



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

TÍTULO

**DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA CONTROL LOCAL
DE UNA PILETA CON MONITOREO EN LA NUBE Y GESTIÓN
REMOTA**

AUTOR

Borja Cáceres, Rodrigo Alexander

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

TUTOR

Gómez Morales, Oscar Wladimir

Santa Elena, Ecuador

Año 2026



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



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**ALICIA GERMANIA
ANDRADE VERA**

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



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**OSCAR WLADIMIR
GOMEZ MORALES**

**Ing. Oscar Gómez Morales, Ph.D.
TUTOR**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ**

**Ing. Luis Chuquimarca Jimenez, Ph.D.
DOCENTE
ESPECIALISTA**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**JUNIOR RAFAEL
FIGUEROA OLMEDO**

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



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**MARIA MARGARITA
RIVERA GONZALEZ**

**Abg. María Rivera González, Mgtr.
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 **RODRIGO ALEXANDER BORJA CACERES**, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización.

TUTOR



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**OSCAR WLADIMIR
GOMEZ MORALES**

Ing. Oscar Wladimir Gómez Morales, Ph.D.

Santa Elena, 31 de julio de 2026



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

Yo, **BORJA CACERES RODRIGO ALEXANDER**

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, “**DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA CONTROL LOCAL DE UNA PILETA CON MONITOREO EN LA NUBE Y GESTIÓN REMOTA**” 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, 31 de julio de 2026

EL AUTOR



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**RODRIGO ALEXANDER
BORJA CACERES**

Borja Caceres Rodrigo Alexander



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

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA CONTROL LOCAL DE UNA PILETA CON MONITOREO EN LA NUBE Y GESTIÓN REMOTA”** presentado por el estudiante, **BORJA CACERES RODRIGO ALEXANDER** fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 3%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 Informe de análisis
Compilatio Magister+ | UPSE-ECU

BORJA RODRIGO_PROYECTO TESIS FINAL (1)-signed-signed
ID : b8296e7605b8ca061456c6ff07f82f2ad957e270



Nombre del fichero : BORJA RODRIGO_PROYECTO TESIS FINAL (1)-signed-signed.txt
Tamaño del archivo original : 5.7 MB
Número de palabras : 21.453

Depositante : Oscar Wladimir Gómez Morales
Fecha de depósito : 25 de septiembre de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 25 de septiembre de 2026

TUTOR



Validar únicamente en FirmaRC.
Firmado electrónicamente por:
**OSCAR WLADIMIR
GOMEZ MORALES**

Ing. Oscar Wladimir Gomez Morales, Ph.D.



UPSE

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

AUTORIZACIÓN

Yo, BORJA CACERES RODRIGO ALEXANDER

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 este proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo 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, 31 de julio de 2026

EL AUTOR



Validar únicamente en FirmaSC.
Firmado electrónicamente por:
**RODRIGO ALEXANDER
BORJA CACERES**

Borja Caceres Rodrigo Alexander

AGRADECIMIENTO

La culminación de este proyecto no habría sido posible sin el apoyo, la enseñanza y el cariño de muchas personas que han estado a mi lado a lo largo de mi camino estudiantil.

A mi padre, por enseñarme el valor de la perseverancia y la lucha constante por salir adelante. A mi madre, por su inquebrantable constancia y por motivarme siempre a cumplir mis metas. A mis hermanas, por su cariño y por darme ánimos en los momentos más difíciles.

Extiendo un sincero agradecimiento a L. Orozco, por su valiosa ayuda y acompañamiento en el ámbito laboral. A mis compañeros y docentes, quienes enriquecieron mi proceso académico con sus conocimientos y experiencias. Y, finalmente, a mi pareja Lis por su paciencia y por su amor que fue el empujón que necesitaba para terminar esta tesis.

A todos, gracias de corazón.

Rodrigo Alexander, Borja Caceres

DEDICATORIA

A mi madre, por su ternura y paciencia infinitas; a mi padre, por su fortaleza y sabiduría que siempre me inspiran.

A mis hermanas, compañeras de vida y cómplices de sueños, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por recordarme siempre que no estoy sola en este camino. Su presencia ha sido un refugio en los días grises y una celebración en los días brillantes. A mis sobrinos, esa luz que llena de alegría cada rincón de nuestra familia. Por sus sonrisas, sus abrazos y esa energía pura que me recuerda lo valioso que es luchar por un futuro mejor. Que este logro sea también un ejemplo para ellos: que los sueños, con esfuerzo y dedicación, se alcanzan.

Este logro es de todos ustedes, porque en cada página de esta tesis late el amor, el apoyo y la huella imborrable de mi familia. Gracias por ser mi motor y mi mayor orgullo.

Rodrigo Alexander, Borja Caceres

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
DECLARO QUE:.....	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO.....	V
AUTORIZACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA.....	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1. Revisión de literatura	4
1.2. Desarrollo teórico y conceptual.....	5
1.2.1 Automatización	5
1.2.2. Sistemas automatizados.....	6
1.2.3. Gestión inteligente de piletas y automatización basada en datos	6
1.2.4. Estructura de 4 capas de la arquitectura de red industrial habilitada para IoT ...	8
1.2.5. Fundamentos, rol en supervisión y control local en sistemas SCADA	10
1.2.6. Control local y monitoreo en la nube	10
1.2.7. Adquisición de datos y censored para nivel y estado de bombas.....	11
1.2.8. PLC	12

1.2.9. HMI	13
1.2.10. Pasarela IIoT	14
1.2.11. Comunicación industrial en planta: MODBUS sobre RS-485 / Ethernet	15
1.2.12. Pileta de agua	16
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	19
2.1. Contexto de la investigación	19
2.2. Tipo y métodos de investigación.....	19
2.3. Población y muestra	20
2.3.1. Diseño estructural de la pileta	21
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
2.5. Procesamiento metodológico de la evaluación.....	22
2.5.1. Selección de los componentes del sistema	22
2.5.1.1. Selección de la familia del PLC	22
2.5.1.2. Selección de PLC DELTA	24
2.5.1.3. Selección de HMI DELTA.....	25
2.5.1.4. Selección de Gateway	26
2.5.2. Integración del sistema de control y monitoreo	27
2.5.3. Arquitectura IIOT del Proyecto.....	29
2.5.4. Instrumentos de evaluación funcional	30
2.5.5. Factibilidad económica	30
2.5.6. Consideraciones finales de validación	32
2.6. Software de programación	33
2.6.1. Programas informáticos.....	33
2.7. Secuencia de configuración e integración del sistema de control	34
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1. Dimensiones de la pileta	37
3.2. Resultado de la definición de los requisitos tecnológicos	38
3.3. Resultados de programación del ISPsoft.....	39
3.4. Resultados de la programación DOPsoft.....	41
3.5. Resultados de la programación V. NET Client 2.0	49
3.6. Resultados de la programación cloud SCADA.	50
3.7. Implementación finalizada del sistema	53

3.7.1. Centro de mando de la pileta.....	54
3.8. Verificación el funcionamiento del sistema automatizado de la pileta.	56
3.9. DISCUSIÓN.....	61
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Análisis comparativo de las especificaciones de los PLC.	23
Tabla 2	Modelos del PLC Delta.....	24
Tabla 3	Selección modelo HMI Delta.....	25
Tabla 4	Selección de Gateway.....	26
Tabla 5	Matriz de evaluación de integración y estabilidad de la comunicación del sistema	28
Tabla 6	Precios de los dispositivos.	30
Tabla 7	Equipos tecnológicos utilizados.	38
Tabla 8	Componentes de la pileta de agua	54
Tabla 9		60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tendencia de aplicaciones IoT industriales.....	7
Figura 2 Componentes clave de la industria IOT.	8
Figura 3 Arquitectura de cuatro capas IIOT.....	9
Figura 4 Arquitectura de procesamiento e integración de datos	11
Figura 5 Diagrama de bloques del sistema.....	12
Figura 6 Estructura de un PLC.	13
Figura 7 Ubicación de la pileta Municipal del GAD municipal Ambato.	19
Figura 8 Diseño de la pileta.....	21
Figura 9 Arquitectura IioT del proyecto	29
Figura 10 Diagrama de flujo de la arquitectura de software e integración del sistema de control SCADA e IIoT	36
Figura 11 Estructura de la pileta.....	38
Figura 12 Resultado del compilado de la programación del ISPsoft.....	40
Figura 13 Programación ejecutada sin error.....	41
Figura 14 Menú principal del HMI.....	42
Figura 15 Sistema general.	43
Figura 16 Pantalla de control manual.	44
Figura 17 Pantalla de control automático.....	45
Figura 18 Pantalla de horario extra.....	46
Figura 19 Pantalla de configuración de horario de bombas.	47
Figura 20 Pantalla de configuración de horario extra de las bombas.	48
Figura 21 Pantalla de configuración de horario de las luces.....	49

Figura 22 Tags configurados.....	50
Figura 23 Pantalla principal cloud SCADA.....	51
Figura 24 Pantalla de control manual del cloud SCADA	52
Figura 25 Pantalla de la configuración de horarios de cloud SCADA	53
Figura 26 Centro de mando de la pileta inicial.....	55
Figura 27 Implementación de los equipos.....	56
Figura 28 Prueba con cisterna vacía.	57
Figura 29 Interrupción de comunicación RS485.....	58
Figura 30 Simulación de desconexión de internet.....	59
Figura 31 Tiempos de Respuesta.....	60

RESUMEN

La presente investigación aborda el desarrollo de un sistema SCADA para el control local de una pileta municipal del GAD de Ambato, incorporando monitoreo en la nube y gestión remota, fundamentada en la necesidad de optimizar el control del nivel de agua, reducir desbordes, minimizar fallas operativas y disminuir la dependencia de supervisión presencial, la metodología empleada corresponde a un diseño experimental con enfoque mixto, en el que se implementa y evalúa un prototipo funcional que integra PLC DELTA DVP28SV11R2, sensor de nivel de agua, HMI DELTA DOP-107WV, SCADA y una plataforma IoT V-NET en la nube bajo condiciones simuladas: Se evalúa el sistema considerando variables técnicas como tiempos de respuesta, fiabilidad, generación de alarmas y eficiencia operativa, así como la percepción de técnicos especializados los resultados evidencian que la automatización y la gestión remota mejoran la eficiencia, confiabilidad y seguridad del sistema, constituyendo una solución tecnológica viable y replicable para la gestión hídrica inteligente.

Palabras clave: *SCADA, gestión hídrica, monitoreo en la nube, gestión remota, automatización industrial*

ABSTRACT

This research addresses the development of a SCADA system for the local control of a municipal water tank of the GAD of Ambato, incorporating cloud monitoring and remote management, based on the need to optimize water level control, reduce overflows, minimize operational failures, and decrease dependence on on-site supervision. The methodology employed corresponds to an experimental design with a mixed approach, in which a functional prototype is implemented and evaluated, integrating a DELTA DVP28SV11R2 PLC, water level sensor, DELTA DOP-107WV HMI, SCADA, and a V-NET IoT platform in the cloud under simulated conditions. The system is evaluated considering technical variables such as response times, reliability, alarm generation, and operational efficiency, as well as the perception of specialized technicians. The results show that automation and remote management improve the system's efficiency, reliability, and safety, constituting a viable and replicable technological solution for intelligent water management.

Keywords: SCADA, water management, cloud monitoring, remote management, industrial automation

INTRODUCCIÓN

La gestión y el control del agua en infraestructuras urbanas han sido una preocupación constante para los municipios, y en el caso de las piletas ornamentales, el control del nivel de agua y el funcionamiento del sistema de bombeo todavía se realizan en muchos casos mediante esquemas manuales que dependen de la supervisión presencial y de intervenciones correctivas. Esto incrementa el riesgo de desbordes, funcionamiento en vacío de las bombas y desperdicio del recurso hídrico (Anchiraico, Orellana, Ayre, Orellana, & Peceros, 2025).

En los últimos años, la tendencia ha sido migrar desde estos esquemas manuales hacia soluciones de automatización conectada, donde sensores y controladores generan datos que soportan decisiones en tiempo real y permiten visualización remota y registro histórico para análisis y mejora continua. Esta visión se enmarca en la digitalización industrial e integración con IoT/IIoT (Muhammad, y otros, 2023). En esta línea, los sistemas SCADA integrados con tecnologías IoT y plataformas en la nube se han consolidado como una alternativa viable para el monitoreo y control de infraestructuras hidráulicas urbanas. Al proporcionar mayor visibilidad del proceso, capacidad de gestión remota desde cualquier ubicación y una respuesta más oportuna ante fallas operativas (Aliyu & Ogbonna, 2024).

En el contexto ecuatoriano, la pileta ubicada en el GAD Municipal de Ambato, conocida como GADMA SUR, opera con cinco bombas centrífugas, cinco variadores de frecuencia y un sistema de control local que no dispone de monitoreo remoto ni de registro histórico de datos, lo que dificulta la detección temprana de fallas, impide optimizar el consumo energético y obliga al personal técnico a desplazarse físicamente para verificar el estado del sistema. La presente investigación aborda esta necesidad mediante el desarrollo de un sistema SCADA que integra control local, monitoreo en la nube y gestión remota, evaluado bajo escenarios simulados de operación.

La hipótesis planteada sostiene que la implementación de un sistema SCADA con monitoreo en la nube y gestión remota mejora significativamente el control del nivel de agua, la eficiencia operativa y la detección oportuna de fallas, reduciendo eventos de desborde, errores humanos

y tiempos de intervención en comparación con los métodos tradicionales de supervisión manual.

El trabajo se estructura en tres capítulos. El primero desarrolla los fundamentos conceptuales y tecnológicos que sustentan la solución propuesta, abordando aspectos de automatización industrial, sistemas SCADA, PLC, IoT, sensórica, comunicación industrial y plataformas en la nube. El segundo describe el diseño experimental y los procedimientos empleados para la implementación y evaluación del prototipo. El tercero presenta el análisis del desempeño del sistema SCADA implementado, considerando indicadores de eficiencia operativa, estabilidad del sistema, respuesta de alarmas, fiabilidad del monitoreo en la nube y reducción de eventos críticos, culminando con las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

Formulación del problema de investigación

¿De qué manera la implementación de un sistema SCADA con monitoreo en la nube y gestión remota mejora el control, la eficiencia operativa y la detección oportuna de fallas en el funcionamiento de una pileta de almacenamiento de agua?

Objetivo General:

Desarrollar un sistema SCADA para control local de una pileta con monitoreo en la nube y gestión remota

Objetivos Específicos:

- 1.- Definir los requisitos tecnológicos basados en estrategias de automatización para la implantación de un sistema SCADA en pileta.
- 2.- Diseñar el sistema automatizado SCADA responsable del monitoreo, control y gestión de la pileta.
- 3.- Implementar el sistema automatizado SCADA responsable del monitoreo, control y gestión de la pileta.
- 4.- Verificar el funcionamiento del sistema automatizado de la pileta simulando diferentes escenarios operativos, garantizando su eficiencia, confiabilidad y respuesta ante condiciones variables.

Planteamiento hipotético

La implementación de un sistema SCADA para el control local de una pileta, integrado con monitoreo en la nube y gestión remota, permitirá mejorar significativamente el control del nivel de agua, la eficiencia operativa y la detección oportuna de fallas, reduciendo eventos de desborde, errores humanos y tiempos de intervención, en comparación con los métodos tradicionales de supervisión manual

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Revisión de literatura

Durante la historia, la necesidad de gestión del agua ha sido una constante; (Argudo G., 2019) sostiene que en Atenas existía un inconveniente con el almacenamiento del agua lluvia para conservarla cuando había escasez, usando cisternas y depósitos, como en Sicilia, donde la Hybla tenía un depósito de triple uso: piscina, estanque de peces y depósito de agua. Más adelante, en Roma, con el urbanismo y siendo el agua un elemento necesario, esta era distribuida por acueductos que nacían de grandes cisternas y se extendían por todo el imperio, lo que convirtió a estas construcciones en obras muy importantes

(Maguiña M., 2025) argumenta que en épocas remotas el ser humano buscó la necesidad de llevar el agua desde los acueductos hasta niveles más altos y poder así solventar sus necesidades, en inicios la primera invención fue el cántaro colgado de cadenas fijados en ruedas que con la fuerza del hombre y el movimiento propio de este podía elevar el agua, para los años 1000 a. C. en China se evidenciaba la rueda China de cangilones con cuencos de arcillas que vertía el agua a puntos más elevados, en el 287 a.C. Arquímedes describe el un tornillo con giro espira que eleva el agua en un tubo, con el paso del tiempo en el año de 1724 Leopold ingeniosamente monta tubos curvados en una rueda que al girar elevaban con fuerza el agua, este ubicado sobre la corriente de un río que servía para accionar el sistema de elevación.

Con el paso del tiempo surgieron mejoras tanto en lo técnico de elevación de agua tanto como para los recursos que se utilizaron considerando según la (Unicef, 2025) políticas de manejo del agua que para este país que cumple efectos sobre marco normativo consensuado del sector hídrico y saneamiento, mejorar en la sostenibilidad económica, técnica y social; empoderar a las organizaciones sobre servicios sostenibles de agua y la construcción de infraestructuras que fortalezcan cultura de educación sanitaria y ambiental; con estos aspectos Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica, (2021) promueve la integración de ciudades inteligentes, con recursos sostenibles innovadores en el contexto de prestación de servicios de agua.

Cuando se habla de la potenciar sistemas de agua se reconoce la automatización de sistemas de bombeo por lo tanto uno de los sistemas de automatización más utilizados son los SCADA destinados entre tantas cosas para proveer de gestión hídrica inteligente, de este modo Procetradi, (2024) menciona que estos sistemas son claves en el tratamiento del agua y en Estados Unidos el 55% de las empresas han tenido que priorizar el monitoreo activo y análisis

de datos tecnológicos para recursos hídricos explorando tres tecnologías clase como: a) Gemelos digitales para monitoreo y mantenimiento predictivo, b) Inteligencia artificial que genere eficiencia y reducción de desperdicios y c) SCADA en la nube para conectividad y eficiencia con estos datos el 95% de los trabajos empresariales hídricos ya deberían gestionarse desde la nube ofreciendo un entorno unificado y con eficiencia operativa.

b. Brechas de conocimiento La automatización de la industria enfrenta grandes desafíos que derivan en diferentes matices haciendo referencia al conocimiento que se debería obtener entorno al control, monitoreo y gestión, dado que trabajos exhaustos generan brecha de habilidades para resolver conceptos de programación para sensores, PLCs, cableado, importantes para gestión de procesos en los equipos de la interfaz Humano-máquina debiendo brindar información oportuna sobre en funcionamiento de las máquinas, en este contexto aquellos trabajadores industriales requerirán formación digital orientada a tecnologías de la información para que puedan enfrentar procesos de transformación y automatización en la industria.

1.2. Desarrollo teórico y conceptual

1.2.1 Automatización

La automatización es el conjunto de tecnologías y técnicas que permiten que un proceso o sistema funcione de manera autónoma o semiautónoma, sin necesidad de intervención humana constante. En el ámbito industrial, esto implica la integración de sensores, actuadores, controladores y sistemas de supervisión que trabajan en conjunto para mantener las variables de un proceso dentro de rangos establecidos, respondiendo de forma automática ante cambios en las condiciones de operación (Torres, 2025).

El concepto de automatización no es nuevo; ha evolucionado desde mecanismos rudimentarios de control hasta sistemas complejos basados en microprocesadores y redes de comunicación industrial. Lo que sí ha cambiado radicalmente en las últimas décadas es el nivel de integración y la capacidad de procesamiento, lo que ha permitido que la automatización deje de ser exclusiva de grandes plantas industriales y se incorpore también a infraestructuras urbanas y municipales, como es el caso de las piletas ornamentales. En aplicaciones concretas, se han documentado sistemas de control para fuentes que integran monitoreo meteorológico, control remoto e iluminación (Xu, 2016), así como métodos basados en sensores múltiples para regular con precisión el nivel de agua (Xi'an Erji Environmental Protection Technology Co., Ltd., 2026). De igual manera, estudios recientes en plantas de tratamiento de agua han demostrado

que la integración PLC-SCADA ofrece mayor confiabilidad y resistencia ante interrupciones de red que las soluciones basadas únicamente en IoT (IEEE Xplore, 2026), lo que respalda la pertinencia de aplicar tecnologías de automatización industrial a la gestión de piletas ornamentales municipales.

En el contexto del presente proyecto, la automatización cumple un papel central porque permite superar las limitaciones del control manual que actualmente caracteriza a la pileta del GADMA SUR. Al automatizar el control del nivel de agua, la operación de las bombas y la gestión de horarios, se reduce la dependencia de la supervisión presencial, se minimizan los errores humanos y se optimiza el uso del recurso hídrico y energético.

1.2.2. Sistemas automatizados

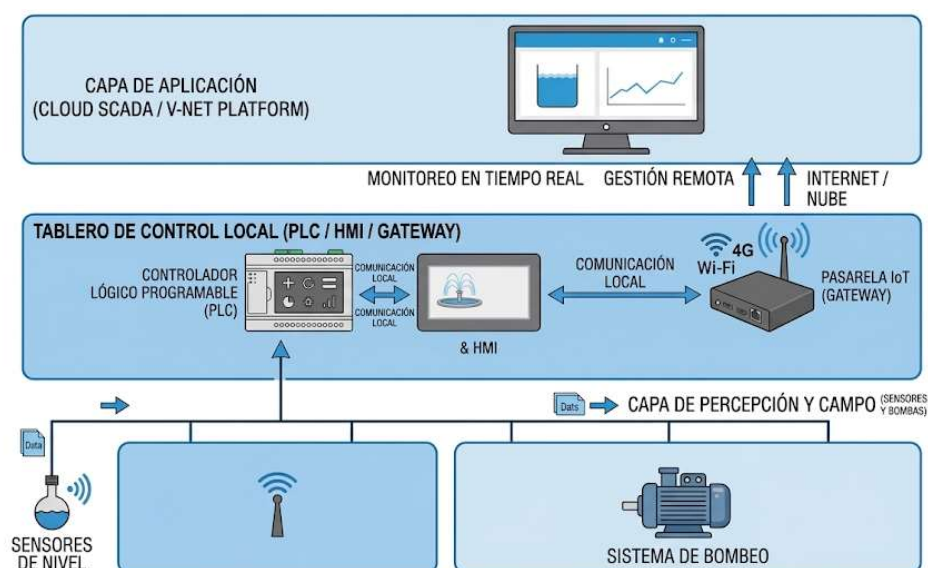
La automatización dentro del campo de control permite observar que en la naturaleza de los procesos necesitan retroalimentación constante con variables de salida que se comportan según las órdenes de variables de entrada, estos sistemas poseen una arquitectura en donde intervienen elementos como: mando, parte operativa, actuadores, sensores y sistema supervisor, el gran auge de la automatización obedece a la presencia del autómatas programable PLC que en sus siglas hace referencia a un controlador lógico programable utilizado para automatizar procesos para el control de equipos industriales sustituyendo a las computadoras ya que estas no eran eficientes para control en trabajos industriales, se necesitaba personal capacitados y el costo del equipo y el mantenimiento era elevado (Brunete, San Segundo, & Herrero, 2025).

1.2.3. Gestión inteligente de piletas y automatización basada en datos

La gestión de piletas (tanques o reservorios) requiere asegurar continuidad operativa, protección de equipos de bombeo y evitación de desbordes o vaciados críticos, en la práctica, estas necesidades se traducen en el control y supervisión de variables como nivel, estado de bombas, alarmas, consumo energético y condiciones de operación y en los últimos años, el enfoque dominante ha sido migrar desde esquemas manuales hacia soluciones de automatización conectada, donde sensores y controladores generan datos que soportan decisiones en tiempo real, y donde la conectividad permite visualización remota y registro histórico para análisis y mejora continua, esta visión se enmarca en la tendencia de digitalización industrial e integración con IoT/IIoT (Muhammad, y otros, 2023).

Figura 1

Tendencia de aplicaciones IoT industriales.



Nota: Las tendencias del IoT industrial muestran aplicaciones recientes del IoT industrial.

Fuente: Elaborado por el autor.

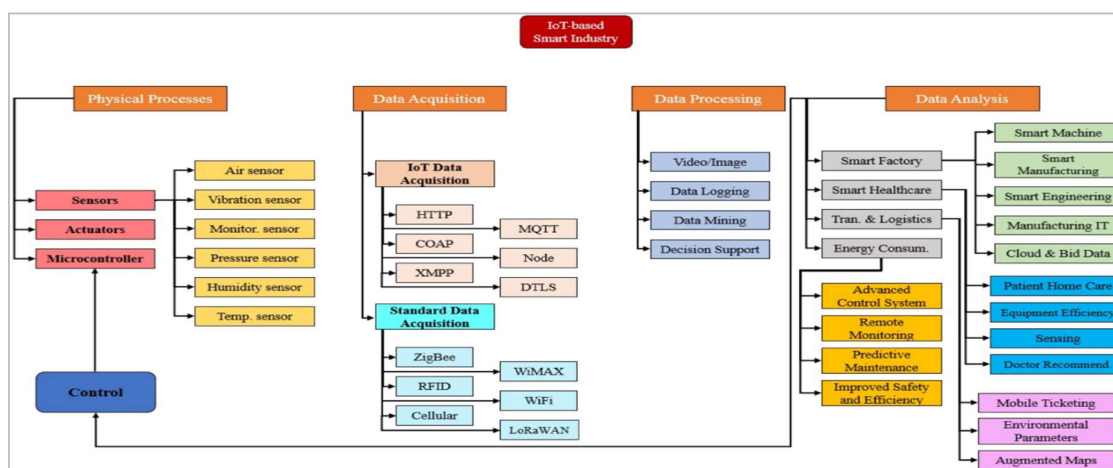
El Internet Industrial de las Cosas IIoT impulsa la conectividad segura y eficiente en entornos como fábricas inteligentes, transporte, logística y sistemas de salud, las redes IIoT, apoyadas en tecnologías inalámbricas, permiten la supervisión en tiempo real mediante sistemas ciberfísicos, aplicaciones móviles y sensores inteligentes que monitorean variables críticas y activan alertas ante condiciones de riesgo, asimismo, las plataformas, servidores y pasarelas IIoT garantizan la gestión y protección de los datos industriales; las principales líneas de investigación en este ámbito se centran en aplicaciones IIoT mencionadas en la **Figura 1**, arquitecturas y topologías de red, protocolos de comunicación y seguridad, destacan su impacto en procesos como el monitoreo, el control de calidad y la optimización energética.

El ecosistema industrial del IoT se estructura en cuatro componentes fundamentales: la captura de información, la infraestructura física, el análisis de datos y su posterior procesamiento, tal como se representa en la **Figura 2**, dentro de la industria inteligente, la infraestructura física constituye el elemento más crítico, ya que integra y gestiona sensores, actuadores y dispositivos, permitiendo prevenir condiciones operativas riesgosas.

Los sensores cumplen funciones específicas como la medición de temperatura y humedad, la detección de vibraciones, así como el monitoreo de corriente y presión, por su parte, los dispositivos IoT ejecutan tareas de control y gestión, incluyendo la identificación de equipos, el descubrimiento de nodos y la asignación de direcciones; estas operaciones son posibles gracias a microcontroladores integrados, que permiten además la supervisión y el control remoto de los sistemas a través de computadoras u otros dispositivos conectados a internet.

Figura 2

Componentes clave de la industria IOT.



Nota: Componentes de control de dispositivos en la industria IoT.

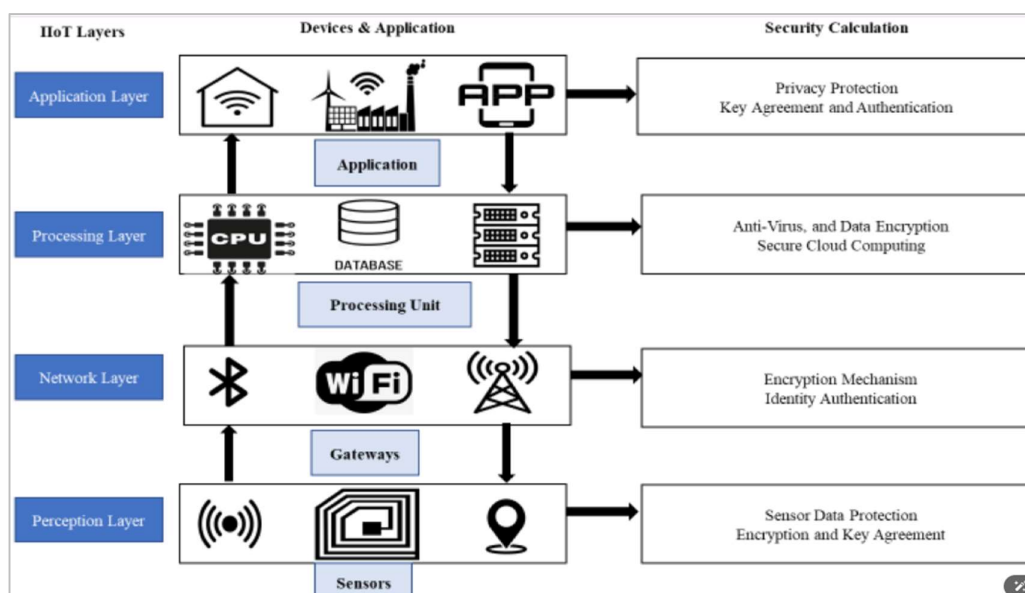
Fuente: (Muhammad, y otros, 2023).

1.2.4. Estructura de 4 capas de la arquitectura de red industrial habilitada para IoT

Con el objetivo de fortalecer la seguridad y robustez de las redes IoT, la arquitectura tradicional de tres capas ha evolucionado hacia un modelo de cuatro capas, conformado por la capa de percepción, la capa de red, la capa de procesamiento y la capa de aplicación como se muestra en **Figura 3**, este enfoque permite una mejor separación funcional y un control más eficiente de los flujos de información en entornos industriales, el análisis de estas capas ha impulsado la adopción de tecnologías complementarias como IPv6 y 6LoWPAN, las cuales optimizan la conectividad y la escalabilidad de los dispositivos IoT.

Figura 3

Arquitectura de cuatro capas IIOT



Nota: Arquitectura de cuatro capas que mejoran la seguridad de las redes IoT.

Fuente: (Muhammad, y otros, 2023).

La capa de procesamiento, también denominada capa de soporte, representa el nivel superior de abstracción dentro de la arquitectura, proporcionando mayor seguridad y fiabilidad al sistema mediante el uso de protocolos de comunicación orientados al monitoreo de variables industriales clave, tales como el consumo energético, la reducción de costos operativos y la mejora de la productividad, en conjunto, la arquitectura se estructura con sensores y dispositivos en la capa de percepción, mecanismos de comunicación en la capa de red, funciones de almacenamiento y análisis de datos en la capa de procesamiento, y aplicaciones inteligentes orientadas a la supervisión y toma de decisiones en la capa de aplicación.

Anchiraico et al., (2025) menciona que en aplicaciones hidráulicas y de agua, revisiones recientes resaltan que la incorporación de sensores, plataformas en la nube y monitoreo en tiempo real mejora la eficiencia de gestión y habilita detección temprana de eventos (pérdidas, fallas, sobrellenado), aunque persisten barreras de adopción (conectividad, estandarización, costos, capacidades técnicas).

1.2.5. Fundamentos, rol en supervisión y control local en sistemas SCADA

El rol del SCADA dentro de una pileta va más allá de la simple visualización, ya que articula tres funciones esenciales: supervisión continua del proceso, ejecución de comandos de control y gestión de eventos y alarmas. En una pileta, el SCADA local suele encargarse de tareas como la visualización del nivel de agua, el estado de las bombas, la generación de alarmas por nivel alto, bajo o falta de señal, el registro de eventos y la ejecución de comandos en modo manual o automático. Estas funciones operan de forma integrada; por ejemplo, cuando el sensor detecta un nivel bajo, el SCADA no solo muestra la alarma, sino que puede ejecutar automáticamente la apertura de la electroválvula o el arranque de las bombas según la lógica programada.

Un aspecto fundamental del SCADA moderno es la separación entre el control local y la supervisión remota. El PLC ejecuta la lógica primaria del proceso, mientras que la nube aporta capacidades complementarias como visualización remota, históricos y gestión a distancia. Esta arquitectura híbrida persigue un principio crítico: el control no debe depender de Internet. La literatura reciente destaca que esta combinación habilita baja latencia local y alto alcance remoto, siempre que exista una correcta partición de funciones entre lo que se decide en el PLC o en el borde y lo que se analiza en la nube (Ficili, Giacobbe, Tricomi, & Puliafito, 2025).

En el presente proyecto, esta separación se materializa con el PLC Delta DVP28SV11R2 ejecutando la lógica de control local, el HMI DOP-107WV permitiendo la operación en sitio, y la plataforma V-NET 2.0 habilitando el monitoreo remoto a través del gateway V-Box H-WF. Esta arquitectura garantiza que, incluso ante una pérdida de conectividad, la pileta siga operando de forma autónoma, mientras que la supervisión remota se restablece automáticamente al recuperarse el enlace. Cabe señalar que la supervisión local no es un elemento secundario, sino un componente crítico para la operación segura, ya que permite al operador visualizar el estado del sistema y actuar de forma inmediata sin depender de plataformas externas.

