



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO

Diseño de un sistema SCADA para integrar las estaciones de Bombeo de aguas negras en la provincia de Santa Elena

AUTOR

Chalen Rojas José Alfredo

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

TUTOR

Ing. Byron Xavier Lima Cedillo, Msc.

Santa Elena, Ecuador

Año 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**Ing. Alicia Andrade Vera, Msc.
COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

**Ing. Byron Xavier Lima Cedillo, Msc.
TUTOR**

**Ing. Luis Chuquimarca Jimenez, Msc.
DOCENTE
ESPECIALISTA**

**Ing. Junior Figueroa Olmedo, Msc.
DOCENTE
ESPECIALISTA**

**Abg. Maria Rivera Gonzalez, Msc.
SECRETARIO GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Chalen Rojas José Alfredo como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización.

TUTOR

Ing. Byron Xavier Lima Cedillo, Msc.

Santa Elena, 21 de octubre del 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Chalen Rojas José Alfredo

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Diseño de un Sistema SCADA para Integrar las Estaciones de Bombeo de Aguas Negras en la Provincia de Santa Elena, previo a la obtención del título en Magíster en Electrónica y Automatización, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 21 de octubre de 2024

EL AUTOR


Chalen Rojas José Alfredo



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA INSTITUTO
DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado, Diseño de un sistema SCADA para integrar las estaciones de Bombeo de aguas negras en la provincia de Santa Elena, presentado por el estudiante, Chalen Rojas Jose Alfredo fue enviado al Sistema Anti plagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS FINAL JOSE CHALEN.

2%
Textos sospechosos

2% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
3% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: TESIS FINAL JOSE CHALEN_.docx	Depositante: BYRON XAVIER LIMA CEDILLO	Número de palabras: 5735
ID del documento: 1c006e7e3ebd55e0b111b1c972030c2a4171a08e	Fecha de depósito: 13/8/2024	Número de caracteres: 38.853
Tamaño del documento original: 1,27 MB	Tipo de carga: Interface	
	fecha de fin de análisis: 13/8/2024	

TUTOR

Ing. Byron Xavier Lima Cedillo, Msc.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Chalen Rojas José Alfredo

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de examen complejo con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo de examen complejo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, 21 de octubre de 2024

EL AUTOR

Chalen Rojas José Alfredo

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a Dios, quien guía mis pasos y me brinda la fortaleza necesaria para superar cada reto que se presenta en el camino.

A mis padres, por su amor incondicional y sus oraciones, que siempre me acompañan, y a mi familia, por ser mi soporte en los momentos de incertidumbre.

Agradezco también a mis profesores y mentores, que con su sabiduría y paciencia han iluminado mi camino académico.

A cada persona que, con una palabra de aliento o un gesto amable, ha contribuido a que este proyecto se haga realidad, les extiendo mi más sincero agradecimiento. Que Dios les bendiga siempre. ¡Mil gracias!

Chalen Rojas José Alfredo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las mujeres más importantes de mi vida: a mi amada esposa, por su amor, paciencia y apoyo incondicional en cada paso de este camino; a mis dos preciosas hijas, que son mi inspiración diaria y me recuerdan la belleza de la vida con cada sonrisa; y a mi querida madre, cuyo sacrificio y cariño me han dado la fuerza para alcanzar mis sueños. Ustedes son la luz que guía mi camino y la razón por la que sigo adelante. Con todo mi amor y gratitud, este logro es también de ustedes.

Chalen Rojas José Alfredo

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
AUTORIZACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	4
2.1. Formulación del problema de investigación:	4
2.2. Objetivo General:	4
2.3. Objetivos Específicos:.....	4
2.4. Planteamiento hipotético: Idea a Defender	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Definición y concepto de SCADA	5
3.2. Enrutador Industrial.....	5
3.3. Switch Industrial	5
3.4. Historia y evolución del SCADA en la gestión de infraestructuras	6
3.5. Componentes básicos de un sistema SCADA.....	6
3.6. Planta de tratamiento de aguas residuales	7
3.7. Normas técnicas	7
3.7.1. IEC 61131 Controladores Programables Industriales	7
3.7.2. IEC 60364 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión.....	7
3.7.3. IEC 61850 Sistemas y Comunicaciones en Redes Eléctricas	7
3.7.4. IEEE C37.1 Requisitos Estándar para Control y Supervisión SCADA.....	8

4.	METODOLOGÍA	9
4.1.	Implementación del sistema	9
4.1.1.	Análisis de requisitos:	9
4.1.2.	Evaluación de infraestructura existente:	9
4.1.3.	Identificación de componentes clave:	9
4.1.4.	Diseño de la arquitectura SCADA:	9
4.2.	Selección de tecnología:	9
4.2.1.	DIACloud Router DX-3021L9:	10
4.2.2.	Delta DIAView SCADA System:	10
4.2.3.	Delta Switch Ethernet DVS-008I00:	10
4.2.4.	Delta Managed Switch DVS-109W02-1GE:	10
5.	DESARROLLO	11
5.1.	Diagrama de Sistema SCADA	11
5.1.1.	Estaciones de Bombeo	11
5.1.2.	Alarmas y Fecha/Hora.....	11
5.1.3.	Servicios en la Nube.....	12
5.2.	Dispositivos y Conectividad.....	12
5.2.1.	PLC (Programmable Logic Controller).....	12
5.2.2.	HMI (Human Machine Interface)	12
5.2.3.	VFD (Variable Frequency Drive)	12
5.2.4.	Switch Ethernet y Comunicaciones.....	12
5.2.5.	Router Industrial.....	12
5.3.	Servidor y Software SCADA	12
5.4.	Descripción de la interfaz.....	13
5.4.1.	Barra de herramientas.....	13
5.4.2.	Lista de Proyectos	13
5.4.3.	Panel de Navegación	14
5.4.4.	Propiedades y Objetos	14

5.5.	Componentes y Elementos Visualizados	15
5.5.1.	Pumps (Bombas)	15
5.5.2.	Sensores de Presión (PT).....	15
5.5.3.	Interfaz del Sistema	15
5.5.4.	Diagrama de Tuberías y Tanque:	16
5.5.5.	Indicadores de Nivel:	16
5.6.	Interfaz de control o monitoreo	16
5.6.1.	Encabezado Superior	17
5.6.2.	Paneles de Control de las Bombas	17
5.6.3.	Indicadores de la Bomba	17
5.6.4.	Botones de Control:.....	17
5.7.	Tabla de datos.....	18
5.7.1.	Name (Nombre).....	18
5.7.2.	Variable Type (Tipo de variable)	19
5.7.3.	Initial Value (Valor inicial)	19
5.7.4.	Retentive Value (Valor retentivo)	19
5.7.5.	Minimum Value y Maximum Value (Valor mínimo y máximo).....	19
5.7.6.	Deadband, Decimal Digit, Eng Units.....	19
5.8.	Monitorear en presión y flujo.....	19
5.8.1.	Título y Sección del Panel.....	20
5.8.2.	Gráficos de Presión y Flujo	20
5.8.3.	Ejes	20
5.8.4.	Curvas de Tendencia	20
5.8.5.	Controles y Navegación	20
5.9.	Control de velocidad variable	21
5.9.1.	Etiquetas de las Bombas.....	21
5.9.2.	Controladores VFD (Variador de Frecuencia).....	21

5.9.3.	Indicadores de Giro	21
5.9.4.	Parámetros de Velocidad (PV_SPEED).....	22
5.9.5.	Estado de las Bombas (STATUS).....	22
5.9.6.	Menú de Navegación.....	22
5.9.7.	Fecha y Hora:	22
5.10.	Sistema de bombeo y control de presión.....	23
5.10.1.	Bombeo y Tanque de Cisternas.....	23
5.10.2.	Tuberías y Válvulas.....	23
5.10.3.	Tanque de Presión	24
5.10.4.	Medidores y Parámetros.....	24
5.10.5.	Modos de Operación:	24
5.10.6.	Interfaz de Usuario	24
5.11.	Análisis de la eficiencia de las bombas	25
5.11.1.	Gráfico de Eficiencia de Bombas (Izquierda)	25
5.11.2.	Gráfico Histórico de Eficiencia de Bombas (Derecha).....	25
5.11.3.	Observaciones	26
5.11.4.	Funcionalidad:.....	26
5.12.	Configuración de alarmas.....	27
5.12.1.	Nombre de las Variables de Alarma	27
5.12.2.	Variables Asociadas	28
5.12.3.	Nivel de Alarma	28
5.12.4.	Configuración de la Alarma	28
5.12.5.	Firma de Aceptación	28
5.13.	Costos de equipos y mano de obra.....	29
6.	RESULTADOS.....	30
7.	CONCLUSIONES	32
8.	RECOMENDACIÓN	33

9. REFERENCIAS.....	34
10. ANEXOS	35
10.1. Anexo 1: Especificaciones Técnicas de los Equipos Utilizados	35
10.2. Anexo 2: Plan de Implementación del Sistema SCADA	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costo de Equipos y Mano de Obra	29
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de conexión Cloud Service.....	11
Figura 2 Creación de Proyecto	13
Figura 3 Conexión de estación 1	15
Figura 4 Home de Estación 1	16
Figura 5 Variables a utilizar	18
Figura 6: Curvas de tendencia.....	19
Figura 7: Alarmas.....	21
Figura 8: Interfaz.....	23
Figura 9: Eficiencia de bombas.....	25
Figura 10 Codificación de alarmas.....	27

RESUMEN

La implementación de un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) en las Estaciones de Bombeo de aguas negras en la provincia de Santa Elena. El objetivo es mejorar la gestión del tratamiento de aguas residuales, mitigando riesgos ambientales y para la salud pública. Se emplea una metodología que incluye análisis de requisitos, evaluación de infraestructura, identificación de componentes clave y selección de tecnología. Los resultados esperados incluyen una supervisión centralizada en tiempo real, detección anticipada de fallos y respuesta ágil ante emergencias. Se anticipa que esta implementación reducirá los tiempos de respuesta, mitigará riesgos ambientales y promoverá la sostenibilidad. En conclusión, la adopción del SCADA tendrá impactos positivos en eficiencia operativa, protección del medio ambiente, economía local y calidad de vida de los residentes.

Palabras claves: SCADA, gestión de aguas residuales, sostenibilidad.

ABSTRACT

The implementation of a Control and Data Acquisition System (SCADA) in the sewage Pumping Stations in the province of Santa Elena. The objective is to improve wastewater treatment management, mitigating environmental and public health risks. A methodology is used that includes requirements analysis, infrastructure evaluation, identification of key components and technology selection. Expected results include real-time centralized monitoring, early failure detection, and agile emergency response. This implementation is anticipated to reduce response times, mitigate environmental risks, and promote sustainability. In conclusion, the adoption of SCADA will have positive impacts on operational efficiency, environmental protection, local economy and quality of life of residents.

Keywords: SCADA, wastewater management, sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente del tratamiento de aguas negras protege la salud pública y el medio ambiente al eliminar contaminantes y microorganismos dañinos de las aguas residuales antes de reintegrarlas al entorno. Además de garantizar la salud de la población, este enfoque fomenta la sostenibilidad al reciclar recursos hídricos y minimizar el impacto ambiental de las actividades humanas (Mercado Guzmán, 2020).

La gestión del tratamiento de aguas negras es un desafío crucial en la provincia de Santa Elena, donde se encuentran dispersas aproximadamente cuarenta Estaciones de Bombeo (Orrala, 2017). Estas instalaciones son vitales para procesar las aguas residuales y mantener la salud pública y la integridad del medio ambiente. Sin embargo, se han identificado una serie de problemas operativos que requieren atención inmediata. Entre ellos, destacan la obsolescencia de los sistemas de control, la falta de monitoreo en tiempo real y la ineficiencia en la detección temprana de fallas.

