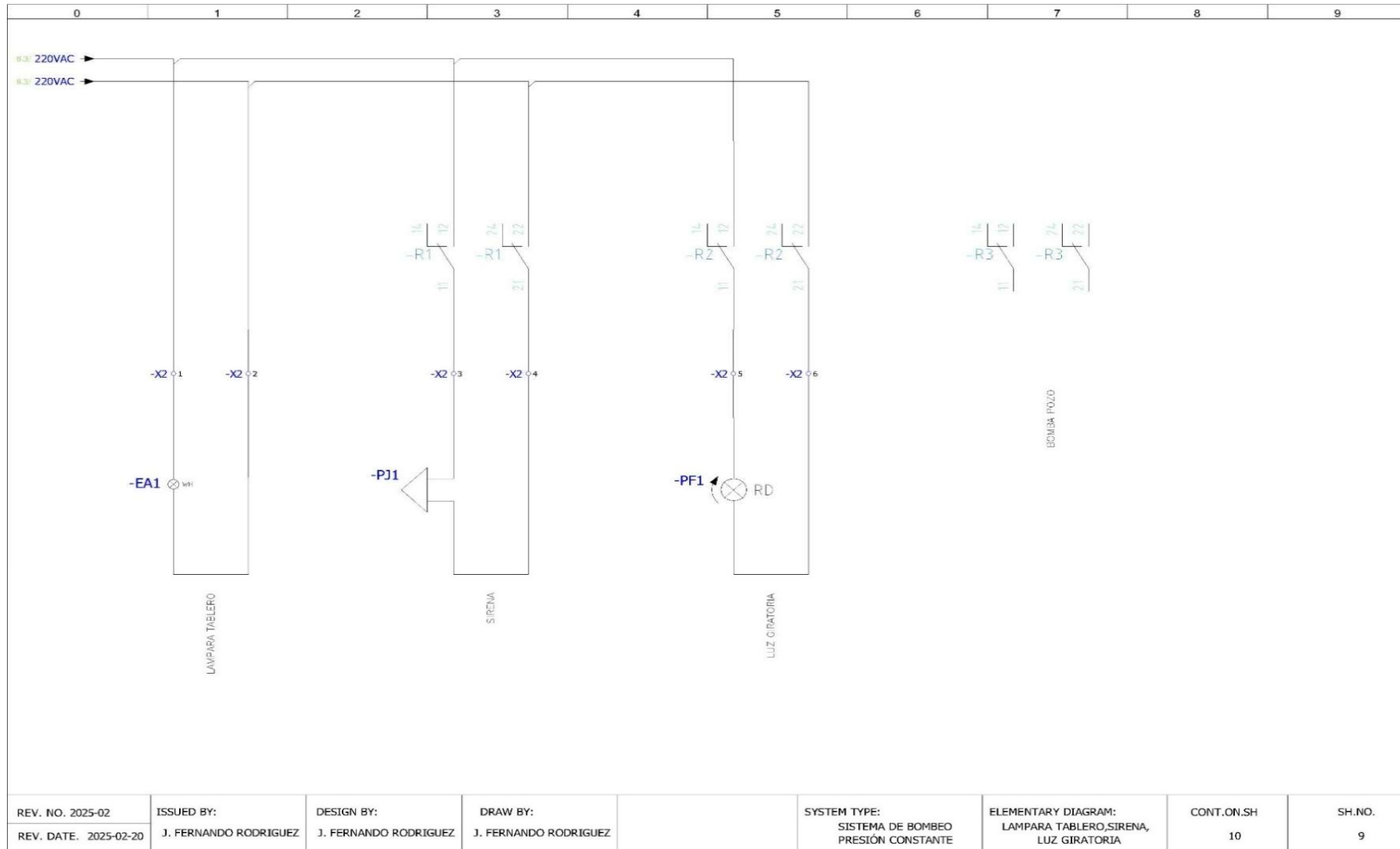
Anexo 8. Fuerza Bomba # 3



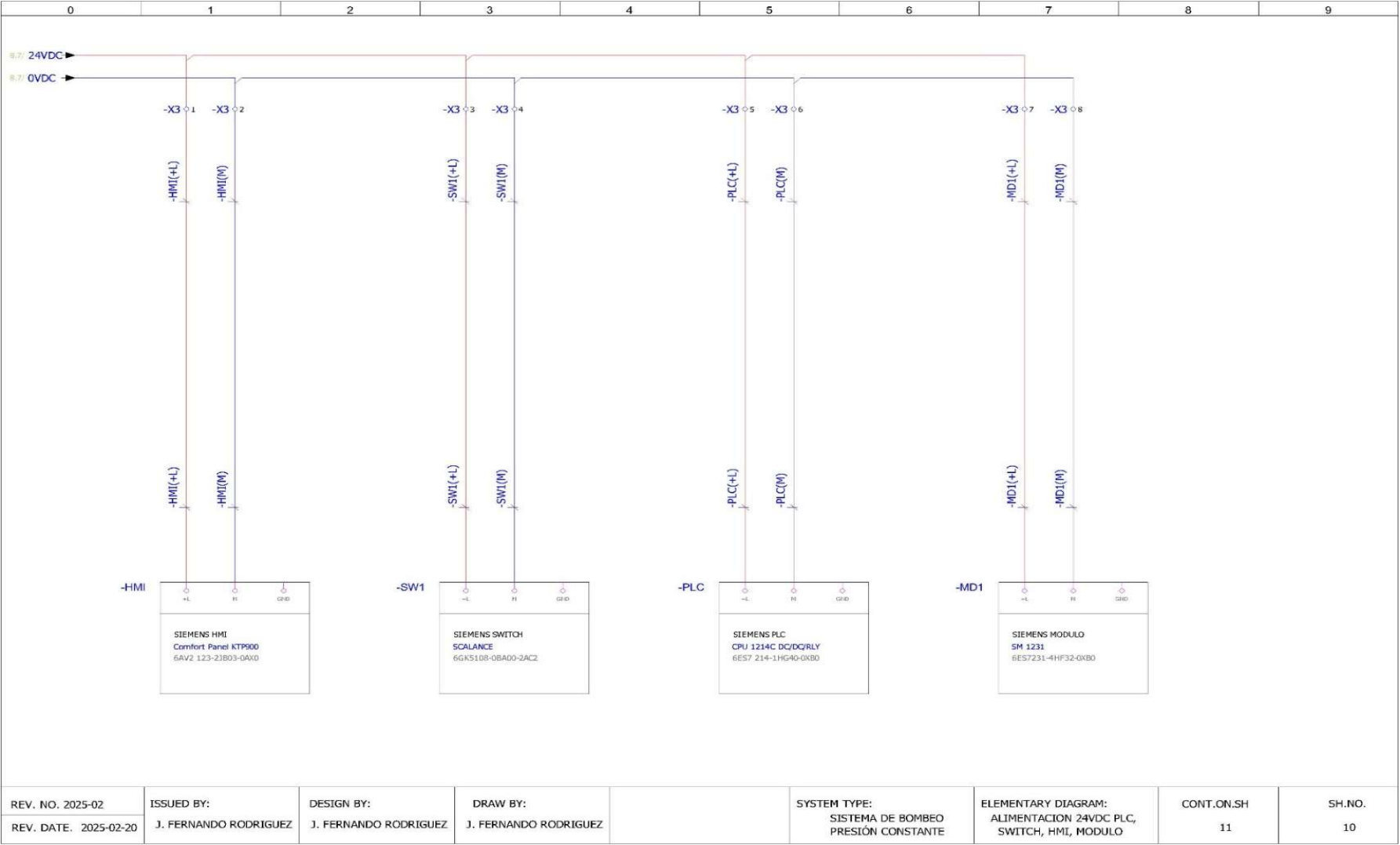
Anexo 9. Transformador 