1.2.6. Control local y monitoreo en la nube

Una arquitectura híbrida persigue un principio crítico: el control no debe depender de Internet. Por ello, el PLC ejecuta la lógica primaria (encendido/apagado de bombas, enclavamientos, protecciones), mientras que la nube aporta capacidades complementarias: visualización remota, históricos, reportes y gestión remota, la literatura reciente sobre integración IoT-Cloud-Edge

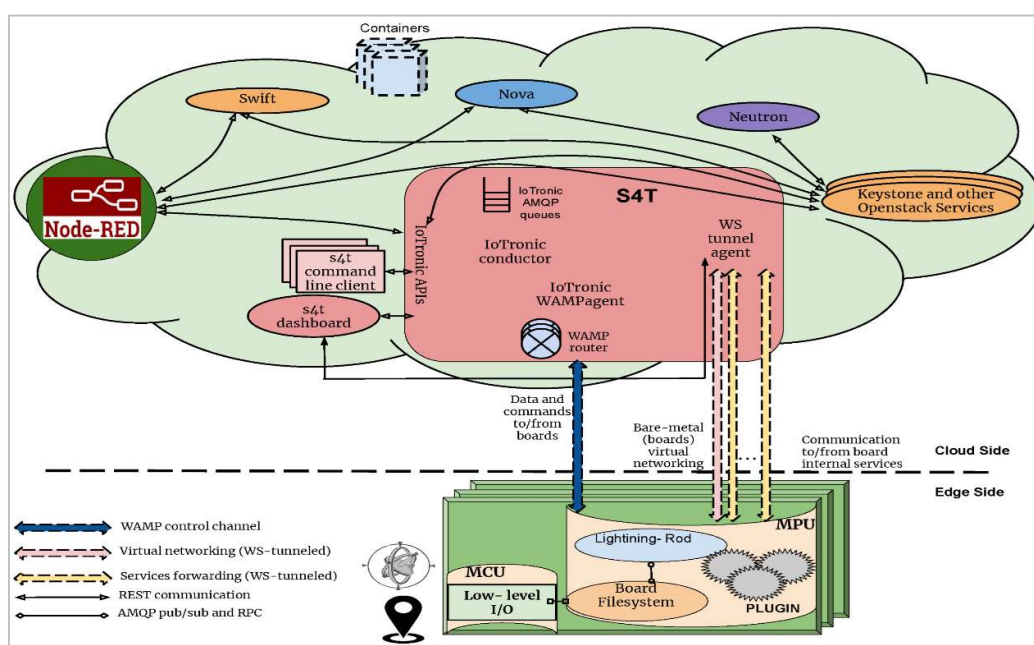
destaca que esta combinación habilita baja latencia local y alto alcance remoto, siempre que exista una correcta partición de funciones (qué se decide en PLC/edge y qué se analiza en cloud

Esta separación se observa en la **Figura 4** la cual considera:

- ✓ Procesamiento local (edge): validación, detección crítica, reducción de datos.
- ✓ Nube: plataforma, almacenamiento, dashboard.
- ✓ Control local: PLC/HMI/SCADA local.

Figura 4

Arquitectura de procesamiento e integración de datos



Nota: Interacciones edge-nube a través de su modelo de programación basado en flujo

Fuente: (Ficili, Giacobbe, Tricomi, & Puliafito, 2025)

Ficili et al., (2025) indica que Node-RED desempeña un papel en la facilitación de las interacciones edge-nube a través de su modelo de programación basado en flujo, lo que permite un procesamiento e integración de datos sin problemas.

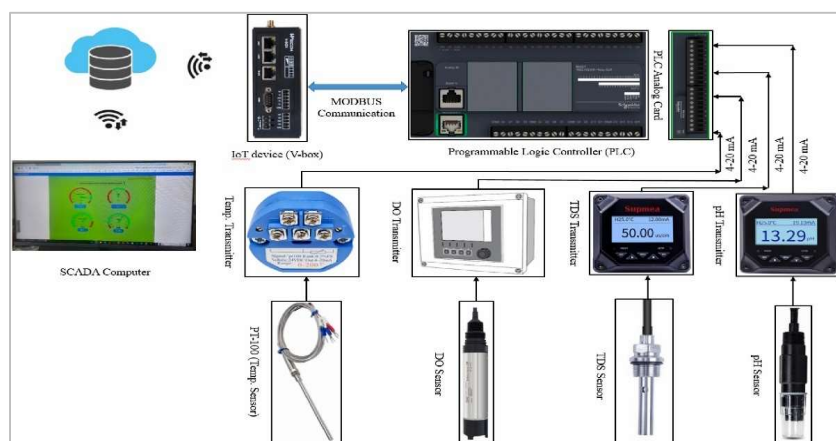
1.2.7. Adquisición de datos y sensoria para nivel y estado de bombas

En sistemas de agua, el censado continuo (nivel, presión, variables de calidad cuando aplica) es base para control estable y detección de anomalías. Estudios recientes de IoT en tratamiento

y gestión de agua resaltan la integración de sensores para monitoreo en tiempo real y soporte a decisiones operativas como se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5

Diagrama de bloques del sistema



Nota: Diagrama de bloques general del sistema para el monitoreo de los parámetros de calidad del agua.

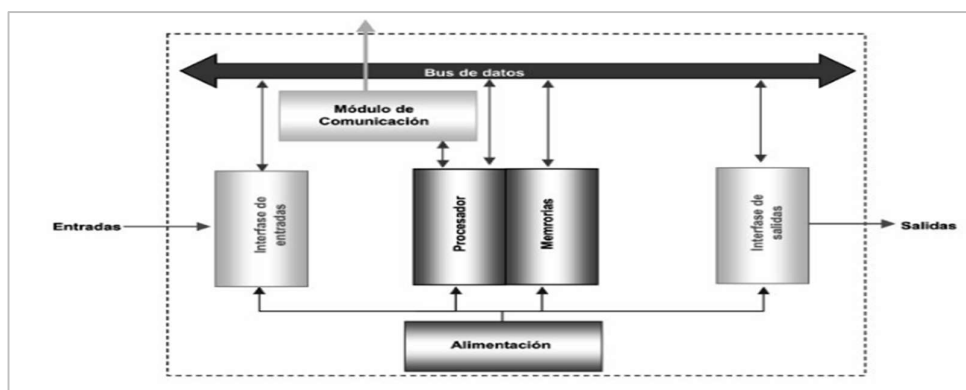
Fuente: Forhad et al., (2024).

1.2.8. PLC

Un PLC es un equipo digital electrónico con memoria programable que, mediante el almacenamiento de instrucciones, su ejecución e implementación controlan máquinas y sus procesos de manera cíclica. Sus campos de aplicación abarcan fines industriales de cualquier tipo y sus pequeñas dimensiones lo hacen ideal en procesos en donde existe espacio reducido, producción periódica cambiantes, procesos secuenciales, chequeos de programación centralizados, etc. La estructura básica de un PLC consta de: CPU, interfaces de entrada e interfaces de salida (Pineda, 2025) como lo muestra la **Figura 6**.

Figura 6

Estructura de un PLC.



Nota: Componentes de la estructura básica de un PLC (Pineda, 2025).

(Pineda, 2025) en su trabajo científico indica que los componentes de la estructura básica de un PLC se describen a continuación:

- El Procesador es el responsable de ejecutar el programa implementado por el usuario, administrar la comunicación entre el dispositivo, la memoria y microprocesador, ejecutar autodiagnósticos.
- La memoria almacena señales de entrada y salida, variables y datos alfanuméricos y constantes.
- Los dispositivos de entrada se utilizan para conocer una condición particular del entorno como temperatura, presión, posición, etc.
- Los dispositivos de salida dan respuesta a las señales de salida para modificar el entorno.

1.2.9. HMI

La interfaz hombre-máquina (HMI) es el elemento que permite la interacción entre el operador y el sistema de control. Se define como un proceso de intercambio bidireccional de información entre una persona y un sistema informático, que se realiza a través de una interfaz visual, generalmente una pantalla táctil, que presenta datos del proceso y permite ejecutar comandos (Abdul-Malik Abdulai, 2025).

Funcionalmente, la HMI cumple tres roles esenciales dentro de un sistema automatizado: visualizar el proceso en tiempo real (niveles, estados de bombas, válvulas, horarios y alarmas),

permitir la operación del sistema mediante comandos como arranque y parada de bombas, cambio de modo manual a automático o modificación de horarios, y gestionar las alarmas, notificando al operador cuando una variable sale de los rangos establecidos y registrando el evento para su posterior análisis. Durante las últimas décadas, los investigadores han trabajado en el diseño, evaluación y mejora de estas interfaces para hacerlas más prácticas, usables y estéticas (Abdul-Malik Abdulai, 2025).

En cuanto a los esquemas generales de comunicación, la HMI se integra en la arquitectura de control como un nodo conectado al PLC, generalmente mediante protocolos industriales como Modbus RTU sobre RS-485 o Modbus TCP sobre Ethernet. A través de este enlace, la HMI lee las variables del PLC y escribe los comandos del operador, manteniendo una comunicación bidireccional constante. En arquitecturas más avanzadas, la HMI puede compartir los mismos datos que muestra localmente con plataformas de monitoreo remoto, aunque lo más común es que esta función la realice un Gateway independiente.

1.2.10. Pasarela IIoT

La pasarela IIoT, también conocida como gateway o puerta de enlace industrial, es el dispositivo que actúa como puente entre la red de campo y la plataforma en la nube. Su función principal es recolectar, procesar y homogenizar los datos generados por los dispositivos de campo, como PLC, sensores, variadores y actuadores, antes de transmitirlos hacia los sistemas en la nube, garantizando que la información llegue en un formato compatible con las plataformas de monitoreo y análisis (MachineMetrics, 2019).

Desde el punto de vista funcional, la pasarela IIoT cumple tres roles esenciales dentro de una arquitectura de automatización conectada. Primero actúa como traductor de protocolos, permitiendo que equipos que operan con Modbus RTU o Modbus TCP puedan comunicarse con redes Ethernet y con plataformas en la nube que utilizan protocolos como MQTT o HTTP. Segundo, funciona como concentrador de datos, recolectando información de múltiples dispositivos de campo y organizándola antes de su transmisión. Y tercero, opera como gestor de comunicaciones, administrando el enlace entre la red local y la nube, gestionando reconexiones automáticas ante pérdidas de señal y aplicando políticas de seguridad.

En cuanto a los esquemas generales de comunicación, una pasarela IIoT se ubica en la capa intermedia entre el nivel de campo y el nivel de supervisión en la nube. En el nivel de campo se conecta al PLC mediante puertos seriales, como RS-232 o RS-485, o Ethernet, según el

protocolo soportado. En el nivel de supervisión local puede integrarse con el HMI para compartir datos y comandos. Y en el nivel de nube se conecta a través de Wifi, Ethernet o redes celulares para transmitir los datos hacia la plataforma IoT, donde quedan disponibles para visualización, historización y análisis remoto.

En cuanto a los procesos de comunicación y seguridad, la pasarela IIoT moderna incorpora capacidades de procesamiento en el borde, lo que le permite filtrar, preprocesar y almacenar datos localmente antes de enviarlos a la nube, reduciendo el ancho de banda necesario y mejorando los tiempos de respuesta ante fallos de conectividad (ELA Innovation, 2025). La funcionalidad Store & Forward, por ejemplo, permite que la pasarela almacene los datos cuando la comunicación falla y los reenvíe automáticamente cuando el enlace se restablece, asegurando que no se pierda información crítica (Deuser, 2025).

En el ámbito normativo, la seguridad de las pasarelas IIoT se rige por el estándar IEC 62443, que establece los requisitos de ciberseguridad para sistemas de automatización y control industrial, definiendo zonas y conductos de seguridad, y exigiendo mecanismos de autenticación, cifrado y control de acceso (International Electrotechnical Commission, 2024). Asimismo, el estándar IEC 62541, correspondiente a OPC UA, define un protocolo de comunicación seguro e interoperable que muchas pasarelas modernas incorporan para garantizar la integridad y confidencialidad de los datos industriales (International Electrotechnical Commission, 2026).

En el caso del presente proyecto, la pasarela seleccionada fue la V-Box H-WF, que se encarga de conectar el PLC Delta DVP28SV11R2 con la plataforma V-NET 2.0 en la nube. Su función específica es recolectar los datos del PLC, como nivel de agua, estado de bombas, estado de luces y horarios programados, y transmitirlos mediante WiFi hacia la plataforma. La comunicación con el PLC se establece mediante Modbus RTU sobre RS-485, mientras que la conexión con la nube se realiza a través de V-NET Client 2.0, que permite configurar los tags, las alarmas y las políticas de reconexión automática.

1.2.11. Comunicación industrial en planta: MODBUS sobre RS-485 / Ethernet

Para la comunicación entre el PLC Delta DVP28SV1132, interfaces HMI/SCADA local y posibles dispositivos periféricos, el protocolo empleado es MODBUS en sus variantes RTU (sobre RS-485) o TCP (sobre Ethernet, mediante el módulo opcional DVPEN01-SL). En términos contemporáneos, MODBUS se justifica por su amplia adopción industrial, su

naturaleza abierta y libre de regalías, y por soportar una comunicación adecuada a las exigencias de automatización de media y baja complejidad. A diferencia de protocolos más avanzados como PROFINET, MODBUS no ofrece determinismo estricto ni tiempos de ciclo garantizados en el orden de microsegundos, pero su simplicidad, bajo costo de implementación y compatibilidad con prácticamente cualquier controlador industrial lo convierten en la opción predominante para sistemas heredados y proyectos con restricciones presupuestarias, como es el caso del presente trabajo (Forhad, y otros, 2024).

1.2.12. Pileta de agua

La pileta de agua, también denominada fuente ornamental, es una estructura acuática que puede contar con equipos energéticos, de iluminación, sistema de bombas, recirculación, filtrado y cloración, entre otros (Universidad Tecnológica del Perú, 2025). Su función es doble, ya que cumple un papel estético dentro del espacio público y al mismo tiempo actúa como un sistema hidráulico que requiere control operativo para garantizar su funcionamiento continuo y seguro.

Funcionalmente, una pileta ornamental opera mediante un ciclo cerrado de recirculación. El agua almacenada es impulsada por bombas centrífugas hacia las boquillas de chorro, generando el efecto ornamental. Luego retorna al reservorio, donde se mantiene el nivel mediante una electroválvula. Esta electroválvula se activa cuando el sensor detecta que el agua ha descendido por debajo de un umbral establecido. Este ciclo exige un control preciso del nivel, del arranque y parada de las bombas y de los tiempos de operación, ya que un manejo inadecuado puede provocar desbordes, funcionamiento en vacío o desperdicio del recurso hídrico.

En cuanto a los esquemas generales, una pileta automatizada integra varios subsistemas que trabajan de forma coordinada:

Sistema hidráulico, conformado por bombas, tuberías, boquillas y electroválvula.

Sistema eléctrico, que incluye alimentación, variadores, relés y protecciones.

El sistema de control y comunicación, donde intervienen el PLC, los sensores, el HMI y el gateway IoT.

Sistema de iluminación, con luminarias LED y fuentes independientes.

La integración de todos ellos mediante una red de comunicación industrial permite que la pileta opere de forma automática, con supervisión local y monitoreo remoto.

La comunicación industrial cumple un papel central en este tipo de sistemas. El PLC se comunica con el HMI y con el gateway mediante protocolos estándar como Modbus en sus variantes RTU, sobre RS-485, o TCP, sobre Ethernet. El gateway actúa como puente entre la red de campo y la plataforma en la nube, recolectando y homogenizando los datos antes de transmitirlos, lo que permite visualizar el estado del sistema en tiempo real y ejecutar comandos desde cualquier ubicación con acceso a internet (Forhad, y otros, 2024).

En cuanto a las normativas y estándares aplicables, la operación de piletas ornamentales municipales se rige por ordenanzas locales de uso de espacio público y protección de infraestructura verde. En el caso de Ambato, el GAD Municipal realiza mantenimiento preventivo en las piletas de parques como Cevallos, La Laguna y de las Flores, y ha establecido medidas para evitar su uso inadecuado, incluyendo la suspensión del llenado durante festividades para prevenir daños y desperdicio del recurso hídrico. Adicionalmente, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 establece los requisitos de calidad del agua potable, con parámetros como pH entre 6.5 y 8.5, turbiedad máxima de 5 NTU y ausencia de coliformes fecales, que aunque la pileta tenga función ornamental, son relevantes porque el agua que la alimenta proviene del sistema público de abastecimiento.

En el ámbito de los procesos de mantenimiento, los pliegos técnicos para la conservación de fuentes ornamentales establecen protocolos de limpieza, desinfección y control higiénico-sanitario, así como la obligación de mantener un registro de mantenimiento que incluya el esquema hidráulico de la instalación, las operaciones realizadas y los resultados de los análisis de calidad del agua. Estudios recientes en piletas ornamentales han encontrado que la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno pueden superar significativamente los estándares ambientales, y que la presencia de *Escherichia coli* confirma la necesidad de protocolos periódicos de limpieza y desinfección para proteger la salud pública.

En el caso del presente proyecto, la pileta del GADMA SUR está equipada con cuatro bombas centrífugas, cinco variadores de frecuencia, un sensor de nivel, una electroválvula, luces LED y un tablero de control que inicialmente operaba con un PLC Siemens LOGO. La implementación del sistema SCADA permitió integrar todos estos elementos bajo una arquitectura de control unificada, con comunicación Modbus sobre RS-485 para el enlace con el gateway y Ethernet para la red local, habilitando así el monitoreo en la nube y la gestión remota que constituyen el aporte central de esta investigación.

1.2.13. Estándares y normativas aplicables al sistema SCADA

Cuando se desarrolla un sistema SCADA para una pileta municipal, no se está trabajando en algo aislado. Al final, este tipo de infraestructuras forman parte de un entorno regulado, y por eso conviene revisar qué estándares y normativas enmarcan el diseño, la implementación y la operación del sistema.

A nivel internacional, el estándar ANSI/ISA-112.00.01-2025 es el referente más actual para sistemas SCADA. Lo interesante de esta norma es que fue pensada justamente para instalaciones municipales de agua y aguas residuales, y ofrece un marco de trabajo para todo el ciclo de vida del sistema, es decir, desde su diseño hasta su mantenimiento y modernización (International Society of Automation, 2025). Por otro lado, la norma ANSI/ISA-101.01-2015 se enfoca en el diseño de interfaces hombre-máquina, cubriendo aspectos como la filosofía de diseño, la implementación, la operación y el mantenimiento de las HMI a lo largo de su vida útil (International Society of Automation, 2015). Ambas normas respaldan la arquitectura implementada en este proyecto, basada en PLC, HMI, gateway y plataforma en la nube.

En el ámbito nacional, el Código Ecuatoriano de la Construcción (CPE INEN 005-9-1) establece que los proyectos de agua potable deben incluir una memoria técnica, especificaciones y una programación que permita su operación y mantenimiento (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992). Esto se cumple en la presente investigación mediante la documentación del sistema y el instructivo técnico incluido en los anexos. De igual manera, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 fija los requisitos de calidad del agua potable, criterios que aplican al agua que alimenta la pileta (Instituto Ecuatoriano de Normalización, s.f.).

Finalmente, en el ámbito local, la intervención se sujeta al Plan de Uso y Gestión de Suelo del cantón Ambato, que regula el uso del espacio público y las condiciones de las infraestructuras municipales (GAD Municipalidad de Ambato, 2024).

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Contexto de la investigación

La presente investigación se desarrolló tomando como caso de estudio la Pileta Plaza GAD Ambato, ubicada en el sector Atahualpa, río Cutuchi, parroquia Huachi Chico, perteneciente al cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador, este espacio público es administrado por el GAD Municipal de Ambato y constituye un punto representativo de recreación urbana que requiere un control eficiente del nivel de agua y del funcionamiento de su sistema de bombeo.

Figura 7

Ubicación de la pileta Municipal del GAD municipal Ambato.



Nota: Espacio público en donde se adecúa la pileta.

Fuente: Google Earth.

La infraestructura existente cuenta con cuatro bombas centrífugas Goulds Water modelo HS2032BHF de 2 HP y 3450 RPM, controladas mediante un PLC cinco variadores de frecuencia WEG modelo CFW-10, así como sistemas eléctricos y de control local.

La pileta presenta condiciones operativas que justifican la implementación de un sistema SCADA con monitoreo en la nube, debido a la necesidad de reducir desbordes, optimizar el consumo energético y mejorar los tiempos de respuesta ante fallas.

2.2. Tipo y métodos de investigación

La investigación adopta un enfoque mixto, cuantitativo en donde se analizan variables técnicas como nivel de agua, consumo energético, frecuencia de fallas, tiempos de respuesta y

porcentajes de error, de forma complementaria, se incorpora un enfoque cualitativo, orientado a evaluar la percepción del recurso humano respecto a la usabilidad, gestión y robustez del sistema mediante encuestas.

En cuanto a los métodos de investigación, se emplea el método hipotético-deductivo, al contrastar la hipótesis planteada mediante pruebas experimentales, así como los métodos analítico y sintético, para descomponer y posteriormente integrar los resultados obtenidos durante la evaluación del prototipo.

2.3. Población y muestra

La población de estudio está conformada por los sistemas de control y supervisión aplicables a piletas de almacenamiento de agua, especialmente aquellos orientados al monitoreo del nivel, control automático de bombas y gestión remota mediante sistemas SCADA.

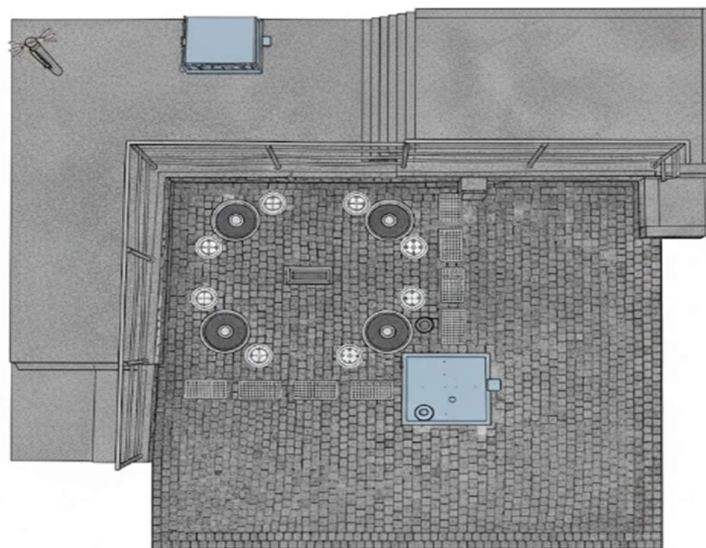
Para el desarrollo de la investigación se utilizó como muestra la piletta ornamental una piletta ornamental de almacenamiento de agua, el prototipo incorpora sensores de nivel, un sistema conformado por cinco bombas, sensores estado de las bombas, un PLC, una interfaz de supervisión local y una plataforma de monitoreo en la nube, lo que permitió evaluar el comportamiento del sistema bajo distintos escenarios de operación.

Debido al carácter experimental y aplicado del estudio, se empleó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando como unidad de análisis el propio sistema prototipo desarrollado, esta selección permitió analizar de forma controlada el desempeño del sistema SCADA, su capacidad de monitoreo continuo y la eficacia de la gestión remota propuesta

2.3.1. Diseño estructural de la pileta

Figura 8

Diseño de la pileta.



Nota: Diseño estructural de la pileta y componentes ornamentales. Elaborada por el autor.

El uso controlado de la pileta permite reproducir su comportamiento operativo bajo condiciones reales de funcionamiento, este enfoque facilita el control preciso de las variables experimentales asociadas al sistema, tales como el nivel de agua, el estado de las bombas y los tiempos de respuesta del sistema de control.

La implementación del prototipo posibilita la evaluación técnica del sistema SCADA, permitiendo el ajuste de parámetros de operación como los umbrales de nivel, la lógica de control del bombeo y los mecanismos de generación de alarmas, sin afectar infraestructuras reales.

La naturaleza controlada del funcionamiento de la pileta favorece la repetibilidad de los ensayos, garantizando que los resultados obtenidos puedan reproducirse bajo las mismas condiciones experimentales, esto permite verificar la robustez y confiabilidad del sistema SCADA, así como extrapolar su desempeño a piletas de mayor capacidad o a infraestructuras hidráulicas similares.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos cuantitativos, se realiza una revisión de documentación técnica, manuales de fabricantes, informes operativos y registros generados durante las pruebas del prototipo, relacionados con variables como nivel de agua, consumo energético, estado de las bombas, tiempos de respuesta del sistema, activación de alarmas y transmisión de datos hacia la plataforma en la nube, asimismo, se analizan los datos obtenidos directamente del sistema SCADA durante la simulación, los cuales permiten evaluar el desempeño y la eficiencia operativa del sistema propuesto.

En cuanto a los datos cualitativos, se emplean técnicas como entrevistas semiestructuradas y cuestionarios dirigidos al personal técnico encargado de la evaluación del prototipo, los instrumentos utilizados son guías de entrevista y formularios estructurados, diseñados para comprender las percepciones, experiencias y nivel de aceptación del sistema SCADA, así como su facilidad de uso, confiabilidad y viabilidad de aplicación en un entorno real de operación.

2.5. Procesamiento metodológico de la evaluación

En esta sección se describe el proceso seguido para evaluar la validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados en el levantamiento de información durante el desarrollo y validación del prototipo del sistema SCADA, el procesamiento de la evaluación se estructura considerando tanto los componentes técnicos del sistema como los criterios funcionales y operativos, garantizando la coherencia entre los objetivos de la investigación y los resultados obtenidos.

2.5.1. Selección de los componentes del sistema

Se realizó una revisión técnica y comparativa de los principales componentes utilizados en el sistema SCADA, tales como PLC, variadores de frecuencia, sensores de nivel, interfaz HMI y plataforma de monitoreo en la nube, este análisis permitió verificar que los equipos seleccionados cumplen con los requisitos de compatibilidad, confiabilidad, capacidad de comunicación y escalabilidad, necesarios para el control y monitoreo de la pileta.

2.5.1.1. Selección de la familia del PLC

En el mercado existen algunos tipos de PLC, y se los clasifica según cómo están diseñados y para qué función se necesita. Las empresas manufactureras como Delta, Siemens como dice (Electronics L. T., 2025).

Con base en lo que se ha revisado en diferentes fuentes, se hizo una comparación entre los PLC más conocidos. Esa comparación está en la **Tabla 1**, y lo que se busca con esta tabla es ayudar a escoger cuál controlador es el más adecuado para el proyecto que tenemos entre manos. Para eso, se incluye información actualizada y útil sobre las características y el rendimiento de cada opción.

Tabla 1

Análisis comparativo de las especificaciones de los PLC.

CARACTERISTICAS/ MARCAS		DELTA	SIEMENS
Tipo		Alta velocidad	Modular y compacto
Alimentación depende de modelo	DC	24-48 VDC	24-48 VDC
	AC	100-240 VAC	100-240 VAC
Software de programación		ISPsoft	Software Tia portal
Software de programación		Si	Si
Puerto de comunicación ethernet	9/7/e/s	No	Si
	16/16/E/S	SI	NO
Comunicación		Ethernet, Controlnet Modbus, etc	Ethernet, Profibus, etc
Costo del mercado	9/7/e/s	\$0	\$430
	16/16/E/S	\$300	\$640

Fuente: (SIEMENS, s.f.) (Electronics D. , 2018)

Se determina que el controlador lógico programable DELTA para la implementación de los módulos de trabajo, principalmente se considera que maneja protocolo Modbus, que el equipo tiene un nivel de entradas y salidas necesarias para su uso en las piletas además de ser un equipo de precio accesible.

2.5.1.2. Selección de PLC DELTA

Tomando en cuenta la cantidad de entradas y la salida el nivel de programación se realiza una comparativa de los PLC DELTA disponibles en la **Tabla 2**.

Tabla 2

Modelos del PLC Delta.

CARACTERISTICAS/ MODELO	DVP-SV2	DVP-EH3	DVP-50MC
CATEGORIA	PLC de Propósito General (Gama Alta)	PLC de Propósito General (Gama Alta)	PLC de movimiento especializado
ARQUITECTURA	CPU de 32 bits + ASIC de 2 núcleos	CPU + ASIC de 2 núcleos	CPU de 1 GHz
CONTADORES DE ALTO VELOCIDAD	4 Hardware a 200 kHz	4 Hardware a 200 kHz	2 entradas de absoluto
COMUNICACIONES INTEGRADAS	Puerto de expansión para Ethernet (ETHRW)	C-Link (hasta 32 unidades maestro- maestro)	EtherCAT , Ethernet, RS- 232, RS-485, Modbus TCP/RTU, Ethernet/IP

ALIMENTACION	24 VDC (Slim, ocupa poco espacio)	24 VDC y 100-240 VAC (Estándar)	24 VDC
--------------	-----------------------------------	---------------------------------	--------

Nota: Elaborado por el autor

EL PLC de la línea DVP-SV2 es la mejor opción porque, si bien hoy controlará 5 bombas con variadores, luces y válvula, su arquitectura de alto rendimiento nos permitirá expandir el sistema en el futuro sin cambiar de plataforma, además tiene capacidades avanzadas como telecontrol, monitoreo en la nube, o incluso automatización de válvulas y sensores de calidad de agua.

2.5.1.3. Selección de HMI DELTA

Una vez seleccionado el PLC DVP28SV11R2 se procede a revisar un HMI que sea compatible con el para eso se realizó la comparativa de los modelos DELTA que se ajusten al sistema de las piletas como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Selección modelo HMI Delta.

CARACTERISTICAS/ MODELO	DOP-107 WV	DOP-107 EG	DOP-107 SV
DIMENSIONES	7" (800 * 480) 65,536 Colores TFT	7"(800*600) 65,536 Colores TFT	7" (800 * 480) 65,536 Colores TFT
MEMORIA RAM	512 MB RAM	256 MB RAM	28 Mbytes RAM
ETHERNET INCORPORADA	Si	Si	SI
NUMERO DE PUERTOS	1 Puerto	2 juegos de puertos COM / 1 puerto COM de extensión	1 Puerto

CERTIFICACION POR CE/UL	SI	SI	SI
NUMERO DE PULSACIONES	10.000 K VECES	10.000 K VECES	10.000 K VECES
TEMPERATURA DE OPERACIÓN:	0 °C - 50 °C	0 °C - 50 °C	0 °C - 50 °C

Fuente: (DELTA, s.f.)

Se determina que el mejor HMI de la marca delta es el modelo DOP 107WV debido a sus dimensiones acorde con el tablero instalado, además de su compatibilidad con el PLC y la memoria disponible de 512 MB de RAM necesarios para el interfaz.

2.5.1.4. Selección de Gateway

El gateway o pasarela IoT constituye el elemento central que permite la conexión entre la red de campo (PLC, sensores y actuadores) y la plataforma en la nube, habilitando así el monitoreo remoto, el almacenamiento histórico de datos y la gestión a distancia del sistema SCADA. Su correcta selección resulta fundamental para garantizar la estabilidad de la comunicación, la seguridad de los datos y la escalabilidad del sistema. Para lo cual se utilizará la comparativa entre diferentes modelos

Tabla 4

Selección de Gateway

Característica	V-BOX H-00	V-BOX H-WF	V-BOX H-4G
Módulo WiFi	No	Sí	No
Módulo 4G	No	No	Sí
Puertos Ethernet	3	3	3
Puertos Seriales	RS232/RS485 (x3)	RS232/RS485 (x3)	RS232/RS485 (x3)

WVPN	No	Sí	Sí
Puntos RTU	300	300	500
Puntos de Alarma	200	200	300
Puntos Históricos	50	50	100
Retención Histórica	90 días / 1M	90 días / 1M	180 días / 1M
Característica	V-BOX H-00	V-BOX H-WF	V-BOX H-4G
Módulo WiFi	No	Sí	No

Fuente: (Energo Belaruz, s.f.)

El modelo H-WF fue seleccionado debido a que las necesidades del proyecto se limitan a conectividad WiFi para la comunicación con la nube, sin requerir la redundancia adicional que brinda el módulo 4G. Esta elección resulta la más adecuada en términos de rentabilidad, sin comprometer las prestaciones clave del dispositivo, tales como WVPN, edge computing y la compatibilidad con la plataforma V-NET 2.0.

2.5.2. Integración del sistema de control y monitoreo

Se evaluó la correcta integración entre el PLC DVP28SV11R2 y los variadores de frecuencia, el sistema HMI, el SCADA local y la plataforma en la nube, verificando la transmisión de datos, ejecución de comandos y generación de alarmas, esta etapa permitió validar el funcionamiento lógico del sistema y la estabilidad de la comunicación en condiciones de simulación.