Uno de los principales desafíos radica en la distancia significativa entre las Estaciones de Bombeo y la Central de Operaciones, lo que resulta en tiempos de respuesta prolongados ante problemas o fallas en el sistema. Esta demora ha generado situaciones críticas, como desbordamientos de aguas negras en las calles, provocando contaminación ambiental y riesgos para la salud pública. Además, la falta de un sistema de información eficiente dificulta la detección temprana y la respuesta rápida a eventos en las Estaciones de Bombeo. La comunicación lenta y la falta de monitoreo en tiempo real contribuyen a una gestión ineficiente y a la escalada de problemas (Gonzalez, 2019).

Para abordar estos desafíos, se propone que el SCADA, diseñado para integrar y supervisar las Estaciones de Bombeo de manera centralizada. Este sistema permitirá un monitoreo en tiempo real. La adopción de esta tecnología no solo mejorará la eficiencia operativa de las Estaciones de Bombeo, sino que también tendrá un impacto positivo en la protección del medio ambiente y en el bienestar de la sociedad en general (Quevedo, 2020).

En este contexto, este documento presenta una propuesta detallada para el diseño e implementación de un SCADA en las Estaciones de Bombeo de la provincia de Santa Elena. Se describen los componentes del sistema, como el DIACloud Router DX-3021L9, y se establecen los protocolos de comunicación, la programación del SCADA y las normativas de diseño ergonómico y comunicación inalámbrica que se seguirán durante la implementación.

La propuesta permitirá la optimización de la gestión del tratamiento de aguas residuales en la provincia de Santa Elena mediante la implementación del SCADA en las Estaciones de Bombeo de aguas negras. Este enfoque facilitará una supervisión centralizada en tiempo real, detección anticipada de fallos y respuesta ágil ante emergencias. Se espera que esta iniciativa conduzca a una mejora significativa en la eficiencia operativa de las estaciones, reduciendo los tiempos de respuesta y mitigando los riesgos asociados con desbordamientos de aguas negras.

Este documento se estructura en varias secciones clave, comenzando con una Introducción que contextualiza la problemática del tratamiento de aguas negras en la provincia de Santa Elena y la necesidad de modernizar las Estaciones de Bombeo mediante un SCADA. Marco Teórico aborda los fundamentos técnicos y teóricos relacionados con los sistemas SCADA y su relevancia en la gestión de aguas residuales. La Metodología describe el enfoque del proyecto de implementación, detallando los componentes tecnológicos, protocolos de comunicación y normativas de diseño ergonómico y comunicación inalámbrica. Discusión de Resultados, se analizan las implicaciones sociales, económicas y medioambientales de la adopción del SCADA, así como los beneficios esperados en términos de eficiencia operativa y protección del medio ambiente. Finalmente, en Conclusiones y Recomendaciones, se sintetizan los hallazgos principales y se proponen acciones futuras para garantizar una gestión hídrica más sostenible en la región.

Este documento este compuesto por seis secciones:

La introducción se aborda la problemática del tratamiento de aguas en la provincia de Santa Elena. Se describe la importancia de este tema debido a la necesidad de garantizar el acceso a agua potable de calidad y la gestión eficiente de los recursos hídricos en la región. Se justifica la relevancia del proyecto destacando los beneficios ambientales, sociales y económicos que conlleva el adecuado tratamiento de aguas residuales. Los objetivos del proyecto se definen con claridad, incluyendo la implementación de un sistema SCADA para optimizar el monitoreo y control de los procesos de tratamiento de aguas.

El marco teórico o revisión de literatura: En esta sección, se realiza una revisión de la literatura relacionada con el tratamiento de aguas y la implementación de sistemas SCADA en proyectos similares.

La metodología del proyecto detalla los pasos necesarios para llevar a cabo la implementación del sistema SCADA en las plantas de tratamiento de aguas de Santa Elena. Se describe el diseño del estudio, que incluye la selección de equipos y software adecuados, así

como la configuración de sensores y actuadores para la adquisición de datos y el control remoto de los procesos.

Los resultados obtenidos tras la implementación del sistema SCADA en las plantas de tratamiento de aguas de Santa Elena. Se muestran los datos recopilados durante el monitoreo de los procesos de tratamiento, así como los controles realizados a través del sistema SCADA.

La discusión se centra en la interpretación de los resultados obtenidos y en su relación con los objetivos del proyecto y el marco teórico establecido.

Las conclusiones se resumen a la contribución del proyecto al campo del tratamiento de aguas y al desarrollo sostenible de la provincia de Santa Elena. Se ofrecen recomendaciones para futuras investigaciones y proyectos en este ámbito.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1. Formulación del problema de investigación:

¿Cómo se puede mejorar la gestión del tratamiento de aguas negras en la provincia de Santa Elena, considerando los problemas operativos identificados en las Estaciones de Bombeo, como la obsolescencia de los sistemas de control, la falta de monitoreo en tiempo real y la ineficiencia en la detección temprana de fallas?

2.2. Objetivo General:

Diseñar un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) en las Estaciones de Bombeo de aguas negras en la provincia de Santa Elena para el mejoramiento de la gestión del tratamiento de aguas residuales y mitigar los riesgos ambientales y para la salud pública.

2.3. Objetivos Específicos:

- Identificar los problemas operativos existentes en las Estaciones de Bombeo de aguas negras en la provincia de Santa Elena.
- Diseñar un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) adecuado para las necesidades específicas de las Estaciones de Bombeo en la provincia.
- Analizar las implicaciones sociales, económicas y medioambientales de la implementación del SCADA en la provincia de Santa Elena.

2.4. Planteamiento hipotético: Idea a Defender

La implementación de un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) en las Estaciones de Bombeo de aguas negras en la provincia de Santa Elena mejorará significativamente la eficiencia operativa del tratamiento de aguas residuales, reducirá los tiempos de respuesta ante emergencias y mitigará los riesgos ambientales y para la salud pública asociados con desbordamientos de aguas negras.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Definición y concepto de SCADA

Un Sistema SCADA es un sistema compuesto por varias unidades terminales remotas (RTUs) que recolectan información, conectadas a una estación maestra a través de un sistema de comunicación (Túllume Agapito & Llontop Farroñay, 2016).

3.2. Enrutador Industrial

Un enrutador industrial es un dispositivo diseñado específicamente para entornos industriales que proporciona conectividad de red confiable y segura. A diferencia de los enrutadores convencionales utilizados en entornos domésticos u oficinas, los enrutadores industriales están contruidos para soportar condiciones adversas como temperaturas extremas, vibraciones, interferencias electromagnéticas y humedad (Llantoy Mayta, 2020). Estos enrutadores están diseñados para cumplir con los rigurosos requisitos de las aplicaciones industriales, donde la conectividad confiable y la disponibilidad son críticas. Suelen ofrecer características como redundancia de red, capacidades de administración remota, seguridad avanzada y resistencia a interferencias, lo que los hace ideales para entornos industriales donde se requiere comunicación segura y confiable entre dispositivos y sistemas.

3.3. Switch Industrial

Un switch industrial es un dispositivo de red diseñado específicamente para entornos industriales, donde se requiere una conectividad confiable y robusta para garantizar el funcionamiento continuo de los sistemas. A diferencia de los switches convencionales utilizados en entornos domésticos u oficinas, los switches industriales están contruidos para soportar condiciones adversas como temperaturas extremas, vibraciones, interferencias electromagnéticas y humedad (Cabrera Rojas & Laura Condori, 2024). Estos switches están diseñados para proporcionar un rendimiento sólido y estable en entornos industriales exigentes, donde la disponibilidad de la red es crítica para el funcionamiento de las operaciones. Suelen ofrecer características como resistencia a golpes y vibraciones, protección contra sobretensiones, redundancia de red, capacidades de administración remota y seguridad avanzada. Los switches industriales son fundamentales para establecer redes robustas y confiables en entornos industriales donde se requiere una comunicación de datos rápida y segura entre diferentes dispositivos y sistemas.

3.4. Historia y evolución del SCADA en la gestión de infraestructuras

El SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ha desempeñado un papel fundamental en la gestión de infraestructuras desde sus inicios hasta su evolución actual. Surgido en la década de 1960 con el objetivo de supervisar y controlar procesos industriales, el SCADA ha experimentado una notable evolución en términos de tecnología y funcionalidad. En sus primeras etapas, se centraba en la monitorización remota de variables como temperatura, presión y flujo en entornos industriales. Con el avance de la informática y las comunicaciones, el SCADA ha evolucionado hacia sistemas más complejos y versátiles, capaces de integrar una amplia gama de dispositivos y sensores, así como de gestionar grandes volúmenes de datos en tiempo real. Hoy en día, el SCADA se utiliza en diversos sectores, desde la energía y los servicios públicos hasta el transporte y la gestión del agua, desempeñando un papel crucial en la optimización de procesos, la toma de decisiones y la mejora de la eficiencia operativa en las infraestructuras críticas (Conejos, Gamón, Muñoz, & Alonso, 2019).

La evolución del SCADA en la gestión de infraestructuras ha impulsado la interconexión de controladores de distintas marcas, como el PLC Festo Compact FC34 y el GE PACSystem RX3i, mediante el software SCADA Wonderware InTouch (Boada Robayo, 2024). Esta integración demuestra el avance hacia una mayor eficiencia y automatización en la industria, facilitando la optimización de procesos y aumentando la productividad.

La gestión de infraestructuras de suministro de agua ha evolucionado con la necesidad creciente de modelos hidráulicos para tomar decisiones. La conexión de estos modelos con el sistema SCADA permite simular el comportamiento de la red en tiempo real, facilitando decisiones operativas y de gestión (Conejos, Gamón, Muñoz, & Alonso, 2019).

3.5. Componentes básicos de un sistema SCADA

En un sistema SCADA diseñado para la gestión de aguas residuales, los componentes básicos incluyen sensores, actuadores, controladores y software de supervisión. Los sensores son responsables de recopilar datos sobre variables como el nivel de agua, la temperatura y la calidad del agua. Estos datos son procesados por los controladores, que toman decisiones en tiempo real para controlar los actuadores, como válvulas, compuertas y bombas, que regulan el flujo y la dirección de los desechos. El software de supervisión proporciona una interfaz intuitiva para que los operadores monitoreen y controlen el sistema, con visualizaciones en tiempo real, herramientas de configuración de alarmas y análisis de datos. Juntos, estos componentes garantizan el funcionamiento eficiente del sistema de aguas residuales, detectando

anomalías, facilitando la toma de decisiones informadas y asegurando la gestión adecuada de los recursos hídricos. Los componentes a utilizar serán: DIACloud Router DX-3021L9, Delta DIAView SCADA System Delta Switch Ethernet DVS-008I00 y Delta Managed Switch DVS-109W02-1GE.

3.6. Planta de tratamiento de aguas residuales

Es una instalación diseñada para purificar el agua contaminada proveniente de actividades domésticas, industriales o agrícolas, mediante procesos físicos, químicos y biológicos que eliminan sólidos, materia orgánica, nutrientes y microorganismos. Su objetivo es reducir los contaminantes para devolver el agua tratada al medio ambiente de manera segura o reutilizarla en actividades como riego, procesos industriales o recarga de acuíferos, contribuyendo a la protección ambiental, la salud pública y la sostenibilidad del recurso hídrico.