440-220vac, breaker de control y fuente



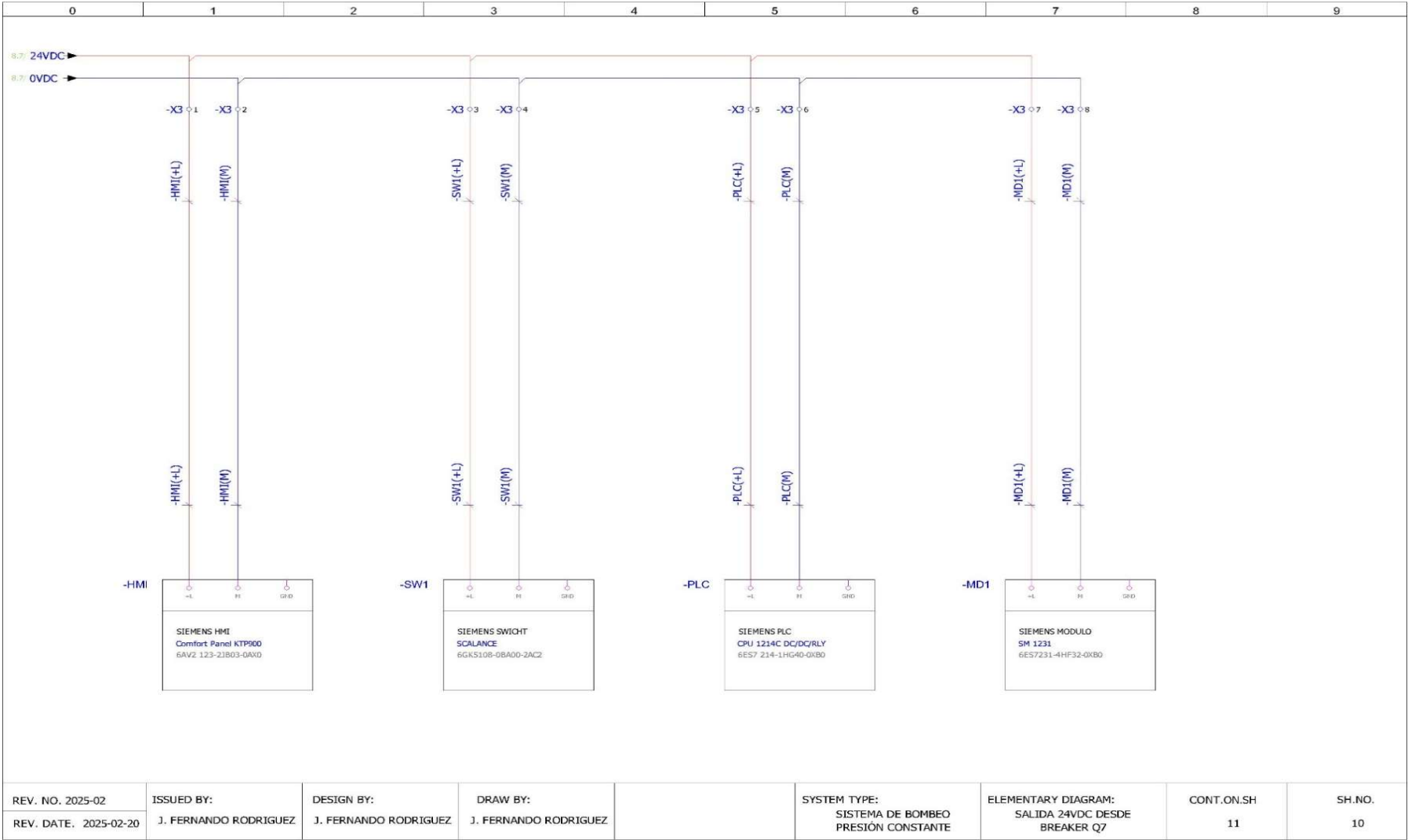
Anexo 10. Lampara tablero, Sirena y luz Giratoria