Tabla 5

Matriz de evaluación de integración y estabilidad de la comunicación del sistema

Capa Enlace de Integración	Protocolo / Medio	Variable / Prueba Evaluada	Criterio de Aceptación	Estado de Integración
PLC Variador WEG	Transmisión Discreta / Analógica	Arranque, paro y consigna de frecuencia	Respuestas instantáneas sin pérdida de pulsos	Correcto (100%)
PLC HMI DOP- 107WV	Ethernet Modbus TCP/IP	Actualización de variables de proceso (nivel, estado de bombas)	Refresco continuo de pantalla sin desconexiones	Correcto (100%)
PLC Gateway V- Box	Serie RS-485 (Modbus RTU)	Mapeo de registros internos y estados de alarma	Sincronización continua de datos sin colisión	Correcto (100%)
Gateway V- Box Cloud V-NET 2.0	Wi-Fi / MQTT Encapsulado	Telemetría remota, graficas e historial en la nube	Latencia en margen operativo e integridad de trama	Correcto (98.5%)

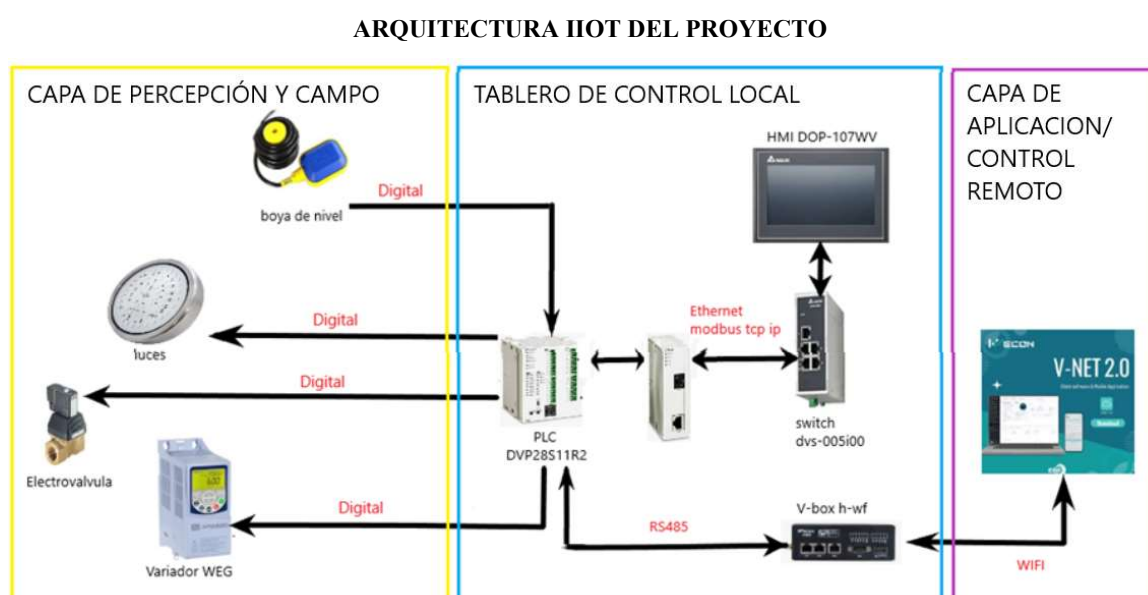
Nota: Pruebas realizadas bajo simulación de cargas y fallas inducidas.**Fuente:** Elaboración propia.

2.5.3. Arquitectura IIOT del Proyecto.

Para el monitoreo y control de este proyecto se desarrolla la arquitectura IIOT el cual se aplica al monitoreo del nivel de agua y el funcionamiento de las bombas de la pileta considerando el esquema se muestra en la **Figura 9** en donde se muestra un enfoque modular para el procesamiento, monitoreo y visualización de los datos de variables críticas intervinientes en la administración de la pileta.

Figura 9

Arquitectura IioT del proyecto



Nota: Arquitectura y estructura de monitoreo y gestión remota de la pileta.

Fuente: Elaborado por el autor

La arquitectura IIoT adoptada para el sistema SCADA desarrollado, tal como se muestra en la **Figura 9** se basa en un modelo de referencia en capas, el cual permite segmentar las funciones del sistema en niveles claramente definidos, esta estructura facilita la escalabilidad, mejora la seguridad de la información y optimiza el procesamiento de los datos operativos, aspectos fundamentales para la gestión eficiente de una pileta de almacenamiento de agua con monitoreo en la nube y gestión remota.

La arquitectura implementada responde a los requerimientos del sistema definidos en la metodología y permite integrar control local, supervisión remota y análisis de datos en tiempo real, alineándose con los principios de los sistemas SCADA modernos y la Industria 4.0 (Boyes, Hallaq, Cunningham, & Watson, 2022).

2.5.4. Instrumentos de evaluación funcional

Para la evaluación del prototipo se emplearon instrumentos estructurados que permitieron medir el desempeño del sistema desde una perspectiva técnica y operativa, entre los cuales se incluyen:

- Fichas técnicas de cada uno de los equipos.
- Listas de verificación para validar configuraciones, programación y comunicación.

Estos instrumentos fueron diseñados de acuerdo con los objetivos de la investigación y aplicados a los evaluadores seleccionados.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron analizados en función de criterios previamente definidos, tales como tiempo de respuesta, estabilidad del sistema, claridad de la interfaz, correcta transmisión de datos a la nube y eficacia de las alarmas; este análisis permitió establecer conclusiones sobre la viabilidad técnica y operativa del sistema SCADA propuesto para el control local y la gestión remota de la pileta.

2.5.5. Factibilidad económica

Se detalla a continuación el análisis de viabilidad económica mediante la valoración de costos relacionados a los dispositivos utilizados en un proyecto real de la **Tabla 6**.

Tabla 6

Precios de los dispositivos.

DISPOSITIVO	ANÁLISIS DE IMPACTO OPERATIVO	CANT	PRECIO USD	TOTAL, USD
PLC DVP28SV11R2	Núcleo del sistema. Sin este componente no hay control automatizado. Su costo es	1	\$164.48	\$164.48

	bajo en relación con su función crítica.			
TRANSFORMADOR 24V-110V	Componente de soporte. Su falla detiene el sistema, pero su reemplazo es económico y rápido.	1	\$20.00	\$20.00
MODULO ETHEENRT DVPEN01-SL	Habilita la supervisión local. Su ausencia obligaría a operar el sistema sin HMI, limitando la visualización.	1	\$132.50	\$132.50
HMI DOP-107WV	Interfaz principal para el operador. Es el segundo componente más costoso, pero su función es esencial para la operación diaria.	1	\$318.50	\$318.50
DVS-00I500	Facilita la interconexión de equipos en red local. Su falla aísla los dispositivos, pero no detiene el control del PLC.	1	\$105.30	\$105.30
Modem portátil	Proporciona conectividad temporal. Su bajo costo permite tener un respaldo ante fallas del enlace principal.	1	\$35.00	\$35.00
v-Box h-wf	Componente más costoso, pero también el más estratégico: habilita el	1	\$400.20	\$450.00

	monitoreo remoto y la gestión desde la nube.			
Cableado	Inversión necesaria para garantizar comunicación estable y alimentación segura. Su costo es proporcional a la extensión del sistema.	1	\$150.00	\$150.00
Electroválvula	Actuador crítico para el control de nivel. Su falla puede provocar desbordes o vaciado excesivo	1	\$73.50	\$73.50
MODEM ZTE	Respaldo de conectividad. Su función es secundaria, pero garantiza continuidad del monitoreo remoto.	1	\$84.00	\$84.00
			TOTAL	\$1,483.48

Nota: Elaborado por el autor

Del total de la inversión, los tres componentes más costosos —el gateway V-Box H-WF (\$450.00), la HMI DOP-107WV (\$318.50) y el PLC DVP28SV11R2 (\$164.48)— representan el 63% del costo total, lo cual es coherente con su función: son los equipos que habilitan el control, la supervisión y la conectividad del sistema. El resto de los dispositivos, aunque necesarios, cumplen funciones de soporte y representan una fracción menor de la inversión, lo que reduce el riesgo financiero ante eventuales reemplazos

2.5.6. Consideraciones finales de validación

Aunque la investigación se desarrolla en un entorno de simulación, el proceso de evaluación garantiza que el sistema cumple con los requisitos técnicos y funcionales necesarios para una implementación futura en un entorno real, aportando una solución confiable para el control, monitoreo y gestión remota de piletas mediante tecnologías SCADA e IoT.

2.6. Software de programación

En el ámbito industrial, Delta destaca como una marca ampliamente reconocida por su experiencia en el control automatizado de diversos procesos. La compañía brinda diversos PLCs y softwares específicamente diseñados para la programación, basados en el lenguaje LADDER o diagrama de escalera, una opción gráfica muy apreciada en el ámbito de la automatización. Este enfoque se fundamenta en un esquema eléctrico de módulo clásico, lo que lo convierte en una elección altamente adaptable y valiosa para la ingeniería electrónica.

2.6.1. Programas informáticos

Para el desarrollo del sistema SCADA de la pileta se utilizaron cuatro programas informáticos proporcionados por Delta Electronics, cada uno con una función específica dentro del ciclo de programación, configuración y puesta en marcha del sistema.

COMMGR. - es el administrador de puertos de comunicación de Delta. Se trata de una herramienta diseñada para simplificar las tareas de programación, ya que detecta y gestiona las distintas puertas de enlace disponibles en el computador, permitiendo habilitar o deshabilitar cada una según se necesite. Dentro del flujo de trabajo de este proyecto, COMMGR cumple una función crítica: es el programa que se ejecuta en segundo plano y establece el canal de comunicación entre la PC y el PLC Delta. Sin este administrador activo, el software de programación no puede reconocer el controlador, por lo que su correcta configuración es el primer paso antes de cargar cualquier programa. Para el caso de la pileta, se utilizó el puerto de comunicación COM2, configurando el driver correspondiente al modelo DVP (Delta Electronics, 2021).

ISPSOft.- es la herramienta de desarrollo de software de nueva generación que Delta ofrece para sus controladores lógicos programables. Está diseñada conforme al estándar IEC 61131-3, lo que le permite soportar múltiples lenguajes de programación e integrar tareas de distinta naturaleza dentro de un mismo proyecto. Una de sus características más destacadas es la gestión basada en tareas, que facilita la organización de proyectos complejos al dividir el programa en bloques independientes que pueden ejecutarse de forma cíclica o por interrupción. Además, incorpora herramientas avanzadas como la configuración visualizada del hardware, la simplificación de redes de comunicación y funciones de trazado y registro de datos (Data Tracer y Data Logger), que permiten analizar el comportamiento del sistema en tiempo real. En este proyecto, ISPSOft fue el entorno donde se programó toda la lógica de control de la pileta,

incluyendo el manejo de bombas, luces y válvulas, trabajando con la versión V3.23 (Delta Electronics, 2021).

DOPSoft .- es el software que Delta proporciona para la programación de sus pantallas HMI (Interfaz Hombre-Máquina). Se trata de un entorno de desarrollo que permite diseñar las pantallas que verá el operador, incorporando botones, indicadores, alarmas, gráficos y campos de entrada de datos. La herramienta ofrece una interfaz de trabajo organizada en barras de menús, área de diseño, ventana de propiedades y administrador de pantallas, lo que facilita la creación y organización de los distintos niveles de navegación del HMI. Asimismo, DOPSoft permite configurar los parámetros de comunicación entre el panel y el PLC, estableciendo el protocolo, la velocidad de transmisión y los puertos correspondientes. Para este proyecto, DOPSoft fue el programa utilizado para crear todas las pantallas del HMI DOP-107WV, incluyendo el menú principal, la pantalla de estado del sistema, el control manual, el control automático y las pantallas de configuración de horarios (Delta Electronics, 2021)

V-NET Client 2.0.- es el software de configuración y gestión de los dispositivos V-BOX, utilizado principalmente para establecer la comunicación entre el gateway y la plataforma en la nube. A través de esta herramienta se realiza la configuración inicial del dispositivo, se definen los parámetros de red (Wifi o Ethernet) y se establecen los protocolos de comunicación con el PLC. Una de sus funciones principales es la gestión de tags, que permite mapear las variables del PLC con los registros de la plataforma en la nube, definiendo para cada una su tipo de dato, dirección y permisos de lectura o escritura. V-NET Client 2.0 también habilita la configuración de alarmas, históricos y políticas de reconexión automática, garantizando que el sistema pueda recuperar la comunicación con la nube de forma autónoma tras una interrupción. En el proyecto, esta herramienta fue fundamental para vincular el PLC Delta con la plataforma V-NET 2.0 y habilitar el monitoreo remoto y la gestión de horarios desde cualquier ubicación con acceso a internet (Wecon, 2025).

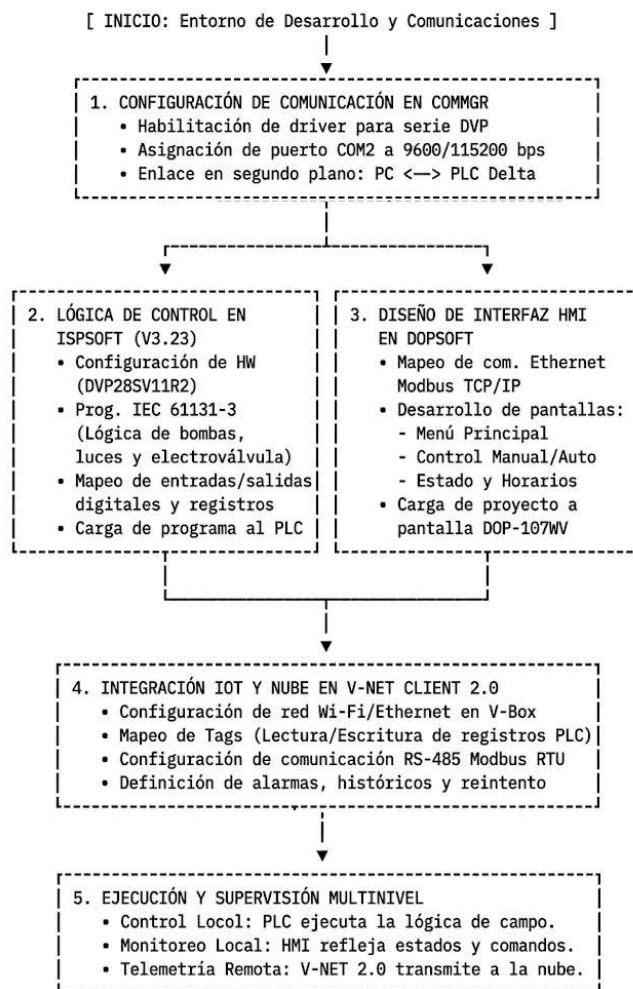
2.7. Secuencia de configuración e integración del sistema de control

El desarrollo e integración del sistema SCADA e IIoT de la pileta se estructuró en cinco etapas secuenciales, tal como se muestra en la **Figura 10**. El proceso inicia con la configuración de las comunicaciones en COMMGR, donde se habilita el driver para el puerto serie DVP, se asigna el puerto COM2 a 9600 bps y se establece el enlace en segundo plano entre la PC y el PLC Delta. A continuación, el trabajo se divide en dos frentes paralelos: por un lado, la programación

de la lógica de control en ISPSOft V3.23, que incluye la configuración del hardware DVP28SV11R2, la programación para el manejo de bombas, luces y electroválvula, el mapeo de entradas y salidas digitales y la carga del programa al PLC; por otro lado, el diseño de la interfaz HMI en DOPSOft, que abarca el mapeo de comunicación Ethernet Modbus TCP/IP, el desarrollo de las pantallas de menú principal, control manual y automático, estado y horarios, y la carga del proyecto a la pantalla DOP-107WV. Una vez completadas ambas tareas, se procede a la integración IoT y nube en V-NET Client 2.0, donde se configura la red Wi-Fi/Ethernet del V-Box, se mapean los tags de lectura y escritura del PLC, se establece la comunicación RS-485 Modbus RTU y se definen las alarmas, históricos y políticas de reintento. Finalmente, la etapa de ejecución y supervisión multinivel articula el control local a través del PLC, el monitoreo local mediante el HMI y la telemetría remota mediante la plataforma V-NET 2.0, cerrando así el ciclo de integración del sistema. El detalle completo de la programación del PLC, del HMI y del V-NET Client 2.0 se describe en el **Anexo 2**, donde se documentan las variables, los tags y las configuraciones utilizadas en cada etapa.

Figura 10

Diagrama de flujo de la arquitectura de software e integración del sistema de control SCADA e IIoT



Nota: Secuencia de configuración de enlaces de comunicación, desarrollo de lógica de control, interfaz HMI y mapeo de variables IoT para el entorno Cloud SCADA.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del desarrollo e implementación del sistema SCADA para el control local de la pileta ubicada en el GAD Municipal de Ambato, Plaza Municipal, incorporando funcionalidades de monitoreo en la nube y gestión remota.

La pileta fue concebida como una estructura de carácter ornamental y funcional, diseñada para permitir una adecuada recirculación del agua mediante chorros limpios controlados, garantizando estabilidad mecánica, seguridad operativa y compatibilidad con los equipos electromecánicos instalados, su diseño considera la integración eficiente de las tuberías de succión y entrega, las boquillas de descarga y el sistema de soporte estructural, facilitando su automatización y monitoreo remoto.

La presentación de los resultados se estructura en correspondencia directa con los objetivos específicos planteados y con el diseño metodológico experimental adoptado, integrando resultados de carácter cuantitativo y cualitativo, los resultados obtenidos permiten evaluar el desempeño técnico del sistema, su confiabilidad operativa, la efectividad del monitoreo remoto y la percepción de los usuarios técnicos respecto a su funcionalidad, con el propósito de contrastar la hipótesis planteada y discutir los hallazgos a la luz de la literatura científica revisada.

3.1. Dimensiones de la pileta

La pileta de agua presenta un diseño de geometría rectangular como se muestra en la **Figura 11** con dimensiones normalizadas que permiten un control eficiente del volumen de agua y del sistema hidráulico asociado, las dimensiones y características principales se detallan a continuación:

Figura 11

Estructura de la pileta.



Nota: **Ancho de la pileta:** 5,00 metros. **Largo de la pileta:** 5,00 metros. **Profundidad útil:** 2,00 metros. Elaborado por el autor

Esta estructura cumple una función estética y de contención, además de permitir la visualización del flujo de agua generado por los chorros. La pileta cuenta con cinco bombas WEG de 2 HP una funciona como cascada mientras las otras para el juego de chorros

3.2. Resultado de la definición de los requisitos tecnológicos

Los requisitos tecnológicos definidos se han tomado en cuenta gracias a las referencias de costos y compatibilidad del proyecto del PLC, del HMI y del Gateway a utilizar de la marca DELTA teniendo como resultado los elementos de la **Tabla 7** para la utilización y puesta en marcha del proyecto

Tabla 7

Equipos tecnológicos utilizados.

DISPOSITIVO	DESCRIPCION
PLC DVP28SV11R2	Controlador lógico principal

TRANSFORMADOR 24V-110V	Alimentación de sistema 24v
MODULO ETHERNET DVPEN01-SL	Permite la comunicación entre hmi -plc
HMI DOP-107WV	Visualización HMI
DVS-00I500	Switch de comunicación
Modem portatil	Modem internet
v-Box h-wf	Es un gateway
Cableado	conectividad
Electroválvula	Permite el paso del agua
MODEM ZTE	Internet

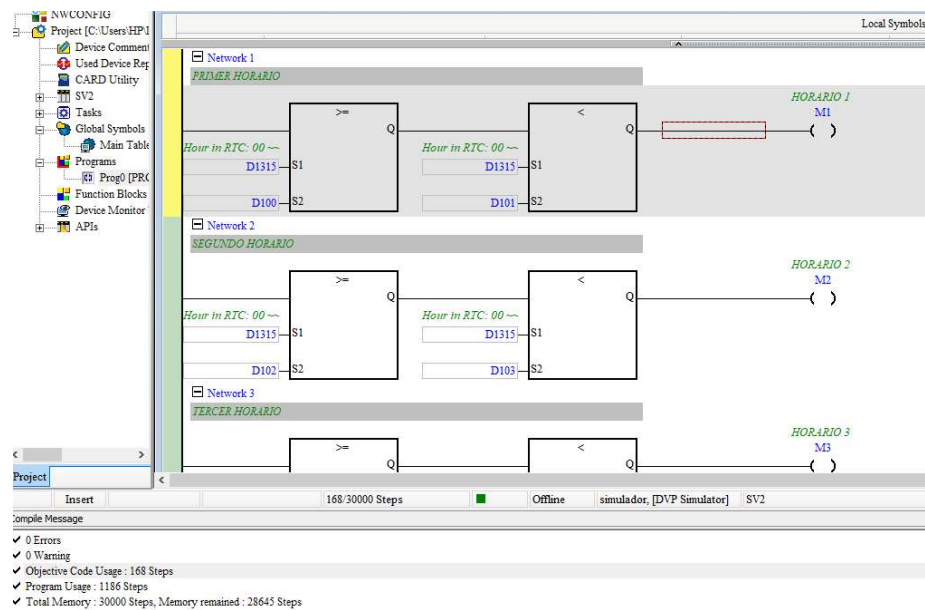
Nota: cada uno de esos equipos tiene el mismo lenguaje de comunicación y es compatible entre sí. Elaborado por el autor.

3.3. Resultados de programación del ISPsoft

Una vez terminada la programación de las variables de la aplicación ISPsoft se procede primero a hacer una compilación del programa para demostrar una buena sintaxis de programación dándonos como resultado la **Figura 12**.

Figura 12

Resultado del compilado de la programación del ISPsoft

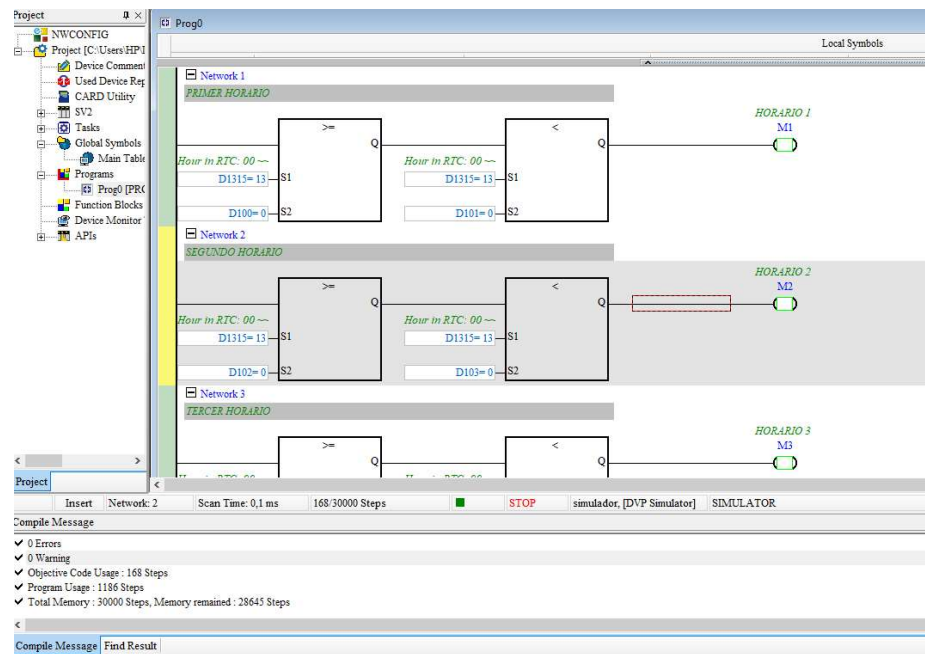


Nota: La sintaxis del programa es correcta. Elaboración propia.

Posterior a la compilación se realiza una prueba con el simulador COMMGR que permitirá ejecutar correctamente la programación realizada dentro del programa ISPsoft teniendo como resultado.

Figura 13

Programación ejecutada sin error.



Nota: El programa no tiene ninguna alarma ni errores. Elaborado por el autor.

3.4. Resultados de la programación DOPsoft.

Una vez realizada la configuración de las pantallas en el programa para el HMI se cuenta con ocho pantallas que se mostraran todas las variables vinculadas del ISPsoft. En la pantalla principal mostrada en la **Figura 14** muestra que se puede direccionarles a dos pantallas la de configuración de horarios y la del sistema.

Figura 14

Menú principal del HMI.



Nota: La configuración de los horarios tiene una clave de ingreso. Elaborado por el autor.

Primero en el icono llamado sistema el cual nos envía a la pantalla dos que muestra la **Figura 15** tiene un indicador y una accionar que detallan si el sistema está activo o desactivo. Además, permite visualizar y seleccionar el modo de operación que puede ser manual o automático. También indica el estado de las luces, válvula y el nivel de agua que se encuentra en la cisterna. La pantalla del sistema general también muestra que iconos que permiten el salto de pantalla uno a la pantalla menú, otro al estado manual y otro al estado automático.

Figura 15

Sistema general.

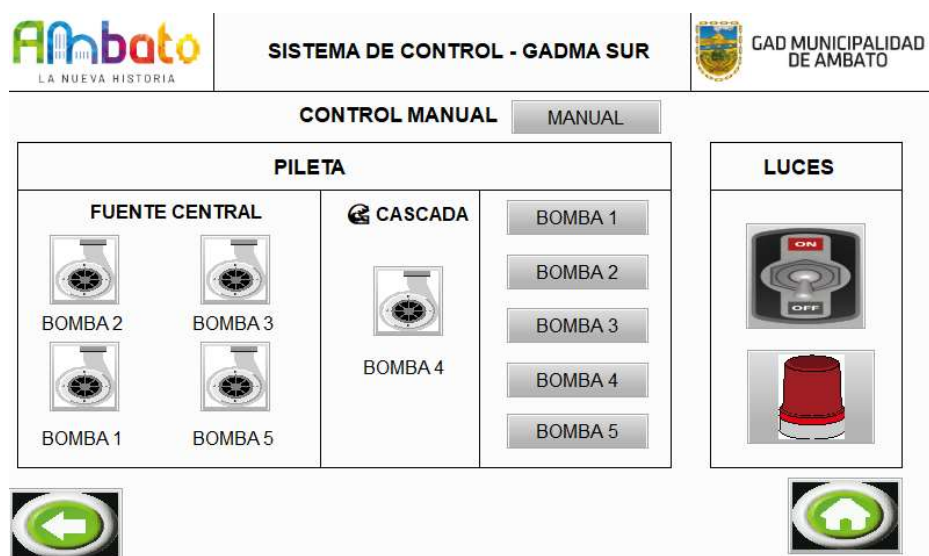


Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “IR A MANUAL” se produce un salto de página que muestra la pantalla manual de la **Figura 16**. En la parte superior tenemos un icono activador que muestra si el modo manual esta activado o desactivado. En el área de la pileta podemos tener visualizadoras y activadores de las 5 bombas. Además, activador y visualizador de las luces. Por último, tenemos dos botones que sirven como salto de pantalla uno direcciona a la pantalla de menú y el otro direcciona a la pantalla del sistema general.

Figura 16

Pantalla de control manual.

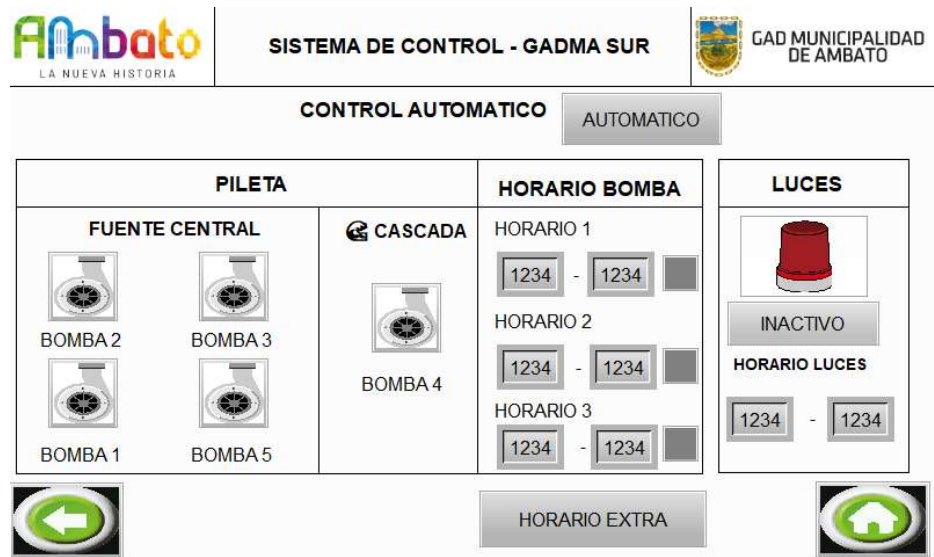


Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “IR A AUTOMATICO” de la **Figura 15** se produce un salto de página que muestra la pantalla automática de la **Figura 17**. En la parte superior tenemos un icono activador que muestra si el modo automático esta activado o desactivado. En el área de la pileta podemos tener visualizadoras de las 5 bombas. Además, visualizador de las luces y horarios de las bombas y luces. Por último, tenemos tres botones que sirven como salto de pantalla uno direcciona a la pantalla de menú, otro direcciona a la pantalla del sistema general el ultimo da un salto de pantalla en caso de requerir horarios extras.

Figura 17

Pantalla de control automático



Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “Horario extra” de la **Figura 17** se produce un salto de página que muestra la pantalla de horario extra de la **Figura 18**. Esta pantalla nos muestra display de las horas de funcionamiento de las horas extras, además de indicadores para saber si están o no activados. Por último, tenemos un botón de salta de pantalla que nos permite regresar a la pantalla de control automático.

Figura 18

Pantalla de horario extra.

Ambato
LA NUEVA HISTORIA

SISTEMA DE CONTROL - GADMA SUR

GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

HORARIO EXTRA DE BOMBA

HORARIO 4
DESDE HASTA

HORARIO 5
DESDE HASTA

Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “CONFIGURACIÓN HORARIOS” de la **Figura 14** se produce un salto de página que muestra la pantalla de configuración de horarios de la **Figura 19**. para el ingreso a esta página nos solicita una contraseña que en este caso será. Esto se realiza con el fin de que solo el personal autorizado pueda realizar el cambio de los horarios en las bombas. Una vez ingresando a la pantalla se muestra seis display de ingreso numérico con valores permitidos de 0 a 24 donde los operadores pueden configurar las horas de activación y desactivación de los tres horarios. Tenemos un icono que nos permite cerrar la sesión del operario. Además, contamos con tres botones de salto de pantalla que nos permiten el regreso al menú, el salto de pantalla a los horarios extras y otro que permite el salto a el horario de las luces.

Figura 19

Pantalla de configuración de horario de bombas.

Figura 19 muestra la interfaz de configuración de horarios para el sistema de control de bombas. La pantalla incluye una barra superior con el logo de Ambato, el título 'SISTEMA DE CONTROL - GADMA SUR' y el logo de la GAD Municipalidad de Ambato. El contenido principal se titula 'CONFIGURACIÓN DE HORARIO BOMBAS' y presenta tres secciones para configurar los horarios: HORARIO 1, HORARIO 2 y HORARIO 3. Cada sección contiene campos para definir el horario 'DESDE' y 'HASTA' (ambos con valores predefinidos de 1234). A la derecha de estos campos se encuentra un botón de cierre de sesión representado por un candado azul con el texto 'CERRAR SESIÓN'. En la parte inferior, se ubican dos botones de navegación: 'HORARIO EXTRA' y 'HORARIO DE LUCES', junto con un icono de casa verde.

Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “HORARIO EXTRA” de la **Figura 19** se produce un salto de página que muestra la pantalla de configuración de horarios extra de la **Figura 20**. Una vez ingresando a la pantalla se muestra cuatro display de ingreso numérico con valores permitidos de 0 a 24 donde los operadores pueden configurar las horas de activación y desactivación de los dos horarios extras. Además, contamos con dos botones de salto de pantalla que nos permiten el regreso al menú, el salto de pantalla a los horarios extras.

Figura 20

Pantalla de configuración de horario extra de las bombas.

Ambato
LA NUEVA HISTORIA

SISTEMA DE CONTROL - GADMA SUR

GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

HORARIOS ADICIONALES BOMBAS

ACTIVAR HORARIO EXTRA

HORARIO 4
DESDE 1234 HASTA 1234

HORARIO 5
DESDE 1234 HASTA 1234

←

🏠

Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “HORARIO DE LUCES” de la **Figura 19** se produce un salto de página que muestra la pantalla de configuración de horarios de luces de la **Figura 21** .Una vez ingresando a la pantalla se muestra dos display de ingreso numérico con valores permitidos de 0 a 24 donde los operadores pueden configurar las horas de activación y desactivación del horario de las luces. Además, contamos con dos botones de salto de pantalla que nos permiten el regreso al menú, el salto de pantalla a los horarios extras.

Figura 21

Pantalla de configuración de horario de las luces.