3.7. Normas técnicas

Las normas utilizadas en el desarrollo para el trabajo de titulación de las normas IEC e IEEE aplicables al proyecto:

3.7.1. IEC 61131 Controladores Programables Industriales

Esta norma es fundamental para el desarrollo del sistema SCADA, ya que define los requisitos para los PLC (Controladores Lógicos Programables), incluyendo: Lenguajes de programación estándar, como Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD) y Structured Text (ST). Especificaciones para la interoperabilidad y compatibilidad entre equipos de diferentes fabricantes. Uso en la configuración de los PLC empleados para controlar bombas, sensores y actuadores.

3.7.2. IEC 60364 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión

Es aplicable para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas relacionadas con el sistema SCADA, incluyendo: Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en las estaciones de bombeo. Correcta selección y dimensionamiento de cables, canalizaciones y dispositivos de protección. Seguridad de los operarios al trabajar con equipos eléctricos en entornos industriales.

3.7.3. IEC 61850 Sistemas y Comunicaciones en Redes Eléctricas

Aunque originalmente diseñada para subestaciones eléctricas, esta norma se aplica en el sistema SCADA para: Definir protocolos de comunicación estandarizados entre dispositivos (sensores, actuadores, switches y PLC). Garantizar la interoperabilidad entre equipos de

diferentes fabricantes. Facilitar la integración de sistemas SCADA con otras redes de gestión de servicios.

3.7.4. IEEE C37.1 Requisitos Estándar para Control y Supervisión SCADA

Es clave para definir los estándares en el diseño y operación del sistema SCADA, incluyendo: Criterios para la configuración de interfaces hombre máquina (HMI) y herramientas de monitoreo. Parámetros para la integración de alarmas y notificaciones en tiempo real. Procedimientos para garantizar una operación segura y eficiente del sistema.

4. METODOLOGÍA

La metodología propuesta para la gestión de aguas residuales en el cantón sigue un enfoque sistemático y detallado para garantizar eficacia y sostenibilidad. Comienza con el análisis detallado de los requisitos locales mediante entrevistas con expertos, seguido de una evaluación meticulosa de la infraestructura existente. La identificación precisa de componentes clave, como sensores y actuadores, es fundamental para el diseño de la arquitectura SCADA, que se elabora cuidadosamente considerando la distribución de las RTU y la selección de tecnología compatible. Entre las opciones seleccionadas se encuentran el enrutador industrial DIACloud Router DX-3021L9 y el sistema SCADA Delta DIAView, ambos diseñados específicamente para entornos industriales exigentes.

4.1. Implementación del sistema

La implementación del sistema, detallada y ajustada a las especificaciones definidas, es seguida por rigurosas pruebas y validaciones para garantizar su funcionamiento óptimo en todas las condiciones.

4.1.1. Análisis de requisitos:

Comprender las necesidades específicas del cantón en términos de gestión de aguas residuales basadas en entrevistas con expertos locales.

4.1.2. Evaluación de infraestructura existente:

Analizar la infraestructura de aguas residuales existente, incluyendo estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, redes de alcantarillado, y cualquier equipo o tecnología ya instalada.

4.1.3. Identificación de componentes clave:

Determinar los sensores necesarios para monitorear parámetros relevantes como caudal, nivel de agua, entre otros. Asimismo, identificar los actuadores necesarios para controlar válvulas, bombas u otros dispositivos.

4.1.4. Diseño de la arquitectura SCADA:

Definir la arquitectura del sistema SCADA, considerando la ubicación y distribución de las RTU, la red de comunicación a utilizar, el centro de control y la interfaz de usuario.

4.2. Selección de tecnología:

Seleccionar el hardware y software adecuado para implementar el sistema SCADA, considerando la compatibilidad con los equipos existentes, la robustez, la seguridad y la facilidad de mantenimiento.

4.2.1. *DIACloud Router DX-3021L9:*

Enrutador industrial diseñado por Delta Electronics. Es parte de su serie DIACloud, que está orientada a soluciones de conectividad en entornos industriales. El DX-3021L9 ofrece conectividad Ethernet y Wi-Fi, y está diseñado para facilitar la comunicación segura y confiable en entornos industriales (DELTA, s.f.).

4.2.2. *Delta DIAView SCADA System:*

Sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) desarrollado por Delta Electronics. Los sistemas SCADA son utilizados en una variedad de industrias para supervisar y controlar procesos industriales. DIAView es una solución de SCADA que permite a los operadores monitorear y controlar equipos y procesos industriales desde una ubicación centralizada.

4.2.3. *Delta Switch Ethernet DVS-008I00:*

Switch Ethernet industrial fabricado por Delta Electronics. Está diseñado para aplicaciones en entornos industriales y ofrece múltiples puertos Ethernet para conectar dispositivos en una red local. Los switches industriales como este son robustos y están diseñados para soportar condiciones adversas como temperaturas extremas, vibraciones y humedad (DELTA, s.f.).

4.2.4. *Delta Managed Switch DVS-109W02-1GE:*

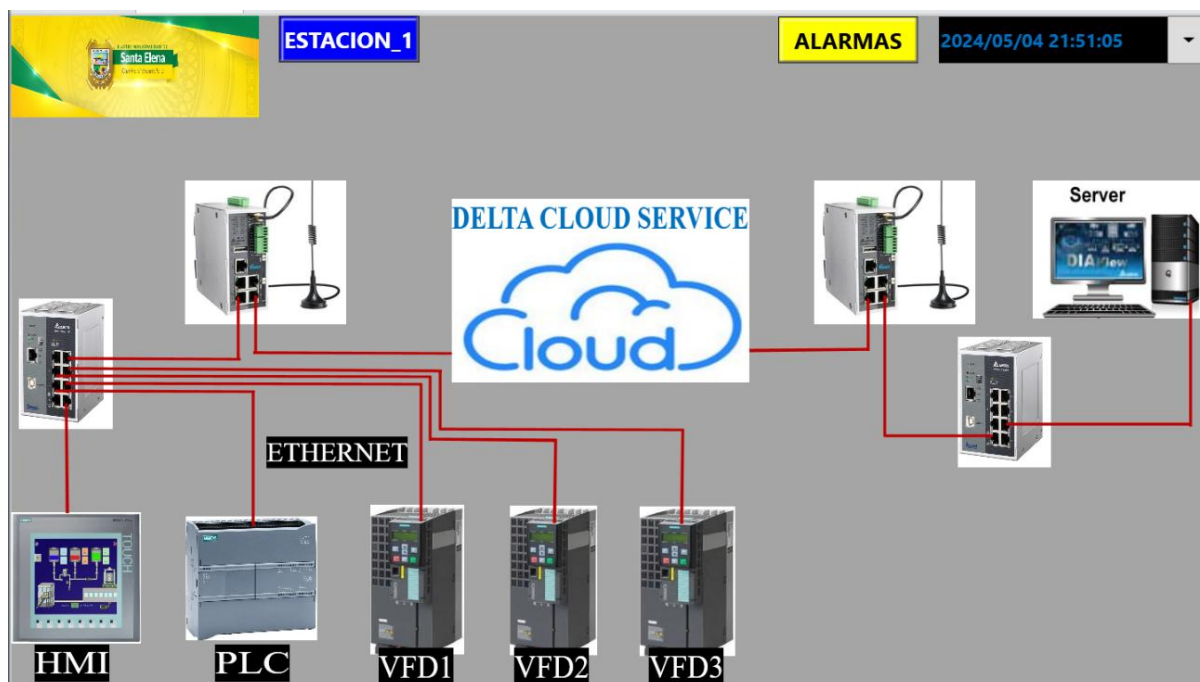
Switch Ethernet fabricado por Delta Electronics, pero en este caso es un switch gestionado. Los switches gestionados ofrecen funcionalidades adicionales como la capacidad de configurar y monitorear individualmente cada puerto, VLAN (Virtual Local Área Network), Quality of Service (QoS), entre otras características avanzadas. Este modelo en particular ofrece un puerto Gigabit Ethernet y está diseñado para aplicaciones industriales donde se requiere un alto rendimiento y control de red (DELTA, s.f.).

5. DESARROLLO

Implementar el sistema SCADA de acuerdo con las especificaciones definidas, instalando sensores, actuadores, RTU y configurando el software de supervisión y control.

Figura 1

Esquema de conexión Cloud Service



5.1. Diagrama de Sistema SCADA

La imagen muestra un diagrama de un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) que integra varias estaciones de bombeo de aguas negras con un servicio en la nube para monitoreo y control centralizado. Aquí están los componentes destacados del diagrama:

5.1.1. Estaciones de Bombeo

Las estaciones están numeradas como Estación 1, Estación 2, Estación 3, Estación 4, Estación 5 y Estación 6. Estas estaciones están conectadas al sistema para su supervisión.

5.1.2. Alarmas y Fecha/Hora

En la parte superior derecha hay una sección de alarma que indicaría cualquier falla o problema, junto con una visualización de la fecha y hora actuales (05/04/2024 21:51:05).

5.1.3. Servicios en la Nube

El diagrama incluye un componente central etiquetado como "DELTA CLOUD SERVICE", que conecta las estaciones de bombeo a un servicio en la nube para la supervisión remota y centralizada.

5.2. Dispositivos y Conectividad

5.2.1. PLC (Programmable Logic Controller)

Representado en la parte inferior, se encarga de controlar y automatizar las estaciones de bombeo.

5.2.2. HMI (Human Machine Interface)

Permite a los operadores interactuar con el sistema, visualizar datos y hacer ajustes necesarios.

5.2.3. VFD (Variable Frequency Drive)

Hay tres dispositivos VFD numerados (VFD1, VFD2, VFD3) que controlan la velocidad de las bombas, ajustando la frecuencia del motor eléctrico.

5.2.4. Switch Ethernet y Comunicaciones

La red está conectada mediante Ethernet, con varios switches industriales representados para manejar la comunicación entre los dispositivos y el servidor.

5.2.5. Router Industrial

Dos routers industriales están representados, conectando las estaciones de bombeo al servicio en la nube y al servidor.

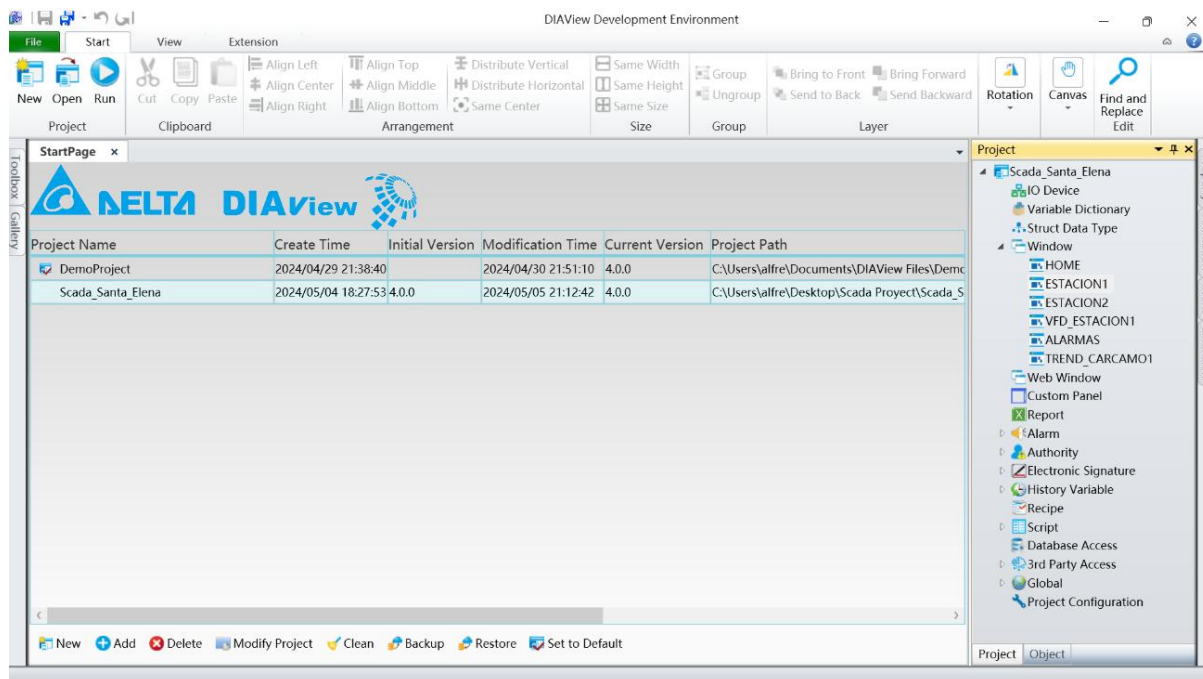
5.3. Servidor y Software SCADA

A la derecha, un servidor está etiquetado como "DIAView", que es el software SCADA utilizado para supervisar y controlar el sistema.