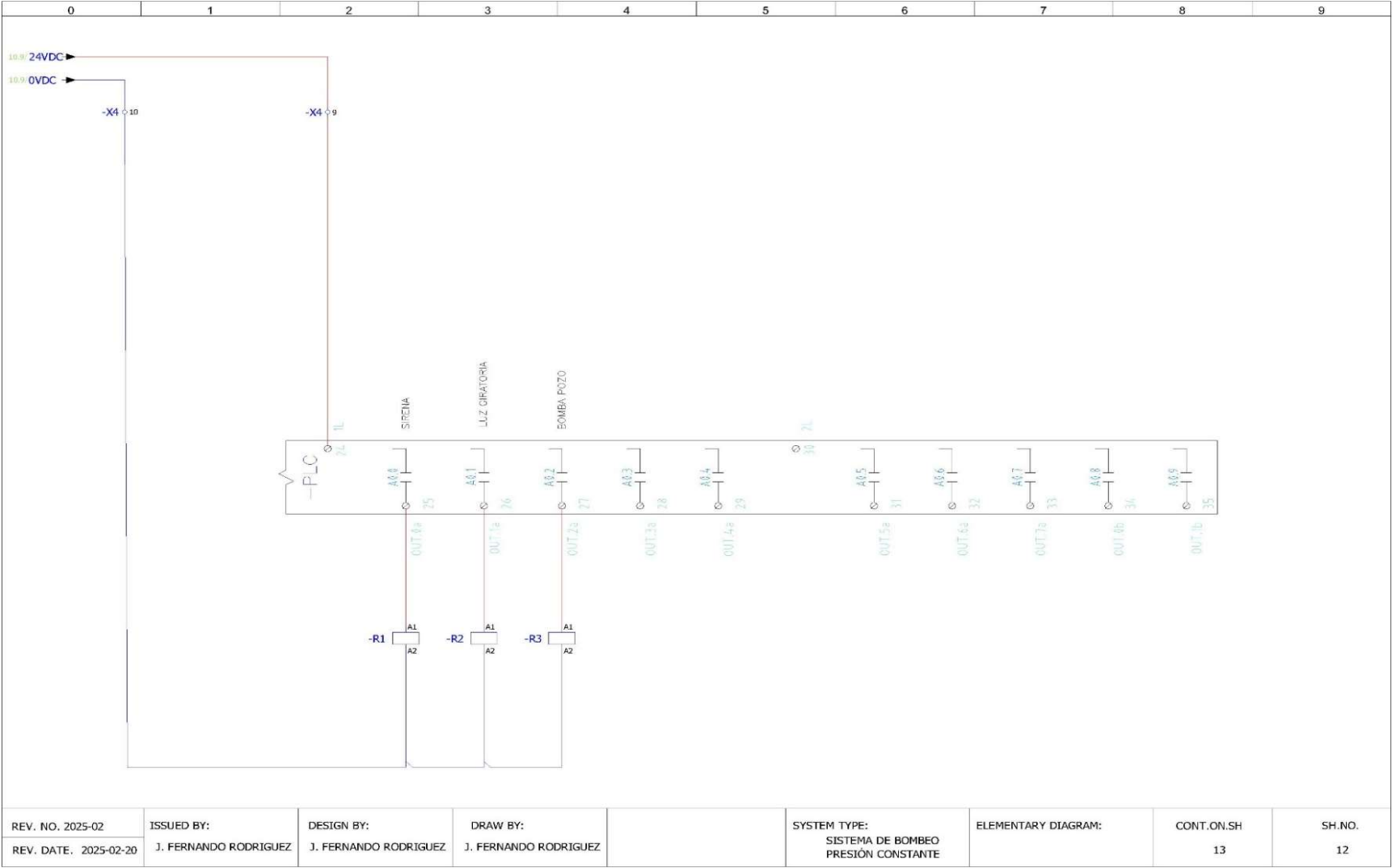
Anexo 11. Alimentación 24vdc HMI, switch, PLC, Módulo