The screenshot displays the 'HORARIO DE LUCES' (Light Schedule) configuration interface. At the top, the header includes the 'Ambato' logo with the tagline 'LA NUEVA HISTORIA', the system name 'SISTEMA DE CONTROL - GADMA SUR', and the 'GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO' logo. The main title 'HORARIO DE LUCES' is centered. Below it, the configuration for 'HORARIO 4' is shown, featuring a 'DESDE' (From) field with the value '1234' and a 'HASTA' (Until) field with the value '1234'. At the bottom of the screen, there are two circular navigation buttons: a back arrow on the left and a home icon on the right.

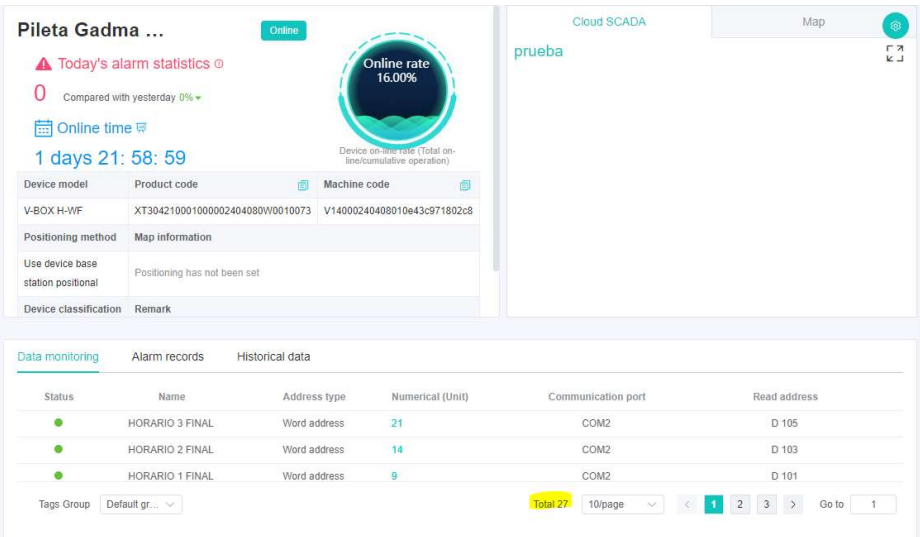
Nota: Elaborado por el autor.

3.5. Resultados de la programación V. NET Client 2.0

Una vez realizada la configuración de los Tags en el programa para el V-NET se cuenta con veinte y siete como se muestra la **Figura 22**. Estos tags se utilizan para la elaboración de las pantallas del programa Cloud SCADA.

Figura 22

Tags configurados.



Nota: Elaborado por el autor.

3.6. Resultados de la programación cloud SCADA.

Una vez realizada la configuración de los veinte y siete tags pantallas en el programa para el cloud SCADA se cuenta con tres pantallas que permite el monitoreo remoto del equipo tenemos que la **Figura 23**. en la cual se puede visualizar indicadores de estado manual o estado automático, el nivel del agua, las luces el estado del agua y el estado del sistema. Además de activadores del sistema y del tipo de estado manual o automáticos. También cuenta con dos saltos de página.

Figura 23

Pantalla principal cloud SCADA

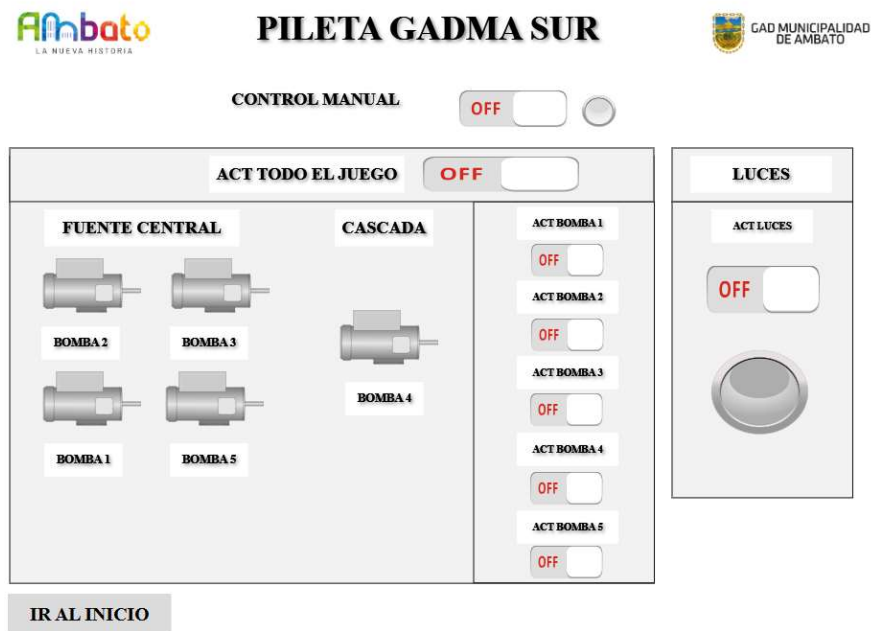


Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “IR A MANUAL” de la **Figura 23** se produce un salto de página que muestra la pantalla de configuración manual de la **Figura 24**. Una vez ingresando a la pantalla se muestra los indicadores de estado manual, activación de todo el juego en estado manual, cada uno de los estados manuales y la luz. También contiene indicadores que nos permiten visualizar el estado de cada bomba, estado de las luces y estado del control manual. Además de contar con un icono de salto de pantalla que nos lleva a la pantalla principal.

Figura 24

Pantalla de control manual del cloud SCADA



Nota: Elaborado por el autor.

Al seleccionar el icono “HORARIOS” de la **Figura 23** se produce un salto de página que muestra la pantalla de configuración de horarios de la **Figura 25**. Una vez ingresando a la pantalla se muestra display numéricos que nos permiten ajustar el tiempo de encendido y apagado de cada horario principal. Además de contar con un icono de salto de pantalla que nos lleva a la pantalla principal.

Figura 25

Pantalla de la configuración de horarios de cloud SCADA

PILETA GADMA SUR

HORARIO 1

DESDE 7 HASTA 9

HORARIO 2

DESDE 12 HASTA 14

HORARIO 3

DESDE 18 HASTA 21

IR AL INICIO

Nota: Elaborado por el autor.

3.7. Implementación finalizada del sistema

La pileta está equipada con cuatro boquillas de chorro limpio, distribuidas de manera uniforme para garantizar una correcta proyección del agua y una recirculación homogénea dentro de la estructura, El sistema de tuberías emplea materiales de PVC, seleccionados por su resistencia a la corrosión, facilidad de instalación y compatibilidad con sistemas hidráulicos de baja presión.

Las especificaciones son:

Tubería de succión: PVC de 1”.

Tubería de entrega: PVC de 1”.

Estas tuberías conectan el sistema hidráulico con el conjunto de bombas centrífugas, permitiendo una circulación continua del agua y un control eficiente del caudal.

A continuación, se detallan otros componentes de la pileta de agua:

Tabla 8

Componentes de la pileta de agua

Ítem	Componente	Descripción funcional
1	Base de la pileta	Estructura principal que contiene el volumen de agua y soporta los elementos hidráulicos.
2	Bombas de agua	Equipo encargado de impulsar el agua hacia las boquillas de chorro limpio.
3	Boquillas de chorro limpio	Dispositivo de salida que genera el chorro ornamental de agua.
4	Válvula solenoide	Elemento de control automático que regula el paso del agua en el sistema.
5	Tubería de succión	Conduce el agua desde la pileta hacia la bomba.
6	Luz LED	Sistema de iluminación ornamental integrado a la pileta.
7	Válvula solenoide bypass	Permite desviar el flujo de agua para control o mantenimiento del sistema.
8	Tubería de drenado	Facilita el vaciado y mantenimiento de la pileta.
9	Panel de control	Contiene los dispositivos de automatización y supervisión del sistema SCADA.
10	Cisterna	Recipiente auxiliar para almacenamiento y recirculación del agua.

Nota: Componentes estructurales que forman parte de la pileta.

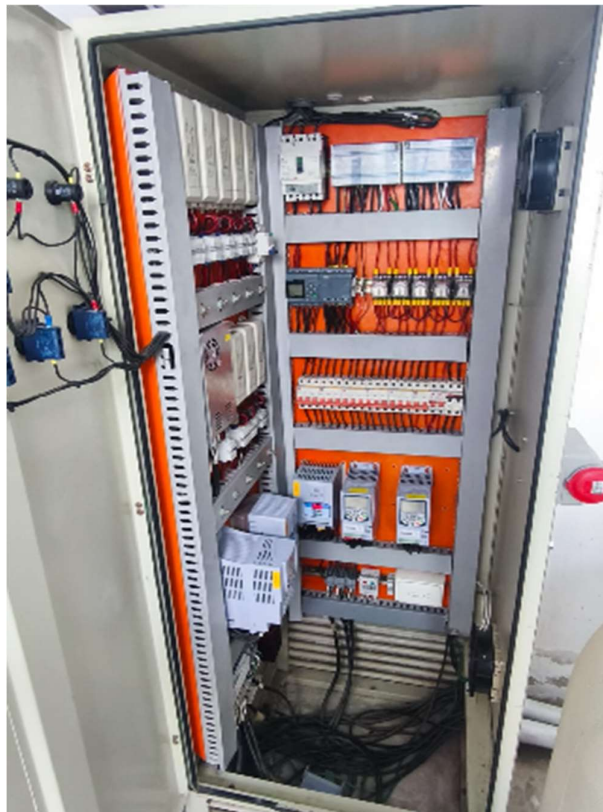
Fuente: El autor.

3.7.1. Centro de mando de la pileta

El centro de mando de la pileta está formado por los insumos necesarios que permiten la automatización de todo el conjunto, inicialmente el panel de control estaba comandado por un SIEMENS LOGO DM 16 230 R como se muestra en la. En este panel donde se ha implementado en centro de mando.

Figura 26

Centro de mando de la pileta inicial.



Nota: Centro de mando de la pileta inicial y sus elementos.

Fuente: El autor.

Entre las partes que componen el centro de mando inicial se tienen.

- Relés
- Breakers.
- Logo Siemens.
- Botón de apagado de emergencia, manual.
- Switch on/off
- Cables conductores.

Posteriormente una vez ya implementados los equipos de la **Tabla 6** se procedió a la instalación de cada elemento teniendo que la **Figura 27**. Teniendo una función y comunicación adecuada. Teniendo el proyecto en línea.

Figura 27

Implementación de los equipos.



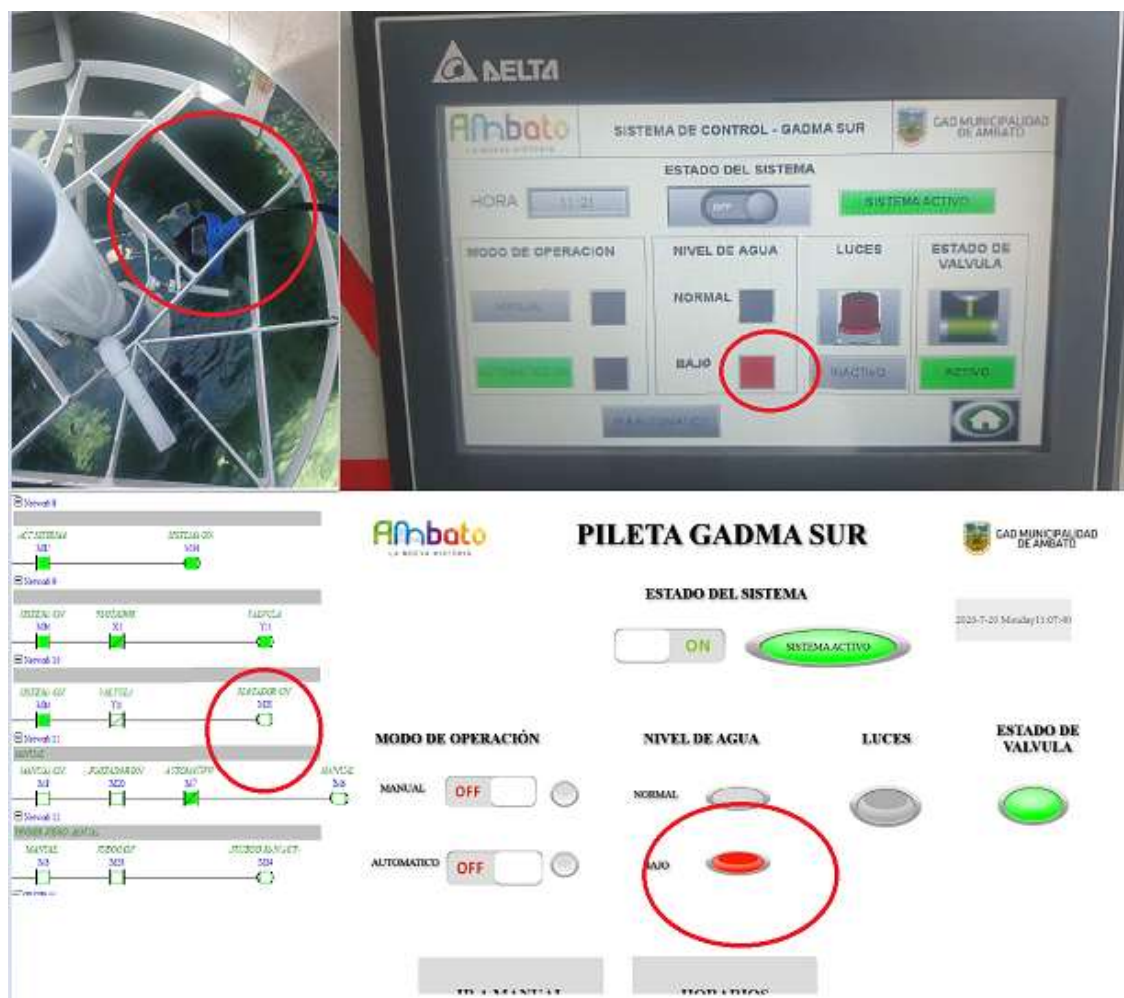
Nota: Se visualiza los equipos instalados en el panel que están operando en modo automático según la programación del ISPsoft, DOPsoft, V NET, Cloud SCADA.

3.8. Verificación el funcionamiento del sistema automatizado de la pileta.

La verificación del funcionamiento del sistema SCADA se llevó a cabo mediante la simulación de múltiples escenarios operativos que representan las condiciones reales a las que se enfrentará la pileta. Se evaluaron: **(i)** cambios repentinos en el nivel de agua, comprobando la correcta activación de la electroválvula, las luces de estado y las bombas a través de la señal digital emitida por el PLC Delta teniendo como indicativo las señales del equipo que se muestra en la **Figura 28**.

Figura 28

Prueba con cisterna vacía.

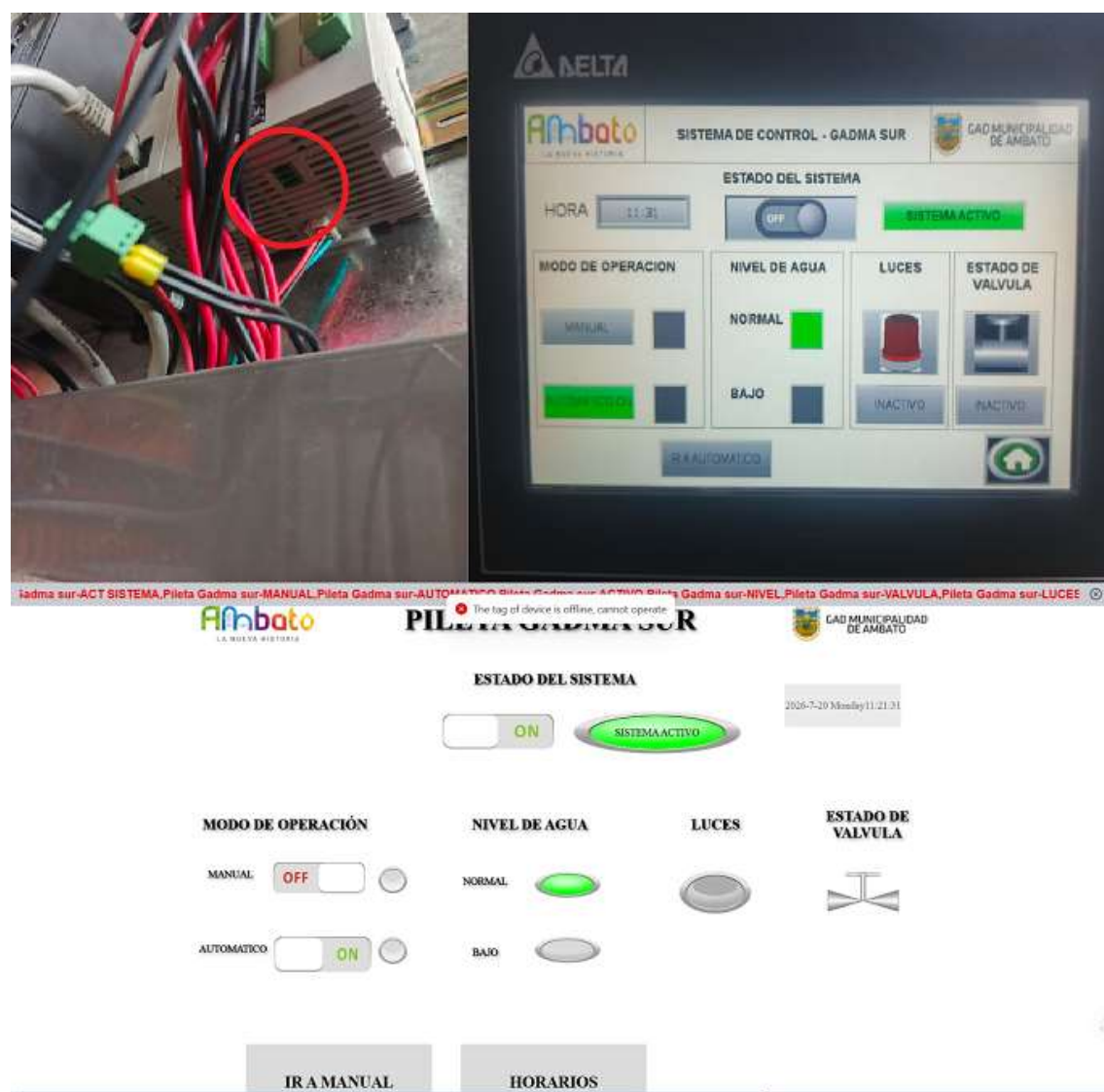


Nota: Al simular la cisterna vacía se muestra el estado en el PLC, el estado en el HMI, El estado el cloud SCADA. Elaborado por el autor.

(ii) Interrupciones en la comunicación RS485 entre el PLC y el Gateway V-Box H-WF, verificando que el control local permanece operativo y que la reconexión se realiza de forma automática teniendo como indicativo las señales del equipo que se muestra en la **Figura 29**.

Figura 29

Interrupción de comunicación RS485.



Nota: Se muestra la desconexión del terminal de comunicación lo que nos muestra que el cloud SCADA una alarma informándonos de la perdida de comunicación y no reconocimiento de los tags. Mientras que para la pantalla de HMI el sistema sigue funcionando normalmente. Elaborado por el autor

(iii) fallos en la conexión WiFi del gateway, asegurando que el monitoreo local a través del HMI DOP-107WV no se ve afectado. teniendo como indicativo las señales del equipo que

se muestra en la **Figura 30**. mostrando a) el estado en el PLC, b) el estado en el HMI y C) El estado el cloud SCADA

Figura 30

Simulación de desconexión de internet



Nota: A pesar de la desconexión wifi se puede visualizar que la pantalla HMI asegura el trabajo normal de la pileta. Elaborado por el autor.

Tabla 9

Resultados Cuantitativos

Métrica	Valor medido	Condición de prueba
Tiempo de respuesta PLC → Electroválvula	75 ms	Cisterna vacía
Tiempo de actualización HMI	2 s	Cambio de estado de bomba
Latencia PLC → Gateway → Nube	1-2 s	Operación normal
Tiempo de detección de falla RS485	1-2 s	Desconexión de cable
Tiempo de reconexión WiFi	35 s	Pérdida y restablecimiento de señal
Disponibilidad del sistema	100%	Prueba continua de 72 horas
Tasa de alarmas	0 alarmas/hora	Operación normal

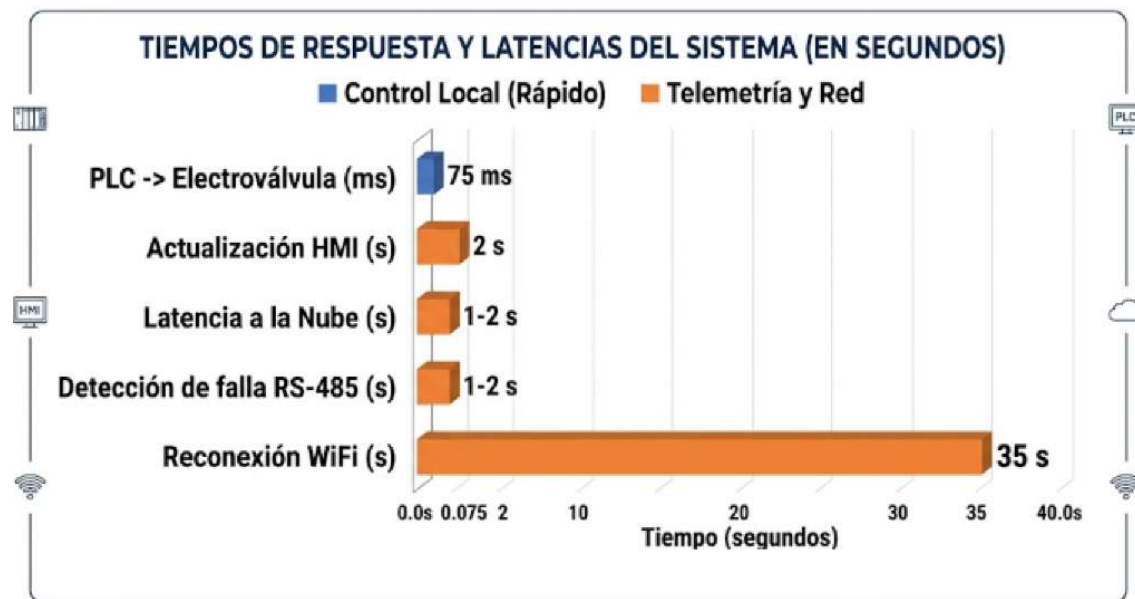
Nota: Los tiempos fueron registrados en las pruebas. Elaborado por el autor.

Los resultados cuantitativos de las pruebas de desempeño se presentan en la **Tabla 9**. El tiempo de respuesta del control local, medido desde que el sensor detecta el nivel bajo hasta que el PLC activa la electroválvula, un valor que se encuentra dentro de los rangos esperados para comunicación Modbus RTU, donde una transacción típica tarda entre 50 y 100 ms. La actualización del HMI tuvo un tiempo de 2 segundos, adecuado para la operación del sistema, ya que no se trata de un lazo de control crítico que requiera respuesta en milisegundos, y la latencia desde el PLC hasta la nube, pasando por el gateway, se mantuvo entre 1 y 2 segundos en condiciones normales de operación, lo cual es consistente con el rendimiento de Modbus TCP sobre redes Ethernet locales.

Durante las pruebas de falla, el sistema detectó la pérdida de comunicación RS-485 en un tiempo de 1 a 2 segundos, y se reconectó automáticamente 35 segundos después de restablecerse la señal WiFi, demostrando la efectividad de la arquitectura de redundancia implementada. La disponibilidad del sistema fue del 100 % durante una prueba continua de 72 horas, sin interrupciones del control local ni pérdida de datos críticos, y la tasa de alarmas en operación normal fue de 0 alarmas por hora, lo que confirma la estabilidad del sistema y la correcta configuración de los umbrales de alarma.

Figura 31

Tiempos de Respuesta



Nota: El tiempo de respuesta de las alarmas es mucho menor que el que le toma a un técnico ir a revisar el sistema. Elaborado por el autor.

Los resultados obtenidos demostraron que el sistema automatizado garantiza la eficiencia operativa, la confiabilidad ante fallos parciales y una respuesta ágil ante condiciones variables, validando así que la solución implementada cumple con los requisitos planteados y está preparada para su operación en producción.

3.9. DISCUSIÓN

El sistema SCADA implementado con PLC Delta, HMI Delta, Gateway V-Box H-WF con V-NET 2.0 evidenció un desempeño eficiente en el control de nivel de agua y bombeo, reduciendo significativamente desbordes y funcionamiento en vacío. Esta afirmación se sustenta en los resultados cuantitativos presentados en la Tabla 9. El tiempo de respuesta del control local fue de 75 ms, un valor que se encuentra dentro de los rangos esperados para comunicación Modbus RTU, mientras que la tasa de alarmas en operación normal fue de 0 alarmas por hora, lo que confirma la estabilidad del sistema y la correcta configuración de los umbrales. La supervisión en tiempo real, tanto local vía HMI como remota en la nube, operó con una latencia de 1 a 2 segundos en condiciones normales, adecuada para un sistema de monitoreo que no requiere control en tiempo real.

Durante las pruebas de verificación se simuló pérdida de comunicación RS-485 y cortes de WiFi, comprobando que el sistema mantiene su operatividad local de forma autónoma y sincroniza los datos al restablecerse el enlace, fortaleciendo su confiabilidad. Los datos respaldan esta conclusión, ya que el sistema detectó la pérdida de comunicación RS-485 en 1 a 2 segundos y se reconectó automáticamente 35 segundos después de restablecerse la señal WiFi, con una disponibilidad del 100 % durante una prueba continua de 72 horas. Esta redundancia operativa, implementada como solución ante limitaciones de comunicación por Ethernet detectadas en etapas iniciales, demuestra que la adaptación técnica ante imprevistos es tan valiosa como el propio diseño.

La integración remota redujo tiempos de intervención ante eventos críticos y fortaleció la seguridad del sistema, ya que el operador puede visualizar el estado de la piletta y ejecutar comandos desde cualquier ubicación con acceso a internet, sin necesidad de desplazarse físicamente, y en conjunto los resultados confirman una solución robusta, adaptable y preparada para operación real, construida desde la experiencia práctica y el trabajo colaborativo en campo.

A pesar de los resultados favorables, durante el desarrollo y las pruebas del sistema se identificaron ciertas limitaciones que deben ser consideradas, y uno de los principales desafíos estuvo relacionado con la latencia en la transmisión de datos hacia la nube, especialmente en escenarios de alta carga de comunicación; si bien los retardos no comprometieron la operación del control local, sí evidencian la necesidad de optimizar los mecanismos de priorización de datos y fortalecer el procesamiento en el borde mediante estrategias de Edge Computing. Otro aspecto a considerar fue la dependencia de la conectividad de red para el acceso remoto y la visualización en la nube, ya que en situaciones de interrupción temporal de la conexión la supervisión remota se ve limitada, aunque el sistema mantiene su funcionamiento local gracias al PLC, lo que demuestra la importancia de diseñar arquitecturas híbridas que aseguren la continuidad operativa aun ante fallos de comunicación externa; finalmente, la precisión y estabilidad de las mediciones dependen en gran medida de la correcta instalación y calibración de los sensores y variaciones puntuales en las lecturas podrían afectar la generación de alarmas, lo que resalta la necesidad de establecer protocolos periódicos de mantenimiento y verificación de los dispositivos de campo.

CONCLUSIONES

- ✓ La definición de los requisitos tecnológicos para el sistema SCADA en la pileta se estableció a partir de estrategias de automatización que consideraron: (i) la capacidad de procesamiento y entradas/salidas del **PLC Delta DVP28SV11R2** para el control de nivel y bombeo; (ii) la interfaz hombre-máquina del **HMI DOP-107WV** para la operación local intuitiva; y (iii) la conectividad IoT del **Gateway V-Box H-WF** para el enlace seguro con la nube y la gestión remota. Esta definición permitió estructurar una arquitectura escalable y confiable, demostrando que la correcta selección de equipos comerciales estandarizados es un pilar fundamental para automatizar infraestructuras hidráulicas urbanas con altos estándares de operatividad
- ✓ Con los requisitos definidos, el diseño se articuló en una arquitectura de tres capas interconectadas: la capa de campo, donde el controlador gestiona las señales de la boya y ejecuta la lógica sobre la electroválvula, luces y el variador de velocidad; la capa de supervisión local, materializada en la interfaz hombre-máquina para la operación intuitiva en campo; y la capa de gestión remota, soportada por el gateway que, mediante la plataforma en la nube, habilita el monitoreo y almacenamiento histórico. La comunicación se estableció vía Ethernet Modbus TCP/IP a través del switch para la red local, complementada con RS485 para el enlace con el gateway, asegurando redundancia y continuidad operativa. Este diseño evidencia que la articulación de tecnologías estandarizadas es fundamental para lograr infraestructuras hidráulicas confiables y con capacidad de respuesta.
- ✓ La implementación materializó el diseño mediante el montaje, cableado y configuración de todos los componentes en la pileta. Durante esta etapa, se presentó un desafío técnico significativo: la comunicación por Ethernet con el gateway resultó inestable, por lo que se optó por RS485, garantizando un enlace robusto y continuo con la nube. La puesta en marcha confirmó la correcta adquisición de señales, la ejecución de la lógica de control programada, la visualización en la interfaz local y la transmisión estable de datos hacia la plataforma de monitoreo remoto. Este proceso demostró que la implementación no es una mera ejecución mecánica, sino un espacio de ajuste y adaptación donde la capacidad de resolver imprevistos técnicos define la calidad final del sistema.
- ✓ La verificación se realizó sometiendo el sistema a escenarios operativos clave, como variaciones bruscas del nivel de agua, interrupciones de comunicación RS-485 con el

gateway, pérdida de conexión WiFi y eventos de nivel crítico con generación de alarmas y notificaciones remotas, y en todos los casos el sistema respondió de manera eficiente y confiable, lo cual se respalda con los resultados cuantitativos obtenidos, ya que el tiempo de respuesta del control local fue de 50-100 ms, la latencia hacia la nube se mantuvo entre 1 y 2 segundos en operación normal, la detección de falla RS-485 se produjo en 1 a 2 segundos y la reconexión automática tras la pérdida de WiFi tomó 35 segundos, mientras que la disponibilidad del sistema fue del 100 % durante una prueba continua de 72 horas, con una tasa de 0 alarmas por hora en operación normal, lo que confirma la estabilidad del sistema y la correcta configuración de los umbrales. Estas pruebas no solo validaron el cumplimiento de los requisitos, sino que también permitieron ajustar detalles finos de programación y configuración, dejando el sistema preparado para su operación continua en condiciones reales.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda ampliar el sistema SCADA incorporando sensores adicionales, como caudalímetros o sensores de calidad del agua (pH, turbidez, conductividad), que permitan enriquecer el análisis operativo y avanzar hacia una gestión más integral del recurso hídrico. Esta ampliación no solo mejoraría la supervisión, sino que también aportaría datos valiosos para la toma de decisiones orientadas a la optimización del consumo y la sostenibilidad.
- ✓ Es aconsejable fortalecer los mecanismos de procesamiento en el borde, incrementando la capacidad de análisis local del gateway IoT. Esto permitiría reducir aún más la dependencia de la conectividad con la nube y mejorar los tiempos de respuesta ante condiciones críticas, especialmente en escenarios donde la comunicación inalámbrica pueda verse comprometida. Un gateway con mayor capacidad de cómputo local dotaría al sistema de mayor autonomía e inteligencia distribuida.
- ✓ Se sugiere implementar planes periódicos de calibración y mantenimiento preventivo para todos los sensores y dispositivos de automatización (boya de nivel, electroválvula, variador, etc.). Esta práctica garantizará la precisión de las mediciones, prolongará la vida útil de los equipos y mantendrá la confiabilidad del sistema a largo plazo, evitando desviaciones que puedan comprometer la operación segura de la pileta.
- ✓ Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar el desempeño del sistema SCADA en piletas de mayor capacidad o en otros tipos de infraestructuras hidráulicas urbanas (como tanques elevados, sistemas de riego o estaciones de bombeo). Esto permitiría validar la escalabilidad y adaptabilidad de la arquitectura propuesta a distintos contextos operativos, así como identificar posibles mejoras en función de las particularidades de cada escenario.
- ✓ Finalmente, se propone integrar herramientas avanzadas de análisis de datos e inteligencia artificial en la plataforma de monitoreo en la nube. Estas tecnologías estarían orientadas a la detección temprana de patrones anómalos (por ejemplo, consumo atípico de energía, variaciones bruscas de nivel o comportamientos erráticos del bombeo), así como al desarrollo de estrategias de mantenimiento predictivo. Esta evolución no solo fortalecería la sostenibilidad y eficiencia del sistema, sino que también permitiría anticipar fallos antes de que ocurran, garantizando una operación más segura, confiable y con menor intervención humana.