El diagrama está diseñado para mostrar cómo el sistema SCADA conecta las estaciones de bombeo de aguas negras a un sistema de monitoreo centralizado a través de la nube, utilizando varios componentes industriales para garantizar una operación eficiente y monitoreo en tiempo real.

Figura 2

Creación de Proyecto



La imagen muestra la interfaz del entorno de desarrollo del software SCADA, específicamente de la plataforma **DIAView** de **Delta Electronics**. Este entorno se utiliza para crear, modificar y gestionar proyectos SCADA.

5.4. Descripción de la interfaz

5.4.1. Barra de herramientas

En la parte superior se encuentra la barra de herramientas con opciones como "New", "Open", "Run", "Cut", "Copy", "Paste", entre otros, que son comandos básicos para la edición y gestión de proyectos.

También se observan opciones de disposición como "Align Left", "Align Top", "Align Bottom", y otras que permiten organizar elementos dentro del proyecto.

5.4.2. Lista de Proyectos

En el panel central se muestran dos proyectos:

El DemoProject Creado el 29 de abril de 2024, con la última modificación el 30 de abril de 2024. La versión actual es 4.0.0 y la ruta del proyecto se indica como en un directorio de DIAView Files/Demo.

El Scada_Santa_Elena creado el 4 de mayo de 2024 y modificado por última vez el mismo día. También tiene una versión actual de 4.0.0 y se encuentra guardado en el escritorio bajo una carpeta específica para el proyecto.

En la parte inferior de esta lista, hay opciones para agregar ("New"), eliminar ("Delete"), modificar ("Modify Project"), y otras opciones de gestión como hacer copias de seguridad ("Backup") y restaurar ("Restore").

5.4.3. Panel de Navegación

En el lado derecho, hay un panel que muestra la estructura del proyecto "Scada_Santa_Elena". Se listan varias categorías y elementos como: **IO Device**, **Variable Dictionary**, **Home**, **ESTACION1**, **ALARMAS**, entre otros. Este panel parece proporcionar un acceso rápido a las diferentes partes del proyecto, facilitando la navegación y modificación del contenido del proyecto SCADA.

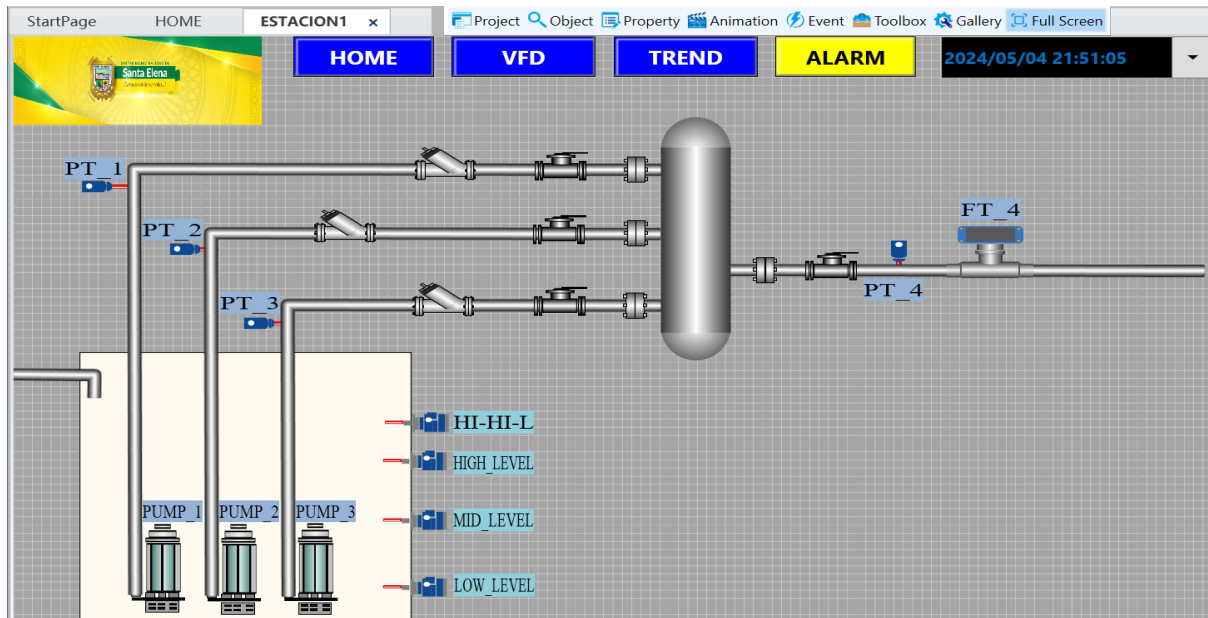
5.4.4. Propiedades y Objetos

En la parte inferior derecha, bajo los paneles "Project" y "Object", se muestran las propiedades y configuraciones asociadas con los elementos seleccionados en el panel de navegación. Este entorno de desarrollo permite a los ingenieros configurar y personalizar un sistema SCADA para supervisar y controlar procesos industriales, como se ve en el caso del proyecto "Scada_Santa_Elena".

5.5. Componentes y Elementos Visualizados

Figura 3

Conexión de estación 1



La imagen muestra una interfaz gráfica de un sistema SCADA, diseñada para monitorear y controlar una estación de bombeo, etiquetada como "ESTACION1". A continuación, se describe en detalle:

5.5.1. *Pumps (Bombas)*

Se muestran tres bombas etiquetadas como **PUMP 1**, **PUMP 2** y **PUMP 3**, que están conectadas a una red de tuberías. Cada bomba está asociada a diferentes niveles de operación: **HI-HI-L** (Nivel Alto-Alto), **HIGH LEVEL** (Nivel Alto), **MID LEVEL** (Nivel Medio) y **LOW LEVEL** (Nivel Bajo).

5.5.2. *Sensores de Presión (PT)*

Hay varios sensores de presión etiquetados como **PT_1**, **PT_2**, **PT_3**, y **PT_4**. Estos sensores están posicionados a lo largo de las tuberías, indicando que miden la presión en diferentes puntos del sistema. El **PT_4** parece estar relacionado con un medidor de flujo etiquetado como **FT_4**.

5.5.3. *Interfaz del Sistema*

En la parte superior, hay un menú de navegación con botones para **HOME**, **VFD**, **TREND**, y **ALARM**. También se muestra la fecha y la hora actual, que es el 4 de mayo de 2024, a las 21:51:05. Un botón de alarma (**ALARM**) está resaltado en amarillo, posiblemente

indicando la capacidad de alertar al operador si se detecta alguna condición anómala o emergencia.

5.5.4. Diagrama de Tuberías y Tanque:

La imagen también muestra un tanque vertical conectado a las tuberías y las bombas, lo que sugiere que este sistema está diseñado para controlar el nivel del líquido y la presión dentro de este tanque y el sistema de tuberías asociado.

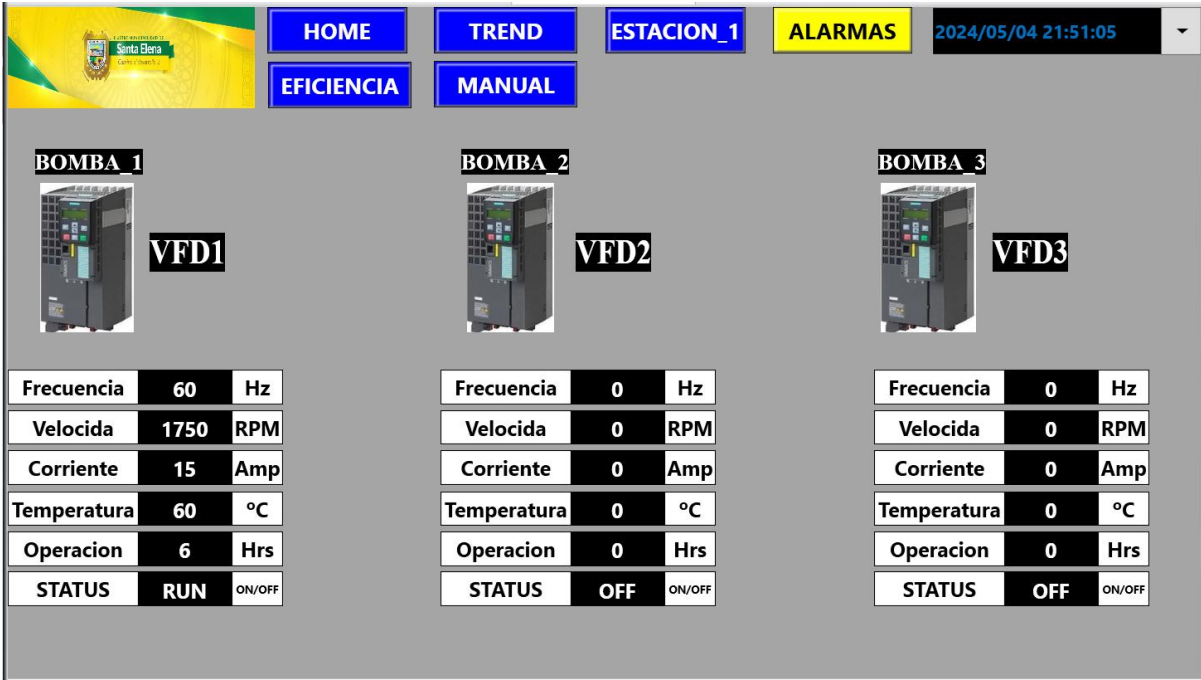
5.5.5. Indicadores de Nivel:

A la derecha de las bombas, se muestran los diferentes niveles que indican la cantidad de líquido en el sistema: **HI-HI-L, HIGH LEVEL, MID LEVEL, LOW LEVEL**. Estos indicadores son cruciales para el control de las bombas, asegurando que operen en las condiciones correctas para mantener el sistema en equilibrio.

5.6. Interfaz de control o monitoreo

Figura 4

Home de Estación 1



La imagen muestra una interfaz de control o monitoreo de un sistema de bombas, probablemente utilizado en un entorno industrial o municipal para gestionar el suministro de agua u otros fluidos. Aquí está la explicación de los componentes que se pueden observar:

5.6.1. Encabezado Superior

En la parte superior izquierda se muestra un logotipo que parece pertenecer a la institución "Santa Elena", lo cual sugiere que este sistema es utilizado por alguna entidad relacionada con la gestión de servicios en esa área. Hay botones de navegación como "HOME", "TREND", "ESTACION_1", "ALARMAS", "EFICIENCIA" y "MANUAL". Estos botones probablemente permiten al usuario acceder a diferentes pantallas o funcionalidades del sistema.

A la derecha del encabezado, se muestra la fecha y la hora, lo que es importante para el registro de eventos y monitoreo en tiempo real.