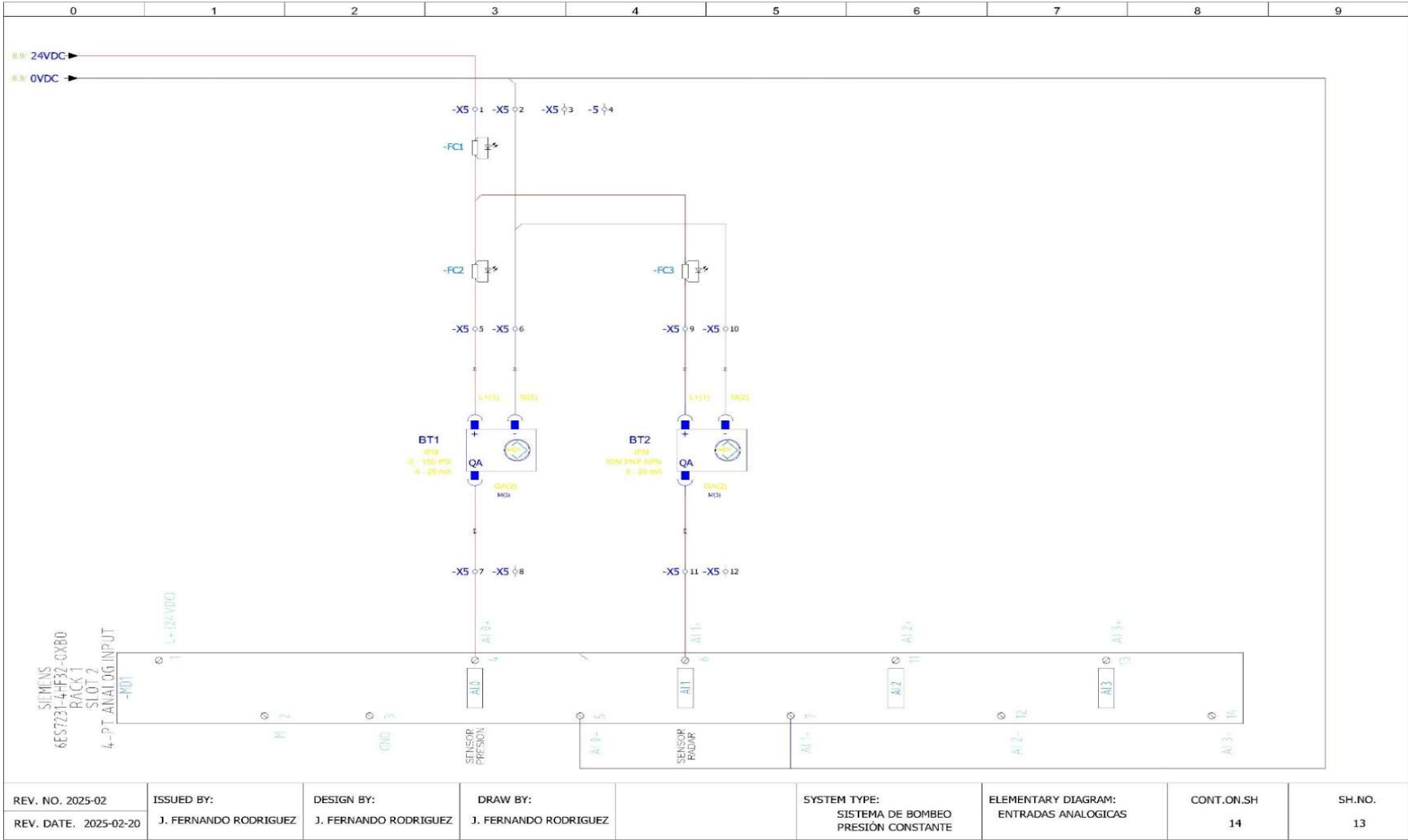
Anexo 12. Entradas digitales



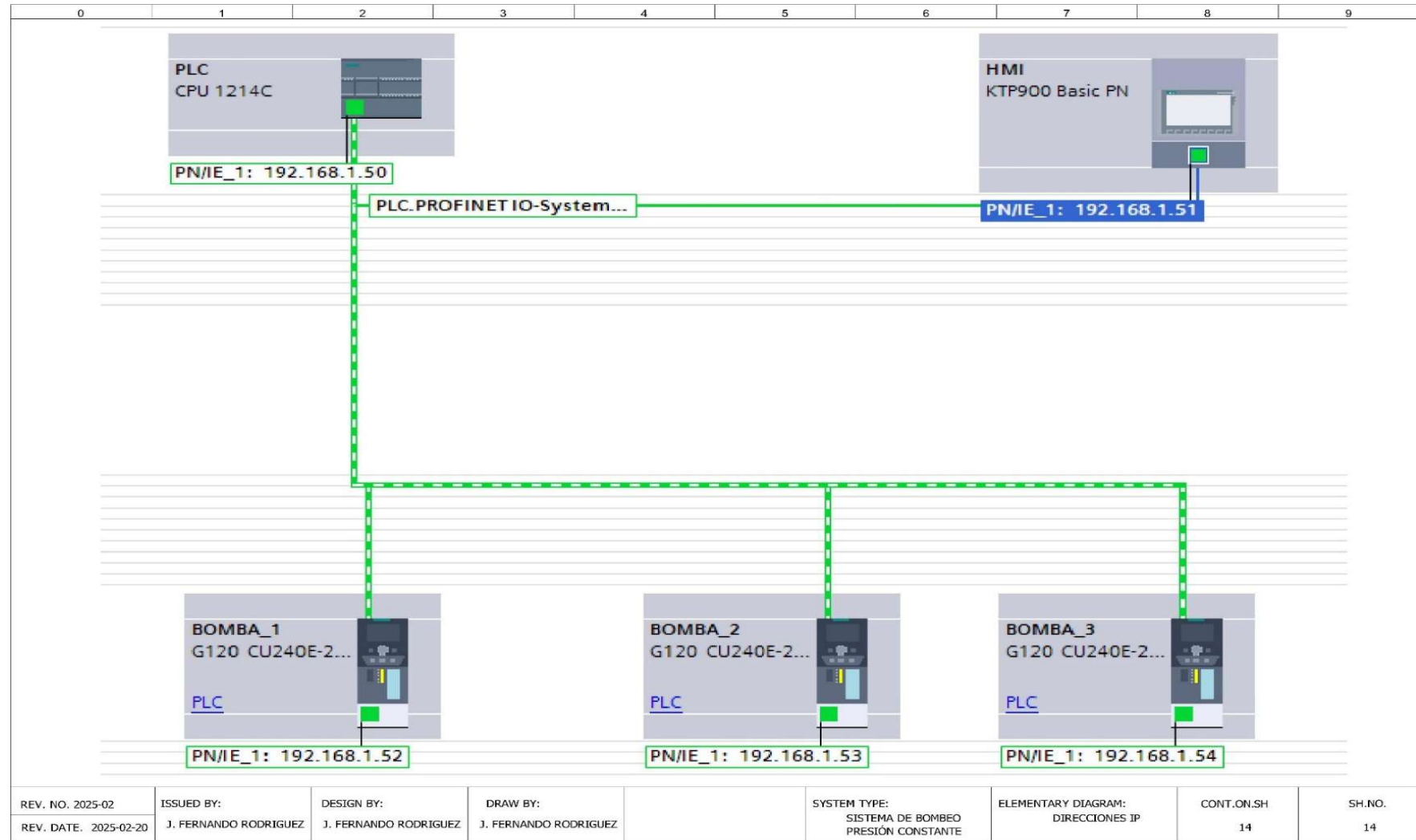
Anexo 13. Salidas digitales



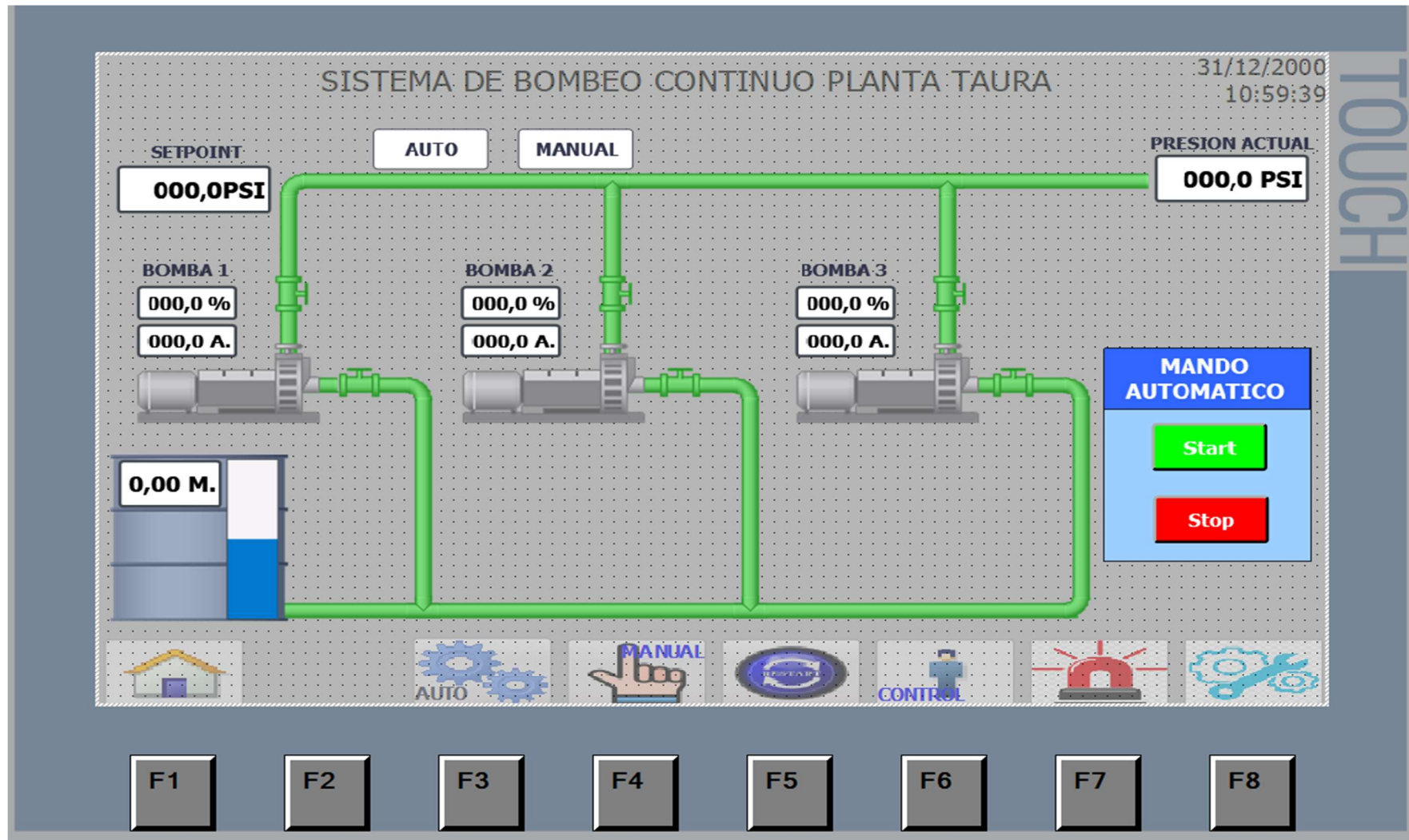
Anexo 14. Entradas Analógica



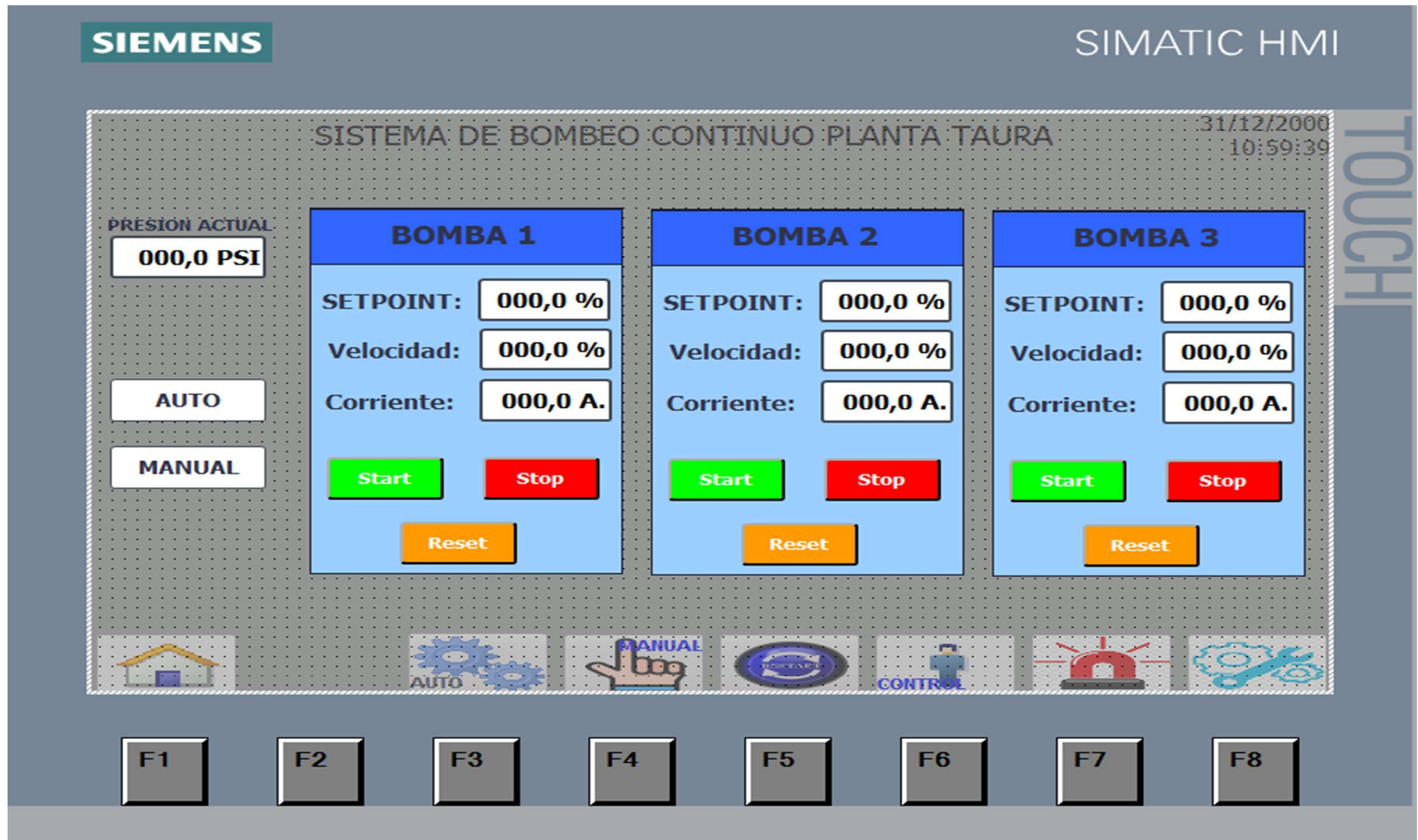
Anexo 15. Direcciones IP



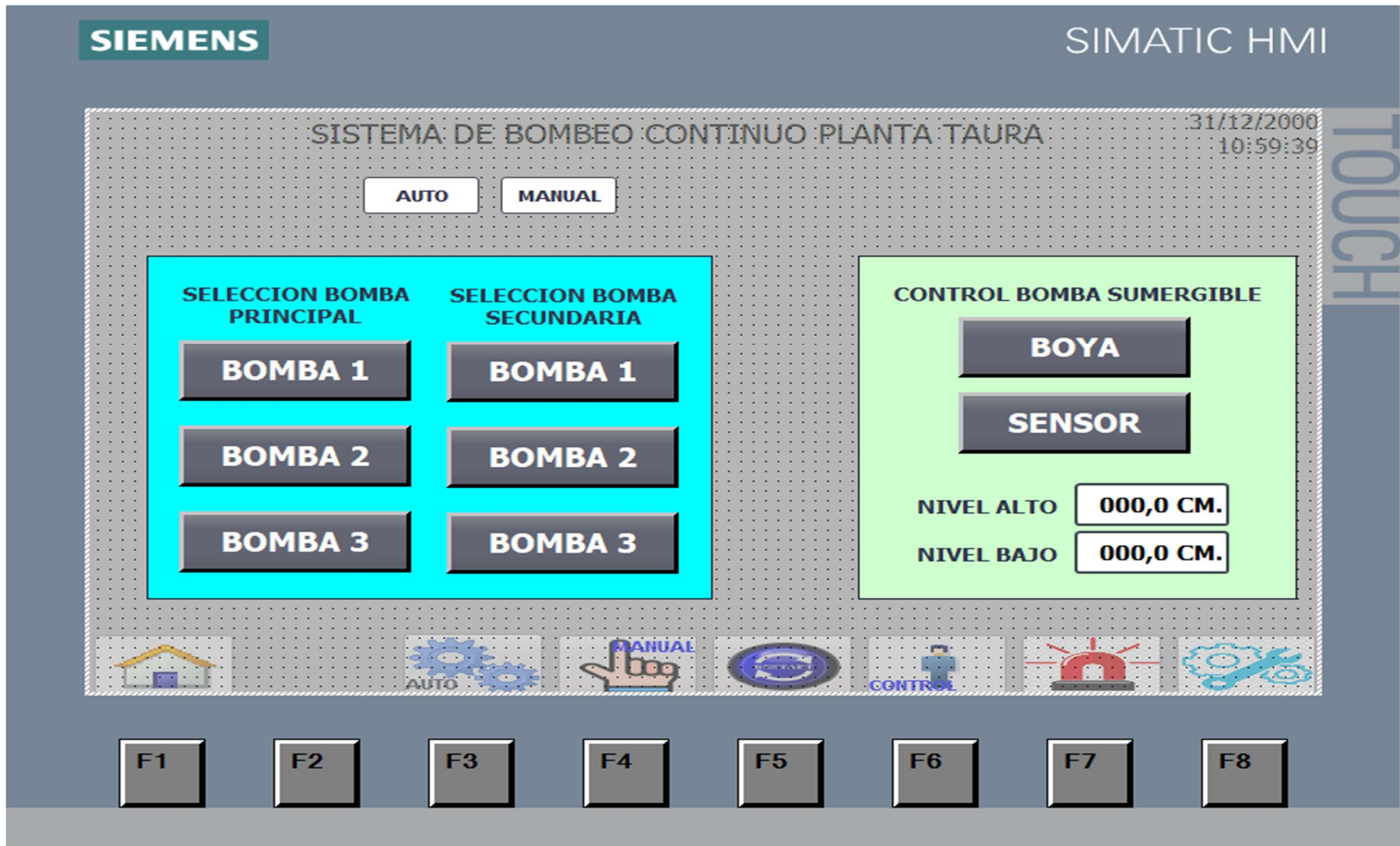
Anexo 16. Pantalla Principal



Anexo 17. Pantalla Mandos Manuales



Anexo 18. Pantalla configuración



Anexo 19. Pantalla Alarmas





MANUAL DE USUARIO

|

Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua – Planta Taura

Departamento Eléctrico

Contenido

Introducción	3
Descripción del Sistema de Bombeo Continuo.....	3
Componentes Principales del Sistema.....	3
Procedimiento de Operación	3
Encendido del sistema.....	4
Monitoreo y Ajustes Durante la Operación.....	4
Mantenimiento.	4
Seguridad.....	4
Anexos.....	4
Cuadro de elementos de control.....	4
Cuadro de botones y campos Principales	5
Cuadro de botones y campos Secundarios	6