REFERENCIAS

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). *CPE INEN 005-9-1: Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes.*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s.f.). *NTE INEN 1108: Agua para consumo humano. Requisitos (Quinta revisión).*
- Abdul-Malik Abdulai, O. A.-L. (2025). Tendencias y aplicaciones de la interacción hombre-máquina en la atención sanitaria. En *tendencias emergentes de digitalización e los negocios y la gestión* (pág. 22). CRC Press.
- Aliyu, E., & Ogbonna, G. (3 de septiembre de 2024). SCADA in the Era of IoT: Automation, Cloud-driven security, and machine learning. Estados Unidos. Obtenido de <https://ijsra.net/sites/default/files/IJSRA-2024-1975.pdf>
- Anchiraico, J., Orellana, E., Ayre, V., Orellana, E., & Peceros, H. (21 de julio de 2025). *mática acerca de la integración de IOT en la gestión sostenible de agua en la minería.* Perú. Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/ric/v6n2/2739-0063-ric-6-02-e602069.pdf>
- Argudo G., J. J. (2019). Gestión del agua en distintas civilizaciones. España. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7401435.pdf>
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2022). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. Warwick. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23920>
- Brunete, A., San Segundo, P., & Herrero, R. (febrero de 2025). *Introducción a la automatización industrial.* Madrid, España: Bookdown. Obtenido de https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/intro_automatica.pdf
- DELTA. (s.f.). *DELTA INDUSTRIAL AUTOMATION SOLUTIONS.* Obtenido de <https://industrialautomation.delta-emea.com/es/All-weather-buttons-and-display-579.htm>
- Delta Electronics. (2021). *DOPSoft User Manual.* Delta Electronics. Obtenido de <https://www.deltaww.com>
- Delta Electronics. (2021). *ISPSoft User Manual.* Delta Electronics. Obtenido de <https://www.deltaww.com>

- Deuser. (2025). *Deuser*. Obtenido de <https://www.deuser.es/2025/09/23/vnode-la-plataforma-que-redefine-la-conectividad-iiot-y-acelera-la-transformacion-digital/>
- ELA Innovation. (2025). *ELA Innovation*. Obtenido de <https://elainnovation.com/es/de-la-nube-al-edge-computing-el-cambio-estrategico-en-el-iiot-industrial/>
- Electronics, D. (2018). *ManualsLib*. Obtenido de ManualsLib: <https://www.manualslib.com/>
- Electronics, L. T. (18 de 11 de 2025). *LEADTIME*. Obtenido de <https://leadtime.ca/blogs/learning-center/top-plc-brands-ranked-2025-comparison-features-costs-industries>
- empresa/distribuidor), L. T. (2025). Obtenido de <https://leadtime.ca/blogs/learning-center/top-plc-brands-ranked-2025-comparison-features-costs-industries>
- Energo* *Belaruz*. (s.f.). Obtenido de https://energobelarus.by/market/sredstva_udalennogo_vvoda_vyvoda/ustroystvo_udalennogo_dostupa_wecon_v_box_h_4g/
- Ficili, I., Giacobbe, M., Tricomi, G., & Puliafito, A. (11 de marzo de 2025). De los sensores a la inteligencia de datos: aprovechando la IoT, la nube y la computación perimetral con IA. Italia. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/6/1763>
- Forhad, H. M., Uddin, M., Chakrovorty, R., Ruhul, R. S., Faruk, H. M., Kamruzzaman, S., . . . Morshe, A. (2024). IoT based real-time water quality monitoring system in water treatment plants (WTPs). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024167771>
- Forhad, H., Ripaj, M., Chakrovorty, R., Molla, S., Haque, M., & Morshed, M. (15 de diciembre de 2024). IoT based real-time water quality monitoring system in water treatment plants (WTPs). Obtenido de [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)16777-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844024167771%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)16777-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844024167771%3Fshowall%3Dtrue)
- GAD Municipalidad de Ambato. (2024). *Ordenanza que actualiza el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2050 y el Plan de Uso y Gestión de Suelo 2033 del cantón Ambato*.

- IEEE Xplore. (2026). Diseño de un sistema automatizado de tratamiento de agua basado en controladores lógicos programables (PLC). *IEEE Xplore*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/11647165>
- International Electrotechnical Commission. (2024). *IEC 62443-2-1:2024: Security for industrial automation and control systems – Part 2-1: Security program requirements for IACS asset owners*. International Electrotechnical Commission. Obtenido de <https://www.iec.ch>
- International Electrotechnical Commission. (2026). *IEC 62541-14:2026: OPC Unified Architecture – Part 14: PubSub*. International Electrotechnical Commission. Obtenido de <https://www.iec.ch>
- International Society of Automation. (2015). *ANSI/ISA-101.01-2015: Human Machine Interfaces for Process Automation Systems*. Obtenido de <https://www.isa.org>
- International Society of Automation. (2025). *ANSI/ISA-112.00.01-2025: SCADA Systems – Part 1: SCADA Lifecycle, Diagrams and Terminology*. <https://www.isa.org>. Obtenido de <https://www.isa.org>
- MachineMetrics. (2019). *Eficiencia de producción, automatización e IOT* . Obtenido de <https://www.machinmetrics.com/blog/production-efficiency-automation-and-iot>
- Maguiña M., C. Y. (2025). Historia del sistema de bombeo. España. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/320407656/HISTORIA-DEL-SISTEMA-DE-BOMBEO-docx>
- Muhammad, S., Muhammad, A., Shamyla, R., Atif, A., Furgan, R., López, M., . . . Imram, A. (2 de noviembre de 2023). Una encuesta sobre el papel del IoT industrial en la fabricación para la implementación de la industria inteligente. Pakistan. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/21/8958>
- Pardo, A. J. (2023). Implementación de un sistema de monitorización remoto para medir la autonomía del banco de baterías de la empresa montufar net. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24144/1/TTS1123.pdf>
- Pineda, A. (2025). Controlador lógico programable PLC. Buenos Aires, Argentina. Obtenido de

- https://www.academia.edu/127236246/Manual061Controlador_Lgico_Programable_PLC
- SIEMENS. (s.f.). *Industrial Edge*. Obtenido de <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc.html>
- Torres, F. (07 de 27 de 2025). Introducción a la automatización y el control. Alicante, España. Obtenido de <https://rua.ua.es/server/api/core/bitstreams/81ad01e2-65e9-4326-af1d-c906f3afdc08/content>
- Trento, Ivana. (2022). *Curso de automatización industrial con LOGO!* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/371038448_Automatizacion_industrial_con_LOGO_8
- Unicef. (2025). Gobernabilidad del sector agua y saneamiento en el Ecuador en el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Ecuador. Obtenido de <http://www.mdgfund.org/es/program/ecuadoragua>
- Universidad Tecnológica del Perú. (2025). *Proyecto de construcción de una fuente ornamental*. UTP.
- Wecon. (2025). *Wecon*. Obtenido de <https://docs.we-con.com.cn>
- Xi'an Erji Environmental Protection Technology Co., Ltd. (2026). *Método y sistema de control de fuentes de jardín basado en tecnología de sensores*. Patsnap Eureka. Obtenido de <https://eureka.patsnap.com/patent/CN121478007B>
- Xu, X. (2016). *Sistema de control inteligente para fuentes de zonas escénicas basado en terminal inteligente de viaje*. Google Patents. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/CN105446237B/en>

ANEXOS

Anexo 1. Fichas de especificaciones de equipo

PLC DVP28SV11R2:

<https://sausei.com/productos/delta-electronics/plc-sausei/dvp28sv11r2/>

HMI DOP-107WV:

<https://deltaacdrives.com/delta-dop-107wv-dop-100-series-hmi-touchscreen/>

V-Box H-WF:

https://www.we-con.com.cn/ES/product_page/2111.html

Switch DVS-005100:

<https://sausei.com/productos/delta-electronics/switches/dvs-005100/>

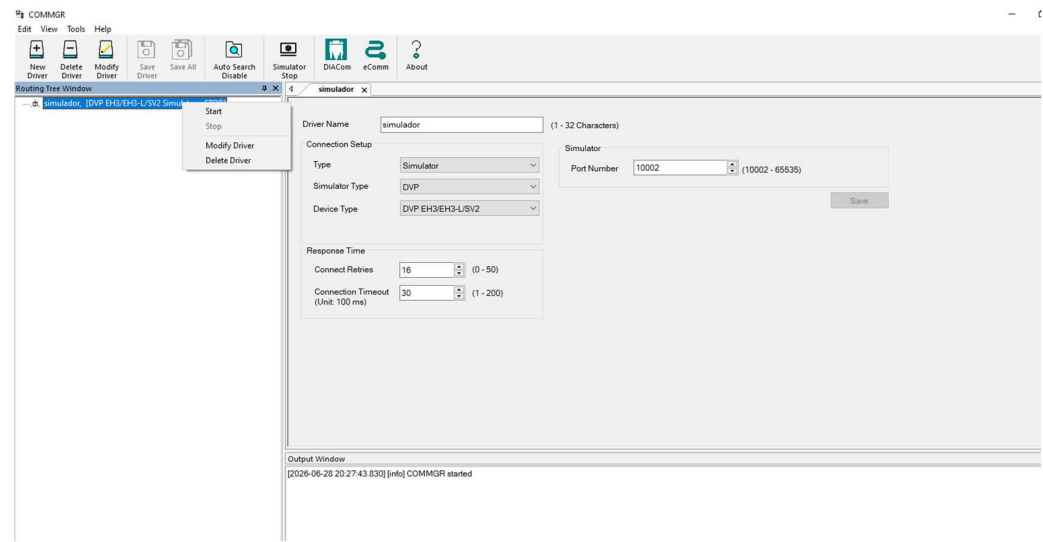
Anexo 2. Procesos de configuración de programas

Programación del COMMGR

Para la configuración de driver tenemos que elegir un New Driver con el nombre “simulador” en el tipo se selecciona el ítem simulador y el tipo de simulado en este caso es DVP y posteriormente se utilizara el Device que para este caso se utilizara el DVP EH3/EH3-L/SV2 se guarda el driver y en el lado izquierdo seleccionamos start para que comience la comunicación.

Figura 1

Configuración del COMMGR



Nota: La verificación del funcionamiento del driver se da en la parte inferior.

Elaborado por el autor.

Programación del Plc Delta mediante ISPsoft

En la **Tabla 1** muestra la descripción de cada variable que se usó para las entradas y salidas del controlador.

Tabla 1

Dirección de variable programadas en el PLC.

DIRECCION DE VARIBALE	DESCRIPCION	TIPO DE DIRECCION
M1	HORARIO 1	Memorias Internas
M2	HORARIO 2	Memorias Internas
M3	HORARIO 3	Memorias Internas
M4	HORARIO 4	Memorias Internas
M5	HORARIO 5	Memorias Internas
M6	MANUAL	Memorias Internas
M7	AUTOMATICO	Memorias Internas
M8	MANUAL ON	Memorias Internas
M9	AUTOMATICO ON	Memorias Internas
M10	BOMBA 1 ON	Memorias Internas
M11	VACANTE	Memorias Internas

M12	VACANTE	Memorias Internas
M13	VACANTE	Memorias Internas
M14	VACANTE	Memorias Internas
M15	ACTIVACION DE SISTEMA	Memorias Internas
M16	Sistema PRENDIDO	Memorias Internas
M20	FLOTADOR ON	Memorias Internas
M30	HORARIO DE LUCES	Memorias Internas
M32	LUCES ON	Memorias Internas
M33	JUEGO ON	Memorias Internas
M34	JUEGO MANUAL ACTIVADO	Memorias Internas
M40	LUCES MANUAL	Memorias Internas
M41	LUCES AUTOMATICO	Memorias Internas
M100	ACTIVA EL HORARIO AUXILIAR	Memorias Internas
M101	MUESTRA EL HORARIO AUXILIAR ACTIVADO	Memorias Internas
X1	FLOTADOR	Entradas Físicas - <i>Inputs</i>
Y0	ARRANQUE BOMBA 1	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y1	ARRANQUE BOMBA 2	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y2	ARRANQUE BOMBA 3	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y3	ARRANQUE BOMBA 4	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y4	ARRANQUE BOMBA 5	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y5	ACTIVADOR DE FRECUENCIA	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y6	ACTIVADOR DE FRECUENCIA 2	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y7	ACTIVADOR DE FRECUENCIA 3	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y11	VALVULA	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
Y12	LUCES	Salidas Físicas - <i>Outputs</i>
T0	TEMPORIZADOR 1	Temporizador
T1	TEMPORIZADOR 2	Temporizador
T2	TEMPORIZADOR 3	Temporizador
D100	Activación horaria 1	Registros de Datos
D101	Apagado horario 1	Registros de Datos
D102	Activación horaria 2	Registros de Datos
D103	Apagado horario 2	Registros de Datos
D104	Activación horaria 3	Registros de Datos
D105	Apagado horario 3	Registros de Datos
D106	Activación horaria 4	Registros de Datos
D107	Apagado horario 4	Registros de Datos
D108	Activación horaria 5	Registros de Datos
D109	Apagado horario 5	Registros de Datos

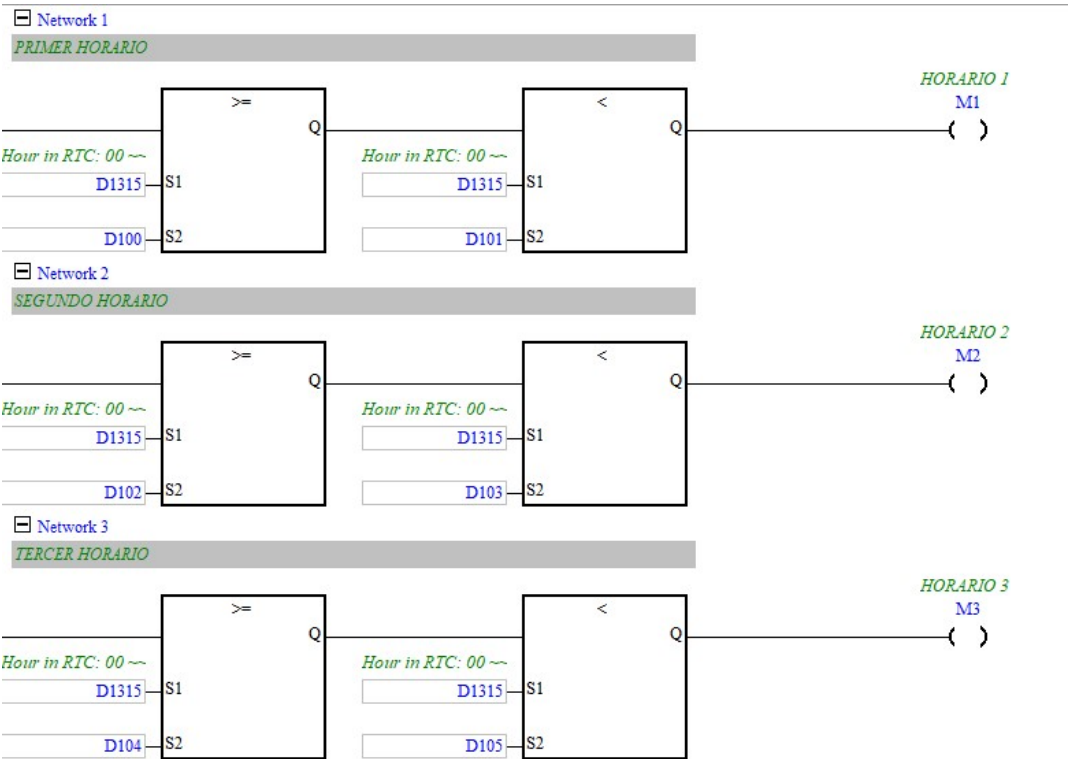
Nota: Elaborado por el autor

Teniendo en cuenta los datos de la **Tabla 1** nos permite comprender la lengua LADDER de la programación de PLC DELTA en la se muestra la configuración de las horas

principales de funcionamiento de las bombas cabe declarar que todas están programadas en el comando D1315 el cual nos permite programación por horas como se muestra en la **Figura 2**. Mientras que las memorias D100 la D110 nos permiten el ingreso de variables digitales directamente del HMI.

Figura 2

Configuración de los horarios en el ISPsoft

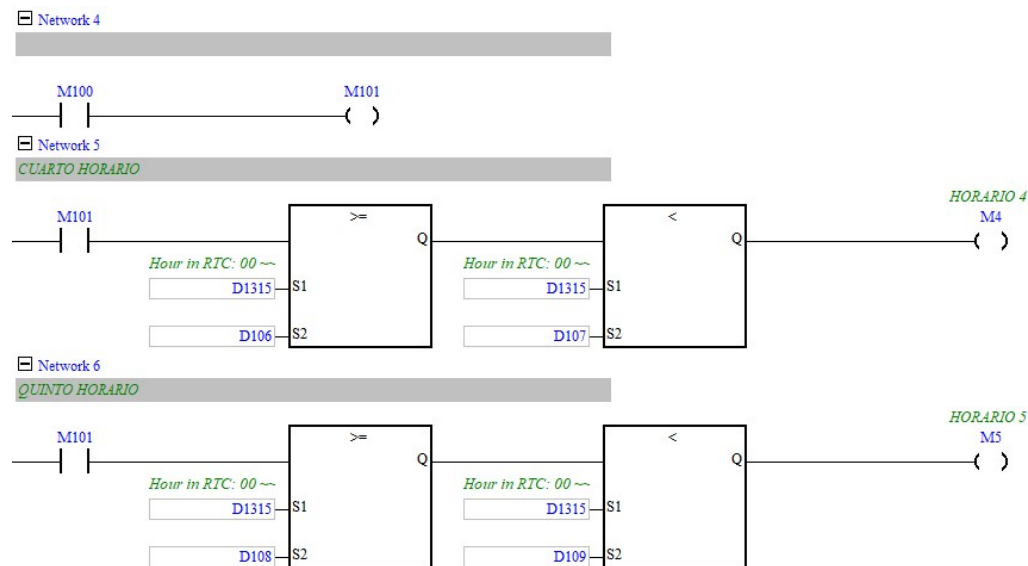


Nota: Se configura los tres primeros horarios de la bombas y luces. Elaborado por el autor.

Mientras que para la activación de horarios auxiliares que se utilizaría en eventos o actividades extras esto se da mediante la activación del pulsador M100 dando el pasa del flujo de activación del M101 como se muestra en la **Figura 3**.

Figura 3

Configuración de horarios extras en el ISPsoft

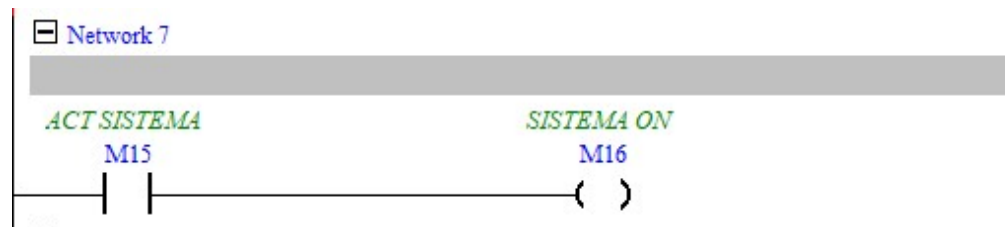


Nota: Configuración de dos horarios extras. Elaborado por el autor.

Posteriormente se coloca un pulsador de seguridad (M15) que permite la activación del la bobina (M16) como se muestra en la **Figura 4**

Figura 4

Configuración de pulsador de seguridad en el ISpsoft.



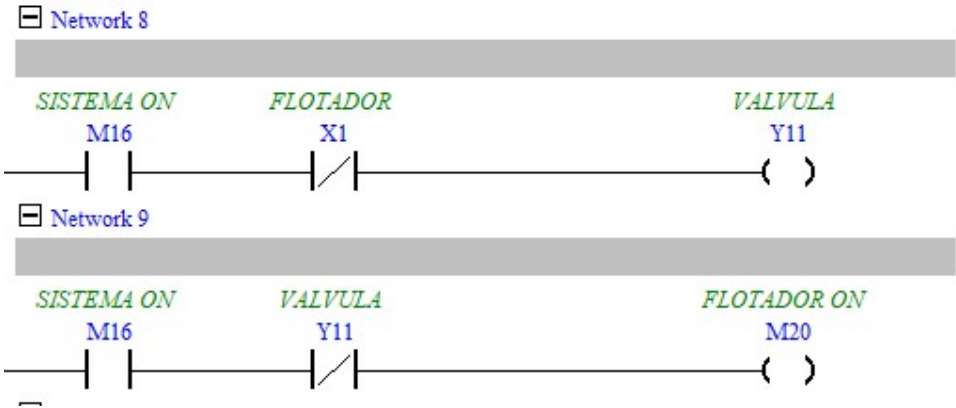
Elaborado por el autor.

Para la apertura de la válvula (Y11) se debe cumplir que el flotador (X1) este normalmente cerrado y que el sistema este encendido (M16). Mientras que para el control

del flotador (X1) este encendido, la válvula (Y11) debe estar cerrada y el sistema encendido (M16) tal como se muestra en la **Figura 5**

Figura 5

Configuración de flotador y válvula en el ISPsoft.

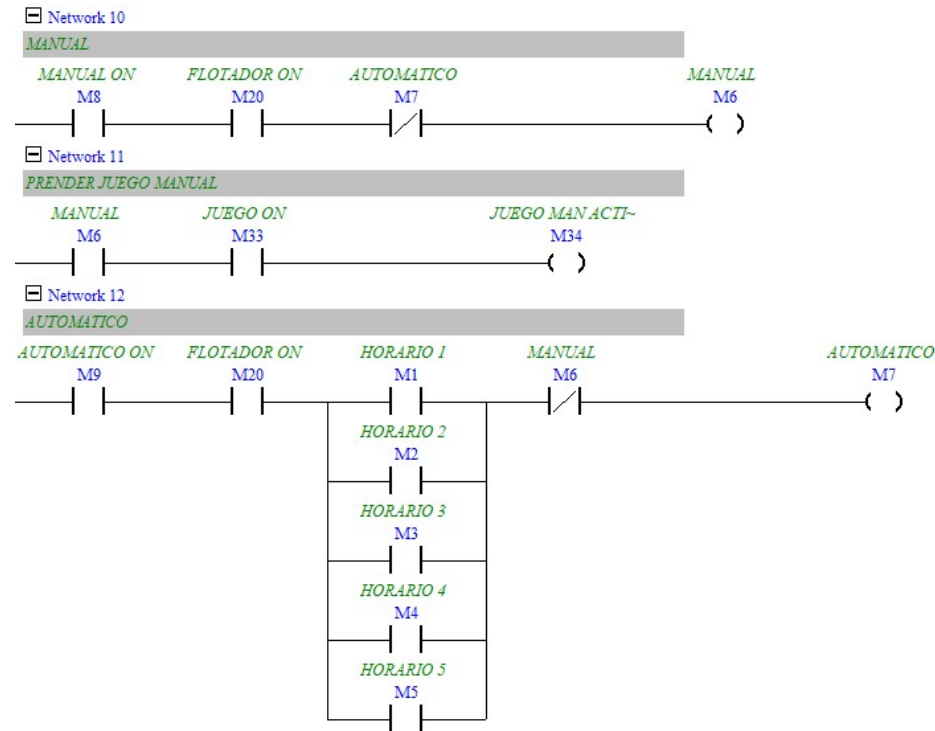


Nota: El flotador y la válvula sirven como protección al sistema. Elaborado por el autor.

Para la programación de la parte manual y automática tenemos la **Figura 6**. En el estado manual se nos permitirá realizar la elección de manual general de todas las bombas (M34) o individual (M6). Mientras en el estado automático tendrá salida de activación de todas las bombas directamente con los horarios que estén previamente activados con salida en el (M7)

Figura 6

Configuración de modo manual o automático ISPsoft

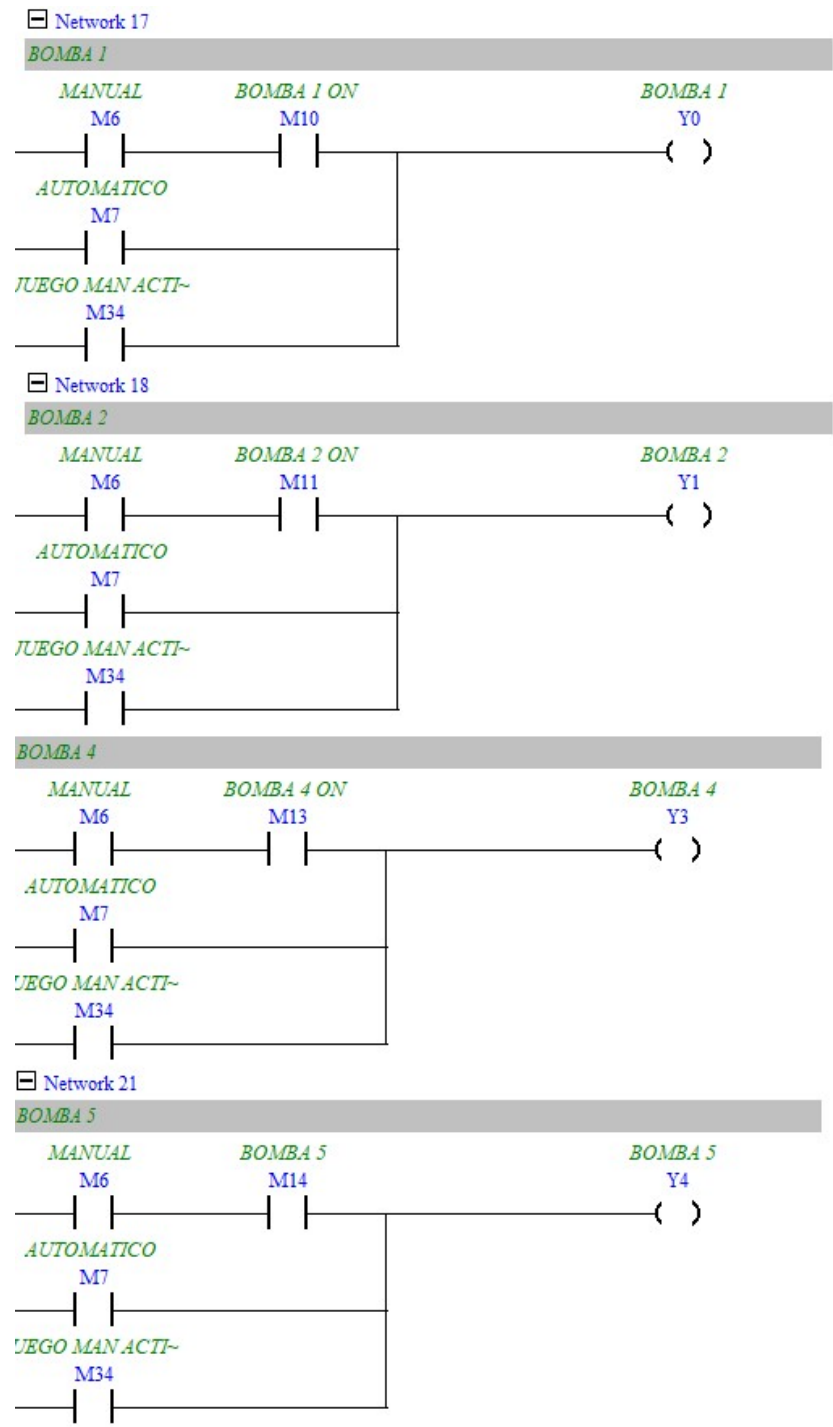


Nota: Dentro del modo manual existe el modo de manejo individual de cada bomba y un modo que permite juegos entre bombas. Elaborado por el autor.

Las bombas pueden ser activadas de diferentes maneras manual individual, automático, y juego manual. Cada una de las bombas puede ser activada en cualquiera de las tres formas y teniendo una salida analógica de la bomba uno (Y0), bomba dos (Y1), bomba tres (Y2), bomba cuatro (Y3), bomba cinco (Y4).

Figura 7

Configuración de encendido de las bombas en el ISPsoft

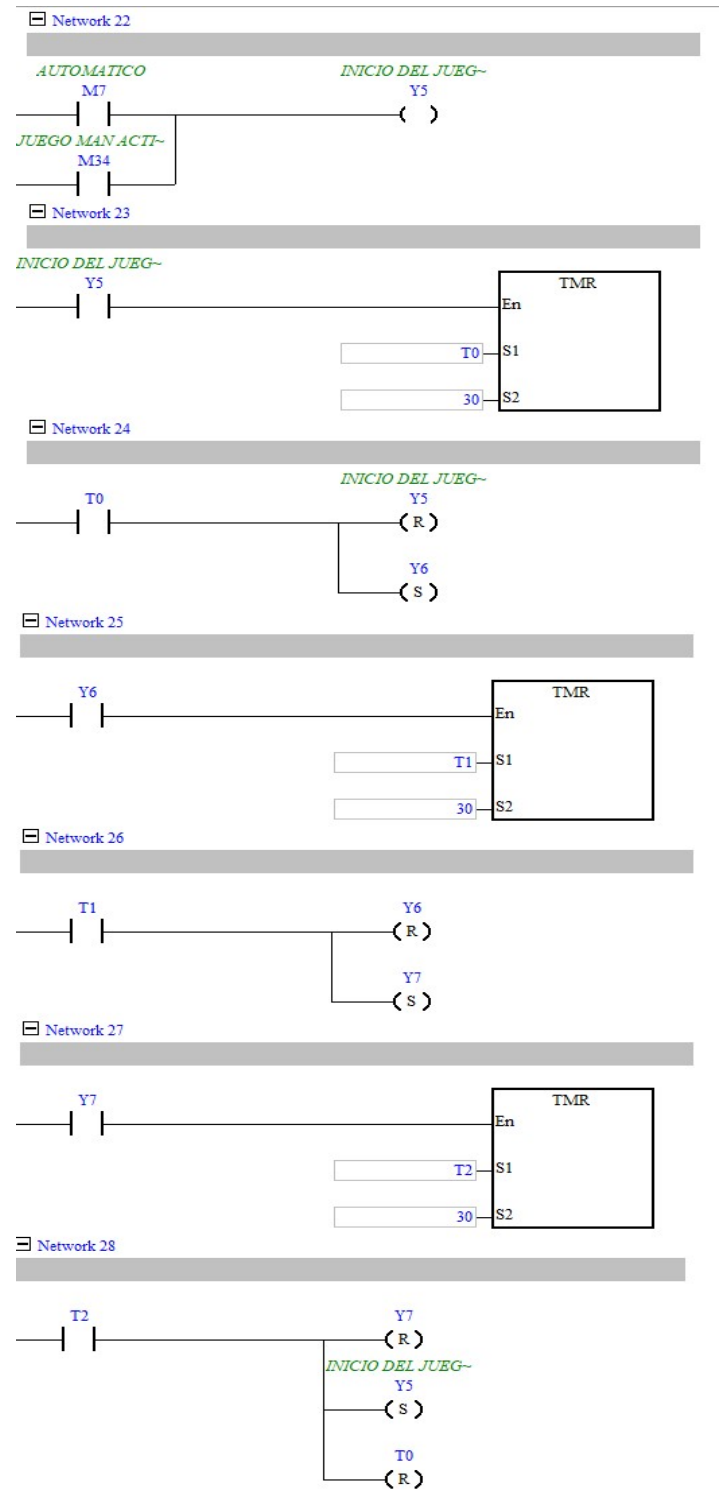


Nota: Cada una de las cinco bombas puede funcionar en las modalidades automático, manual, juego manual activado. Elaborado por el autor.

Con la configuración de la **Figura 7**, se da la activación de todas las bombas, como es una pileta debe tener juegos de chorros. Para eso se plantea la configuración de la **Figura 8** permitiendo generar juegos de flujo de chorro entre las salidas (Y5,Y6,Y7) a las multifrecuencias de los variadores mediante un juego de set y reset simultaneo entre ellas con un tiempo de 30 segundos entre cada juego.