5.6.2. Paneles de Control de las Bombas

BOMBA 1, BOMBA 2, BOMBA 3: Cada bomba tiene su propio panel de control que muestra información clave sobre su operación. **VFD1, VFD2, VFD3:** Se refiere a los Variadores de Frecuencia (Variable Frequency Drives) que controlan la velocidad de las bombas. Cada bomba tiene un VFD asociado (VFD1 para BOMBA 1, VFD2 para BOMBA 2, etc.).

5.6.3. Indicadores de la Bomba

Frecuencia (Hz): Muestra la frecuencia de operación en Hertz, lo que controla la velocidad de la bomba. **Velocidad (RPM):** Indica las revoluciones por minuto del motor de la bomba. **Corriente (Amp):** Indica el consumo de corriente eléctrica de la bomba. **Temperatura (°C):** Muestra la temperatura del motor o del VFD. **Operación (Hrs):** Registra el tiempo de operación acumulado de la bomba en horas. **STATUS:** Muestra el estado actual de la bomba, si está en marcha ("RUN") o apagada ("OFF").

5.6.4. Botones de Control:

ON/OFF: Se refiere al botón de encendido y apagado de cada bomba. En la imagen, solo la BOMBA 1 está en funcionamiento, operando a 60 Hz, con una velocidad de 1750 RPM, un consumo de corriente de 15 amperios, y una temperatura de 60°C. Las otras dos bombas (BOMBA 2 y BOMBA 3) están apagadas.

5.7. Tabla de datos

Figura 5 Variables a utilizar

Name	Variable Type	Initial Value	Retentive Value	Minimum	Maximum Value	Deadband	Decimal Digit	Eng Units	Extended Domain	Description
1 AUTOMATICO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
2 MANUAL	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
3 NIVEL_BAJO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
4 NIVEL_MEDIO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
5 NIVEL_ALTO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
6 NIVEL_ALTO_ALTO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
7 STATUS_VFD1	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
8 STATUS_VFD2	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
9 STATUS_VFD3	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
10 MANUAL_VFD1_MARCHA	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
11 MANUAL_VFD1_PARO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
12 MANUAL_VFD2_MARCHA	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
13 MANUAL_VFD2_PARO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
14 MANUAL_VFD3_MARCHA	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
15 MANUAL_VFD3_PARO	Digital	False	<input type="checkbox"/>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
16 MANUAL_VFD1_FREQ_SPEED	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
17 MANUAL_VFD2_FREQ_SPEED	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
18 MANUAL_VFD3_FREQ_SPEED	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
19 VFD1_FREQ	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
20 VFD2_FREQ	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
21 VFD3_FREQ	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			

Name	Variable Type	Initial Value	Retentive Value	Minimum	Maximum Value	Deadband	Decimal Digit	Eng Units	Extended Domain	Description
18 MANUAL_VFD3_FREQ_SPEED	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
19 VFD1_FREQ	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
20 VFD2_FREQ	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
21 VFD3_FREQ	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	60	0	0			
22 VFD1_SPEED	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	1750	0	0			
23 VFD2_SPEED	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	1750	0	0			
24 VFD3_SPEED	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	1750	0	0			
25 VFD1_CORRIENTE	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	20	0	0			
26 VFD2_CORRIENTE	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	20	0	0			
27 VFD3_CORRIENTE	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	20	0	0			
28 VFD1_TEMPERATURA	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	75	0	0			
29 VFD2_TEMPERATURA	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	75	0	0			
30 VFD3_TEMPERATURA	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	75	0	0			
31 VFD1_HORAS_TRABAJO	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	999999999	0	0			
32 VFD2_HORAS_TRABAJO	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	999999999	0	0			
33 VFD3_HORAS_TRABAJO	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	999999999	0	0			
34 PRESION_BOMBA1	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	100	0	0			
35 PRESION_BOMBA2	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	100	0	0			
36 PRESION_BOMBA3	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	100	0	0			
37 PRESION_DESCARGA	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	100	0	0			
38 FLUJO_SALIDA_GPM	Analog	0	<input type="checkbox"/>	0	100	0	0			

La imagen presenta una tabla de datos con varias columnas que describen las características y el estado de diversas variables que controlan o monitorizan las bombas en el sistema. A continuación, se explica el contenido de las columnas clave:

5.7.1. Name (Nombre)

Incluye nombres de variables como AUTOMATICO, MANUAL, STATUS_VFD1, VFD1_FREQ, etc. Estos nombres indican las diferentes funciones o estados asociados con las bombas y sus controladores.

5.7.2. Variable Type (Tipo de variable)

Las variables pueden ser de tipo Digital (por ejemplo, AUTOMATICO) o Analog (por ejemplo, VFD1_FREQ).

5.7.3. Initial Value (Valor inicial)

Especifica el valor inicial de cada variable, generalmente 0.

5.7.4. Retentive Value (Valor retentivo)

Indica si la variable mantiene su valor después de un reinicio o apagado del sistema. Este valor no está marcado para las variables en las imágenes.

5.7.5. Minimum Value y Maximum Value (Valor mínimo y máximo)

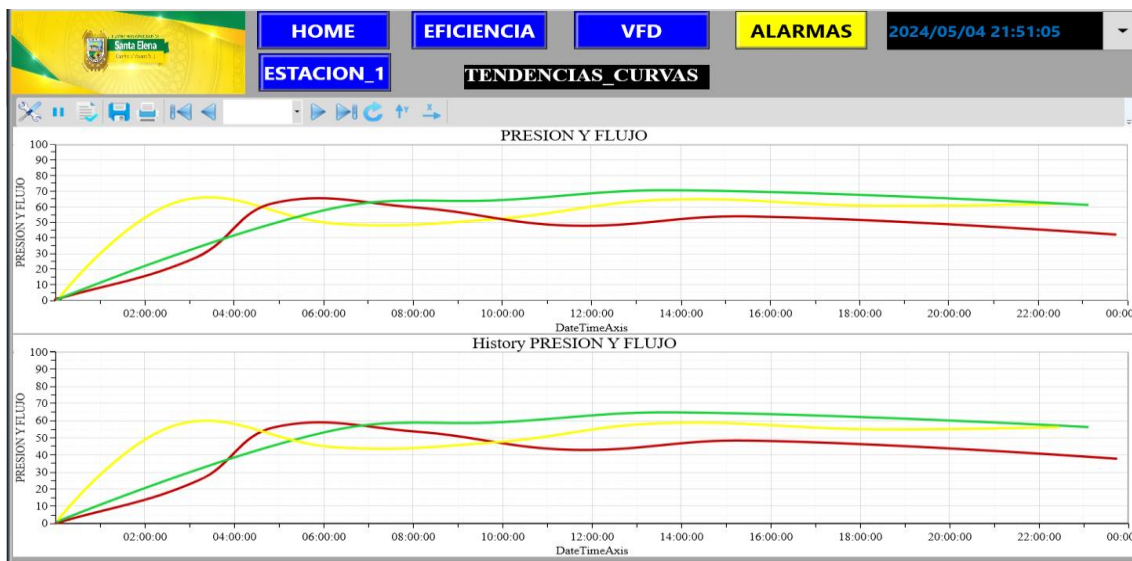
Define los rangos permitidos para las variables de tipo analógico. Por ejemplo, la frecuencia de VFD1_FREQ tiene un valor máximo de 60 Hz.

5.7.6. Deadband, Decimal Digit, Eng Units

Se utilizan para ajustar la precisión y las unidades de las variables, aunque en este caso específico todas estas columnas muestran ceros o "N/A" (no aplicable). Esta tabla es útil para configurar, monitorizar, y controlar las diferentes funciones de las bombas en el sistema, ajustando parámetros como la frecuencia del variador, la velocidad de las bombas, la presión, y la temperatura.

5.8. Monitorear en presión y flujo

Figura 6: Curvas de tendencia



La nueva imagen que proporcionaste muestra un gráfico de tendencias que se utiliza para monitorear y analizar los cambios en presión y flujo a lo largo del tiempo en un sistema de bombeo. Aquí están los componentes clave y su explicación:

5.8.1. Título y Sección del Panel

El título del gráfico es **TENDENCIAS_CURVAS**, y está dentro de la sección **ESTACION_1**, según el menú de navegación superior.

5.8.2. Gráficos de Presión y Flujo

Hay dos gráficos en la imagen: **Gráfico Superior**: Etiquetado como "PRESION Y FLUJO". **Gráfico Inferior**: Etiquetado como "History PRESION Y FLUJO". Ambos gráficos muestran líneas de tendencia que representan la presión y el flujo en función del tiempo.

5.8.3. Ejes

El Eje Y marca los valores de "PRESION Y FLUJO", con una escala de 0 a 100. El Eje X marca el tiempo, con etiquetas que indican las horas del día, desde las 00:00 hasta las 24:00.

5.8.4. Curvas de Tendencia

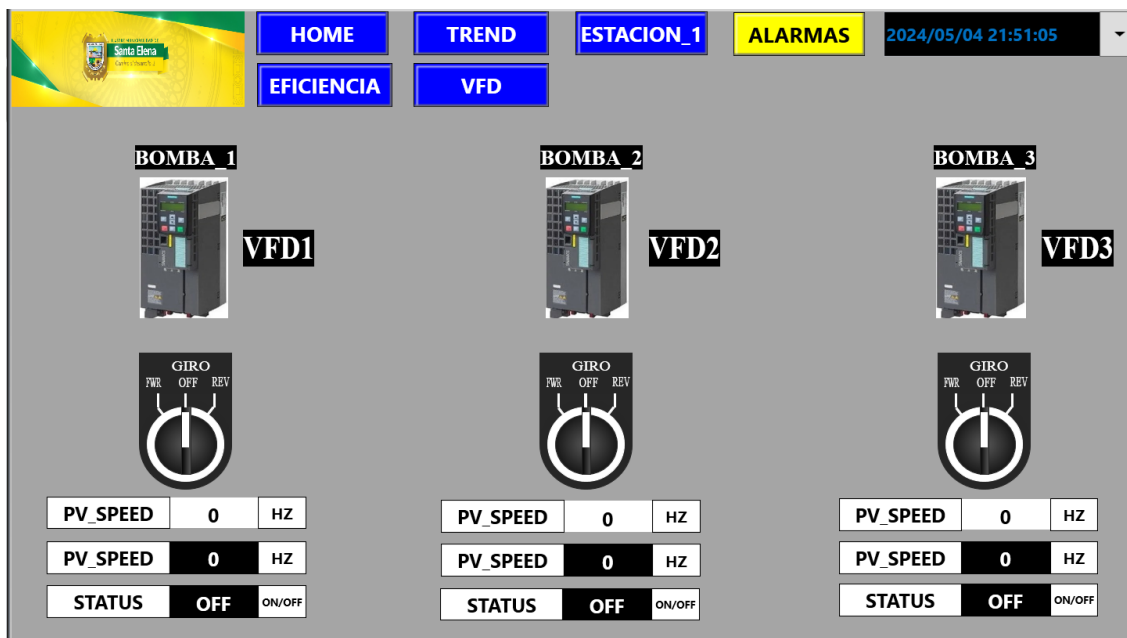
La línea Amarilla representa una tendencia de aumento y disminución rápida en las primeras horas del día, seguida de una estabilización. La línea roja muestra un incremento más gradual que se estabiliza y luego disminuye al final del día. La línea verde sube de manera más consistente y se mantiene estable en la segunda mitad del día. Estas líneas pueden representar diferentes variables relacionadas con la presión y el flujo en el sistema de bombas.