Introducción

Este manual tiene como objetivo proporcionar información detallada sobre el Sistema de Bombeo Continuo instalado en la Planta Taura, con el fin de asegurar un uso adecuado y seguro de los equipos mediante el tablero de control. En él se describe el procedimiento de operación.

Descripción del Sistema de Bombeo Continuo

El sistema de bombeo continuo en la Planta Taura está diseñado para asegurar el flujo constante de agua, a través de los conductos de distribución. Este sistema está compuesto por 3 bombas de 20 hp, controles electrónicos, sensores de presión y nivel, y un sistema de monitoreo en tiempo real.

Componentes Principales del Sistema

Bombas

- Se requieren 3 bombas de 20 hp.
- Función: Bombeo continuo del fluido para asegurar el flujo necesario.

Panel de Control

- Descripción de las funcionalidades del panel de control.
- Localización de interruptores, botones principales, botones secundarios y criterios de selección.

Sensores de Nivel

- Función: Medición y control de los niveles de Agua en los tanques de Almacenamiento.

Sensores de Presión

- Función: Medición y control de presión en el sistema.

Procedimiento de Operación

Encendido del Sistema

- Verifique que todas las conexiones eléctricas estén correctamente instaladas.
- Active el **selector de control** girando a la derecha para activar el sistema.
- Asegúrese de que el nivel de los tanques de almacenamiento esté dentro de los parámetros recomendados.
- Verificar que el **set point** este a 74 psi, requeridos para el proceso.
- En la opción de **configuración** se debe seleccionar la bomba principal y secundaria.
- En la pantalla principal seleccione el icono **Auto** y posteriormente el botón **Start** del **Mando Automático**.

Monitoreo y Ajustes Durante la Operación

- Presión: Verifique que la **presión actual** de salida esté dentro del rango del **Set Point** establecido.
- Nivel de tanques: Revise si el sensor de nivel está funcionando correctamente, observando que esté enviando señales de medición en tiempo real.
- Amperaje: observe que la corriente no supere los 16Amp. Máximo en el arranque de la bomba y cuando se estabilice 12 Amp. Si estos valores son superiores comunicar al departamento de mantenimiento para que se planifique su revisión cable recalcar que estos valores fueron obtenidos en las pruebas iniciales de funcionamiento del proyecto.

Mantenimientos

- Pulse el botón “configuración” para que el sistema permita deseleccionar la bomba a la que se va dar mantenimiento.
- En coordinación con el departamento eléctrico y seguridad industrial, aplicar dispositivos de bloqueo en las fuentes de energía eléctrica, para evitar que el equipo se active. Asegúrese de que el bloqueo sea seguro y que no pueda ser desactivado accidentalmente.
- Cerrar las válvulas de entrada y salida de la bomba a intervenir.

Seguridad.

- En caso de necesitar apagar el sistema de presión constante por alguna falla o situación peligrosa pulsar el **Paro de emergencia** situado en la puerta principal del tablero de control.
- En caso de que el sistema encuentre en un error se encenderá una alarma acústica para su posterior verificación en un reporte que se encuentra en la pantalla principal en el botón **Alarma**.
- Para poder desactivar la alarma acústica pulsar **Reset Alarma** situado en la puerta principal del tablero de control.

Anexos

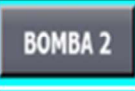
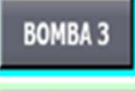
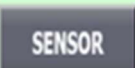
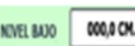
Cuadro de elementos de control.

Nombre del elemento	Detalle	Estilo del botón
Selector de control	Al girar el “Selector de control” hacia la derecha se deberá encender el tablero de fuerza y control del sistema de bombeo.	
Reset Alarma	Al pulsar el botón “Reset Alarma”, deberá parar la alarma acústica.	
Paro de emergencia	Al pulsar el botón “Paro de emergencia”, el sistema deberá apagar inmediatamente todos los equipos del sistema.	

✚ Cuadro de botones y campos Principales

Nombre del botón	Detalle	Estilo del botón
Menú principal	Al hacer clic en el botón "Menú principal", el sistema deberá mostrar la ventana principal.	
Auto	Al hacer clic en el botón "Auto", el sistema deberá cambiar el funcionamiento de manual a automatico.	
Manual	Al hacer clic en el botón "Manual", el sistema deberá cambiar el funcionamiento de automatico a manual.	
Reset	Al hacer clic en el botón "reset" el sistema deberá reiniciar todos los equipos que esten en falla.	
Control	Al hacer clic en el botón "Control", el sistema deberá abrir una ventana donde los usuarios podrán encender las bombas de forma manual	
Alarma	Al hacer clic en el botón "Alarma", el sistema deberá abrir una ventana donde los usuarios podrán visualizar los errores y alertas de los equipos.	
Configuración	Al hacer clic en el botón "Configuración", el sistema deberá abrir una ventana donde el usuario podra seleccionar la bomba primaria y secundaria con los cuales va trabajar.	
Set point	Al hacer clic en el campo de entrada "Set point" se podrá escribir el valor deseado de presión en PSI.	
Presion Actual	En este campo de visual sistema debería mostrar si la presión de salida está por debajo o por encima del set point, indicando si está siendo proporcional o no.	