Figura 8

Configuración de juego de las bombas en el ISPsoft

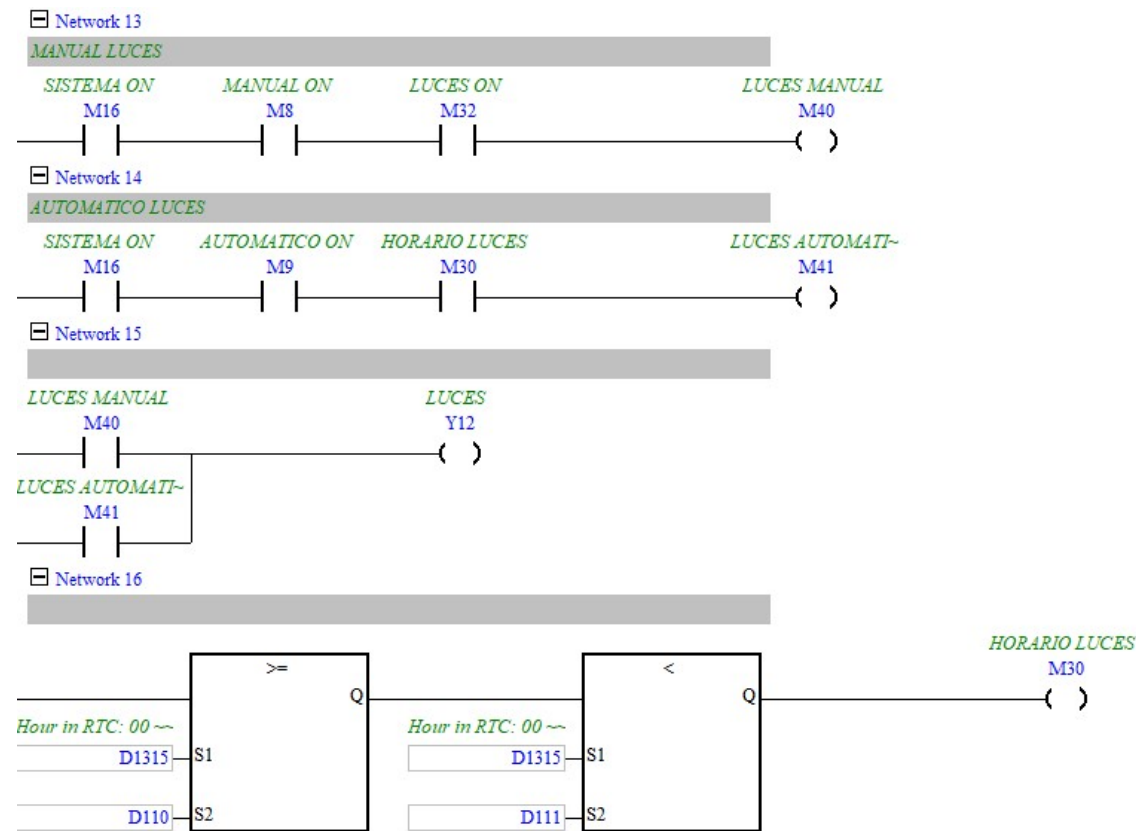


Nota: Existe tres tiempos de juego que se resetean y comienzan cíclicamente. Elaborado por el autor.

Para la configuración de las luces tenemos que las salidas digitales manual (M40) y automáticas (M41) están directamente relacionadas a la salida analógica (Y12). Y controladas con reguladores de horarios de activación (M30), tal como se muestra en la **Figura 9**.

Figura 9

Configuración de activación de las luces en el ISPsoft



Nota: La verificación del funcionamiento del driver se da en la parte inferior.
Elaborado por el autor.

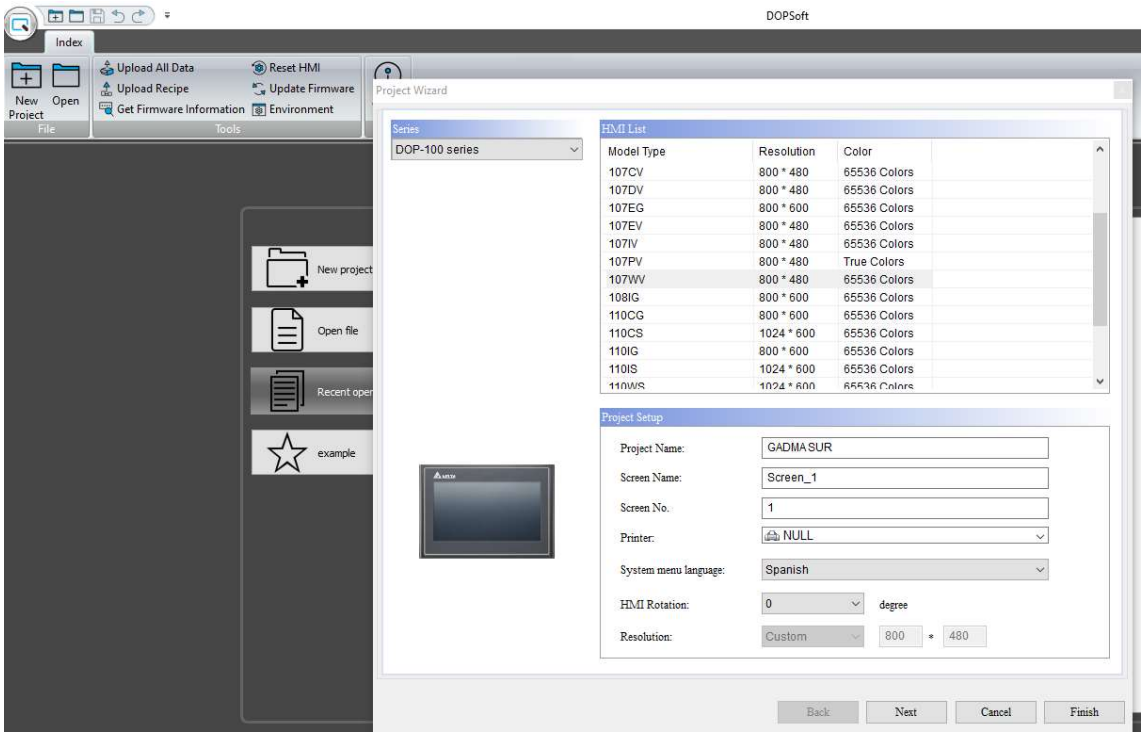
Programación del DOPsoft

El programa DOPsoft nos permite generar las pantallas para el HMI y vincularlas a los datos previamente programados de COMMGR, esto con el fin de realizar un sistema que sea fácil y accesible para cualquier operador de las piletas.

Se requiere la configuración abriendo el programa lo primero tenemos que seleccionar el equipo que tenemos disponible en este caso DOP-107WV. Para este tema se guarda con el nombre de GADMA SUR como se muestra en la **Figura 10**.

Figura 10

Selección de pantalla HMI en el DOPsoft

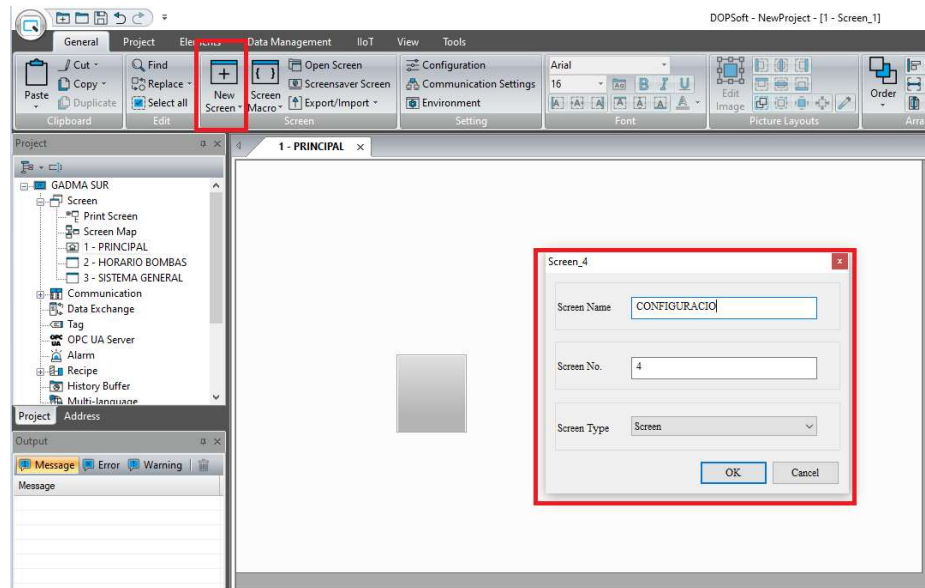


Nota: El nombre del proyecto es GADMA SUR. Elaborado por el autor.

Posteriormente pasamos a la pantalla principal, para la pantalla inicial se requieren dos secciones principales la opción de sistema y la opción de configuración de horario bombas por lo que se crea un screen de cada una como se muestra en la **Figura 11**.

Figura 11

Creación de la pantalla del HMI principal

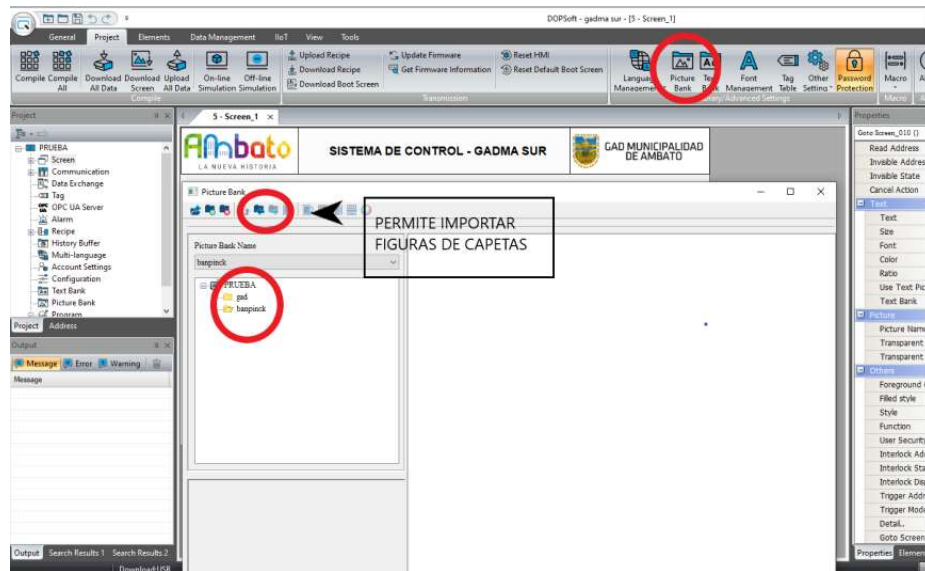


Nota: Inicialmente se crean tres Screen 1-. Principal 2.- horario bombas 3.- Sistema general. Elaborado por el autor.

Se configurará la página base que se utilizara en todos los screen, esta página contiene los logos de la institución, títulos y un botón que nos permita regresar a la página principal. El diseño general contara con los logos del municipio de Ambato y el titulo Sistema de control- GADMA SUR. Para lo cual se cargan las imágenes en nuestro Picture bank ubicado en el bloque de projects ahí importaremos las imágenes que se necesita para el HMI. Como se muestra en la **Figura 12**.

Figura 12

Cargar un banco de imágenes seleccionadas

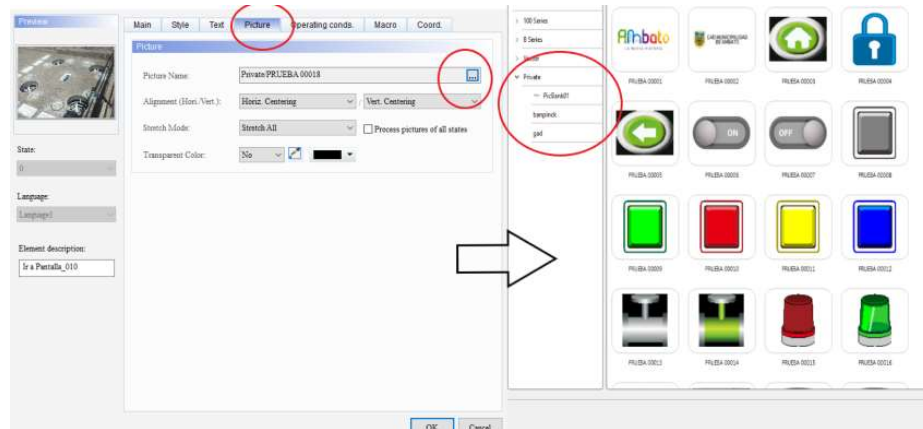


Nota: La carpeta de figuras a utilizar son previamente seleccionadas. Elaborado por el autor.

Una vez generado nuestro picture bank podemos asignar imágenes a cada botón en este caso utilizando un doble clic en el icono goto scen se abrirá una ventana como se muestra en la Figura 13 se selecciona el sub bloque picture aplastando los tres puntos de direccionamiento, dentro de las carpetas generales del programa se encuentra la categoría private que contiene las imágenes previamente subidas

Figura 13

Selección de imagen para los botones



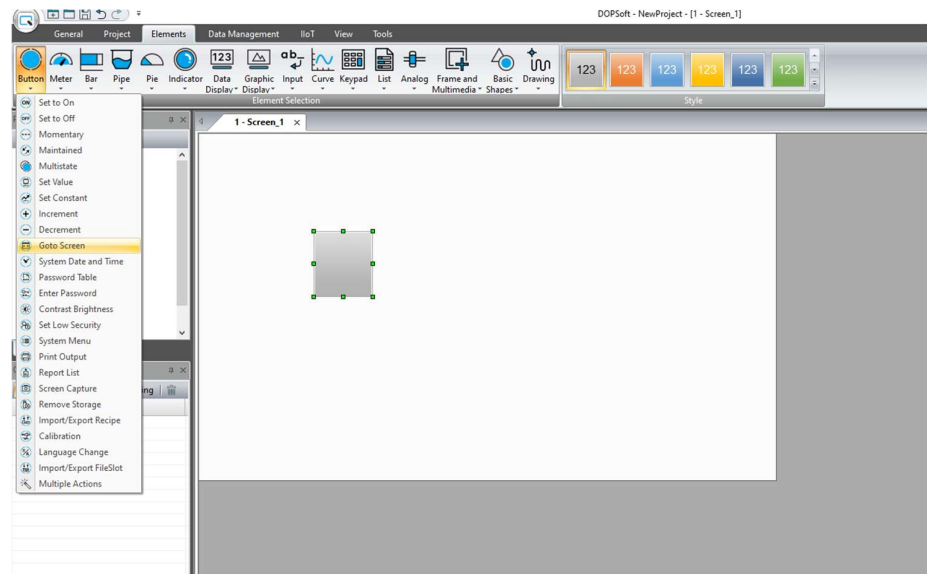
Nota: Dentro del DOPsoft existen varias figuras para usar en cualquier proyecto. Elaborado por el autor.

Programación pantalla inicial HMI en DOPsoft

Teniendo en total tres pantallas por el momento: Principal, sistema general y configuración horario Bombas cada una representa un creen. Para la cual primer se creará dos botones que nos permitan pasar a una pantalla diferente cada uno esto se hace mediante en la parte superior izquierda seleccionamos el bloque elementos, dentro de este bloque la sección BOTTON, y la función goto screen como se muestra en la **Figura 14**.

Figura 14

Configuración del botón Goto screen

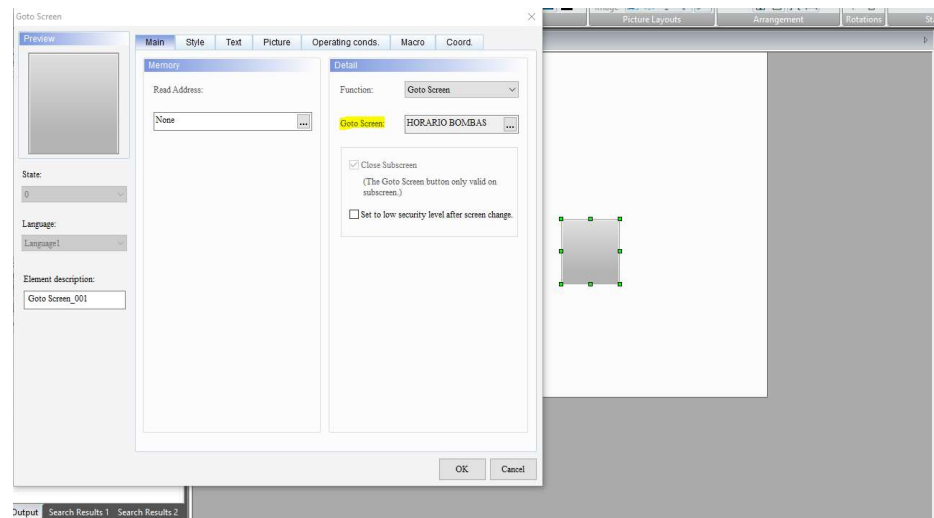


Nota: Selección comando goto screen. Elaborado por el autor.

Este botón nos permitirá saltar a la siguiente pantalla vinculada mediante la configuración dando doble clic derecho se abrirá una pantalla que nos permitirá realizar una vinculación de (función-pantalla). En la parte superior derecha encontramos la palabra goto screen con las dos opciones de pantallas disponibles (Sistema y Configuración Horarios bombas) estas creadas en la **Figura 15**.

Figura 15

Selección de pantalla vinculada a la función goto screen

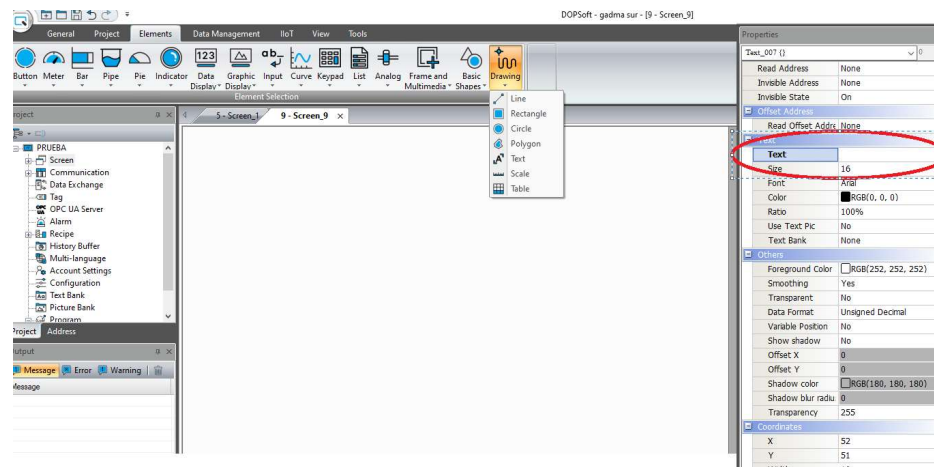


Nota: Vinculación de screen en la función goto screen. Elaborado por el autor.

Mientras que para el ingreso de la escritura como lo indica en la **Figura 16**, se selecciona el bloque Elements el comando Drawing que permite el ingreso de texto En el área seleccionada, permitiendo configuración de tamaño y demás variables de la escritura.

Figura 16

Ingreso de escritura en la pantalla



Nota: Ingreso de texto fijo en las screen. Elaborado por el autor.

Una vez finalizando los pasos anteriores tenemos como resultado el screen de la **Figura 17** el cual al hacer clic en cualquiera de las dos opciones se direcciona a la página vinculada con la función goto screen. Además de la colocación de los logos y títulos de la pantalla.

Figura 17

Pantalla principal configurada en el DOPsoft

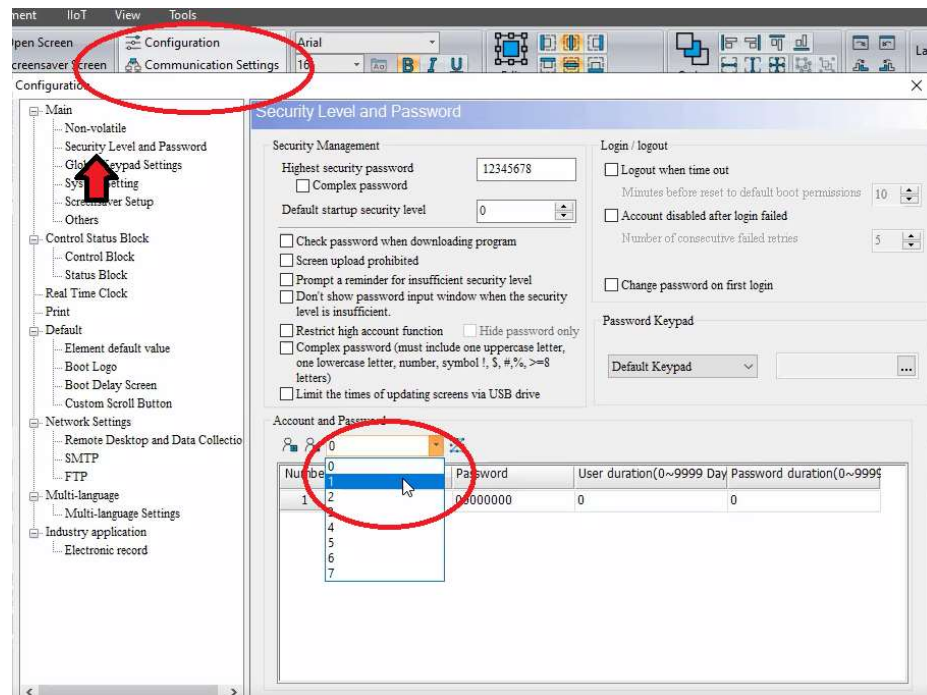


Nota: Primera pantalla del HMI configurada en el DOPsoft. Elaborado por el autor.

Como último paso se para hacer el cambio de horario se limita el acceso a las personas que puedan realizar es por eso que se colocara una restricción para que las personas autorizadas puedan cambiar el valor de las horas. Esto se realizará primero es la configuración de los niveles de seguridad esta configuración la podemos encontrar en el bloque general, seleccionamos configuración y posteriormente el área de security level and password como se muestra en la **Figura 18**. Ahí se selecciona el nivel uno para el ADMIN con contraseña 12345

Figura 18

Configuración de seguridad



Nota: Para el proyecto solo existe un nivel de seguridad. Elaborado por el autor.

Dando clic derecho en el icono de configuración de horario en el lado derecho de la pantalla podemos configurar el nivel de seguridad antes mencionado el 1 como se visualiza en la **Figura 19**. Con eso aseguramos que solo personas con acceso puedan hacer cambio en los horarios.

Figura 19

Configuración de seguridad en horarios de bombas



Nota: El nivel de seguridad será uno solo la configuración de los horarios tiene nivel de seguridad. Elaborado por el autor.

Programación pantalla configuración de horarios HMI en DOPsoft

Una vez configurado la pantalla principal se debe vincular las variables tipo D del plc que se muestran en la **Tabla 1**. Lo que quiere decir que las variables se tomaran en cuenta como indica la **Tabla 2**.

Tabla 2

Variables del ISPsoft para los horarios.

Variable del ISPsoft	Descripcion de las variables
D100	Variable que determina la hora de inicio del primer horario

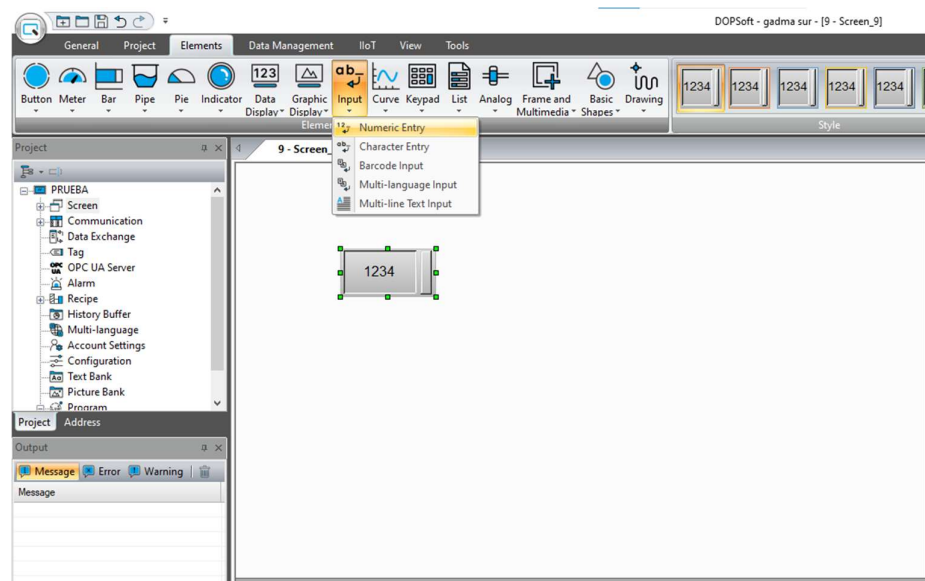
D101	Variable que determina la hora de fin del primer horario
D102	Variable que determina la hora de inicio del segundo horario
D103	Variable que determina la hora de fin del segundo horario
D104	Variable que determina la hora de inicio del tercer horario
D105	Variable que determina la hora de fin del tercer horario

Nota: Elaborado por el autor.

Estas variables se pueden vincular mediante un ingreso numérico. Se dirige al bloque de comandos elements seleccionamos el comando input y elegimos la entrada numérica tal como se muestra en la **Figura 20**.

Figura 20

Selección de ingreso numérico en el DOPsoft

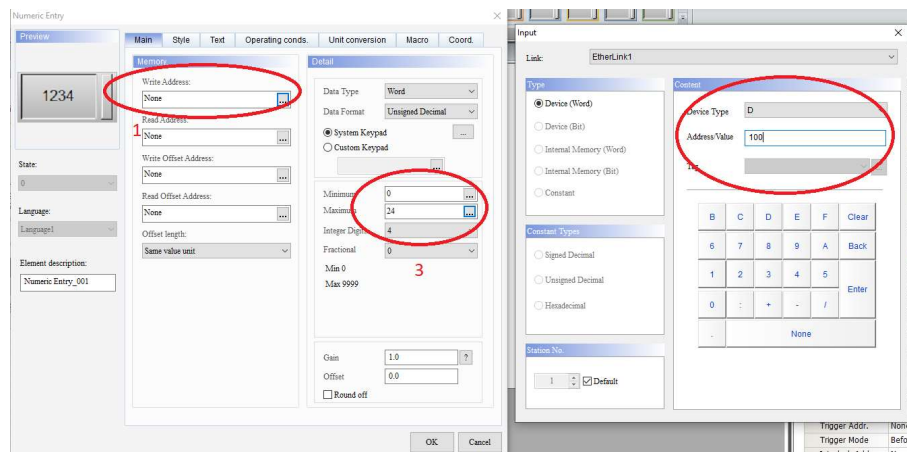


Nota: Selección de entrada numéricas del comando Numeric Entry. Elaborado por el autor.

Se crearán seis de estos comandos input con el fin de poder vincular con cada variable indicada en la **Tabla 1**. Como siguiente paso es la vincular la variable adecuada la **Figura 21**, muestra que al dar doble clic en el botón comando del screen en la parte 1. Se selecciona justo en los tres puntos lo cual se nos abre un screen 2 en el cual se selecciona el tipo de variable en este caso el tipo D, posteriormente se coloca el número de variable como es la configuración de Variable que determina la hora de inicio del primer horario para que sea reconocido del plc. Por último, en la sección 3 configuraremos el rango permitido del valor de las entradas hacer las horas del día, como mínimo el valor cera de 0 y como máximo el valor de 24.

Figura 21

Configuración de entrada numérica en el DOPsoft



Nota: Configuración de las variables vinculadas al ingreso numérico. Elaborado por el autor.

Esto se realizar para cada una de las variables de la **Tabla 1**. Una vez finalizado el proceso de vinculación de variables dentro de esta pantalla se genera tres botones de vinculo hacia otras páginas como se mostró en la **Figura 15**. El primer botón dirige a la página principal el segundo dirige a la configuración de horario de luces y el tercer botón hacia la configuración del horario extra de funcionamiento de las bombas teniendo como resultado la **Figura 22**.

Figura 22

Pantalla de configuración de horarios con las funciones vinculadas

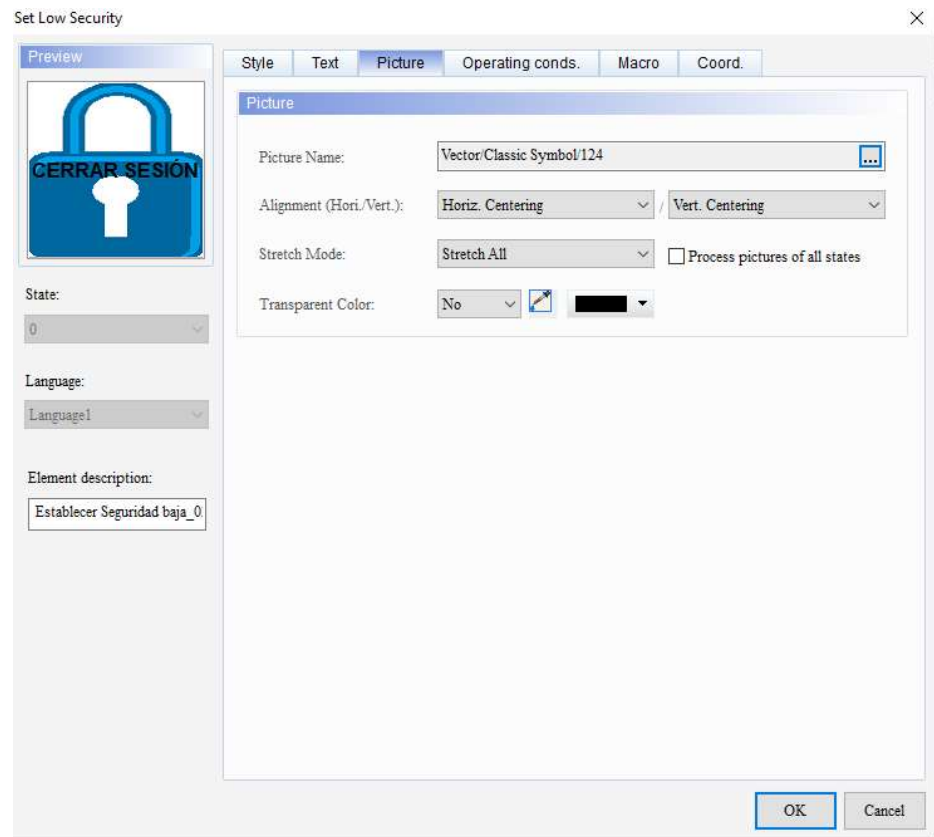


Nota: Pantalla base de configuración de horarios. Elaborado por el autor.

Como último paso en esta pantalla se configurará un cierre de sección del usuario mediante el comando set low security mostrando en la **Figura 23**. Este comando está ubicado en el bloque de elements sub bloque botons y permite al usuario cerrar sesión que no permitirán modificar ningún horario al menos de que se vuelva a ingresar la clave del ADMIN

Figura 23

Configuración de la función Set Low Security



Programación pantalla configuración de horarios extras HMI en DOPsoft

Para la activación de los horarios extras se debe vincular las variables tipo D del plc que se muestran en la **Figura 21**. Lo que quiere decir que las variables se tomaran en cuenta como indica la **Tabla 3**.

Tabla 3

Variables para horarios extras del ISPsoft

Variable del ISPsoft	Descripción de la variable
D106	Variable que determina la hora de inicio del primer horario

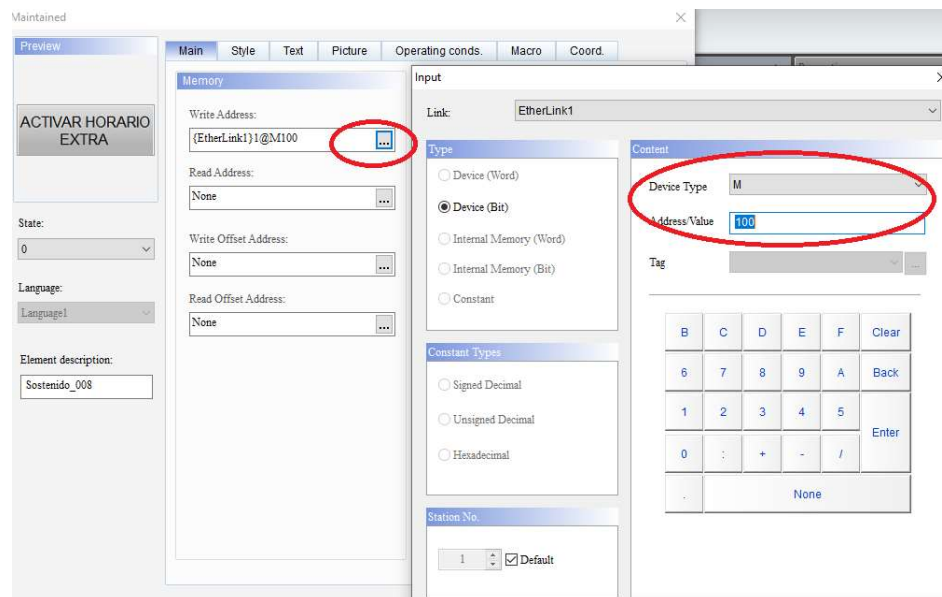
D107	Variable que determina la hora de fin del primer horario
D108	Variable que determina la hora de inicio del segundo horario
D109	Variable que determina la hora de fin del segundo horario

Nota: Elaborado por el autor

Ya identificadas las variables se procede a vincular mediante la creación de inputs numéricos y su vinculación a las variables tipo de la **Figura 3** del ISPSOft. teniendo cuatro variables a vincular como se muestra en la **Figura 21**. Además de esto se configura un botón que active las horas de funcionamiento extra, esto se logra mediante el uso del comando Maintained ubicado en el sub bloque Buton del bloque elements. El cual permite vincular el botón con la variabe M100 que permite la activación del tiempo extra como se muestra en la **Figura 24** la configuración de la variable.