5.8.5. Controles y Navegación

En la parte superior izquierda, hay controles para navegar por el gráfico, pausar, avanzar o retroceder en las tendencias registradas, así como para acercar o alejar el gráfico. El menú superior tiene opciones para navegar a otras secciones como **HOME, EFICIENCIA, VFD y ALARMAS**.

5.9. Control de velocidad variable

Figura 7: Alarmas



La imagen muestra una interfaz de control de velocidad variable (VFD) para tres bombas diferentes en un sistema de bombeo. Aquí están los componentes clave y su explicación:

5.9.1. Etiquetas de las Bombas

BOMBA 1, BOMBA 2 y BOMBA 3: Identifican las tres bombas que están siendo monitoreadas y controladas.

5.9.2. Controladores VFD (Variador de Frecuencia)

VFD1, VFD2, y VFD3: Estos representan los variadores de frecuencia asociados a cada una de las bombas. Los VFD son utilizados para controlar la velocidad del motor de la bomba ajustando la frecuencia de la alimentación eléctrica.

5.9.3. Indicadores de Giro

Debajo de cada bomba hay un indicador de **GIRO** con opciones para **PWR** (Power), **OFF** (Apagado) y **REV** (Reversa). Esto sugiere que el operador puede controlar la dirección de rotación del motor de la bomba. **PWR:** Activa la bomba en el sentido de giro normal. **OFF:** Apaga la bomba. **REV:** Inicia la bomba en el sentido de giro inverso.

5.9.4. Parámetros de Velocidad (PV_SPEED)

Debajo de cada indicador de giro, se muestra el parámetro **PV_SPEED** con la unidad en **Hz**. Esto indica la frecuencia actual a la que está operando el VFD, lo cual afecta la velocidad del motor de la bomba. En esta imagen, todas las velocidades están en 0 Hz, lo que sugiere que las bombas no están en funcionamiento en este momento.

5.9.5. Estado de las Bombas (STATUS)

Cada bomba tiene un estado de **STATUS** que indica si la bomba está **ON** (encendida) u **OFF** (apagada). Además, hay un botón **ON/OFF** que permite al operador encender o apagar la bomba directamente desde esta interfaz. En esta imagen, todas las bombas están en estado **OFF**.

5.9.6. Menú de Navegación

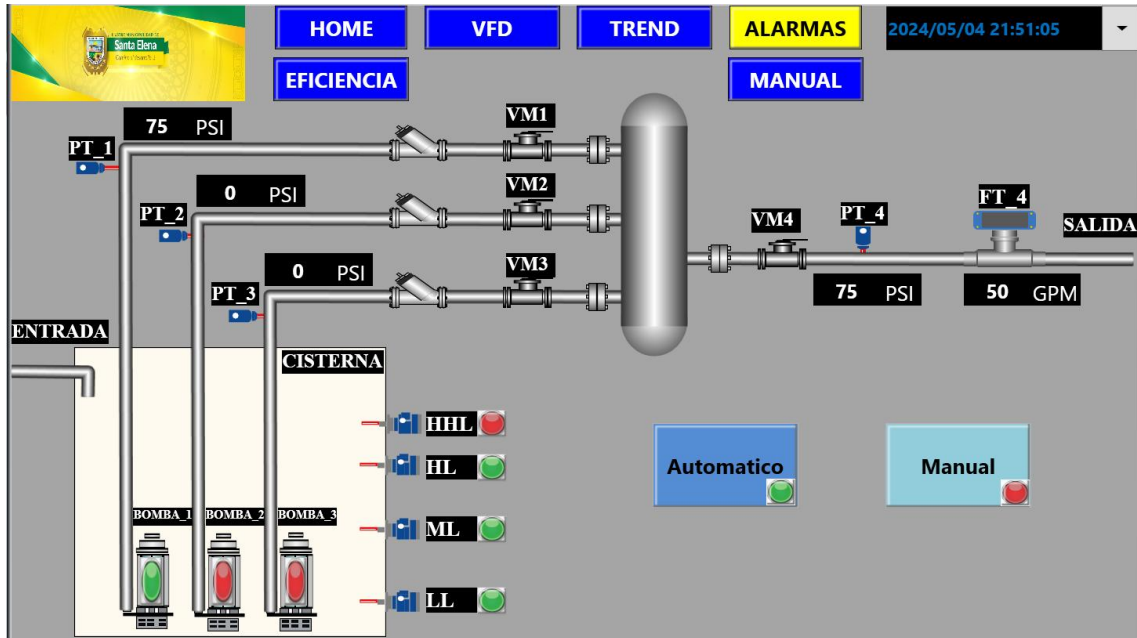
Al igual que en las imágenes anteriores, el menú superior tiene opciones para **HOME**, **TREND**, **EFICIENCIA**, **VFD**, **ESTACION_1**, y **ALARMAS**. Estas opciones permiten al operador navegar por diferentes secciones del sistema.

5.9.7. Fecha y Hora:

La fecha y hora en la parte superior derecha indica "2024/05/04 21:51:05", lo que puede sugerir que estos datos están actualizados hasta ese momento específico. Esta pantalla es parte de un sistema de supervisión y control para un conjunto de bombas que utilizan variadores de frecuencia (VFD) para ajustar la velocidad del motor y, por lo tanto, la operación de las bombas. La pantalla permite al operador controlar el encendido/apagado de cada bomba, ajustar la dirección de giro, y monitorear la frecuencia de operación en tiempo real. Actualmente, según la imagen, todas las bombas están apagadas y no están operando a ninguna frecuencia.

5.10. Sistema de bombeo y control de presión

Figura 8: Interfaz



La imagen muestra una representación gráfica de un sistema de bombeo y control de presión en una planta industrial o una estación de bombeo. A continuación, te describo los componentes clave de la imagen y su función:

5.10.1. Bombeo y Tanque de Cisternas

BOMBA 1, BOMBA 2, BOMBA 3: Estas son las bombas responsables de extraer agua desde una cisterna para enviarla al sistema de tuberías. Cada bomba tiene un indicador de estado (luces) que muestra si están en funcionamiento o no. **Luces Indicadoras (HHL, HL, ML, LL):** Estas luces indican los niveles de agua en la cisterna. Las siglas probablemente representan: **HHL (High High Level):** Nivel muy alto. **HL (High Level):** Nivel alto. **ML (Medium Level):** Nivel medio. **LL (Low Level):** Nivel bajo. Dependiendo de estos niveles, el sistema puede activar o desactivar las bombas automáticamente.

5.10.2. Tuberías y Válvulas

VM1, VM2, VM3, VM4: Estas parecen ser válvulas de control o válvulas de mariposa que regulan el flujo de agua en el sistema. Pueden abrirse o cerrarse para dirigir el flujo de agua a través del sistema.

PT_1, PT_2, PT_3, PT_4: Son transmisores de presión (Pressure Transmitters) que miden la presión en diferentes puntos del sistema. Por ejemplo, PT_1 mide la presión de entrada, mientras que PT_4 mide la presión justo antes de la salida.

5.10.3. Tanque de Presión

El tanque en el centro de la imagen es un acumulador o un tanque de presión que estabiliza el flujo de agua y mantiene la presión en el sistema. Es común en sistemas de bombeo para amortiguar las variaciones de presión.

5.10.4. Medidores y Parámetros

75 PSI: Indica la presión del sistema en PSI (libras por pulgada cuadrada) en varios puntos del sistema. **FT_4 (Flow Transmitter):** Es un transmisor de flujo que mide la cantidad de agua que fluye a través de la tubería en galones por minuto (GPM), en este caso, 50 GPM en la salida.

5.10.5. Modos de Operación:

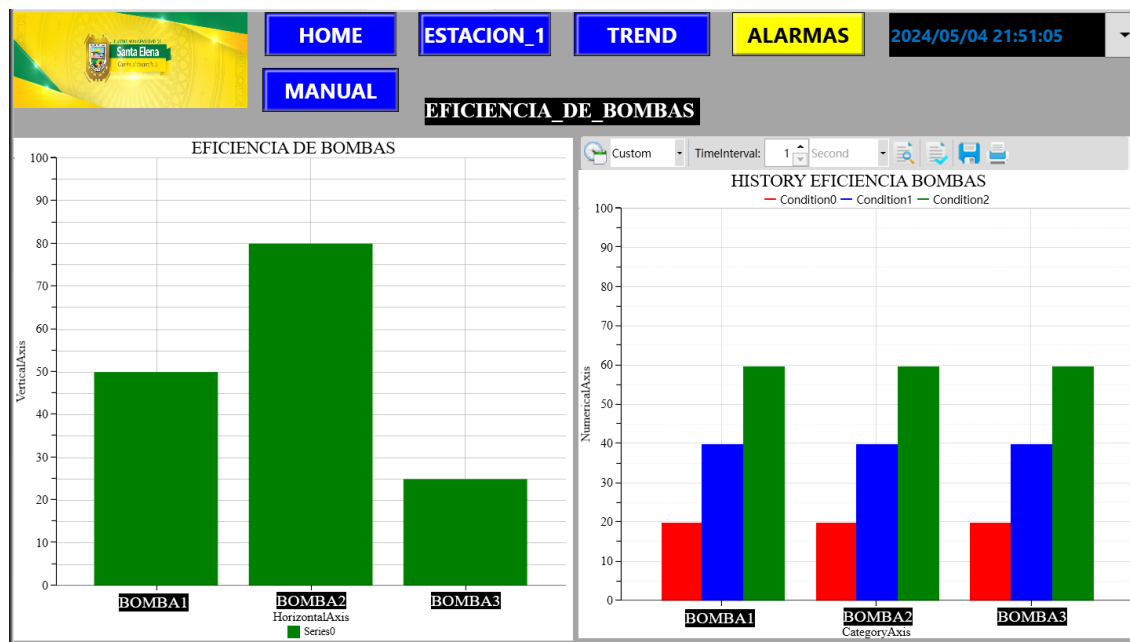
Automático y Manual: El sistema tiene la capacidad de operar en modo automático o manual. En modo automático, el sistema puede encender o apagar bombas y válvulas según las mediciones de presión y nivel. En modo manual, el operador controla directamente las bombas y válvulas.

5.10.6. Interfaz de Usuario

Al igual que en las imágenes anteriores, el menú superior tiene botones de navegación como **HOME, VFD, TREND, ALARMAS,** y **MANUAL.** Esto permite al operador cambiar entre diferentes pantallas del sistema. Este sistema parece ser una estación de bombeo automatizada que controla la presión y el flujo de agua a través de un conjunto de tuberías y válvulas. La interfaz gráfica proporciona al operador una visión clara de los niveles en la cisterna, el estado de las bombas, la presión en diferentes puntos del sistema, y el flujo de salida. El sistema puede ser operado en modos automático o manual, dependiendo de las necesidades de la planta o estación.

5.11. Análisis de la eficiencia de las bombas

Figura 9: Eficiencia de bombas



La imagen proporcionada muestra un análisis de la eficiencia de las bombas en un sistema de bombeo, dividido en dos gráficos principales:

5.11.1. Gráfico de Eficiencia de Bombas (Izquierda)

Eficiencia de Bombas: Este gráfico de barras muestra la eficiencia actual de tres bombas (BOMBA 1, BOMBA 2 y BOMBA 3). **Eje Vertical (VerticalAxis):** Mide la eficiencia en un porcentaje (%), con un rango que va de 0 a 100. **Eje Horizontal (HorizontalAxis):** Indica las tres bombas (BOMBA 1, BOMBA 2, BOMBA 3). **Barras:** **BOMBA 1:** Tiene una eficiencia aproximada del 50%. **BOMBA 2:** Muestra la mayor eficiencia, cercana al 80%. **BOMBA 3:** Tiene la menor eficiencia, alrededor del 20%.