Cuadro de botones y campos secundarios

Nombre del botón	Detalle	Estilo del botón
Mando Automático	Al hacer clic en el botón "Start" el sistema empieza a correr de forma automática	
Start	Al hacer clic en el botón "Start" el sistema deberá encender la bomba seleccionada.	
Stop	Al hacer clic en el botón "Stop", el sistema deberá detener la bomba seleccionada.	
Reset	Al hacer clic en el botón "Reset", el sistema deberá reiniciar la bomba seleccionada.	
Bomba 1	Al hacer clic en el botón "Bomba 1", el sistema deberá activar dicho equipo con el cual se va trabajar.	
Bomba 2	Al hacer clic en el botón "Bomba 2", el sistema deberá activar dicho equipo con el cual se va trabajar.	
Bomba 3	Al hacer clic en el botón "Bomba 3", el sistema deberá activar dicho equipo con el cual se va trabajar.	
Boya	Al hacer clic en el botón "Boya", el sistema deberá activar dicho equipo con el cual se va trabajar.	
Sensor	Al hacer clic en el botón "Sensor", el sistema deberá activar dicho equipo con el cual se va trabajar.	
Nivel Alto	Al hacer clic en el campo de entrada "Nivel Alto" se podrá escribir el valor máximo de llenado del tanque de almacenamiento en donde la bomba sumergible se apaga.	
Nivel Bajo	Al hacer clic en el campo de entrada "Nivel Bajo" se podrá escribir el valor mínimo de llenado del tanque de almacenamiento en donde la bomba sumergible se enciende.	

Anexo 21. Encuesta 1

ENCUESTA

Proyecto: Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua para la Empresa FORTIDEX S.A.

Objetivo: Evaluar la satisfacción de los usuarios con el sistema implementado y su impacto en la eficiencia operativa de la empresa.

Instrucciones: Marque con una (✓) la opción que mejor refleje su nivel de satisfacción.

1. ¿Cómo evalúa la rapidez y efectividad del sistema en la regulación de la presión de agua?
 - ☒ Muy rápida y efectiva
 - ☐ Adecuada
 - ☐ Lenta pero funcional
 - ☐ Ineficiente
2. ¿Ha percibido una reducción en los costos operativos debido a la automatización del sistema?
 - ☒ Sí, se ha reducido notablemente
 - ☐ Sí, pero en menor medida
 - ☐ No ha habido cambios
 - ☐ No, los costos han aumentado
3. ¿Qué tan fácil es el uso y monitoreo del sistema automatizado?
 - ☒ Muy fácil e intuitivo
 - ☐ Fácil, pero requiere capacitación
 - ☐ Complejo, pero manejable
 - ☐ Muy difícil de usar
4. ¿Recomendaría la implementación de este sistema en otras empresas o sectores?
 - ☒ Sí, sin duda
 - ☐ Sí, pero con algunas mejoras
 - ☐ No estoy seguro/a
 - ☐ No, no lo recomendaría



Anexo 22. Encuesta 2

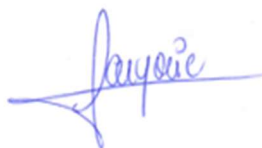
ENCUESTA

Proyecto: Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua para la Empresa FORTIDEX S.A.

Objetivo: Evaluar la satisfacción de los usuarios con el sistema implementado y su impacto en la eficiencia operativa de la empresa.

Instrucciones: Marque con una (✓) la opción que mejor refleje su nivel de satisfacción.

1. ¿Cómo evalúa la rapidez y efectividad del sistema en la regulación de la presión de agua?
 - ☒ Muy rápida y efectiva
 - ☐ Adecuada
 - ☐ Lenta pero funcional
 - ☐ Ineficiente
2. ¿Ha percibido una reducción en los costos operativos debido a la automatización del sistema?
 - ☒ Sí, se ha reducido notablemente
 - ☐ Sí, pero en menor medida
 - ☐ No ha habido cambios
 - ☐ No, los costos han aumentado
3. ¿Qué tan fácil es el uso y monitoreo del sistema automatizado?
 - ☒ Muy fácil e intuitivo
 - ☐ Fácil, pero requiere capacitación
 - ☐ Complejo, pero manejable
 - ☐ Muy difícil de usar
4. ¿Recomendaría la implementación de este sistema en otras empresas o sectores?
 - ☒ Sí, sin duda
 - ☐ Sí, pero con algunas mejoras
 - ☐ No estoy seguro/a
 - ☐ No, no lo recomendaría



Anexo 23. Encuesta 3

ENCUESTA

Proyecto: Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Presión Constante de Agua para la Empresa FORTIDEX S.A.

Objetivo: Evaluar la satisfacción de los usuarios con el sistema implementado y su impacto en la eficiencia operativa de la empresa.

Instrucciones: Marque con una (✓) la opción que mejor refleje su nivel de satisfacción.

1. ¿Cómo evalúa la rapidez y efectividad del sistema en la regulación de la presión de agua?

- ☒ Muy rápida y efectiva
- ☐ Adecuada
- ☐ Lenta pero funcional
- ☐ Ineficiente

2. ¿Ha percibido una reducción en los costos operativos debido a la automatización del sistema?

- ☒ Sí, se ha reducido notablemente
- ☐ Sí, pero en menor medida
- ☐ No ha habido cambios
- ☐ No, los costos han aumentado

3. ¿Qué tan fácil es el uso y monitoreo del sistema automatizado?

- ☒ Muy fácil e intuitivo
- ☐ Fácil, pero requiere capacitación
- ☐ Complejo, pero manejable
- ☐ Muy difícil de usar

4. ¿Recomendaría la implementación de este sistema en otras empresas o sectores?

- ☒ Sí, sin duda
- ☐ Sí, pero con algunas mejoras
- ☐ No estoy seguro/a
- ☐ No, no lo recomendaría