Figura 24

Configuración de la función Maintained

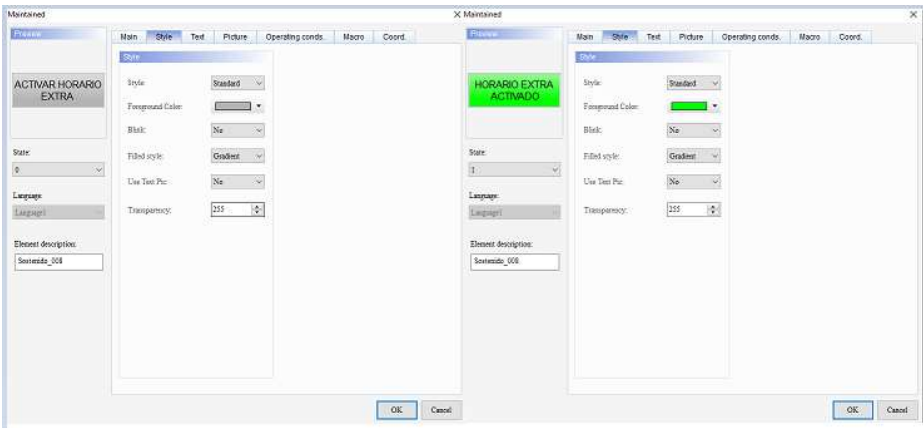


Nota: Ítems a configurar en el comando maintained. Elaborado por el autor.

Además, este tipo de comando tiene dos estados activado o no activado que también se pueden representar con el lenguaje binario como 0 y 1. Ya que esto debe ser visualmente y es más amigable con el operador y en la configuración como se muestra en la **Figura 25**

Figura 25

Configuración de encendido y apagado de la función Maintained



Nota: Configuración de modo encendido y apagado del horario extra. Elaborado por el autor.

También se requiere instalar dos botones de función tipo goto screen uno que nos direcciona a la ventana de configuración de horarios y otro que nos direcciona a la pantalla principal la configuración como se muestra en la **Figura 14**.

Programación pantalla configuración de horarios extras HMI en DOPsoft

Para esta pantalla se utilizó un input numérico que está relacionado con las variables tipo D que se muestran en la **Tabla 4**. Las cuales deben ser vinculadas como se muestra en la **Figura 21**

Tabla 4

Variables para horarios de luces de ISOPsoft

Variable del ISPsoft	Descripcion de variable
D110	Variable que determina la hora de inicio horario de las luces
D111	Variable que determina la hora de fin horario luces

Nota: Elaborado por el autor

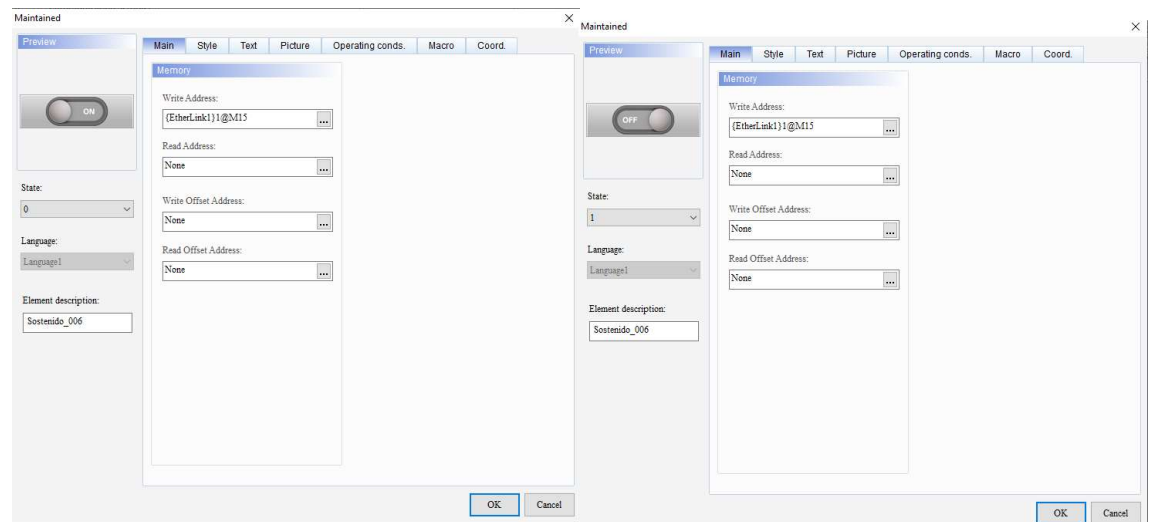
También se requiere instalar dos botones de función tipo goto screen uno que nos direcciona a la ventana de configuración de horarios y otro que nos direcciona a la pantalla principal la configuración

Programación pantalla estado del sistema en DOPsoft

Esta pantalla nos sirve para poder visualizar el estado general del sistema, ver el modo de operación que puede ser manual o automático; visualizar el nivel de agua normal o bajo; observar el estado de las luces y de la válvula de llenado. Además, dirige a la pantalla de estado manual y estado automático, además de un botón que va a la pantalla general ahora. Se realizará la vinculación de salidas de ISPsoft. Primero para saber si el sistema esta o no esta activado se realizara mediante la variable del ISPsoft M15 la cual nos indica como es un botón de encendido y apagado debe tener un indicado en 1 y otro en 0 para saber si esta encendido o apagado se realizara mediante el comando maintained como se muestra en la **Figura 26**.

Figura 26

Configuración de la variable M15 en la función Maintained

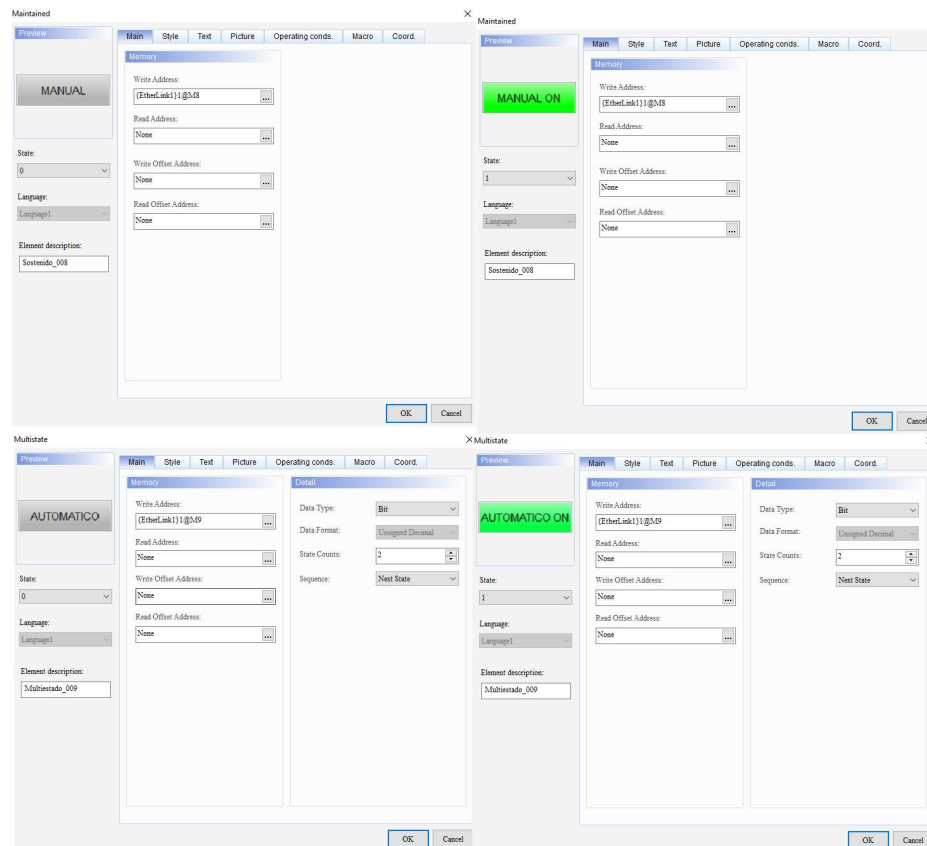


Nota: configuración de indicador de sistema encendido. Elaborado por el autor.

Posteriormente se configura la visualización del estado manual o automático del modo de operación para lo cual se utiliza el comando maintained para poder vincular las variables M8 y M9 de ISPsoft las cuales indican el estado manual activado y el estado automático activado dependiendo si se encuentra en estado 0 o 1

Figura 27

Configuración de la variable M8 y M9 en la función Maintained

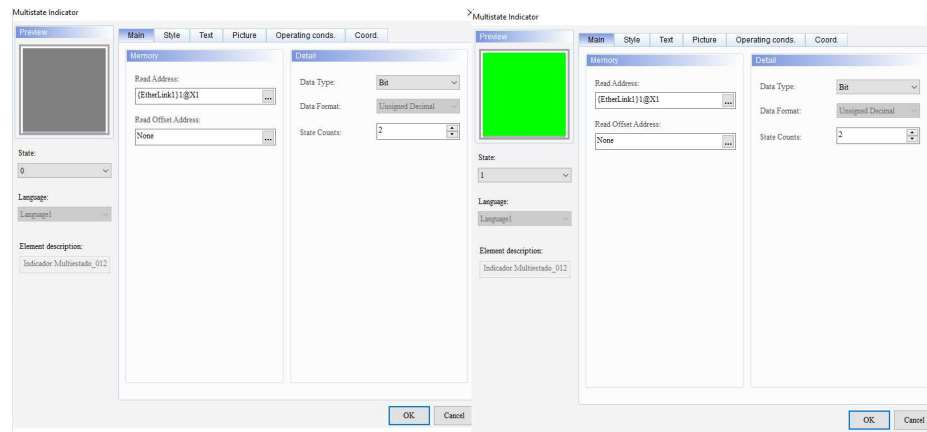


Nota: Configuración de indicador ON/OFF del modo manual y automático. Elaborado por el autor.

Es necesario saber si la cisterna de la pileta se encuentra vacía o llena. Esto se hace mediante el manual el sensor de nivel que tiene la variable X1 del ISPsoft esto se hará con un comando indicador en este caso el Multistate Indicador configurando su valor 0 y 1 como se muestra en la **Figura 28**.

Figura 28

Configuración del sensor de nivel con la función Multistate indicador

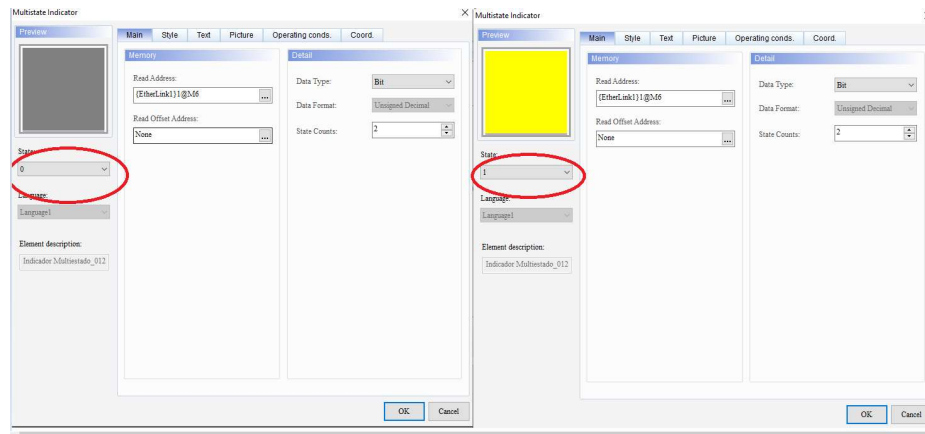


Nota: Configuración de indicador ON/OFF del sensor de nivel. Elaborado por el autor.

También se requiere de indicadores que muestre que se activen correctamente cumpliendo todos los pasos. Para el caso manual: debe cumplir que la cisterna este llena (X1 ISPsoft) y el modo automático (M9 ISPsoft) no anclado para que el modo manual pueda entrar sin problema. Para el caso automático: debe cumplir que la cisterna este llena (X1 ISPsoft) y el modo automático (M9 ISPsoft) no anclado para que el mono automático pueda entrar sin problema. La configuración de estos modos viene dada por a vinculación de las variables del ISPsoft M6 para manual y M7 para automático con el comando Multistate indicador, y configurar los modos 0 y 1 como se muestra en la **Figura 29**.

Figura 29

Configuración de las variables M6 y M7 en la función Multistate Indicador

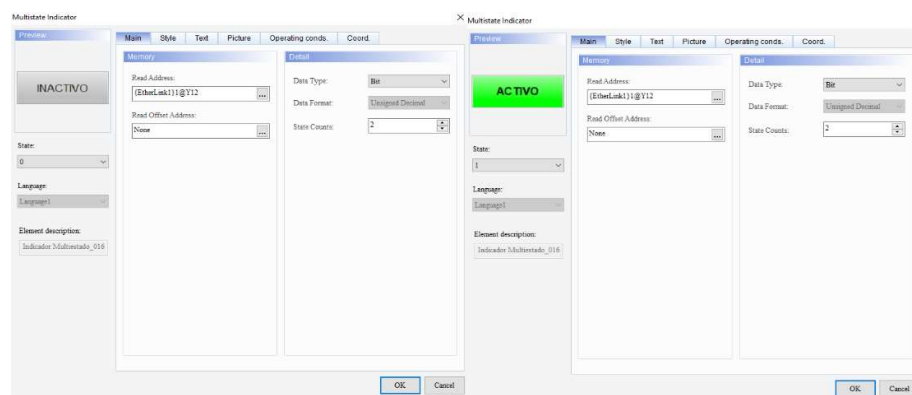


Nota: Configuración de seleccionador ON/OFF del modo manual o automático. Elaborado por el autor.

Otro punto importante es indicar si las luces y la válvula de ingreso este activadas o apagadas. Para esto se deberán vincular las variables del ISPsoft Y12 (luces) y Y11(válvula) esto se vincula a los indicadores mediante el comando Multistate Indicador como se muestra en la **Figura 30**

Figura 30

Configuración de las luces y válvula con la función Multistate Indicador

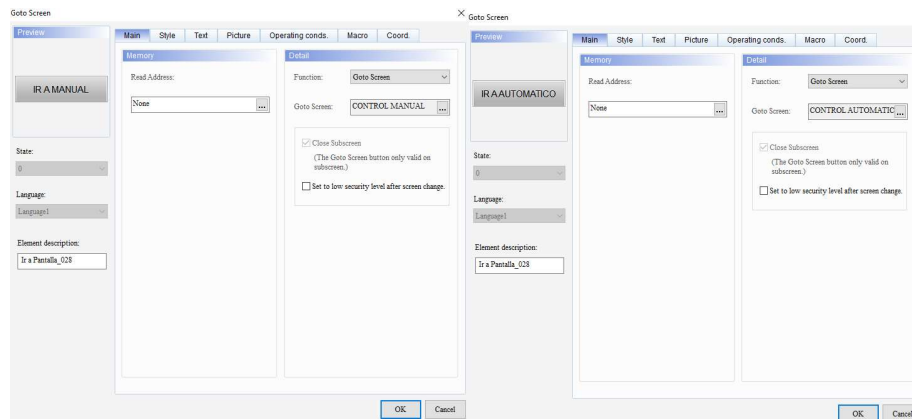


Nota: Configuración de indicador ON/OFF del sensor de las luces y la válvula. Elaborado por el autor.

Por último, en la pantalla se puede ingresar a ver las pantallas manual y automático. Esto se realiza mediante la función Goto screen que permitirá el paso a la pantalla de control Manual y pantalla de control automático, como se muestra en la **Figura 31**.

Figura 31

Configuración para pantalla manual o automática con la función Goto screen



Nota: Configuración del direccionamiento de screen con el comando goto screen. Elaborado por el autor.

Después de poner títulos en cada icono nos permite visualizar estados manuales, automático, válvula sensor de nivel luces.

Programación pantalla estado manual sistema en DOPsoft

La programación del estado manual viene dada por la integración de las cinco bombas de la pileta cuatro bombas a la fuente central y una a la cascada. Además de la activación de las luces. Para esto necesitamos integrar las variables tipo Y del ISPSOFT según la **Tabla 5**.

Tabla 5

Variables ISPsoft para estado manual.

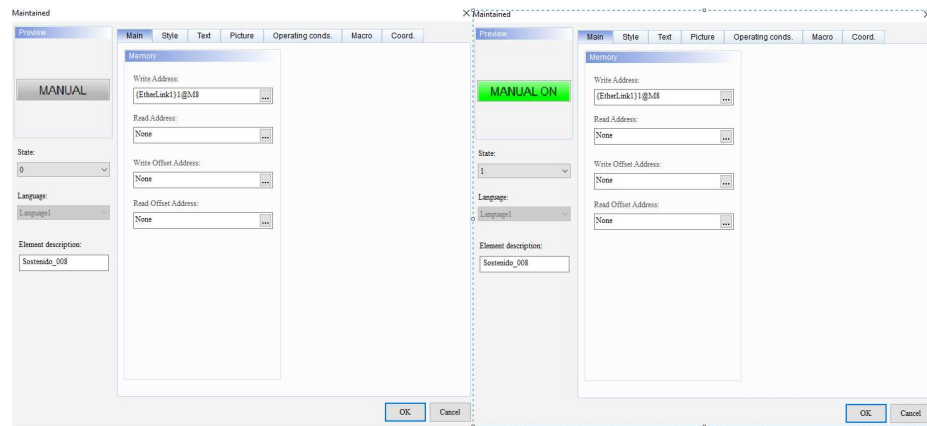
Variable tipo Y salida del ISPsoft	DESCRIPCION	Variable tipo M memoria del ISPsoft	DESCRIPCION
Y0	Variable de indicación de la bomba 1 de la fuente principal	M10	Variable de activación de la bomba 1 de la fuente principal
Y1	Variable de indicación de la bomba 2 de la fuente principal	M11	Variable de activación de la bomba 2 de la fuente principal
Y2	Variable de indicación de la bomba 3 de la fuente principal	M12	Variable de activación de la bomba 3 de la fuente principal
Y3	Variable que indica la activación de la bomba de la cascada	M13	Variable de activación de la bomba de la cascada
Y4	Variable de indicación de la bomba 5 de la fuente principal	M14	Variable de activación de la bomba 5 de la fuente principal
Y12	Variable que determina la activación de las luces	M32	Variable que demuestra la activación de las luces
		M8	Variable que determina la activación del estado manual

Nota: Elaborado por el autor

Primero se necesita que el estado manual sea visible esto se realiza mediante la configuración de el comando maintained para la activación y apagado del estado con la configuración 0 y 1 como se observa en la **Figura 32**.

Figura 32

Visualización del estado manual este encendido o apagado con la función Maintained



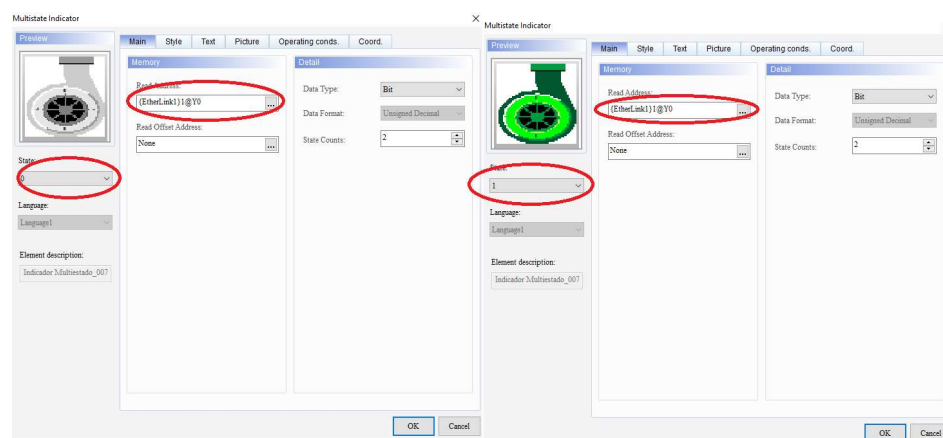
Nota: Configuración de visualización ON/OFF del estado manual. Elaborado por el autor.

La creación de iconos que demuestra vinculada la activación a la visualización de las bombas lo cual permite al operario visualizar el estado individual de cada bomba esto se realizará mediante el comando Multistate Indicador y su configuración del valor 0 y 1 como se muestra **Figura 33**. En total son cinco activadores.

Figura 33

Configuración de visualizador de la bomba encendida o apagada con la función

Multistate Indicador

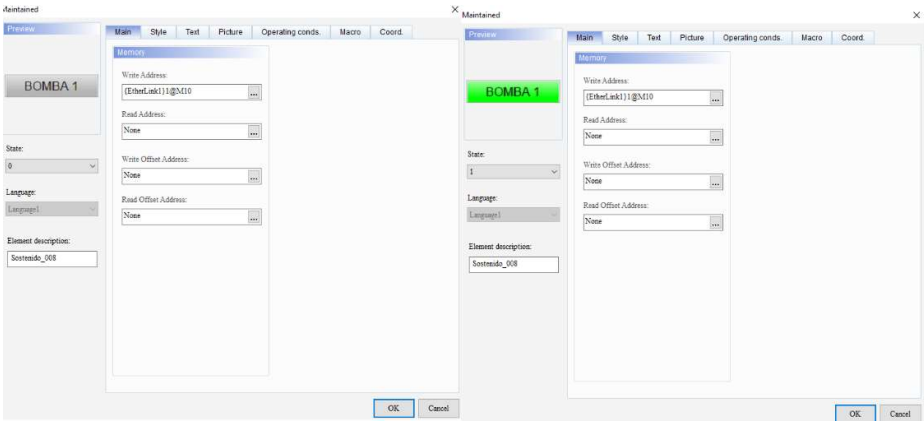


Nota: Configuración de visualización ON/OFF del estado de la bomba. Elaborado por el autor.

También se presenta los indicadores de cada una de las bombas esto se realiza mediante el uso del comando maintained el cual permite visualizar cual es la bomba que esta prendida o prenderla manualmente alternando sus valores entre 0 y 1 para su activación según la **Figura 34**

Figura 34

Configuración de actuador de la bomba encendida o apagada con la función Multistate
Indicador



Nota: Configuración de actuador ON/OFF de cada bomba. Elaborado por el autor.

La activación de las luces viene vinculada a un indicador y un activador cada uno vendrá configurado para el modo prendido, apagado con 0 y 1 respectivamente para que pueda ser utilizada en configuración manual en la parte superior de la **Figura 35** podemos ver el activador y en la inferior el indicador.

Figura 35

Indicador de luces encendidas y apagadas



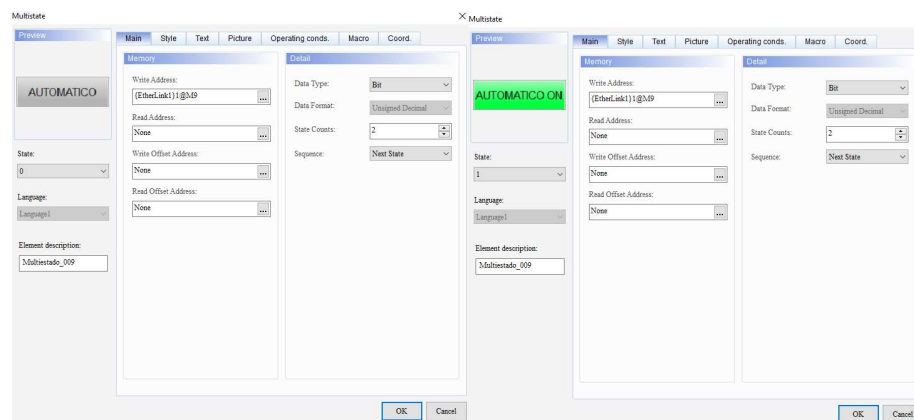
Nota: Configuración de visualización y selección ON/OFF de las luces. Elaborado por el autor.

Programación pantalla estado automático sistema en DOPsoft

Para la pantalla del sistema automático se utilizarán variables de la tabla xx para los indicadores de las bombas y luces utilizando los comandos Multistate indicador. mientras que para los horarios de salida usaremos la tabla xx Para vincularlos mediante el comando numeric display. un indicador será utilizado mediante el comando Multistate y vincularlo con la variable M9 del ISPsoft para indicar si el estado automático está o no activo como se muestra la **Figura 36**

Figura 36

Configuración de la variable M9 con la función Multistate.



Nota: Configuración de visualización ON/OFF del estado automático. Elaborado por el autor.

También se integra la función goto screen que permite dirigirse a la pantalla de horas extras en automático.

Programación pantalla estado automático horario extra del sistema en DOPsoft

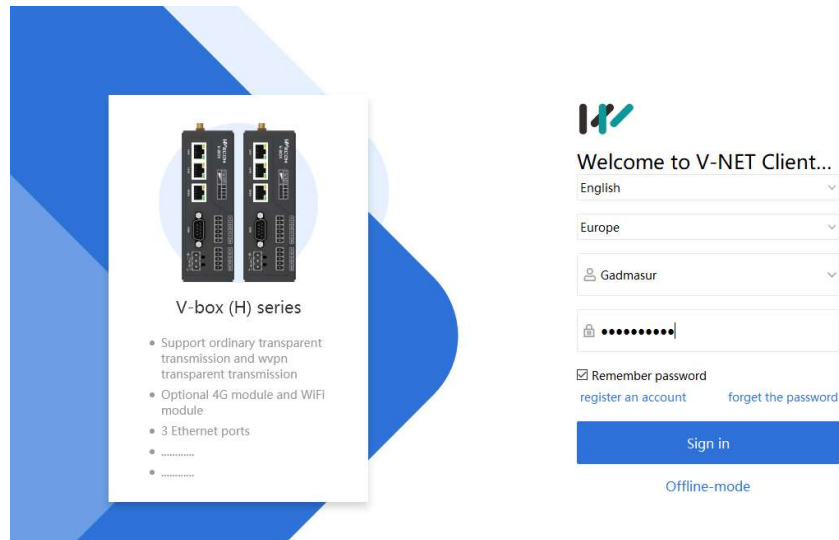
En la pantalla se activará siempre y cuando sean habilitadas las horas extras lo cual solo nos permitirá ver las horas de trabajo del horario 4 y horario 5 con el comando numeric display. mientras para ver si está o no habilitado se usará el comando Multistate conectado con la variable M4 y M5 del ISPsoft como se realizó en la **Figura 21, Figura 22**.

Programación V NET

Se debe instalar el V NET Client 2.0 y registrarse en la cuenta. Para este caso en específico se muestra el usuario Gadmasur y la clave usada es Gadma2026. el correo que se utiliza para la validación que se muestra en la además se debe utilizar el ítem del idioma en INGLES y el ítem de ubicación será de EUROPA, así como se muestra en la **Figura 37**.

Figura 37

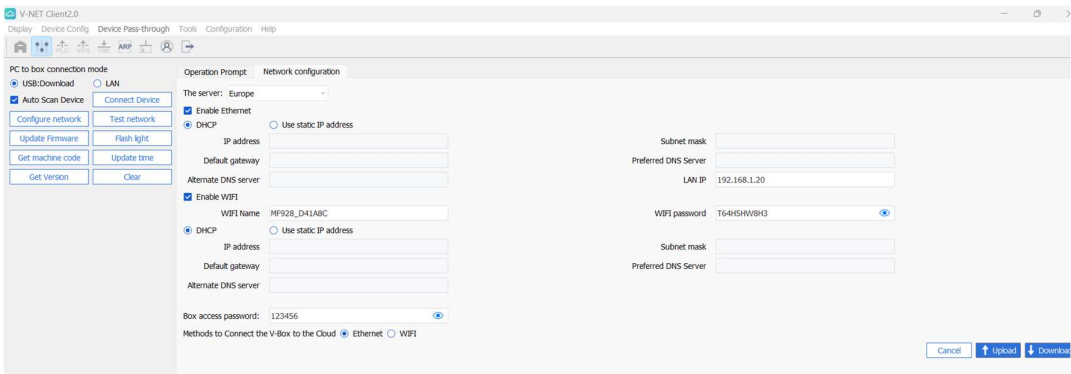
Registro en V NET Client 2.0



Nota: Pantalla de inicio del V-NET client 2.0. Elaborado por el autor.

Como siguiente paso se realizar la configuración del device como el v box h -wf viene totalmente vacío por lo cual se hará la conexión por USB mediante un terminal tipo A. para configuración del internet, la clave del wifi como se muestra en la **Figura 38**.

Figura 38
 Conexión y configuración del V-Box.



Nota: Configuración de conexión a internet. Elaborado por el autor.

Una vez configurado la conexión nos dirigimos al apartado device management se realiza doble clic se puede visualizar que el modelo del equipo V-BOX H-WF el código del producto XT304210001000002404080W0010073 y el código de maquina V1400024040801e43c971802c8 esto tal y como se muestra en la **Figura 39**

Figura 39
 Datos del V-BOX H-WF.

Device model	Product code	Machine code
V-BOX H-WF	XT304210001000002404080W0010073	V14000240408010e43c971802c8
Positioning method	Map information	
Use device base station positional	Positioning has not been set	
Device classification	Remark	
smarthome		

Nota: Datos generales de V-BOX H WF. Elaborado por el autor.

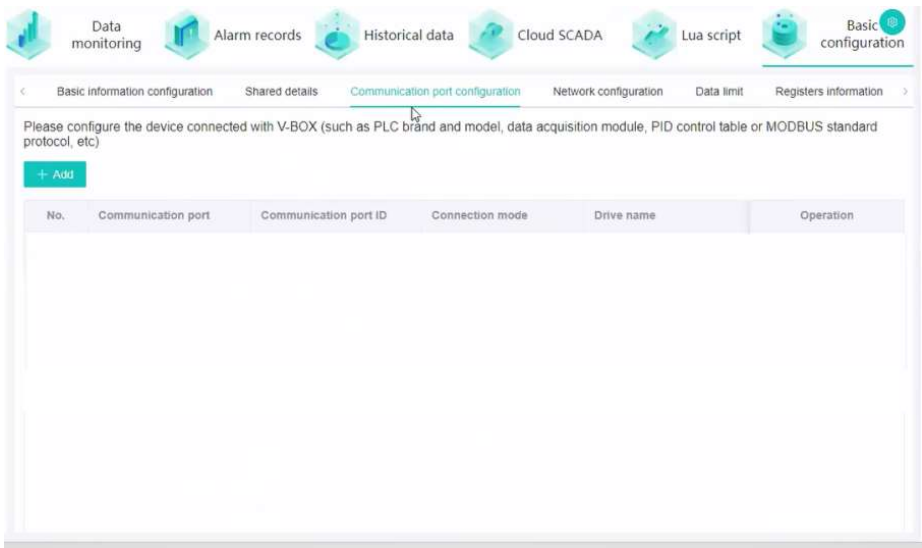
Vinculación de datos del ISPsoft al V-NET

El PLC DELTA como comunicación nativa utiliza RS485 con la cual se conectara al V BOX por lo que es necesario vincular y configurar la comunicación en el programa V-NET como se muestra en la **Figura 40**, vamos a la opción de Basic configuration, después

al communication port configuration. Posteriormente procedemos a agregar un puerto de comunicación.

Figura 40

Configuración de la comunicación entre V BOX y PLC DELTA.



Nota: Configuración leguaje de comunicación con el PLc. Elaborado por el autor.

Para configurar el PLC tenemos que tener en cuenta que la comunicación de COM2, marca del PLC es DELTA tipo DVP PROTOCOL con conexión RS 485 esto se configura y se guarda como se muestra en la **Figura 41**.

Figura 41

Selección de PLC y tipo de comunicación.

Add communication port ×

Communication port	COM2	Device type	Delta
Drive name	Delta DVP PROTOCOL		
Gateway station number	0	Device station number	1
Retry times	2	Waiting timeout	300 ms
Receive timeout	50 ms	Integration interval	0
Continuous length	0	Communication delay time	0 ms
Retry timeout	0 ms		
Baud rate	9600	Connection mode	RS485
Stop bit	1	Data bit	7
Check bit	EVEN		

Cancel OK

Nota: Configuración de parámetros para comunicación con PLC DELTA. Elaborado por el autor.

Teniendo en cuenta la **Tabla 1** del ISPsoft se tiene que vincular para que se pueda monitorear en el V-NET de los diferentes tags de la **Tabla 6**.