5.11.2. Gráfico Histórico de Eficiencia de Bombas (Derecha)

History Eficiencia Bombas: Este gráfico de barras apiladas muestra el historial de eficiencia de las tres bombas bajo diferentes condiciones. **Eje Vertical (Numerical Axis):** Similar al gráfico de la izquierda, mide la eficiencia en porcentaje (%). **Eje Horizontal (Category Axis):** Muestra las tres bombas (BOMBA 1, BOMBA 2, BOMBA 3). **Barras Apiladas:** Cada bomba tiene barras de diferentes colores que representan distintas condiciones: **Condition0 (Rojo):** Representa la eficiencia bajo una primera condición. **Condition1 (Azul):**

Representa la eficiencia bajo una segunda condición. **Condition2 (Verde):** Representa la eficiencia bajo una tercera condición.

5.11.3. Observaciones

BOMBA 1: Tiene una distribución equilibrada entre las tres condiciones, con la eficiencia más alta bajo **Condition2** (verde). **BOMBA 2:** Predomina la eficiencia bajo **Condition2** (verde), lo que coincide con la alta eficiencia mostrada en el gráfico de la izquierda. **BOMBA 3:** Muestra una eficiencia más uniforme entre las condiciones, pero con valores menores en comparación con BOMBA 1 y BOMBA 2.

Esta pantalla parece estar diseñada para que los operadores o ingenieros puedan monitorear y comparar la eficiencia de las bombas en tiempo real y a lo largo del tiempo bajo diferentes condiciones operativas. Esto es fundamental para el mantenimiento preventivo y la optimización del rendimiento del sistema de bombeo. El análisis gráfico permite identificar fácilmente cuál bomba está operando de manera más eficiente y en qué condiciones, lo que ayuda en la toma de decisiones sobre ajustes operativos o mantenimiento.

5.11.4. Funcionalidad:

Este tipo de interfaz es típica en un sistema SCADA donde se monitorean las condiciones de una planta o estación de bombeo en tiempo real. El operador puede ver los estados de las bombas, los niveles de presión y flujo, y reaccionar en caso de alarmas o eventos que requieran intervención. La visualización gráfica facilita la comprensión rápida del estado del sistema y la toma de decisiones informadas para mantener la operación segura y eficiente.

5.12. Configuración de alarmas

Figura 10 Codificación de alarmas

StartPage Alarm Variable x Alarm Configuration					
+ Add ▼ Insert ✖ Delete ↶ Import ↷ Export					
	Name	Associated Variables	Alarm Level	Alarm Configuration	Ack Signature
1	PRESENCIA_HUMEDAD_BOMBA1		Serious		Operation Signature
2	PRESENCIA_HUMEDAD_BOMBA2		Serious		Operation Signature
3	PRESENCIA_HUMEDAD_BOMBA3		Serious		Operation Signature
4	BAJA_PRESION_SALIDA_BOMBA1		Serious		Operation Signature
5	BAJA_PRESION_SALIDA_BOMBA2		Serious		Operation Signature
6	BAJA_PRESION_SALIDA_BOMBA3		Serious		Operation Signature
7	CORRIENTE_ALTA_VFD_BOMBA1		Serious		Operation Signature
8	CORRIENTE_ALTA_VFD_BOMBA2		Serious		Operation Signature
9	CORRIENTE_ALTA_VFD_BOMBA3		Serious		Operation Signature
10	NIVEL_BAJO_AGUA_CARCAMO		Serious		Operation Signature
11	NIVEL_BAJO_AGUA_CARCAMO1		Serious		Operation Signature
12	VFD1_BOMBA1_FALLA		Serious		Operation Signature
13	VFD2_BOMBA2_FALLA		Serious		Operation Signature
14	VFD3_BOMBA3_FALLA		Serious		Operation Signature
15	ALTA_TEMPERATURA_EN_BOMBA1		Serious		Operation Signature
16	ALTA_TEMPERATURA_EN_BOMBA2		Serious		Operation Signature
17	ALTA_TEMPERATURA_EN_BOMBA3		Serious		Operation Signature
18	NIVEL_ALTO_ALTO_AGUA_CARCAMO		Serious		Operation Signature

En un sistema SCADA, la configuración de alarmas es crucial para el monitoreo efectivo y la operación segura de un proceso industrial. Las alarmas alertan a los operadores sobre condiciones que pueden requerir intervención, y el sistema debe estar configurado de manera que las alarmas importantes, como las "Serias", se prioricen y se aborden rápidamente para evitar paradas no planificadas o daños a los equipos.

Este tipo de pantalla es parte fundamental del interfaz del operador, permitiéndole identificar rápidamente problemas en el sistema y tomar las acciones necesarias para mantener la operación fluida y segura del proceso controlado.

5.12.1. Nombre de las Variables de Alarma

La columna "Name" enumera las diferentes alarmas configuradas en el sistema. Estas alarmas están asociadas con diferentes eventos o condiciones que pueden ocurrir en el sistema, como presencia de humedad, baja presión en la salida de las bombas, corrientes altas en los variadores de frecuencia (VFD), niveles bajos o altos de agua, fallas en las bombas, y altas temperaturas.

5.12.2. Variables Asociadas

La columna "Associated Variables" probablemente mostraría las variables específicas del sistema a las que se vinculan estas alarmas. Aunque esta columna parece estar vacía en la imagen, en una configuración completa, aquí se especificarían los puntos de datos del SCADA que se monitorean.

5.12.3. Nivel de Alarma

La columna "Alarm Level" indica la severidad de cada alarma. En este caso, todas las alarmas se etiquetan como "Serious" (Serias), lo que significa que estas condiciones requieren atención inmediata ya que pueden afectar el funcionamiento del sistema o representar un riesgo.

5.12.4. Configuración de la Alarma

La columna "Alarm Configuration" no proporciona detalles específicos en esta imagen, pero típicamente podría incluir información sobre cómo se debe manejar cada alarma, como el tiempo de retardo antes de activar la alarma, o las condiciones específicas que deben cumplirse para que la alarma se dispare.

5.12.5. Firma de Aceptación

La columna "Ack Signature" parece estar relacionada con la "Firma de Operación" (Operation Signature), lo que sugiere que estas alarmas requieren una confirmación o reconocimiento por parte de un operador para ser gestionadas o restablecidas.

5.13. Costos de equipos y mano de obra

Tabla 1

Costo de Equipos y Mano de Obra

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
DIACloud Router DX-3021L9	Enrutador industrial para conectividad en estaciones	2	1,200	2,400
Delta DIAView SCADA System	Software SCADA para monitoreo y control centralizado	1	4,500	4,500
Delta Switch Ethernet DVS-008I00	Switch Ethernet industrial	2	800	1,600
Delta Managed Switch DVS-109W02-1GE	Switch Ethernet gestionado para entornos industriales	1	1,100	1,100
Sensores de Nivel	Sensores para medir niveles de líquido en tanques	10	150	1,500
Sensores de Presión	Sensores para medir presión en tuberías	5	200	1,000
Actuadores	Actuadores para control de válvulas y bombas	6	300	1,800
Mano de Obra	Instalación y configuración de equipos SCADA	200 horas	50	10,000
Capacitación	Entrenamiento para operadores y técnicos	5 días	500	2,500
Infraestructura de Red	Cables, conectores, racks, etc.	-	-	2,000
Soporte Técnico	Mantenimiento y soporte técnico post-implementación	1 año	3,000	3,000
			Total	31,400

6. RESULTADOS

La implementación del Sistema SCADA en las estaciones de bombeo de aguas negras en la provincia de Santa Elena ha permitido alcanzar resultados significativos en la gestión del tratamiento de aguas residuales. Este proyecto ha demostrado ser una solución eficiente para abordar los problemas operativos identificados, como la obsolescencia de los sistemas de control, la falta de monitoreo en tiempo real y la ineficiencia en la detección temprana de fallas. Los resultados obtenidos reflejan mejoras sustanciales en la supervisión centralizada, la detección anticipada de anomalías y la reducción de tiempos de respuesta ante emergencias, lo cual impacta positivamente en la sostenibilidad ambiental y la salud pública.

El análisis de datos recopilados durante el monitoreo del sistema SCADA evidencia una reducción significativa en los tiempos de respuesta frente a incidentes en las estaciones de bombeo. Antes de la implementación, los tiempos de atención superaban las 24 horas debido a las distancias físicas y la falta de comunicación eficiente entre las estaciones y la central operativa. Con el SCADA, el tiempo promedio de detección y reacción se ha reducido a menos de dos horas, minimizando el riesgo de desbordamientos y la contaminación ambiental. Este logro es posible gracias a la integración de sensores avanzados, actuadores y software de supervisión que permiten un control preciso y en tiempo real de las operaciones.

La eficiencia operativa de las estaciones también ha mejorado con la incorporación de variadores de frecuencia (VFD) y sistemas de monitoreo de presión y flujo. Estos dispositivos no solo optimizan el uso energético de las bombas, sino que también garantizan un flujo constante en las redes de alcantarillado, reduciendo el desgaste de los equipos y prolongando su vida útil. Los gráficos de tendencias generados por el sistema SCADA facilitan el análisis de datos históricos, lo que permite identificar patrones de comportamiento y anticipar posibles fallas en los equipos.

Desde una perspectiva ambiental, la implementación del SCADA ha contribuido a mitigar los impactos negativos asociados al tratamiento de aguas residuales. La detección temprana de fallas y la capacidad de respuesta ágil han evitado la contaminación de cuerpos de agua y suelos, protegiendo así los ecosistemas locales. Este avance se alinea con los objetivos de sostenibilidad al promover el reciclaje eficiente de recursos hídricos y reducir la huella ambiental de las actividades humanas en la región.

En términos sociales, los beneficios derivados de este sistema son evidentes. Al mejorar la gestión de las aguas residuales, se ha reducido la incidencia de problemas de salud pública relacionados con la contaminación del agua, como infecciones gastrointestinales y enfermedades transmitidas por vectores. Esto mejora directamente la calidad de vida de los residentes de la provincia y fortalece la percepción de los servicios públicos como eficientes y confiables.

La implementación del SCADA también genera impactos económicos positivos. La reducción en los costos operativos asociados al mantenimiento correctivo y la optimización del consumo energético representa un ahorro significativo para las instituciones responsables del sistema. El fortalecimiento de la infraestructura hídrica de la provincia fomenta el desarrollo económico y social al garantizar un servicio confiable, clave para el crecimiento de comunidades y actividades económicas en la región.

El análisis de los resultados permite discutir la relevancia de este proyecto como un modelo replicable para otras regiones con necesidades similares. La experiencia adquirida en Santa Elena destaca la importancia de adaptar tecnologías avanzadas a las características específicas de cada entorno. Sin embargo, se identifican desafíos relacionados con la capacitación del personal técnico y el mantenimiento preventivo de los equipos, lo que subraya la necesidad de invertir continuamente en formación y recursos para garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

Otro aspecto relevante es la posibilidad de integrar nuevas tecnologías, como inteligencia artificial y aprendizaje automático, al sistema SCADA. Estas herramientas podrían potenciar aún más la capacidad de predicción y automatización, optimizando las operaciones y reduciendo los costos. Asimismo, la colaboración con instituciones académicas y de investigación puede abrir nuevas oportunidades para innovaciones tecnológicas que beneficien no solo a la provincia, sino también a otras regiones que enfrenten desafíos similares.

7. CONCLUSIONES

El SCADA en las Estaciones de Bombeo permitirá una supervisión centralizada en tiempo real, una detección anticipada de fallos y una respuesta ágil ante emergencias. Esta optimización de la gestión de aguas residuales contribuirá significativamente a mejorar la eficiencia operativa de las estaciones y a reducir los tiempos de respuesta ante problemas. Como resultado, se logrará un tratamiento más efectivo de las aguas residuales y una reducción de los riesgos asociados, mejorando así la calidad de los servicios prestados.