Tabla 6

Parámetros de los tags en V net

Elemento DELTA	Tipo en V-NET	Permiso sugerido	Uso en el Proceso
X (entradas)	Bit	Solo lectura	Flotador
Y(salidas)	Bit	Lectura/escritura	Arranques de bombas, activadores de frecuencia, activador de válvulas y luces

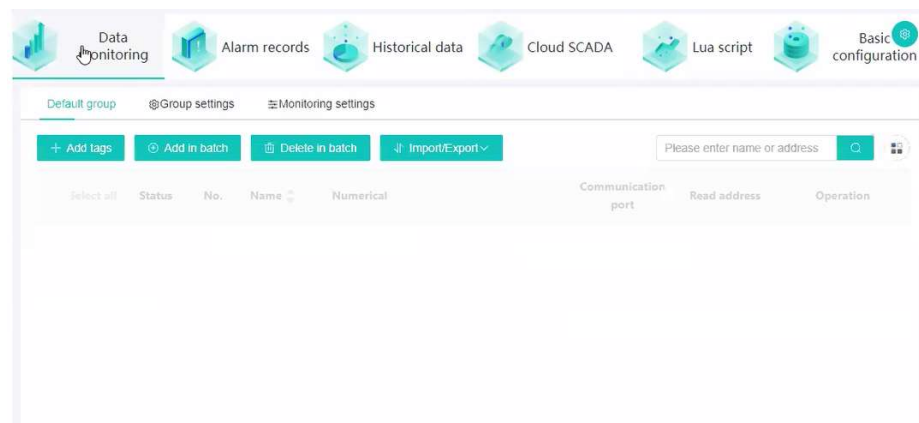
M (memorias)	Bit	Lectura/escritura	Lógica interna
T (contacto)	Bit	Solo lectura	Temporizadores de encendido y apagados
D (entero)	16-bit signed	Lectura/Escritura	Programación de horarios

Nota: Elaborado por el autor

Para lo cual primero seleccionamos la opción DATA MONITORING el cual nos permite agregar los tags como se puede visualizar en la **Figura 42**

Figura 42

Datamonitoring para agregar tags.



Nota: Selección de bloque que permite el ingreso de variables. Elaborado por el autor.

Posterior al agregar una variables o tag se debe tomar en cuenta las indicaciones de la **Tabla** para la correcta asignación de los ítems que se muestra en la **Figura 43** colocando todas las variables y el nombre de la segunda columna de la **Tabla** . También cabe mencionar que la comunicación se hará por el COM2 ahora cada dato ingresado va a variar según el criterio de ubicación que puede ser: Bit address, Word address o Dword address. Para el tipo de registro tenemos que puede ser X, Y, M, D o T. finalmente tenemos que seleccionar el tipo de permiso que tiene esta variable que puede ser de escritura, lectura o ambos.

Figura 43

Ventana de configuración de Tags.

Add tags

* Name

* Connect

Address type Register type

Register address(Main number) Main number: 0 99999 (Decimal)

Permissions ☐ Read-only ☐ Write-only ☒ Read/Write

Low data mode ☒ Check if the value changes at intervals time The interval time is set in global setting [The current setting is 2 seconds]

Units

Data format

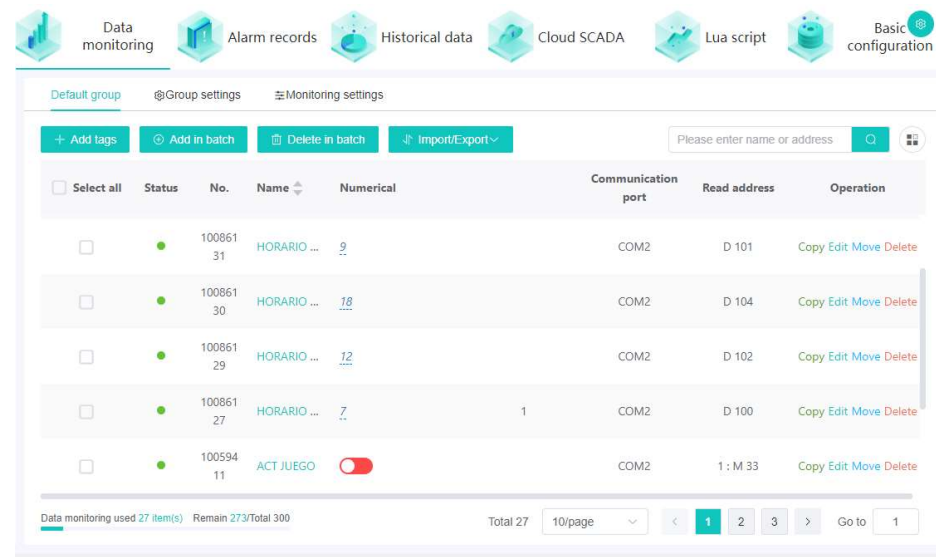
Cancel OK

Nota: Configuración de Tags según los parámetros. Elaborado por el autor.

Al final se configura veinte y siete tipos de registro necesarios para su vinculación en el cloud SCADA. Teniendo una vista general de todos los Tags subidos como se muestra en la **Figura 44**.

Figura 44

Tags vinculados al V NET.



Nota: 27 Tags configurados. Elaborado por el autor.

La **Tabla 7** muestra los tags configurado el nombre y la dirección de las variables que se va utilizar para el SCADA del sistema.

Tabla 7

Tag agregados para su uso en cloud SCADA

Ítem	Nombre del tag	Dirección de la variable	Tipo de permiso
1	Horario 3 final	D 105	Leer y escribir
2	Horario 2 final	D 103	Leer y escribir
3	Horario 1 final	D 101	Leer y escribir
4	Horario 3 inicio	D 104	Leer y escribir
5	Horario 2 inicio	D 102	Leer y escribir
6	Horario 1 inicio	D 100	Leer y escribir
7	Act Juego	M 33	Leer y escribir

8	Act Luces	M 32	Leer y escribir
9	Act bomba 5	M 14	Leer y escribir
10	Act bomba 4	M 13	Leer y escribir
11	Act bomba 3	M 12	Leer y escribir
12	Act bomba 2	M 11	Leer y escribir
13	Act bomba 1	M 10	Leer y escribir
14	BOMBA 5	Y 4	Solo lectura
15	BOMBA 4	Y 3	Solo lectura
16	BOMBA 3	Y 2	Solo lectura
17	BOMBA 2	Y 1	Solo lectura
18	BOMBA 1	Y 0	Solo lectura
19	AUTOMATICO	M 7	Leer y escribir
20	MANUAL	M 6	Leer y escribir
21	VALVULA	Y 11	Leer y escribir
22	LUCES	Y 12	Leer y escribir
23	NIVEL	X 1	Solo lectura
24	ACTIVO	M 16	Solo lectura
25	AUTOMATICO ON	M 9	Leer y escribir
26	MANUAL ON	M 8	Leer y escribir
27	ACT SISTEMA	M 15	Leer y escribir

Nota: Elaborado por el autor

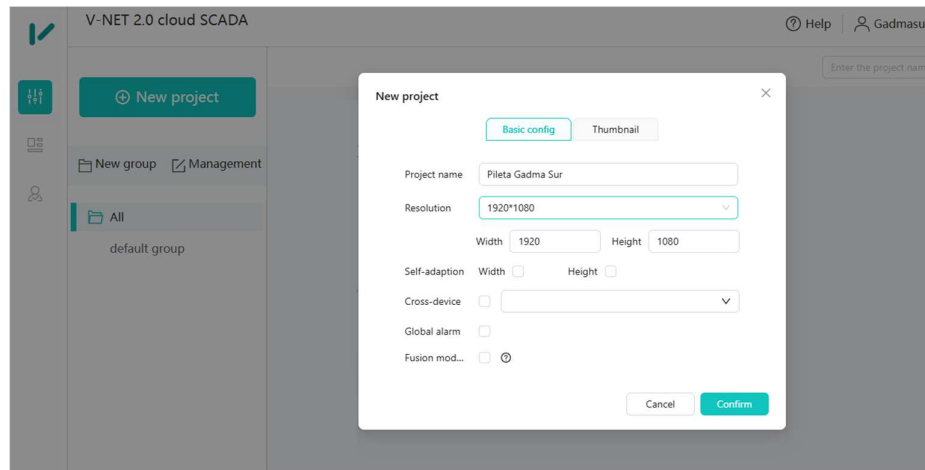
Dentro del V NET existe un botón llamado cloud SCADA en cual nos envía a una dirección online para la configuración SCADA para el caso de este proyecto el link es: <https://web.eu.v-iec.com/monitor>.

2.12. Configuración del cloud SCADA

El cloud SCADA es una plataforma industrial nos permite la visualización y monitoreo remoto de parámetros de los equipos que se quieran vincular. Para la vinculación del proyecto lo que primero que se debe realizar es la selección de un nuevo proyecto, la elección de la pantalla y el nombre del proyecto tal como se muestra en la **Figura 45**.

Figura 45

Configuración del proyecto cloud SCADA.

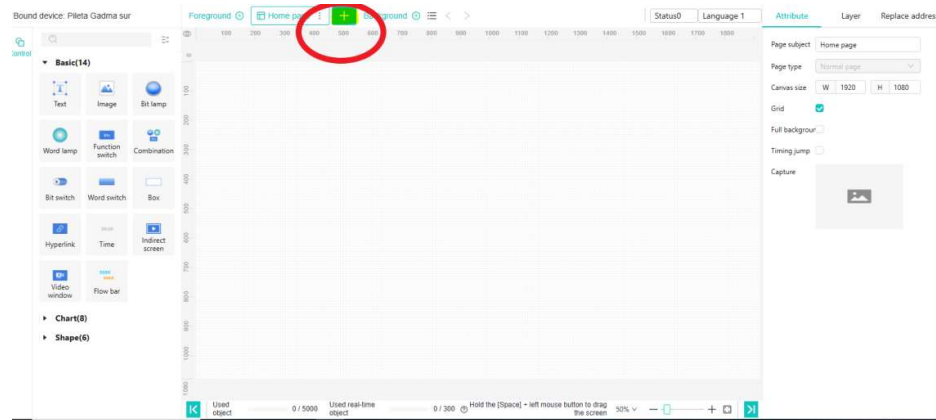


Nota: La pantalla seleccionada es 1920*1080. Elaborado por el autor.

Una vez creado el proyecto tendremos la página principal como se muestra en la **Figura 46** la cual nos muestra las herramientas principales a su lado izquierdo, en la parte superior se puede crear más páginas y en el lado derecho se muestra los atributos de las funciones.

Figura 46

Pantalla principal de configuración de cloud SCADA



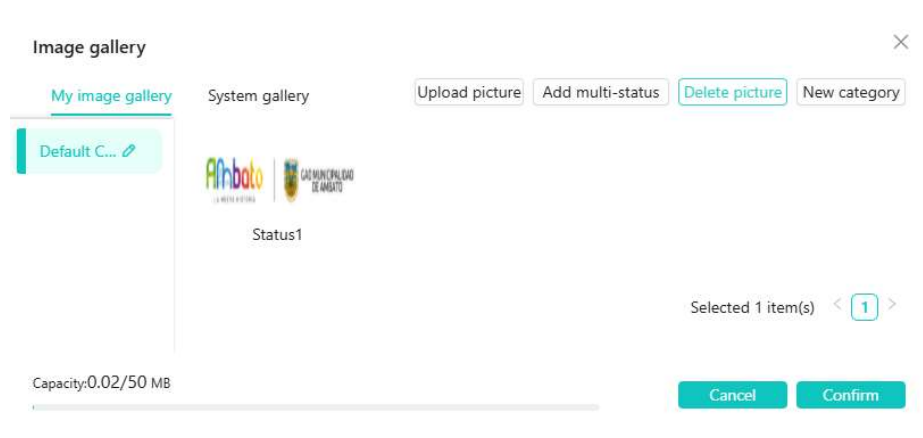
Nota: En el círculo rojo se crea la pantalla de horarios de las bombas y la pantalla manual. Elaborado por el autor.

Uso del comando imágenes en la pantalla cloud SCADA

Para el ingreso de las imágenes del proyecto se utiliza el comando básico imagen el cual nos permite exportar imágenes propias que se van a usar en las pantallas principal, configuración de horarios y control manual. Una vez seleccionado el comando se arrastra dentro de la pantalla un cuadro pequeño de donde se encontrar la imagen, al lado izquierdo de la pantalla en atributos ingresaremos la imagen como se muestra en la **Figura 47**

Figura 47

Ingreso a la galería de imágenes.



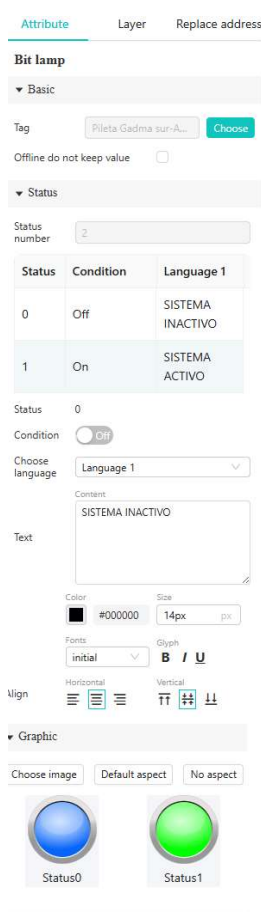
Nota: se utiliza las mismas imágenes para las 3 pantallas. Elaborado por el autor.

Comando Bit lamp en la pantalla cloud SCADA

Este comando funciona con indicador de modo activo o inactivo dependiendo del tag vinculado que sea de lectura o escritura. Además, nos permite seleccionar una imagen representativa del modo ON o OFF por medio de la configuración del atributo del comando como se muestra en la **Figura 48**.

Figura 48.

Configuración atributo comando Bit Lamp.



Attribute Layer Replace address

Bit lamp

▼ Basic

Tag: Pileta GADIMA sur-A... Choose

Offline do not keep value: ☐

▼ Status

Status number: 2

Status	Condition	Language 1
0	Off	SISTEMA INACTIVO
1	On	SISTEMA ACTIVO

Status: 0

Condition: ☐ Off

Choose language: Language 1

Content: SISTEMA INACTIVO

Text:

Color: #000000 Size: 14px px

Font: Initial Glyph: B / U

Align: Horizontal Vertical

▼ Graphic

Choose image: Default aspect No aspect

Status0 Status1

Nota: El texto del sistema varía según el tag. Elaborado por el autor.

Comando Bit switch en la pantalla cloud SCADA

Este comando funciona con indicador y activador dependiendo del tag vinculado que sea de lectura o escritura. Además, nos permite seleccionar una imagen representativa del

modo ON o OFF y la activación del mismo. En los atributos se puede seleccionar el tipo de evento entre: Switch, Set on, Set off, pulse. En el lado derecho de la pantalla el atributo del comando como se muestra en la **Figura 49**.

Figura 49

Configuración atributo comando Bit Switch

Attribute

Layer

Replace address

Attribute

Layer

Replace address

Bit switch

▼ Basic

Tag

Pileta Gadma sur-A...

Choose

☒ Monitoring and write tags are consistent

Offline do not keep value☐

Write tag

Pileta Gadma sur-A...

Choose

Permissions

☒ Read/write

☐ Read-only

☐ Write-only

Pop-up confirmation notification☐

Click event

☐ Set ON

☐ Set OFF

☒ Switch

☐ Pulse

▼ Status

Status number

2

Status	Condition	Language 1
0	Off	
1	On	

Status

0

Condition

☐ Off

Bit switch

Condition

☐ Off

Choose language

Language 1

Content

Please enter a language

Text

Color

#000000

Size

14px

px

Fonts

initial

Glyph

B / U

Align

Horizontal

Vertical

▼ Graphic

Choose image

Default aspect

No aspect

OFF

Status0

ON

Status1

Nota: Se puede seleccionar imágenes demostrativas del comando. Elaborado por el autor.

Comando Funtion switch en la pantalla cloud SCADA

El comando permite dirigir hacia la página que esta asignada esto se hace mediante la configuración del atributo seleccionando cualquiera de las páginas previamente creadas como se visualiza en la **Figura 50**

Figura 50

Configuración de atributo de comando Function switch

The image shows a configuration window for an attribute. At the top, there are three tabs: 'Attribute' (selected), 'Layer', and 'Replace address'. Below the tabs is the title 'Function switch'. Under this title, there are two main sections: 'Basic' and 'Text'. In the 'Basic' section, there are several radio button options. The first option, 'Jump to the target page', is selected and highlighted with a yellow box. To its right is a dropdown menu with 'HORARIOS' selected, also highlighted with a yellow box. Other options include 'Pop-up sub-screen', 'Jump to the previous page', 'Jump to the next page', 'Back to the previous page', and 'Device list pop-up'. The 'Text' section contains a 'Choose language' dropdown set to 'Language 1', a 'Content' text area with 'HORARIOS' inside, a 'Text' label, a 'Size' dropdown set to '22px', a 'Font' dropdown set to 'initial', a 'Glyph' section with bold, italic, and underline icons, and a 'Color' section with a black color swatch and the hex code '#000000'.

Nota: Este comando permite varios tipos de salto de páginas. Elaborado por el autor.

Comando time en la pantalla cloud SCADA

El comando permite visualizar la hora y fecha exacta del ingreso en la parte de atributo podemos configurar el orden de fecha y hora tal como se muestra en la **Figura 51**

Figura 51

Configuración del atributo del comando time.

Attribute Layer Replace address

Time

▼ Basic

Choose

Style selection ☒ Number ☐ Clock

Date format yyyy-MM-dd

Time format hh:mm:ss

Week ☒

Text Color #62686e Size 14px px

Glyph B / U Fonts initial

Align Horizontal Vertical

► Style

▼ Position

Position 817 X 138 Y

Size 158 W 58 H

Rotation 0 °

Position lock ☐

Nota: La configuración del comando es numérica para una mejor visualización.
Elaborado por el autor.

Comando Display box en la pantalla cloud SCADA

El comando permite el ingreso y visualización de texto, su principal uso es para la configuración de horarios se debe configurar los permisos para que se nos permita leer y escribir los datos necesarios para controlar las horas de activación mediante la configuración del atributo como se ve en la **Figura 52**.

Figura 52

Configuración del atributo del comando Display box.

Nota: Este comando permite el ingreso de inicio y fin de los ciclos de encendido de la pileta. Elaborado por el autor.

Comando text en la pantalla cloud SCADA

El comando permite el ingreso de texto en las pantallas esto con el fin de facilitar el entendimiento de cada pantalla y las variables que se muestran. En el atributo podemos configurar el tamaño y color del texto como se muestra en la **Figura 53**.

Figura 53

Configuración del atributo del comando Text.

The image shows a configuration panel for the 'Text' command. At the top, there are three tabs: 'Attribute' (highlighted in teal), 'Layer', and 'Replace address'. Below the tabs, the title 'Text' is displayed. A dropdown menu labeled 'Text' is expanded, showing 'Text' as the selected option. The panel contains several settings:

- Choose language:** A dropdown menu showing 'Language 1'.
- Content:** A text input field containing 'PILETA GADMA SUR'.
- Text:** A label for the text content.
- Size:** A text input field showing '40px' with a 'px' unit selector.
- Font:** A dropdown menu showing 'initial'.
- Glyph:** A section with 'B / U' icons.
- Gradient:** A section with 'Start color' and 'End color' dropdowns, both showing '#000000'.
- Offset angle:** A text input field showing '45' with a degree symbol.
- Shadow:** A section with a checked checkbox, a 'Color' dropdown showing '#00000080', and a color swatch.
- Offset-x:** A text input field showing '2' with a 'px' unit selector.
- Offset-y:** A text input field showing '2' with a 'px' unit selector.
- Blur distance:** A text input field showing '4' with a 'px' unit selector.
- Align:** A section with 'Horizontal' and 'Vertical' alignment options. The 'Horizontal' options are 'Left' (selected), 'Center', and 'Right'. The 'Vertical' options are 'Top', 'Middle' (selected), and 'Bottom'.

Nota: El tamaño del texto depende de la ubicación del mismo. Elaborado por el autor.

Anexo3. Instructivo para operadores del GAD

INSTRUCTIVO TÉCNICO

Sistema de Control y Monitoreo Automatizado de

Pileta GADMA SUR

Pileta – Edificio Municipio (GADMA SUR)

Introducción

El presente instructivo describe el funcionamiento, la arquitectura y el procedimiento de operación del sistema automatizado de control de bombas e iluminación, el cual está integrado mediante un PLC, variadores de frecuencia, módulos de control y un sistema SCADA para supervisión y operación del proceso.

El sistema permite operar bajo dos modos de funcionamiento:

- **Modo manual**, para operación directa por parte del operador.
- **Modo automático**, basado en programación de horarios previamente configurados por el administrador del sistema.

Adicionalmente, el sistema dispone de monitoreo remoto mediante Cloud SCADA, permitiendo la visualización de variables del sistema en tiempo real.

Arquitectura del Sistema

El sistema está compuesto por cinco subsistemas principales:

- Sistema de distribución eléctrica
- Sistema de control de iluminación
- Sistema de accionamiento de bombas
- Sistema de control y comunicación industrial
- Sistema de alimentación de luminarias

Todos estos subsistemas se encuentran integrados mediante una red de comunicación

industrial Ethernet, permitiendo la interacción entre el PLC, los dispositivos de campo y el sistema SCADA.

Componentes del Sistema

Sistema de distribución eléctrica

Esta sección corresponde al sistema de alimentación principal del tablero eléctrico, encargado de distribuir la energía hacia todos los dispositivos del sistema.

Los componentes principales son:

Breaker de caja moldeada (MCCB)

Dispositivo de protección principal encargado de proteger el sistema ante:

- Sobrecargas
- Cortocircuitos
- Fallas eléctricas

Sistema de barrajes de distribución

Se dispone de barrajes para la distribución de:

- Fase L1
- Fase L2
- Fase L3
- Neutro (N)
- Tierra (PE)

Estos barrajes permiten distribuir la energía eléctrica hacia los variadores de frecuencia, fuentes de alimentación, transformadores y equipos de control.



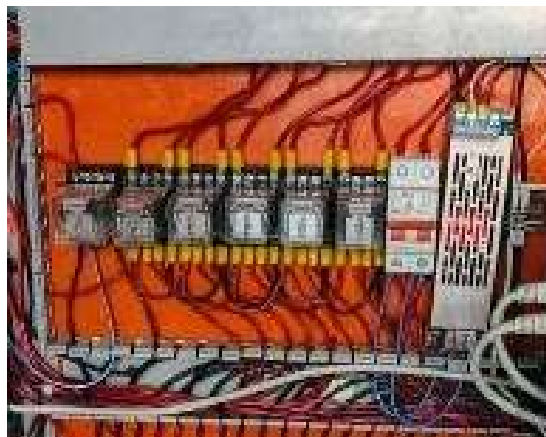
Módulo de relés de control

Este módulo contiene **relés electromecánicos de control**, utilizados para el accionamiento del sistema de iluminación.

Los relés cumplen las siguientes funciones:

- ✓ Interfaz entre el sistema de control y las cargas eléctricas.
- ✓ Activación de luminarias mediante señales provenientes del PLC.
- ✓ Aislamiento eléctrico entre circuitos de control y potencia.

El sistema de relés permite que el PLC pueda controlar múltiples puntos de iluminación de forma segura.



Sistema de accionamiento de bombas

El sistema dispone de cinco variadores de frecuencia marca WEG, utilizados para el control de las bombas del sistema.

Cada variador de frecuencia controla un motor independiente, permitiendo regular la velocidad de operación de cada bomba.

Las principales funciones de los variadores son:

- ✓ Arranque suave de motores
 - ✓ Control de velocidad
 - ✓ Protección ante sobrecargas
 - ✓ Protección ante sobre corrientes
 - ✓ Mejora de eficiencia energética
- El uso de variadores permite optimizar el funcionamiento hidráulico del sistema.



Sistema de control y comunicaciones

Este módulo corresponde al centro de control del sistema de automatización. Los dispositivos que conforman este módulo son:

Fuente de alimentación del sistema de control

Fuente dedicada exclusivamente a alimentar los dispositivos de automatización, tales como:

- ✓ PLC
- ✓ Módulos de comunicación
- ✓ Dispositivos de red

Esto garantiza estabilidad y protección en el sistema de control.

PLC (Controlador Lógico Programable)

El PLC es el encargado de ejecutar la lógica de control del sistema, incluyendo:

- ✓ Control de bombas
- ✓ Control de iluminación
- ✓ Supervisión del nivel de agua
- ✓ Control de válvulas
- ✓ Ejecución de horarios automáticos

El PLC actúa como el **núcleo del sistema de automatización**.

Switch Industrial

El **switch industrial Ethernet** permite la interconexión de los dispositivos que forman parte de la red de control, tales como:

- ✓ PLC
- ✓ Módulos de comunicación
- ✓ Gateway
- ✓ Sistema SCADA

Su diseño industrial garantiza operación estable en ambientes eléctricos exigentes.

Módulo de comunicación Ethernet (DBPN)

El módulo **DBPN** permite la comunicación del PLC con otros dispositivos mediante **protocolo Ethernet industrial**, facilitando el intercambio de datos dentro del sistema.

V-Box Gateway

El **V-Box** funciona como una **pasarela de comunicación hacia la nube**, permitiendo conectar el sistema de control con la plataforma **Cloud SCADA** para monitoreo remoto.



Sistema de alimentación de iluminación

El sistema dispone de fuentes o transformadores de alimentación para cada luminaria.

Características principales:

- ✓ Cada luminaria cuenta con **una fuente de alimentación independiente**.
- ✓ El sistema dispone de **10 fuentes de alimentación**.
- ✓ Esta configuración permite una distribución equilibrada de energía y mayor confiabilidad en el sistema de iluminación.



Interfaz HMI de Operación Local

El sistema dispone de una interfaz HMI (Human Machine Interface) de operación local, la cual permite al operador interactuar directamente con el sistema de control para visualizar el estado del proceso y realizar operaciones básicas de funcionamiento. Esta interfaz está conectada directamente al PLC del sistema, permitiendo la supervisión y control de los equipos instalados en la pileta del Edificio Municipio Sur.

Al iniciar la interfaz HMI, el operador visualizará el menú principal del sistema, el cual contiene dos opciones principales:

- **Sistema**
- **Configuración de horarios**

Estas opciones permiten acceder a las funciones principales de operación y programación del sistema.

MENÚ

HORA

10:46



SISTEMA



**CONFIGURACION
DE HORARIOS**

Configuración de Horarios

La sección Configuración de horarios permite definir los tiempos de funcionamiento automático del sistema.

El acceso a esta sección está **autorizado por la empresa contratista**

Esto garantiza que únicamente personal autorizado pueda modificar la programación del sistema.

Dentro de esta sección se pueden configurar los siguientes parámetros:

Horarios de bombas

Permite establecer los periodos de operación automática de las bombas del sistema.

Horarios adicionales

Permite agregar horarios extra para funcionamiento adicional del sistema cuando sea necesario.

Horarios de iluminación

Permite programar el encendido y apagado del sistema de iluminación de la pileta. Estas configuraciones son utilizadas cuando el sistema opera en **modo automático**.

		SISTEMA DE CONTROL - GADMA SUR		 GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO	
CONFIGURACIÓN DE HORARIO BOMBAS					
HORARIO 1 DESDE		8	HASTA	9	
HORARIO 2 DESDE		13	HASTA	14	
HORARIO 3 DESDE		19	HASTA	20	
HORARIO EXTRA		HORARIO DE LUCES			

Pantalla General del Sistema

Al seleccionar la opción **Sistema**, se muestra la pantalla principal de supervisión.

Esta pantalla permite visualizar las variables principales del proceso.

		SISTEMA DE CONTROL - GADMA SUR		 GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO	
ESTADO DEL SISTEMA					
HORA 10:48		☐ ON		SISTEMA DESACTIVO	
MODO DE OPERACION MANUAL ☐ AUTOMATICO ☐		NIVEL DE AGUA NORMAL ☐ BAJO ☐		LUCES  INACTIVO	
				ESTADO DE VALVULA  INACTIVO	
					

Estado del sistema

Indica si el sistema se encuentra:

Encendido

Apagado

Cuando el sistema se encuentra encendido, el indicador cambia a **color verde**.

Para actividades de mantenimiento o limpieza se recomienda mantener el sistema apagado.



Nivel de agua

Esta variable muestra el nivel actual del agua dentro del sistema.

Es una variable de **visualización**, utilizada para verificar el estado del sistema.

Si el nivel es bajo, el sistema puede activar automáticamente la válvula de llenado.

Estado de válvula

Permite visualizar si la válvula del sistema se encuentra:

Abierta

Cerrada



Estado del sistema de iluminación

Indica si las luces del sistema se encuentran:

Encendidas

Apagadas



Modos de Operación

El sistema dispone de **dos modos de operación**:

Modo Manual

Modo Automático



Operación en Modo Manual

Para operar en modo manual se debe realizar el siguiente procedimiento:

Activar el sistema desde la pantalla principal.

Seleccionar **Modo Manual**.

Presionar la opción **Ir a Manual**.



Una vez dentro de este módulo el operador podrá:

Encender o apagar **cada una de las cinco bombas de manera independiente.**

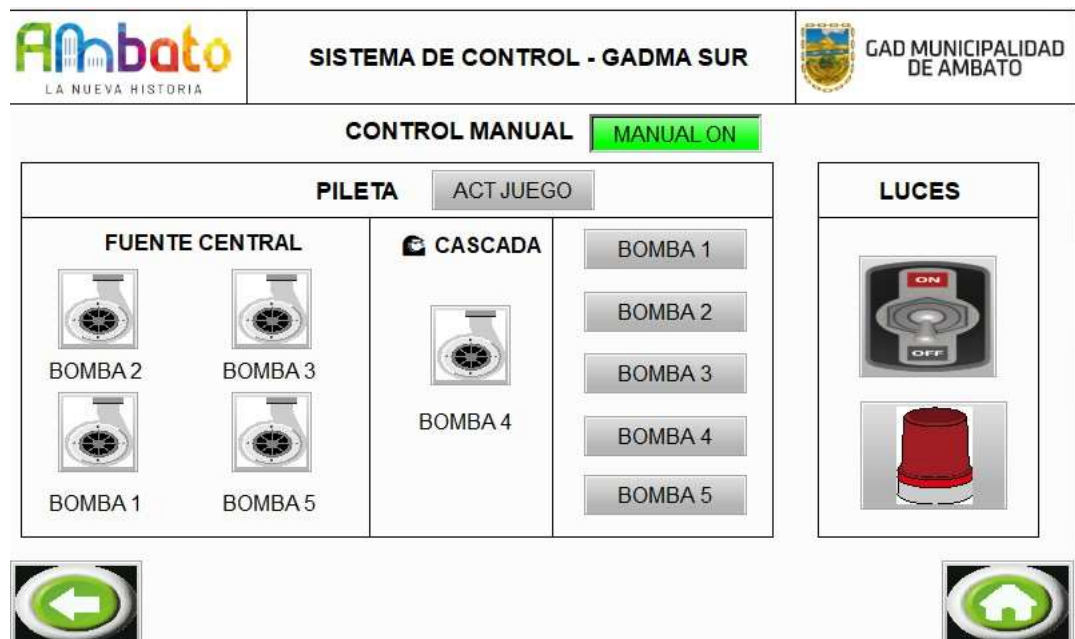
Controlar el sistema de iluminación manualmente.

Este modo se utiliza principalmente para:

Pruebas del sistema

Operación directa

Mantenimiento



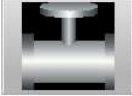
Operación en Modo Automático

Para operar en modo automático se debe realizar el siguiente procedimiento:

Activar el sistema.

Seleccionar **Modo Automático**.

Presionar la opción **Ir a Automático**.

 LA NUEVA HISTORIA	SISTEMA DE CONTROL - GADMA SUR	 GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO	
ESTADO DEL SISTEMA			
HORA	10:49	<input type="checkbox" value="OFF"/> OFF	<input type="checkbox" value="SISTEMA ACTIVO"/> SISTEMA ACTIVO
MODO DE OPERACION	NIVEL DE AGUA	LUCES	ESTADO DE VALVULA
<input type="checkbox" value="MANUAL"/> MANUAL	<input type="checkbox" value="NORMAL"/> NORMAL		
<input type="checkbox" value="AUTOMATICO ON"/> AUTOMATICO ON	<input type="checkbox" value="BAJO"/> BAJO	<input type="checkbox" value="INACTIVO"/> INACTIVO	<input type="checkbox" value="INACTIVO"/> INACTIVO
IR A AUTOMATICO			

En este modo el sistema funciona de acuerdo con los **horarios programados previamente por el administrador**.

El operador únicamente puede **visualizar la programación**, sin modificarla.

La pantalla mostrará:

Horario 1

Horario 2

Horario 3

Horarios de iluminación



Monitoreo Remoto mediante Cloud SCADA

El sistema dispone de una plataforma **Cloud SCADA** que permite monitorear el proceso de forma remota.

Las funciones disponibles incluyen:

- Visualización del estado del sistema

- Monitoreo de bombas

- Monitoreo del nivel de agua

- Estado de iluminación

Supervisión general del proceso

El monitoreo remoto permite verificar el estado del sistema **en tiempo real desde cualquier ubicación con acceso a internet.**



Recomendaciones de Operación

Para garantizar un funcionamiento seguro del sistema se recomienda:

Verificar el nivel de agua antes de activar el sistema.

Mantener el sistema apagado durante actividades de mantenimiento.

No modificar configuraciones de horarios sin autorización.

Operar el sistema únicamente desde el SCADA autorizado.

Realizar revisiones periódicas de los variadores y relés de control.

La Empresa contratista es la encargada de la programación y mantenimiento de este sistema en coordinación con la administración del contrato

Elaborado por:

Ing. Rodrigo Borja

JEFATURA DE MANTENIMIENTO