La capacidad del sistema SCADA para reducir los tiempos de respuesta ante emergencias y mejorar la detección temprana de fallos ayudará a mitigar los riesgos ambientales y de salud pública asociados con desbordamientos de aguas negras. Esta acción será fundamental para proteger el medio ambiente local y salvaguardar la salud de la población, al evitar la contaminación de fuentes de agua y la propagación de enfermedades relacionadas con el agua. Así, se garantizará un entorno más seguro y saludable para los residentes.

La implementación del SCADA en las Estaciones de Bombeo representa un paso significativo hacia la sostenibilidad, al mejorar la gestión de los recursos hídricos y reducir el impacto ambiental de las actividades humanas. Al reciclar de manera más eficiente los recursos hídricos y minimizar la contaminación, se establecen las bases para una gestión más sostenible y efectiva de los recursos naturales en la región. Esto contribuye no solo a la protección del medio ambiente, sino también a la preservación de los recursos para las generaciones futuras.

Aparte de los beneficios ambientales, la implementación del SCADA también puede tener impactos positivos en términos económicos y sociales. La mejora en la eficiencia operativa de las Estaciones de Bombeo podría resultar en ahorros significativos a largo plazo, tanto en costos de mantenimiento como en costos asociados con emergencias y problemas ambientales. Al garantizar un suministro de agua más seguro y confiable, se mejora la calidad de vida de los residentes y se fomenta el desarrollo sostenible de la comunidad en general. De esta manera, la tecnología SCADA no solo optimiza la gestión técnica, sino que también promueve el bienestar y el desarrollo socioeconómico sostenible.

8. RECOMENDACIÓN

La implementación del Sistema SCADA en las estaciones de bombeo de aguas negras en Santa Elena representa una solución clave para abordar los desafíos operativos actuales y garantizar una gestión hídrica eficiente a largo plazo. Este sistema no solo mejorará la supervisión y el control en tiempo real, sino que también reducirá los riesgos ambientales y de salud pública asociados con los desbordamientos de aguas residuales. Se recomienda realizar una evaluación exhaustiva de la infraestructura existente para asegurar que los componentes clave, como sensores y actuadores, cumplan con los estándares requeridos. Se considera esencial establecer un monitoreo continuo del desempeño del sistema SCADA, permitiendo identificar áreas de mejora y adaptarse a las nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, para anticipar fallas y optimizar los procesos.

La capacitación del personal encargado del manejo del sistema debe ser prioritaria. Se sugiere implementar programas de entrenamiento inicial y actualizaciones periódicas para garantizar que el equipo humano esté preparado para aprovechar al máximo las funcionalidades del SCADA. Esta inversión en formación resulta crítica para el éxito operativo. Desde una perspectiva de sostenibilidad, es importante incorporar indicadores de rendimiento ambiental que permitan medir y minimizar el impacto ecológico del sistema. Se recomienda establecer alianzas con instituciones académicas para fomentar la innovación en la gestión de recursos hídricos y la preservación del medio ambiente.

Se destaca la necesidad de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo riguroso para asegurar la continuidad operativa y la longevidad del sistema. Estas acciones no solo optimizarán la gestión técnica, sino que también contribuirán al bienestar de los residentes y al desarrollo sostenible de la provincia de Santa Elena, consolidando este proyecto como un modelo a seguir en la gestión de aguas residuales.

9. REFERENCIAS

- Boada Robayo, E. (2024).). Análisis y diseño de un sistema SCADA del sistema de microrred no convencional del edificio Julio Mario Santo Domingo de la Universidad de los Andes. . *Universidad de los Andes*.
- Cabrera Rojas, A. R., & Laura Condori, P. (2024). Diseño de un sistema de supervisión de alumbrado público, basado en los modelos de ciudad inteligente e internet de las cosas para la ciudad de Sicuani.
- Conejos, P., Gamón, A., Muñoz, Ó., & Alonso, J. C. (2019). RETOS EN LA CONEXIÓN DE UN MODELO HIDRÁULICO AL SISTEMA SCADA. DELTA. (s.f.). *Deltaww.com*. Obtenido de <https://www.deltaww.com/en-US/products/0603080303/5089/>
- Gonzalez, A. (2019). Análisis comparativo para la integración y monitoreo de datos entre un sistema de tiempo real y un sistema de información.
- Llantoy Mayta, C. (2020). Diseño de una red inalámbrica para el acceso a recursos en el colegio Excelenti.
- Mercado Guzmán, Á. R. (2020). Eficiencia vinculada a la operación y mantenimiento de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Cochabamba. págs. 524-552.
- Orrala, R. (2017). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la aplicación de tecnología de bioreactores de lecho móvil (Proceso Mbbbr), para minimizar el impacto ambiental en La ciudadela la Milina, del Cantón Salinas, Provincia de Santa Elena, Año 20.
- Quevedo, D. (2020). PDiseño de un sistema Scada para optimizar el proceso de producción de la semilla de arroz en la empresa Inia.
- Túllume Agapito, J., & LLontop Farroñay, R. M. (2016). Automatización e implementación de un Sistema SCADA para mejorar el desempeño del Sistema IZAJE por WINCHES en minería subterránea de la Compañía Minera CASAPALCA S.A.

10. ANEXOS

10.1. Anexo 1: Especificaciones Técnicas de los Equipos Utilizados

DIACloud Router DX-3021L9

- Protocolo de comunicación: Ethernet, Wi-Fi
- Voltaje de operación: 24 VDC
- Temperatura de operación: -40°C a 70°C
- Características de seguridad: Firewall, VPN, redundancia
 - El DX-3021L9 es el primer enrutador VPN DIACloud que tiene E/S digital integrada y es compatible con 4G. También es 100 % compatible con la plataforma Delta DIACloud, lo que permite a los usuarios ingresar al mundo IIoT y tener un control remoto más fácil que nunca. Piense en aplicaciones que necesitan ser controladas y administradas desde ubicaciones remotas: este enrutador es una adición beneficiosa a su cartera de productos.

Características y beneficios

- Un equipo de adquisición de datos conectado a servidores en la nube. Admite un canal de recopilación de datos bidireccional entre los dispositivos y la nube.
- Admite protocolos MODBUS TCP, MODBUS ASCII/RTU, Mitsubishi MC y Siemens TCP
- Tecnología de doble modo de espera con SIM dual, conmutación automática entre operadores celulares sin reiniciar dispositivos
- Varias interfaces periféricas incluyen RS-485, RS-232 y 4 puertos LAN
- El DI/DO integrado permite a los usuarios activar advertencias por eventos específicos
- Condiciones de alarma personalizadas con alertas por correo electrónico
- El puerto USB es compatible con el adaptador USB Wi-Fi de terceros para agregar una interfaz WLAN como cliente Wi-Fi (solo compatible con el controlador Realtek RTL8192EU)
- RTC integrado y admite sincronización de tiempo NTP a través de una red
- Función de firewall: inspección de paquetes con estado (SPI), evita ataques de denegación de servicio (DoS), filtro de direcciones MAC y filtro de puertos IP
- Admite protocolos TCP/IP, UDP, ICMP, DHCP, HTTP, DNS y SSH
- Importación/exportación de configuraciones de dispositivos

- Estadísticas de flujo de datos de red
- Diagnóstico de fallas de red
- Dispositivo y PLC Interconexión
- Bandas de frecuencia LTE-FDD y LTE-TDD universales, compatibles con versiones anteriores de redes WCDMA/GSM/GPRS/EDGE 2G.
- Velocidad de transmisión de datos LTE de hasta 150 Mbps (enlace descendente) / 50 Mbps (enlace ascendente)
- Coincidencia automática de parámetros APN y remarcación de conexión



Delta Switch Ethernet DVS-008I00

- Número de puertos: 8 puertos Ethernet
- Velocidad de transmisión: 10/100/1000 Mbps
- Protección contra sobretensiones: Sí
- Certificaciones: IP30, CE, FCC

Introducción del producto

Características y beneficios

- Protección interna contra caídas de tensión, ideal para usar en sistemas de suministro de energía inestable
- Entrada de alimentación de bloque de terminales de 12 a 48 VCC
- Compatible con varios protocolos industriales de EtherNet/IP, Profinet, CC-LINK IE y DNP 3.0

Especificaciones

Tecnología

Cumplimiento de normas

- IEEE 802.3 10Base-T
- IEEE 802.3u 100Base-T(X) y 100Base-FX
- Control de flujo IEEE 802.3x

Tipo de procesamiento

Almacenamiento y reenvío

- Control de flujo IEEE 802.3x en dúplex completo, control de flujo de contrapresión en semidúplex
- Interfaz
- Puertos Fast Ethernet
- Puertos RJ45: 8 10/100Base-T, MDI/MDI-X automático, negociación automática
- Rendimiento y escalabilidad
- Capacidad de conmutación: 1,6 Gbps, velocidad por cable, estructura de conmutación sin bloqueo
- Velocidad de reenvío: 2,4 Mpps
- Tabla de direcciones MAC: 8 K
- Memoria de búfer de paquetes: 1 M bits
- Requisitos de alimentación

- Voltaje de entrada: 1 juego, entrada de bloque de terminales de 12 a 48 VCC
- Corriente de entrada: máx. 0,18 A
- Protección de corriente de sobrecarga: presente, corriente de entrada máxima 3 A
- Protección contra polaridad inversa: presente
- Tiempo de búfer: mín. 10 ms a 24 VCC
- Físico
- Carcasa: carcasa metálica IP40
- Dimensiones: 145,3 mm (alto) × 45 mm (ancho) × 108,7 mm (profundidad)
- Peso: 300 g
- Instalación: montaje en pared y carril DIN industrial
- Límites ambientales
- Temperatura de funcionamiento: de -10 °C a 60 °C (de 14 °F a 140 °F), probado a -25 °C a 70 °C (de -13 °F a 158 °F)
- Temperatura de almacenamiento: de -40 °C a 85 °C (de -40 °F a 185 °F)
- Humedad relativa ambiental: del 5 % al 95 % (sin condensación)
- Homologaciones
- Seguridad: UL 508, EN 62368-1, IEC 61131-2
- EMI: FCC 47 CFR Parte 15 Subparte B Clase B, IEC 61000-6-4, EN 55022
- EMS: IEC 61000-6-2
- Pruebas de tipo ambiental
- Temperatura fría: IEC 60068-2-1
- Calor seco: IEC 60068-2-2
- Humedad: IEC 60068-2-30
- Choque: IEC 60255-21-2
- Caída libre: IEC 60068-2-32
- Vibración: IEC 60068-2-6
- Hi-Pot: 1,5 KV



10.2. Anexo 2: Plan de Implementación del Sistema SCADA

Fase	Actividad	Duración	Responsable	Fecha de Inicio y Finalización
1. Planificación	Reuniones iniciales y definición del plan	2 semanas	Equipo de proyecto	01/09/2024 - 15/09/2024
2. Instalación de Hardware	Instalación de sensores y actuadores	3 semanas	Equipo técnico	16/09/2024 - 06/10/2024
3. Configuración del SCADA	Configuración y pruebas del software	2 semanas	Ingeniero de software	07/10/2024 - 20/10/2024
4. Capacitación	Capacitación a operadores y personal	1 semana	Consultor externo	21/10/2024 - 27/10/2024
5. Puesta en Marcha	Pruebas finales y ajuste del sistema	1 semana	Equipo de proyecto	28/10/2024 - 03/11/2024